

# 日本陸水学会 第76回大会

## 2011 松江

会期 2011年9月22日(木)～25日(日)

会場 役員会(9/22): 松江テルサ

大会(9/23～9/25): 島根大学松江キャンパス(教養2号棟, 大学会館)

### 大会日程

月 日	時 間	行 事	会 場
9月22日(木)	10:00～12:00	拡大幹事会	松江テルサ 特別会議室
	12:00～15:00	和文誌編集委員会	松江テルサ 特別会議室
	12:00～15:00	英文誌編集委員会	松江テルサ 研修室①
	14:00～16:00	将来計画検討委員会	松江テルサ 研修室②
	16:00～19:00	評議員会	松江テルサ 研修室①
9月23日(金)	9:00～	受付	総合理工学部1階ロビー
	10:00～12:00	一般講演	教養2号棟 A・B・D会場
	13:00～15:00	ポスターセッション	大学会館3階大集会室
	15:00～17:00	一般講演	教養2号棟 A・B・D会場
	17:30～20:00	自由集会	教養2号棟(3階)C会場
9月24日(土)	9:00～12:30	公開シンポジウムⅠ	教養2号棟(3階)D会場
	10:00～12:00	課題講演	教養2号棟(2階)B会場
	13:00～15:00	課題講演(続)	教養2号棟(2階)B会場
	13:00～16:00	公開シンポジウムⅡ	教養2号棟(3階)D会場
	16:10～16:30	吉村賞授賞式	教養2号棟(3階)D会場
	16:30～18:00	総会	教養2号棟(3階)D会場
	19:00～21:00	懇親会	サンラポーむらくも
9月25日(日)	9:00～12:00	一般講演	教養2号棟 A・B・C会場
	10:00～12:15	課題講演(続)	教養2号棟(3階)D会場
	13:00～16:00	公開シンポジウムⅢ	教養2号棟(3階)D会場

A会場(2階501講義室), B会場(2階504講義室)

C会場(3階601講義室), D会場(3階604講義室)

日本陸水学会第76回大会(松江大会)事務局(E-mail: [jslim76@riko.shimane-u.ac.jp](mailto:jslim76@riko.shimane-u.ac.jp))

島根大学総合理工学部物質科学科(環境分析化学研究室)

(〒690-8504 島根県松江市西川津町1060)

大会実行委員長 & 事務局長: 清家泰(島根大学総合理工学部)

TEL 0852-32-6425; E-mail: [yseike@riko.shimane-u.ac.jp](mailto:yseike@riko.shimane-u.ac.jp)

大会副委員長: 神谷宏(島根県保健環境科学研究所 水質グループ科長)

## 大会案内

### 受付

- ・受付は9月23日(金)午前8:30から島根大学総合理工学部1号館のロビーにて行います。
- ・当日参加費は一般会員7,000円、学生会員4,000円、一般非会員8,000円、学生非会員4,000円です。講演要旨集のみの方は5,500円にて販売いたします。
- ・受付で、名札、講演要旨集をお渡しします。会場内では、必ず名札を付けてください。
- ・簡単なアンケートにご協力ください(島根県および松江市への補助金の申請に必要です。)

### 一般公演

#### 口頭発表

- ・口頭発表時間は、発表12分、質疑応答3分(合計15分)です。
- ・口頭発表では、可能な限り液晶プロジェクターをご利用下さい。  
液晶プロジェクターはWindows XPパソコン (PowerPoint 97-2003形式) に接続します。  
PowerPointのファイルをUSBメモリーまたはCD-Rに保存してお持ち下さい。  
データは、発表が始まる前の休憩時間に各会場のPCにセットしてください。  
Macintosh等をご使用の方は、予めWindowsのPowerPoint 97-2003形式で保存したファイルをお持ち下さい。
- ・容量が極端に大きいPowerPointファイルは、表示に時間がかかるなどの不具合の原因となりますので、必ず10MB未満にしてください。これ以上のファイルの場合、事務局で画質を落とす場合もあることをご承知おきください。

#### ポスター発表 (23日(金)13:00~15:00)

- ・ポスターパネルの大きさは、縦180cm×横90cmです。
- ・ポスターは、9:00から13:00までに掲示ください。ポスター賞希望の方は、10時までに掲示してください。
- ・ポスター発表のコアタイムは発表番号が奇数の方は13:00~14:00、偶数番号の方は14:00~15:00となります。ポスター発表者は、この時間帯には必ず自分のポスター前で待機してください。
- ・ポスターは当日(23日)の17時まで掲示可能といたします。また、18時までには撤去していただくようお願いいたします。
- ・ポスター発表に関する質の向上と若手研究者の学会発表に対する意欲高揚のため、優秀なポスター発表に対して学会より賞を授与します。審査の対象になるのは、若手会員による発表のうち、審査を希望した発表に限ります。なお、審査対象者及び審査基準に関しては日本陸水学会ポスター賞選考内規(HPにて)をご覧ください。
- ・ポスター賞に選ばれたポスターは、口頭発表会場付近に掲示させていただきます。

## 懇親会

- ・9月24日(土)午後7時(予定)より、サンラポーむらくも(松江市殿町369番地/TEL:0852-21-2670)にて懇親会を開催いたします。懇親会参加希望者は、会費6,000円(学生4,000円)を参加費に添えて受付にてお申し込み下さい。

## 昼食

- ・9月23日(金)と24日(土)(11:00~13:30)は大学生協の第一食堂が利用できますが、9月25日(日)は利用できませんのでご了承ください。大学前にコンビニもございます。  
※大学以外でお食事をされる方は [島根大学周辺地図](#)をご参照下さい。

## 機器展示

- ・9月23日(金)~25日(日)の9:00~17:00(25日は12時まで)にて教養2号棟の1階及び2階のエレベーター前ホールにて行います。

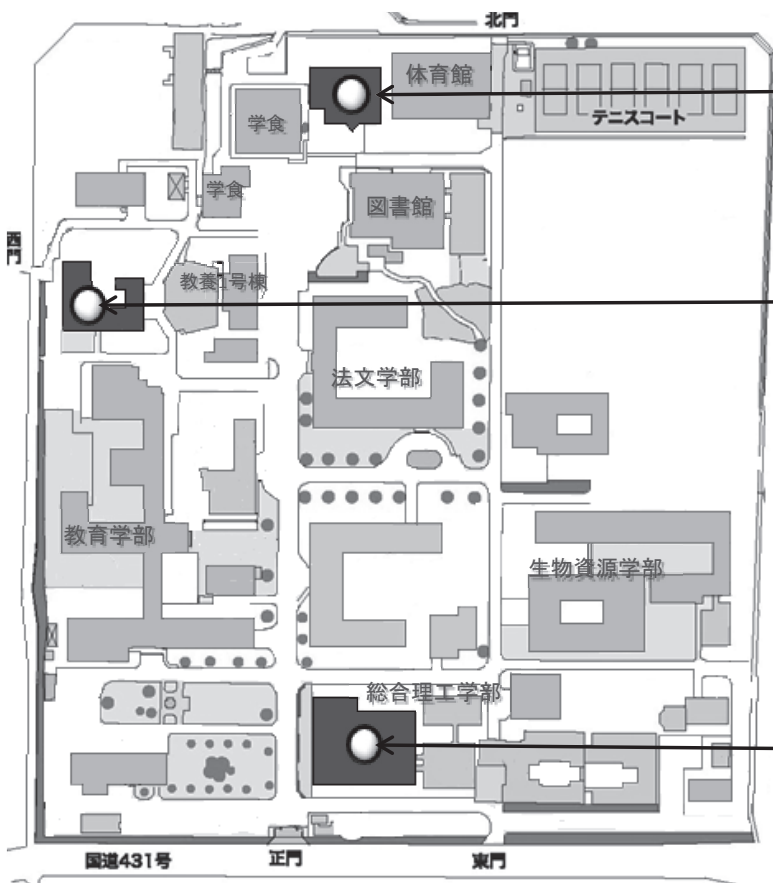


\*市営バス  
北循環線内回り 島根大学前下車  
・・・所要時間約15分

大学・川津 島根大学前下車  
・・・所要時間約25分  
他に「平成ニュータウン」「あじさい団地」などもあります。

\*一畑（いちばた）バス  
美保関（みほのせき）ターミナル 島根大学前下車  
マリンゲート 島根大学前下車  
他に「東高校」「ソフトビジネスパーク」などもあります。  
・・・所要時間約20分  
\*タクシーで・・・所要時間約10分

## 松江キャンパス 交通案内



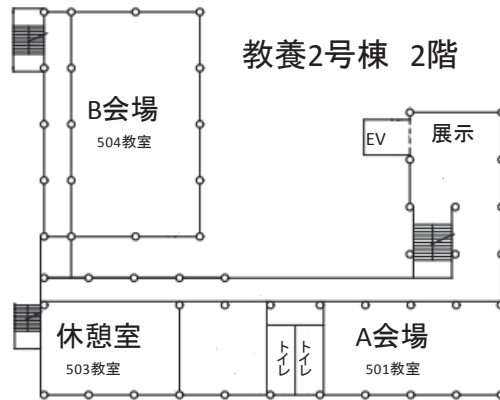
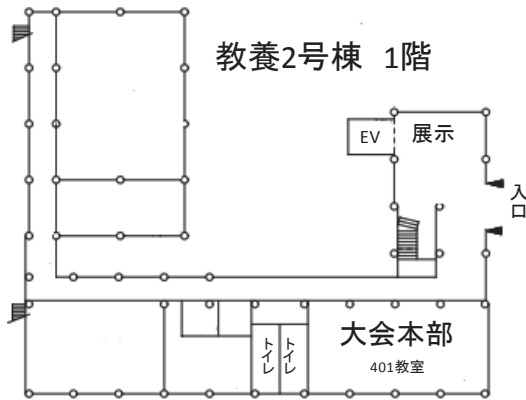
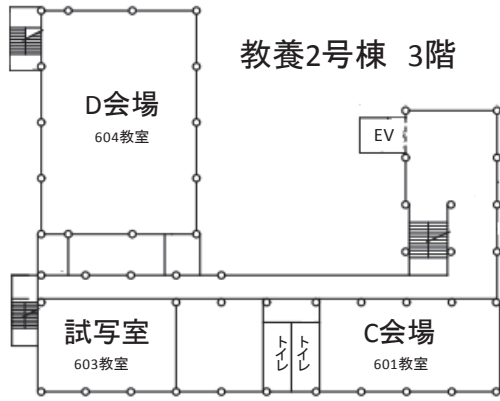
大学会館（3階大集会室）  
ポスター会場

教養2号棟  
A～D会場、大会本部

総合理工学部1号館（ロビー）  
受付、クローク

## 島根大学 松江キャンパス案内図

# 会場案内図



# 懇親会会場案内図



# 一般講演ポスター発表

## 9月23日(金); 大学会館 大集会室(3階)

奇数番号 13:00~14:00 偶数番号 14:00~15:00

### 分野: 生物系

- P01 貧栄養湖における浮遊性バクテリア群集の季節変動に関わる環境要因の推定  
堤正純・小島久弥・福井学 (北海道大学低温科学研究所)
- P02 琵琶湖の表層水と深層水における細菌群集の動態—呼吸鎖キノンを生物指標とした評価  
高巢裕之 (京都大学生態学研究センター)・國弘忠生 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・中野伸一 (京都大学生態学研究センター)
- P03 湖沼における主要浮遊細菌群の生態と湖内炭素循環への寄与  
渡邊圭司 (独立行政法人国立環境研究所)・小松伸行・北村立実 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)・石井裕一 (東京都環境科学研究所)・佐藤貴之・渡邊未来・山村茂樹・今井章雄・林 誠二 (独立行政法人国立環境研究所)
- P04 湖沼底泥中に生息する大型硫酸化細菌に特異的な付着菌の検出  
根本富美子・小島久弥・福井学 (北海道大学低温科学研究所)
- P05 琵琶湖深水層の低酸化と底泥の細菌群集の変化  
石川可奈子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・中島拓男・石川俊之 (元滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・小島久弥・福井学 (北海道大学低温科学研究所)・西野麻知子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- P06 湖沼底質のプランクトンを対象にしたシードバンク機能について(琵琶湖)  
古田世子・藤原直樹・池田将平・一瀬諭 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・田中仁志 (埼玉県環境科学国際センター)・馬場大哉・郡司房子 (東レテクノ株式会社)・岸本直之 (龍谷大学)
- P07 湖沼底質のプランクトンを対象にしたシードバンク機能について(山ノ神沼)  
田中仁志 (埼玉県環境科学国際センター)・古田世子・藤原直樹・池田将平・一瀬諭 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・馬場大哉・郡司房子 (東レテクノ株式会社)・岸本直之 (龍谷大学)
- P08 非植物プランクトン性懸濁物とその吸光度  
吉村和也・福島武彦・松下文経 (筑波大学大学院生命環境科学研究科)
- P09 摩周湖における透明度の季節変動とその要因  
五十嵐聖貴 (北海道立総合研究機構環境科学研究センター)・藤江晋 (てしかが自然史研究会)・深澤達矢 (北海道大学)・濱田浩美 (千葉大学)・小林拓 (山梨大学)・南尚嗣 (北見工業大学)・武内章記・田中敦 (国立環境)
- P10 PAM法とクロロフィル計を用いた琵琶湖北湖における植物プランクトン一次生産の連続測定  
太田洋平・伴修平・後藤直成 (滋賀県立大学)
- P11 琵琶湖の鉛直フラックス: タイマー式セジメントラップによる連続観測の解析  
伴修平・後藤直成 (滋賀県立大学環境科学部)・由水千景・陀安一郎 (京都大学生態学研究センター)・石川俊之 (滋賀大学教育学部)・熊谷道夫 (琵琶湖環境科学研究センター)・永田俊 (東京大学大気海洋研究所)
- P12 蛍光法によるラン藻類の現存量と光合成活性の評価  
程木義邦・大林夏湖・小林由紀・奥田昇・中野伸一 (京都大学生態学研究センター)
- P13 ダム湖における植物プランクトンのモニタリングチェックリスト 1  
新山優子・辻彰洋 (国立科学博物館植物研究部)・一柳英隆 (ダム水源地環境整備センター)・高村典子 (国立環境研究所)
- P14 ダム湖における植物プランクトンのモニタリングチェックリスト 2  
辻彰洋・新山優子 (国立科学博物館)・一柳英隆 (ダム水源地)・高村典子 (国立環境)
- P15 環境中におけるMicrocystis感染性シアノファージの感染サイクル、遺伝的多様性および宿主への影響  
木村成子・吉田天士・細田直彦・本田貴史・久野草太郎・上地里佳枝・左子芳彦 (京都大学大学院農学研究科)
- P16 Microcystis属における遺伝子グループ組成に及ぼす栄養塩濃度の影響  
本間隆満 (福井県立大学海洋生物資源学部/株式会社建設環境研究所)・片岡剛文 (福井県立大学海洋生物資源学部)・中野伸一 (京都大学生態学研究センター)・近藤竜二 (福井県立大学海洋生物資源学部)
- P17 シカは森林の渓流水質を変えるか?—芦生ブナ天然林に設置したシカ柵集水域における5年間の水質結果から  
福島慶太郎 (京都大学フィールド科学教育研究センター)・境優 (京都大学地球環境学)・徳地直子・長谷川敦史・西岡裕平・藤井弘明 (京都大学フィールド科学教育研究センター)・高柳敦 (京都大学大学院農学研究科)
- P18 大台ヶ原における底生動物群集—シカの個体数増加との関係—  
吉村真由美 (森林総合研究所関西支所)
- P19 照葉樹林の渓流の水質の季節変動と水生昆虫  
林裕美子 (てるはの森の会)・高木正博 (宮崎大学)・程木義邦・大林夏湖 (京都大学生態学研究センター)・村上哲生 (名古屋女子大学)
- P20 流域特性と河川の水文・水質情報が底生動物群集に及ぼす影響  
小川隆文 (名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)・田代喬 (名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻)・辻本哲郎 (名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)
- P21 河口域に生息するヤマトシジミとその水底の地形要因の空間パターンとの関係  
澤田英樹・斉藤肇・秋山吉寛 (水研セ・水工研) 山本圭吾 (大阪環境農林水産総研)
- P22 千曲川中流域での自然再生事業における底生動物の個体群構造と遺伝的構造の変遷  
斎藤梨絵 (信州大学院工学系研究科)・東城幸治 (信州大理学部生物学科)

- P23 遊水地をもつ保倉川(新潟県関川支川)の生物相概要  
安部信之・帆苅信・松本史郎・平野護・富樫繁春・伊藤正一・佐藤豊・帆苅信夫・伊藤章・本間義治(新潟河川生態研究グループ)
- P24 土地利用による河川の資源バランスと藻類群集の律速要因の変化  
石川聖・岩田智也(山梨大学大学院医学工学総合教育部)・青山隼人(北海道大学大学院環境科学院)
- P25 溪流棲ユスリカの飼育方法について  
西村心太朗・河合幸一郎・今林博道(広島大学大学院生物圏科学研究科)
- P26 本栖湖における底生動物相  
平林公男・傳正海(信州大学繊維学部応用生物学系)・吉澤一家(山梨県衛生環境研究所)・吉田雅彦(山梨県立大学人間福祉学部)・風間ふたば(山梨大学工学部)
- P27 霞ヶ浦周辺のおオユスリカの系統分類学的位置について  
上野隆平・高村健二・今藤夏子(国立環境研究所)
- P28 異なる環境に生息するフサカの体内脂質組成  
山本鎔子・大高明史(弘前大)・岩船敬(FAMIC)・野原精一(環境研)・福原晴夫(新潟大学)・平林公男(信州大)
- P29 琵琶湖南湖のユスリカ相の現状  
井上栄壮・西野麻知子(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- P30 水界動物群集の「生物多様性-生態系機能関係」を再考する:栄養段階の重要性  
奥田昇(京都市立生態学センター)・苅部甚一(国立環境研究所)・酒井陽一郎(京都市立生態学センター)・武山智博(大阪市立大学院理学研究科)・陀安一郎・由水千景(京都市立生態学センター)・永田俊(東京大学大気海洋研究所)
- P31 捕食者による被食者群集多様性への影響:メタ解析による生態系タイプ間比較  
片野泉(兵庫県立大学環境人間学部/University OldenburgICBM)・Hillebrand Helmut(University OldenburgICBM)・土居秀幸(広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター/University OldenburgICBM)
- P32 自然湖沼で観測された鯉尾類チョウの浮遊個体 II  
吉田雅彦(山梨県立大学人間福祉学部福祉コミュニティ学科)・風間ふたば(山梨大学大学院医学工学総合教育部国際流域環境研究センター)・平林公男(信州大学繊維学部応用生物学系生物資源・環境科学課程)・吉沢一家(山梨県衛生環境研究所環境科学部)・長澤和也(広島大学大学院生物圏科学研究科水産増殖研究室)
- P33 鳥取県日野川水系におけるイワナ属魚類の頭部斑紋型・遺伝子型の分布について  
河合幸一郎・今林博道(広大・生物圏科学)
- P34 オイカワの生息場所としての境川遊水地の役割  
船橋亨・對馬孝治・北村恭陪・増田久徳・鈴木千彰・春川翔平・河野英一(日本大学大学院生物環境科学研究科生物環境科学専攻)
- P35 オオクチバスの産卵と水深に関する研究-人工産卵床を用いた野外実験  
有田康一・矢部徹(国立環境研究所)・藤本泰文・進東健太郎・嶋田哲郎(宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団)・高橋清孝(NPO法人シナイモツゴ郷の会)・小浜暁子・江成敬次郎(東北工業大学)
- P36 魚類が汽水域(中海・宍道湖)をどのように利用しているか  
鶴海智佳(鳥取大学大学院連合農学研究科/(有)日本シジミ研究所)・中村幹雄((有)日本シジミ研究所)・伊藤健(国土交通省出雲河川事務所 水環境課)・星川和夫(島根大学生物資源科学部)
- P37 海水と淡水が交錯する内川(富山県)の食物網構造  
坂本正樹(富山県立大学工学部環境工学科)・永田貴丸(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター総合解析部門)・奥川光治・手計太一(富山県立大学工学部環境工学科)
- P38 南極越冬中(2010)に出会った南極湖沼のちよっと面白い現象  
工藤栄(国立極地研究所)・田邊優貴子(東京大学大学院新領域創成科学研究科)
- P39 湖底間隙水と湖水の栄養塩から見た南極湖沼の多様性  
田邊優貴子(東京大学大学院 新領域創成科学研究科)・内田雅己(国立極地研究所/総合研究大学院大学複合科学研究科)・大園享司(京都大学 生態学研究センター)・山室真澄(東京大学大学院 新領域創成科学研究科)・工藤栄(国立極地研究所/総合研究大学院大学 複合科学研究科)
- P40 琵琶湖南湖における沈水植物の分布変遷の再検証  
芳賀裕樹(滋賀県立琵琶湖博物館)
- P41 人工干潟の形成後に見られた塩生植物の出現  
荒木悟・國井秀伸(島根大学・汽水域研究センター)
- P42 三方湖(福井県)におけるヒシの繁茂が生態系の季節動態に及ぼす影響  
加藤義和(東京大学・総合文化)・西廣淳(東京大学・農学生命科学)・吉田丈人(東京大学・総合文化)
- P43 外来種チクゴスズメノヒエが湖岸に形成するFloating Meadowsの特性:(2)生物的環境  
永坂正夫(金沢星稜大学・人間科学)
- P44 ゼオライト成形体と水生植物を活用した生態工学技術による小河川の再生  
木持謙(埼玉県環境科学国際センター)・常田聡(早稲田大学)・金澤光(埼玉県環境科学国際センター)・真下敏明(真下建設株式会社)・正田武則(株式会社 AZMEC)・関根正人・榊原豊(早稲田大学)
- P45 水質浄化ゼオライト成形体の導入による魚類の生息・産卵場所の創造  
金澤光(埼玉県環境科学国際センター)・榊原豊(早稲田大学)・木持謙(埼玉県環境科学国際センター)・真下敏明(真下建設株式会社)・正田武則(株式会社 AZMEC)・常田聡・関根正人(早稲田大学)
- P46 藤前干潟内の窪地埋め戻しによる環境変化  
宗宮麗(名古屋女子大学)・寺井久慈(中部大学)

- P47 木炭、牡蠣殻を担体として固定化した脱窒細菌による下水の浄化処理  
岡本怜・下條耕司・寺井久慈（中部大学）
- P48 富栄養化した池の生態系構造と水質の関係  
西元宏樹（富山県立大学短期大学部専攻科環境システム工学専攻）・坂本正樹（富山県立大学工学部環境工学科）
- P49 オオミジンコ生態影響試験による環境水の評価  
多田満・小神野豊（国立環境研究所）
- P50 共通の捕食者に由来する異なる疎水性をもつケミカルキューが被食者2種の防御反応を誘導する  
高原輝彦（広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター/京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）・土居秀幸（広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター）・神松幸弘（総合地球環境学研究所）・山岡亮平（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）
- P51 犬上川の間欠河川系における水生昆虫の基礎栄養の空間的分布  
辛賢善・赤塚徹志・安積寿幸・天橋望・三田村緒佐武（滋賀県立大学 湖沼環境実験施設）
- P52 夜叉ヶ池における水質およびプランクトン相の季節変動に関する研究  
片谷千恵子・下中邦俊・南部浩孝（福井県衛生環境研究センター）

## 分野：化学系

- P53 UNEP・GEMS/Waterの日本の取り組みについて～全球淡水水質データベースへのデータ提供と利活用の推進～  
中川恵・松崎慎一郎・高村典子（（独）国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター）
- P54 金沢市近郊における湿性および乾性降下物に関する研究  
藤永薫・小田恭裕（金沢工大バイオ・化学）・尾関徹（兵庫教大自然）・近藤邦男（金沢工大生活環境研）・大嶋俊一（金沢工大バイオ・化学）・渡辺雄二郎（金沢工大生活環境研）・小松優（金沢工大バイオ・化学）
- P55 溶存有機炭素の炭素安定同位体比測定のためのハイスループットオンライン分析手法の開発  
伊藤雅之・陀安一郎・由水千景（京大大学生態学研究センター）・大手信人（東京大学大学院農学生命科学研究科）
- P56 岩木川水系の炭素輸送と水質形成過程について  
岩田智也（山梨大学工学部）・占部城太郎・鈴木孝男・富樫博幸（東北大学生命科学研究科）・小岩直人（弘前大学教育学部）・柴田英昭（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター）
- P57 琵琶湖におけるCODの経年変化と難分解性有機物の関連について(1)～陸域・湖内由来の発生量～  
岡本高弘・佐藤祐一・早川和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・小松英司（株式会社環境情報コミュニケーションズ）・一瀬諭・奥村陽子・古田世子・南真紀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）・今井章雄（独立行政法人国立環境研究所）
- P58 琵琶湖におけるCODの経年変化と難分解性有機物の関連について(2)～簡易モデルを用いた要因分析～  
佐藤祐一・岡本高弘・早川和秀（滋賀琵琶湖環境科学研究センター）
- P59 琵琶湖の水深90m地点での2010年度の深層部の溶存酸素濃度の低下について  
青木眞一・焦春萌・奥村陽子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）
- P60 PARAFACを用いた琵琶湖蛍光性DOMの特徴、起源及び動態の評価  
小島礼慈・杉山裕子（兵庫県立大学大学院環境人間学研究科）・早川和秀（琵琶湖環境科学研究センター）・和田千弦（兵庫県立大学大学院環境人間学研究科）・石川加奈子・岡本高弘（琵琶湖環境科学研究センター）・丸尾雅啓（滋賀県立大学環境科学部）・神澤真一・奥村亮二・藤原学（龍谷大学理工学部）・熊谷哲（兵庫県立大学大学院環境人間学研究科）
- P61 琵琶湖砂浜帯における堆積物間隙水の生元素化合物の空間的分布  
天橋望・辛賢善・赤塚徹志・安積寿幸・三田村緒佐武（滋賀県立大学湖沼環境実験施設）
- P62 酸素環境の変化が堆積物-湖水境界層における栄養塩動態に及ぼす影響  
由水千景・陀安一郎（京大大学生態学研究センター）・永田俊（東京大学大気海洋研究所）
- P63 霞ヶ浦湖水におけるアルミニウムの化学形態  
越川昌美・渡邊未来・越川海・小松一弘・今井章雄・稲葉一穂・高松武次郎（国立環境研究所 地域環境研究センター）
- P64 霞ヶ浦底泥および底泥間隙水における炭水化物動態と栄養塩の濃度分布との関係  
佐藤貴之・川崎伸之・今井章雄・小松一弘・高津文人・三浦真吾・篠原隆一郎・富岡典子（国環研）
- P65 佐鳴湖における有機物収支解析  
戸田三津夫・伊藤涼平・小野田貴光・武藤栄（静岡大工）・安倍将浩・上原和也（静岡大院工）
- P66 安定同位体分析による佐鳴湖流域の水収支解析  
戸田三津夫・伊藤涼平・小野田貴光・鈴木孝志（静岡大工）・新家正宏・秋田進哉（静岡大院工）
- P67 深見池における有機物と栄養塩負荷量の季節変化  
大八木麻希・八木明彦（愛知工業大学工学部）
- P68 昭和基地周辺の湖沼における栄養塩循環の解明  
堀誠・田邊優貴子（東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻）・工藤栄（国立極地研究所）・山室真澄（東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻）
- P69 南極宗谷海岸露岩地域における南極湖沼の水質・底質環境  
中島広海（島根大学大学院 総合理工学研究科 地球資源環境学専攻）・瀬戸浩二（島根大学 汽水域研究センター）・伊村智（国立極地研究所）



## 分野: 物理・地学系

- P70 10m深井戸における年変動地温の振幅と位相の鉛直分布から推定される地下水の流れ  
久保秀敏 (岡山理科大学理学部基礎理学科)・竹内徹 (岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻)・北岡豪一 (岡山理科大学理学部基礎理学科)
- P71 100m深井戸における地温分布の経年変化の解析 —最近4年間の毎月の観測データから—  
清水敬太 (岡山理科大学理学部基礎理学科)・竹内徹 (岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻)・北岡豪一 (岡山理科大学理学部基礎理学科)
- P72 100m深井戸における地表条件の変化に伴う地下水位の降雨応答の変化  
新田美咲 (岡山理科大学理学部基礎理学科)・竹内徹 (岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻)・北岡豪一 (岡山理科大学理学部基礎理学科)
- P73 大口径試料で測定した干潟表層土の透水係数の非可逆性  
中松経水 (岡山理科大学・大学院・理学研究科・総合理学専攻)・平本祐貴・北岡豪一 (岡山理科大学・理学部・基礎理学科)
- P74 古い火山麓に湧出する水の温度と湧出量の変動機構  
水谷佳加理 (岡山理科大学大学院理学研究科総合理学専攻)・竹内徹 (岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻)・北岡豪一 (岡山理科大学理学部基礎理学科)
- P75 淡水レンズ型地下水における効果的な取水方法に関する研究  
井内国光 (愛媛大・工)・武井是樹 (愛媛大・院)
- P76 A Quasi-analytical approach to predict Secchi depth using simulated MERIS data  
Terrel Meylin・福島武彦・松下文経・楊偉・吉村和也 (筑波大学大学院 生命環境科学研究科)
- P77 湖沼底質中の色素分析による藻類組成変化の復元  
荒居博之 (筑波大学大学院 生命環境科学研究科)・増渕拓未 (水戸ソフトエンジニアリング株式会社)・吉村和也・福島武彦 (筑波大学大学院 生命環境科学研究科)
- P78 安曇川河川水がびわ湖に与える影響  
齊藤紫保・藪内春香・天沼翔太・片岡弘貴・高橋明代・川田知史・人見翔太・遠藤修一・石川俊之 (滋賀大・教育)・奥村康昭 (大阪電通大・工)
- P79 猪苗代湖および集水域の水質と水質変動  
小寺浩二 (法政大学地理学教室)・森本洋一 (法政大学大学院)・都筑俊樹 (NPO法人 地域環境科学研究所)
- P80 豊田市における河川流量および河川水温の地理的分布  
谷口智雅 (三重大学人文学部)・宮岡邦任 (三重大学教育学部)・溝口晃之 (愛知県立津島高等学校)・大八木英夫 (日本大学文理学部)・西部めぐみ (豊田市史資料調査会)
- P81 境水道和名鼻付近(島根県)における人為的閉鎖水域と自然解放水域の水塊構造の季節的变化と底層水の循環速度  
岡崎裕子 (島根大学院 総合理工学研究科)・瀬戸浩二 (島根大学 汽水域研究センター)
- P82 米軍空中写真を用いた沈水植物の判読  
小室隆 (東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻)・Sergey K. Krivonogov (Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia)・山室真澄 (東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻)

第一日目 9月 23日 (金) 午前

開始時刻	A会場	B会場
	河川生物	琵琶湖
10:00	<p>座長:鎌内宏光</p> <p>1A01 多摩川中流域における糸状緑藻の分布とその外的要因 岡田久子 (明治大学農学部)・知花武佳 (東京大学工学部)・倉本宣 (明治大学農学部)</p>	<p>座長:熊谷道夫</p> <p>1B01 湖の水位変化の解析-びわ湖における事例 岩本真徳 (京都大学大学院)・熊谷道夫 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・西勝也 (生物流体力学研究所)・焦春萌 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)</p>
10:15	<p>1A02 濁水の成分の違いが付着藻類に及ぼす影響 森照貴・小野田幸生・萱場祐一 (自然共生研究センター)</p>	<p>1B02 びわ湖の水温と溶存酸素濃度の変動特性(4) 遠藤修一・石川俊之・片岡弘貴・藤田将成 (滋賀県・教育)・奥村康昭 (大阪電通大・工)・藤井智康 (奈良教大・教育)</p>
10:30	<p>1A03 河道内樹林の生物量と河床変動量の関係 赤松史一・矢島良紀・佐貫方城・中西哲・三輪準二 ((独)土木研究所)</p>	<p>1B03 地球温暖化に対する琵琶湖北湖沖系の応答の陸水的意義 坂本充 (滋賀県立大学名誉教授)</p>
10:45	<p>座長:赤松史一</p> <p>1A04 ナガレトビケラ属幼虫のハンティング様式と大顎・前脚の形態 平祥和・谷田一三 (大阪府立大学 理学系研究科)</p>	<p>1B04 琵琶湖深水層の低酸素化および水質分布 焦春萌・青木真一・早川和秀・奥村陽子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)</p>
11:00	<p>1A05 日本の河川における底生動物現存量:全国データの整理から 小林草平・赤松史一・中西哲・矢島良紀・三輪準二 (独立行政法人土木研究所 河川生態チーム) 天野邦彦 (国土技術政策総合研究所 河川環境研究室)</p>	<p>座長:岸本直之</p> <p>1B05 琵琶湖におけるウランの分布と動態 望月陽人 (京都大学大学院・人間環境学研究科)・杉山雅人 (京都大学大学院・人間環境学研究科/京都大学大学院地球環境学堂)</p>
11:15	<p>1A06 水圏から陸域への生態系影響における促進効果と生物群集および物質循環への影響 鎌内宏光・仲岡雅裕 (北海道大学北方生物圏フィールド科学研究センター厚岸臨海実験所)</p>	<p>1B06 琵琶湖北部流入河川(姉川)の融雪時の栄養塩供給量 大久保卓也 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・長谷川直子 (お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科)・岩本真徳 (京都大学大学院)</p>
11:30		<p>1B07 モニタリングデータを用いた琵琶湖水中のリンと窒素の長期変動解析 早川和秀・焦春萌・石川可奈子・熊谷道夫 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・辻村茂男 (京都学園大学バイオ環境学部)・石川俊之 (滋賀大学教育学部)</p>
11:45		<p>1B08 用水濃度の異なる水田群での窒素・リン動態の比較 大久保卓也・佐藤佑一 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)</p>

第一日目 9月 23日 (金) 午前

開始時刻	C会場	D会場
		汽水域
10:00		<p>座長: 石飛裕            1D01 日本海を伝播する津波が中海・宍道湖に及ぼす影響            藤井智康 (奈良教育大学 教育学部)・奥田節夫 (奥田水圏環境研究所)</p>
10:15		<p>1D02 毎日採水で得られた斐伊川の負荷量            宮廻隆洋・小山維尊・中島結衣・野尻由香里・崎幸子・神谷宏 (島根県保健環境科学研究所)</p>
10:30		<p>1D03 宍道湖毎週調査の結果から-植物プランクトンの種変化と増殖速度-            崎幸子・小山維尊・中島結衣・野尻由香里・宮廻隆洋・神谷宏 (島根県保健環境科学研究所)・大谷修司 (島根大学)</p>
10:45		<p>1D04 宍道湖湖心における光合成色素からみた植物プランクトンの季節変動            谷幸則・松本祐里奈・内藤博敬 (静岡県立大学環境科学研究科)・神谷宏・宮廻隆洋 (島根県保健環境科学研究所)</p>
11:00		<p>1D05 宍道湖毎週調査の結果から-堆積物からの窒素の溶出はあるのか-            神谷宏・小山維尊・中島結衣・野尻由香里・宮廻隆洋・崎幸子 (島根県保健環境科学研究所)</p>
11:15		<p>座長: 藤井智康            1D06 WEPシステムによる高濃度酸素水の拡散状況について -中海浚渫地を例として-            増木新吾 (鳥取大学連合農学研究科/松江土建株式会社環境部)・戸島邦哲・若林健一 (松江土建株式会社環境部)・清家泰 (島根大学総合理工学部)</p>
11:30		<p>1D07 長期連続観測で得た中海浚渫地における水質挙動について            鮎川和泰・菅原庄吾・奥村稔・清家泰 (島根大学総合理工学研究科)</p>
11:45		<p>1D08 高濃度酸素水導入による中海浚渫地の脱窒・脱リン効果について            清家泰・中根大・小道綾香・緒方秀輔・菅原庄吾・鮎川和泰 (島根大学総合理工学部)・千賀有希子 (東邦大学理学部)・奥村稔 (島根大学総合理工学部)</p>

第一日目 9月 23日 (金) 午後

開始時刻	A会場	B会場
	微小動物・モデル・理論	琵琶湖
15:00	座長:吉田丈人 発表中止	座長:大久保卓也 1B09 流域地質が河川食物網を流れる炭素 <sup>14</sup> C年代に及ぼす影響 石川尚人 (京大大学生態学研究センター)・内田昌男・柴田康行 (国立環境研究所)・陀安一郎 (京大大学生態学研究センター)
15:15	1A08 バイオマニピュレーション後の湖沼におけるオオクチバスのプランクトンに依存した食性 伊澤智博・花里孝幸 (信州大学山岳化学総合研究所)	1B10 琵琶湖深水層におけるクロロフレクサス門細菌の優占 岡崎友輔・中野伸一 (京大大学生態学研究センター)
15:30	1A09 ミジンコの表現型可塑性:異なる捕食者に対する形態変化の種間・種内変異 永野真理子・吉田丈人 (東大・総合文化)	1B11 琵琶湖北湖における大型車軸藻 <i>Staurastrum dorsidentiferum</i> var. <i>ornatum</i> の細胞密度の変動要因 鈴木恵 (龍谷大学大学院理工学研究科環境ソリューション工学専攻)・岸本直之 (龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科)・一瀬諭・古田世子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
15:45	1A10 Disubtribution of testate amoeba communities in lake sediments WALL Adeline A.J. (Center for Ecological Research, Kyoto University)・GILBERT Daniel ,MAGNY Michel (Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS/Universite de Franche-Comte, France)・NAKANO Shin-ich (Center for Ecological Research, Kyoto University)	1B12 滋賀県黒橋川におけるナガエミクリの生育環境特性 高橋和也・浅枝隆 (埼玉大学理工学研究科)
16:00	1A11 水月湖水柱における従属栄養性ナノ鞭毛虫の細菌捕食 岡村嵩彦・森裕美 (福井県立大学大学院 生物資源学研究科 海洋生物資源学専攻)・中野伸一 (京大大学生態学研究センター)・近藤竜二 (福井県立大学 海洋生物資源学部)	1B13 沈降粒子束から見積もる琵琶湖の堆積速度(2) 元素別の速度 杉山雅人 (京都大学大学院地球環境学堂/京都大学大学院人間・環境学研究科)・木邑奈美・堀智孝 (京都大学大学院地球環境学堂)
16:15	座長:中野伸一 1A12 湖沼における生物生産のパラダイム-熱帯と温帯、沖帯と沿岸帯- 石川俊之 (滋賀大学教育学部)・大八木英夫 (日本大学文理学部)・塚脇真二 (金沢大学環日本海域研究センター)	1B14 琵琶湖北湖岸における底泥調査とアオコ形成種の分布について 一瀬諭・古田世子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)・馬場大哉 (東レテクノ株式会社)
16:30	1A13 古代湖はなぜ食物連鎖長が短いのか?:生態系の歴史性と食物連鎖長 土居秀幸 (広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター/Carl-von-Ossietzky University Oldenburg)・M. Jake Vander Zanden (University of Wisconsin)・Helmut Hillebrand (Carl-von-Ossietzky University Oldenburg)	
16:45	1A14 P/R比からみたマイクロゾムと実湖沼の相似性解析 村上和仁・林秀明 (千葉工業大学生命環境科学科)・小濱暁子 (東北工業大学環境情報工学科)	
17:00	1A15 微生物群集の生態-適応フィードバック:表現性可塑型と群集動態の関係 山内悠司・鈴木健大 (東京大学総合文化研究科)・吉田丈人 (東京大学総合文化研究科/JST さきがけ)	

第一日目 9月 23日 (金) 午後

開始時刻	C会場	D会場 汽水域
15:00		座長: 神谷宏 1D09 高溶存酸素環境下が硝化に与える影響 千賀有希子 (東邦大学理学部)・渡邊泰徳 ( )・清家泰 (島根大学総合理工学部)
15:15		1D10 高濃度酸素水導入による硫化水素とメタンの挙動について 菅原庄吾・鮎川和泰 (島根大学大学院総合理工学研究科)・千賀有希子 (東邦大学理学部)・奥村稔・清家泰 (島根大学総合理工学部)
15:30		1D11 水圏におけるメタンの生成・挙動について 松原大悟・菅原庄吾 (島根大学総合理工学研究科)・奥村稔・清家泰 (島根大学総合理工)
15:45		1D12 大橋川の沈水植物 石飛裕 (自然と人間研)・安部国広 (JpGU教育問題検討委)・桑原正樹 (宍道湖漁協)
16:00		座長: 千賀有希子 1D13 斐伊川水系におけるコアモモ個体群の空間的遺伝構造 程木義邦・大林夏湖 (京大大学生態学研究センター)・國井秀伸 (島根大学汽水域研究センター)
16:15		1D14 日本国内に分布するオオクグの保全単位の検討 大林夏湖・程木義邦 (京大大学生態学研究センター)・國井秀伸 (島根大学汽水域研究センター)
16:30		1D15 ガンカモ類越冬池と中継池における水質季節変化の違い 中村雅子・((独)国立環境研究所)・島根大 汽水セ)・矢部徹 ((独)国立環境研究所)・牛山克巳 (宮島沼水鳥・湿地センター)・神谷要 ((財)中海水鳥国際交流基金財団)・石井裕一 ((財)東京都環境整備公社 東京都環境科学研究所)・相崎守弘 (島根大学)
16:45		1D16 底質を利用した中海におけるサルボウガイの生息適正地判定 山口啓子・鈴木秀幸・宮元康・瀬戸浩二 (島根大学)

第二日目 9月24日 (土) 午前

開始時刻	B会場	D会場
	課題講演	公開シンポジウム I (9:00~12:30)
	<p><b>大気-森林流域</b> 座長:小野寺真一</p>	<p><b>指定湖沼が直面する問題</b> <b>～湖沼はどうあるべきか～</b></p>
10:00	<p>2K01 フィンランド北方林の土壌中の溶存有機物に与える森林管理の影響 原都・大橋瑞江 (兵庫県立大学環境人間学研究科)・Sirpa Piirainen (フィンランド森林研究所)・Pirkko Kortelainen (フィンランド環境研究所)・Leena Finer (フィンランド森林研究所)・熊谷哲 (兵庫県立大学環境人間学研究科)・高橋勝利 (産業技術総合研究所)・杉山裕子 (兵庫県立大学環境人間学研究科)</p>	<p><b>コンピナー:</b>神谷宏(島根保環研)・山室真澄(東京大学)</p> <p>S1-1 趣旨説明 神谷宏 (島根保環研)</p> <p>S1-2 諏訪湖における水質の変遷と現状 宮原祐一(信州大学)、沖野外輝夫(諏訪湖クラブ)</p> <p>S1-3 霞ヶ浦流域での面源負荷の考え方 黒田久雄 (茨城大学農学部)</p> <p>S1-4 琵琶湖の長期トレンドと水質保全対策の今後の課題 大久保卓也 (滋賀県琵琶湖環境科学センター)</p> <p>S1-5 宍道湖における水質と特徴的な変化 神谷宏 (島根保環研)</p> <p>S1-6 中海の水環境の変化と今後の課題 石飛裕(自然と人間研)、神谷宏 (島根保環研)</p>
10:15	<p>2K02 大都市圏および周辺域の森林への大気からの窒素流入の実態 伊藤優子・小林政広 (森林総合研究所)・吉永秀一郎 (森林総合研究所九州支所)</p>	
10:30	<p>2K03 窒素流入量の異なる2つの森林流域における硝酸態窒素流出 小林政広 (森林総合研究所)・吉永秀一郎 (森林総合研究所九州支所)・伊藤優子・稲垣昌宏・稲垣善之・坪山良夫・玉井幸治 (森林総合研究所)・壁谷直記 (森林総合研究所九州支所)・清水貴範 (森林総合研究所)</p>	
	<p><b>農業・人間活動</b> 座長:小野寺真一</p>	
10:45	<p>2K04 南部フォッサマグナ地下水中の元素濃度の地域差および循環システムから探る人為影響評価 輿水達司・小林浩 (山梨県環境科学研究所)</p>	<p>総合討論 総司会:神谷宏(島根保環研)・山室真澄(東京大学) コメンテーター:今井章雄 (国立環境研究所)</p>
11:00	<p>2K05 大量施肥流域における溶存N<sub>2</sub>Oの分布特性 大西晃輝・小野寺真一 (広島大学総合科学研究科)・齋藤光代 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・清水裕太・吉川昌志 (広島大学総合科学研究科)</p>	
11:15	<p>2K06 農業由来栄養塩の河川・地下水への面源負荷推定方法の提案 吉川省子 (農業環境技術研究所)・高橋英博・望月秀俊 (近畿中国四国農業研究センター)・江口定夫 (農業環境</p>	
	<p><b>温暖化</b> 座長:瀬戸浩二</p>	
11:30	<p>2K07 最近の山岳氷河の動向と河川流域への影響: アラスカ・ユーコン河を例として 知北和久・和田知之 (北海道大学北海道大学大学院理学研究院)・工藤勲 (北大大学院水産科学研究科)・ヨンオンキム (アラスカ大学国際北極圏研究センター)</p>	
11:45	<p>2K08 日本国内湖沼の結氷と温暖化の影響 濱田浩美 (千葉大学教育学部)・西川博章 (船橋市立古和釜中学校)</p>	

第二日目 9月24日 (土) 午後

開始時刻	B会場	D会場
	課題講演	公開シンポジウムⅡ(13:00~16:00)
	<b>沿岸-地下水湧出</b> 座長:瀬戸浩二	<b>アオコ研究最前線の多様性</b>
13:00	2K09 砂州の分布する沖積平野沿岸域における地下水流出に伴う栄養塩供給特性 吉川昌志 (広島大学大学院総合科学研究科)・宮岡邦任 (三重大学教育学部)・小野寺真一 (広島大学総合科学研究科)	コンピーナー:中野伸一(京都大)・田辺雄彦(筑波大)  S2-1 湖沼生態系におけるラン藻毒素マイクロシスチンの毒性と動態 朴虎東 (信州大学)
13:15	2K10 二枚貝の生息分布からみた沿岸域の海底地下水湧出形態の評価 宮岡邦任 (三重大学教育学部)・谷口真人 (総合地球環境学研究所)・谷口智雅 (三重大学人文学部)・大八木英夫 (日本大学文理学部)・吉川昌志 (広島大学総合科学研究科)	S2-2 宍道湖で発生したMicrocystis ichthyoblabeの産生するいわゆるアオコ臭の特定及び水温・塩分耐性 神門利之、中島結衣、崎幸子、神谷宏、後藤宗彦 (島根保環研)、大谷修司 (島根大教育)
13:30	2K11 瀬戸内海沿岸域における栄養塩環境の季節変化に及ぼす海底地下水湧出の影響評価 齋藤光代 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・小野寺真一 (広島大学 総合科学研究科)・郭新宇 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・大西晃輝・清水裕太・金広哲・吉川昌志 (広島大学 総合科学研究科)・徳増実 (西条市)	S2-3 Morphotype and genotype dominance of Microcystis population in Taihu Lake, China Xu Yao(Nanjing Normal University),*Li Renhui (Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy)
	<b>流域圏輸送</b> 座長:知北和久	S2-4 遺伝子で見るアオコの多様性 田辺雄彦、渡邊信 (筑波大学)
13:45	2k12 流域におけるリン輸送過程に及ぼす人間活動の影響 小野寺真一・清水裕太 (広島大学総合科学研究科)・齋藤光代 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・加藤愛彬・福岡正人 (広島大学総合科学研究科)	S2-5 アオコとウィルスのせめぎ合い 吉田天士 (京都大学)
14:00	2K13 アムール川流域の土地利用変化が河川の溶存鉄搬出に与える影響 楊宗興・郭英玉 (東京農工大学)・大西健夫 (総合地球環境学研究所、現在岐阜大学)・閻百興・王徳宣 (中国科学院東北地理農業生態研究所)	S2-6 アオコの分布拡大に関する分子生態学・環境誌的研究 中野伸一、田中拓弥、程木義邦 (京都大学)、近藤竜二、廣石伸互、高尾祥文、片岡剛文、本間隆満 (福井県立大学)
14:15	2K14 伊勢湾流域圏の水・物質フラックス網のモデル化と人間活動の影響 辻本哲郎・戸田祐嗣 (名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)・田代喬 (名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻)・尾花まき子 (名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)	
14:30	2K15 郊外農業流域での栄養塩流出に及ぼす気候変動の影響 清水裕太・小野寺真一 (広島大学総合科学研究科)	
14:45	2K16 斐伊川流域における窒素、リンの流出解析 宗村広昭・武田育郎・森也寸志(島根大学生物資源科学部)	

第三日目 9月 25日 (日) 午前①

開始時刻	A会場	B会場
	化学	河川化学
9:00	<p>座長:杉山雅人 3A01 北海道の水道の過塩素酸濃度 高野敬志・伊藤八十男・千葉真弘・泉敏彦 (北海道立衛生研究所)</p>	<p>座長:楊宗興 3B01 間伐後の渓流水中の硝酸イオン濃度増加に伴う炭酸水素イオン濃度減少 小島永裕 (滋賀県森林センター)・長井正博・賀茂祐樹・藤井芳一・片山幸士 (人間環境大学人間環境学部)</p>
9:15	<p>3A02 浄化槽放流水の経年変化について 久川和彦 (財団法人日本環境整備教育センター 講習事業グループ グループリーダー)・島田賢治 (財団法人 福岡県浄化槽協会 事務局総務課)</p>	<p>3B02 相模湖付近の森林集水域における窒素循環の経年変動 成泳植・小堀洋美・磯川茂克・松隈淳 (東京都市大学環境情報学部)</p>
9:30	<p>3A03 Pseudopolarographyによる湖水中金属配位子の評価 丸尾雅啓 (滋賀県立大・環境)・小畑元 (東大・大気海洋研)</p>	<p>3B03 甲府盆地北部森林域における降下物中の硝酸イオン濃度の空間分布 風間ふたば (山梨大学大学院医学工学総合研究部国際流域環境研究センター)・石丸俊太郎 (山梨大学大学院医学工学総合研究部国際流域環境科学特別教育プログラム)・中村高志・平賀由紀 (山梨大学大学院医学工学総合研究部国際流域環境研究センター)</p>
9:45	<p>3A04 不連続酸素供給に対する堆積物からのリン溶出の応答 井上徹教 (港湾空港技術研究所)・清家泰・鮎川和泰・菅原庄吾 (島根大学総合理工学研究科)・中村由行 (港湾空港技術研究所)</p>	<p>3B04 筑波山における植生及び地形要因と渓流水中NO<sub>3</sub>-N濃度との関係 三浦真吾 (株式会社 武揚堂/独立行政法人 国立環境研究所)・渡邊未来・林誠二・高津文人・今井章雄・小松一弘・川崎伸之・佐藤貴之・富岡典子・篠原隆一郎 (独立行政法人 国立環境研究所)</p>
10:00	<p>座長:丸尾雅啓 3A05 光照射化における腐植物質からの過酸化水素生成に関する研究 大谷絵利佳・藤井学・吉村千洋 (東京工業大学)</p>	<p>3B05 筑波山の渓流水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は25年間で上昇したか? 渡邊未来・石川隼人・渡邊圭二・山村茂樹・高津茂樹・高津文人・三浦真吾・越川昌美・高松武次郎・林誠二 (国環研)</p>
10:15	<p>3A06 腐植物質の化学的性質が鉄との錯体形成の及ぼす影響 今岡亮・藤井学・吉村千洋 (東京工業大学)</p>	<p>3B06 埼玉県秩父地方における渓流水および土壌中の重金属濃度 片山美裕子 (東京大大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)・田林雄 (茨城大学地球大学変動適応科学研究機関)・山室真澄 (東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻)</p>
10:30	<p>3A07 バイカル湖における溶存有機物の遷移過程-質量分析と主成分分析による考察 杉山裕子 (兵庫県立大・環境人間)・Patrick Hatcher・Rachel Sleighter (Old Dominion University)・鈴木智代 (金沢大・低レベル放射能実験施設)・和田千弦・熊谷哲 (兵庫県大・環境人間)・三田村緒佐武 (滋賀県大・環境科学)・片野俊也 (佐賀大・低平地沿岸海域研究セ)・中野伸一 (京大・生態学研究セ)・渡辺泰徳 (立正大・地球環境)・Valentin V. Drucker (ロシア科学アカデミー・陸水学研究部)・Vladimir A. Fialkov (ロシア科学アカデミー・バイカル博物館)・杉山雅人 (京大・地球環境)</p>	<p>座長:林誠二 3B07 富栄養化したため池の水質に及ぼす灌漑用水の影響 山田佳裕・河野理也 (香川)大学 応用生物科学科)・濱岡秀樹・大森浩二 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)</p>
10:45	<p>3A08 <sup>13</sup>Cトレーサー実験による、霞ヶ浦における植物プランクトン由来有機物の存在量の推定 花町優次・中村剛也 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)</p>	<p>3B08 少雨地域における河川の有機物濃度と水利用との関係 福田竜也 (香川大学大学院 農学研究科)・山田佳裕 (香川大学 応用生物科学科)・丸山誠史・中野孝教 (総合地球環境学研究所)・野崎健太郎 (椋山女学園大 教育学部)</p>



第三日目 9月 25日 (日) 午前①

開始時刻	C会場	D会場
	微細・植物	課題講演
9:45	<p>座長:野原精一</p> <p>3C01 西日本における有毒ラン藻類の分布 程木義邦・大林夏湖・小林由紀・奥田昇・中野伸一 (京大 大学生態学研究センター)</p>	
10:00	<p>3C02 小型ラン藻Ahanothece clathrateにおける純生 産速度の比増殖速度依存性 岸本直之 (龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科)・ 山本千尋・鈴木恵 (龍谷大学大学院理工学部環境科環境ソ リューション工学専攻)・一瀬諭・古田世子 (滋賀県琵琶湖 環境科学センター)</p>	<p><b>沿岸-環境改善</b> 座長:濱田浩美</p> <p>3K01 中海本庄水域における排水機場跡地を利用し た潮通しの効果と物質輸送 瀬戸浩二 (島根大学汽水域研究センター)・山口啓子 (島 根大学生物資源科学部)</p>
10:15	<p>3C03 霞ヶ浦における植物プランクトンの鉛直分布に ついて 中村剛也・花町優次・北村立実 (霞ヶ浦環境科学センター)</p>	<p>3K02 山陰と山陽の湖沼堆積物中の磁性鉱物 佐藤高晴 (広島大学総合科学研究科)・瀬戸浩二 (島根 大学汽水域研究センター)・天野敦子 (産業技術総合研究 所)・小野寺真一 (広島大学 総合科学研究科)</p>
10:30	<p>3C04 春から夏における刺網への藻類等の付着現象 と付着物組成 大前信輔・森田尚・太田滋規・大山明彦 (滋賀県水産試験 場)</p>	<p>3K03 堆積物記録からみた岡山県児島湾の過去100 年間の海底環境変遷 天野敦子 (産業技術総合研究所)・金廣哲・小野寺真一・ 佐藤高晴・清水裕太 (広島大学総合科学研究科)・齋藤光 代 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)</p>
10:45	<p>3C05 アオコ原因藍藻(Microcystis aeruginosa)の遺 伝子型に基づく分別識別と定量PCRを用いた細胞密 度の推定 片岡剛文(福井県立大学海洋生物資源)・本間隆満(福井県 立大学海洋生物資源/現所属:(株)建設環境研究所)・中野 伸一(京都大学・生態研センター)・近藤竜二(福井県立大 学・海洋生物資源)</p>	<p>3K04 沖積粘度間隙水の水素・酸素同位体比 一体 積環境が推定される可能性一 竹内徹 (岡山理大院・理 株式会社フジタ地質)・北岡豪一 (岡山理大・理)・清水裕太・小野寺真一 (広島大院・総合 科学)</p>

第三日目 9月 25日 (日) 午前②

開始時刻	A会場	B会場
	化学	河川化学
11:00	<p>座長:杉山裕子                      3A09 ダムが多い水系における溶存態ケイ素をトレーサーとした河川水及び汚濁物質の起源の推定                      瀧本翔太 (香川大学大学院 農学研究科)・山田佳裕 (香川大学 応用生物科学科)・申基澈・中野孝教 (総合地球環境研究所)</p>	<p>3B09 流域構造の人為的改変がもたらした河川水質の変容                      下妻史乃 (京都大学大学院人間・環境学研究科)・杉山雅人 (京都大学地球環境)</p>
11:15	<p>3A10 北浦と流入河川における低泥の脱窒活性の分布                      北村立実・中村剛也・花町優次 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)八木岡敦・小松崎将一・黒田久雄(茨城大学)</p>	<p>3B10 循環型閉鎖式管路を用いた河川における有機物代謝速度の推定と既存手法                      萱場祐一・森照貴・小野田幸生 ((独)土木研究所自然共生研究センター)</p>
11:30	<p>3A11 淡水性藍藻類<i>Microcystis aeruginosa</i> の鉄摂取に光が及ぼす影響                      藤井学 (東京工業大学)・Rose Andrew・Waite David (ニューサウスウェールズ大)</p>	<p>3B11 桂川・宇治川・木津川三川の農薬流出特性                      海老瀬潜一 (摂南大学 理工学部 都市環境工学科)・川村裕紀 (摂南大学 大学院 工学研究科)</p>
11:45	<p>3A12 樹木葉圏における微生物活動によるアンモニア酸化の痕跡                      渡邊圭司・高津文人・竹中明夫 (独立行政法人国立環境研究所)・須田互 (東京大学大学院新領域創成科学研究科)・山村茂樹・林誠二・渡邊未来(独立行政法人国立環境研究所)</p>	

第三日目 9月 25日 (日) 午前②

開始時刻	C会場	D会場
	保全	課題講演
11:00	<p>座長: 国井秀伸                      3C06 尾瀬ヶ原池とうの水質と水生生物モニタリング                      野原精一 (国立環境研究所)・安類智仁 (尾瀬保護財団)・国府台高校SPP生徒 (千葉県立国府台高校)</p>	<p><b>沿岸-環境改善</b>                      座長: 齋藤光代                      3K05 広島湾底泥に堆積したリン量の見積もり                      山本民次・折本かおり (広島大学大学院生物圏科学研究科)・山本裕規 (復建調査設計(株) 環境技術部水圏環境課)・浅岡聡 (広島大学大学院生物圏科学研究科環境循環系制御学専攻)・キムキョンヘ (広島大学大学院生物圏科学研究科)</p>
11:15	<p>3C07 サロベツ湿原稚畠内砂丘林湖沼の水環境                      木内伸洋 (北海道工業大学)・橋治国 (環境クリエイト)・辰巳健一 (ドーコン)・村元正巳 (天北塾)</p>	<p>3K06 浮遊系-底生系カップリング・モデルによる広島湾北部海域における貧酸素塊の動態解析と汚泥負荷対策等の実施による発生抑制効果の予測                      山本裕規復建調査設計(株) 環境技術部水圏環境課)・山本民次 (広島大学大学院生物圏科学研究科)・浅岡聡 (広島大学大学院生物圏科学研究科環境循環系制御学専攻)</p>
11:30	<p>3C08 砂丘湖の現状と問題点                      福原晴夫 (新潟大学教育学部)・大高明史 (弘前大学教育学部)</p>	<p>3K07 リサイクル材による閉鎖性水域底泥からのリン溶出抑制に関する擬似現場試験                      浅岡聡・山本民次 (広島大学生物圏科学研究科)</p>
11:45	<p>3C09 ため池の生物多様性と水質に及ぼす池干しの影響                      西川潮 (新潟大学・超域)・今田美穂・中川恵・赤坂宗光・高村典子 (国立環境研究所)</p>	<p>3K08 備讃瀬戸における栄養塩動態と赤潮発生との関係                      高橋暁・三好順也・三島康史 (産業技術総合研究所)</p>
12:00	<p>3C10 陸水影響海域における陸海域結合水循環モデル: 噴火湾を例に                      中田聡史・石川陽一・淡路敏行 (京都大学理学研究科) 印貞治・中山智治・島茂樹 (海洋財団) 齋藤誠一 (北海道大学水産学部)</p>	<p>3K09 備讃瀬戸における栄養塩動態とノリ養殖被害との関係                      三好順也・高橋暁・三島康史 (産業技術総合研究所)</p>

開始時刻		D会場
		公開シンポジウムⅢ(13:00～16:00)
13:00		<p style="text-align: center;"><b>東日本大震災に学ぶ</b> <b>～伝えておきたい情報と経験～</b></p> <p>コンピーナー:熊谷道夫 (滋賀県琵琶湖環境科学センター)</p> <p>S3-1 趣旨説明 岩熊敏夫 (学会長)</p> <p>S3-2 東北地方太平洋沖地震の“予知”はできなかったのか 佃為成 (元東京大学地震研究所、日本女子大)</p> <p>S3-3 被災地からの報告 ～南三陸町沿岸の状況～ 川瀬撰 (宮城県南三陸町役場 産業振興課)</p> <p>S3-4 本邦河川水中の溶存態ウランの濃度、海外との比較 望月陽人、杉山雅人 (京都大学・人間環境、京都大学・地球環境)</p> <p>S3-5 霞ヶ浦湖水・底質中の放射性核種の分布と比 田中敦、土井妙子、高津文人、小松一弘、今井章雄、森野悠 (国立環境研究所)</p> <p>S3-6 海底や湖底の調査から見えてくる地球の変化 熊谷道夫(滋賀県琵琶湖環境科学センター)</p>

## 公開シンポジウム I

### 指定湖沼が直面する諸問題～湖はどうあるべきか～

コンピーナー：神谷宏（島根県環境科学研究所）、山室真澄（東京大学）

9月24日(土) 9:00～12:30 D会場(教養2号棟 3階)

#### 開催趣旨

湖沼水質保全特別措置法が1984年に制定されて四半世紀以上が経ち、1985年指定の5湖沼は本年度第六期水質保全計画(一期5年)を作成予定である。これまでも保全計画に基づき様々な施策がなされてきたが、栄養塩濃度が低下した指定湖沼はあるものの、環境基準(COD75%)を達成した指定湖沼はない。一方で過去25年の間に各湖沼には生態系を含め様々な変化が見られ、流入負荷を減らせばCOD濃度が低下するという当初想定したシナリオとは必ずしも一致しない現象が報告されている。我々研究者は科学的知見に基づき、各湖沼の水質保全のために行政に対して積極的に助言・提言すべき段階にあるのではないだろうか？そこで代表的な指定湖沼が現在どのような状況にあるのか、どのような問題を抱えているのかを地元の研究者から紹介していただくことよって、湖沼計画をどう考えるかの方向を見出したい。

#### S1-1 趣旨説明

神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

#### S1-2 諏訪湖における水質の変遷と現状

\*宮原裕一(信州大学)、沖野外輝夫(諏訪湖クラブ)

#### S1-3 霞ヶ浦流域での面源負荷の考え方

黒田久雄(茨城大学農学部)

#### S1-4 琵琶湖水質の長期トレンドと水質保全対策の今後の課題

大久保卓也(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

#### S1-5 宍道湖における水質の特徴的な変化

神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

#### S1-6 中海の水環境の変化と今後の課題

\*石飛 裕(自然と人間環境研究機構)、神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

総合討論(総合司会：神谷宏・山室真澄)

コメンテーター：今井章雄(国立環境研究所)

## 公開シンポジウムⅡ

### アオコ研究最前線の多様性

コンピーナー：中野伸一（京都大学）、田辺雄彦（筑波大学）

9月24日(土) 13:00~16:00 D会場(教養2号棟 3階)

#### 開催趣旨

アオコは、湖水中のアオコ原因植物プランクトンが大量に増殖して起こり、世界各地の富栄養化した湖沼に普遍的に見られる。アオコが発生すると水質や景観を悪化させ、腐敗したアオコが悪臭を放ち、さらにはアオコが作る強い毒により海外では人間や家畜等の死亡の被害が報告されている。アフリカや東南アジア諸国ではアオコの発生が深刻化しており、アフリカでも多くの人が良質な水を利用できない状態が続いている。このように、アオコの防除は世界中の富栄養化した湖沼で緊急課題となっているが、未だに問題は解決されていない。

アオコの中でも、シアノバクテリアの *Microcystis* 属が大増殖したものは、世界的広がりや被害の甚大さにおいて、特に深刻である。*Microcystis* 属の分類については、2000年に入ってから大きな変化があった。すなわち、*Microcystis* 属のいくつかの種は、16S rRNAによる細菌分類学に基づいて、*Microcystis aeruginosa* 一種に統合された。しかし、この分類は、実際の湖沼における *Microcystis* 属の生態に合っていない、*Microcystis* 属の毒素生産性との対応が良くない等、さまざまな課題が提起されている。さらに、分子生物学的手法を用いたより詳細な遺伝子型分類の発達があり、新しいアプローチによる *Microcystis* 属の生態解明の進展が期待される。

本シンポジウムでは、主に国内の *Microcystis* 属のアオコ研究について最新知見を紹介すると共に、*Microcystis* 属アオコの深刻な問題を抱える中国におけるアオコ研究の最前線も紹介する。また、地元の宍道湖における最新のアオコ研究の紹介も行う。さらに、これらの報告を通じて、古くて新しいアオコ研究の今後の課題と発展について議論する。

#### S2-1 湖沼生態系におけるラン藻毒素マイクロシスチンの毒性と動態

朴虎東（信州大学）

#### S2-2 宍道湖で発生した *Microcystis ichthyoblabe* の産生するいわゆるアオコ臭の特定及び水温・塩分耐性

神門利之、中島結衣、崎幸子、神谷宏、後藤宗彦（島根保環研）、大谷修司（島根大教育）

#### S2-3 Morphotype and genotype dominance of *Microcystis* population in Taihu Lake, China

Xu Yao(Nanjing Normal University),\*Li Renhui (Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy)

#### S2-4 遺伝子で見るアオコの多様性

田辺雄彦、渡邊信（筑波大学）

#### S2-5 アオコとウィルスのせめぎ合い

吉田天士（京都大学）

#### S2-6 アオコの分布拡大に関する分子生態学・環境誌的研究

中野伸一、田中拓弥、程木義邦（京都大学）、近藤竜二、廣石伸互、高尾祥丈、片岡剛文、本間隆満（福井県立大学）

## 公開シンポジウムⅢ

### 東日本大震災に学ぶ～伝えておきたい情報と経験～

コンピーナー：熊谷道夫（滋賀県琵琶湖環境科学センター）

9月25日(日) 13:00～16:00 D会場(教養2号棟 3階)

#### 開催趣旨

2011年3月11日に発生した東北沖太平洋地震は、人類史上未曾有の大災害をもたらした。特に地球科学の研究に携わる者にとって、まさに脳天を打ちつけられたような衝撃があった。我々、陸水の研究者にとっても同様である。地震・津浪・原発事故のいずれにしても過去に類をみない壮絶な被害をもたらし、なおかつ事後に及ぶ影響も過酷である。この地震の前後に、我々が何を思い、何を経験し、何を学んだか多くの人々と共有することは、歴史の記載と共に大変重要なことである。今回、島根県松江市で日本陸水学会第76回大会が開催されるにあたり、このような意図を持って公開の研究シンポジウムを企画した。可能な限り多くの人々に参加していただき、事実に基づいた客観的な考察と討議を行いたいと考えている。

#### S3-1 趣旨説明

岩熊敏夫（学会長）

#### S3-2 東北地方太平洋沖地震の“予知”はできなかったのか？

佃為成（元東京大学地震研究所、日本女子大学）

#### S3-3 被災地からの報告～南三陸町沿岸の状況報告～

川瀬撰（宮城県南三陸町役場 産業振興課）

#### S3-4 本邦河川水中の溶存態ウラン濃度、海外との比較

望月陽人、杉山雅人（京都大学・人間環境、京都大学・地球環境）

#### S3-5 霞ヶ浦湖水・底質中の放射性核種の分布と動態

田中敦、土井妙子、高津文人、小松一弘、今井章雄、森野悠（国立環境研究所）、榎本和義、豊田晃弘（高エネ研）

#### S3-6 海底や湖底の調査から見える地球の変化

熊谷道夫（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

## 自由集会「陸水物理研究会」

### 陸水物理研究に関する意見交換：最近の活動および計画から

コンピーナー：池田隆司（北大理学研究院）

9月23日(金) 17:30～20:00 C会場(教養2号棟 3階)

#### 開催趣旨

陸水物理研究に関する、最近の研究活動や今後の研究計画について意見交換し、**新旧会員相互の親睦と啓発を語る**ことを目的とする。「日本陸水学会」を母体とする陸水物理研究会は、陸水学会会期中に自由集會を継続して開催しており、**会員の積極的な参加による情報交換の場**としている。



# 公開シンポジウム I

## 指定湖沼が直面する諸問題 ～湖はどうあるべきか～

S1-1 ～ S1-6

コンビーナー : 神谷 宏 (島根県保健環境科学研究所)  
山室真澄 (東京大学)

コメンテーター : 今井章雄 (国立環境研究所)

日時 : 9月24日(土) 9:00 ～ 12:30

会場 : D会場 (教養棟2号館3階)



## S1-1

### 公開シンポジウム I

#### 指定湖沼が直面する諸問題～湖はどうあるべきか～

コンピーナー：神谷宏（島根県保健環境科学研究所）、山室真澄（東京大学）

9月24日(土) 9:00～12:30 D会場(教養2号棟 3階)

##### 開催趣旨

湖沼水質保全特別措置法が1984年に制定されて四半世紀以上が経ち、1985年指定の5湖沼は本年度第六期水質保全計画(一期5年)を作成予定である。これまでも保全計画に基づき様々な施策がなされてきたが、栄養塩濃度が低下した指定湖沼はあるものの、環境基準(COD75%)を達成した指定湖沼はない。一方で過去25年の間に各湖沼には生態系を含め様々な変化が見られ、流入負荷を減らせばCOD濃度が低下するという当初想定したシナリオとは必ずしも一致しない現象が報告されている。我々研究者は科学的知見に基づき、各湖沼の水質保全のために行政に対して積極的に助言・提言すべき段階にあるのではないだろうか？そこで代表的な指定湖沼が現在どのような状況にあるのか、どのような問題を抱えているのかを地元の研究者から紹介していただくことよって、湖沼計画をどう考えるかの方向を見出したい。

##### S1-1 趣旨説明

神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

##### S1-2 諏訪湖における水質の変遷と現状

\*宮原裕一(信州大学)、沖野外輝夫(諏訪湖クラブ)

##### S1-3 霞ヶ浦流域での面源負荷の考え方

黒田久雄(茨城大学農学部)

##### S1-4 琵琶湖水質の長期トレンドと水質保全対策の今後の課題

大久保卓也(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

##### S1-5 宍道湖における水質の特徴的な変化

神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

##### S1-6 中海の水環境の変化と今後の課題

\*石飛 裕(自然と人間環境研究機構)、神谷 宏(島根県保健環境科学研究所)

総合討論(総合司会：神谷宏・山室真澄)

コメンテーター：今井章雄(国立環境研究所)

\*宮原裕一（信州大学・山岳科学総合研究所），沖野外輝夫（諏訪湖クラブ）

### 1. はじめに

諏訪湖は長野県中央部に位置する湖で、その集水域は湖面積（13.3km<sup>2</sup>）の40倍と広く、湖水の平均滞留時間は約40日と短い。平均水深が約4mと浅いため、水温成層が形成される夏期でも風による鉛直混合が頻繁に観察され、降水量が多いと比較的短期間で湖水が入れ替わる。また、唯一の流出河川（天竜川）には、釜口水門が設置され、その放流量は人為操作されている。

1906年に田中阿歌麿によって詳細な水質調査が行われて以来、その水質は長期にわたって観察されてきている。信州大学も1977年から定期観測を開始し、多くのデータを蓄積してきている。ここでは、諏訪湖における水質の変遷と、現在の諏訪湖が抱える問題について述べる。

### 2. 諏訪湖の水質の変遷

諏訪湖の富栄養化は、戦後の高度経済成長期に急激に進行し、夏期にアオコが見られるようになった。その原因として生活排水や工場排水の垂れ流しが挙げられる。諏訪湖では、その富栄養化の対策として流域下水道が敷設され、1979年の供用開始以降、順調に接続率は向上し、現在ではほぼ100%となっている。終末処理場の処理水は、湖内をパイプで運ばれ、釜口水門直上で放流されており、生活排水や工場排水による栄養塩の負荷は大きく減少した。

一方、1969年から2003年に中止されるまで、諏訪湖では大規模な浚渫が行われた。1期の浚渫では、「水生生物による内部負荷の低減」を目指し、沿岸は一部を除き水深2.5mまで掘り下げられた。2期の沖帯の浚渫とあわせ、湖面積の7割に及ぶ場所で栄養塩を多く含む底泥が除去されたが、同時に湖内の水草帯の多くが消失した。

これら水質浄化対策の成果を、現在の諏訪湖で見ることができる。かつて、諏訪湖では夏期にアオコが発生するため透明度が低下し、1977年の夏期平均

透明度は50cmであった。しかし、2000年以降、夏期の平均透明度は常に1mを超えている。1999年までは、夏期に底泥からのリンの溶出が見られた。しかし、近年では、リンの外部負荷と内部負荷ともに減少し、水温成層期に大規模なアオコの発生は見られなくなった。このように、諏訪湖では、水質浄化対策の結果、リン負荷が大きく減少し、その水質が改善した。しかし、春と秋の透明度には大きな変化が見られないため、夏期でなく循環期に透明度の低下が観察されようになった。

### 3. 諏訪湖の現状

上述の通り、諏訪湖では夏期にアオコの発生が見られなくなったが、ヒシの繁茂に悩まされている。かつて浚渫により水草が消失した沿岸域に、ヒシは分布域を広げ、近年では湖面積の2割程度を覆い尽くしている。ヒシの繁茂により、諏訪湖の景観は大きく変化し、船舶の航行障害や、その腐敗臭に苦情が寄せられている。近年、ヒシの刈り取りが何度も試みられているが、その量が極めて多いため、効果的な除去と処理は困難を極めていく。

また、諏訪湖では湖底の貧酸素化も問題となっている。水温成層が形成される夏期には、水深4m以深では溶存酸素がほとんど検出されない。これは、上述のヒシの繁茂に伴う、湖水・底泥中の有機物による酸素消費の増加や、湖内への酸素供給の減少が原因とも考えられるが、そのいずれも定量化されていない。いずれにしても、湖水中の酸素不足のため、底生生物の二枚貝が一部地域を除きほとんど観察されなくなった。

さらに、ブラックバス等の外来魚の駆除にも手を焼いている。水産資源であるエビ類の減少は、沈水植物の減少、湖水の貧酸素化とあわせブラックバスによる捕食も原因と考えられている。このように、諏訪湖では夏期の透明度は改善したものの、今その生物相が大きく変化している。

\*黒田久雄（茨城大学・農学部）

## 1. 背景

霞ヶ浦は、茨城県南部にある。筑波大学の福島武彦氏により「下流汚染蓄積型湖沼」という概念が提案されている。これは、湖沼が流域末端に位置するために、上流に位置する湖沼に比較し汚濁負荷が蓄積しやすく、かつ、広く浅いという特徴があるため水質汚濁を生じやすい湖沼の総称である。

昭和47年度から平成21年度までの霞ヶ浦COD濃度の変化をFig.1に示した<sup>1)</sup>。ここでは、霞ヶ浦を3区分とし、西浦、北浦と常陸利根川としている。昭和54年度に西浦のCOD濃度が、 $12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ とピークとなり、その後減少していったが近年再び増加傾向にある。北浦は、昭和53年度は $9.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と西浦よりも低かったが平成21年度は $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ となり、伊豆沼

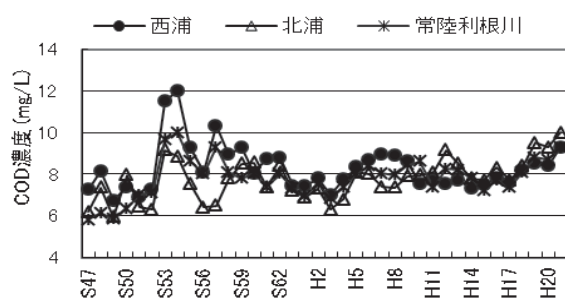


Fig.1 霞ヶ浦 COD 濃度経年変化

とともに全国ワースト1となっている。

湖沼水質保全計画に乗っ取り5期まで終了したが霞ヶ浦のCOD濃度は、大きな改善効果があったとは言いがたい状況である。

COD濃度が高いことに対しては、主に二つの原因が考えられている。一つは、D-COD濃度が約 $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と高いことである。これには、下水道設備率の上昇による難分解性有機物の影響が考えられている。もう一つは、以前はあまり観察されなかった冬季のCOD濃度が低下しないことである。これにより、年間平均値が引き上げられているということである。

## 2. 霞ヶ浦の面源負荷問題

本原稿を執筆している時点では、霞ヶ浦に係わる湖沼水質保全計画（第6期）が作成中である。そのため、最終的に決定される案と、本内容に齟齬が生じる可能性があることはご了承願いたい。ここでは、面源負荷の問題点を中心に論じたい。面源（非特定汚染源）負荷は、霞ヶ浦でも大きな問題の一つである。特に現在、私が問題視している点は、総投入窒素量と蓄積窒素の課題である。総投入窒素量は、畑地に施肥成分として投入される窒素量のことである。

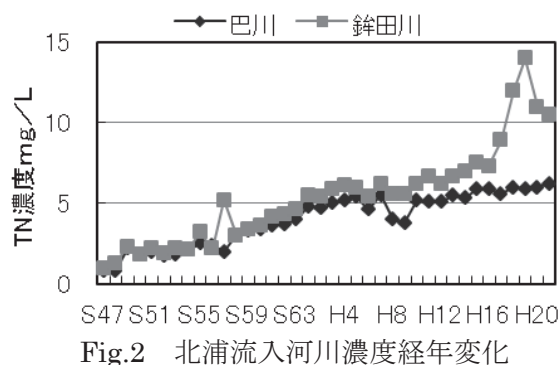


Fig.2 北浦流入河川濃度経年変化

Fig.2に北浦流入河川のTN濃度の経年変化を示した<sup>1)</sup>。鉾田川のTN濃度が上昇していることがわかる。この流域は、畜産と施設栽培が盛んで、畜産由来の有機質肥料を大量に投入している地域である。また、有機質肥料に代表される緩効性肥料は、地下に蓄積され投入されてから数年たって流出してくる。窒素流出には、両者の肥料の効果を検討する必要がある。面源対策では、原単位を用いるのが一般であるが、蓄積窒素は原単位に含まれない窒素成分である。霞ヶ浦のこれからの面源負荷の課題は、総投入窒素量の抑制と、蓄積窒素対策にある。これらのデータの収集と解析が急がれている状況である。

引用文献

1)霞ヶ浦環境科学センターHPより

(http://www.kasumigaura.pref.ibaraki.jp/index.htm)

\* 大久保卓也（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

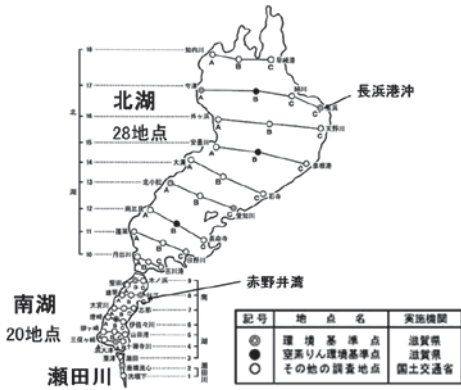


図1 湖内水質調査地点



図2 流入河川調査地点

1の50地点) および琵琶湖流入河川水質モニタリング地点(図2の26地点)における毎月1回の測定データ(滋賀県環境白書、各年度版)を用いて、各地点毎、各年度毎の中央値を求め、10年毎にMann-Kendall法によるトレンド検定を行った。第1期:1979~1988年度、第2期:1988~1997年度、第3期:1997~2006年度に分けてトレンド検定をそれぞれの地点のデータを対象に行った。なお、定量

1. はじめに

琵琶湖集水域では1979年の琵琶湖富栄養化防止条例制定以降、リン含有洗剤の使用禁止、下水道整備、排水規制、農業の施肥量の削減等、様々な富栄養化防止対策が実施されてきた。その結果、家庭や工場・事業場などの点源由来の発生源からの窒素・リン負荷量は大幅に削減されてきた。一方、農地などの面源由来の汚濁負荷は定量的に把握すること自体難しく、対策の効果についても十分には把握されていない。今回の発表では、琵琶湖湖水と流入河川水の水質の長期トレンドから、これまで実施されてきた水質保全対策の効果を検討する。また、現状の琵琶湖の状態、水利用面での障害などを踏まえて、今後の水質保全対策の課題を検討する。

2. 方法

琵琶湖および瀬田川の水質モニタリング地点(図

限界値未満の値は、定量限界値の1/2の値に置き換えて計算を行った。

3. 結果

(1) 湖水水質のトレンド SSは第3期において北湖南部水域から南湖にかけて低下傾向にあった。CODは北湖では第1期に低下、第2期に増加、第3期に横ばい傾向にあった。南湖では第1期に低下し、その後横ばい傾向にあった。T-Nは第1期に横ばい、第2期に増加、第3期に低下傾向にある地点が多かった(図3)。T-Pは第2期に低下傾向を示す地点が多かった。クロロフィルaは第3期に低下傾向を示す地点が多かった。逆に透明度は第3期に増加傾向を示す地点が多かった。

(2) 河川水質のトレンド CODは、南湖流入河川では低下傾向を示す河川が多く、北湖東岸河川でも第3期には低下傾向を示す河川が多かった。T-Nは下水道整備が進展した市街地河川では、低下傾向を示すが、北湖流入河川の一部では、第3期に増加傾向を示す河川がみられた(図3)。T-Pは、南湖流入河川では、低下傾向を示す河川が多かった。

(3) トレンド解析のまとめ

T-Pは凝集沈殿等による高度除去法が確率されているため、負荷削減対策の効果が現れやすいが、T-Nは効果が現れるまでにT-Pに比べて5~10年程度遅れることがわかった。一方、CODは、T-Nよりさらに効果が現れにくく、湖水のCODは未だに低下するまでには至っていない。一方、湖水のクロロフィルaやSS濃度は低下傾向にあり、富栄養化は抑制されていると考えられる。

T-Nの長期トレンド

- 1期 1979~88年(10年間)
- 2期 1988~97年(10年間)
- 3期 1997~2006年(10年間)

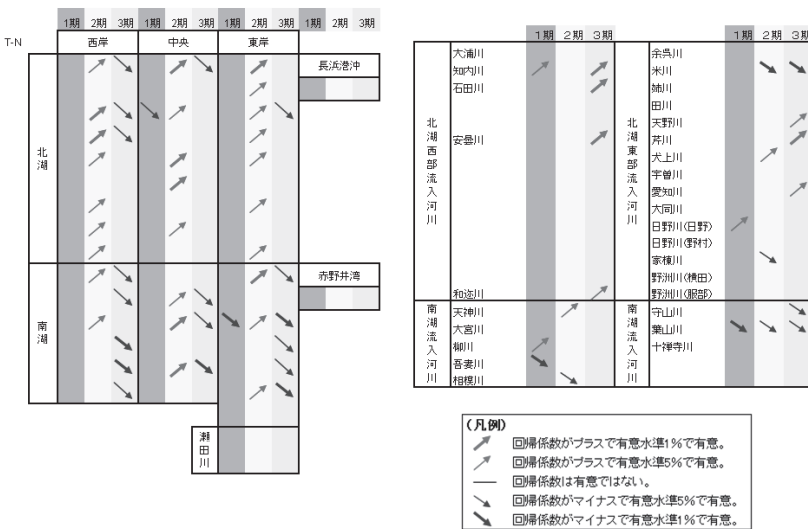


図3 T-Nの長期トレンド(湖水:左側、河川水:右側)

神谷 宏（島根県保健環境科学研究所）

### 1. はじめに

宍道湖の水質調査は 1973 年度の類型指定のための予備調査として今から 39 年前の 1972 年度から始まっている。当時は分析項目も少なく、使用する蒸留水や分析機器も今から考えると適切なものであったかどうかは疑問のあるところである。各測定項目の分析上の問題点やそれをどのように改良又は改善したかについてはここでは割愛するが、分析に関して責任が持てるデータが得られるようになったのは 1984 年度からである。本講演では 1984 年度から 2010 年度までの 26 年間に宍道湖の水質がどのように変化してきているのか、特徴的なことについて発表を行う。

### 2. 宍道湖の水質の変遷

透明度：観測当初より当研究所ではセッキ板の外縁がぼやけて見えるところを読み取っていた。しかし、一般的な方法（セッキ板が見えなくなるころ）と比較すると明らかに差が見られたため、1993 年度より方法を変更した。それ以前のデータについては次式により補正を行った。

（一般的方法 = 外縁ぼやけ法  $\times 1.07 + 0.19$ 、 $r = 0.99$ ）。

宍道湖の透明度は 1984 年度からほぼ横ばいの状況が継続している。ただし、ここ 3 年は上昇の傾向が見られる。それに伴うかのように湖岸では水草が繁茂しだしている。

クロロフィル a 濃度：経年的にはほぼ横ばいであるが、かつては珪藻や緑藻が優占していたものが最近ではピコシアノバクテリアの *Synechocystis* sp. の優占頻度が高くなっている。つまり、量的には変化していないものの質的变化（優占種の変化）が起きている可能性がある。

全窒素：宍道湖の全窒素濃度は上昇傾向にある。宍道湖流域の 75% を占める斐伊川の全窒素濃度も上昇傾向にあることから宍道湖は斐伊川の影響を受けているものと考えられる。宍道湖の全窒素濃度は 1 ~ 3 月の冬季に上昇しており、斐伊川も同様の傾向を示している。斐伊川の負荷量はその約 80% が面源負荷で、そのうちのほとんどが山林からの負荷である。流域人口は減少傾向にあることから点源負荷は

増加していないと考えられ、斐伊川の負荷量の増加は自然負荷によるもので、特に中国大陸から移送される窒素化合物の上昇が原因であると考えている (Yoshioka et al. 2010)。全リン：宍道湖の全リンは若干上昇傾向にある。斐伊川的全リン濃度も上昇傾向にあることから、宍道湖はやはり斐伊川の影響を受けていると考えられる。COD：宍道湖と斐伊川の COD は増加傾向にある (図 1)。濃度差から宍道湖の内部生産量が推定できるので、今年度そのための調査を行ったところである。宍道湖、斐伊川とも溶存態 COD (D-COD) も増加傾向を示している (図 2) が、懸濁態 COD (P-COD) は横ばいであることから、宍道湖・斐伊川の COD の増加は D-COD の上昇によるものである。琵琶湖において、難分解性 COD の原因は下水道由来のものと藍藻の保持している粘質鞘が原因であるといわれている。宍道湖の D-COD が難分解性であるかどうか、今後調査を行う予定である。

Yoshioka et al. (2009) The relationship between seasonal variations of total-nitrogen and total-phosphorus in rainfall and air mass advection paths in Matsue, Japan. *Atm. Env.* 43, 3496-3501

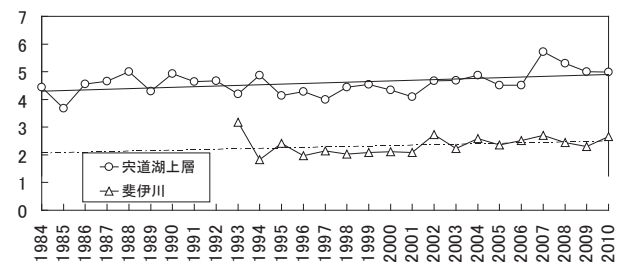


図1 CODの経年変化

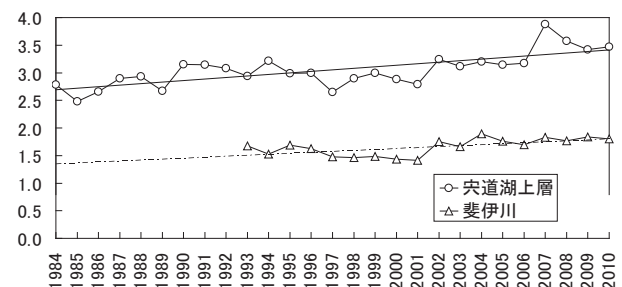


図2 溶存CODの経年変化

\*石飛 裕 (自然と人間環境研究機構)  
神谷 宏 (島根県保健環境科学研究所)

### 1. はじめに

中海・宍道湖の干拓・淡水化事業は1988年に淡水化が、2000年には干拓事業が中止となった。淡水化施設の中浦水門は、2009年までに撤去された。森山堤防と大海崎堤防に囲まれた最大の干陸予定地の中海本庄水域は、2007年7月～2008年に西部承水路堤防が撤去され、2009年5月に森山堤防が開削されて海水が流入する境水道と直接つながった(図1)。

中海の主要な沈水植物であったアマモは、干拓事業が始まる前の1960年には既に大きく減少し、1970年代には赤潮が頻発していた。近年は赤潮発生が減少し、2000年頃からリン濃度の減少傾向が見られる。

本講演では、これらの地形改変や負荷削減努力下で起きている、近年の中海水環境の変化と今後の課題を紹介する。

### 2. 中海湖心における水質の長期的変化

中海湖心の水質は1984年以降ほぼ同様であったが、近年、下層の溶存態リン濃度が低下傾向にある。1990年～2000年のリンの流入負荷量と水質から計算したリンの湖底蓄積量についても、中海でマイナス傾向になり(Kamiya, 2011)、長期的には水質改善傾向にあると考えられる。ただし、下水道整備など負荷削減の努力は限界に近づいており、急速な水質改善は期待できない可能性が高い。

Kamiya et al. Landscape Ecol. Eng. (印刷中)

### 3. 最近の地形改変による水質の変化

本庄水域は西部承水路堤防を2km入った地点の一部が切れており、そこから中海本湖との湖水交換が行われていた。この承水路は水深約2.5mの浅瀬があり、成層した中海上層水しか流入できなかつた。本庄水域の水塊は均一に近く風による混合を受けやすく、底層まで酸素が供給されやすい状況にあった。

西部承水路堤防の撤去により、中海本湖からの流入量が増加し、また、撤去水深が3.5mとされたため、時として中海下層水が本庄水域に流入し、底層の塩分上昇が見られた。森山堤防の開削後(水深5.5m)は、境水道側から常時下層水が流入し、下層の塩分が上昇し、中海本湖と同様に水深4m付近で塩分成層が形成され、暖候期に下層が貧酸素化した。

### 4. 最近の地形改変による動物相の変化

本庄水域では、水深5m近くまでホトトギスガイが生息し、冬季に大陸から飛来する潜水ガモ類の餌となっていた。また、底層が貧酸素化しにくかつたため、商品価値の高いクロソイ、ヒラメ幼魚、マハゼ、ヨシ

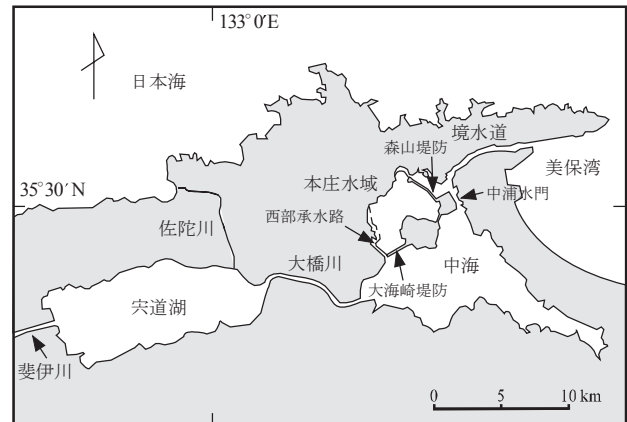


図1. 中海・宍道湖の概況(西部承水路堤防撤去以前)

エビなどの底生魚介類が漁獲されていた。

西部承水路堤防撤去が進んだ2008年以降、本庄水域東部の深場では暖候期に生息できる動物種が激減した。他方、海水流入により浅場ではアサリが優占した。2008年と2009年の8月には水深5mでは底生動物は認められず、開削翌々月の2009年7月12日、4m層以下の試料から硫化水素臭がし底生動物は死滅していた。

一部研究者は、森山堤防の開削により本庄水域はサルボウの生息域になると推定していた。期待に反し、今の所そうはなっていない。

### 5. 最近の地形改変による水理変化

西部承水路堤防の撤去により、中海本湖と比べ約2/3であった本庄水域の潮汐振幅は本湖と同様に増加した。これにより、境水道を通過する1潮汐干満の流入量は約1.07倍となる。海水交流量が増加するので、栄養塩の持ち出し量も増加する。中海全体の水質改善に寄与したと考えられる。

### 6. 今後の課題

これまで述べた状況から、森山堤防の開削幅をもつと拡げれば元のきれいな湖に帰るという意見がある。しかし水理学の基本として、湖内の堤防をこれ以上拡げても、日本海との海水交換量は増えないことから、中海全体の水質が良くなることは期待できない。

中海ではコアマモの増殖事業が行われている。コアマモはヤマトシジミが取れるような河口部などに生育していたと考えられる記録はあるが、過去の中海に広範囲に繁茂していた沈水植物はアマモである。コアマモの移植は自然再生にならず、かつ、アサリ漁業の妨げになる可能性が高い(Tsai, 2010)。科学的な検討が必要である。

Tsai et al, Mar. Biol., (2010) 157, 1929-1936.



## 公開シンポジウムⅡ

### アオコ研究最前線の多様性

S2-1 ～ S2-6

コンビーナー： 中野伸一（京都大学）  
田辺雄彦（筑波大学）

日時： 9月24日(土) 13:00 ～ 16:00

会場： D会場（教養棟2号館3階）



\*朴虎東（信州大学・理学部）

湖沼生態系におけるアオコ毒素マイクロシスチン（microcystin、以下MC）は約 80 種類が報告されており、その動態と他の生物における影響に関する研究が世界各国の研究者によって遂行されてきた。MCsは動物プランクトン、無脊椎動物、脊椎動物などに蓄積され、水界食物連鎖へ混入することが報告されている。MCに暴露された動物は、肝臓に出血性ショックと肝機能不全を引き起こす。そのMC-LRの急性毒性（LD<sub>50</sub>）は50 μg kg<sup>-1</sup>マウスで青酸カリの140倍と言われている。また、MCは肝細胞に特異的に発現している有機アニオントランスポーター（Organic anion transporter peptide: OATP1B1, OATP1B3）を介して選択的に肝細胞に取り込まれ、セリン/スレオニン・フォスファターゼ（PP1, PP2A）の活性を阻害し、肝細胞内のリン酸化タンパク質の蓄積、活性酸素の増加などによるDNAの損傷がやがて肝臓がんを誘発する発がんプロモーターとしても機能している。以上のように、MCは高濃度暴露による急性毒性と、低濃度の長期暴露による慢性毒性（発ガンプロモーター）を表す可能性も水源地での安全性を脅かす毒素として懸念されている。さらに最近の研究では、水草を含む植物（作物）にも成長阻害とMC蓄積が報告されており、その対策が急がれている。

諏訪湖においてもMCの動態（生産・蓄積・分解）に関する研究が1990年代から開始された。そして、淡水魚介類と流出河川の水生昆虫（ヒゲナガカワトビケラ）にもMCが蓄積することを明らかにした。このように湖沼におけるアオコ毒素の存在は水産資源と飲料水源汚染による健康被害の危険性をはらんでいることから、アオコ毒素MCの毒性と動態に関する最近の研究成果について紹介したい。

**Microcystinの生産**：湖沼におけるMCの生産量を測定することは、その物質の挙動を調べる上で最も基礎となる研究である。諏訪湖で行った長期間（1991年～現在）に渡る測定結果を見ると、経年変化は非常に大きい事が特徴である。冷夏（1993年）の影響とMCの生産性が少ないと知られている種または株が優先している時期には諏訪湖における年間MCの生産量が数トン以下であるが、アオコが多い年には年間300トンを超えるMCが生産される。MCの生産量が多い年には*Microcystis aeruginosa*と*M. viridis*の優先が目立つが、アオコ発生頻度と量が激減し始めた1999年以降は*M. ichthyoblabe*と*M. wesenbergii*

が主な優先種であった。よって湖沼におけるMCの生産量は、気候、滞留時間、優先種（株）の変化に大きく影響を受ける。

**Microcystinの分解**：諏訪湖で生産されたMCはその大半が表層に存在することと湖水の滞留時間が短いことで、約半分以上のMCが流出河川（天竜川）に流下することが明らかになった。また、諏訪湖において細胞内外のMCを測定してみた結果、殆どが細胞内に存在し、溶存態のMCは微量であることが分かった。この事実は細胞内のMCが溶存態のMCになる間には吸着、希釈と分解などの消滅機構があることからバクテリアによるMCの分解に着目し、諏訪湖から分離、同定したバクテリアを用いてMCの分解能力の有無について確認を行った。その結果、新属・新種であるMC分解バクテリア（*Sphingosinicella microcystinivorans*）によって、*Microcystis*細胞外（湖水中）のMCが速やかに分解されることが明らかになった。さらに、このバクテリアを用いてDVC-FISH法によって、MC分解バクテリアの動態を明らかにした。マイクロシスチン分解バクテリアは*Microcystis*の郡体の内外に存在し、アオコ消滅（溶藻）時に増えることが明らかになった。今後、水源地におけるアオコ毒素の除去方法にMC分解バクテリアを応用することが期待される。

**Microcystinの蓄積**：アオコによって生産されたMCが湖沼の水生物に蓄積される例がいくつか報告されている。野外調査と室内MC蓄積実験における動物プランクトン及び魚介類のMC最大蓄積濃度を示した。動物プランクトンのMC含有量は、実測値および計算値で24.5～1387 μg/g、魚介類では0.02～337 μg/gであった。また、最近の腹足類（ヨーロッパモノアラガイ）の研究では、プロテインフォスファターゼとの共有結合MCsの存在（37%）と非共有結合MCs（47%）が報告された（Lance et al., 2010）。諏訪湖の二枚貝における中腸腺のMC最大蓄積量はイシガイが420 μg/g、カラスガイが297 μg/g、ドブガイが12.6 μg/gで、そのMC最大含有量は貝の種により大きな差が見られた。また、ヒメタニシにも高い濃度のMC約600 μg/gが蓄積され、その貝類がベクターとなり、食物連鎖を通してMCがより高次の栄養段階（魚類・鳥類）に移行する可能性と共有結合MCsの毒性についてもさらなる研究が必要である。

\*神門利之\*, 中島結衣, 崎幸子, 神谷宏, 後藤宗彦(島根保環研)  
大谷修司(島根大教育) ※現島根県松江保健所

### 1. はじめに

日本各地の水域でアオコの発生が問題となって久しい。島根県宍道湖でも観測を始めた1960年代以降、数年ごとに *Microcystis* 属によるアオコが発生しており、2010年には8月以降、*Microcystis ichthyoblabe* によるアオコの大規模な発生が見られた。この年の10月初旬には主に宍道湖南東周辺でガス臭の苦情が相次ぎ、調査の結果はすべてガス漏れではないとわかった。ガス臭の原因としてアオコが疑われたため、アオコが産生する臭気の調査を行った。また、過去の例から、発生したアオコは塩分の上昇とともに少なくなり、11月までには消滅していたが、今年のアオコは、塩分濃度が上昇し、水温が低下した2月になっても消滅しなかったことから、アオコの水温・塩分耐性を室内培養実験により検討した。

### 2. 方法

#### 2.1 アオコ臭の調査

試水には宍道湖で異臭が発生していた2010年10月中旬のアオコが集積していた地点の表層水を用いた。揮発成分の測定にはHS-GC/MSを使用し、SCAN測定を行った。この測定データを質量分析計付属のデータベースで検索し、異臭の候補となる物質をピックアップした。候補物質を別途入手しこの測定結果と官能試験の結果を総合し、原因物質を特定した。

#### 2.2 水温・塩分耐性試験

試料には、2010年9月の宍道湖湖心表層水をピペット洗浄法より得られた培養株 (unialgal, clonal, non-axenic) をMA培地に植え継ぎ、さらに1週間増殖させた対数増殖期の培養株を用いた。

人工海水により塩分濃度をほぼ淡水から海水相当までの8段階に調整したMA培地25mlに培養株を約5000細胞/mlとなるよう接種した。水温は5℃から33℃の間で7段階に設定し、1900 lux、14時間明/10時間暗の周期で培養を行った。数日毎に蛍光光度法により蛍光量を測定し、これからクロロフィルa濃度を算出し細胞密度の指標とした。また、条件ごとの増殖特性を比較するため、比増殖速度 $\mu$ (/日)を算出した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 アオコ臭

図1に宍道湖水のマスキロマトグラムを示す。30以

上のピークが検出された。データベースの検索結果を基に、悪臭を発生すると考えられる物質を選択、入手し、官能検査を行った結果、宍道湖湖水及び新鮮なアオコから発生する臭気と2-プロパンチオール臭が極めて類似し、腐敗しつつあるアオコから発生する臭気とジソプロピルジスルフィド臭が類似していた。この2物質をGC/MSで測定したところaおよびbのピークと検出時間が一致し、またそれぞれのマススペクトルを極めてよく一致していた。以上から、いわゆるアオコ臭と言われているのは2-プロパンチオールと判断した。

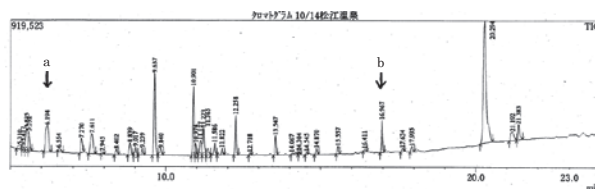


図1 宍道湖水のマスキロマトグラム

#### 3.2 水温・塩分耐性

図2に水温及び塩化物イオン濃度毎の比増殖速度を示す。水温10℃以下および塩化物イオン濃度10000mg/L以上では全く増殖しなかった。増殖が見られるものについて大まかな傾向を見ると、水温25℃および30℃で、かつ塩化物イオン濃度5500mg/L以下の試料について比増殖速度が0.5程度で最も大きく、塩化物イオン濃度の違いによる明確な差は見られなかった。水温20℃以下および33℃の試料は25℃および30℃の試料より比増殖速度は小さい傾向が見られた。また、塩化物イオン濃度5500mg/Lではそれ以下の濃度のものよりも比増殖速度が小さい傾向が見られた。水温15℃の試料は20℃以上の試料よりさらに比増殖速度は小さい傾向が見られた。

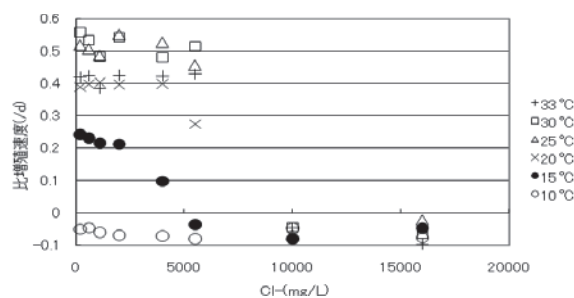


図2 水温及び塩化物イオン濃度毎の比増殖速度

## Dominance and succession of *Microcystis* genotypes and morphotypes in Lake Taihu, China

Xu Yao (Nanjing Normal University, Nanjing, China)

Li Renhui (Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan, China)

### 1. Introduction

Lake Taihu, the third largest freshwater lake in China, has experienced extensive cyanobacterial blooms over the past three decades. Previous studies on cyanobacterial blooms in Lake Taihu have attempted to elucidate the mechanism of water bloom formation and the factors controlling cyanobacterial water blooms, and these studies have mainly been performed in confined regions of the lake, however detailed information on cyanobacterial diversity, succession, and spatiotemporal dynamics of genotypes and microcystin-producing cyanobacteria for the whole lake has not yet been described. The objectives of this study were to determine the genotypic structure and turnover pattern of morphotype and genotype in *Microcystis*, and to detect the spatial-temporal dynamics of MC and non-MC producing *Microcystis* in Lake Taihu during the entire year.

### 2. Materials and methods

Water samples were collected from December 2008 to December 2009 in the whole Lake Taihu and analyzed morphologically via the distribution and dynamics of different *Microcystis* morphotypes and genetically via sequencing the clone library of the internal transcribed spacer of the rRNA operon (ITS). We also conducted quantitative PCR to assess total *Microcystis* abundance and the proportion of microcystin-producing subpopulation.

### 3. Results

Eight *Microcystis* colony morphotypes were identified in Lake Taihu during the survey. The

2337 ITS sequences were obtained and were revealed to have 618 *Microcystis* genotypes. Marked succession of the *Microcystis* populations in both morphotypes and genotypes occurred during the course of the *Microcystis* bloom. The T1 genotype, characterized by strains of *Microcystis flos-aquae*, was the most dominant genotype in Lake Taihu during winter and spring around the whole lake and likely acted as the main inoculum for forming blooms the following year. High ratios of *mcyD* containing *Microcystis* subpopulations were detected during the onset and later phase of blooms.

### 4. Discussion

The occurrence of different morphotypes was mainly affected by temperature and wind-driven disturbances. The high diversity of *Microcystis* genotypes obtained by sequencing a large clone library was first reported in the entire Lake Taihu, and such a high diversity was closely related to environmental factors such as water temperature. The T1 genotype, belonging to *Microcystis flos-aquae*, was the dominant genotype and main inoculum in Lake Taihu during winter and spring. Temperature governed the growth of both total *Microcystis* and MC-producing *Microcystis* cells.

田辺雄彦\*, 渡邊信 (筑波大院・生命環境科学)

アオコは富栄養化した湖沼・ため池等で主に夏季に見られる微細藻類の大量発生現象であるが、様々な形態的特徴を持った多くの種のラン藻（シアノバクテリア）によって構成されることが古くから知られている。遺伝子解析の手法がアオコ研究に導入された 90 年代以降、アオコ構成種のコロニー形態・アオコ毒性のような表現形質の多様性を遺伝子レベルの多様性に還元して理解することを目指した研究が広く展開されている。実際、これまでに形態観察・化学分析と言った古典的な手法ではわからなかった多くの知見が得られている。その代表的な一例を、アオコを構成するラン藻類であるミクロシスティス属(*Microcystis*)の分類学的再編に見ることができる。ミクロシスティス属はコロニーの形態的特徴の相違に基づいて複数種に分類されていたが、16S リボソーム DNA を用いた遺伝子解析の結果は、少なくともミクロシスティス属の 5 種 (*M. aeruginosa*, *M. ichthyoblabe*, *M. novacekii*, *M. viridis*, *M. wesenbergii*) 間に遺伝的違いがほとんどないことを明らかにし、この結果に基づきこの 5 種は分類学的に *Microcystis aeruginosa* 1 種にまとめられた (Otsuka et al. 2001)。

遺伝子解析によってアオコの表現型の多様性の遺伝的本質にどこまで迫れるかは、どの遺伝子に注目し解析を行うかにかかっている。表現型の異なる全ての個体について、全ゲノムを解読することによって表現型の違いの元となる遺伝子の違いを同定することは理論上は可能であろうが、この方法はコストを考えると現時点ではあまり現実的ではない。アオコ構成種のように現状入手可能なデータに限りのある非モデル生物種を扱う際にとられる手法として現実的かつ効率的な方法は、ゲノムから複数の適当な遺伝子座をマーカーとして抽出し、全ゲノムの違いを極力反映させた個体間の類縁関係（系統樹）を提示し、これを元にアオコの表現型の多様性を議論し、更なる研究の方向性を検討することである。

演者は数年前から前述のミクロシスティスに焦点を当て、この種の遺伝的多様性の相違を元に形態・毒性・生態の多様性の理解を目指した研究を進めている。この目的のため、ミクロシスティスのゲノムに散在する 7 箇所のハウスキーピング遺伝子をマーカーとして選択し、各個体から PCR 法により遺伝子配列を取得する遺伝子タイピングシステムを構築した (Tanabe et al. 2001)。本講演においては、これまでに取得した 450 株超の遺伝子データを解析することによって得られたミクロシスティスの想像以上に大きな遺伝的多様性について考察を加え、これを元に形態・アオコ毒性・生態等の多様性について今後の展望をも交えて議論したい。

#### 参考文献

- 1) Otsuka et al. (2001) Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 51, 873–879.
- 2) Tanabe et al. (2007) Microbiology 153, 3695–3703.

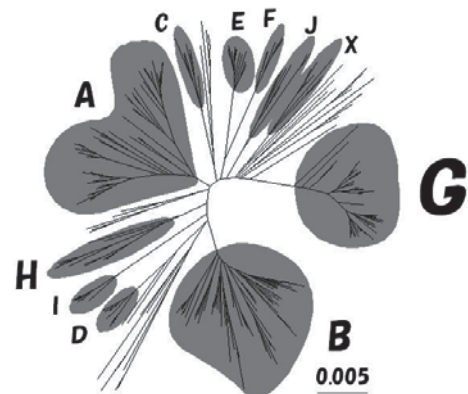


図 ミクロシスティス 478 株の系統樹 7つのハウスキーピング遺伝子配列 (2,992 塩基) の比較に基づいて種内の個体を幾つかのグループに分けた。表現型の多様性を議論する際の土台として有効と考えられる。図中の数字は塩基置換数を示す。

本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (D-0905) 「アオコの分布拡大に関する生態・分子系統地理学的研究」の支援により実施された。

### 1. はじめに

湖沼および沿岸海域におけるウイルス様粒子密度が  $10^7 \sim 10^8/\text{ml}$  に達するとの観察事例が報告され、水圏のウイルス・ファージに対する生態学的視点からの興味は急速に高まっている。演者らのグループでは、これまで取り組んできた基礎研究の中で、アオコの主要な構成種であるミクロキスティスに感染するシアノファージ(Ma-LMM01) を世界に先駆けて分離した。すでにMaLMM01のゲノム情報に基づく定量的PCR法を現場環境に適用し、本ファージがミクロキスティスの挙動に影響を及ぼしている実態を示してきた。さらにミクロキスティスは感染防御機構を有し、現在、そのゲノム上に刻まれた外来遺伝子由来の配列を解読し、感染履歴を明らかにしようとしている。本講演では、これまでの研究から見えてきた環境における両者のせめぎ合いの実態について紹介する。

### 2. 材料と方法

福井県三方湖あるいは京都市広沢池で表層水を採取した。試水を遠心分離して得たペレットより抽出した DNA・RNA を鋳型として、フィコシアニン内部スペーサー領域(PC-IGS)、ミクロシスチン生合成遺伝子(*mcvA*)、ファージ尾部遺伝子(*g91*)を標的としたリアルタイム PCR 法に供し、それぞれ全ミクロキスティス、有毒ミクロキスティス、Ma-LMM01 タイプファージ(以下、ファージ)として、それらの動態を評価した。

宿主ゲノム上のファージ感染履歴である CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) 配列を解析した。データベース上のミクロキスティス NIES843 株のゲノム配列から同定した配列情報に基づき、Tail-PCR 法を主としたプライマー歩行を行い、本種培養 4 株の CRISPR 配列全長を決定した。CRISPR 配列から感染の記録であるスペーサー配列を抜き出し、株間およびデータベースとの比較を行った。本種 CRISPR に特異的な PCR 法を用いて、その部分配列を網羅的に増幅し、複数クローンの配列を決定した。

### 3. 結果

まず、環境におけるファージ感染のサイクルを明らかにするため、*g91* 転写産物量の変動パターンを調査した。調査日において、ミクロキスティスの存在量を示す、PC-IGSおよび*mcvA*の遺伝子コピー数は 1 mlあたり  $10^6$  コピー検出された。宿主を沈殿させて得た遠心ペレット中の*g91* は、宿主内で複製途上

にあったファージ遺伝子や懸濁物に付着したファージに由来し、12-15 時に  $10^5$  コピー/mlのピークを示した。また、*g91* 転写産物量も 12-15 時に高く、夜間に顕著に低下した。これらのことから、日中にファージDNAの複製、ファージ粒子の放出が起こっていることが示された。また、ウイルス画分( $<0.2 \mu\text{m}$ )の*g91* (浮遊ファージ) は 15 時以降に高くなる傾向にあり、最大で  $10^3$  コピー/mlであった。

5 株のミクロキスティスについて CRISPR の全長配列を決定することができた。また、環境からも 92 クローンの CRISPR の部分配列を得た。これらより、計 1012 のスペーサー配列を抽出した。1012 のスペーサーのうち、ファージの配列と相同性を示したのは 10 配列のみで、すべて Ma-LMM01 ゲノム配列の一部に相同であった。環境から得た配列を含む 33 のスペーサーは、ミクロキスティスの一部が保有するプラスミドの配列と相同性を示した。ただし、スペーサー配列の大部分 (96%) は既存のデータベースにはヒットする配列が見出されず、ミクロキスティスに影響を及ぼしうる外来遺伝因子は極めて多様であった。

### 4. 考察

我々はこれまでウイルス画分( $<0.2 \mu\text{m}$ )における本ファージコピー数は非常に低く、本ファージの宿主動態への影響は限定的であり、一部の個体群の置き換え、つまり質的要因になりうるものと指摘してきた。しかしながら、上記のように、宿主に含まれるファージコピー数は、ウイルス画分( $<0.2 \mu\text{m}$ )に比べ数百倍高いことが明らかとなった。これはファージの宿主動態への寄与も数百倍高いことを意味する。それでもなお、バーストサイズ (1 細胞から生産されるファージ数) を 100 として算出される感染宿主細胞は 0.01%程度となり本ファージの宿主動態への寄与は小さいものと推察される。CRISPR に認められた本ファージ配列の割合は小さく、この推測を支持している。しかしまた、感染履歴にはいまだ見出されていない外来遺伝子の存在を示唆しており、環境におけるファージ-宿主が極めて多様であると考えられた。現在、環境のウイルスゲノムと CRISPR をメタゲノミックアプローチにより解析し、両者のせめぎ合いの過程をさらに高解像度に明らかにしようとしている。

本研究の一部は、科学研究費基盤研究 (B) (23310056) による助成もと行われた。

\*中野伸一、奥田昇、天野一葉、大林夏湖、小林由紀、田中拓弥、程木義邦（京都大学）、近藤竜二、廣石伸互、高尾祥丈、片岡剛文、本間隆満（福井県立大学）

### 1. はじめに

アオコは、主にシアノバクテリアの *Microcystis aeruginosa* が大増殖したものである。*M. aeruginosa* は、風気流、鳥類などに運ばれて国内外の湖沼に分布を拡大しており、各湖沼には由来の異なる遺伝的に多様なアオコ群集が成立しているかもしれない。湖沼の水質は周辺の人間活動に強く影響されるため、アオコ群集の中でどの *M. aeruginosa* タイプが優勢となるかは、周辺の人間活動をも含めた湖沼環境総体により決定されていると考えられる。

本発表では、水鳥によるアオコの輸送、西日本の湖沼における *Microcystis* 属の遺伝的多様性、分子生物学的手法を用いた特定アオコの検出、移入アオコの生残と増殖、アオコ発生の早期予報、アオコ摂食生物の生理生態学的研究、アオコと人間の関係に関する環境誌の各トピックについて報告する。

### 2. 水鳥によるアオコの輸送

水鳥の糞からの *M. aeruginosa* 遺伝子の検出を行った。検討した糞の 73%にシアノバクテリアが含まれており、*Microcystis* 属は 17%の糞から検出された。また、干潟で捕獲したシギ類の糞からも *Microcystis* 属が確認された。日本に飛来するカモ類やシギ類には、春に中国北部やロシア東部、アラスカ等へ、秋に中国南部や東南アジア、さらにオーストラリア等へ渡る種があるので、広範囲にアオコを伝播する可能性がある。

### 3. 西日本における *Microcystis* 属の遺伝的多様性

合計 150 株、36 遺伝子型が確認され、遺伝子型数は、琵琶湖南湖で最も高く（77.8%）、伊庭内湖が最も低かった（8.3%）。また系統樹を作成した結果、各クラスターには西日本の様々な地点の遺伝子型が混在しており、地理的分化は見られなかった。

### 4. 分子生物学的手法を用いた特定アオコの検出

*Microcystis* 属を、遺伝子の配列から識別するための PCR プライマーの開発を行った（片岡ら、本講演

要旨集）。また、シアノバクテリアについて、キャピラリーシーケンサーを用いた有毒株の検出手法を確立した（程木ら、本講演要旨集）。

### 5. 移入アオコの生残と増殖

野外実験池において人為的に発生させた *M. aeruginosa* のアオコについて、遺伝的多様性を調べた。実験後半では *Aphanizomenon issatschenkoi* (*Cuspidothrix issatschenkoi*) が優占した。*M. aeruginosa* のアオコは、多くの遺伝子型で構成され、かつ数週間ごとに優占遺伝子型が変化した。一方、*A. issatschenkoi* は、実験期間中 2 つの遺伝子型の出現頻度が常に高く、全体の 60%を占めた。

窒素とリンの濃度を操作した室内実験系において、いくつかの *M. aeruginosa* 単離株の増殖特性を解明した（本間ら、本講演要旨集）。

### 6. アオコ発生の早期予報

フィコシアニン励起を用いた DCMU 蛍光阻害法でシアノバクテリアの光合成最大量子収率を測定し、光合成活性を評価した（程木ら、本講演要旨集）。

### 7. アオコ摂食生物の生理生態学的研究

アオコ摂食鞭毛虫 *Collodictyon triciliatum* を単離し、餌密度依存性を調べた。その結果、最大摂食速度は  $6.8 \text{ prey cells grazer}^{-1} \text{ h}^{-1}$  であり、半飽和定数は  $1.2 \times 10^5 \text{ cells ml}^{-1}$  であった。

### 8. アオコと人間の関係に関する環境誌

日本や東南アジア諸国では、導水開発によってアオコが広範囲に拡散したことが示唆された。また、アジア諸国の水産養殖産物の輸出が、他のアジア諸国やヨーロッパへとアオコを拡散させたことも示唆された。オーストラリアにおけるアオコマネージメントを事例として、アオコ対策の戦略や官民学が連携した運営の現況を把握した。

\*本研究は、環境省の環境研究総合推進費（D-0905）

「アオコの分布拡大に関する生態・分子系統地理学的研究」の支援により実施された。



公開シンポジウムⅢ  
東日本大震災に学ぶ  
～伝えておきたい情報と経験～  
S3-1 ～ S3-6

コンビーナー：熊谷道夫（滋賀県琵琶湖環境科学センター）

日時：9月25日(日) 13:00 ～ 16:00

会場：D会場（教養棟2号館3階）



## 公開シンポジウムⅢ

### 東日本大震災に学ぶ～伝えておきたい情報と経験～

コンピーナー：熊谷道夫（滋賀県琵琶湖環境科学センター）

9月25日(日) 13:00～16:00 D会場(教養2号棟 3階)

#### 開催趣旨

2011年3月11日に発生した東北沖太平洋地震は、人類史上未曾有の大災害をもたらした。特に地球科学の研究に携わる者にとって、まさに脳天を打ちつけられたような衝撃があった。我々、陸水の研究者にとっても同様である。地震・津浪・原発事故のいずれにしても過去に類をみない壮絶な被害をもたらし、なおかつ事後に及ぶ影響も過酷である。この地震の前後に、我々が何を思い、何を経験し、何を学んだか多くの人々と共有することは、歴史の記載と共に大変重要なことである。今回、島根県松江市で日本陸水学会第76回大会が開催されるにあたり、このような意図を持って公開の研究シンポジウムを企画した。可能な限り多くの人々に参加していただき、事実に基づいた客観的な考察と討議を行いたいと考えている。

#### S3-1 趣旨説明

岩熊敏夫（学会長）

#### S3-2 東北地方太平洋沖地震の“予知”はできなかったのか？

佃為成（元東京大学地震研究所、日本女子大学）

#### S3-3 被災地からの報告～南三陸町沿岸の状況報告～

川瀬撰（宮城県南三陸町役場 産業振興課）

#### S3-4 本邦河川水中の溶存態ウラン濃度、海外との比較

望月陽人、杉山雅人（京都大学・人間環境、京都大学・地球環境）

#### S3-5 霞ヶ浦湖水・底質中の放射性核種の分布と動態

田中敦、土井妙子、高津文人、小松一弘、今井章雄、森野悠（国立環境研究所）、榎本和義、豊田晃弘（高エネ研）

#### S3-6 海底や湖底の調査から見える地球の変化

熊谷道夫（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

## S3-2

### 1. 東北地方太平洋沖地震は“予知”できなかつたのか？

佃 為成（日本女子大）

なぜ超巨大地震が日本で発生したのか。地形学的、地質学的、測地学的な考察から、東北地方太平洋沖に、M9規模の地震が起こり得ることは長期的に予知できて、それをはっきり述べた研究者がいた(池田, 1996)。地震の後、様々な前兆現象と考えられるデータが見つかってきているが、短期的予知ができなかつた。その根本の原因は、多くの研究者の意識の低さと観測態勢の不備による。

日本付近では、北海道沖から千島列島沖、南海トラフ沿いから日向灘、琉球海溝沿いに今後、超巨大地震が発生する可能性がある。地震の規模別頻度分布の平均的な法則と最近の世界の発生頻度を考慮すれば、その発生の確率は高まっていると考えられる。

#### 1. 日本海溝での M9 クラスの地震の存在の予言

日本列島は太平洋プレートの沈み込みによって東から押され、東西に縮んでいる。

池田安隆(1996)は、過去数千年から数十万年間に蓄積された地層の変形の歪み速度が三角測量や近年のGPS観測による測量で求められた歪み速度に比べ1桁小さいことなどを根拠に、日本海溝において超巨大地震が発生することを予言した。

その論旨は以下の通り。100年間の測量では東西方向に日本列島は1年間に1千万分の1ぐらいの率で縮んでいる。ところが、数十万から数百万年前の地層の変形を調べた結果は、1桁ほど小さく、年間1億分の1ぐらいの歪み速度になる。

一方、東北・北海道の太平洋岸の上下変動では、最近100年間の水準測量のデータや検潮所のデータは、海岸が沈降を続けていることを示しているが、海成段丘の生成年代の地質学的資料によると、数十万年間、地盤が隆起している。上下変動では、沈降と隆起と正反対のことが起こっている。

ところで、太平洋プレートは年間9cmの速度で日本列島を乗せたプレートを押しているが、日本列島の背後にある日本海や中国大陸のプレートはほとんど変形していない。9cmの短縮は日本列島が縮むこ

とで解決している。数十万年以上の長い時間では、それほど変形はしていないのだから、縮んだものを伸ばす動きが起こっているはずである。沈み込み帯のプレート間で地震を起こしてすべるのが良さそうに見えるが、この100年間、M7～M8の地震が数十年毎に発生しているものの一向に歪みの解消はされていない。したがって、もっと規模の大きな、プレートとプレートが接している面全体に及ぶような超巨大地震が起こらねばならないという結論に到達する。

#### 2. 2011年東北地方太平洋沖地震の前兆現象

これまでに、22年前からのプレート境界の固着域における広域の微小地震活動の静穏化(勝俣, 2011)、GPS データによる10年前からの東北地方の地盤変動(国土地理院, 2011)、1年前からの新潟県阿賀野市の温泉の水温や電気伝導度変化(佃, 2011)、1週間前の茨城県の海岸での50頭のイルカの群れの打ち上げ、2日前の前震、40分前からの電波伝搬異常(日置, 2011)などの前兆現象と考えられる現象が確認されている。

#### 3. 今後の日本付近での超巨大地震

日本付近には、超巨大地震が発生する可能性がある地域として、1つは東北地方太平洋沖地震の北海道沖への延長になる千島海溝に沿った地域であり、もう1つは西南日本の南海トラフから琉球海溝に至る地域である。

北海道沖では、500年くらいの間隔で超巨大地震が発生したらしいことが、産業技術総合研究所の津波堆積物の調査でわかってきた。

西南日本については、古本宗充ら(2009)によって超巨大地震の可能性が提唱された。地震が生成した海成段丘(海岸段丘)を南西諸島、四国の室戸岬、本州の御前崎などの地域で比較して、変動の同時性、広域性を検討して、M9クラスの地震が過去に起こっていたことが明らかになってきた。

## 2. 被災地からの報告～南三陸沿岸の状況調査～

川瀬 撰（宮城県南三陸町役場 産業振興課）

### 1. 南三陸町の地理

南三陸町は宮城県北東部の太平洋に面した町である。沿岸部は牡鹿半島以北のリアス式海岸の一部を成し、南三陸金華山国定公園に含まれる。隣接する市とは分水嶺により区切られており、町内の河川のはほとんどが志津川湾に注ぐ。

自然環境活用センターは、町営の臨海教育・研究機関として、志津川湾南岸の戸倉地区に位置していた。震災によりセンターの業務は廃止されたが、震災後も当センターの職員は様々な調査に協力し、研究拠点としての機能は細々と維持されている。



図1 宮城県南三陸町

### 2. 東日本大震災の体験

著者は自然環境活用センターに研究員として勤務しており、そこで震災に遭った。震度6弱の地震により倒壊した家屋は見られなかったが、大津波が甚大な被害をもたらした。当センターは鉄筋コンクリート造りの2階建てであったが、屋上まで津波が到達し、内装は流され、大量の泥と瓦礫が流れ込んだ。人が乗ったままのトラックが屋根に流れ着いた。避難を訴える防災無線は津波の到来とともに途絶えた。大津波の後の引き波も大きく、湾全体が大河のように流れ、水深5m程度の海底が陸上に現れた。湾南岸の戸倉地区では、見渡す限りの家屋が破壊され（罹災率75%）、橋は落ち、堤防や道路は崩れ、漁船は

9割以上が失われた。町の人口1万7千人の内、約千人が死亡・行方不明となり、一時9千人以上が避難者となった。

### 3. 震災後の環境調査

5月中旬に東京大学生産技術研究所、三井造船、琵琶湖環境科学センターなどが遠隔操縦型カメラロボットによる海底調査をおこなった。水深20m以上の海域では、海底の瓦礫やヘドロの堆積は少ないことが明らかとなった。

6月上旬の宮城県保健環境センターと東北大学大学院工学研究科による水質・底質調査では、水質は清浄だが、底生生物が少ないことが示唆された。

6月中旬の東北大学大学院農学研究科や日本国際湿地連合による潜水調査では、湾奥の海中林が甚大な被害を受けたことが示された。最も酷い海域ではアサメの損傷率が70%を超え、巨礫の下敷きや切断されたアサメが多数観察された。

7月上旬の東北大学大学院生命科学研究科による干潟調査では、干潟が海中に沈下した上、砂泥の流出が見られた。堤防の破片やテトラポットが散乱し、動植物の採集も満足にできない状況であった。

同様に、自然環境活用センター裏にある磯も海中に沈下したことが独自の調査でわかった。しかし、宮城県絶滅危惧種の候補であるチビイトマキヒトデは生き残っていた。

今後も様々な調査に協力していく予定である。震災後には全くわからなかった沿岸の状況が、専門的な技術や知識により整理されつつある。大震災の影響を科学的な視点で記録することは、学術的に意義深い。それだけでなく、水産業をはじめ地域の機能の復興に貢献することは間違いない。

### 3. 本邦河川水中の溶存態ウラン濃度、海外との比較

\*望月陽人(京大院・人間環境), 杉山雅人(京大院・地球環境)

#### 1. はじめに

ウランは核燃料の主原料として原子力発電に用いられてきた元素の一つである。その中でも<sup>238</sup>Uは、一般的に原子炉内部に存在する使用済み核燃料の大部分を占めていると予想される。東日本大震災にともない発生した福島第一原子力発電所の事故により、自然界における<sup>131</sup>Iや<sup>137</sup>Csの異常値が東北地方を中心に報告されているが、ウランもこれらの核種と同様に環境中に漏出していると思われる。

この漏出による陸水の汚染を見積もる際には、汚染が起こる前の濃度すなわちバックグラウンドが比較対象として必要である。そこで本研究では、2001年から2010年にかけて日本の194河川で採取した試水中の溶存態ウラン濃度を測定し、バックグラウンドの評価に資することとした。加えてこの測定結果から、日本の河川におけるウランの地球化学的動態を、世界の河川などの値と比較しながら考察した。

#### 2. 方法

##### ・一般水質項目

現場にて、水温、電気伝導度、溶存酸素濃度、pHを測定した。

##### ・溶存態化学種

孔径0.45 μmのPVDFフィルター(Millex)を用いて2つの低密度ポリエチレン瓶に試水をろ過した。一方のろ液はそのまま持ち帰り、Cl、SO<sub>4</sub>をイオンクロマトグラフィーで、アルカリニチーを滴定法で測定した。もう一方の

ろ液にはろ過直後に硝酸を添加してpHを2以下とし、Na, K, Ca, Mg, Siを誘導結合プラズマ発光分析(ICP-AES)法で、Uを誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で測定した。

#### 3. 結果と考察

本邦194河川における溶存態ウラン平均濃度として41.1 ng L<sup>-1</sup>という値が得られた。ただし、沖縄の河川は濃度が極めて高く、これら4河川を除いた場合の平均値は30.7 ng L<sup>-1</sup>まで下がった。世界の主要河川における濃度はこれらの値よりも高いものが多かった。このことから、本邦河川水中のウラン濃度は世界規模で見ると比較的低いといえる。このため、人為的なウランの流入があると河川中のウラン濃度はただちにバックグラウンドの数倍にまで達する可能性が推測される。

河川水中のウラン濃度と、河川堆積物の分析に基づく地殻中のウラン濃度とでは、その値の大小がよく一致した。これらの大部分は、ウランの含有量が多いとされている花崗岩の影響によると考えられる。一方で、沖縄の河川をはじめとして、河川水中のウラン濃度が高いにもかかわらず堆積物中の濃度が低い河川も複数見られた。これらの河川の集水域には石灰岩の分布が認められたため、その影響が大きいと考えられる。すなわち、石灰岩が溶解した際に発生した炭酸イオンがウランと可溶性の錯体を形成し、選択的に地殻からウランを溶出する可能性が示唆された。

\*田中 敦, 土井妙子, 高津文人, 小松一弘, 今井章雄, 森野 悠  
大原利真(国環研), 榎本和義, 豊田晃弘(高エネ研)

**【はじめに】** 2011年3月の震災後に発生した福島第一原発での事故では、日本では最大の放射性物質の環境への放出を引き起こし、国際原子力事象評価尺度レベル7の原子炉事故となった。現在でも、事態の終息に向けた努力が続けられ、被災地の避難が続いている。霞ヶ浦集水域に位置する国立環境研究所(茨城県つくば市)では、過去30年間以上、霞ヶ浦の定期モニタリングを続けている。今回、霞ヶ浦への放射性核種の沈着、集水域からの流入、湖底への堆積過程を解析したので報告したい。

**【方法】** 霞ヶ浦の湖水及び底質は月例観測時(2011年3月以降、各月上旬)に3~7点で採取した。湖水はガラス繊維フィルタ(GF/F)でろ過し、溶存態と懸濁態を得た。ろ過湖水および乾燥底質は、U-8容器(90mL容)に詰め、ゲルマニウムガンマ線スペクトロメータ(ORTEC, GWL及びLOAX)によって計数した。標準体積線源(密度1及びアルミナベース)から求めた対エネルギー効率曲線を利用して定量した。試料厚みによる効率補正ならびにI-131等に関しては測定時間(~60000秒)及び試料捕集時への減衰補正をほどこした。

このほか、ネット(NXX7, NXXX25)を通して得たプランクトン画分などの生物モニタリング試料についても試行的に分析した。

**【結果と考察】** 図1に示した2011年4月13日(事故から33日目)の湖水からは放射性核種が検出されており、ほとんどが溶存態であり、懸濁態の割合は低かった。その時点で、湖心(St. 9)の底質中に

は深さ4cmまで放射性セシウム及びヨウ素が存在していた(図2)。1981年の表層泥や事故前の3月に採取した底泥には大気中核実験由来のフォールアウトによるCs-137のベースライン値(20Bq/kg前後)が認められた。事故由来の放射性物質は、4月以降、5月、6月と検出深さが増していた。これは霞ヶ浦底泥が混合を受けやすいことによる。なお、4月時点では、主な流入口であるSt. 3, 7の底質で湖心よりも高い濃度が検出された。

放射性ヨウ素、セシウムの深さ積分値が蓄積量として表現できる。大気輸送モデルから求めた霞ヶ浦湖心部での沈着量は、約3300Bq/m<sup>2</sup>であり、底泥から検出された量とほぼ等しい(図3)。湖面に沈着した放射性セシウムは速やかに沈降し、残りは湖水に溶存した形で排出されたと考えられる。その後も、集水域の河川等からの流入によって湖底への放射性セシウムの蓄積が続いているが、集水域土壌への沈着量に比して、土壌中での移動性の低いセシウムの湖底への蓄積量は少ない。

5月以降、湖水の直接分析からでは放射性核種は検出されなくなった。一方、大量の湖水から得たプランクトンからは放射性セシウムが検出される。生物濃縮過程などの解析に利用できると考えている。

**【謝辞】** 標準線源を快く貸与していただいた株式会社間組技術研究所奥野功一氏および富山大生命科学先端研究センター庄司美樹氏、貴重な試料を採取して下さいました霞ヶ浦全域調査メンバー、生物・生態系研究センター各員に深く感謝いたします。

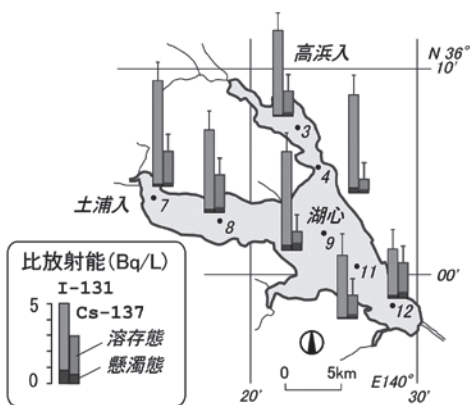


図1 2011年4月の霞ヶ浦湖水中の放射性セシウム・ヨウ素の水平分布

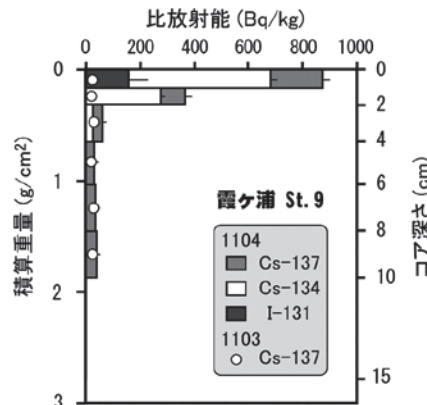


図2 2011年3月、4月の霞ヶ浦湖心(St. 9)底質中の放射性核種の深さ分布

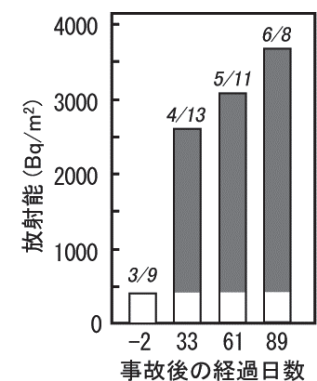


図3 霞ヶ浦湖心底質中のCs-137存在量の経時変化

1. 南三陸町志津川湾海底調査

2011年3月1日に発生した東北地方太平洋沖地震を受けて、宮城県南三陸町志津川湾沖合の海底調査を、有索型水中ロボット(ROV)を用いて、5月17-18日に行った。調査水域を図1に示す。

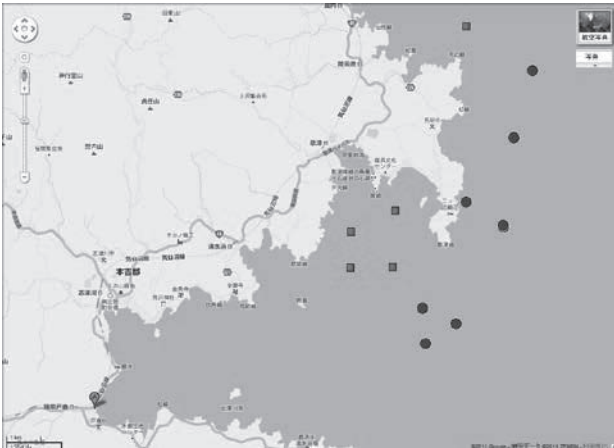


図1 南三陸町調査水域

図中の○印は海底の透視度がよかった地点で、□印は濁りがひどくて海底がよく見えなかった地点である。濁りや泥の堆積状態からして、地下水の吹き出しが最近起こった結果によるものと判断された。

2. 琵琶湖湖底調査

琵琶湖では、2000年から自律型潜水ロボット淡探を用いて湖底の状況を調査している。2009年12月には、湖底から堆積物が噴出する低温水孔を発見した(図2)。このような場所では、堆積物中の熱勾配が一桁高いことも確認された。

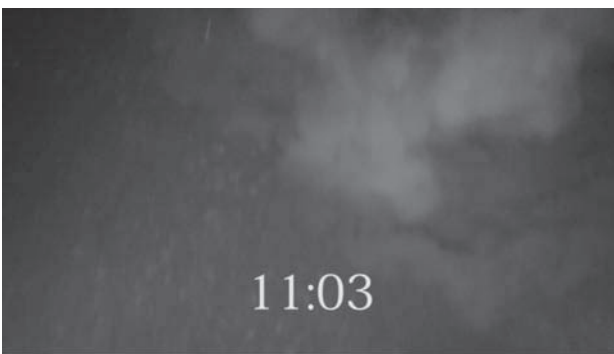


図2 琵琶湖の低温水孔

2010年4月と12月にも追加調査を行い、2007年以降のデータを比較し、このような湖底堆積物の

噴出しがどのような頻度で発生しているのかをまとめたのが図3である。淡探の潜行距離あたりの個数で表示してある。これによると、2008年頃からそれらしい吹き出しが見られ、2010年12月には急激に増えていることがわかる。

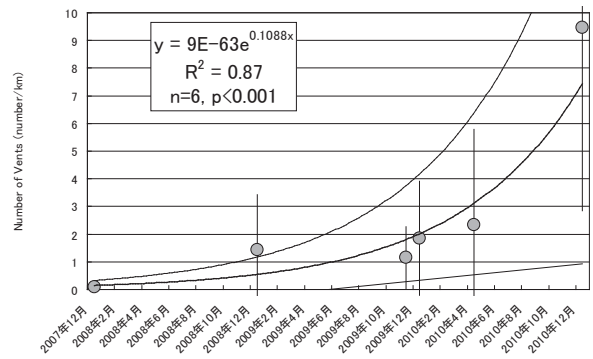


図3 低温水孔数の経年変化

3. 地殻の動き

国土地理院のGPSを用いた電子基準点の動きを見ると、2001年～2011年の10年間に琵琶湖周辺は東南方向へ約20cm移動していることわかる(図4)。3月11日には東方向に約16cmずれ、8cmもとに戻っている。すべての電子基準点で同じ方向に移動しているように思われるが、よく見ると安曇川付近の基準点では、2009年の5月から7月にかけて異なった動きをしていることがわかった(図中○)。さらに詳しい解析を行う必要があるが、安曇川周辺で何らかの歪が生じている可能性がある。このことと低温水孔の増加の関連はよくわからないが、歪がたまりやすい場所であることは確かであろう。

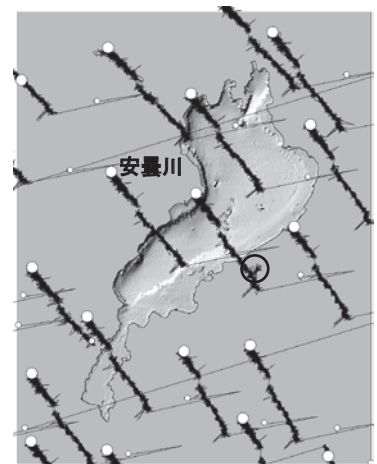


図4 電子基準点の移動







<sup>1</sup>原都\*、<sup>1</sup>大橋瑞江、<sup>2</sup>Sirpa Piirainen、<sup>3</sup> Pirkko Kortelainen、<sup>2</sup>Leena Finer、<sup>1</sup>熊谷哲、<sup>4</sup>高橋勝利、<sup>1</sup>杉山裕子(\*兵庫県立大学環境人間学部、<sup>2</sup>フィンランド森林研究所、<sup>3</sup>フィンランド環境研究所、<sup>4</sup>産業技術総合研究所)

## 1. はじめに

地球表層では全水量の約 3%が淡水として存在しているが、その大半は極地の氷河として存在しており、陸上生物の生命維持活動に必要な不可欠な資源として利用できる水の量は、全淡水量の 1%にも満たない。この水資源の大半は森林部において形成され土壌水・地下水として貯蔵されており、森林部は河川に対する水源林としての役割も果たしている。そのため淡水資源を生成・保持する上で森林の存在は非常に重要であり、森林部における樹木密度や樹種・伐採などの管理状態は、淡水中の溶存成分に大きな影響を与えていると考えられる。

溶存有機物 (Dissolved Organic Matter) は水圏中の主要な溶存成分の 1 つであり、バクテリアのエネルギー源・錯形成や吸着作用による他の溶存成分の安定化など、水圏の物質循環および水質を支配する重要因子である。したがって、水圏における DOM の量的・質的な変遷を把握することは重要であり、この動態に森林管理がどのように影響してくるかも、解明されるべき課題であるといえる。本研究は、植栽地と皆伐地の土壌水中溶存有機物の量的・質的比較によって、土地利用形態が水質にもたらす影響を解明する事を目的とした。

## 2. 試料採取および分析方法

試料採取は、フィンランド北東部・カレリア地方の森林流域試験地 (ドイツウヒの人工林) において 2009 年 9 月と 10 月の秋に行い、降雨、林内雨、皆伐地 (樹木の地上部を伐採して植林して 2 年経過した土地) と植栽地 (皆伐されず樹木の残っている土地、齢は 50 年を超える) の O 層・A 層・B 層における土壌水を採取した。採取した試料は現地で、あらかじめ 400°C で 2 時間の焼処理を行った孔径 0.7 μm の GF/F フィルターを用いてろ過し各種無機イオン濃度を測定するとともに、パイレックスのメジュームサンプルガラス瓶に保存して氷冷状態で日本に送付し、DOC・3 次元励起蛍光スペクトル測定を行った。フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析 (FT-ICR MS) には、C<sub>18</sub> 固相抽出により分離濃縮された試料を用い、ESI - ネガティブイオンモードにより分析を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 DOC 濃度測定結果

降雨の DOC 濃度は 2.1 mgC/L、林内雨は 2.3 mgC/L と DOC 濃度に大きな差は見られなかった。

植栽地と皆伐地において DOC 濃度を比較したところ、植栽地 A 層では 14.6~24.2 mgC/L、皆伐地 A 層では 6.9~8.2 mgC/L、植栽地 B 層では 22.4~29.2 mgC/L、皆伐地

B 層では 2.8~3.8 mg C/L と、A・B 両層下において皆伐地の DOC 濃度は植栽地のものに比べて、低い値を示した。

皆伐地と植栽地における A 層から B 層にかけての DOC 濃度変化は、皆伐地では A 層から B 層にかけて減少したのに対し、植栽地では増加した。

### 3.2 3 次元蛍光測定結果

降雨と林内雨は DOC 濃度には大きな違いがなかったにも関わらず、林内雨の 3 次元蛍光スペクトルにおいて、腐植様物質蛍光ピークで約 10~14 倍、タンパク様物質蛍光ピークで 3~5 倍高い炭素濃度あたりの蛍光強度が観測された。林内雨には、葉や幹からの蛍光性の溶存有機物が付加されていると考えられる。降雨が地上に落ちるまでに林冠と接触があるかどうか、土壌水の性質変化に関係があると考えられる。

皆伐地土壌水では強い腐植様物質蛍光ピークが観測され、植栽地では、強いタンパク様物質蛍光ピークが観測された。この傾向は A・B の両層下において共通しており、地上部の管理の違いによって、地下部の土壌水中の有機物組成が異なってくる事が示唆された。

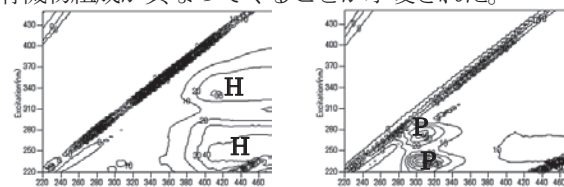


図 1: 皆伐地 A 層下 図 2: 植栽地 A 層下  
(H: 腐植様物質、P: タンパク様物質蛍光ピーク)

### 3.3 FT-ICR MS 測定結果

FT-ICR MS 分析では、測定された質量イオンピークの m/z 値から分子式を予測する事が可能である。この予測された分子式から元素組成比を求め、O/C 比を X 軸に H/C 比を Y 軸にプロットする van Krevelen Diagram を作成した。

これを用いて植栽地と皆伐地の分子組成の特徴を比較してみたところ、皆伐地に比べて植栽地では H/C 比と O/C 比の小さい黒色炭素様物質 (縮合率が高く不飽和結合の多い化合物) が検出される領域に多数のピークが観測され、皆伐地と植栽地とでは明らかに分子組成の違いが見られた。

## 4. 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金挑戦的萌芽研究 (課題番号 21658055) の補助を受けて行われました。

## 大都市圏およびその周辺域の森林への大気からの窒素流入の実態

\*伊藤優子(森林総研)、小林政広(森林総研)  
吉永秀一郎(森林総研・九州)

## 1. はじめに

近年、全球的に活発化する人間活動に伴い大量の窒素が大気中に排出されている。窒素は生物にとって欠かすことのできない元素であるが、過剰な窒素は陸域生態系の酸性化や富栄養化をもたらすとされている。流域の最上流部に位置する森林には、下流域へ良好な水質を安定して供給することが期待されている。これまで、大気から森林に流入した窒素は森林生態系内で効率的に利用、保持されることから、森林から流出する窒素は少ないとされていた。しかしながら、近年、関東平野周辺に位置する森林域から流出する渓流水中の硝酸イオン濃度が高い傾向にあることが報告されており、その原因の一つとして大都市圏において大気中に大量に排出された窒素の森林への流入の影響が考えられる。

本研究では、大都市圏およびその周辺域の森林生態系において、大気からの窒素流入の実態を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

本研究では、東京都(多摩市、八王子市)、群馬県(沼田市、みなかみ町)、新潟県(十日町市)、茨城県(つくば市、石岡市、城里町)の森林において、2008年から林外雨と林内雨の採取を行った。林外雨、林内雨ともにポリロートとポリタンクを用い、バルク方式で採取した。積雪の多い地点においては、林外雨はヒーター付き降雪採取装置もしくはコンテナを用い採取を行ったが、冬期の林内雨の採取は行っておらず、林内雨については非積雪期の林外雨と林内雨との関係から推定した値を用いた。採取した試料は、ろ過後、イオンクロマトグラフで主要溶存成分を分析した。

## 3. 結果と考察

2008年から2010年における、各地点の無機態窒素(硝酸態窒素+アンモニア態窒素)の大気から森林への年間流入量は、林外雨が $6.5\sim 10.8\text{ kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ で平均 $7.7\text{ kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ であった。また、林内雨では、 $5.4\sim 23.8\text{ kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ で平均 $13.7\text{ kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ であった。

林外雨による森林への無機態窒素の流入量は調査地点間では大きな差は無く、年間 $10\text{ kg ha}^{-1}$ を超える地点は年間降水量の多い新潟の1地点のみであった。一方、林内雨による無機態窒素の流入量は調査地点間の差が大きく、最小と最大の地点間の差が4.4倍であった。また、林内雨による無機態窒素の流入量は1地点を除いて林外雨による流入量より多くなり、林内雨による流入量が林外雨による流入量の3倍以上の地点もあった。関東平野周縁部の地点において林内雨による窒素の流入量が高い傾向があり、大都市圏の人間活動に伴う大気中への窒素の排出が、森林への窒素流入量に影響を及ぼしていることが示唆された。森林域における窒素の動態において、大気からの窒素流入を考えるうえで乾性沈着物の樹冠への捕捉や樹冠通過時の溶脱作用等の寄与が大きく、林内雨による窒素の流入実態を明らかにすることが重要であると考えられる。

本研究は、環境省地球環境保全等試験研究費「大都市圏の森林における窒素飽和による硝酸態窒素流出に関する研究」の一部として実施した。

## 2K03 窒素流入量の異なる2つの森林流域における硝酸態窒素流出

\*小林政広（森林総研）、吉永秀一郎（森林総研九州）、伊藤優子、稲垣昌宏、稲垣善之、坪山良夫、玉井幸治（森林総研）、壁谷直記（森林総研九州）、清水貴範（森林総研）

### 1. はじめに

大都市周辺の森林において、人為由来の窒素化合物が大气から多量に流入することにより、窒素が生態系の必要量を越える「窒素飽和」が発現し、渓流水中の硝酸イオン濃度が高くなることが報告されている（大類, 1997）。窒素飽和の発現機構は、森林生態系における窒素動態の複雑さゆえに不明の点が多い。本研究では、窒素流入量の異なる2つの森林流域において、土壌を通過して溪流へ至る過程での無機態窒素の濃度変化および移動・流出量を明らかにした。

### 2. 試験地と研究方法

窒素流入量が相対的に少ない茨城県城里町の源頭部小流域（桂試験地：2.3ha）および流入量が相対的に多い茨城県石岡市の源頭部小流域（筑波共同試験地：3.8ha）を調査地とした。両試験地とも針葉樹人工林として利用されており、斜面下部にはスギが植栽されている。斜面上部は、桂試験地では主に落葉広葉樹の2次林、筑波共同試験地ではヒノキ林および落葉広葉樹の2次林となっている。土壌はともに火山灰を母材とする褐色森林土である。両試験地において、林外雨、林内雨、堆積有機物層通過水、土壌層通過水、地下水、渓流水を採取・分析し、無機態窒素の濃度および移動・流出量（地下水を除く）を測定した。土壌水は、移動量を同時測定するため、セラミックプレートと自動制御の吸引・貯留部から構成されるテンションライシメータ（小杉, 2000）を用いて採取した。渓流水は流出量計算のため、Vノッチ式量水堰で流量を連続観測した。これらに加えて、リターフォールによる窒素還元量や土壌中の窒素無機化量等、生態系内部における窒素循環に関わる量を測定した。

### 3. 結果と考察

林内雨による無機態窒素流入量は、桂試験地のスギ林で  $7.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 、筑波共同試験地のスギ林で  $11.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 、ヒノキ林で  $22.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  であり、林内雨として流入する窒素は筑波共同試験地で顕著に多かった。リターフォール窒素量は、桂試験地（野口ら, 2009）よりも筑波共同試験地（稲垣善之ら, 2010）で

大きく、窒素の内部循環量が大きいことが示唆された。一方、深度20cmまでの鉍質土壌中の窒素無機化量は、桂試験地（平井ら, 2007）に対して筑波共同試験地（稲垣昌宏ら, 2010）で特に大きくはなかった。堆積有機物層通過水の無機態窒素移動量は、桂試験地スギ林の  $3.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  に対して、筑波共同試験地スギ林では約6倍の  $22.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  であった。土壌水中の硝酸態窒素濃度は、筑波共同試験地スギ林で著しく高く、樹木根系より下層と考えられる深度100cmの濃度は、桂試験地ではゼロに近い値であったが、筑波共同試験地では  $10 \text{ mg L}^{-1}$  を超えた。同深度での年間の硝酸態窒素流出量は、桂試験地スギ林では  $0.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  に満たなかったが、筑波共同試験地スギ林では  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  を上回った。また、同深度におけるカルシウムイオン流出量は、筑波共同試験地では桂試験地の2倍程度と多かった。地下水および渓流水中の濃度も筑波共同試験地では桂試験地より高く、筑波共同試験地の渓流水中の硝酸態窒素濃度は年間を通じて  $1 \text{ mg L}^{-1}$  以上の値を維持した。渓流水としての流出量は、桂試験地で  $1.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 、筑波共同試験地で  $11.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  であった。林内雨としての流入と渓流水としての流出の収支は、桂試験地では流出が流入の約4分の1で生態系内に取り込まれる分が多かったが、筑波共同試験地では流出が流入と同程度～2分の1の範囲となり、生態系からの流出が多かった。筑波共同試験地の森林は、窒素が生態系の必要量を上回った「窒素飽和」の状態にあり、過剰な窒素とともに養分の流出も生じていた。

### 謝辞

本研究は、環境省地球環境保全等試験研究費「大都市圏の森林における窒素飽和による硝酸態窒素流出に関する研究」の一部として実施した。

### 引用文献

- 稲垣善之ら（2010）関東森林研究 61: 175-178.
- 稲垣昌宏ら（2010）関東森林研究 61: 179-182.
- 野口享太郎ら（2009）森林総合研究所研究報告 8: 205-214.
- 平井敬三ら（2007）森林立地 49: 51-59.
- 小杉賢一郎（2000）水文・水資源学会誌 13: 462-471.
- 大類清和（1997）森林立地 39: 1-9.

興水達司（山梨環境研）・小林 浩（山梨衛環研）

## はじめに

地下水に含まれる元素の起源や循環を探る上で、その起源が人為であるのか自然由来であるかの判断をする際に、有機系元素の場合には比較的容易にその判断ができるものの、無機元素の場合には必ずしも容易ではない。

一方で、地下水に含まれる無機元素が、地域によって濃度に大きな違いが認められる場合に、高濃度の原因を単純に人為的な要因には求められない事例について我々は具体的に報告してきている。例えば、地下水中の無機元素の濃度の違いが、地域によって極端に違う例として、バナジウム、リン、ウランなどについて、南部フォッサマグナ地域を中心に我々は報告してきた（興水ほか、1998；小林・興水、1999；Koshimizu and Tomura, 2000；興水・京谷、2002；小林・興水、2005 など：図1）。その結果、富士五湖の水の起源についても従来の考えを修正する状況になってきた。

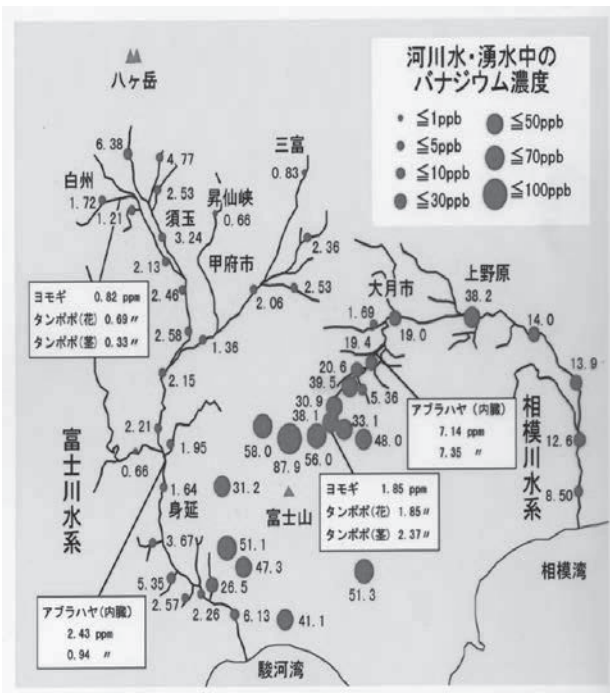


図1：南部フォッサマグナの地下水等のバナジウム濃度

## 富士山地下水と富士五湖の水の比較

富士山には、山麓を中心に多くの湧水が認められ、また地下水も主に飲料目的に、多くの地点で採取されている。このうち、富士山北麓側の場合、忍野地域には、有名な湧水として忍野八海が知られ、また、富士五湖の湖水についても、従来は一般的に富士山の地下水が湧出したものと考えられてきた。ところが、この富士五湖の水の起源につき、湖水に含まれるバナジウム濃度を基に富士山の地下水に含まれ

るその濃度との比較を試みたところ、富士五湖の水の起源については単純に富士山の地下水には求められないことを我々は指摘した(Koshimizu and Tomura, 2000；興水、2005)。

その後、バナジウム以外にもリン元素も含め、我々は富士五湖の水と富士山地下水との互いの濃度の比較を基に水循環システムの解明目的に検討し、富士五湖の水の起源については上記の報告と同様に、富士山地下水ではなく、地表部付近を流下する水が主体をなす、という結論に至った（興水ほか、2009）。

## 主成分無機元素の人為影響評価

上述したように、地下水中の微量元素の場合には、近年における機器の分析精度が向上することに伴い、元素濃度の測定も容易になり、地下水中の微量元素濃度の地域差は詳しく把握できるようになり、これら元素の起源の検討が進展してきている

これに対し、主成分元素の場合には含有濃度が、微量元素に比べ著しく高いため、仮に人為影響によって濃度が増していても、その識別が容易ではないのが一般的である。こうした場合においても、地下水に含まれる無機元素の主たる由来である地質や岩石の化学的特徴と地下水循環システムを考慮することにより、我々は地下水に含まれる無機元素が、一定量以上の人為由来を含んでいる場合の識別方法を見出したので報告する。

## 文献

- 小林 浩・興水達司(1999) 富士山及び甲府盆地周辺に位置する地下水及び湧水の中のリン起源. 地下水学会誌, 41, 177-191.
- 小林 浩・興水達司(2005) 地下水、湧水の中のリンおよびバナジウム濃度を基に推定された河川水における人為的影響によるリン濃度. 地下水学会誌, 47, 97-115.
- 興水達司(2005) 富士山麓の地下水. 日本の地質-増補版-, 共立出版, 150-153.
- 興水達司・京谷智裕(2002) バナジウム濃度を指標とした富士川及び相模川水系水中多元素の地球化学的挙動. 陸水学会誌, 63, 113-124.
- 興水達司・酒井陽一・戸村健児・大下一政(1998) 地球環境変化の健康への影響-地球科学より-. 地球環境, 2(2), 215-220.
- Koshimizu, S. and Tomura, K. (2000) Geochemical behavior of trace vanadium in the spring, groundwater and lake water at the foot of Mt. Fuji, central Japan. In Groundwater Updates, By K. Sato and Y. Iwasa (ed.), Springer, 171-176.
- 興水達司・戸村健児・小林 浩・尾形正岐・内山 高・石原 論 (2009) 富士山北麓の地下水循環と富士五湖の水の起源. 第19回環境地質学シンポジウム論文集, 153-158.

\*大西晃輝（広島大・院），小野寺真一（広島大），齋藤光代（JSPS PD，愛媛大・CMES）  
清水裕太（広島大），吉川昌志（広島大・院）

### 1. はじめに

これまでの研究で、化学肥料の施肥は地下水の窒素濃度に大きく影響しており、地下水中では流動に伴い脱窒による窒素浄化が起こっていることがわかっている。また、 $N_2O$ は脱窒の過程で発生するため、溶存 $N_2O$ 濃度の測定によって脱窒量を評価することができる。さらに、温室効果ガスでもあるため、その動態を把握することは重要である。しかし、大量施肥地域のような窒素濃度の高い地域での $N_2O$ の発生量は明らかになっていない。

本研究では、大量施肥地域における地下水中の $N_2O$ の動態を評価することを目的とした。

### 2. 地域と方法

調査対象地域は、広島県尾道市生口島（図1黒丸）の瀬戸田町宮原地区である。この地域はミカンやレモン等の栽培が盛んな果樹園地域であり、作物へ化学肥料の施肥が行われている。

2011年4月に観測井2か所と上流から下流にかけて26か所の深さの異なる私有井戸（4m～30m）において調査・採水を行った。また、採水時にポータブルセンサーで電気伝導度、溶存酸素、pH、酸素還元電位の測定を行った。採取したサンプルについては、溶存 $N_2O$ 濃度、栄養塩類（アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素）、溶存有機炭素、主要陰イオン（塩素イオン等）・陽イオン（ナトリウムイオン等）、Rn（ラドン）濃度を測定した。

### 3. 結果

溶存 $N_2O$ 濃度の分析は上流から下流までの17か所の井戸のサンプルで行った。各井戸の値を見ると、中流域の特に深い井戸で高い値を示しており、上流と下流では低い値を示している。各井戸の硝酸態窒

素濃度を見ると、深い井戸でも浅い井戸でも上流ほど高い濃度を示しており、深い井戸で特にその傾向が顕著である。硝酸態窒素濃度と溶存 $N_2O$ 濃度の関係を見ると、ある程度相関が見られた。（図2）

### 4. 考察

硝酸態窒素濃度が下流で低い値を示しているが、これは脱窒による窒素浄化による影響を示している可能性が考えられる。また、硝酸態窒素濃度と溶存 $N_2O$ 濃度に相関が見られたことから、硝酸態窒素濃度が高い場所では脱窒が活発に起こることで $N_2O$ が発生し、硝酸態窒素濃度が低い場所では脱窒が完全に行われて溶存 $N_2O$ 濃度が低くなることがわかる。



図1 研究地域

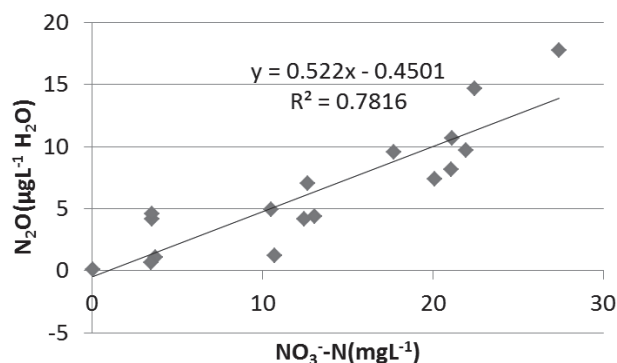


図2 井戸における $N_2O$ 濃度と $NO_3^-$ -N濃度の関係

## 農業由来の河川・地下水・海水への負荷量の推定 — 一面源負荷量の推定 —

\* 吉川省子（農環研），高橋英博（近中四農研），望月秀俊（近中四農研），小野寺真一（広島大），江口定夫（農環研）

### 1. はじめに

陸域での栄養塩の発生源には生活系，産業系，土地系（農業系，畜産系，自然系）等がある．一部は陸水（河川，湖沼，地下水），や海域に達し，その水質に影響する．発生源別にそれぞれの水質に及ぼす影響の寄与程度が異なる．ここでは農地等の土地利用と河川・地下水水質の関係を調べ，その関係を基に面源負荷量の推定を行った．

### 2. 材料と方法

①GIS手法を用いて，香川県の26河川流域を区分し，各流域の土地利用（水田，畑，森林，市街地等）率を求めた．②26河川流域について，各土地利用率と河川水質，流域平均地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係，および，流域平均非吸収施用N量と河川のT-N濃度，流域平均地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係を求めた．③得られた土地利用面積率と全窒素濃度から，最小二乗法により以下の式のパラメータ $a_i$ を決定した．

$$C = \sum_{i=1}^4 a_i x_i$$

$C$ : 全窒素濃度， $a_i$ : パラメータ， $x_i$ : 土地利用面積率， $i$ : 土地利用（水田，畑，森林，市街地等）ここで， $a_i$ は各土地利用の濃度原単位と考えられる．水量を乗じることにより，水系への到達負荷原単位を求めた．

④香川県の河川・地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度メッシュデータ，香川県統計による市町毎の主要28農

産物の作付面積，香川県施肥基準，作物毎吸収窒素量データ等をもとに，流域毎の年間平均河川水質（T-N等），流域平均地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度，流域平均非吸収施用N量を求め，水質との関係を解析した．

### 3. 結果

①流域の土地利用と河川水質の関係では，農地面積率および市街地等面積率と正の相関が，森林面積率と負の相関が認められた．流域の土地利用と流域平均地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係にも同様の傾向が認められた．②濃度原単位および負荷原単位は森林<都市≦農地となっていて，これまでの知見と矛盾しない．③流域平均非吸収施用N量と河川T-N濃度には市街地の短河川1つを除き，対数曲線関係（ $R^2=0.67$ ）が認められた．流域平均非吸収施用N量と流域平均浅層地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度には一次の関係（ $R^2=0.43$ ）が認められた．これにより，農地では同じ土地利用であっても肥料効率を高めれば水系への負荷を減らせることが考えられた．

### 4. 考察

河川長の大きく異なる場合は，窒素の脱窒やリンの沈降，植物による浄化等の働きを考慮しなければならなくなる．総合的なモデルが必要となり，土壌，気象，作物，農地管理をプログラムできる総合的なモデル（たとえばSWATなど）が有効と思われる．



## 2K07 最近の山岳氷河の動向と河川流出への影響：アラスカ・ユーコン河を例として

\*知北和久(北大・理), 和田知之(北大・理), 工藤 勲(北大・水産), ヨンオン・キム (アラスカ大 IARC)

### 1. はじめに

近年の地球温暖化は山岳氷河の融解を促進し、これに伴う海面上昇は、今後、沿岸域に深刻な影響を与えるとされている。ここで重要なのは、“氷河融解→海面上昇”の関係は、氷河の海洋への直接流出ではなく、主に氷河が存在する流域からの河川流出によって成り立っていることである。この報告では、2005～2010 年間に実施した IARC/JAXA 研究計画「アラスカ・ユーコン河とベーリング海との相互作用」の調査結果に基づいて、アラスカでの氷河融解が、どのようにユーコン河の流出に影響するのかを氷河の最近の動向と共に議論する。

### 2. 対象流域と観測方法

図 1 に、ユーコン河流域(面積  $8.55 \times 10^6 \text{ km}^2$ )と河川の水位・水温・濁度の観測点(PC, YKB, TNN, PLS点)の位置を示す。PLS点はユーコン河の最下流部、PC点は源頭部の氷河域にあたる。PLS点では通年で、他の点では氷河融解期(6月～9月)に濁度・水温・水位のモニタリングを実施している。なお、PC点より上流の氷河域(ガルカナ氷河)では、USGS(米国地質調査所)によって、氷河の質量収支や平衡点高度(氷河の正味質量収支がゼロになる高度)が1966年以来求められており、氷河近くでは気象観測が1967年から行われている。

### 3. 結果と考察

図 2 に、1966 年からのガルカナ氷河の正味質量収支(水当量 m)と正味の質量収支と平衡線高度(標高 m)の経年変化を示す(灰色太線は5年移動平均)。正味の質量収支の減少と平衡線高度の増加の傾向が見られ、特に、1985 年頃から急激な減少と増加がそれぞれ認められる。1985 年以降の正味の質量収支の減少率は $-0.033 \text{ m/年}$ 、平

衡線高度の上昇率は  $2.8 \text{ m/yr}$  である。この氷河の最高点は標高約  $2,200 \text{ m}$  であり、この高度上昇率が一定とすれば、約 150 年後には、この氷河は消滅することになる。一方、氷河融解流出は、今日まで増加傾向にあるが、さらなる氷河の縮退によって、将来、これが減少傾向に転ずるはずである。タンクモデルを用いた流出解析の結果では、ユーコン河流量の 16～25 %は氷河融解流出からなり、流出土砂のほとんどは氷河起源でその生産は氷河流動による基岩の侵食作用に基づく。このことから、今後の氷河融解変動は、特に、土砂や懸濁態化学物質(POC, PON など)の流出に大きな影響を与えることが考えられる。

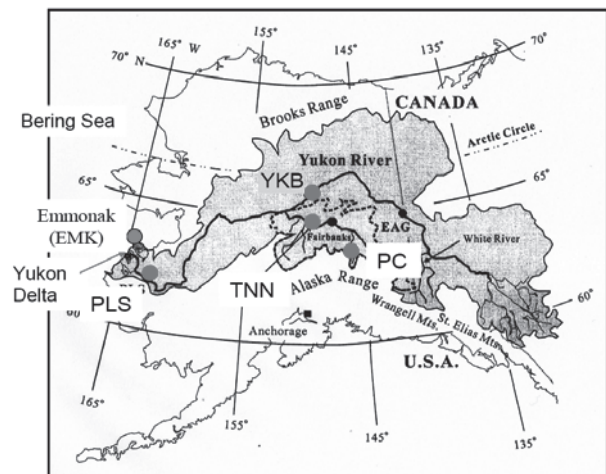


図 1. ユーコン河流域(灰色部)と観測点の位置。

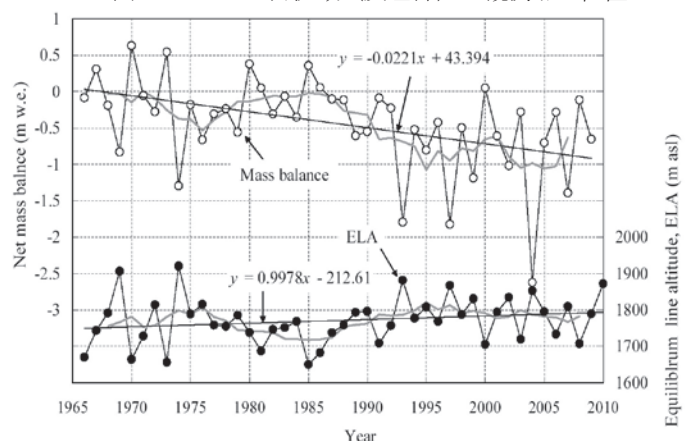


図 2. ガルカナ氷河の正味質量収支と平衡線高度の経年変化

\*濱田浩美（千葉大），西川博章（船橋市立古和釜中）

## 1. はじめに

近年，地球温暖化は環境問題として大きく取り上げられている。その影響は，湖沼の結氷現象にも変化を与えている。以前は毎年結氷していた湖沼が，近年では結氷しない年もみられるようになり，結氷期間が短くなってきている湖沼，結氷時の氷厚が薄くなりスケートリンクやワカサギ釣りの場所として利用できなくなってきた湖沼など，各地で地球温暖化の影響を受けていると考えられる湖沼が出現してきた。

湖沼の結氷現象は，地球温暖化の影響の指標の一つとなり得ると考えられる。本研究では，調査期間を 1987～2010 年として，日本各地の湖沼の結氷状況を把握し湖沼の結氷条件を推察すること，積算温度を用いて日本国内の湖沼の結氷現象とその変化を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

日本国内の湖沼の結氷現象の分布および標高別の湖沼の結氷状況に関しては，文献，GIS ソフト，インターネットを基に，調査対象湖沼の緯度，経度，海拔高度，表面積，容積，最大水深，平均水深，湖岸線長，結氷の有無などの項目についてデータを収集し，全 606 湖沼のデータベースを作成した。各湖沼の結氷の有無の基準は，原則として全面結氷を条件とした。近年，結氷状況が年度により変化している湖沼は，調査期間内に全面結氷が確認できたことで判断した。

個々の湖沼近くの気温データの収集は，困難であるため，本研究では，各湖沼に最も近いと考えられる気象庁アメダスデータから，各湖沼の調査期間内のデータを収集し，結氷条件を導くための指標とした。各湖沼とアメダス観測地点の標高は，大きく異なっている地点もあり，そのままのデータを各湖沼の積算温度として用いることはできない。そこで，本研究では，検討の結果，標高 100m 当たりの乾燥断熱減率と湿潤断熱減率を考慮し，約  $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  変化する理論値を用いて，各アメダスの気象データから算出した積算温度を標高差から補正し，各湖沼の積算温度とした。

近年，年によって結氷したり，しなかったり

という情報を得た湖沼については，電話での聞き取りや E メール，資料を用いて，1987～2010 年の期間中，年度毎の結氷現象の調査を行った。

## 3. 研究結果と考察

### a) 日本国内の湖沼の結氷現象の分布および標高別の湖沼の結氷状況

調査期間内に結氷した湖沼は，高緯度に位置しているか，位置している標高が高いため，湖沼周辺の冬季の気温は低く，結氷していると考えられる。湖沼の結氷は，湖沼の水深や水面上の風速などに影響されるが，水温が  $0^{\circ}\text{C}$  以下にならないと，過冷却の場合を除いて結氷しない。湖沼の水温は湖沼周辺の気温に支配され，結氷の有無に大きく関わる。しかし，平均水深の大きい湖沼は，標高が高くなっても結氷しないことが多い。

### b) 積算温度と湖沼概要データからみる湖沼の結氷状況

理論上では，積算温度が  $0^{\circ}\text{C}$  以下にならない場合，湖沼が結氷する可能性は低いと考えられる。しかし，各湖沼の平均水深と積算温度の関係をみると，11～2 月，12～2 月の積算温度では，結氷する湖沼でも  $0^{\circ}\text{C}$  以下にならない場合もみられた。この理由は，近年の地球温暖化の影響から，わずかに各月の気温が上昇していることや，11，12 月は特に気温が下がりきらないことの影響を受けていると考えられる。一方で，1～2 月の積算温度を用いた場合は，結氷する湖沼のほとんどの積算温度が  $0^{\circ}\text{C}$  以下となっており，湖沼が結氷するための最低条件とみなすことができる。また，平均水深が深くなるに従い，湖沼が結氷するための最低条件である積算温度の値も徐々に低くなると推定された。

調査期間における年度毎の結氷状況を把握できた湖沼は，摩周湖，中禅寺湖，榛名湖，山中湖，四尾連湖の 5 湖沼であり，摩周湖では  $-1000^{\circ}\text{C}$ ，中禅寺湖では  $-600^{\circ}\text{C}$ ，榛名湖では  $-80^{\circ}\text{C}$ ，四尾連湖では  $-45^{\circ}\text{C}$ ，山中湖では  $-500^{\circ}\text{C}$  以下になると結氷すると推定できた。

しかし，山中湖，四尾連湖は，近年の気温上昇から，近い将来結氷しなくなると推定され，地球温暖化の影響が懸念される。

## 地下水流出に伴う栄養塩供給特性

\*吉川 昌志(広島大・院)、宮岡 邦任(三重大・教)、  
小野寺真一(広島大・総合)

## 1.はじめに

沿岸地域における海底地下水湧出(SGD,Submarine Groundwater Discharge)は、河川水と並んで、流出する海域の環境に大きく寄与していることが近年の研究で明らかになっている(例えば<sup>1)</sup>谷口ら,2001)。特に当該地域に例をみるような閉鎖性海域においては、栄養塩流出による富栄養化が懸念され、その流出特性を把握することは地域の環境負荷を考慮する上で極めて重要である。そこで本研究では、酸素・水素安定同位体を用いて塩淡水境界周辺の水の動態を把握しつつ、それに伴う栄養塩供給特性を評価した。

## 2.材料と方法

研究対象地域は鈴鹿山脈南端部を水源とする志登茂川水系に属し、深度約 15-25m程度までほぼ一様な沖積堆積物に覆われている。対象地域沿岸部では南北に 1km程度の砂州地形がみられ、微高地となっている。砂州上には畑地、水田、居住地がまばらに分布しているが、近年では宅地化が進んでいる。また、砂州よりも陸側は砂州の後輩湿地となっており、広く水田が分布している。<sup>2)</sup>Miyaoka(2007)は、砂州上に極小規模な流動系を形成する涵養域の存在を指摘しており、沿岸域海底で湧出しているとしている。海岸の潮間帯に深度 5m、10m、20mの観測井を設置し、さらに観測井位置を起点として沖あい 30m、34m、42m地点にマニュアルシーページメータを設置し、三時間おきにサンプリングを行った。また調査によって得られたサンプルは基本的水質及び酸素・水素安定同位体、溶存無機窒素(DIN)、溶存無機リン(DIP)、 $\text{SiO}_2$ を分析した。

## 3.結果と考察

どの地点のSGD及び地下水酸素・水素安定

同位体比も、当該地域で報告されている降水のものと調和的であった。海水、砂州上井戸、砂州下井戸の $\text{Cl}^-$ 濃度とDIN濃度をエンドメンバーとしてとったものを図.1に示す。窒素供給量は、SGDの中では30mSGDが最も多く、沖に行くほど低くなった。エンドメンバーの計算結果としては、30mSGDは砂州上井戸水、砂州下井戸水、海水がほぼ均等に含まれていたが、34mSGD、42mSGDではほとんど海水であった。したがって、SGDによる栄養塩供給の大部分は30mSGDが占めていることが示唆された。

## 参考文献：

<sup>1)</sup>谷口真人ら(2001)：地下水と地表水・海水との相互作用，地下水学会誌第43巻第1号  
2)K.Miyaoka(2007):Seasonal changes in the groundwater-seawater interaction and its relation to submarine groundwater discharge, Ise bay, Japan. IAHS-AISH publication 2007

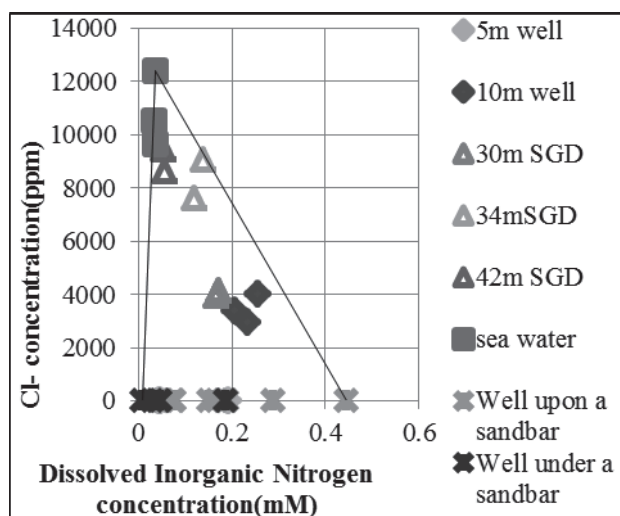


図.1  $\text{Cl}^-$ 濃度とDINによるエンドメンバー

\*宮岡邦任（三重大・教育）・谷口真人（地球研）・谷口智雅（三重大・人文）・  
大八木英夫（日本大・文理）・吉川昌志（広島大・院）

### 1. はじめに

沿岸域における海底地下水湧出の動態については、すでに様々な知見が得られているが、陸域から地下水によって輸送され海底から流出する栄養塩が地域の生物分布に与える影響については、今のところはっきりとした見解は得られていない。本研究の対象地域である三重県津市白塚地内の伊勢湾沿岸域では、潮汐の変化によって海底地下水湧出地点が移動したり、その湧出量や水質が大きく変化することが分かっている。

本発表では、沿岸海域の海底地下水湧出域の湧出の状態を解明する手法の一つとして、二枚貝の生息分布を指標とした海底地下水湧出の動態や栄養塩輸送の解明の可能性の検証を試みた。

### 2. 研究方法

現地における観測は、大潮にあたる 2011 年 6 月 17 日 12:00 の干潮から 6 月 18 日 12:00 の干潮まで行った。潮間帯から沖合に向かって 2m 四方の枠を 4 つ設置し、それぞれの枠内での二枚貝の生息数とその大きさ・重量などについて測定を行った。また、それぞれの枠内に対応する形で 2.5m おきに 6 カ所において CTD センサーを海底下 20cm に設置し、1 分間隔で電気伝導度と水温の測定を行った。このうち、陸側から 4 つめまでの測点についてはシーページメータを設置し、3 時間おきに海底地下水湧出量を測定と採水を行った。さらにこれらの測点を電極間隔 2m に設定し 3 時間おきに比抵抗探査を実施した。

潮間帯には深度 5m, 10m, 20m の観測井戸を設置し、1 分間隔で電気伝導度・水位・水温の測定を行った。

### 3. 結果および考察

波打ち際付近から 2.5m 間隔で海底部の電気伝導度を測定した結果、地点によって値は大きく異なり、経時変化の傾向も異なることがわかった。地点によってはシーページメータから採水した海底地下水の電気伝導度が  $145 \mu \text{ S/cm}$  というきわめて低い値を示す時間帯があった。二枚貝の生息分布には、沖合に向かって徐々に増加していき、個体の大きさも沖合に向かって大きいものが多くなる傾向がみられた。二枚貝の生息数が多い区域と海底地下水湧出水が顕著に認められる測点はほぼ一致したことから、海底地下水の湧出域と二枚貝の生息域には何らかの関係が存在することが示唆された。

一方、干潮から満潮にかけて電気伝導度が変化しない区間においても、数は少ないものの二枚貝は生息していることから、生息域に存在する海底地下水や海水の水質の影響を二枚貝がどの程度受けているかを評価するために、二枚貝から抽出した体液と海底地下水および海水の酸素・水素安定同位体組成の比較を行った。その結果、二枚貝の体液の酸素・水素安定同位体組成は、陸寄りの区域から沖合に向かって、若干異なる個体が存在することが明らかとなった。このような個体による同位体組成の差異の存在については、二枚貝が摂取する水や栄養塩などいくつかの要因が考えられる。

最も沖合に設置した満潮時海岸線から約 50m での電気伝導度が一貫して  $10 \text{ mS/cm}$  程度であったことから、この付近における海底地下水の湧出が示唆された。このことから、今後沖合にかけて二枚貝の生息状況について把握するとともに、今回行ったような体液に含まれる物質について、陸域から供給される栄養塩や地下水湧出との関連性について、さらに検討する必要がある。

\*齋藤光代 (JSPS PD, 愛媛大・CMES)・小野寺真一 (広島大・院・総合)・郭 新宇 (愛媛大・CMES)  
大西晃輝・清水裕太・金 広哲・吉川昌志 (広島大・院・総合)・徳増 実 (西条市)

### 1. はじめに

近年, 国内外において海域への栄養塩供給源としての地下水の重要性が指摘されている. しかしながら, 瀬戸内海に対する地下水流出の定量的な評価は未だ不十分であり, 特に海岸線よりも沖側の海底部から流出すると考えられている深層 (被圧) 地下水の影響については, ほとんど明らかにされていない.

そこで本研究では, 瀬戸内海の中央部に位置する燧灘を対象とし, 海底地下水流出の空間分布および季節変化を確認し, 海域の栄養塩環境に及ぼす影響の評価を試みる. そのため, 特に地下水中で高濃度を示すラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) 濃度をトレーサーとし, 海洋観測結果に基づく評価を行ったので報告する.

### 2. 対象地域および方法

燧灘は瀬戸内海の中央に位置する準閉鎖型の海域であり, 大きさは東西方向に約 50km, 南北方向に約 30km, 平均水深は約 20m である. 燧灘の南西部には, 西日本最高峰の石鎚山脈から涵養される豊富な地下水量を誇る愛媛県西条市が面しており, 一方で大規模な一級河川の流入が無いことから, 地下水流出の影響が比較的大きい海域であると考えられる.

2010 年 7 月および 11 月に, 燧灘南西部の水深約 10~20m の領域で約 15 地点を設定し, 海面表層および海底直上部の二深度でのラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) 濃度測定, 水温と塩分の鉛直測定および海水試料の採取を行った. また, 観測領域沿岸部の地下水および河川水も採取した. 各試料水は実験室において栄養塩濃度の測定を行った.

### 3. 海底地下水湧出域および湧出量の季節変化

塩分および密度の鉛直分布から, 2010 年 7 月は水深約 5m 付近に躍層が形成されており, 11 月はほぼ完全混合に近い状態であった. 図 1 に, 2010 年 7 月 (a) および 11 月 (b) における海底直上部の海水中  $^{222}\text{Rn}$  濃度の分布 (黒塗りは陸域) を示す.  $^{222}\text{Rn}$  は地下水中では非常に高濃度を示すが, もともと海水中にはほとんど含まれないことから, 海水中で比較的高濃度を示す領域では, 地下水が流出していると考えられる. 図 1 の結果から, いずれの季節も全体的に観測領域の南西部において最も  $^{222}\text{Rn}$  濃度が

高い傾向を示したことから, 地下水の流出域が存在していることが示唆される.

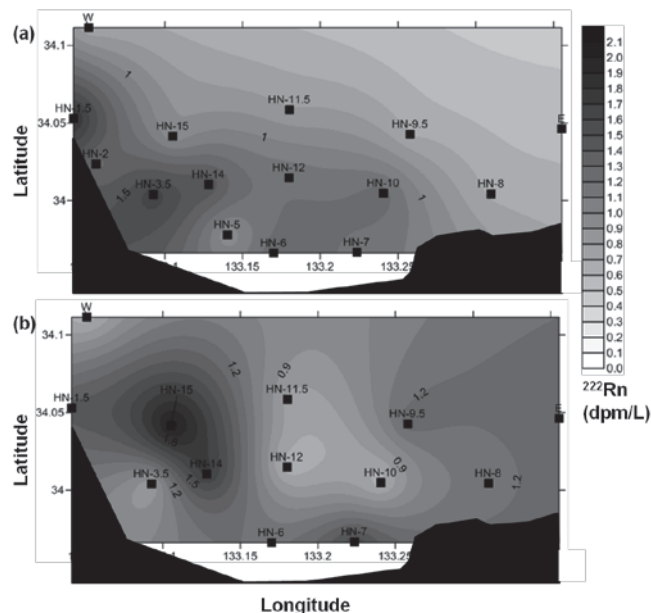


図 1 海底部の  $^{222}\text{Rn}$  濃度分布 (a: 2010 年 7 月, b: 11 月)

図 1 の結果を基に  $^{222}\text{Rn}$  収支計算による海底地下水流出量の推定を試みた. 但し, 7 月の成層期は海底からの地下水流出成分は躍層下部に保存されている可能性が高いと考え, 5m 以深のみを対象に計算を行った. その結果, いずれの季節も地下水流出量はほぼ同じオーダーであると推定されたが, 11 月において 7 月より若干大きかったことが示唆された.

### 4. 栄養塩環境の季節変化

対象地域の海底部における栄養塩濃度の空間分布から, DIN 濃度は全体的に混合期の 11 月において 7 月より高く, DIP 濃度は西部において 11 月に高い傾向を示した. 対照的に, DSi 濃度は全体的に 11 月において 7 月よりも低い傾向を示した. 以上の結果から, 7 月には海底部まで特に DIN が枯渇状態にあり, DSi については, 鉛直混合にともない珪藻による取り込みが増加し, 11 月に低濃度を示した可能性がある. 発表においては, 海底地下水湧出量の季節変化が栄養塩環境に及ぼす影響について考察を行う.

\*本研究は H22 年度愛媛県西条市受託研究 (代表: 郭 新宇) および H22 年度ニッセイ財団若手研究助成 (代表: 齋藤光代) の支援により行われた.

\*小野寺真一（広島大・総合）、清水裕太（広島大・特別研究員）、齋藤光代（愛媛大）  
加藤愛彬（㈱日本ホットライフ）、福岡正人（広島大）

はじめに

流域スケールでの物質循環の解明は、酸性雨や富栄養化といった大気-陸域及び陸域-海域相互作用環境の予測という点や、さらには資源管理、河川・地下水などの物質輸送場の保全という点でも重要である。

本研究では、栄養物質でもあり、かつ農業肥料資源としても重要なリンを対象として、流域スケールでの物質輸送に関してレビューを行いその問題点を整理するとともに、特に本課題講演のテーマでもある人間活動の影響についても整理することを目的とする。

al.(2002)によれば、近年化学肥料の使用量の増大にともない大量にリンが供給されてきたが、その利用効率は下がってきていることが指摘されている。すなわち、これは、作物に吸収されずに系外に流出する割合が増大していることを意味する。Cordiel et al.(2009)は、その割合が 50%に及ぶことを指摘している。

リン輸送

北川ら（2009）は花崗岩中でのリンの含有量も無視できない量であると評価し、自然由来のリンも無視はできない。しかし、清水ら（投稿中）による都市近郊流域での解析によれば、発生源として溶存態は家庭排水、懸濁態は農地で主であると指摘され、その多くは人為的な起源に由来する例も少なくない。リンの陸域から海洋への輸送経路は、主に河川であり、特に洪水時の流出によって多くが輸送される（図 2）。

また、地下水でも、特に沿岸域で高濃度のリンが検出されており（例えば、Onodera et al. 2007；小野寺ら 2010）、地下水による海洋へのリン流出も重要な場合がある。特に、感潮域における海水の再循環も重要な過程となっている。

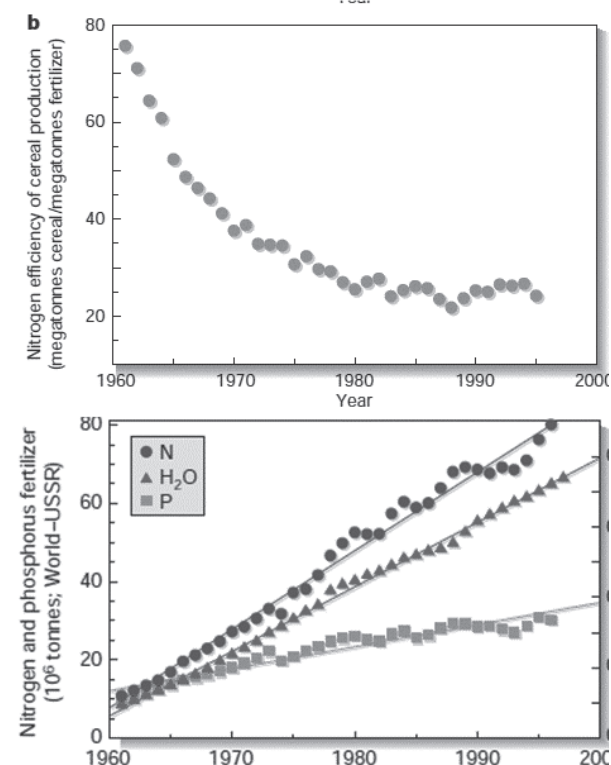


図 1 肥料消費量と穀物生産の窒素効率の推移 (Timlin et al.2002)

流域リン循環

流域におけるリン循環は人間活動の影響が強まった 20 世紀以降一変してきた。Timlin et

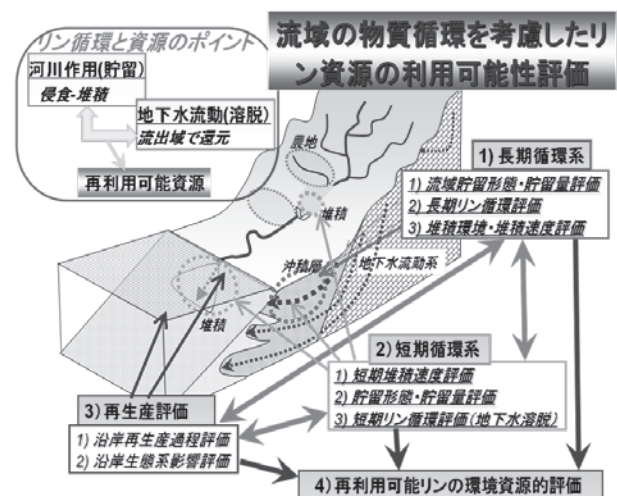


図 2 リン循環研究 (福岡、2010)

\*楊 宗興（東京農工大学・農）・郭英玉（東京農工大学・農）・大西健夫（総合地球環境学研究所、現岐阜大学・流域圏科学研究センター）・閻百興（中国科学院東北地理農業生態研究所）・王徳宣（中国科学院東北地理農業生態研究所）

1. はじめに

現在、海域の一部（南極海、太平洋亜寒帯域、太平洋赤道海域等、HNLC (High Nutrient Low Chlorophyll) 海域と呼ばれている）では、通常窒素、リン等でなく、鉄がその生産の律速要因となっていることが知られる (Martin et al., 1994, 他)。このため鉄がどれほど、どのように供給されるかは、海洋の生産や生物地球化学過程の鍵を握る重要な問題である。ふつう鉄は陸域の風化過程ではきわめて可溶化しにくい。しかし一定の条件では溶存鉄への可溶化が生じ、実際、陸水中に比較的高濃度含まれる場合がある。このため海洋への鉄供給源として、河川による溶存鉄輸送は大いに注目される。本研究を行った通称“アムール・オホーツクプロジェクト”では、アムール川とオホーツク海や親潮との、鉄という物質を介した壮大な連環が世界で初めて証明された。

ところで、このような陸の鉄供給の「役割」は、人間活動によって大きく変貌しつつある可能性がある。かつてアムール川流域の広大な湿地帯であった中国三江平原では大規模な農地化が進行している。本講演では、この農地化が鉄輸送にどのような影響をもたらしているかについて調査した結果を報告する。

2. 結果と考察

湿地から畑地、水田への土地利用変化に伴う鉄の動態変化を明らかにするため、かつての湿地が畑地、水田に転換された中国東北部黒龍江省三江平原の実験フィールドを使用し、土壌間隙水、表面水の溶存鉄濃度の季節変化を測定した。その結果、畑地では年間を通じ、溶存鉄の生成を生じない酸化的条件が維持されていた。水田では水管理のために、還元的条件の期間が湿原よりも短く、湿地に比べて溶存鉄濃度は常に低かった (図省略)。水田は、その土壌中で溶存鉄が生成されても、

農業の目的から排水が管理される。水田の鉄流出は、このため湿原との濃度差以上に減少していると推測される。

湿地帯が広がっていた三江平原では、明渠の掘削による干拓が開拓の歴史を通じて進められ、一方で農業ならびに生活用水としての利用から大規模な地下水の汲み上げが行われている。三江平原の複数の地点に井戸を掘削し、その水位を調査した。比較的最近農地化された地域では、相対的に高標高の中段丘面でありながら、地下水位は地表付近に存在した (図1d)。三江平原のいずれの地形面でも泥炭層が観察されたことを考え合わせると、かつて三江平原はほとんどが湿地で覆われ、地下水面はこれと同様に地表付近にあったと判断される。しかし比較的昔に開発が行われた他の地点では、付近の河川水面とほぼ同レベルにまで地下水面の顕著な低下が見出された (図1a, b, c)。三江平原はかつて水で飽和していた地中で現在不飽和帯が拡大し、乾燥化が大規模に進行していると理解される。おそらくこのような乾燥化過程を反映し、三江平原を流れる河川で鉄濃度の明らかな経年的減少が生じている (図2)。

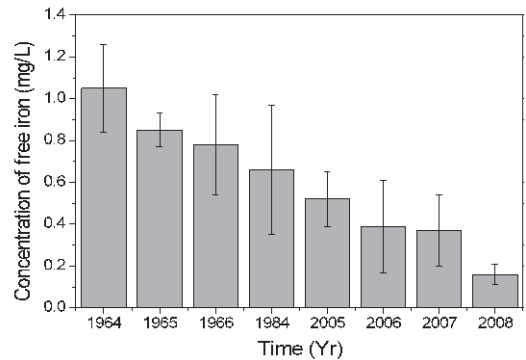
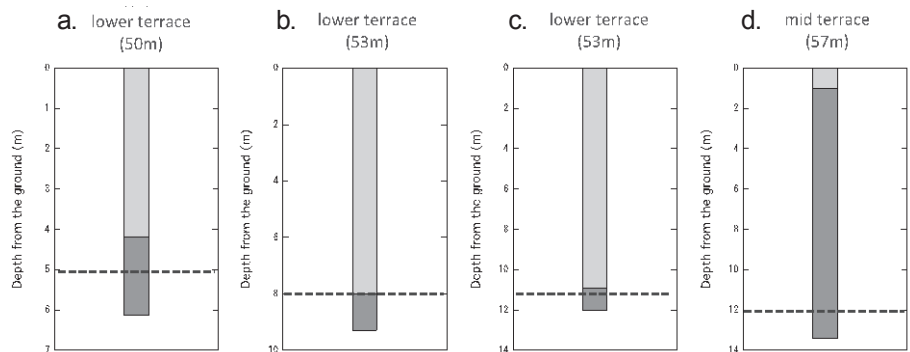


図2 中国三江平原の河川(Naoli 川)で観測された二価鉄+三価鉄濃度の経年変化 (Yan et al., 2010)

図1 中国三江平原の複数地点の井戸で観測された地下水位

d 地点は比較的最近 (2004 年) に干拓が開始された地域。a, b, c 地点は低位段丘面に、d 地点は中段段丘面に位置し、括弧は標高。図中の点線は、最も近傍の河川の水面高度を表す。



## 2K14 伊勢湾流域圏の水・物質フラックス網のモデル化と人間活動の影響

辻本哲郎（名古屋大・院・工学），戸田祐嗣（名古屋大・院・工学），  
\*田代 喬（名古屋大・院・環境学），尾花まき子（名古屋大・院・工学）

### 1. はじめに

本研究は，閉鎖性内湾に注ぎ込む複数の河川流域と沿岸域・湾域を含む集合体を「流域圏」と捉え，流域圏の環境管理に資する知見の取得を目的とする。流域圏には種々の「景観」があり，各景観では「生態系サービス」を伴う物質循環が水循環を駆動力として機能し，「水・物質フラックス」がさまざまに変化している。本報では，流域圏における水・物質フラックス網モデルを紹介した上で，人間活動を含む社会シナリオに基づいた解析から，水・物質フラックスの変化を考察する。なお本研究は，文科省科学技術振興調整費「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」（平成 18~22 年度，代表：辻本哲郎）の一環として位置づけられる。

### 2. 水・物質フラックス網の解析モデル

水・物質フラックス網解析モデルの概要を図-1 に示す。Tool Box 1（以下，TB1）は，流出解析をベースとした陸域 TB1 と湾内流動を扱う海域 TB1 から構成される。陸域 TB1 は，分割された小集水域単位での分布型流出モデルの集積であり，湾域 TB1 は気象・外洋条件を入力条件とする湾内流動・水質場の非定常 3 次元解析モデルである。また，各地先の類型景観においては，Tool Box 2 と称する生態系の機構解明と修復技術に関するモデルが開発された。前述の TB1 とこの TB2 が連動することにより，流域圏における景観の各階層において，異なる入力条件に応じた水・物質フラックスの応答が追跡できる。

以上のように本モデルは，任意の地点における人間活動による水・物質流入の変化が下流域や海域に及ぼす影響を追跡して評価できることから，これを用いて人間活動による種々の影響を考察した。

### 3. 人間活動が水・物質フラックスに及ぼす影響

図-2 には，本モデルによって推定された，現状の

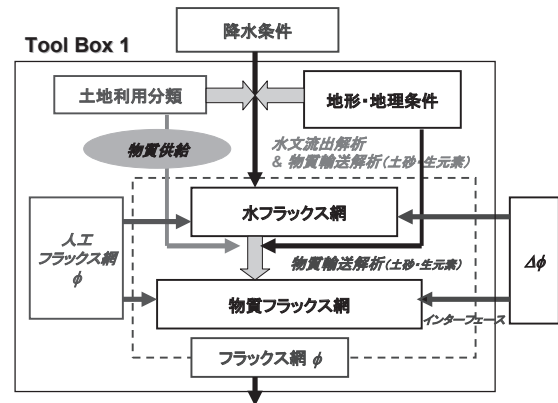


図-1 水・物質フラックス網解析モデルの概要

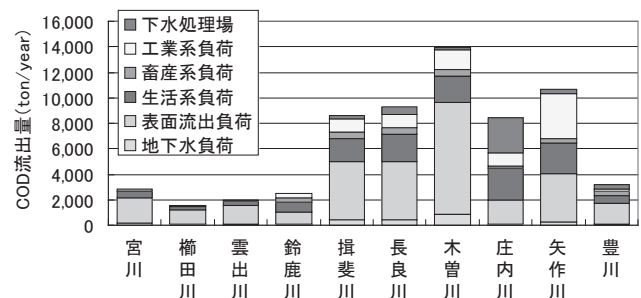


図-2 一級河川流末における年間流入負荷量（1999年）

伊勢湾に流入する一級河川の末端における年間のCOD総負荷量とその発生源の割合を示す。木曾川が最も大きく，その内訳では表面流出負荷が約70%を占めていた。一方，市街地の優占する庄内川では生活系，下水処理場による負荷の割合が相対的に大きくなった。この結果を過去（1960年と設定）の人口分布，土地利用を条件とする想定ケースと対比したところ，50%程度増加している可能性が示唆された。さらに，陸・海域のTB1の接続により，陸域からの水・物質フラックス量の変化（ここでは，負荷量低減）に応じて，湾内における貧酸素水塊の軽減，アサリ漁獲量の回復に効果がある可能性が見出された。

流域圏における景観の各階層に亘って，水・物質フラックス量を連続的に解析する本解析モデルは，環境アセスメントや施策検討ツールとしての有用であることが示されたものと思われる。



清水裕太・小野寺真一（広島大・総合）

### 1. はじめに

近年、世界各地で気温上昇をはじめとする気候変動の影響が確認されている。降水量や気温の変動は流域内の水循環に大きな影響を与え、河川流量の変動をはじめとする土砂や栄養塩の物質循環は変化してきている(Chang *et al.*, 2001)。これまで、気候変動に対する栄養塩流出量の影響は、欧米を中心に解析されてきた(Wade, 2006)。我が国でも今後の気候変動に伴う大きな変化が予想されているが、栄養塩流出への影響評価は乏しい。そこで本研究では、気候変動が栄養塩流出へ及ぼす影響を評価することを目的とする。

### 2. 対象地域概要

対象地域は、広島県東部を流れる一級河川芦田川水系高屋川流域を対象とした。流域面積は 140 km<sup>2</sup>で上流域には森林 (57%) が、中下流域には農地 (37%) および宅地 (6%) が広がっている。流域内の人口は増加傾向であるが、排水処理整備が遅れているため、栄養塩の起源のほとんどは、生活排水や農業排水などの人間活動由来である。

### 3. 方法

本研究では、既存の長期モニタリングデータ (気象庁、国交省) および水文流出モデル (SWAT モデル) を使用して解析を行った。解析期間は 1979 年～2008 年までの 30 年間とした。モデルに必要な気象データは、流域内外の気象観測所 (福山、府中、笠岡) の降水量、気温、風速、湿度データと推定日射量データを使用した。モデルのキャリブレーションには国交省の水文水質データベースより御幸、神辺水位流量観測所の流量データおよび、横尾、川北水質観測所における T-N、T-P、SS データを使用し、横尾観測所を最下流とする仮想流域を構築した。

### 4. 結果と考察

まず、解析期間中の長期的なトレンドは、降水量、流量ともに若干の渇水化傾向を示しており、それ

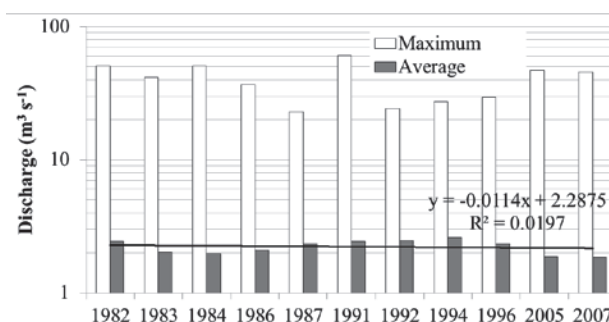


図1 渇水年の最大および平均流量

に伴い平水時の栄養塩流出量も、減少傾向を示した。しかし、2000年代の渇水年(1000mm以下)ではそれ以前と比較して、年降水量や平均流量が少ないにもかかわらず最大流量はほぼ同等であった(図1)。すなわち、全体的に渇水傾向であるが、流量の変動幅は大きくなっていることを示した。

また、一般に渇水時には栄養塩物質が蓄積され次の洪水時に下流へ輸送される。栄養塩供給源としての農業や人口増加等の人間活動の影響も流域内で増大しているが、2000年代では渇水期間の増大により平水時の栄養塩流出量は減少した。その一方で、渇水期後の洪水時には2000年代以前と比べて流出量は増大した。

以上より、近年の河川流出の傾向として、非常に多くの物質が流出する洪水期と流出量が減少する渇水期という二極化がゆるやかに進行している可能性が示唆された。

### 引用文献

- Chang, H., Evans, B.M. & Easterling, D.R. (2001) The effects of climate change on stream flow and nutrient loading. *Journal of the American Water Resources Association* 37(4), 973–985.
- Wade, A.J. (2006) Monitoring and modelling the impacts of global change on European freshwater ecosystems. *Science of the Total Environment* 365, 3–14.

\* 宗村広昭, 武田育郎, 森 也寸志 (島根大・生物資源)

### 1. はじめに

湖沼資源の持続的利用や保全のためには、そこに流入する河川の流量や水質の適切な管理が重要な課題である。研究対象地域下流に位置する宍道湖・中海は 2005 年 11 月にラムサール会議において国際的に重要な湿地として認定され、今後賢明な利用が求められている。本研究では現状把握を目的に宍道湖集水域の約 75% を占める斐伊川流域を対象として全窒素 (TN)・全リン (TP) の流出解析を行った。斐伊川は島根県の東部に位置する一級河川である。解析対象とした斐伊川流域の面積は約 920km<sup>2</sup>、河川長は約 63km である。土地利用の約 80% を森林が占めており、約 10% が水田として利用されている。

### 2. 研究方法

斐伊川流域において TN・TP の流出挙動を再現するために、Soil and Water Assessment Tool (SWAT) モデルを適応し、1985 年から 2009 年まで解析を行った。流域内を 14 のサブ流域に分割した。解析時間ステップは日単位とした。なお、1985 年から 1987 年は SWAT モデルのウォーミングアップ期間とし、残りの 22 年間について結果をまとめた。

### 3. 結果

各サブ流域における年間 TN 負荷発生量をみると、各年内においては発生量は各サブ流域でそれほど大きな差は見られなかった。解析の結果から年間発生量の最大値は 2006.8kg/km<sup>2</sup> (サブ流域 3, 1998)、最小値は 608.6kg/km<sup>2</sup> (サブ流域 11, 1992) であった。年間 TP 負荷発生量では、サブ流域ごとの変化が大きかった。解析の結果から年間発生量の最大値は 230.1kg/km<sup>2</sup> (サブ流域 12, 2006)、最小値は 9.8kg/km<sup>2</sup> (サブ流域 11, 1992) であった。平均月合計負荷発生量をみると TP 負荷発生量は、降水量が多い 6 月、7 月および台風の時期である 9 月に他月と比べて多く負荷が発生していることが把握された。また TN 負荷量については夏期や台風時期というよりも年間を

通して高い値を示しており、特に冬期の 1 月から 3 月にかけても値が高く、冬期においても負荷発生量が多いと把握された。土地利用 (水田・畑地 (茶・果樹含)・宅地・森林) 別 TN 負荷発生量をみると、単位面積当たりの TN 負荷発生量が最も多いのは畑地であり、142.9kg/ha であった。また最も少ないのは森林であり、9.2kg/ha であった。しかし総 TN 負荷量に対する土地利用ごとの負荷割合では、森林が最も多く 58% を占めることが分かった。次いで、畑地、水田となった。これは、本流域の約 80% が森林であることから、単位面積当たりの負荷量は少ないが、森林の面積が大きいいため、総負荷量に占める森林の影響は非常に大きいと推定された。土地利用別 TP 負荷発生量では、負荷発生量が最も多いのは畑地であり、20.5kg/ha であった。また最も少ないのは森林であり、0.15kg/ha であった。総 TP 負荷量に対する土地利用ごとの負荷割合では、畑地が最も多く 61% を占めることが分かった。次いで、水田、森林となった。リンの供給源はほとんどが肥料であり、それが畑地、茶畑、果樹園に施用され、その一部が表面流・側方流や地下水を通して河川に流入していることが推測された。

### 4. まとめ

斐伊川流域において TN 負荷量の約 6 割は自然由来であり、極端に削減することは難しいと考えられた。TP 負荷量については、畑地・茶畑・果樹園が約 6 割を占めており、森林や水田における負荷量の割合は 2 割程度であった。つまり、畑地・茶畑・果樹園における施肥管理を徹底し、降水に伴う表面流出等を経由した負荷物質流出量を削減することで斐伊川のリンに関する水環境を改善できる可能性があると考えられた。よって TN 負荷量の削減と TP 負荷量の削減とでは改善策の方法が必ずしも一致しないといえ、分離してそれぞれに試行していくことが必要であるといえる。

瀬戸浩二（島根大・汽水）・山口 啓子（島根大・生資）

### 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。中海では、大規模な公共事業により 1981 年に完成した森山堤や大御崎堤などによって、中海北部の本庄水域がほぼ閉鎖された。しかし、その後の社会情勢の変化により本庄水域の干陸化事業は 2000 年に、中海・宍道湖淡水化事業は、2002 年に中止となった。その後の処置として、2006～2009 年に森山堤部分開削・排水機場の撤去などの事業が行われることとなった。排水機場の撤去に伴い、排水機の流路として建設された水路を利用して 2008 年 5 月より潮通しが行われた。これにより、本庄水域が閉鎖されて以来、境水道側とつながることとなった。本研究は、この人為的な潮通しが本庄水域や境水道（貯木場水域）にどのように影響を与え、この水路を通じて物質の移動がどの程度起るかを明らかにすることを目的としている。

### 2. 材料と方法

潮通し水路は、幅 4m、深さ 4.2m の水路が 2 つ並んでいる。水深は、3.6m 前後であった。

水質観測は、2009 年 4 月 29 日 10:00 から 30 日 18:00 まで行った。1 つ目の水路のほぼ中央の底から 68cm の位置に流向流速計 Compact-EM (JFE アレック製) を設置し、10 分間隔で自動測定を行った。もう一つの水路では、多項目水質計 AAQ1186 (JFE アレック製) を用い、水深、塩分、水温などの鉛直測定を 10 分間隔で行った。それぞれのデータは水深 5cm 間隔で平均化した。溶存酸素量は、30 分間隔で表層と底層を交互に測定を行った。

### 3. 結果

本観測地は、水路であるため、上げ潮と下げ潮で水路に沿って 180° 変化する。下げ潮時の流速は、80～100cm/s と非常に早い。一方、上げ潮時は、60～80cm/s とやや遅くなっている。表層の塩分は、下げ潮時に 21psu であるが、上げ潮時に 23psu とやや高い。底層の塩分は、下げ潮時に 21psu、上げ潮時に 25-27psu と高い値を示している。下げ潮時には塩分躍層が見られず、上げ潮時には塩分躍層が存在する。底層の溶存酸素量 (DO) は、上げ潮時にやや低く、下げ潮時にやや高い傾向を示している。表層の DO も同様な傾向を示すが、昼は上げ潮時でも比較的高い値を示している。

### 4. 考察

水路の水塊構造は、上げ潮時と下げ潮時で異なっている。下げ潮時は、ほぼ均質の水塊を示すが、上げ潮時では低塩分・高 DO の表層水塊と高塩分・低 DO の底層水塊に分かれた。これらの水塊の供給源となる貯木場水域では、高塩分・低 DO の底層水塊は水深 4m 以深に見られる。これは明らかに上げ潮時に低 DO の底層水塊を巻き上げていることが考えられる。この水塊の巻き上げは、周囲のやや浅い水域に影響を与えているだろう。

今回の流向流速のデータから 1 回の下げ潮 (約 6 時間) では約 60 万 t、上げ潮では約 40 万 t の水塊がそれぞれ貯木場水域側、本庄水域側に移動したことになる。本庄水域での約 40 万 t は、水域に影響を与えるものではないが、貯木場水域では約 1/10 の水量になり、その水域の環境に影響を与えているものと思われる。

\*佐藤高晴（広島大・総合）、瀬戸浩二（島根大・汽水域）、  
天野敦子（産総研・地質情報）、小野寺真一（広島大・総合）

### 1. はじめに

中国地方の多くの地域には、山陽花崗岩、山陰花崗岩が広く分布しており、山陰花崗岩には磁鉄鉱が多く含まれる事が知られている。今回、児島湖から採取した堆積物は、中海、宍道湖の堆積物と比べても比較的高い自然残留磁化強度を持っていたので、両者の磁性鉱物の比較を試みた。

### 2. 試料

山陰花崗岩の磁性鉱物を含む堆積物として、宍道湖堆積物柱状試料、2002-S1 を用いた。宍道湖に於いては、江戸時代初期、1600年代の2回の洪水によって斐伊川の流路が日本海から宍道湖に変わったことが知られており、これ以降、上流の花崗岩地帯からの土砂が宍道湖に流入することになった。この柱状試料では、それは、94cmの部分の磁性鉱物含有率に関係するパラメータ（自然残留磁化強度、初期帯磁率、飽和等温残留磁化など）の急激な増大に現れている。従って、山陰花崗岩起源の磁性鉱物は、この柱状試料の94cmより上部から磁気分離により得た。

山陽花崗岩地域の磁性鉱物を含む堆積物として、児島湖堆積物柱状試料 KJL2 を用いた。児島湖の集水域には広く山陽花崗岩が分布しており児島湖の堆積物には、主要な磁性鉱物として山陽花崗岩起源の磁性鉱物が含まれていると考えられる。

KLJ2 の自然残留磁化強度は、0.1~0.2mA/m 程度であり、これは、2002-S1 の94cmより上部の自然残留磁化強度が大きい部分と同程度であった。

### 3. 磁気分離

それぞれの堆積物試料について、3 g 程度を 50cc のビーカーに入れ攪拌し、ネオジウム磁石を入れたビニール袋をそのビーカーに漬けビニール袋の外側に着いた磁性鉱物をさらに 50cc のビーカー見入

れてネオジウム磁石を用いた磁気分離を繰り返す事により磁性鉱物の純度を上げた。

### 4. X線回折

X線回折実験は、広島大学総合科学研究科で行った。図1、図2に示されるように、いずれの試料についても、明らかなマグネタイトのシグナルが見られたが、児島湖堆積物試料では、ヘマタイトと考えられるシグナルが見られたが、宍道湖堆積物試料では、明らかではなかった。

講演では、岩石磁気的分析の結果も示す予定である。

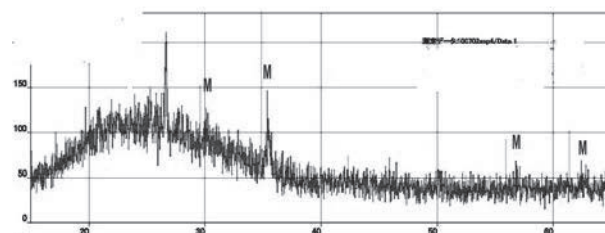


図1. 宍道湖堆積物柱状試料 2002-S1-11 の XRD 測定結果

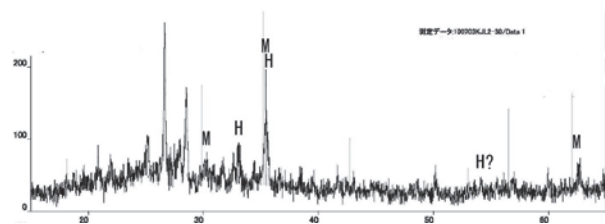


図2. 児島湖堆積物柱状試料 KJL2-30 の XRD 測定結果

### 3K03 堆積物記録からみた岡山県児島湾の過去約 100 年間の海底環境変遷

天野敦子（産総研・地質情報）・金 廣哲・小野寺真一・佐藤高晴・清水裕太（広島大・院・総合），齋藤光代（JSPS PD，愛媛大・CMES）

#### 1. はじめに

岡山県南部に位置する児島湾は岡山市内を流れる旭川，吉井川などが流入する半閉鎖的な海域であるため，海洋環境は後背地の変化に敏感に反応している可能性が高い。また，1959年に締め切り堤防による淡水化が実施され，湾東部に児島湖が形成された。この変化は児島湾の海洋環境に大きな影響を及ぼしたと予測される。本研究では，これらを含めた後背地の環境変化または人間活動が，児島湖を含む児島湾の水域環境に及ぼした影響を明らかにするため，堆積物の物理，化学特性を用いて過去約 100 年間の海底環境変遷について検討した。

#### 2. 試料採取・分析方法

2009年9月に児島湾，児島湖の27地点でエクマンバージ採泥器を用いて表層堆積物を採取した。そして，粒度とSEDEX法による5つの形態のリン（Loosely sorbed P, Redox sensitive P, Oxide Metal bound P, Apatite and other inorganic P, Residue P）の分析を行った。同時に，押し込み式採泥器または潜水による採泥を行い，コア長40～125cmの柱状堆積物（コア）を4本採取した。そして，肉眼による岩層記載，軟X線写真撮影，粒度， $^{210}\text{Pb}$ 年代の分析をおこなった。

#### 3. 結果

表層堆積物の粒度分析結果は，児島湾内の大部分に $7\phi$ 以上の細粒シルト～粘土が分布することを示す。河口や干潟では急激に粗粒化して $3\phi$ 以下の粗粒砂が堆積する。児島湖では中央部にシルトが分布し，岸に向かって $4\phi$ 以下へと急激に粗粒化する。また，リン分析結果は，児島湾の全リン濃度は児島湖よりも低いことを示す。形態ごとにみると，児島湾のRedox sensitive PとOxide Metal bound Pは児島湖よりも高く，Residue Pは低い。

コアの大部分はシルト～粘土で構成されるが，湾

口のコアの下層には砂が堆積する。また，児島湖内のコアは，下層から強く生物擾乱の影響を受けている暗オリーブ色のシルト層（下部層），オリーブ黒色のラミナが卓越するシルト層（中部層），直径1cm以下の巣穴の生痕が観察される暗オリーブ色のシルト層（上部層）に区分できる。 $^{210}\text{Pb}$ 年代結果はこれら層の境界が1960年頃，1990年頃に相当することを示す。

#### 4. 現在の海底環境

湾内の大部分は，シルト，粘土が堆積する停滞的な水理状態である。砂が分布する河口では河川流，また干潟では河川流や潮流などの比較的強い水理営力の影響を受けていると考えられる。児島湖内の水深は数mと浅いが，中心部の滞泊いではやや深くなり，周辺部よりも細粒な堆積物が堆積している。一方，岸近くの浅い部分の海底は波浪の影響を受けて比較的に粗粒な堆積物が分布する。

児島湖は後背地から供給された栄養塩や有機物が堆積物に蓄積されやすいため，全リン濃度が児島湾よりも高いと考えられる。また児島湖のRedox sensitive PとOxide Metal bound Pが児島湾よりも高いことは，貧酸素状態で海底からリンが溶出していることを示唆する。

#### 5. 過去約 100 年間の環境変遷

児島湖内のコア下部層は，1960年以前は底生生物の活動が盛んな環境であったことを示す。中部層のラミナや暗色化は，1960年以降には生物活動がほとんど見られず，貧酸素化した環境に変化したことをしめす。この変化時期は児島湖形成時期と一致しており，堤防締め切りによって，児島湖内は停滞的かつ栄養塩や有機物の蓄積量が増加したことが原因と考えられる。しかし，上部層では生痕が観察されることから，人為的な水質浄化活動によって，1990年頃から生物活動が活発になったといえる。

沖積粘土間隙水の水素・酸素同位体比  
 — 堆積環境が推定される可能性 —

\*竹内徹・(岡山理大院・理 株式会社フジタ地質)・北岡豪一(同大・理)  
 清水裕太・小野寺真一(広島大院・総合科学)

1. はじめに

岡山平野に広く分布する約 10m の沖積粘土層は、約 1 万年から現在までに堆積した地層で、粘土層の間隙水には最大で海水濃度の半分程度の Cl が含まれている。この塩分が現在の海水の浸入によるものであるのか、あるいは堆積当時の海水に由来するものであるかを明らかにし、堆積当時の環境がこの粘土層に保存されている可能性を明らかにすることを目的とする。

2. 地域概要と分析方法

岡山平野の中央部は旭川の堆積作用と人工的な干拓によって形成され、児島湾と児島湖で限られる。以前の岡山平野は瀬戸内海の内湾で、湾内には干潟が発達して海成の粘性土が厚く堆積している。2008 年 8 月に岡山平野の地下水の動きを明らかにするため、旭川の西側に沿って 4 地点に観測孔が設置され、掘削時にコアが採取された。今回は No.4 で間隙水を遠心分離により抽出し、間隙水と観測孔地下水及び旭川の河川水の水素・酸素同位体比とイオンクロマトグラフィーによる化学分析を行った。

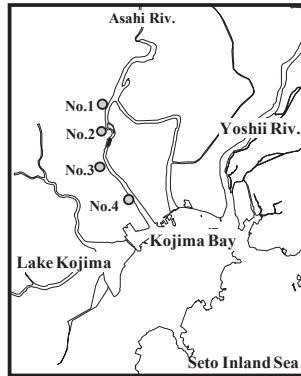


Fig.1 Study area

2008 年 8 月に岡山平野の地下水の動きを明らかにするため、旭川の西側に沿って 4 地点に観測孔が設置され、掘削時にコアが採取された。今回は No.4 で間隙水を遠心分離により抽出し、間隙水と観測孔地下水及び旭川の河川水の水素・酸素同位体比とイオンクロマトグラフィーによる化学分析を行った。

3. 結果

間隙水の同位体比は $\delta D$ 、 $\delta^{18}O$ ともに深部ほど高く、粘土層の上下の地下水の値は低い。同位体比と Cl 濃度を対比させてみると、水素の同位体比は地下水と海水の混合線上にほぼ位置するが、酸素の同位体比はその混合線よりも明らかに高いところに位置する(Fig.2)。

Fig.3 に示す岡山地域で測定した種々の沢水や浅層地下水の同位体組成は、勾配 8、d 値が約 15 の天水線上にある。旭川河川水もほぼこの線上にある。平野地下水の同位体比は、酸素の重い側にややシフトしている。これは蒸発によるものと考えられる。しかし、間隙水はさらに O の重い側にずれている。

4. 考察

間隙水の Cl が海水由来と仮定すると、 $\delta^{18}O$ -Cl 図より海水と混合する淡水の $\delta^{18}O$ は約 -5.5‰ となる。それに対比する天水線上の $\delta D$ は -29‰ である。これを古陸水とすれば間隙水の $\delta D$ 値はその混合線よりも低い。

粘土間隙水の $\delta D$ が低い理由として、陸水と海水が出会う過程において、粘土粒子表面でのイオン交換

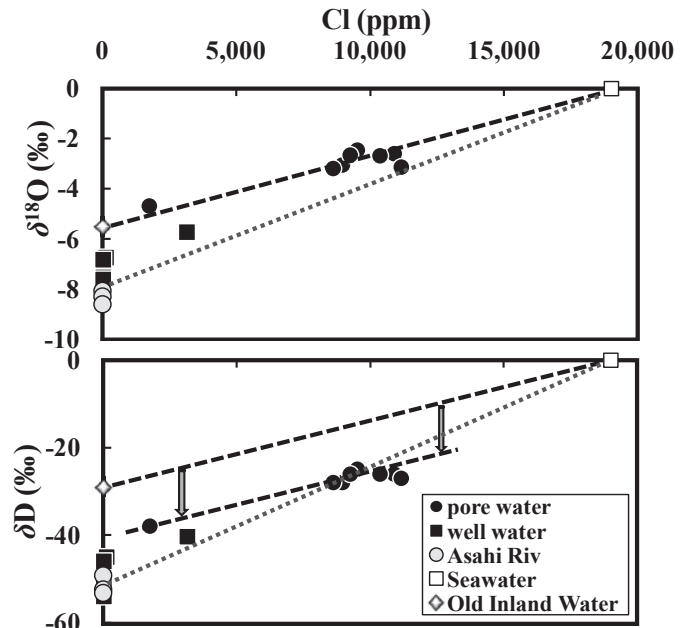


Fig.2 Relationships of  $\delta^{18}O$  - Cl and  $\delta D$  - Cl

が考えられる。水中の $Na^+$ イオンは粘土粒子表面に吸着されようとするが、イオン交換では粘土粒子表面の負の電荷によってつくられる電場によって、水中の $Na^+$ イオンは粘土粒子の表面に向かう。この過程で $Na^+$ イオンの移動より格段に早くプロトンの移動(プロトンホッピング)がおこる。プロトン固有の水素結合ネットワークに基づくプロトンホッピングにより、重い D や T よりも軽い H が選択的移動をおこす。その過程で著しい同位体効果が生じることが明らかにされた(斉藤 2010)。

このことは粘土粒子の表面には重い D よりも軽い H が集まることを意味する。すなわち海水と出会った粘土粒子の表面には、重い D に乏しくなると考えられる。このような理由が粘土間隙水の D が低くなることと考えられ、このことから粘土間隙水には堆積当時の情報が含まれていると考えられる。

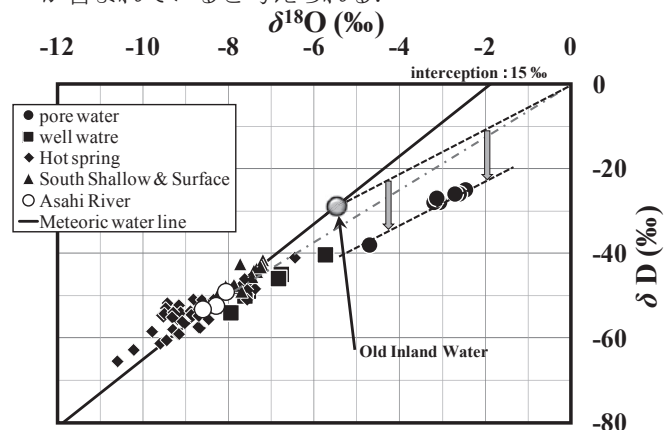


Fig.3 Relationships of  $\delta D$  -  $\delta^{18}O$

\* 山本民次 (広大院・生物圏), 折本かおり (広大・生物生産), 山本裕規 (復建調査設計 (株)),  
浅岡 聡 (広大・環境安全セ), キム・キョンヘ (広大院・生物圏)

## 1. はじめに

リンは将来的に枯渇が懸念されている。我が国は肥料等に必要なリンを海外からの輸入に頼り、その結果、閉鎖性海域の富栄養化を招いている。下水処理場では、すでに汚泥からリンを取り出して資源リサイクルが行われつつあるが、海域に流出したリンに関しても将来的には回収が必要になる可能性がある。そこで、我々は広島湾の底泥に堆積した有機泥中のリンの存在量を観測によって見積もることを目的とし、2回の調査を行った。

## 2. 調査・解析方法

2010年冬(2/22-24)および秋(10/5-8)の2回にわたり、前者では広島湾北部、後者では広島湾全域を対象に海域調査を行った。

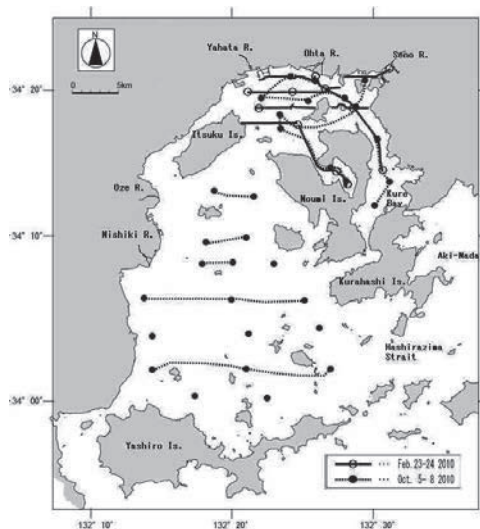


図1. 広島湾底泥調査観測線および観測点.

調査は船舶に音波探査装置(千本電機株式会社製, SH-20)を搭載し、対象海域を網羅するように設定した測線上を船速5.0ノットで走行して有機泥厚を測定した(図1)。また、北部海域13測点、南部海域19測点において、コア採泥を各測点2本ずつ行い、上部から5cm×4層、以下10cmごとに最大計10層までスライスし、プラスチック製密閉容器に入れて冷暗状態で持ち帰り、泥質中のC, N含量をCHN分析装置

(パーキンエルマー製 CHNS/O 2400II 型)で、P含量をICP(パーキンエルマー製 Optima 7300DV)発光分光分析法により定量した。

有機泥の堆積厚は、海域を10cm間隔で層厚分布図を作成し、層厚ごとの面積(m<sup>2</sup>)をかけて、海域全体の体積(m<sup>3</sup>)を求めた。

海域全体での物質量の見積もりは、まず、有機泥の堆積厚と各分析結果をもとに深度ごとのコンター図を作成し、濃度別のエリア面積(m<sup>2</sup>)を集計した。さらに、その面積(m<sup>2</sup>)に各濃度の平均値(mg g<sup>-1</sup>)、湿潤密度(g cm<sup>-3</sup>)、堆積厚(0.05~0.1 m)をかけ、合計堆積量(t)とした。

## 3. 結果と考察

音波探査およびコア採泥から見積もられた有機泥の厚みは冬季の北部海域で0-70 cm、秋季の湾全域で0-50 cmであった。また、表層0-5 cmのP含量は、冬季0.50-0.64 mg/g 乾泥、秋季0.49-0.66 mg/g 乾泥であり、場所による変動は小さかった。一方、N含量は冬季1.45-2.22 mg/g 乾泥、0.62-3.04 mg/g 乾泥、C含量は冬季15.2-24.9 mg/g 乾泥、秋季12.37-20.75 mg/g 乾泥と変動は相対的に大きかった。

リンの総量は、冬季の北部海域の調査では約3万t、秋季の広島湾全域の調査では約18万tと見積もられた。

今回の調査の結果、広島湾全域に堆積した有機泥は約0.28 km<sup>3</sup>(東京ドーム約230個分)あり、そこに含まれるリンの総量は約18万tであることがわかった。これはわが国で肥料として用いられるリンの年間使用量35万tの約50%に相当する。

広島湾以上に有機物が大量に蓄積していると考えられる東京湾、大阪湾、伊勢湾などについても同様の調査が望まれる。さらに、海底堆積物中のリンを新たな資源として利用するための技術開発が望まれる。

## 広島湾北部海域における貧酸素水塊の動態解析と汚濁負荷対策等の実施による発生抑制効果の予測

\* 山本裕規（復建調査設計（株））、山本民次（広大院・生）、浅岡 聡（広大環境安全セ）

### 1. はじめに

広島湾北部海域では、毎年夏季に貧酸素水塊が発生している。貧酸素水塊の発生要因に関する調査・研究はこれまでに多数行われているが、調査を行った時期や場所によってそれらの原因となる要因や過程の重みが異なり、各要因の寄与に関しては定量的に十分な追及がなされていないのが現状である。

本研究では、広島湾を対象に浮遊系-底生系カップリング・モデルを適用し、海水および底泥中の溶存酸素（DO）や有機物、栄養塩の動態を解析し、貧酸素水塊の規模の経年変動に関する要因を解明するとともに、汚濁負荷対策等を実施した場合の貧酸素水塊の発生抑制効果を予測した。

### 2. 解析方法

構築したモデルは、流動モデルと、海水-底泥間の物質循環過程を考慮した生態系モデルの2つからなる。流動モデルは、ブシネスク近似と静水圧近似を仮定した運動方程式、連続の式、水温の移流拡散方程式および状態方程式からなる。生態系モデルは、溶存酸素、植物・動物プランクトン、懸濁態・溶存態有機物、溶存態無機窒素・無機リン、牡蠣、ODU（底泥の嫌氣的無機化と共役して生成される還元物質の総和）を状態変数とした浮遊系モデルと、上記の状態変数に加え底生微細藻、ベントス、吸着態リンおよび吸着態窒素を組み込み、底泥中のプロセスを再現できるようにした底生系モデルからなる。

計算対象期間は2004～2008年の5年間とし、広島湾全域を水平方向1km×1km、鉛直方向を最大11層に分割し、河川および海域に直接流入する毎日の水量・負荷量や広島気象台の気象観測結果等を与え、2004～2008年に観測された水質の実測値と比較することで、モデルの再現性を検証した。

### 3. 計算結果と考察

計算結果より、水柱（上層；海水面～水深5m、

中層；水深5～10m、下層；水深10m～海底）および底泥中（酸化層、還元層）のDOの収支解析を行い、北部海域の貧酸素水塊の規模を、 $\Delta DO$ （DO生産量-DO消費量）との関係で解析したところ、 $\Delta DO$ が小さくなるほど貧酸素水塊の規模が拡大し、特に $\Delta DO$ がほぼ0に近づくと、北部海域全体に貧酸素水塊が拡大することがわかった（Fig.1）。炭素収支解析の結果、北部海域の貧酸素水塊の形成に関する主要な要因は、水柱下層でのPOCの分解に伴うDO消費、底泥から溶出したODUの酸化に伴うDO消費、南部海域下層から北部海域下層への水平方向のDO供給の3つであることが明らかとなった。

続いて、本解析モデルを用いて2009～2018年までの10年間に、広島湾流域で陸域から流入する汚濁負荷を10%削減（現計画）するとともに、広島湾奥部で貧酸素水塊の発生が顕著に見られる海田湾の海底全域で覆砂を実施すると仮定した場合の貧酸素水塊の発生抑制効果について予測計算を行った。

その結果、水柱最下層のDO濃度が $3 \text{ mg L}^{-1}$ を下回る海域の面積は、北部海域全体の15%（2008年）に対し5%（2018年）まで縮小されると予測された。この主要因は、陸域負荷削減対策の実施により海底に沈降するPOCが減少し、底泥中での有機物分解とODUの酸化による海底付近での酸素消費速度が徐々に減少していくためと考えられた。

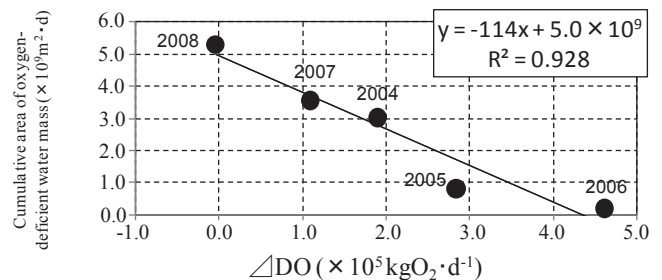


Fig.1 広島湾北部海域の貧酸素水塊の年間累計発生面積と $\Delta DO$ （DO生産量-DO消費量）の関係



## リサイクル材による閉鎖性水域底泥からのリン溶出抑制に関する擬似現場試験

\*浅岡 聡(広大院生物圏:現広大環安セ), 山本民次(広大院生物圏)

### 1. はじめに

これまで、富栄養化の原因は主として陸域からの栄養塩の流入負荷であると言われてきた。しかし、淡水と海水が混合する沿岸域ではエスチュアリー循環による底層からの栄養塩の供給、底泥からの栄養塩の溶出の寄与が大きいことがわかってきた。したがって、閉鎖性水域の富栄養化対策として底泥からの栄養塩溶出抑制も必要である。著者らは、これまで底質改善を目的として、石炭灰造粒物(Asaoka et al, 2009a), 鉄鋼スラグ(Asaoka et al., 2010a), 牡蠣殻片(Asaoka et al., 2009b)などのリサイクル材について環境規制元素の含有量の定量やキャラクターゼーションなどを行い、安全性を確認の上、底質改善材として有効利用する研究に取り組んできた。本発表では、閉鎖性水域を再現した大型水槽を用いて、リサイクル材各種の底泥からのリン溶出フラックス抑制効果について報告する。

### 2. 実験方法

実験装置をFig.1 に示す。黒色のポリエチレン製円形遮光水槽(φ:550 mm, h:420 mm)に広島湾内の入り江(3か所)で採取した底泥50 L(対照区),あるいは底泥50 Lとリサイクル材を任意の比率で混合(試験区)を設け、PE製のチューブから底泥と直上水の界面付近に砂濾過自然海水を広島湾北部の上層と下層間の平均海水交換率(0.7 d<sup>-1</sup>)となるよう供給した。円形水槽から流出する海水は水槽の縁からオーバーフローさせた。また、円形水槽をFRP角型水槽に入れウォーターバスとし、円形水槽内の急激な水温変化を抑制して現場の環境に近づけた。また、直射日光を遮るため、寒冷紗(農業用ネット)を水槽に被せ浅海域の到達光量(海面の光強度 50-130 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)に調節した。

### 3. 結果および考察

紙面の都合上、石炭灰造粒物と牡蠣殻片を大河入り江底泥(広島市)に等容混合したときの結果を中心に示す。直上水および間隙水のリン酸の濃度は対照

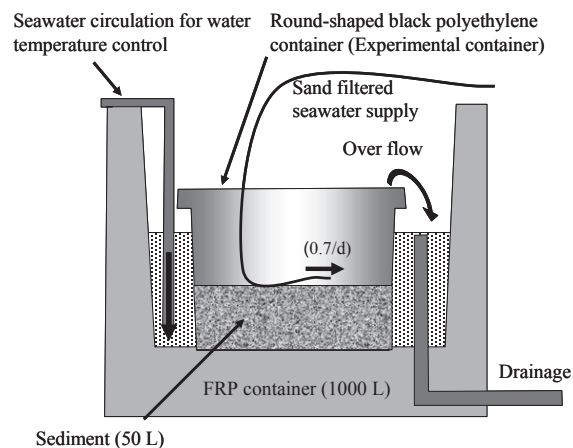


Fig.1. Schematic drawing of the experimental setting

区に比べて石炭灰造粒物区でそれぞれ、18-31%、62-97%減少した。このときのリン酸の物質収支から底泥からのリン酸の溶出フラックスを計算した。対照区では110-540 μmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>であったのに対し、石炭灰造粒物区では61-320 μmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>となり対照区に比べて37-44%抑制された。石炭灰造粒物を底泥に混合すると間隙水中のリンがリン酸カルシウムとして吸着されることが吸着試験からわかっており(Asaoka et al., 2010b), 間隙水中のリン酸の濃度が38.8 μMから1.2 μMへと低下したため底泥からのリン酸の溶出フラックスが抑制されたと考えられた。

熱風乾燥牡蠣殻片と大河入り江底泥を等容混合した場合においても底泥からのリン酸の溶出フラックスは対照区に比べ32-76%抑制された。リン酸の溶出抑制は、石炭灰造粒物のような吸着ではなく牡蠣殻片を底泥に混合することに伴う溶存酸素の維持や底泥のEhの上昇によるものと考えられた(浅岡ら, 2011)。

### 4. 参考文献

- Asaoka et al.(2009a) *J. Hazard. Mater.*, 172, 92-98  
 Asaoka et al., (2009b) *Biores. Technol.*, 100, 4127-4132  
 Asaoka et al.(2010a) *Mar. Poll. Bull.*, 60, 573-578  
 Asaoka et al., (2010b) *Mar. Poll. Bull.*, 60, 1188-1192  
 浅岡ら(2011) *用水と廃水*, 53, 371-378

## 1. はじめに

瀬戸内海における赤潮の発生は陸域からの栄養塩負荷に起因すると考えられるが、陸域からの負荷が海域へ及ぼす影響の程度が明らかでないため、対策を講じることが容易ではない。高橋ら(2010)<sup>1)</sup>は、現地観測データ解析と流況等の物理場再現を含んだ生態系モデル実験を通して、備讃瀬戸の海域特性解明と栄養塩の動態把握を試みている。これによると、備讃瀬戸は強い潮流により鉛直混合が盛んなため、夏でも成層が発達しないこと、冬季から夏季にかけて栄養塩濃度はそれほど高くなく、水質は清浄であること、密度流はあまり発達せず、潮汐残差流が支配的であるため、流況の季節変動は顕著ではないこと等が明らかとなり、備讃瀬戸の水質は岡山側の河川の影響を強く受けることが示唆された。本報告では、水産被害に係わる栄養塩動態を明らかにすることを目標に、高橋ら(2010)で行われた生態系モデル実験の結果を解析することにより、赤潮発生と栄養塩分布との関係を明らかにすることを試みた。

## 2. 赤潮発生要因に関する検討

生態系モデル実験で得られた8月のChl.a濃度分布は、局所的に見ると水島から笠岡周辺で高いのに対し、児島湾沖では陸域からの栄養塩負荷の影響を直接受ける河口域であるにもかかわらずその周辺海域と大差ない結果が得られた。また、11年間の赤潮発生頻度分布(図1)を見ても、児島湾沖よりも水島から笠岡周辺での発生件数が多く、Chl.a濃度分布の傾向と一致していた。一方、植物プランクトンの増殖を支える栄養塩濃度を見ると、水島から笠岡周辺よりも児島湾沖の方が高く、赤潮発生件数やChl.a濃度分布の傾向と一致していた。つまり、植物プランクトン(赤潮)の発生には、栄養塩以外の要因が寄与している可能性があると考えられる。ここで、図1に示した11年間の赤潮発生頻度分布と下げ潮最大流速ベクトルを見ると、流速の早い海域では赤潮は発生しておらず、遅い海域ほど赤潮発生頻度が高い傾向を示していることが解る。さらに、水深と潮流

\*高橋 暁, 三好順也, 三島康史 (産総研・中国セ)

振幅により求められる成層を破壊するエネルギーの指標である $\log(H/U^3)$  (Yanagi and Takahashi ; 1988)<sup>2)</sup>の分布は、赤潮発生分布とChl.a分布に傾向が一致しており、成層が強い海域で植物プランクトンが発生しやすいことを示していた。さらに、栄養塩濃度が高く赤潮発生件数が多い高梁川河口域では成層強度が強く、栄養塩濃度は高いが赤潮発生件数が少ない児島湾沖では成層強度が弱いことも示していた。以上のことから、栄養塩の豊富な条件下においても流速が速く成層強度が弱い海域では植物プランクトンのパッチ(赤潮)を形成・増殖する可能性は低いことが示唆された。つまり、備讃瀬戸海域では、植物プランクトンの発生には栄養塩と潮流の強さが重要な要素であることが明らかとなった。

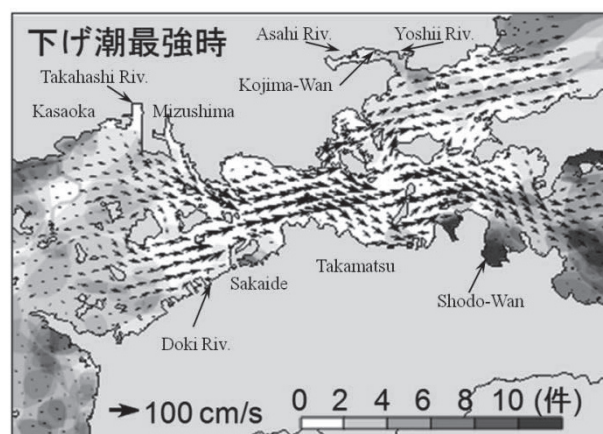


図1 11年間の赤潮発生頻度分布と計算された下げ潮最強時の潮流ベクトル

## 引用文献

- 1) 高橋 暁・三好順也・三島康史・湯浅一郎: 備讃瀬戸における栄養塩動態と水産被害に関する研究 I—海況と栄養塩分布—, 海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 9巻, pp.25-30, 2010
- 2) Tetsuo Yanagi and Satoru Takahashi : A tidal front influenced by river discharge, Dynamics of Atmospheres and Oceans, Vol.12, pp.191-206, 1988.

\*三好順也, 高橋 暁, 三島康史 (産総研・中国セ)

1. はじめに

近年、瀬戸内海ではノリ色落ちによる水産被害が頻発しており、被害を招く貧栄養化は急務な課題の一つである。しかしながら、陸域からの栄養塩負荷の影響範囲やその程度が明らかではないために、その改善を目的とした流入負荷制御等の対策を講じることが容易ではない。そこで本報告では、備讃瀬戸海域を対象として、水産被害に係わる栄養塩動態を明らかにすることを最終目標に、ノリ生産に及ぼす栄養塩供給の観点から、ノリ養殖被害要因に関する解析を行った。

2. ノリ生産量の推移

備讃瀬戸海域でのノリ養殖業の従事者数や経営体数は、岡山県、香川県ともに緩やかな減少傾向にある。1995-2005 年度の岡山県におけるノリ生産量は、急激な増減はみられず、経営体数の減少に伴う変化程度であった。一方、香川県では生産量の多い高松地区、東讃地区および小豆島地区において、ノリ色落ちの生じた 2002 年度に、前年度比 50%程度まで激減しており、色落ち被害は備讃瀬戸東部海域の香川県側で生じていることが分かった。

3. ノリ養殖海域における物理環境

備讃瀬戸海域中央部は 100cm/s を超えるほどの強い潮流が見られるものの、燧灘に面する西部海域や志度湾のような閉鎖的な海域では、比較的穏やかな海域も存在する。ノリ生産量の顕著な変化が見られた東讃地区では、他の地区に比較して潮流が弱く、特に志度湾沖は平均流速 10cm/s に満たないほどであることから、備讃瀬戸東部海域の香川県側は、栄養塩の供給不足となる可能性の高い地区であると考えられた。

4. ノリ養殖被害要因に関する検討

ノリ養殖地区における栄養塩供給の視点から、各地区の平均潮流流速とモデル実験で得られた栄養塩濃度を乗じて栄養塩フラックスを算出した結果

(図 1)、陸域からの栄養塩負荷を直接受ける高梁川河口や児島湾沖において栄養塩フラックスは大きく (St.B, 2)、潮流が弱く生産量の変動の大きい東讃地区 (St.G, F) では小さいことから、ノリ養殖被害との関係性が伺えた。さらに、それぞれの海域での栄養塩フラックスと単位面積あたりのノリ生産量との関係 (図 2) から、被害の生じていない海域は、栄養塩フラックスに対して単位面積あたりのノリ生産量が小さく、被害の生じた東讃地区、小豆島地区および高松地区では、栄養塩フラックスに対する単位面積あたりのノリ生産量は大きいことが分かった。以上のことから、ノリ養殖被害発生には、栄養塩供給の大きさに加えて、生産規模も要因の一つであることが分かった。

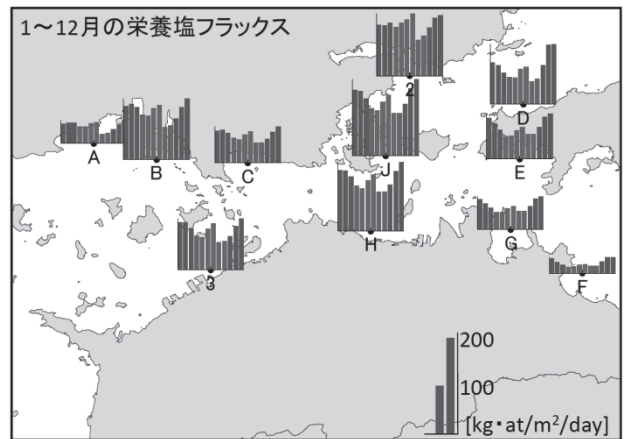


図 1 ノリ養殖海域の栄養塩フラックス

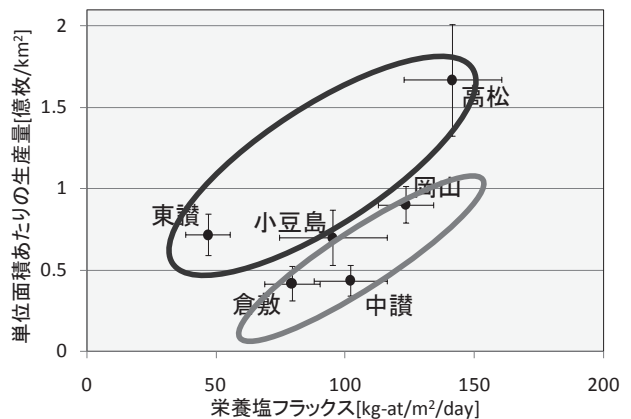


図 2 単位面積あたりの生産量と栄養塩フラックス







## 貧栄養湖における浮遊性バクテリア群集の 季節変動に関わる環境要因の推定

\*堤正純, 小島久弥, 福井学 (北海道大・低温研)

### 1. はじめに

バクテリアは生理学的に非常に多様であり、生態系の物質循環において重要な役割を果たしていると考えられている。バクテリア群集の機能はその群集構成によって異なると考えられるが、バクテリア群集構成の決定要因については、まだ十分に理解されていない。発表者らは、2008年日本陸水学会第73回の一般講演において、貧栄養湖であるオコタンペ湖の浮遊性バクテリア群集構造が、季節的に変動していることを報告した。その後の更なる解析により、この季節変動に関与する環境要因を推定した結果を報告する。

### 2. 材料と方法

オコタンペ湖は、北海道道央に位置する淡水湖である。集水域も含め特別保護地区に指定されており、人為的な影響はほとんどなく、リン制限の貧栄養湖に分類されている。調査は、沖合の水深約21mの地点を定点とし、2007年6月から10月にかけて約1か月おきに行った。浮遊性バクテリア群集構成と溶存有機炭素濃度に関係性があるという報告があるため、新たに溶存有機炭素濃度を測定した。全バクテリアを対象としたPCR-DGGE(変性剤濃度勾配ゲル電気泳動)法により得られたバンドパターンを、各種環境要因(透明度、水温、電気伝導度、pH、酸化還元電位、溶存酸素濃度、塩化物イオン濃度、硝酸イオン濃度、硫酸イオン濃度および溶存有機炭素濃度)と共に正準対応分析(CCA)に供し、浮遊性バクテリア群集構成の季節変動に関わる環境要因を推測した。各種イオン濃度および溶存炭素濃度データ

の欠損のため、8月は除いて分析した。また、主要なDGGEバンドの塩基配列をNCBIのBLASTサーチに供し、近縁なクローンおよび系統を分析した。

### 3. 結果

調査期間中、温度成層は見られたが、深層部まで酸素が十分にいきわたっていた。浮遊性のバクテリア群集構成は、水深による若干の違いは見られたが、季節的な変動の方が大きかった。この季節的な変動は、8月から9月にかけて最も大きかった。CCAの結果、酸化還元電位と水温および硝酸イオン濃度が選択され、硝酸イオン濃度のみが有意に関係していた( $P < 0.05$ )。硝酸イオン濃度は、夏から秋にかけて大きく減少していた。また、DGGEバンドの塩基配列の系統解析の結果、最も優占していたものは*Betaproteobacteria*綱に属していた。また、同じ*Betaproteobacteria*綱に属するバンドでも、季節によって相対強度が異なっていた。発表では、群集構成の季節的な変動に関与する環境要因や、系統による優占度の違いについて議論する。

## 琵琶湖の表水層と深水層における細菌群集の動態 —呼吸鎖キノンを生物指標とした評価—

\*高巢裕之 (京大生態研)、國弘忠生 (愛媛大沿岸センター)  
中野伸一 (京大生態研)

### 1. はじめに

湖沼や海洋において細菌群集は、溶存態有機物の主要な消費者であると同時に、細胞増殖を通して高次栄養段階の生物の餌資源となることで、溶存態有機物を食物網の流れに組み込む役割を果たしている。細菌の栄養基質の利用特性や捕食に対する感受性は、遺伝的系統分類群によって異なると報告されている。そのため、細菌系統群によって物質循環に果たす役割は異なる可能性がある。このことを明らかにするためには、細菌を系統群ごとにバイオマスとして把握することが重要である。これまでに、琵琶湖北湖の沖帯において、夏季に細菌系統群バイオマスの生物指標である呼吸鎖キノンの組成を調査し、*Betaproteobacteria* と *Actinobacteria* に属する細菌のバイオマスが優占することを報告した (第 75 回大会)。本研究では、同調査地点の表水層と深水層において、各細菌系統群バイオマス、栄養基質量や捕食者密度の季節動態から、各細菌系統群が物質循環に果たす役割を考察した。

### 2. 方法

2010 年 6 月から 2011 年 3 月にかけて、毎月 1 回、琵琶湖北湖定点の水深 5 m (表水層) と 70 m (深水層) から試水を採取した。環境要因として、水温、溶存態有機炭素濃度、クロロフィル *a* 量を測定した。微生物は、細菌数、細菌の主な捕食者である従属栄養性ナノ鞭毛虫数を計数した。細菌群集構造解析にはキノンプロファイル法を用いた。

### 3. 結果と考察

調査期間のうち 2010 年 6 月から 12 月を成層期、2011 年の 1 月から 3 月 (5 m と 70 m の水温差が

0.4 °C 以下) を循環期と定義した。細菌バイオマスの指標である全呼吸鎖キノン量は、成層期の 5 m では 7 月調査時をピークに経時的に減少した。70 m のキノン量は 5 m に比べて低い値で推移する傾向にあり、明確な季節変動は見られなかった。循環期の間、両水深のキノン量は同じレベルで変遷した。キノンプロファイルの結果から、細菌群集間の非類似度を求め、多次元尺度構成法を用いて群集構造の変遷過程を解析したところ、成層期には両水深で異なる群集であったのが、循環期に近づくにつれて類似していく過程を明瞭に表現することができた。成層期の 5 m では *Actinobacteria* (メナキノン(MK)-9, 10, 11 および水素飽和型 MK) が、70 m では *Betaproteobacteria* (ユビキノン(UQ) -8) が優占する傾向にあった。循環期には、5 m と 70 m 水深において両細菌群が同程度で優占し、水塊の鉛直混合によって各細菌系統群のバイオマスも空間的に均一化されたと考えられる。各系統群バイオマスと環境条件との相関解析の結果、*Cytophaga-Flavobacteria-cluster* (MK-6, 7, 8) と *Alphaproteobacteria* (UQ-10) のバイオマスは、栄養基質の指標である溶存態有機炭素濃度やクロロフィル *a* 量、捕食者である従属栄養性ナノ鞭毛虫数と正の相関関係にあった。そのため、見かけ上優占群ではなかったこれらの細菌も、栄養基質を効率的に利用して増殖し、捕食者に食べられることで、有機物伝達者としての役割を果たしていると考えられる。



渡邊圭司, 佐藤貴之, 渡邊未来, 山村茂樹, 今井章雄, 林 誠二 (国環研)  
 北村立実, 小松伸行 (茨城霞環科セ)  
 石井裕一 (都環研)

## 1. はじめに

浮遊細菌には, 世界中の淡水湖沼で普遍的かつ高頻度で検出されるクラスターが存在しており (Newton *et al.*, 2011), それらの湖内物質循環への寄与について現在注目が集まっている。

演者らは, 簡便かつ効率的に主要浮遊細菌群の一部を分離・培養する方法を考案し, 日本の様々な湖沼に適用した。その中で, 主要浮遊細菌群の一部は, 湖水中の溶存有機物を形成している自生性もしくは他生性溶存有機物の影響の違いにより (溶存有機物の質), 種レベルで棲み分け (応答) している可能性を指摘してきた (渡邊, 2010)。本研究では, 溶存有機物の質に関係した浮遊細菌の種レベルでの応答を (*Polynucleobacter necessarius* ssp. *asymbiticus* [PnecC] および *P. cosmopolitanus* [PnecD] について), 検出感度が高い培養法を用いて, 様々な湖沼型の湖沼に適用することにより再度検証した。さらに, 培養を介さない分子生物学的手法 (FISH) とのデータの整合性についても併せて検証した。

## 2. 材料と方法

日本の 11 の湖沼より, GF/F でろ過したろ液を, MR2A 培地に接種し培養することにより浮遊細菌の分離・培養を行った (size exclusion assay method = SEAM)。採水は, 2010 年 6 月~2010 年 11 月の期間で行った。得られた純粋分離株は, 16S rRNA 遺伝子解析による系統解析を行い, 各湖沼における PnecC と PnecD の分離割合を算出した。

Cy3 でラベルしたオリゴヌクレオチドプローブ PnecC-445, PnecD1-181, PnecD2-181 および NON338 を用いて, FISH (fluorescence *in situ* hybridization) 法による各湖沼からの PnecC および PnecD の検出を行い, 培養データとの整合性を比較検証した。

一方, 浮遊細菌の種レベルの応答と湖内の水質との関係性についても併せて調べた。

## 2. 結果

培養法により, 腐植物質濃度が高い桜川および白駒池 (高 SUVA<sub>254</sub> および低糖・アミノ酸含量 [%DOC]) から PnecC が卓越して検出され, 一次生産が活発な印旛沼および琵琶湖 (高クロロフィルもしくは高糖・アミノ酸濃度) からは, PnecD が卓越して検出される傾向を示した。これらは, 2007 年から 2008 年に行った調査と同様の結果であった。また, 培養法および FISH 法における検出された総 *Polynucleobacter* (PnecC+PnecD) に対するそれぞれ PnecC および PnecD の割合は, 両方法で高い相関関係を示した ( $R^2 = 0.89$  および  $R^2 = 0.86$ )。

今回新たに, *P. rarus* (PnecA), *P. acidiphobus* (PnecB), IRD18C08, LiUU-5-340, Luna-1 および GOBB3-C201 クラスターに属する主要浮遊細菌群の分離・培養にも成功した。

## 3. 考察

2007 年から 2008 年のデータとは異なる PnecC と PnecD の優占傾向を示した湖沼においても, その大部分が, 腐植物質濃度の指標となる SUVA<sub>254</sub> や DOC に占める糖およびアミノ酸含量の変動や, 湖内の一次生産の指標となるクロロフィル濃度や糖・アミノ酸濃度の変動により説明することが可能であった。以上のことから, 水質 (溶存有機物の質) と浮遊細菌の種レベルの応答が密接に関係していることが明らかとなった。

今回新たに分離・培養に成功した主要浮遊細菌群も, 炭素源として有機酸に強く依存していたため, 浮遊細菌を介した湖内炭素循環において有機酸がキーファクターであることが改めて示唆された。

## 5. 謝辞

本研究は, 文部科学省科学研費 (若手研究[B], 課題番号 23710023) 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。

## 湖沼底泥中に生息する 大型硫黄酸化細菌に特異的な付着菌の検出

根本富美子, 小島久弥, 福井 学 (北海道大学 低温科学研究所)

### 1. はじめに

水圏の堆積物表層付近に生息する大型糸状性硫黄酸化細菌 *Thioploca* は、細胞が際立って大きく、硫黄と硝酸を細胞内に蓄積するという特徴を持つ。これらの特徴に加え、特定の条件下で高密度で生育することから、環境中の物質循環に対する寄与が大きいと考えられる。また *Thioploca* は、多糖質の鞘（シース）の中に細胞が連なった糸状体（トリコーム）が数十本束になって入った状態で生息しており、このシースが他の細菌の生息地としての役割を持つことが報告されている (Fukui *et al.*, 1999; Kojima *et al.*, 2006; Teske *et al.*, 2009)。海洋に生息する *Thioploca* の細胞は、シースに付着している硫酸還元菌 *Desulfonema* から硫化物の供給を受けていると考えられている。しかし、淡水域に生息する *Thioploca* と特定の付着菌との間に相互作用が存在することはこれまでに報告されていない。また、*Thioploca* と付着菌からなる微生物群集の物質循環に対する寄与を明らかにするためには、主なシース付着菌を特定することは重要であると考えられる。そこで本研究では、淡水域に生息する *Thioploca* のシース付着菌の群集構造解析を行った。

### 2. 材料と方法

琵琶湖（滋賀県）、オコタンペ湖（北海道）、コンスタンツ湖（ドイツ）において、エクマンバージ採泥器を用いて湖底堆積物を採取した。採取した堆積物を目開き 250  $\mu\text{m}$  のサーバーネットでふるい、または、堆積物からピンセットでひろい上げ、*Thioploca* フィラメント（トリコームとシース）を採取した。採取した試料は、孔径 0.2  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した湖水を用いて洗浄した。

シース付着菌の群集構造解析は、全細菌および *Chloroflexi* 門の細菌の 16S rRNA 遺伝子を対象とした DGGE 法（変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法）と、硫黄代謝に関与する遺伝子である *aprA* 遺伝子を対象としたクローニング解析により行った。

また、FISH法（蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション法）により、付着菌の形態および付着部位の特定を行った。解析には、3つの湖沼の *Thioploca* フィラメントから共通して検出された *Chloroflexi* 門の細菌の 16S rRNA の配列と一致することが確認された2つのプローブ（EUB338-III, GNSB941）を含む8つのプローブを用いた。ハイブリダイズした後、共焦点レーザー顕微鏡により蛍光シグナルを観察した。

### 3. 結果

オコタンペ湖の *Thioploca* フィラメントを用いて行った全細菌を対象とした DGGE 解析では、*Thioploca* 由来のバンドの他に、4つのバンドの配列を決定した。そのうちの2つは、これまでに他の3つの湖の *Thioploca* から検出されている *Chloroflexi* 門の付着菌と非常に近縁であった。*Chloroflexi* を対象とした DGGE 解析では、メジャーバンドとして検出されたバンドの配列は、湖間で共通する付着菌の配列と一致した。

琵琶湖とオコタンペ湖の *Thioploca* フィラメントを用いて行った *aprA* 遺伝子を対象としたクローニング解析では、優占したグループは湖間で異なった。

DAPI 染色を行った *Thioploca* フィラメントのシース内において、トリコームとは異なる細いフィラメントが多数確認された。これらはトリコームと並行に分布していた。FISH では、プローブ EUB338-III と GNSB941 を用いた解析でのみ、シース内の細いフィラメントが蛍光シグナルを示した。

### 4. 考察

淡水 *Thioploca* のシースには、特異的に糸状体の *Chloroflexi* 門の細菌が付着していることが示唆された。付着 *Chloroflexi* の培養されている近縁種は、多糖類を分解して発酵を行うことができる (Yamada *et al.*, 2006)。今後は、付着 *Chloroflexi* の生理学的機能と、*Thioploca* との相互作用について明らかにすることが必要であると考えられる。

\*石川可奈子・西野麻知子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター），  
中島拓男（元:琵琶湖セ）・石川俊之（元:琵琶湖セ/現:滋賀大・教），  
小島久弥・福井学（北海道大学低温科学研究所）

### 1. はじめに

近年、琵琶湖北湖深底部では、溶存酸素濃度の低下が顕著になり、湖底環境の悪化が懸念されている。1991年、琵琶湖で初めて硫黄酸化細菌 *Thioploca* spp. (チオプロローカ) が大量に発見された。チオプロローカは微好気性の大型糸状細菌であり、湖底の低酸素化に伴う環境変化を示す指標として注目されている。2007年度の調査では、水深90m地点における底泥表面のチオプロローカ現存量が10年前と比較して減少していることがわかった。同年12月には琵琶湖の水深90m湖盆において低酸素化に伴うイサザ・エビ類の大量死が発見される等、「デッドゾーン」の拡大が懸念されている。しかしながら、深い湖において、季節変化や長期的な気候変動の影響を受けつつ進行する低酸素化のメカニズムや低酸素水塊の分布、それに伴う影響ならびに生物の応答は、未解明なことも多い。本研究では、微生物群集組成の変化を指標として湖底環境を評価する方法を検討している。今回、琵琶湖の17地点から底泥を採取し、チオプロローカの計数と、分子生物学的手法を用いた湖底の細菌群集の分布変化を調査した。また、水深90m湖盆において最も酸素が低下しやすい地点（N4：lat. N 35.3793° lon. E 136.0968°）において、季節変化を調べた。

### 2. 方法

2009年6月および11月に、琵琶湖17地点において、また、2009年4月～2010年2月に月1回のペースでSta. N4にて、不攪乱採泥器（離合社製）を用いてコアサンプル（直径24cm）を採取した。また、その中にアクリルチューブ（直径46mm）3本を差し込み、サブコアサンプルを得た。サブコアサンプルは、泥と湖水の境界面から0-2cm, 2-5cm, 5-8cmに切り分けた。また、同地点において多項目水質プロファイラー（F-probe）を用いた鉛直プロファイルを取得した。

泥サンプルは、サブコア2本分は、250 $\mu$ mのメッシュ上で洗浄したのち、ソーティング、ホモジナイザー処理を行った後、糸状体の長さを計測した。ま

た、泥サンプルは、FastDNA SPIN Kit for Soil (Qbiogene社製)を用いて細菌群集のDNA抽出を行い、16SrRNA 遺伝子のV3領域および硫酸還元菌をターゲットとしたユニバーサルプライマーを用いてPCR-DGGE(変性剤濃度勾配ゲル電気泳動)法で解析した。

### 3. 結果と考察

チオプロローカの平面分布を17地点で比較したところ、酸素が低下しやすい第一湖盆の中心地点N4では、約10<sup>2</sup> $\mu$ m/cm<sup>2</sup>で、南湖の矢橋沖にある浚渫窪地では検出されない結果となった。すなわち酸素低下が著しいエリアでは、微好気性の細菌にとって生息環境が厳しくなっていることが示唆された。一方、最深部(水深104m)と第二湖盆の中心(水深70m)の地点等では約10<sup>6</sup> $\mu$ m/cm<sup>2</sup>の高い分布を示し、湖底の低酸素化の影響は水深が深いほど大きいとは一概に言えないとチオプロローカの生息状況からも読み取れた。

全細菌群集を対象としたPCR-DGGEで地点ごとのフローラの違いを調べたところ、6月と11月でバンドパターンに明確な違いがみられなかった。季節変化が細菌群集の全体構造を大きく変化させるほどではないと考えられた。また、例年、全循環前の11月～12月に最も酸素濃度が低下しやすいが、平成21(2009)年度は9月に台風が上陸し、11月の調査時には、湖底付近で酸素濃度がすでに3mg/L程度まで回復していた。2007年、2008年のように、湖底直上1mにおいても溶存酸素が0.5mg/L未満になる年と比べて比較的酸素濃度が高かったことも関係しているかもしれない。しかし、嫌気性の硫酸還元菌が有する異化的亜硫酸還元酵素をコードする遺伝子(*dsrB*)をターゲットとしたPCR-DGGEでは、6月と11月でバンドパターンが異なり、また酸素濃度が低くなりやすいエリアとそれ以外の地点で違いが見られ酸素濃度の相違をある程度反映していると思われる結果が得られた。このことから、低酸素下が底泥微生物群集に及ぼす影響を調べるためには、特定の機能群に焦点を当てた解析がより有効である可能性が示された。

## 湖沼底質のプランクトンを対象にしたシードバンク機能について（琵琶湖）

\* 古田世子、池田将平、藤原直樹、一瀬諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、田中仁志（埼玉県環境科学国際センター）、馬場大哉、郡司房子（東レテクノ株式会社）、岸本直之（龍谷大学）

### 1. はじめに

琵琶湖では、湖水 COD が減少しない状況にある。しかし、流入する有機物の負荷量は減少しており、また、植物プランクトンの現存量およびクロロフィル a 濃度も減少傾向にあることから、湖内生産有機物の増加とも考え難いとされていた。

ところが、植物プランクトンの小型化や粘質鞘を有する種の増加が確認されており、植物プランクトンによる内部負荷の影響も無視できないことが明らかとなっている。

このような植物プランクトンの群集構造の変化について、その原因は現在のところ明らかではない。このため、植物プランクトン種の供給源（シードバンク）として、沿岸帯底質の機能評価を行うことは重要である。

そこで今回、沿岸底泥を用いて、植物プランクトンのシードバンクとしてのポテンシャルを把握するため、回帰試験を行った。

### 2. 調査場所および回帰試験方法

毎年アオコの発生が確認される場所を選定した。採泥は水深 3m の地点で、エッグマンページを用いて行い、直上水の採水も併せて行った。

調査場所：滋賀県大津市際川

調査月日：2011 年 6 月 8 日

採取した底泥の表層約 1cm を試料とし、夾雑物を取り除いた後、攪拌を行い均一な試料とした。

回帰試験は、底泥試料 20g を滅菌瓶に採取し、その上からろ過滅菌を行った直上水を 100ml 加え、20°C、12h/12h の明暗周期にて、エアレーションを行った好気条件と、脱気後窒素置換を行った嫌気条件で各 5 試料ずつ実施し、回帰されたプランクトンの同定計数、クロロフィル a 量および粒径分布調査を行った。

### 3. 結果および考察

底泥から回帰した植物プランクトンの底泥 1g 当たりの細胞数を図 1 に示した。30 日間に回帰した細胞数総数（5 試料の平均値）で比較すると、嫌気条件で 417,000 cell/g と、好気条件の約 2 倍となった。これを、網別にみると、藍藻 > 珪藻 > 緑藻の順で、特に藍藻が多く、総数で比較すると好気条件の 3 倍

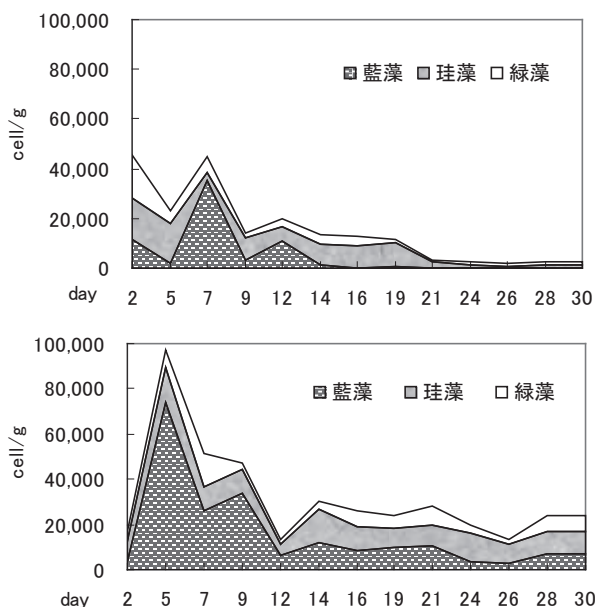


図 1. 回帰した植物プランクトン平均細胞数の経日変化（上：好気条件、下：嫌気条件）

の値を示した。一方、好気条件では、珪藻が最も多く、珪藻 > 藍藻 > 緑藻の順であり両条件ともに緑藻が最も少ない結果となった。

次に、細胞数と経日変化の関係をみると、好気条件で最も多く細胞が回帰したのは、2 日目で網別による差はほとんど認められなかった。その後 7 日目に藍藻がピークを示した。嫌気条件では 5 日目に回帰細胞数が最も多く、藍藻のピークと同一でその 76% を占めた。

この結果から、藍藻は、嫌気条件で短期間に回帰することが示唆されるが、攪拌等の物理条件に依存することも考えられるため、条件を変えた追加試験を実施する必要がある。さらに、嫌気条件で、30 日目に回帰細胞が 24,000 cell/g 計数されているため、試験期間を延長し、ポテンシャルをより正確に把握していきたい。

**謝辞** 本研究は、環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」（研究期間：平成 23 年～25 年）の一部として実施した。ここに記して謝意を表す。

## 湖沼底質のプランクトンを対象にしたシードバンク機能について（山ノ神沼）

\*田中仁志（埼玉県環境科学国際センター）、古田世子、池田将平  
藤原直樹、一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）  
馬場大哉、郡司房子（東レテクノ株式会社）、岸本直之（龍谷大学）

### 1. はじめに

湖沼の急速な富栄養化は、COD の環境基準達成を困難にするといった社会的問題を引き起こしてきた。近年では、底質中の有機物量増加に伴う酸素消費量の増加が一因と考えられる底層水の貧酸素化による湖沼生態系への影響が懸念されている。植物プランクトンの現存量は COD、総窒素、総りん及びクロロフィル a を始めとする湖沼の水質形成に大きく影響し、特に富栄養湖沼ではその傾向が顕著である。富栄養湖におけるアオコの発生に代表されるように、湖沼の富栄養化の進行過程において植物プランクトンの種構成が変遷することはよく知られている現象である。一方、底質は植物プランクトン種の供給源（シードバンク）として、重要な機能を有していると考えられる。しかしながら、底層水の貧酸素状態が顕在化した場合のシードバンク機能に及ぼす影響は明らかになっていない。

本研究では、富栄養化が進行した湖沼の標準例として山ノ神沼の底質を用い、植物プランクトンを対象にしたシードバンク機能のポテンシャルを把握する回帰試験条件確立のための予備的検討を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 調査対象湖沼及び採泥方法

調査対象は毎年アオコの発生が確認され、夏期の透明度は 20cm 程度にまで低下する典型的な富栄養湖沼である山ノ神沼（埼玉県蓮田市）を選定した。山ノ神沼は面積 3ha、水深約 1.2m の浅い天然湖沼である。以前行った地元の方へのアンケート調査結果によると、かつては水浴できるほど透明度の大きい沼であったが、昭和 50 年代頃から汚れ始めたようである。採泥は水深約 1m の地点において長柄ひしゃくを用いて、2011 年 6 月 9 日に行った。試料は沼底表面付近の底質をよく混ぜ均一とした後、回帰実験に供した。試料は実験まで暗所で保存した。

#### 2.2 回帰試験方法

回帰試験は、試料 300ml（湿重量約 330g）を 2 個の 3l トールビーカーに採取し、浄水器（National 製 PJ-40MRF）処理水道水 3l を加え、よく攪拌後、25°C に調整された室内で静置した。各ビーカーは多項目水質計（ハイドララボ社製 Minisonde5）のセンサー先端部をビーカー底部の試料直上になるように設置後、開口部をラップで密閉し、ビーカー内の pH 及

び溶存酸素量を 20 分ごとに連続して記録した。実験条件は明暗条件のみ変化させ、一方は 12h/12h 周期の明暗条件に、もう一方はアルミホイルで完全に遮光した連続暗条件に設定した。曝気等による溶存酸素調整は行わなかった。

### 3. 結果及び考察

7 月 14 日に行った回帰予備実験における、実験開始後 72 時間までの各明暗条件における水質変化を図 1 に示す。連続暗条件では pH6.8、溶存酸素量はほぼ 0mg/l で安定して推移した。一方、12h/12h 周期明暗条件では、約 48 時間後からそれまで 0mg/l であった溶存酸素量は上昇し始め、72 時間後まで約 4mg/l で推移した。pH は溶存酸素量の増加に追従するような変化を示し、pH6.8 から pH7.0 に上昇した。

この山ノ神沼の底質を用いたビーカー実験結果から、連続暗条件下において嫌気状態を再現可能であることが明らかとなった。明暗条件下ではやがて好気化することから、底質から回帰した藻類により明期に光合成が行われ酸素が供給されたことが示唆され、照明下で嫌気条件を維持するためには、光合成により発生した溶存酸素対策が必要であることが分かった。今後は、さらに長期間の実験を行うとともに、実験に用いる試料量及び設定温度の違いによる影響を調べ、実験条件を確立していく予定である。

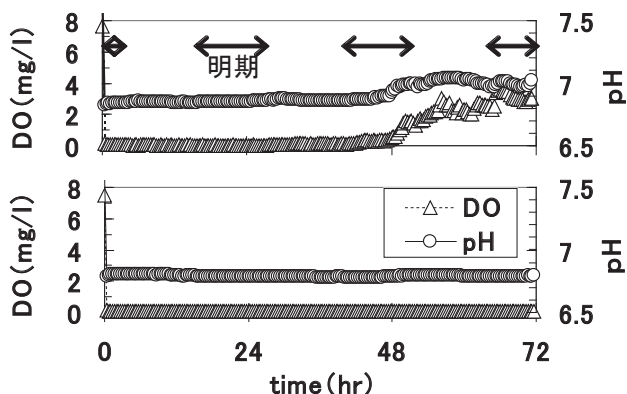


図 1 植物プランクトン回帰予備実験における水質の経時変化（上：12h/12h 周期明暗条件、下：連続暗条件）

**謝辞** 本研究は、環境省環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」（平成 23 年度）の一部として実施した。ここに記して謝意を表す。

\*吉村和也 福島武彦 松下文経 (筑波大・生命)

キーワード：懸濁物、非植物プランクトン性懸濁物、メタノール不溶成分、Quantitative filter technique

## はじめに

植物プランクトン性(PSS)／非植物プランクトン性懸濁物(トリプトン)の評価は、水域の物質動態、水質評価・管理において重要である。リモートセンシングによる、トリプトン濃度分布の連続観測には、トリプトンの吸収係数( $a_{\text{trp}}$ )と、その濃度を関連付ける必要がある。 $a_{\text{trp}}$ は一般的に、Quantitative filter technique (QFT)により、フィルター上に捕集した懸濁物からメタノール可溶成分(MEF)を抽出し、残存した懸濁物の吸光度として測定される。 $a_{\text{trp}}$ は従来、トリプトン濃度の測定が困難なため、懸濁物(SS)濃度や無機懸濁物(ISS)濃度と比較されてきた。しかし近年、有機懸濁物(OSS)濃度とクロロフィル濃度(Chl-a)の経験式からPSSを求め、SSとの差としてトリプトンを算出する手法(PSS-model)が用いられている。一方、QFTにおけるトリプトンは、実験操作上、実際にはメタノール不溶画分(MUEF)を意味する。この様に、MUEFは従来の懸濁物分画法と異なる(図1)。また、PSS-modelは、経験式を得るため多量のデータを必要とすると共に、その経験式は時・空間的な変動を示すなどの問題がある。

本研究では、より簡単で直接的にトリプトン濃度を測定することを目的とし、QFT操作上のトリプトンの定義であるMUEF画分を定量し、他の分画手法で得た画分と比較検討すると共に、 $a_{\text{trp}}$ との関係について解析した。併せて霞ヶ浦、および琵琶湖の上記分画法による懸濁物組成を評価した。

## 材料と方法

試水は霞ヶ浦(2009年9月1日、26地点)と琵琶湖(2011年3月7-8日、9地点)で採取した。懸濁物はGF/Fフィルター(Whatman社製)上に捕集した。

SS、ISS、OSSは重量分析法により測定した。PSS

濃度は、OSSとChl-aの回帰分析により求め、このPSSとSS濃度の差をトリプトン濃度とした。MUEFは、QFTに沿って懸濁物のメタノール抽出を行い、MEFを抽出前後の重量差として求めた後、MEFの差として求めた。

## 結果と考察

トリプトン濃度は、MUEF濃度と両湖で高い相関( $R^2 > 0.94$ )を示し、MUEFによりトリプトン濃度を高い精度で再現できた。以上より、トリプトンを示す画分として、MUEFがより簡単で直接的な指標として有用であることが確認された。トリプトン濃度とMUEF濃度の回帰分析で得た傾きは、霞ヶ浦で1.00、琵琶湖では1.22と、MUEFでもトリプトンと同程度の濃度が得られた。琵琶湖で得られた傾きが1を僅かに上回ったのは、細胞壁等の植物プランクトン性MUEFの、SSに占める割合が高かったためと思われる。

SS、トリプトン、MUEF濃度と $a_{\text{trp}}$ の回帰分析を行った結果、霞ヶ浦の $a_{\text{trp}}$ は全ての画分と高い相関を示した( $R^2 > 0.84$ )。琵琶湖においても $a_{\text{trp}}$ は各画分濃度と有意な相関を示したが、SSとの相関係数は、他の画分に比較し低い値を示した。これは、SSに占めるPSSの割合が大きい琵琶湖において、PSSの割合の変動が試料間で大きかったためと思われる。以上の結果から、SSに対するPSSの寄与が大きい水域では、トリプトンやMUEFが精度の高いモデルを作製する上で有用な指標であることが確認された。

重量分析	ISS	OSS
PSS-model	トリプトン	PSS
QFT	MUEF	MEF

図1 各手法における懸濁物画分の違い。グレーはISS/OSS、破線はトリプトン/PSSの分画を示す。

\*五十嵐聖貴（北海道立総合研究機構）・藤江 晋（てしかが自然史研究会）・深澤達矢（北海道大学）・濱田浩美（千葉大学）・小林 拓（山梨大学）・南 尚嗣（北見工業大学）・武内章記・田中 敦（国立環境研究所）

## 1. はじめに

北海道東部に位置する摩周湖は透明度が高いことで知られ、1931年には世界最高記録となる41.6 mが測定された。摩周湖の透明度が高い理由として、集水域が狭く汚染源が皆無であることや、国立公園の特別保護地区として保護されていることなどが挙げられる。ところが、長期的に見ると1946年以降で透明度が40 mを超えたことはなく、1980年代以降は30 mを超えることも少なくなった。2005年8月には過去最低の14.0 mとなり、摩周湖の環境悪化が大きく懸念された。透明度の長期的な変化を評価するためには、季節的な変動の状況を考慮することも必要であるが、カルデラ壁に囲まれた摩周湖は湖面までのアクセスが困難なこともあり、透明度の季節変動に関する知見が乏しかった。そこで本研究では摩周湖において年に複数回の現地調査を実施するとともに観測機器の係留による連続観測をおこない、摩周湖における透明度の季節変動の状況とその要因について検討した。

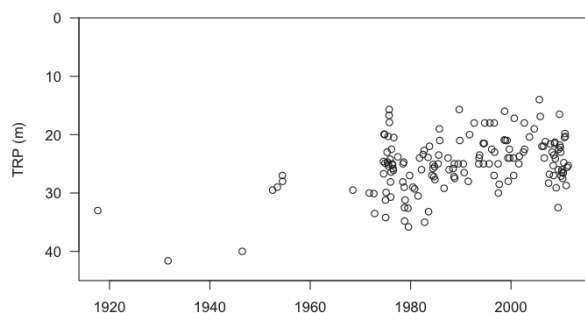


図1. 摩周湖における透明度の長期変化

## 2. 方法

2008年度に7回、2009年度に11回、2010年度に9回の現地調査を実施し、透明度の測定に加えて、水中光学観測（深度別・波長別の光の消散）、各種水質分析・懸濁粒子分析・動植物プランクトン同定等のための深度別採水、水温・電気伝導度・クロロフィル・濁度等の鉛直プロファイル測定を実施した。さらに、光量子・クロロフィル・濁度のロガーを湖内定点の2深度に通年係留して連続観測を実施した。

## 3. 結果と考察

透明度の実測ならびに係留連続観測によって、摩周湖では湖水が全層循環する5月と12月に透明度が上昇し、夏の成層期に透明度が低下することが確認された（図2）。循環期は、深水層にある懸濁物の少ない水塊が湧昇することによって透明度が上昇し、夏の成層期は植物プランクトンの増殖および表水層への懸濁粒子の蓄積によって透明度が低下するものと考えられる。年内の季節変動の幅は約15 mに及ぶと推定され、調査が特定の時期に偏ると長期変化に誤った印象を与えることになる。

湖水に入射した太陽光は、湖水そのものや湖水中の懸濁物質・溶存物質により吸収や散乱を受けて減衰し、その減衰の程度によって透明度が決まる。水中の波長別吸収係数、無機粒子の粒径分布、植物プランクトンの現存量調査などにより、光減衰の主要因は夏に植物プランクトンの寄与率が高い傾向があるものの、年・季節によって湖内の様相は異なり、明確な規則性は認められていない。

植物プランクトンに関しては、サイズが20 μm未満の種が全植物プランクトンの生物量の約75%を占めている。湖内食物網の大きな変化として、1970年頃にヒメマスの放流によって大型甲殻類プランクトンが激減した経緯があり、それに伴う植物プランクトンのサイズ組成変化と透明度への影響について検討をおこなっている。

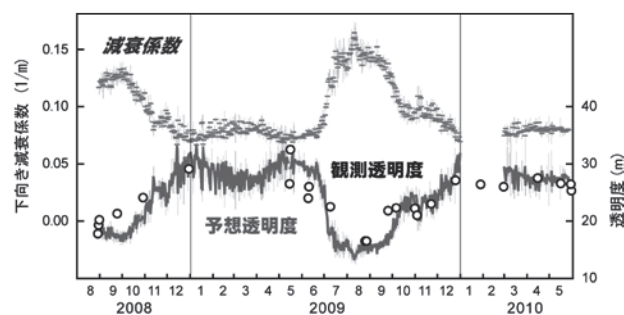


図2. 水中光下向き減衰係数の連続観測と透明度の季節変動

# P10 PAM法とクロロフィル計を用いた琵琶湖北湖における植物プランクトン一次生産の連続測定

\*太田洋平・後藤直成・伴修平（滋賀県立大学）

## 1. はじめに

植物プランクトンは、水圏生態系において従属栄養生物に有機物質を供給する重要な役割を担っている。従って、水圏生態系を理解する上で植物プランクトンの一次生産の時空間変動を明らかにすることは必須課題といえる。これまで植物プランクトン一次生産量の測定法には、明暗瓶酸素法、 $^{13}\text{C}$ 法あるいは $^{14}\text{C}$ 法などが用いられてきた。しかし、これらの手法は多くの時間と労力を必要とするために時空間的変動の連続測定には適さない。

そこで我々は、簡易に一次生産を連続測定する方法として、クロロフィル計とパルス変調クロロフィル蛍光法（PAM法）を組み合わせることで琵琶湖北湖沖帯における自然条件下での植物プランクトン一次生産量の連続測定を試みた。この手法では、一次生産量を高解像度で長期間に渡って測定できるため、突発的に生じる気象イベントに対する応答を捉えことが出来る。本発表ではこの測定方法の方法論と昨年行った測定結果について報告する。

## 2. 方法

植物プランクトンの一次生産量を連続測定するために、琵琶湖北湖に設けた定点（N35° 18.944” N, E136° 11.45” E）にクロロフィル計（JFE ALEC, ACLW-USB および ACLW-CMP）と光量子計（JFE ALEC, ALW-CMP）を2010年7月29日～12月22日の期間設置した。クロロフィル計は5 m、10 m、15 mの各深度に、光量子計は5 mと10 mにそれぞれ設置し、データは共に20分間隔で記録した。

異なる光強度に対する現場植物プランクトンの電子伝達速度は、クロロフィル計を設置した3深度において毎月一回の頻度で、パルス変調クロロフィル蛍光測定器（Walz, Water PAM）を用いて別途求めた。一次生産量は単位クロロフィルa量当たりの電

子伝達速度に炭素変換係数（ $0.095 \mu\text{molC} \mu\text{mol electron}^{-1}$ ）を乗じることで算出した（Goto et al, 2008）。得られた光合成 - 光曲線に現場の光量子量を代入し、20分毎に単位クロロフィルa量当たりの一次生産量を求め、これに現場のクロロフィルa量を乗じることで各層の一次生産量を求めた。求めた深度毎の一次生産量は有光層内の積算値として水柱当たりに変換した。

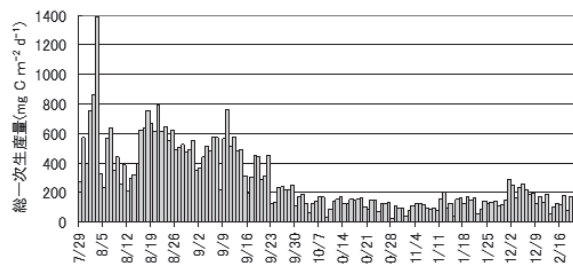


図 2010年7月29日～12月22日の日間総一次生産量の変動。

## 3. 結果と考察

調査期間における一次生産量は、観測開始から9月上旬までは増減しながら高い値を示し、しばしば  $600 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  を上回った。その後は減少傾向に転じ、9月下旬には  $200 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  を下回り、11月下旬までこれ以下の値で推移した（図）。12月に若干の増加傾向を見せ  $200 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  を上回ったが、数日後には再び減少傾向に転じた。ここで見られた一次生産量の変動は日射量の変動に大きく依存しており、一次生産量の時間変動の約50%が光量子量で説明できた。

発表時には方法論に関するより詳しい説明と、明暗瓶酸素法とPAM法による光合成 - 光曲線の比較・検証結果について考察し、本手法の妥当性、および改善点について考察する予定である。



\*伴修平・後藤直成（滋賀県立大）・由水千景・陀安一郎（京大生態研センター）・石川俊之（滋賀大学）・熊谷道夫（琵琶研センター）・永田俊（東大大気海洋研）

### はじめに

大型湖沼において、地球温暖化は成層強化を通して一次生産の低下を招くと予想されている。一方、成層期に訪れる台風などの攪乱イベントは突発的に一次生産を促進させる可能性を持っている。前者は鉛直フラックスの低下を、逆に後者は増加を意味する。従って、湖沼の一次生産に対する温暖化影響を明らかにするためには、この一時的な攪乱イベントに対する鉛直フラックスの応答を詳細に調べるのが重要となってくる。

我々は、琵琶湖北湖における鉛直フラックスと気象イベントの関係を明らかにするため、タイマー式セジメントトラップを用いて高解像度で鉛直フラックスの連続測定を行った。同時に、一次生産を連続的にモニタリングすることによって、短期的なイベントに対する植物プランクトンの応答と湖底への有機物フラックスの挙動を詳細に記述した。

### 方法

植物プランクトン一次生産および鉛直フラックスをモニタリングするための係留系は琵琶湖北湖に設けた定点 N3.5(水深 90 m, 35°23'17.2"N, 136°05'48.0"E) に 2008 年 6 月 20 日～2009 年 12 月 3 日の期間設置した。係留系には、7.5 m に植物プランクトン現存量を測定するためのクロロフィル・濁度計 (JFE Advantech Co. Ltd., Compact CLW) と光量子計 (JFE Advantech Co. Ltd., ALW-CMP) を、そして 30 m と 85 m にタイマー式セジメントトラップ (NGK Ocean, SMC 7S-500) をそれぞれ取り付けた。なお、クロロフィル・濁度計と光量子計は 2008 年 7 月 11 日以降に設置し、記録は 10 分間隔で行った。鉛直フラックス測定用の試料は、毎月 4～6 日間隔で 5～7 回採取できるように設定し、セジメントトラップを毎月回収・再設置することで連続的なデータを得た。採取した試料については、乾燥重量、有機炭素量、全リン、炭素同位体比をそれぞれ求めた。これとは別に、セストンのクロロフィル *a* 量、有機炭素量、全リン、炭素同位体比を測定するため、係留地点のおよそ 2 km 南の定点 T1 (水深 85 m, 35°22.0'N, 136°06.0'E) にて、7.5 m、20 m、70 m よりバンドーン採水器を用いて採水した。このとき、PAM 法により現場植物プランクトンの光合成-光曲線を求め、クロロフィル *a* 量と光量子量より一

次生産量を見積もった。これらのデータは、彦根地方気象台でモニタリングされている風向・風速・降水量データと比較し、一時的な気象イベントが一次生産および鉛直フラックスに与える影響を評価した。

### 結果と考察

実験期間を通して、一次生産は 25～930 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> であり、4 月以降、急激に上昇した後、8 月までは増減を繰り返すが、以後は減少傾向を示した。乾燥重量で表した全鉛直フラックスは大きく変動し、30 m で 0.1～5 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>、85 m で 0.1～4 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> だった。多くの場合、85 m での値が 30 m の 2～3 倍上回り、湖底へ水平方向に物質供給過程の存在する可能性が示唆された。

炭素フラックスは、30 m でも 85 m でも全鉛直フラックスの 3.8～10% 程度であり、実験期間を通して 10～400 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> で変動した。炭素フラックスでも同様に 85 m での値が 30 m の値を上回ることが多く、その変動パターンも異なっていた。30 m での炭素フラックスは、湖水の循環期に高く、成層期に低い傾向を示した。一次生産に対する炭素フラックスの割合は、4～11 月には 4～30% だったが、12 月から翌年 3 月までの冬期間には 100% を上回った。

彦根地方気象台で観測された風向・風速をみると、実験期間の 8 割以上の日において西北西から北北西の風が卓越しており、4 m sec<sup>-1</sup> 以上の強風の殆ど全てがこの卓越風であった。これらの風速と全鉛直フラックスの関係をみると、大きなピークは強風の後に認められ、30 m で顕著だった。特に、冬期間には強風の日が多く、高い鉛直フラックスに対応していた。おそらく、これは鉛直混合によって一旦沈降した粒子が再度捕捉されることによって生じるものと考えられるが、強風時に高いフラックスが認められたことは、このことをよく説明した。

沈降粒子の炭素同位体比は、30 m でも 85 m でも 6 月下旬から 7 月上旬にかけて最も高くなり、-20% を上回った後、減少し 10 月から翌年 3 月までの期間は -27～-25% で安定していた。両深度共に炭素安定同位体比はほぼ同じ値を示し、沈降する有機炭素の起源がほぼ同じであることを示唆した。

## 蛍光法によるラン藻類の現存量と光合成活性の評価

\*程木義邦・大林夏湖・小林由紀・

奥田昇・中野伸一（京大・生態研）

### 1. はじめに

湖沼の富栄養化により生じるラン藻類の集積は、景観や湖沼の水環境を悪化させるだけでなく、上水の利用上も問題となる。そのため、ラン藻類の現存量の測定は水資源の管理にも用いられており、簡便なラン藻類現存量のモニタリング手法として、蛍光法を応用したクロロフィル *a* (Chl. *a*) およびフィコビル色素の定量用センサーも開発されている。また、アオコの発生を事前に予知するためには、ラン藻類の定量と共に増殖速度や活性を評価する必要がある。そのため、市販されているパルス増幅変調タイプの蛍光計で測定した光化学系 II の最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ) を光合成活性のポテンシャルとみなし、植物プランクトンの増殖速度や生理活性のプロキシとして用いることもある。しかし、原核生物であるラン藻類の場合、通常の暗適応では非光学消光の影響を十分に除去できないため、 $F_v/F_m$  を過小評価することが指摘されている。また、複数の分類群の藻類が混在する植物プランクトン群集の中からラン藻類の光合成活性のみを評価するためには、適切な励起波長と蛍光波長を選択し測定する必要もある。

そこで本研究では、複数の分類群の藻類が混在する植物プランクトン群集サンプルからラン藻類のみの光合成活性を評価する手法の確立を試みた。分光蛍光光度計を用いラン藻類に特異的な光合成色素を直接励起し、光合成阻害の DCMU (3'-(3,4-dichlorophenyl)-1',1'-dimethyl urea) を用いて  $F_v/F_m$  を測定する方法を検討した。

### 2. 方法と材料

培養株の *Microcystis aeruginosa* を用い、ラン藻類の  $F_v/F_m$  の測定に最適な励起波長、蛍光波長および DCMU 濃度の組み合わせを検討した。蛍光測定には、励起をする色素と蛍光を検出する色素の 2 つの組み合わせを変え 4 条件を試した。また、

各条件につき、8 段階の DCMU 濃度 (0.01-15  $\mu\text{M}$ ) で  $F_v/F_m$  の測定を行った。

上記の実験より得られた最適な測定条件を用い、京大生態学研究センターの実験池に発生した植物プランクトン群集の  $F_v/F_m$  のモニタリングを行った。実験池の Chl. *a* 濃度およびラン藻類の種組成と現存量についても測定を行い、 $F_v/F_m$  とラン藻類現存量の変動の対応についても評価を行った。

### 3. 結果と考察

培養株を用いた測定条件の検討の結果、(1) Chl. *a* を励起し Chl. *a* の蛍光を検出する条件 (励起 440nm, 蛍光 680nm) と (2) フィコシアニンを励起し Chl. *a* の蛍光を検出する (励起 590nm, 蛍光 680nm) で測定した  $F_v/F_m$  は同じ値を示した。そのため、フィコシアニン励起下でも正確な  $F_v/F_m$  の測定が可能であることが確認できた。

上記の測定条件を用い、実験池に発生した植物プランクトン群集の  $F_v/F_m$  の測定を行った結果、Chl. *a* 励起 (= 全植物プランクトン) とフィコシアニン励起 (ラン藻類) では、 $F_v/F_m$  は異なる変動を示した。また、実験池のラン藻類は初期に *M. aeruginosa* が優占し、その後、*Cuspidothrix issatschenkoi* に優占種が変化した。フィコシアニン励起下で求めた  $F_v/F_m$  は優占種の変化と対応した変動を示した。そのため、複数の分類群の藻類が混在する植物プランクトンサンプルからもラン藻類の  $F_v/F_m$  を精度よく測定出来ていると考えられた。

本研究は環境省の環境研究総合推進費 (D-0905) とクリタ水環境財団の支援により実施された。

\*新山優子 (国立科学博物館・植物研究部), 辻 彰洋 (国立科学博物館・植物研究部)  
一柳英隆 (ダム水源環境整備センター), 高村典子 (国立環境研究所)

## 1. はじめに

動植物プランクトンの発生状況を長期に渡って把握し適切に予測を行うことは、ダム湖の管理運営に必須の要件と考えられる。著者らはそのための植物プランクトンモニタリングシステムの構築を目的として、2008年から全国のダム湖における植物プランクトン発生状況の調査研究を行っている。2010年までの調査から得られた結果を元に、モニタリングチェックリストに列挙すべき植物プランクトンの分類群について発表する。

## 2. 材料と方法

予備調査として2007年までに集積された日本全国におけるダム湖の植物プランクトン調査データのうち、顕微鏡写真と種名、産地について検討した。

2009年8月には全国の110のダム湖、2010年春には50のダム湖の植物プランクトン調査を行った。各ダム湖で採水された湖水20lが国立科学博物館植物研究部に郵送された。このうち10lをハンドネット(開口径25 $\mu$ m)でろ過し、ホルマリン固定して20mlガラス瓶に入れて保存した。その一部をとってAQUATEX(ドイツ, MERCK社)を用いてスライドを作成し、珪藻以外の顕微鏡観察に用いた。採集された湖水のうち2lは1.2 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、その1/4は試水とともにホルマリン固定して20mlガラス瓶に入れて保存した。残りのメンブレンフィルターは50 $^{\circ}$ Cで乾燥後、ケースに入れて保存し、SEMおよびDNA分析用とした。また、2010年夏にはアオコまたは赤潮が発生した16のダム湖から採水された湖水サンプルの顕微鏡観察を行った。サンプルから20mlを取り、ホルマリン固定して保存した。

## 3. 結果

過去の植物プランクトン調査データを検討したところ、ダム湖によって同定や顕微鏡写真撮影技術のレベルは異なり、誤同定も少なくないことが明らかとなった。2009年夏および2010年夏のサンプルでは、*Microcystis*を代表とする藍藻の出現頻度は低く、アオコを形成しているダム湖は予想外に少なかった。一方、緑藻Volvocaceaeの数種、小型の中心目の珪藻、また*Ceratium*など有殻の渦鞭毛藻が優占するダム湖が多かった。

優占種は2007年までに集積された植物プランクトン出現リストの種数に比べてはるかに少なかった。また優占種は地域による差異も少なかった。非優占種は、ダム湖によって出現頻度に差がみられた。

## 4. 考察

モニタリングのためのチェックリストは、観察者の同定技術レベルに左右され難いものであること、また長期的観察の可能な利用しやすいものであることが重要である。

光学顕微鏡を用いた観察のみでは、出現する植物プランクトンを種まで同定することは困難な場合が多い。一方、属レベルでの同定は可能であるので、ここをしっかりと行うことが大切だと考えられる。したがって作成したチェックリストは種名、属名が混在したものである。

ここで発表する結果は、今後修正を加えた上で、今年度中にはまとめたいと考えている。

\*辻 彰洋（国立科学博物館・植物研究部）、新山優子（国立科学博物館・植物研究部）、  
一柳英隆（ダム水源地環境整備センター）、高村典子（国立環境研究所）

### チェックリスト作成の考え方

モニタリングのためのチェックリストの作成にあたり、予備調査の結果明らかになった、問題点をクリアするために、下記の前提条件を設定した。

a. **ダム湖の維持管理のためのモニタリングを**対象とする。

モニタリングには、1. 生物多様性を明らかにする、2. 有害生物の発生を追跡する、3. 日常の維持管理を対象とするなど、様々なレベルが想定される。自然湖沼や河川を対象としたモニタリングにおいては、生物多様性を明らかにするために、研究レベルでの分類・同定が必要とされる。また、水道などの水利用においては、カビ臭や濾過障害を引き起こす原因生物にターゲットを絞った、種レベルでの同定が必要とされる。その一方でダム湖の日常的な維持管理のためのモニタリングにおいては、コストの問題や品質管理の問題から、より簡易な形での同定を目指す必要がある。現在のモニタリングマニュアルでは、種レベルの同定を求めているが、過去の調査データを検討した結果、現実には多くの誤同定を含むなど同定レベルにむらがあり、全体としてマニュアルで想定したレベルでの同定が出来ていないことが明らかとなった。本発表でのチェックリストは、あくまで、維持管理業務のための最低限のものであり、必要性に応じてさらに正確な同定を行う事は当然である。

b. **特別な処理行わず、乾燥レンズで同定可能**とする。

微細藻類の正確な同定のためには、珪藻のように酸処理や、油浸レンズを用いた高倍率での観察が必要なものが多い。しかしながら、予備調査の結果、10倍程度の低倍率で撮影した写真が証拠写真とし

て報告されているケースが多かった。日常の維持管理のためのモニタリングのためのチェックリストにおいて、上記のような緻密な観察を求めることは困難と考えられた。そこで、本チェックリストでは、特別な処理を行わず、乾燥レンズで同定可能な、レベルで同定をとめ、グループ化することにした。

c. **優占種を確実に同定する。**

私たちの、2009年-2010年の各地のダム湖での予備調査の結果、ダム湖においては、自然湖沼と異なり、限られた種が優占することが多いことが分かった。そのため、チェックリストでは優占種についてできる限り、種レベルでの同定を行う一方、*Scenedesmus* 属など、優占しないものの多種が出現する属については、属レベルでの同定にとどめた。

### モニタリングのためのチェックリスト作成により期待される効果について

過去の調査データを検討した結果、同定レベルにむらがあり、全体として従来のマニュアルで想定したレベルでの同定が出来ていないことが明らかとなった。

このような場合、成果物としての調査結果について、横断的に評価することが困難であり、ダム湖の日常的な維持管理のためのモニタリングという当初の目的のためにも問題となる。

今回作成したチェックリストは、より簡易な同定レベルを採用するかわりに、チェックリストという強制的な方法をとることで、同定レベルの水準の下限を設定し、品質管理を行おうとするものである。

チェックリストを用いることで、調査結果の電子化も容易になり、データの公開や横断的解析も進むと考えられる。このことで、ダム湖の研究や維持管理手法の革新も進むと期待している。

## 感染サイクル、遺伝的多様性および宿主への影響

\*木村成子, 吉田天士, 細田直彦, 本田貴史, 久野草太郎, 上地里佳枝, 左子芳彦 (京大院・農)

## 1. はじめに

水圏環境において、ファージ（バクテリアに感染するウイルス）は、宿主個体群動態への影響を通じて物質循環に影響を及ぼすのみならず、遺伝的多様性を付与していると考えられている。しかしながら、特定の宿主に感染しうるファージを定量することは非常に難しく、ファージが宿主に与えるインパクトを正確に評価することは大きな課題である。我々は、代表的なアオコ形成ラン藻 *Microcystis aeruginosa* に感染するシアノファージ Ma-LMM01 を分離し、その全ゲノム情報に基づいて確立したリアルタイム PCR 法により、本ファージが宿主個体群動態に影響していることを報告してきた。

ファージ感染は、宿主の活性に依存していることが知られており、光合成を行うシアノバクテリアを宿主とするシアノファージは、宿主の光合成に依存した感染を示すと考えられ、その感染に日周性が見られると推測される。ファージが宿主に与えるインパクトを評価するためには、その感染サイクルを理解することが不可欠である。そこで本研究では、環境中における本ファージの感染サイクルを明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

京都市広沢池で、2009年9月15日と10月21日の午前9時から翌日午前9時まで3時間間隔で表層水を採取した。試水を遠心分離して得たペレット（宿主画分）より抽出した DNA を鋳型として、フィコシアニン内部スパーサー領域(PC-IGS)、ミクロシチン生合成遺伝子(*mcyA*)、ファージ尾部遺伝子(*g9I*)を標的としたリアルタイム PCR 法に供し、それぞれ全 *M. aeruginosa*、有毒 *M. aeruginosa*、ファージとしてそれらの動態を評価した。浮遊ファージの動態を評価するため、0.2 μm フィルターでろ過した試水（ウイルス画分）より抽出した DNA を鋳型として同様の操作を行った。ファージ感染を転写レベルでも評価するために、宿主ハウスキーピング遺伝子(*rnpB*)に対するファージ遺伝子(*g9I*)の相対転写量を算出した。各画分の *g9I* 遺伝子タイプが一致しているかを確認するために、Tail-PCR 法によりリアルタイム PCR 産物の下流配列を決定して作成したプライマーを用いて *g9I* クローン解析を行った。

## 3. 結果と考察

両調査日とも、*M. aeruginosa* のブルームが確認され、PC-IGSおよび*mcyA*は約  $10^6$  コピー/mlであった。浮遊ファージの指標となるウイルス画分(<0.2 μm)の *g9I* コピー数は 15 時以降に高くなる傾向にあり、最大で  $10^3$  コピー/mlであった。宿主画分の *g9I* コピー数は、12-15 時に  $10^5$  コピー/mlのピークを示した。*g9I* 転写産物量も 12-15 時に高く、夜間に顕著に低下した。さらに、それぞれの画分のファージ遺伝子タイプを調べた結果、71 個の遺伝子タイプ (G1~G71) が見出され、尾部遺伝子によるファージタイプは極めて多様であったが、G1 タイプが全ての画分に共通してみられた。このことから、宿主画分の *g9I* は、宿主内で複製途上にあったファージ遺伝子や懸濁物に付着した娘ファージに由来するものであること、日中に転写・複製されたファージが湖水中に放出されていることが考えられた。

一般的に「ウイルス画分」として実験に供する試水には、0.2 μm フィルターによるろ液を用いる。我々は、「ウイルス画分」における本ファージ遺伝子コピー数が非常に低いことから、本ファージは、「killing the winner」仮説に言われるように、優占している個体群を別の個体群に置き換える、つまり質的変動をもたらす要因になりうるものと指摘してきた。しかしながら、本研究の結果より、宿主画分の *g9I* は、ウイルス画分のそれらより数百倍高く、これは一年を通して観察された。宿主画分に含まれるファージ数から感染を受けている宿主細胞数を推定すると、最も高い時で 0.6 %であった。本ファージは非常に多様であり、リアルタイム PCR の結果はその一部を観察したものであることを考慮すると、これまでに考えられていたよりもファージが宿主へ及ぼすインパクトはさらに大きいかもしれない。

以上から推察されるファージ感染の日周性を次に示す。宿主の光合成が始まると、ファージ遺伝子の転写が開始され、その 6-9 時間後に、成熟したファージ粒子が形成される。その後、娘ファージが放出されるが、そのほとんどが *M. aeruginosa* コロニー内にとどまり、一部のわずかな娘ファージが夕方から夜間にかけて徐々に湖水中に放出される。湖水中に放出された娘ファージは、次の感染のための吸着、懸濁物への付着、捕食により湖水中より除去される。

本間 隆満 (福井県立大学・海洋生物資源学部, 株式会社建設環境研究所)

片岡 剛文 (福井県立大学・海洋生物資源学部)

中野 伸一 (京都大学・生態学研究センター)

近藤 竜二 (福井県立大学・海洋生物資源学部)

## 1. はじめに

Microcystis属によるアオコは、同一の湖沼においても様々な形態種によって形成され、その中には有毒株と無毒株が混在することが知られている。これらの組成は時空間的に変動するものの、その挙動を支配する要因については十分に解明されていない。近年、片岡らは本邦の様々な湖沼から採取されたMicrocystis分離株が16S-24S rDNA-ITS領域の塩基配列に基づき、形態種及び有毒・無毒株と関連する4つの遺伝子グループに分けられることを明らかにした。さらに、彼らはそれぞれの遺伝子グループに特異的なプライマーを用いた定量PCR法を開発した(片岡ら, 本講演集)。本研究では遺伝子グループの異なるMicrocystis分離株を段階的に窒素、またはリン濃度を改変したBG-11培地で混合培養し、分離株ごとの増殖応答を定量PCR法によって計測することで、Microcystis属の遺伝子グループ組成に及ぼす栄養塩濃度の影響について検証した。

## 2. 材料と方法

培養実験にはグループ1に属する無毒株NIES98と有毒株NIES298, グループ3と4にそれぞれ属する無毒株NIES112および有毒株NIES102を選択した。各分離株は窒素3.5mM, リン0.23mMを含む改変BG-11培地で25°C, 16時間明 ( $34 \pm 5 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )・8時間暗の明暗周期で10日間前培養した後、段階的に窒素またはリン濃度を調整した改変BG-11培地400mLに各株の細胞密度が $1.0 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$  (計 $4.0 \times 10^4 \text{ cells mL}^{-1}$ )となるように接種した。全ての培地は前培養と同じ条件下で24日間行い、培養液を一週間に3回の頻度で採取した。採取した培養液中のMicrocystis細胞は光学顕微鏡下で総細胞密度を計測するとともに、キサントゲン酸バッファーを用いた

化学的細胞破碎法(XS法)によりDNAを抽出した。XS法で抽出したDNA試料を鋳型に遺伝子グループ、及び有毒株を識別するプライマーを用いた定量PCR法によって分離株ごとの細胞数変化を計測し、それぞれの対数増殖期の比増殖速度と最大細胞密度を求めた。

## 3. 結果と考察

窒素とリンの双方の混合培養実験において培地中の初期栄養塩濃度と各分離株の最大細胞密度は正の相関関係を示した。しかし、培地中の初期栄養塩濃度に対する最大細胞密度の傾きは分離株間で異なっていた。その一例として、初期窒素濃度と分離株ごとの最大細胞密度の関係を図1に示す。グループ1に属する無毒株NIES98は初期窒素濃度に対する最大細胞密度の傾きが大きく、窒素濃度に対する増殖応答の感受性が他の株よりも高いといえる。この結果は、現場における窒素濃度の変化が、特にNIES98のような高い感受性を有する株に影響を与えることによって、遺伝子タイプの群集構造や有毒株の割合を大きく変動させている可能性を示唆する。

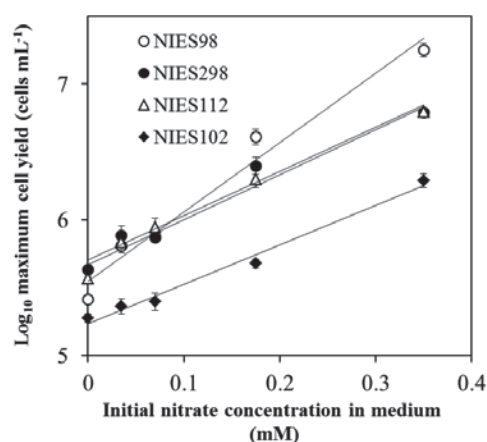


図1 改変BG-11培地中の初期窒素濃度と各分離株の最大細胞収量との関係。エラーバーは標準偏差を示す(n=3)。

福島慶太郎（京大フィールド研）・境優（京大地球環境学堂）・徳地直子・長谷川敦史・西岡裕平・藤井弘明（京大フィールド研）・高柳敦（京大院・農）

### 1. はじめに

森林から流出する渓流水は、降水から溪流に至る過程で植物-土壌-岩石という森林生態系の主要な構成要素すべての影響を受ける。したがって、渓流水質を測定することで、森林生態系の物質循環の特徴や生態系機能を評価することが可能である。なかでも $\text{NO}_3^-$ は植物や土壌生物の養分として重要であり、窒素が植物の成長の制限要因となっている森林生態系では、植物の成長期・休眠期に合わせて渓流水中の $\text{NO}_3^-$ 濃度が変化することが知られている。

近年、日本各地の森林でニホンジカ(*Cervus nippon centralis*, 以下シカ)による下層植生の過剰な採食が問題視されている。シカ採食圧が高まることに伴い、森林下層植生の多様性の減少や種構成の不可逆的改変を招く。森林生態系において下層植生は、林冠を形成する木本植物と比べてバイオマスが少ないものの、木本植物の生えていないギャップや溪流沿いにも高密度に存在して土壌を被覆する。そのため、雨滴衝撃からの保護や養分保持など生態系機能に対して無視できない役割を担っていると考えられる。したがって、シカによる下層植生の喪失は、物質循環や渓流水質に少なからず影響を与える可能性があるが、研究例が少なくいまだ明らかにされていない。

本研究に用いた調査地では、集水域全体を防鹿柵で囲ったため、下層植生の喪失・回復が渓流水質に与える影響を評価できる。本研究では、防鹿柵を設置した集水域と設置していない対照集水域において渓流水質を比較し、防鹿柵設置後の下層植生回復効果を明らかにすることを目的とした。その際、渓流水中の $\text{NO}_3^-$ 濃度の季節変化に着目して下層植生の消長の影響を把握するとともに、蒸発散等でも水質が変化することから、Cl濃度を指標として蒸発散効果の影響を考慮した。

### 2. 材料と方法

本研究は、京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林に設置された防鹿柵で囲まれた13haの集水域と、隣接する19haの対照集水域で行った。両集水域の末端と、集水域内の支流4か所の計5か所ずつで、2006年7月から月に1度の頻度で溪

流水を採取した。現場で孔径0.45  $\mu\text{m}$ フィルターで濾過したものをポリボトルに採取し、Cl、 $\text{NO}_3^-$ 濃度をイオンクロマトグラフィで測定した。相川ら(2002)による芦生研究林の主要木本植物の展葉・落葉フェノロジーの結果から、成長期を5月~10月、休眠期を11月から翌4月までとして成長期・休眠期間中の水質の平均値を算出した。

### 3. 結果および考察

防鹿柵を設置した直後の2006年から2007年の1年間では、防鹿柵設置集水域・対照集水域間で渓流水 $\text{NO}_3^-$ 濃度に違いが認められなかったが、2007年以降差が認められるようになった。 $\text{NO}_3^-$ 濃度をCl濃度で除することで、 $\text{NO}_3^-$ 濃度の季節変化から蒸発散の影響を除いて植物の養分吸収の効果を抽出した場合でも、成長期に低く休眠期に高い傾向を示した(図1)。このことから、植物の養分吸収に合わせて渓流水質が変化していることが示唆された。前述の通り防鹿柵設置以降、防鹿柵設置集水域で下層植生が徐々に回復し続けている。したがって、防鹿柵設置集水域において、防鹿柵設置後から下層植生による養分吸収が増加したことによって、渓流水の $\text{NO}_3^-$ 濃度が低下したことが考えられる。下層植生のバイオマスは、林冠を形成する上層木に比べるとわずかではあるが、土壌からの養分吸収を介して渓流水質に影響を与えることが示された。

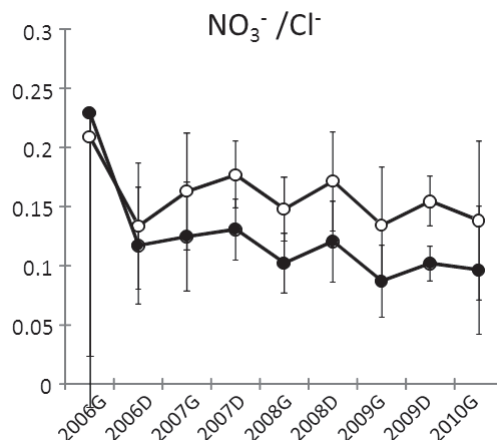


図1 防鹿柵集水域(●)・対照集水域(○)末端の渓流水 $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ 比。各年Gが植物成長期、Dが休眠期。エラーバーは期間中の平均に対する標準偏差。

\*吉村真由美（森林総合研究所・関西支所）

## 1. はじめに

鹿は、植生・節足動物・脊椎動物・土壌などに直接的かつ間接的に十分な影響を与えうる生き物である。現在、ヨーロッパ・北アメリカ・ニュージーランドなど様々な国で鹿の個体数が増加しており、増えすぎた鹿による森林生態系への影響が問題となってきた。日本においても増えすぎた鹿による樹皮食害によって森林の更新が妨害されている。

ササは鹿の食害の影響をあまり受けないので、日本の森林の下層植生として広範囲に広がる優占種となっている。また、ササの繁茂は、土壌に存在する樹木種子への光の供給を遮断するため、森林更新妨げの要因の一つになっている。しかし現在、いくつかの森林において、近年急速に個体数を増加させ高密度になった鹿による食害を受けて、樹木被害だけでなくササの現存量も減少している。

大台ヶ原にも高密度で鹿が生息しており、推定個体数は1 km<sup>2</sup>あたり17.5から30.9個体とされている。大台ヶ原は標高1300mから1695mあり、森林は常緑針葉樹や落葉広葉樹で構成されている。湿度が高く、しばしば深い霧に覆われ、6月から10月の月平均気温と降水量は、それぞれ12.1°C、462.2mm（2006年）である。大台ヶ原の植生は階層的森林およびコケ類から成り立っていたが、約50年ほど前、台風による下層樹木及びコケ類の破壊が起こったため、ミヤコザサ *Sasa nipponica* やスズタケ *Sasamorpha borealis* (Hack) が優占する下層植生が形成された。しかし、増えすぎた鹿 (*Cervus nippon centralis*) の食害によるササ植生の破壊が起こっており、ササの現存量は大きく減少している。大台ヶ

原の中を流れる溪流の溪畔もササで覆われていたが、今ではほとんど見られなくなっている。

溪流にすむ水生昆虫にとって溪畔林の発達は重要である。溪畔からの栄養分は幼虫の成長や群集に影響を与える。大台ヶ原を流れる溪流の溪畔のササがほぼ消滅してしまった現在、ササの根茎は残ってはいるが景観上の溪畔植生は均質化してしまっている。これらの場所での水生昆虫群集がどのようなものであるのか調べた。

## 2. 方法

大台ヶ原の中を流れる東ノ川の、主にスズタケを下層植生に持つ（持っていた）群落の流域とミヤコザサを下層植生に持つ（持っていた）群落の流域において、水生昆虫群集を採集し、各流域での現存量を比較した。

## 3. 結果と考察

水生昆虫群集は主にスズタケを下層植生に持つ（持っていた）流域とミヤコザサを下層植生に持つ（持っていた）流域において異なっていた。この違いは下層植生のみならず、樹高の影響も含めた群落構成の違いによってもたらされたものと考えられる。



## 照葉樹林の溪流の水質の季節変動と水生昆虫

\*林 裕美子 (てるはの森の会)、高木 正博 (宮崎大・農)、程木 義邦 (京大生態学研究センター)、大林 夏湖 (京大生態学研究センター)、村上 哲生 (名古屋女子大)

## 1. はじめに

日本の西南部に分布する暖温帯性常緑広葉樹林 (照葉樹林) では、落葉は主に初夏 (常緑樹) と晩秋 (落葉樹) に見られる。周辺の森全体の木が葉を落とすわけではないので、照葉樹が優占する地域の溪流は、冬でも鬱蒼と茂る森から流れ出てくる。

河川の最上流部では、森林から供給される落ち葉が河川生態系のエネルギー源として重要であると言われている。秋に木々が葉を落として川へ供給されるために、冬季に水生昆虫は餌を豊富に利用でき、密度が高くなるとも考えられている。しかし冬季に溪流へ落ち葉を供給するのは落葉樹である。落葉樹林とは落ち葉供給の時期が異なる常緑の照葉樹の森の溪流では、水生昆虫の構成や密度の季節変動がどのように異なるかを調べた。

## 2. 調査地と方法

宮崎県綾町の綾南川と支流の多古羅川沿いには、急峻な斜面に照葉樹林と針葉樹林がモザイク状に分布する (詳細は Hayashi et al. 2011 参照)。ここから流れ出る溪流の中から、集水域の面積は似通っているが照葉樹林の比率が異なる溪流を選び (綾南川沿い 2ヶ所 6%・78%、多古羅川 3ヶ所 40%・63%・97%)、水温 (綾南川毎時)、pH・EC・栄養塩濃度 (綾南川 1ヶ月ごと、多古羅川 3ヶ月ごと)、水生昆虫の底生密度 (25×25cm サーバネット、同定は属あるいは科まで) の季節変動 (綾南川 1ヶ月ごと、多古羅川 3ヶ月ごと) を調べた (綾南川 2006–2009、多古羅川 2008–2009)。また、サーバネットのサンプル中の水生昆虫を数え終わったあと、落葉落枝を乾燥させて重量を測定した。

## 3. 結果

綾南川沿いの溪流で 3年間測定した水温は、北斜面にある照葉樹林率 6%の溪流の方が夏に 0.5~1°C 低く、冬に 1~2°C 高いという結果が得られた。

pHは 6.8~7.4、ECは 3~7.1 mS m<sup>-1</sup>、総窒素量は照葉樹林率が高いほど低い傾向が認められ (範囲 60~600 μg L<sup>-1</sup>)、総リン量は年間を通して極めて低い値 (10 μg L<sup>-1</sup>前後) を示した。その他のほとんどの栄養塩は照葉樹林率の違いや季節によって濃度に大きな変動は見られなかった。

水生昆虫の底生密度 (総数) は、いずれの集水域においても、6月から 11月の時期に少なく、12月

から 5月にかけて多くなるという季節変動がみられた。

綾南川沿いでは照葉樹林率が高い方の溪流では冬から春にかけて Chironomidae spp. の密度が高くなる傾向があり (1800~2200 個体 m<sup>-1</sup>)、照葉樹林率が低い方の溪流では冬から春にかけて *Ecdyonurus* spp. の密度が高くなった (1000~4000 個体 m<sup>-1</sup>)。多古羅川沿いでも Chironomidae spp. の密度が冬から春にかけて高くなる傾向は認められたが、照葉樹林率とは相関がなかった。*Ecdyonurus* spp. は、多古羅川沿いでも照葉樹林が 97%の溪流では密度の季節変動はみられなかったが (200~300 個体 m<sup>-1</sup>)、63%と 40%の溪流では、年間を通して密度は高いが 11月に減少するという傾向がみられた (高い時期 600~1000 個体 m<sup>-1</sup>、低い時期 200~300 個体 m<sup>-1</sup>)。

サーバネットでサンプリングすると、砂や礫の隙間にある落ち葉や小枝の破片なども採取される。綾南川沿いでは、年間を通じて照葉樹林率が高いほうの溪流で乾燥重量が多い傾向が見られたが、多古羅川沿いではそのような傾向は認められなかった。水生昆虫の密度が落葉落枝の量と相関しているという傾向も認められなかった。

## 4. 考察

底生の水生昆虫は、集水域の照葉樹林占有率に関わらず総数に大きな差異はなく、6月から 11月に少なく、12月から 5月まで多いという季節変動を示した。照葉樹林では初夏にも落葉がみられることから、水生昆虫は、夏の落ち葉を利用した生活型をとっているかもしれないと期待したが、そのような傾向は認められなかった。この時期は雨量が多くなるために流量が増えて落ち葉が流されてしまい、底生昆虫が利用できない可能性がある。

*Ecdyonurus* spp. は、集水域の照葉樹林率が低いと、底生密度が大きな季節変動を示す傾向が認められたが、栄養塩濃度、デトリタスの量などとは相関がなかった。冬季の水温が高いことが関係している可能性が考えられるが、本研究では詳細を明らかにすることはできなかった。

Hayashi, Y., Takagi, M., Kodera, K., Kuraji, K., Murakami, T. (2011). Factors affecting long-term reduction in river flow in a large forested catchment in Aya, Miyazaki Prefecture, Japan. *Hydrological Research Letters* 5, 21-26.

## 流域特性と河川の水文・水質情報が底生動物群集 に及ぼす影響に関する研究

\*小川隆文(名古屋大学工学研究科), 田代喬(名古屋大学環境学研究科), 辻本哲郎(名古屋大学工学研究科)

### 1. はじめに

本研究は、河川、流域に特徴的な生物群集を流域・河川特性との関係から系統的に理解することを目的とした。河川順流部における底生動物群集に着目してその群集組成を類型化することにより考察する。

### 2. 材料と方法

対象河川は、愛知県を流れる庄内川 (S)、矢作川 (Y)、豊川 (T) とした。国土交通省の河川環境データベースから、分類群ごとの個体数情報が存在する近年の底生動物調査データを取得して用いた。水生昆虫が羽化に伴って個体数を季節的に急変させる現象に着目し、これに副った挙動を示す年度を各河川における代表データとして選定した。さらに抽出したケースの個体数(各ケースごとに Z 得点に変数変換)を用いて、クラスター分析(ウォード法, 平方ユークリッド距離)を行い、季節的な変化を考慮した地点のグループ化を試みた。河川の水文・水質情報について、流量データは国土交通省中部地方整備局より提供いただき、水質情報は水文水質データベース(国土交通省河川局), 日本河川水質年鑑((社)日本河川協会)から取得した。流域特性については、国土数値情報(国土交通省国土計画局), 数値地図 50m メッシュ(標高)(国土地理院)と 20 万分の 1 日本シームレス地質図(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2010)をもとに, ArcView9.2 (ESRI ジャパン社)により抽出した。

### 3. 結果と考察

各河川において、分類群の個体数を変数とする主成分分析を実施したところ、矢作川は 99 年度、豊川は 98 年度、庄内川は 93 年度のデータが選定された。これらを対象としてクラスター分析を行い、季節変化を踏まえてグループ化したところ、表-1 のように I ~ IV にグループ化できた。

底生動物の分類群組成から Shannon の多様度指数、

表-1 底生動物組成から見た調査地点のグループ分け

I	II	III	IV
Y.St.2	T.St.2	S.St.4	S.St.2
Y.St.3	T.St.3	S.St.5	Y.St.4
	T.St.4	S.St.6	
	T.St.5		

EPT (カゲロウ・カワゲラ・トビケラ目) の個体数、種数占有率、摂食機能群の各占有率について、季節とグループを要因とする二元配置分散分析を行った。その結果、I において EPT 個体数や破碎食者の季節的な変動に有意性が確認された一方、他グループと比べ、刈取食者の割合は総じて小さく、顕著な差が見られた。II では多様度、EPT 個体数、破碎食者、刈取食者、採集食者において、季節的に有意な変動が確認され、冬季の多様度は有意に高かった。また、他グループに比べ、EPT 種数は高い値となり、顕著な差が見られた。

流域特性(構成岩種, 土地利用, 傾斜), 水文特性(年平均比流量, 底質平均粒径, 河床勾配), 水質特性(BOD, COD, SS, DO)について一元配置分散分析と事後検定(Sheffe's *F* test)を行った。その結果、構成岩種の占める割合について、I では深成岩、II では変成岩、III では堆積岩が有意に大きく、底質粒径では III に比して I は顕著に小さかった。この関係は田代ら(2007)とも合致した。各土地利用においてグループ間に有意差は確認されなかったものの、水質では SS に有意差が検出され、BOD, COD にも顕著な差が見られたことから、相対的に I, II は良好な水質と判断された。

以上を踏まえると、従来の報告と同様、水質は底生動物群集を規定し、種の多様性、EPT 指数に見られる多様な群集組成を支持しているものと考えられた。ただし、深成岩の流域では土砂流出が活発で付着藻類が発達せず、刈取食者が生息しにくい様子が示唆されるなど、その他の要因も無視し得ないことが推察された。

## 河口域に生息するヤマトシジミと 水底の地形要因の空間パターンとの関係

\*澤田 英樹、齊藤 肇、秋山 吉寛(水研セ・水工研)

山本 圭吾(大阪環境農林水産総研)

### 1. はじめに

埋在性の底生動物にとって浮遊幼生から埋在生活へと移行する着底期は、親個体の分布を決定する重要な時期であるが、着底は水底の物理的環境によって大きく左右される。例えば、浮遊幼生は着底に際して水底付近に沈降するが、水底付近の乱流などによって幼生が底質とともに攪拌されること、また着底に適した底質の有無等に起因するといわれる。しかし、そのような水底直上の物理的環境を詳細に把握するのは非常に困難である。さらに河口域においては、潮汐による海水の影響や上流からの出水などにより、連続的、不規則に環境が変動する。

本研究では、そのような計測困難な複数の環境要因に対する代理変数 (surrogate) として、比較的安定で情報の得やすい水底の地形要因に着目した。地形要因として水底の標高 (TP)、勾配、水底表層土の粒度組成を対象とし、ヤマトシジミ *Corbicula japonica* (以下、シジミ) の稚貝および成貝の分布に関わる要因を検討した。また、河川間の環境を比較し、シジミの生息環境の違いについて考察した。

### 2. 材料と方法

平成 21 年 8 月に淀川河口域 (大阪府)、平成 22 年 8 月に吉井川河口域 (岡山県) において地形測量、生物採集および表層土の採取を行った。地形測量は VRS-RTK 式測量により、各河川の大潮干潮線から水深 1 m までの測量を 3 m 間隔で 100 点前後行い、XY 座標と標高を得た。この測線上の無作為の地点にて直径 9.6 cm 深さ 5 cm の円筒を用いて堆積物を採取し、目合 1 mm の篩いで選別し、5%中性ホルマリンで固定した。その後シジミを分別し、殻長を計測した。底土については表層 1 cm を採取し、レーザー一回折式粒度分布測定装置 (島津製作所、SALD-3100) を用いて粒度組成を求めた。各河川ともに泥

分率に対して中央粒径値、淘汰度の相関が高かったため、泥分率により両変数を代表させることとした。水底の標高、勾配、泥分率を説明変数、シジミの個体密度を応答変数とし、誤差構造を負の二項分布、リンク関数を log とした一般化線形モデルにより行い、赤池情報量規準 (AIC) を基に最適なモデルを選択した。

### 3. 結果・考察

シジミの殻長計測の結果をコホート解析し、11.5 mm 以下の稚貝とそれ以上の大型個体に分けた。地盤高は標高と各河川河口付近の平均潮位との差で補正した。淀川の結果に基づいたモデルでは、調査範囲の水深に限れば深くなるほど稚貝の個体密度が大きくなる傾向がみられた。また、泥分率を除き交互作用を考慮したモデルからは、水深が浅く (標高 0.350 m 以浅) 勾配の強い場所で、または水深が深く (標高 0.350 m 以深) 勾配の弱い場所で個体密度が高くなる傾向がみられた。これは浅くて地形の凹凸の大きい場所で、または深くて平らな場所がシジミにとって着底後の生活に適していることを示すと考えられる。大型個体については今回の変数では適切に説明できなかった。

一方、淀川で得られたモデルを吉井川の調査地に適用すると、実際のシジミ個体数は予測モデルよりも水深の深い地点で少なくなる傾向がみられたが、勾配・泥分率に対してはモデルとの乖離はみられなかったことから、少なくとも今回扱った 3 変数のうち地盤高に起因する要因 (高塩分等) によって、吉井川と淀川のシジミ稚貝密度に差異が生じていると考えられる。

(謝辞) 本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「河口堰下流域におけるヤマトシジミの資源増大および管理技術の開発」の成果の一部である。

## 底生動物の個体群構造と遺伝的構造の変遷

\* 齋藤梨絵（信州大院・工学系研究科）・東城幸治（信州大・理・生物科学科）

千曲川は、本州中部（長野・山梨・埼玉県境）の甲武信ヶ岳に流れを発し、佐久・上田・長野・飯山と連なる盆地を流下し、新潟県域に入ると信濃川と改名され、越後平野を貫流して日本海へ注ぐ本邦最長の河川である。従来、千曲川流域の各盆地間に位置する河道狭窄部の上流側（盆地部）では、治水対策として築堤や河積確保のために河床を掘り下げた工事が進められてきた。しかしこの結果として、河道の固定化が進み、また平水面と河原（高水敷）との比高差も増大されてきた。このような河川環境の変化は河原の在来植物等に影響を及ぼし、本来の河川生態系が大きく失われている状況下にある。

このような背景下、近年では、出水などの自然攪乱のもとに成立する河川本来の自然環境の役割が見直され、河川管理のあり方を再検討しようとする気運が高まりつつある。千曲川においても、平水面と河原の比高差を小さくするような試験的な河道掘削がなされ、降雨・出水を利用した攪乱機能を高めることによって、本来の河川生態系機能を回復させる試みがなされてきた。

2006年には国土交通省により千曲川中流域の千曲市粟佐地区で、平水面と河原の比高差を小さくするような河道掘削により、降雨・出水といった自然現象を利用した攪乱機能を高める試みがなされた。そして、この試験掘削が河川生態系に及ぼす影響に関する様々な調査・研究がなされてきた。その結果、優占的植生であった外来植物種群が河原から排除され、現在では希少となった河原本来の湿地性の植生が再創出されるなど、一定の効果が認められた。また、礫河原の再生により、シギ・チドリ類などの礫河原依存鳥類の営巣も認められた。すなわち粟佐地区における試験掘削では、人為的に攪乱機能を再現することによって生物多様性の維持や外来種群の効率的排除がなされ、多様な環境が創出されるという効果が得られた。

その後、同じく千曲川中流域である長野市岩野地区、坂城町鼠地区でも試験掘削が実施された。これらの事業の成果を受けて、2011年には千曲川中流域の千曲市戸倉地区の左岸で、生態系に配慮した河道掘削を伴う「自然再生事業（国交省）」が施行された。この事業により、高水敷が切り下げられ、新たな浅瀬や水面との比高差の小さなハビタットが大規模（流路に沿って約1km）に創設された。川岸において、特定種が優占していた安定した河床環境下に、人為的な攪乱が新たに付与されたことや、高水敷の切り下げによる新たなハビタットが創出されたことで、底生動物の生息環境に大きな影響を与えたと考えられる。

本研究では、この自然再生事業により新規創出されたハビタットにおける底生動物の個体群変遷のプロセスを、底生動物種群の種多様性や遺伝的多様性の変遷を追究することにより明らかにする。

自然再生事業により、新規創出されたハビタットならびに本事業による掘削工事の影響を受けていないと考えられる対照区において、底生動物の定量採集を行った。また事業前1年間分（河道掘削以前）の対照期間においても同様の定量採集を実施した。採集した全サンプルにおいて、基本的には種レベルの同定を行い、一定河床面積あたりの個体数や現存量の変遷を追究した。また、本事業における底生動物の遺伝的構造の変遷およびその多様性の変遷を評価するために、千曲川中流域を代表する底生動物種群として、チラカゲロウ *Isonychia japonica*、マツムラヒラタカゲロウ *Epeorus l-nignus*、ヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* の3種を対象にし、ミトコンドリアDNA（COI領域）の塩基配列を比較・検討した。

\*安部 信之・帆苺 信・松本 史郎・平野 謙・富樫 繁春・伊藤 正一・  
佐藤 豊・帆苺 信夫・伊藤 章・本間 義治 (新潟河川生態研究グループ)

### 1. はじめに

保倉川は、新潟・長野県境の関田山地に源を持ち流程54km、流域面積147km<sup>2</sup>で、関川の河口から約0.5km上手で関川右岸に合流する支川である。

上・中流域は、軟弱な新第三紀層の東頸城丘陵を流れ、下流域は高田平野の低湿地で激しく蛇行していたが、現在は、改修によって幾つかの河跡湖が残存し、青野新田地先のは遊水池として整備された。私達は、保倉川の上・中流域について2010年から2011年5月まで3回の陸水生物調査を実施した。

### 2. 調査定点と方法

定点は、関川との合流点から上手44kmの菖蒲地先に定点1、35kmの大島に定点2、25kmの小谷島に定点3、10kmの遊水池を定点4とし、観測と採集を行った。観測は、従前通りで(気温、水温、pH、DO、EC、透視度、流速)、さらに採水試料でBOD、COD、クロロフィルaを測定した。藻類(採水と石面付着物)、プランクトン、底生動物(コドラート)、および魚類(たも網、投網、もんどり)を採取し、種の同定や数量算出を行った。また、魚類は消化管内容物を検索した。

### 3. 結果と考察

河川形態は、定点1がAa型、定点2と3がAa-Bb移行型で、合流点から上手12km~20km付近がBb型、その下手は底質が砂泥のBc型であり、合流点付近は感潮帯となっている。定点4の遊水池は、深さ約1mで底質は砂泥であった。

水質は、本川のpHが6.67~7.78でほぼ中性、ECが50.24~149 $\mu$ S $\text{cm}^{-1}$ 、透視度が2010年に50cm以上であったが2011年5月雪解けの出水時に12~26cmと低値を示した。河跡湖は、透視度が20.5cm~38cmと低値であったがクロロフィルaが高値なので植物プランクトンの増殖によるものと推定された。

#### 生物相

**プランクトン** 保倉川は灌漑面積が小さく、堰も規模の大きなものか無いため、流下水中の藍藻・緑藻・原生動物などの微小生物はごくわずかしか認められず、極

めて貧弱であった。珪藻類は、付着・採水試料ともに定点ごとと採集日ごとに変動が大きかった。

遊水池の植物プランクトンは、珪藻類の *Aulacoseira italica* が優占し、浮游性の藍藻類、*Dinobryon* などの鞭毛藻、緑藻類がそれに混じり、種数、細胞数ともに多かった。動物プランクトンは、小型のワムシ類が優占し、夏場には大型のカイアシ類 *Eodiaptomus japonicus* も多く見られ、動物・植物ともに平地の溜池プランクトン相を示した。

**底生動物** 3回の調査で得られた底生動物は55種797個体で、新潟県内における同規模の河川と比較して少なく、底生動物相は貧弱であった。各定点で採集された種類数は9~22種、個体数は32~151個体で、各定点や季節により大きな差異が認められた。これらを摂食機能群から見ると、カミムラカワゲラ・フタタマダラカゲロウなどの捕食者が最も多く、特に定点3の2011年5月21日に多かった。新潟県内の河川で優占種を形成するヒゲナガカワトビケラやウルマーシマトビケラなどの濾過食者は少なかった。

**魚類** 保倉川からの捕獲種類数は、10種と少なかった。捕獲個体数ではウグイ、シマドジョウ、カジカ大卵型が多く、これら3種が上・中流域における主要種と目された。遊水池では、モツゴとブルーギルが目立った。

ウグイは雑食・広食傾向、カジカは水生昆虫専食で、シマドジョウは小型の水生動物食であった。遊水池のブルーギルは各時期ともおもにユスリカ類を捕食していたが、タモロコは動物プランクトンを摂っており、モツゴの消化管内にはコケムシの休芽を含む外皮の破片が入っていた。

### 4. まとめ

今回の調査の結果、保倉川の陸水生物相は、新潟県内における同規模の河川と比較して貧弱であった。これは、集水域が狭く、軟弱な新第三紀層の地滑り地帯のため、河床が不安定であることも一因であると思われる。

また、調査回数が少ないことから、その全貌を把握するに至らず、今後も継続して調査する予定である。

## P24 土地利用による河川の資源バランスと藻類群集の律速要因の変化

\*石川聖（山梨大・医工），岩田智也（山梨大・医工），青山隼人（北大・環境）

### 1. はじめに

集水域の土地利用は、河川生物の成長律速要因を変化させる可能性がある。例えば、農地からは過剰の窒素（N）が、市街地からはリン（P）が流出し、河川の N/P 比が土地利用によって変化することが知られている。N/P 比の高い農地河川では、河川生物は P 律速となり、N 取込み速度が低下する可能性が高い。一方で、低 N/P 比の河川では N 律速となり、P 取込み速度が低下すると考えられる。しかし、土地利用が河川に及ぼす景観化学量論的な効果については、十分にはわかっていない。そこで本研究は、土地利用が河川の資源バランスと藻類群集の律速要因に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、野外操作実験を行った。

### 2. 材料と方法

野外実験は、富士川流域の土地利用（森林、農地、市街地）および河川サイズ（小：1-2次、中：3-4次、大：5-6次河川）が異なる計27河川で行った。各河川では、アガロース培地に栄養塩を添加した栄養塩拡散基質（NDS；N区、P区、N+P区、対照区）を設置し、約3週間後にNDS上に定着した藻類の現存量（Chl.a, Chl.bおよびChl.c濃度）を測定した（図1）。各河川の律速栄養元素は、栄養塩添加に対する藻類群集の応答の有無と応答比により識別した。

### 3. 結果と考察

流域の土地利用は、河川の資源バランスを変化させていた。水系全体で N/P 比は高く、とくに農地・森林の小河川で高い傾向を示した。さらに、土地利用は光（I）と栄養塩のバランスも変化させていた。小河川は全般に I/P 比が低く、森林の小河川で

は I/N 比も低かった。これは、農地・市街地で P 濃度が高いこと、また森林の源流河川では樹冠で光が遮られることが原因である。

光：栄養塩比の変化に対する藻類の応答特性を評価したところ、Chl.bやChl.cはI/N比やI/P比の高い河川で栄養塩添加に応答する傾向が見られた。このことは、光と栄養塩のバランスが藻類群集の生長律速要因を変化させていることを示している。とくに、農地や市街地の小河川では過剰な窒素やリンの流入により、相対的に不足する光が律速要因になっていると考えられた。

### 4. まとめ

本研究により、土地利用が資源バランスを変化させることで、藻類群集の律速要因を変化させることが明らかとなった。とくに小河川では光：栄養塩比の低下により、光律速となった藻類群集が炭素不足に陥っている可能性がある。景観構造の変化に伴う光と栄養塩の化学量論的影響を考慮することが、河川生態系の栄養塩動態の理解に重要である。

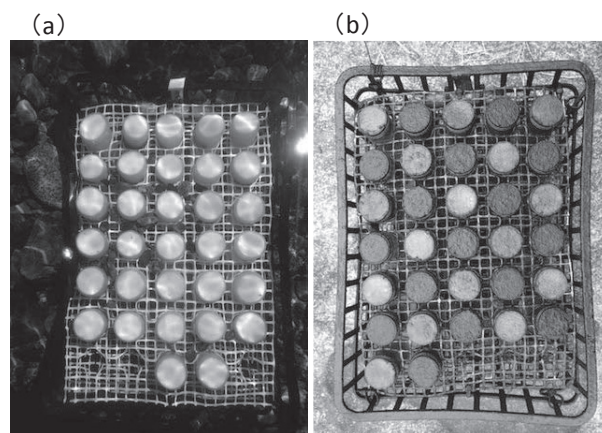


図1. 栄養塩添加に対する藻類の応答。培養開始時 (a) および終了時 (b) における NDS の写真を示した。

\*西村心太郎， 河合幸一郎， 今林博道（広島大学大学院 生物圏科学研究科）

### 1. はじめに

河川の環境評価の際の指標生物としてユスリカは有用であるとされている。しかし、採集したサンプルを飼育して得られる成虫は種、個体数共に限られており環境中のユスリカ群集を正確に反映しているとは言い難いのが現状である。そこで本研究では、環境評価に応用していくための基礎としてより多くのユスリカを羽化させることが出来る飼育方法について検討した。

### 2. 材料と方法

サンプルは河川上流部で採集し、クーラーボックスに入れてエアレーションしながら持ち帰った。サンプルの内1つはホルマリン固定して幼虫の同定用とし、他は飼育実験に用いた。

飼育実験では投込み式ろ過器を入れるだけの従来の飼育方法と、ろ過器を改良したもの、エアレーションを強化したもの、ろ過器とエアレーションの強化を組み合わせたものについて1ヶ月間飼育し羽化したユスリカの種数、個体数を比較した。また、ろ過器の改良とエアレーションの強化のどちらがよりユスリカに影響を与えるかについて同様に1ヶ月間の飼育実験を行ったほか、室温で飼育したものと人工気象器内で15℃に保ち飼育したものについても比較した。

### 3. 結果

通常の飼育方法と比べて、改良した飼育方法のほうが羽化するユスリカの種数、個体数共に多くなった。また、ろ過器の改良とエアレーションの強化ではエアレーションを強化したほうが羽化するユスリカの種数、個体数が多くなった。水温による違いを見たものでは、15℃に保ったものの方が羽化個体

数が多くなった。幼虫のままホルマリン固定したものは亜科レベルまで分類を行ったが、エリユスリカ亜科やヤマユスリカ亜科の幼虫が得られるにも関わらず、飼育実験ではほとんど羽化が見られなかった

### 4. 考察

今回の実験でエアレーションの強化と低水温での飼育がユスリカの飼育に有効であると判断された(図1)。エアレーションの効果は環境が悪化しがちな水槽底部の水を攪拌し酸素を豊富に含む水を幼虫に直接供給出来たことによるものではないかと考えられる。また、15℃という水温は採集場所の水温に近いので、飼育期間中のユスリカ幼虫の死亡が少なかったことによるものと考えられる。幼虫が得られたものの羽化まで飼育することが困難なエリユスリカ亜科やヤマユスリカ亜科の幼虫の飼育方法に関しては、今後、餌等の他の要因についての実験を行う必要があるだろう。

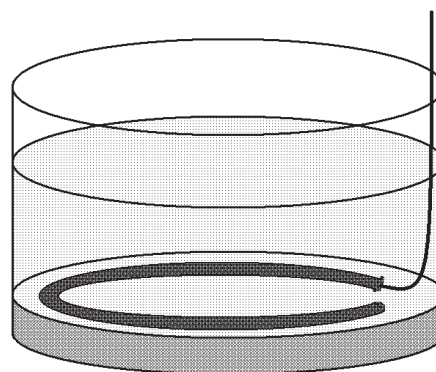


図1 新しい飼育方法  
エアレーションの強化

## 本栖湖における底生動物相（予報）

\*平林公男, Zhenghai FU (信州大・繊維・応用生物), 吉澤一家 (山梨県衛生環境研),  
吉田雅彦 (山梨県立大・人間福祉), 風間ふたば (山梨大・工)

### 1. はじめに

本栖湖（北緯 35° 28′ 東経 138° 35′ 海拔高度:900.5m, 湖岸線長:10.4km, 面積:4.83km<sup>2</sup>, 最大深度:122.1m, 平均深度:67.9m）は、富士五湖の中で最も深い湖で、最西端に位置する。流入・流出河川は無く、富士山麓の広大な溶岩地域からの伏流水が湖内の水量を維持していると言われている（田中 1922）。田中（1992）によると、湖沼型は貧栄養湖に分類されている。

本栖湖における底生動物相については Miyadi（1932）、北川（1973）、安野ら（1983）の報告があるが、近年の本栖湖の底生動物相の深度別分布や個体数の季節変化などについては、ほとんど知られていない。本報告では本栖湖における底生動物相、特にユスリカ類について、湖内の水深別分布とその生息密度を明らかにすることを目的として、2010年3月に予備的な調査を行ったので、その概要について報告する。

### 2. 調査方法

調査は2010年3月1日に行った。調査地点は本栖湖の南西部に合計3地点を設定し（水深38.2m, 52.7m, 66.70m; 平均水深 52.5±11.6m）、Ekman-Birge 採泥器（採集面積 15×15cm<sup>2</sup>）を用いて1地点1回の採泥を行った。試料は地点毎にサーバーネット（NGG66; メッシュサイズ 0.25 mm）で泥を除き、ネット上の残物をすべて実験室に持ち帰った。底生動物は直ちに分別を行い、動物群ごとに個体数と湿重量を計測した。ユスリカ類の同定は実体顕微鏡下で区別可能なレベルまでタクサ毎に区分後、一部の個体でプレパラート標本を作成し、同定を行った。なお、同日、湖心において透明度、水温、溶存酸素量（DO）、pHを5m毎に垂直的に観測した（最大、水深80mまで）。

### 3. 結果および考察

湖心における透明度は 13.6m で、表層の水温は 6.8°C、DOは 11.2mg/L、pHは 8.0であった。最深部の80mでも水温は 6.0°C、DOは 10.5mg/L、pHは 7.4で表層とほとんど変化無かった。

採集 3 地点における底生動物全体の平均密度は 1,852±1,403 個体/m<sup>2</sup>で、生物体量は 2.04±0.96 g/m<sup>2</sup>であった。このうち、最も生息密度が高かったのはユスリカ類の幼虫で 1,348 ± 970 個体/m<sup>2</sup>で全体の 72.8%を占めた。次いで水生貧毛類の 489±412 個体/m<sup>2</sup>で全体の 26.4%であった。ミズムシ類 (*Asellus hilgendorfi*) も湖底から捕獲されたが、今回の調査地点の最深部 (66.7m) の地点からのみで、生息密度は 15±21 個体/m<sup>2</sup>と低かった。底生動物群集の個体数密度の深度分布は、ユスリカ類も水生貧毛類も水深が増すにしたがって高くなる傾向を示した。底生動物群集の平米あたりの生物体量も生息密度と同じ傾向を示した。

今回の調査の結果、ユスリカ類はナガスネユスリカ属の一種 *Micropsectra* sp. とカユスリカ属の一種 *Procladius* sp. の 2 種が確認された。前者の平均生息密度と生物体量は、1037±904 個体/m<sup>2</sup>（ユスリカ類全体に占める割合は 56.0%）、1.14±0.87g/m<sup>2</sup>、後者は 311±73 個体/m<sup>2</sup>（16.8%）、0.38±0.09g/m<sup>2</sup>であった。両種共に水深が増すにしたがって個体数密度が高くなる傾向を示し、*Micropsectra* sp. では 66.7m で 2311 匹/m<sup>2</sup> と最大であった。

1973年3月に調査された北川の調査研究結果と今回の調査結果とで、生息密度を比較すると、*Micropsectra* sp. は 5.5 倍に、水生貧毛類は 18 倍に増加していた。山梨県（2009）のデータによれば、本栖湖の水質は 1970 年代より大きな変動は示しておらず、横ばいの状態であり、富栄養化指数 TSI(Tr) の変動も大きな変化を示していない。

今後、湖内全域にわたる調査を実施することにより、湖内全体における底生動物相の実態を明らかにしていきたいと考えている。



\*上野 隆平, 高村健二, 今藤夏子 (国立環境研)

## はじめに

霞ヶ浦におけるユスリカ属 *Chironomus* に属するベントスの優占種は「オオユスリカ *Chironomus plumosus*」として記録されてきた。世界各地の富栄養湖からも *C. plumosus* が優占種として記録されており、湖沼類型の一つとして“*plumosus* 湖”なる概念があるほど重要な種である。ところが、近年、唾腺染色体の染色パターンに基づく種の記載が進められた結果、成虫の形態で *C. plumosus* と区別がつかない近縁種が多数記載されることとなった。唾腺染色体は成虫では失われるため、幼虫でないと種が同定できないという奇妙な事態になっている。日本においても Golygina ら(2003)により、諏訪湖およびつくば市内にある国立環境研究所(以下、国環研)内の池に産する「オオユスリカ」が *C. suwai* として新種記載されており、日本各地から *C. plumosus* として記録されているユスリカについても、その素性について再検討が必要である。

本講演では、霞ヶ浦およびつくば市にある国環研内の池に産する「オオユスリカ」の形態および遺伝子の塩基配列について、すでに記載されている *C. plumosus* および近縁種の形態およびデータベースに登録されている塩基配列データと比較した結果について報告する。

## 方法

霞ヶ浦および国環研の池の湖底から幼虫を採集した。成虫は霞ヶ浦沿岸の陸上で捕虫網により採集した。成虫または幼虫の標本は凍結するか99.5%エタノール中に保存した。これらの標本について、1個体ずつ標本の写真を実体顕微鏡下で撮影し、形態による同定に必要な部位を除去し、残りの部分を遺伝子の解析に用いた。外部形態は光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡で観察した。遺伝子の解析は、QIAGENのキットでDNAを抽出し、Folmerら(1994)のプライマーを用いたPCRによってCOI(チトクロームオキ

シダーゼサブユニットI)領域を増幅し、シーケンサで塩基配列を決定した。

## 結果と考察

外部形態については、雄成虫の交尾器の形態、前脚付節に長い剛毛を密生する点、幼虫の腹下唇板の外面前側部に皺のような凹凸がある点、幼虫の腹下唇板内面の線条が腹下唇板前縁まで延びている点等から、オオユスリカまたは近縁種(Ryser ら(1983)の *plumosus*-group) であることが明らかであった。*plumosus*-group の種は成虫・幼虫ともに外部形態で種を識別する方法は今のところなく、霞ヶ浦産および国環研産の標本も、外部形態の特徴は *C. plumosus* として報告されている記載に合致しており、固有の形態的特徴は見つかっていない。

COI 領域の塩基配列について、*Chironomus* 属のヤマトユスリカ、ホンセスジユスリカ、外国産の *C. plumosus*、*C. borokensis*、*Chironomus* に比較的近縁なセボリユスリカ属、ホソミユスリカ属、ミナミユスリカ属の標本から得られた塩基配列およびデータベースに登録されている *C. suwai* を含む *Chironomus* 属数種の塩基配列データと比較した結果、今回分析した霞ヶ浦および国環研のユスリカの塩基配列はすべて一致し、既知の種の中では *C. borokensis* に最も近く、次に外国産の *C. plumosus* に近かった。データベースの *C. suwai* の塩基配列とは明らかに異なっていた(416 bp 中 12%の相違が見られた)。

今後、可能であれば唾腺染色体の染色パターンについても調査する。

## 文献

- Folmer, O. et al. (1994): Mol. Mar. Biol. Biotechnol., 3(5): 294-299.  
 Golygina, V.V. et al. (2003): Aquat. Insects, 25(3): 177-189.  
 Ryser, H.M. et al. (1983): Rev. Suisse Zool., 90(2): 299-316.

## 異なる環境に生息するフサカの体内脂質組成

山本鎔子, 大高明史 (弘前大), 岩船敬 (FAMIC),  
野原精一 (環境研) 福原晴夫 (新潟大), 平林公男 (信州大)

### はじめに

高度不飽和脂肪酸は、専ら植物により合成され、動物体内では合成されないため外部から摂取して得るといわれている。これらの不飽和脂肪酸は、体内の貯蔵物質、エネルギー源やホルモンの基質として重要であるが、昆虫では季節により食物源の種類や、生息場所の温度変化により大きく影響を受けることが指摘されている。

本報告では、水生昆虫のフサカの体内脂質組成を調べ、動物体内では合成されないとされている高度不飽和脂肪酸の有無および餌との関わりについての検討を試みた。

### 材料と方法

フサカは群馬県尾瀬ヶ原中田代の池塘、山梨県四尾連湖、青森県十二湖湖沼群の理釜池から終齢幼虫を採取した。体長（頭殻先端から肛門鰓までの長さ）を測定したのち体内の糞を十分排出させ全脂質を抽出した。抽出した全脂質の脂肪酸組成はガスクロマトグラフ分析装置を用いて測定した。各脂肪酸の標準試薬はフナコシ薬品(工業)製の試薬により、リテンションタイムとピーク面積の比較から同定と定量を行った。

### 結果：体内脂質

3湖から採集した各フサカの主な脂肪酸は、飽和脂肪酸ではC16:0 (パルミチン酸, 14-19 mol%), モノ不飽和脂肪酸ではC18:1n-9 (オレイン酸, 11.5-20 mol%), 高度不飽和脂肪酸ではC20:5n-3 (エイコサペンタエン酸, 15-25 mol%) であった。何れの湖沼のフサカも高度不飽和脂肪酸含量は飽和脂肪酸

量を上回り、とくに理釜池ではn-3系の高度不飽和脂肪酸C20:5が約25mol%, C18:3が13 mol%存在した。またC22:6n-3 (ドコサヘキサエン酸)が検出され、n-3系高度不飽和脂肪酸はn-6系高度不飽和脂肪酸に比べ多量に存在している。n-3/n-6比は1より大きく、理釜池では3.8の値を示した。さらに理釜池のフサカではC18:3n-3 (約13mol%)が他の湖沼(尾瀬6mol%, 四尾連湖, 6-9mol%)に比べ大きな値であることが特徴的であった。

### 底泥の脂肪酸組成

底泥の主な飽和脂肪酸はC16:0 (23~30 mol%), モノ不飽和脂肪酸ではC18:1 (10-25 mol%), 高度不飽和脂肪酸ではC18:2n-6であったが、フサカ体内において多量に検出されるC20:5n-3は底泥では(1.2~4.6 mol%)といずれの湖沼においても高い値ではない。n-3/n-6比は尾瀬池塘の底泥では1より高い値を(1.5~1.6)示すが、四尾連湖、理釜池では1以下の値であった。

### 考察

フサカの生息する底泥にはC20高度不飽和脂肪酸が少なく、またフサカの餌になる可能性のある動物プランクトンあるいは植物プランクトンは各湖沼により著しく異なるにもかかわらず、体内の脂肪酸組成に大きな差はみられない。他の水生昆虫で示されるように、フサカの脂質の生合成は、モノ不飽和脂肪酸C18:1からC18:2n-6を経てC20高度不飽和脂肪酸に生合成されるのであろうと推定した。しかし、種、各成育段階、また成育環境との関わりについて不明であり、さらに検討を要する。

\*井上栄壮, 西野麻知子 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

### 1. はじめに

琵琶湖では、1994年の大渇水で観測史上最低水位（基準水位（B.S.L.: T.P. +84.371m）-1.23m）を記録して以降、南湖で沈水植物（水草）が大量に繁茂するようになった。現在、南湖面積の8~9割で水草が繁茂し（水資源機構HP）、船舶の航行障害、湖岸に打ち寄せられた流れ藻の悪臭発生や景観悪化、湖水の停滞による局所的なアオコ発生などが問題となっている。

こうした状況の中、南湖のユスリカ相については、これまで演者らが琵琶湖の湖辺域を中心として2006年以降に記録した137種のうち、38種が南湖から記録されている。南湖で記録された種のうち、特に採集頻度が高かったのはウスグロヒメエリユスリカ *Psectrocladius aquatronus*、コナユスリカ属の1種 *Corynoneura lacustris*、ヨドミツヤユスリカ *Cricotopus sylvestris* などであり、2000年頃まで湖岸に多く飛来したアカムシユスリカ *Prosilocerus akamusi* やオオユスリカ *Chironomus plumosus* はほとんどみられなかった。

本研究では、南湖湖内における底生動物、特にユスリカ類の分布現況を明らかにすることを目的として実施した調査の結果について報告する。

### 2. 材料と方法

2010年5月から2011年3月まではほぼ毎月、琵琶湖南湖湖内の9地点（2010年5月のみ12地点）において、エクマン・バージ採泥器（15×15cm<sup>2</sup>）で底泥を採集した。また、一部の地点においては水草も定性採集した。これらのサンプルは、ナイロン袋に収容して適度な冷却とエアレーションを施しつつ、サンプルに含まれるユスリカ幼虫等を生かしたまま持ち帰った。これらの幼虫は、飼育容器に底泥または水草ごと移し替え、上部をメッシュネットで覆い、室温条件でエアレーションし羽化した成虫を捕集して種を同定した。

また、調査と同時に、各地点の水温、湖底から1mの溶存酸素濃度を測定し、底泥については持ち帰って強熱減量（450℃、3時間）を測定した。

### 3. 結果と考察

底泥および水草から、ユスリカ科合計11種108個体、

トビケラ目合計1種41個体が羽化した。底泥からは、ウスグロヒメエリユスリカが最も多く羽化し、次いでオトヒメトビケラ属の1種 *Orthotrichia* sp.、ハマダラハモンユスリカ *Polypedilum masudai*、ヒゲユスリカ族の1種 *Tanytarsini* gen. sp.の順であった。ウスグロヒメエリユスリカ、オトヒメトビケラ属の1種、ヒゲユスリカ族の1種3種は水草からも多く羽化し、その他の多くの種も水草から羽化したことから、南湖のユスリカの多くの種は本来水草に付着していると考えられた。底泥に生息すると考えられたのはハマダラハモンユスリカ、オオユスリカ、スギヤマヒラアシユスリカ *Clinotanytus sugiyamai* のみであったが、オオユスリカとスギヤマヒラアシユスリカの羽化数は少なかった。

湖底の環境条件については、溶存酸素飽和度は、2011年6月から8月までの間、一部の地点で30%を下回る程度まで低下し、最低は唐崎沖6月の13%であった。また、底泥の強熱減量は各月とも平均9%程度であり、1987年当時の平均8%（滋賀県衛生環境センター、1990）から増加した。

南湖の底泥は、底泥に生息する種のユスリカ幼虫の食物となる植物プランクトン由来の新生沈殿物が水草繁茂によって減少し、代わって増加した水草残渣はユスリカの食物になりにくいと考えられる。また、湖流の停滞による湖底の貧酸素化も、湖底のユスリカ相が貧弱になった一因と考えられる。

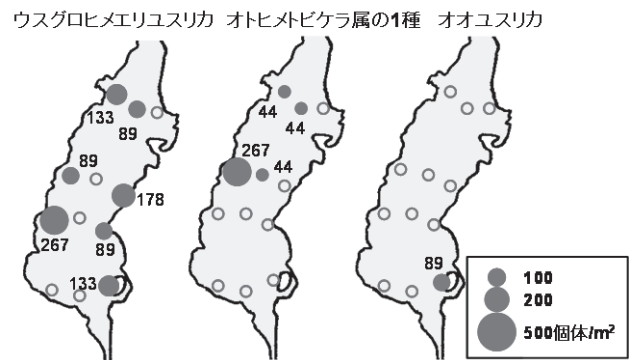


図1. 琵琶湖南湖における調査地点の底泥から羽化したウスグロヒメエリユスリカ（左）、オトヒメトビケラ属の1種（中央）、オオユスリカ（右）の個体数（2010年5月）。

# P30

## 水界動物群集の「生物多様性 - 生態系機能関係」を再考する： 栄養段階の重要性

\*奥田昇（京大生態研）、荻部甚一（国環研）、酒井陽一郎（京大生態研）、武山智博（大阪市大院理）  
陀安一郎・由水千景（京大生態研）、永田俊（東大大気海洋研）

### 1. はじめに

生物多様性と生態系機能の関係を解明することは、現代生態学の中心的課題となっている。草本植物の種多様性が増加すると生産性が向上することを見出した D. Tilman らの記念碑的論文に触発されて、数多くの研究者が様々な分類群や機能群でこの「生物多様性-生態系機能関係」の解明を試みた。予想に反して、これらの研究事例の多くで、生物多様性と生産性の間に正の相関関係が見られることはなかった。

生産性は生物群集を特徴づける主要な生態系機能であるが、様々な生態系において統一的に比較可能な生産性の指標として、一般にバイオマスが用いられる。しかし、水界生態系の生産性を論じる上でバイオマスは必ずしも適した指標とはいえない。水界生物は代謝回転が速く、小さな生物間で捕食・被食関係が階層化しやすいという特徴をもつ。異なる栄養段階に位置する動物のバイオマスは、たとえ等量であっても、それを支持する基盤資源への依存量で比較すると必ずしも等価でない。

ここに、本研究は水界動物群集における生物多様性と生産性の関係を解明することを目的として、群集の栄養構造を考慮した新しい評価手法を提案する。

### 2. 材料と方法

2006年2月に琵琶湖沿岸33地点から底生無脊椎動物を定量採集した。同定可能な分類群に類別した後、その個体数とバイオマスを計数・計測し、各地点の生物多様性を Shannon-Wiener 指数  $H'$  で評価した。さらに、分類群ごとに炭素・窒素安定同位体分析を行い、底生動物群集の基盤餌源となる POM と礫付着物の安定同位体比に基づいて、各分類群の栄養段階を推定した。バイオマスで重みづけした群集の平均栄養段階 ( $CTL$ ) は、以下のように定式化した。

$$CTL = \frac{\sum(TL_i * M_i)}{CM}$$

ここで、 $TL_i$  と  $M_i$  は底生動物  $i$  の栄養段階とバイオマス、 $CM$  は群集の総バイオマスを表わす。また、底生動物の栄養段階と栄養転送効率 ( $TTE$ ) を考慮しながら、群集の総バイオマスを以下の式に従って基盤資源への生産依存量 ( $BPR$ ) に換算した。

$$BPR = \sum \left\{ M_i * \left( \frac{1}{TTE} \right)^{TL_i} \right\}$$

ここで、 $TTE$  は沿岸底生動物で報告されている最小 ( $TTE=0.037$ ) と最大 ( $TTE=0.271$ ) の推定値を代入した。

### 3. 結果と考察

琵琶湖沿岸生態系では、底生無脊椎動物の多様性指数が高い局所群集ほど、バイオマス加重平均栄養段階が高くなる有意な傾向がみられた。多様性指数と群集総バイオマスとの間に有意な相関は認められなかったが、栄養転送効率で補正した基盤資源への生産依存量で比較すると生物多様性と生産性の間には有意な正の相関関係がみられた (図 1)。この傾向は、底生動物が示しうる  $TTE$  の幅広い値に対してロバストであった。また、この生産性の高さは沿岸生態系の捕食者となる底生魚の栄養段階にも反映された。

結論として、栄養関係が階層化しやすい水界動物群集の生物多様性と生産性の関係を評価する際、栄養段階を考慮することの重要性が示唆された。

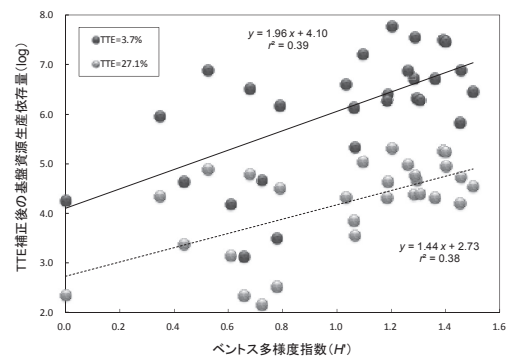


図 1 琵琶湖沿岸における底生動物群集の生物多様性と栄養転送効率で補正した基盤資源への生産依存量の関係

\*片野 泉<sup>1)</sup>, Helmut Hillebrand<sup>2)</sup>, 土居 秀幸<sup>3)</sup><sup>1)</sup>兵庫県立大学環境人間学部, <sup>2)</sup> University Oldenburg,<sup>3)</sup>広島大学サステイナブル・デベロップメントセンター

### 1. はじめに

昨今、生物の地域的な絶滅は、保全生態学的な問題となっている。この生物が捕食者であった場合、その捕食者だけでなく、その摂食対象である被食者群集の多様性も減少する恐れがある。なぜなら捕食者は選択的摂食などを通して、被食者群集の多様性に強く影響していると考えられるからである。本研究では、捕食者の有無による被食者の群集多様性の変化パターンについて、文献データを用いてメタ解析を試みた。

### 2. 方法

文献収集には、ISI Web of Scienceを用いた。'prey' 'consumer' 'predator' 'experiment' 'diversity' をキーワードにして論文を検索した。その中から、捕食者の在／不在をコントロールした野外・室内実験下で被食者(一次消費者)の多様性(種数、均等度、Shannon  $H'$ など)を記載した37論文から123実験を抽出した。論文から収集した多様性指数データを用い、効果の度合い(effect size)として、以下の式でLog response ratioを算出し、生態系比較解析に用いた。

### 3. 結果と考察

生態系別(海洋、陸上、陸水など)に捕食者の被食者多様性への effect size を比較した結果、陸水では他の生態系タイプよりも有意に効果が大きく、捕食者によって被食者多様性が減少させられることが

明らかとなった。しかし、陸上生態系・海洋生態系では捕食者の被食者多様性への効果はほとんど認められなかった。また、捕食者の種数が増加するに伴って、被食者多様性への effect size が小さくなることが明らかとなった。

また、被食者多様性を減少させる効果を決定する要因を求めるため、被食者種数の log response ratio を説明変数として GLM で解析し AIC でベストモデルを選択した。その結果、捕食者の種数・現存量の変化が Effect size に強く影響していることが示された。

Best model:  $R^2=0.471$ ,  $p < 0.001$ 

Factors	Coefficient	SEM	t-value	P-value
(Intercept)	-0.352	0.101	-3.48	0.001
捕食者種数	0.048	0.020	2.45	0.017
緯度	0.009	0.002	3.87	<0.001
実験期間	-0.041	0.017	-2.40	0.019
現存量の変化	0.112	0.017	6.43	

これらの結果は捕食者の多様性を維持することで被食者多様性の劇的な変動を緩和することが出来ることを示唆している。捕食者による被食者多様性への影響の大きさは、Hillebrand et al. (2007) で示された植食者が生産者多様性に与える効果よりも大きかった。このことから、捕食者による被食者群集への効果は、食物網の各段階の中でも特に重要であることが示唆された。

## 自然湖沼で観察された鰓尾類チョウの浮遊個体Ⅱ

\* 吉田雅彦(山梨県立大)・風間ふたば(山梨大)・平林公男(信州大)  
吉澤一家(山梨衛環研)・長澤和也(広島大)

### 1. はじめに

四尾連湖(海拔高度 880m、湖岸線長 1.0km、面積 0.058km<sup>2</sup>、最大水深 10.9m、平均深度 6.5m)は山梨県内にある 6 つの自然湖沼のうちの一つで、御坂山地に属する大畠山(1120m)の中腹にある陥没湖である。流入・流出河川は無く、湖水量は雨水と湖底からの湧水によって維持されている。現在、本湖は山梨県立自然公園に指定され、キャンプやコイ、フナなどの釣り場として県内外の観光客から利用されている。湖沼型は中栄養湖に分類されているが、本湖に関する陸水学的研究は極めて乏しく、特に生物相についてはほとんど報告が成されていない。本研究では 1994 年より、毎月 1 回、湖心において湖水の理化学的調査と併せて、動植物プランクトン類や底生動物群集などの生物相の変化をモニタリングしている(荒河ほか, 1996)。2000 年 7 月、湖心において、水中に浮遊しているチョウ(*Argulus japonicus* Thieie, 1910)が動物プランクトンネットで大量に捕獲された。本湖沼では初めての記録となった。

鰓尾類(Branchiura)に属するチョウは、寄生性の甲殻類で、温水性の淡水魚(コイ、フナ、キンギョなど)の体表に寄生する(Tokioka, 1936)。体は頭胸部、胸節、腹節から成り、頭胸部は胸節を背側から被うように後方に伸び、背甲を形成している。吸盤状に変形した小顎等を使って魚体表に寄生する。雌成虫の体長は 8-9mm で、雄はそれよりやや小型である(小川, 1983)。通常チョウは魚体に付着して生活し、養魚池などにおいて浮遊個体が観察された例はあるが(木村, 1970)、わが国の自然湖沼においてはこれまでに報告は無い。

本研究では、近年、四尾連湖に侵入してきたと推測されるチョウについて、その実態を把握すること

を目的とし、水中に浮遊する個体群に注目して、湖内での垂直的な分布と、その個体数の季節変動、年変動について報告する。

### 2. 調査方法

1994 年 4 月から 2011 年 7 月まで(結氷期の 1, 2 月は除く)、毎月 1 回、湖心定点において行った。チョウは口径 30cm、メッシュオープン 94 $\mu$ m の ORI 型層別定量ネットを用いて、鉛直方向に層別曳き(0-2m、2-6m、6-9m、ただし、水深が 9m に満たない場合は、底泥直上まで)を行って採集した。この時同時に水温と DO も 1m 毎に測定した。プランクトン試料は、採集後直ちにグルタルアルデヒドを最終濃度 1%になるように加えて固定し、実験室に持ち帰り、実態顕微鏡下でチョウを拾い出した。

### 3. 結果と考察

調査期間中、解析が終了している 2002 年までの結果を見ると、チョウは 2000 年には合計で 122.3 個体/t、2001 年には 196.3 個体/t、2002 年には 125.9 個体/t 採集された。一方、1994 年から 1999 年までの期間は一個体も採集されなかった。

これらはいずれも 5 月から 10 月にかけて観察されるがそのピークは 6 月から 8 月であった。また主に 0-2m の表層において観察され、その期間中の表層水温は 22.7 $\pm$ 3.5 $^{\circ}$ C であった。

2002 年以降の観察結果も報告の予定であるが、本来、魚体表面に付着して生活するチョウの湖沼内における生態については不明な点が多い。湖沼環境の変化との関連性の検討や、国内の存在状況に関する情報の収集など、調査研究の進展が望まれるところである。

## 鳥取県日野川水系におけるイワナ属魚類の頭部斑紋型・ 遺伝子型の分布について

\*河合幸一郎、今林博道（広島大・生物圏科学）

### 1. はじめに

中国地方の日本海流入河川には、アメマスの2亜種、ニッコウイワナとゴギが分布するが、これらの形態的差異、分類学的位置に加え、分布境界についても議論がある。そこで、両者の分布境界とされる鳥取県日野川水系に着目し、亜種・頭部斑紋型・遺伝子型の分布を各支流が発する山塊に分けて調べた(図1)。

### 2. 材料と方法

源流域での釣獲により採集した23支流由来45個体のサンプルについて、頭部背面斑紋に基づいてニッコウイワナとゴギに分類し、同時にA-Hの斑紋型(Kawai et al., 2000)に分けた後、鋳型DNAを調製し、H15915(5'-ACCTCCGATCTYCGGAT-3'; Aoyama et al., 2000)とH15285

(5'-CCCTAACCCGVTTCCTTYGC-3'; Inoue et al., 2000)のプライマーを用いてmtDNAのシトクロムb領域の557bpを増幅し、

CLUSTAL W (Thompson et al., 1994)を用いてアラインメントし、ハプロタイプ分けした後、PAUP\*4.0 (Swofford, 2000)を用い、最大節約法により系統樹を作成した。

### 3. 結果と考察

大山・二子山・花見山山塊及び鬼林・三国・鷹入山塊から発する支流では、それぞれニッコウイワナ、ゴギのみ、道後山・船通山塊では両者が採集された。斑紋タイプA・Dはゴギのみで見られたが、他は両者で見られ、大山山塊ではE・Fのみが見られた。一方、19ハプロタイプのうち、2タイプは両者共通であったが、9及び8タイプはそれぞれニッコウイワナ、ゴギに特異的であった。さらに、ゴギ、ニッコウイワナともに遺伝的に離れた2つのクレードに分かれた。

これらの結果は、日野川水系には、それぞれ起源の異なる個体群を含むニッコウイワナとゴギが混棲していることを示唆する。



図1. 日野川水系23支流と源流となる8山塊

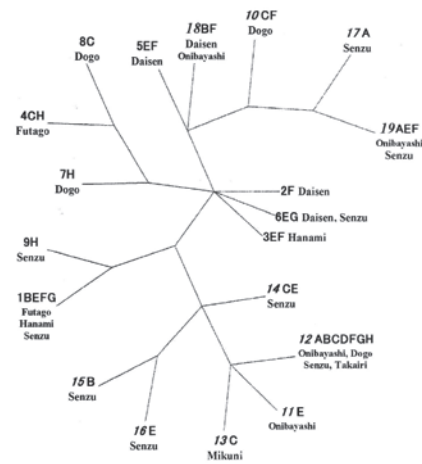


図2. 日野川水系のゴギ・ニッコウイワナの遺伝的関係. 1-9, ニッコウ; 10-17, ゴギ; 18-19, 共通

\*船橋亨(日大・生物資源), 河野英一(日大・生物資源), 對馬孝治(日大・生物資源)  
北村恭陪(日大・生物資源), 増田久徳(日大・生物資源)  
鈴木千彰(日大・生物資源), 春川翔平(日大・生物資源)

### 1. はじめに

神奈川県立境川遊水地公園は、治水機能だけでなく、その中に公園やビオトープを有した整備手法をとられている。そのため、遊水地内では多くの動植物が生息し環境学習などが体験できる場が提供されている。しかし、遊水地内の水生生物に対する調査は詳しく行われておらず不明な点が多い。

そこで本研究では、境川遊水地や境川などの周辺水域に広く生息し、河川と遊水地の個体の比較が最も容易と思われるオイカワ(*Zacco platypus*)を調査対象として、境川と遊水地間の水域間の移動を明らかにし、境川やその周辺水域に生息するオイカワの生息場所としての境川遊水地の役割を解明することを目的とする。

### 2. 材料と方法

調査地は、神奈川県泉区の境川越流堰周辺(St1)および境川の支流である和泉川折越橋(St2)、神奈川県立境川遊水地公園内の俣野遊水地中央越流堰周辺(St3)、下飯田遊水地鷲舞橋下周辺(St4)の4水域とした。調査は2010年5、6、8、9、10、11月の6回行った。5、6月は手網(網目3mm)1時間・人、8、9、10、11月は投網(目合14節、目数900目)30分と手網(網目3mm)1時間・人の労力で行った。捕獲した魚はその場で速やかに種同定を行い、対象外の魚類は記録のみ行い放流した。対象魚類のうちサンプルとするのは地点毎に最高10尾とした。捕獲した魚類は冷蔵で持ち帰り、調査終了後速やかに標準体長の測定を行った。標準体長の測定後は直ちにオイカワの背中側の筋肉繊維を切り出して-40℃で1日冷凍した後、凍結乾燥機で2日間以上乾燥を行った。その後粉碎して均一化したものを安定同位体比の試料とした。

### 3. 結果

各月のオイカワの $\delta^{15}\text{N}$ は、河川+15~+25‰、遊水地+5~+15‰の範囲となった。また、 $\delta^{13}\text{C}$ は、河川-30

~-25‰、遊水地-25~-20‰の範囲となった。このうち遊水地では5、6月に1個体(St4: $\delta^{13}\text{C}$ -27.9,  $\delta^{15}\text{N}$ +17.2)、9月に3個体(St3: $\delta^{13}\text{C}$ -25.7・ $\delta^{15}\text{N}$ +14.5,  $\delta^{13}\text{C}$ -23.9・ $\delta^{15}\text{N}$ +16.1,  $\delta^{13}\text{C}$ -23.8・ $\delta^{15}\text{N}$ +19.9)、河川の値に近いものが計測された。また和泉川では9月に2個体(St2: $\delta^{13}\text{C}$ -24.4・ $\delta^{15}\text{N}$ +13.6,  $\delta^{13}\text{C}$ -25.5・ $\delta^{15}\text{N}$ +13.6)、遊水地に近い値の個体が計測された。

体長は月を追うごとに個体差が大きくなり、8月にはSt2で60mm、9月ではSt4で40mm、St1で60mmとなった。体長と $\delta^{13}\text{C}$ の関係から、調査地毎の $\delta^{13}\text{C}$ は体長の差に関わらず河川-30~-25‰、遊水地-25~-20‰の範囲となった。

### 4. 考察

5、6、9月の安定同位体比の結果と気象庁の月別降水量から、時間雨量50mmを超える降雨の後の河川越流に伴い、遊水地内に受動的に流された個体がいると考えられる。

各調査地点の平均体長から、河川の個体は遊水地内の個体よりも体長が大きいことが分かった。これは、比較的流れのある場所を主なすみかとしている魚類は、体長の小さい個体は止水域である遊水地内を好み、体長の大きい個体は流水域を好むからと考えられる。また、調査地毎の $\delta^{13}\text{C}$ は体長の差に関わらず近い値を示したことから、河川と遊水地間の頻繁な移動はないと考えられる。

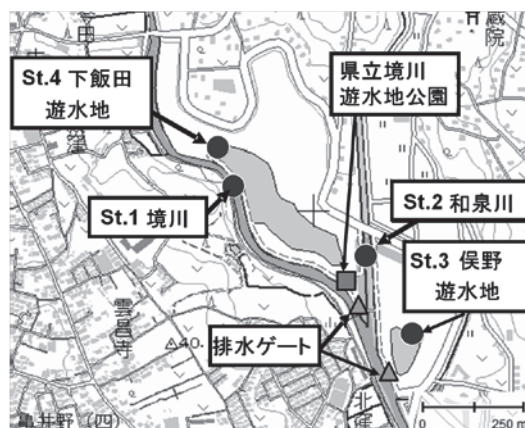


図1 調査地



## オオクチバスの産卵と水深に関する研究 -人工産卵床を用いた野外実験-

\*有田康一・矢部徹（国環研）、藤本泰文・進東健太郎・嶋田哲郎（伊豆沼財団）  
高橋清孝（シナイモツゴ郷の会）、小浜暁子・江成敬次郎（東北工大）

### 1. はじめに

宮城県北部に位置する伊豆沼・内沼では、1996年以降オオクチバスの漁獲量が増加するのにもない総漁獲量は1/3程度にまで減少し、小型魚類などを捕食する鳥類もまた減少していることが報告されている。

オオクチバスの産卵は水温13-15℃で始まり、20℃以上で減少して25℃となる頃には終息するとされ、伊豆沼では4月下旬から6月下旬が適水温期にあたる。オスは波浪の影響を受けず水通しのよい水深1-2mの砂・砂礫底にすり鉢状の産卵床をつくり、メスを招き入れて産卵させた後、卵が孵化して成長し仔魚が浮上するまで保護する。

このような産卵特性を利用してオオクチバスの繁殖を抑制することを目的に、産卵床形成要素を備えた人工産卵床が開発・導入され、伊豆沼におけるオオクチバスの再生産を管理する試みが2004年より実施されてきた。最近ではコイ科魚類の漁獲量が増え、エビ類も確認されるようになり、成果が出始めたものと期待されている。今後、さらに沼の生態系を復元するためには、定置網など他手法の併用・継続とともに、人工産卵床による駆除作業の効率化を図る必要がある。そこで本研究では、より効率よく人工産卵床を設置するために、人工産卵床へのオオクチバスによる産卵と水深との関係について明らかとすることを目的とした。

### 2. 材料と方法

2009年および2010年の5月第一日曜日に300基の人工産卵床を設置した後、産卵が終息する6月下旬までの毎週日曜日に産卵確認と卵・仔魚の駆除ならびに水深測定を行った。2004年以降、人工産卵床が設置されてきた南岸湖岸部は、伊豆沼底質の大部分が泥であるのに対して砂であり、過去の調査と観察から主な産卵場であると推定された領域である。なお、人工産卵床の設置は、伊豆沼における人工産卵床を用いたオオクチバス駆除活動が規定されている「ブラックバス駆除マニュアル」に基づいて行った。

### 3. 結果と考察

人工産卵床の設置期間平均水深は、 $77.6 \pm 9.5\text{cm}$  (2009年)ならびに  $78.3 \pm 9.7\text{cm}$  (2010年)であり、産卵確認延べ数のおよそ87%ならびに84%の産卵がそれぞれの水深範囲で確認された。すなわち、68cm以浅ならびに89cm以深への産卵は20%に満たないことが明らかとなり、これら水深への設置を削減することで産卵をより集約化し、駆除作業の効率化も図れると考えられた。

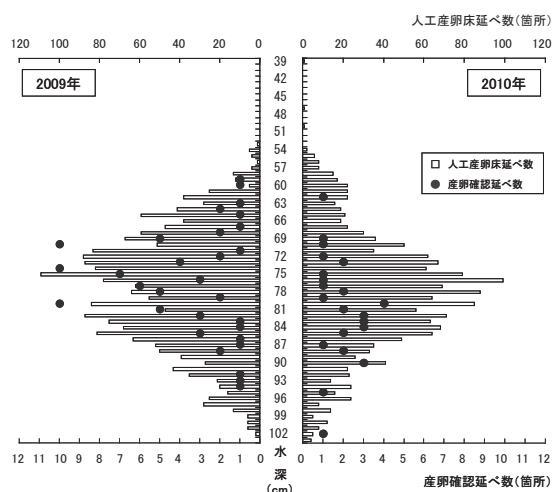


図 各水深における人工産卵床延べ数と産卵確認延べ数との関係

### 謝辞

本研究は環境省東北地方環境事務所平成21-22年度伊豆沼・内沼オオクチバス等防除事業の一環で行なわれ、平成21-22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業による助成（課題番号21062）を受けて実施された。調査やサンプリングにおいては、東北工業大学工学部環境情報工学科の平成21-22年度卒業生の尽力によるところがおおきく、財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団をはじめとするバス・バスターズの皆様にはご理解と多大なるご協力を得た。さらに、環境省東北地方環境事務所の方々にはデータの公表を快く了解して頂いた。ここにあわせて感謝の意を表す。

## P36 魚類が汽水域（中海・宍道湖）をどのように利用しているか

\* 鴛海智佳<sup>1) 2)</sup>, 中村幹雄<sup>2)</sup>, 伊藤 健<sup>3)</sup>, 星川和夫<sup>4)</sup>

1) 鳥取大学・連合農学, 2) (有)日本シジミ研究所, 3) 国交省出雲河川, 4) 島根大学・生資

### 1. はじめに

宍道湖と中海は大橋川でつながる連続した汽水湖で、両湖の面積を合わせると日本最大の汽水域である。汽水域は生物生産が盛んな水域で、宍道湖は日本の河川・湖沼の中で最も漁獲量が多い豊かな湖で、中海もかつては宍道湖以上の漁獲量があった。

本水域は、斐伊川からの淡水と日本海からの海水が混じり合い、それぞれ塩分の異なる湖が連結する非常に特殊な環境である。本研究は、宍道湖～中海～境水道という塩分環境の異なる大きな水域において、遊泳性の魚類がどのように生息分布し、さらに生活史の上で宍道湖や中海をどのように利用しているかを把握することを目的とし、大型の漁業手段である定置網（マス網）を使用した調査を実施した。

### 2. 材料と方法

宍道湖西岸部～境水道までの7地点（宍道湖西岸部、宍道湖東岸部、大海崎、本庄水域、森山橋付近、遅江、境水道）で、定置網を使用し基本的に毎月1回、24時間調査を実施した。捕獲された魚介類は全て持ち帰って同定し、それぞれの種の個体数と湿重量、また各個体の体長と重量を（各種最大50個体まで）計測した。調査は2003年4月～2011年3月まで実施しているが、今回は2008年1月～2010年12月の近年3ヵ年の結果を示した。

### 3. 結果

2008年～2010年までの3年間の定置網調査で確認された種数は、魚類が宍道湖（2地点）で60種、中海～境水道（5地点）で81種、計98種であった。甲殻類や軟体動物を合わせると計119種にのぼった。

各地点で確認された種は30～50種であったが、そのうちその水域を特徴づける種を選定するため、3ヵ年で出現頻度（確認回数／調査回数）が約5割

以上の種を選んだ。宍道湖では、年間を通じて見られた種はスズキ、サッパ、コノシロ、シラウオ、マハゼ、アシシロハゼ、ウグイ、ギンブナ、ウナギ等であり、西岸部ではこれに加えてワカサギ、シンジコハゼ、クルメサヨリなどが多く確認された。中海では、各地点に共通してスズキ、サッパ、コノシロ、マアジ等が確認され、それに加え本庄水域ではヒイラギやカタクチイワシ、大海崎ではニクハゼ、ビリンゴ、マハゼ、チチブなどのハゼ類が多く確認された。境水道では、スズキ、ヒイラギ、マアジ、ウミタナゴ、ヒラスズキ、ゴンズイなどが多く確認された。

### 4. 考察

宍道湖中海の広域で多く見られるスズキ、サッパ、コノシロの3種は、スズキは海域、サッパ、コノシロは中海宍道湖で産卵し、宍道湖中海で回遊しながら成長する。冬期にいったん海域に出るが、生活史のほとんどを宍道湖中海で過ごすと考えられる。

宍道湖には、上記の3種のほか、一生を汽水域で過ごすシラウオやマハゼ、アシシロハゼ等が生息し、さらに宍道湖の西岸部は淡水性のギンブナ、ウグイ、モロコ類などのコイ科の生息場にもなっている。

中海は、上記の3種の他に高塩分汽水に生息するニクハゼやビリンゴなどのハゼ類が年間を通じて生息し、またマアジやヒイラギ、カタクチイワシなど、海産性魚種の幼魚の生育場として機能していると考えられた。

宍道湖中海には、上記に述べた魚種が中心となり、さらに、ある季節のみに出現するもの（通し回遊魚等）、偶発的に来遊する種など様々な生活史を持った魚種が生息していた。また、宍道湖中海の魚類の特徴として、季節やそれぞれの生活史に合わせて移動・回遊している種が多いことがあげられる。

\*坂本正樹（富山県立大・工），永田貴丸（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）  
奥川光治（富山県立大・工），手計太一（富山県立大・工）

### 1. はじめに

河川では流水としての特徴が物理・化学的環境や生物群集の構成に大きく影響し、特有の生態系を形成する要因となっている。本研究で対象とした内川（図1）は1960年代の乾田事業や富山新港建設にとともに、上流・下流共に富山湾に接続された。水の流れがほとんどなくなったことで、水質が急速に悪化した。これを改善するために、1980年から浄化対策事業が実施され、庄川の水が導水されている。上流部（西内川）は、揚水ポンプが稼働している日中（9時～17時）のみ、淡水の流れに支配されるが、夜間は海水が流入してくる。一方、下流部（東内川）は常に富山湾からの海水に支配されている。

本研究では、海水と淡水が複雑に交錯する内川の水環境改善策を提案することを目的とし、生態系構造の把握を試みた。

### 2. 材料と方法

生産力の指標として、付着藻類の付着・成長速度を2010年8月に調査した。内川の4地点に礫を設置し、14日後に藻類の乾燥重量とChl.a量を測定した。

食物網構造は、2011年5月のサンプリングで得られた魚類、付着藻類、海藻、環形動物、甲殻類、軟体動物、プランクトンの炭素・窒素安定同位体比を指標として解析し、推定した。サンプリングは、上記の調査と同じ場所で行った。

水質（機器分析）と流況（ADCP）の観測も生物調査と同時にを行い、総合的な評価を行った。

### 3. 結果と考察

塩分は西内川で1-35‰、東内川で17-36‰であった。揚水ポンプが稼働している日中は上流から「淡水→汽水→海水」、停止している夜間は「汽水→海水」

と、水質が顕著に異なっていた。

水温、pH、DO、DTNは東内川で高い傾向を示した。反対に、DTPは西内川で高い傾向があった。付着藻類の増殖速度（Chl.a）は、西内川で $0.6 \text{ mg m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ と、東内川（ $4.6 \text{ mg m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ）の1/7に満たなかった。これらの結果から、内川の一次生産力が東内川で高いことがわかった。内川には富山新港と奈呉ノ浦から海水が流入するが、付着藻類が基盤となる食物網は、富山湾由来の資源に依存していることが示唆された。

2011年5月の調査では、西内川で汽水性、東内川で海水性の魚類が捕獲され、筋肉中の $\delta^{13}\text{C}$ 値は地点間で異なっていた。付着藻類や海藻の $\delta^{13}\text{C}$ 値も同様の傾向を示し、西と東で異なる食物網が形成されていることが明らかになった。

西内川で生産力が低いのは、毎日一定時間だけ浄化用水（淡水）を流すことが原因と考えられる。淡水と海水の交換が毎日急激に起こり、これが付着藻類や低次の消費者の定着を妨げる要因になる。

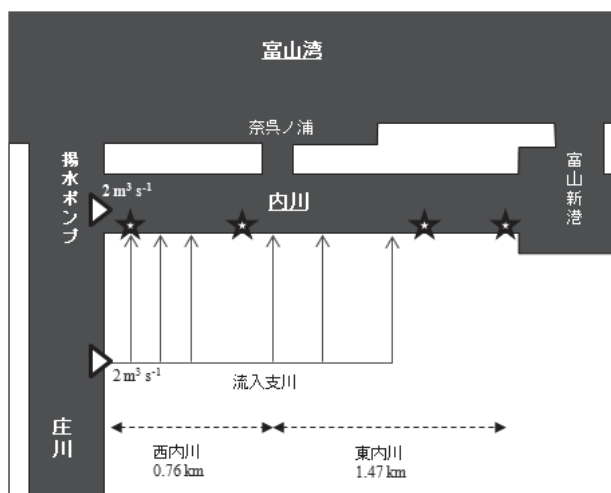


図1. 内川の水系図。図中の△は揚水ポンプ、☆はサンプリング地点を表す。奈呉ノ浦を境に、上流が西内川、下流が東内川である。

## 南極越冬中に気づいたちょっと面白い現象

工藤 栄<sup>1</sup>・田邊優貴子<sup>2</sup> (<sup>1</sup>極地研・総研大、<sup>2</sup>東大)

## 1. はじめに

極地の氷河湖は寒冷な気候のため、おおむね 1 年のうち十ヶ月以上、湖氷が存在する。秋には氷で湖面が覆われて湖水が風から隔離され直接の攪乱が無くなり、また、湖面から熱が奪われるので、湖水は徐々に逆成層化する。この時には集水域からの流入もなくなり、湖水は水平的・鉛直的な動きを停止し、湖は「沈黙の冬」を迎える（わずかな氷下のブルーム現象以外は）ように想像されていた。しかしながら、南極の結氷下の湖沼環境に生じる変化の観測例はいまだ少なく、その実態や生物現象への影響などは想像の域を出ていないといえよう。2010 年 1 月~2011 年 2 月のおよそ 1 年を通じた南極での越冬中、結氷期間に生じた湖沼環境の変動、あるいは生物現象で「ちょっと面白い」と発表者らが感じた現象を紹介する。

## 2. 材料と方法

昭和基地（南緯 69 度、東経 39 度）の南方にある露岩域に自動気象観測装置を設置し、また、近傍の湖中（最大水深 10 m）には水温・水中光量子・クロロフィル濁度計を連ねた係留観測装置を設置して、これら環境変動の一年間の記録を得た。同時に湖底には長期インターバル撮影水中ビデオ装置を潜水設置し、毎正午に 10 秒間の録画記録を行って湖底に繁茂している植生の成長記録撮影を試みた。さらに越冬期間中に数度、湖氷上から湖沼環境の観測と試料採集を実施した。

## 3. 結果と考察

2 月に入って日射と気温の低下に伴って、湖水温が徐々に低下し、やがて湖面が氷で覆われるようになる。複数の水深に設置した水温計の情報か

ら、氷が湖面を覆うまでは全層混合しながら水温は全層で氷点付近まで徐々に低下した。（おそらく）湖面を氷が覆われると、水温は（日射で温められ）再び上昇し、湖底付近が最も暖かい典型的な逆成層化が進行した。これは水の鉛直混合の停滞を意味するものであるのだが、日射のある時期には日射による（と思われる）大幅な温度変動が生じていたり、日射のない極夜期にも湖底付近ではしばしば（鉛直混合が生じて）等水温になったりする現象が認められた。

発表では、後者の深層部での混合が生じている時期の気象データ、およびその時に水中に設置したビデオ装置の湖底の映像記録を紹介し、結氷下の水の動きの推察を述べる。

また、およそ 2 m ほどに厚さを増した湖氷の下で、湖底にマット状に生育している微生物群集が春季に一斉に剥離浮上した（と思われる）現象に関し、これまでの分析・観察と湖中環境観測データからの考察を紹介する。

\*田邊優貴子（東大・新領域），内田雅己（極地研、総研大・極域）

大園享司（京大・生態研），山室真澄（東大・新領域），工藤 栄（極地研、総研大・極域）

### 1. はじめに

昭和基地周辺には、南極の一般的イメージ「雪と風が吹き荒れ薄暗く寒い、氷に閉ざされた大陸」とは違った露岩域と呼ばれる地帯がある。これらは氷期-間氷期サイクルという地球規模の環境変動の影響を受け、数万年前に南極氷床が後退して創成された環境である。そこに100以上も点在する多様な大きさ・形状・水質を持った湖沼中には、まるで森林のようなユニーク且つ豊かな植物群落（藻類・シアノバクテリア・コケ類優占）が形成されており、他の南極地域において、このような光合成生物によるユニークな形態をした植物群落は未だ発見されていない。南極の淡水湖沼生態系は一般的に貧栄養、低温であることに加え、光合成有効放射（PAR）が年間を通して少ないという、極めて生産性の低い環境である。これまでの研究結果から、南極における夏は光エネルギーを利用して生活できる季節ではあるが、藻類が光合成を行うに当たって強光・低温といった生理的ストレスが大きい時期であり、さらに清澄で浅い南極の湖沼中には強光・紫外線が湖底まで到達する環境であることが分かってきた。しかし、貧栄養な水中環境において湖底生物群集がどこから栄養を得て生長しているのかは未だ不明である。そこで、昭和基地周辺露岩域の広範囲から採集した湖底堆積物中の間隙水と湖水の栄養塩を比較することにより、南極の湖沼生態系の多様性を明らかにすることを目指した。これによって、物質循環の観点から南極の湖ごとに独自で多様な湖底生物群集形成と成功の謎に迫る。

### 2. 材料と方法

2010年1月～2010年2月にかけて、昭和基地から約20 km南に位置するラングホブデ露岩域、約50 km南に位置するスカルプスネス露岩域、約70 km南に位置するスカーレン露岩域において、17湖沼の湖心部から湖水と1湖沼につき3本の湖底堆積物柱状コア（長さ5-50 cm）のサンプリングを実施した。湖底堆積物コアは、アイスドリルで湖氷に穴をあけ氷上から、もしくは湖水が消失した時期にはボート上からグラビティコーラーを使用し採取した。採取した湖底堆積物コアを現場で鉛直的に表層か

ら厚さ1 cm、4 cm毎に切断し、厚さ1 cmに切断した試料を固形と間隙水に分離した。湖水および分離した間隙水をシリンジフィルター（0.2 μm、セルロースアセテート）で濾過し、固形試料とともに-20°Cで冷凍保存し国内に持ち帰った。持ち帰った水試料を融解し、オートアナライザーQuAatro 2-HRおよびAACS-IIを用いて、溶存無機栄養塩 $PO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NH_4^+$ 、 $SiO_3^{2-}$ の分析を実施した。

### 3. 結果考察

湖水のDIN（ $NO_3^-+NO_2^-+NH_4^+$ ）は、分析を実施した17湖沼ともに0.41-1.1 μmol/Lで、湖沼によって大きな差は見られなかった。 $PO_4^{2-}$ は16湖沼で0.03-0.09 μmol/Lの範囲だったが、1湖沼（親子池）のみ0.26 μmol/Lであり、この湖沼は海岸近くに位置していることや周辺には海鳥が営巣していることから、その影響を受けていると考えられた。 $SiO_3^{2-}$ の値は2.7-214 μmol/Lと湖沼によって大きく異なり、これは集水域を含めた湖沼が成立している場の岩質によるものである。一方、湖水のDINと $PO_4^{2-}$ は湖によってさほど違いは見られなかったが、湖底堆積物表層1cm中の間隙水のDINは1.6-208 μmol/L、 $PO_4^{2-}$ は0.11-4.7 μmol/Lという範囲であり、湖によって大きく異なることが分かった。また、湖水と比較すると湖底間隙水表層のDINは3-219倍、 $PO_4^{2-}$ は1.5-102倍もの濃度であった。湖底堆積物内の間隙水のDINと $PO_4^{2-}$ の鉛直プロファイルを見ると、深部で最も高く、表層に近づくにつれて直線的に減少する傾向であったが、深さ5cmから表層にかけてさらに急激に減少する傾向が見られた。

南極湖沼の大部分を占める貧栄養淡水湖においては、シアノバクテリアによる空中窒素固定が湖沼生態系にとっての重要な窒素源になっていると、これまでは考えられてきた。しかしながら、本研究結果から、湖によっては湖底堆積物内に大量の窒素およびリンが蓄積されており、光合成可能な表層部分においてそれらを光合成生物が利用していることが示唆された。また、湖水と湖底間隙水との比較によって、湖底内から湖水中へ栄養塩が単純に拡散・放出されないメカニズムが存在するのではないかという仮説が得られた。

## 琵琶湖南湖における沈水植物の分布変遷の再検証

芳賀裕樹（滋賀県立琵琶湖博物館）

## はじめに

2007年の琵琶湖南湖の沈水植物の分布範囲は南湖全体の94%、現存量（乾燥重量）は約1万tと推定されている（芳賀・石川，2011）。1960年代前半から1994年まで南湖の沈水植物は衰退期にあった。この期間の分布範囲は南湖の面積の10%未満、現存量は～800トンに過ぎない（芳賀ら，2006）。1940年ごろまでさかのぼると分布範囲は南湖の面積の約半分（山口，1943）、現存量は3900t（芳賀ら，2006）となる。このような長期変動から近年の沈水植物の増加は、衰退期を経た後の「回復」と考えられている（浜端，2005）。ただし、現在の繁茂状況は1936年よりも過剰である（芳賀ら2006）。

南湖の沈水植物の変遷の詳細やその原因については、まだ十分な説明ができていない。いくつかの報告はある（たとえば浜端，2005；芳賀ら，2006；芳賀・大塚，2008）ものの、南湖全体の現存量や分布範囲の面積の変化に関する議論が主で、南湖内での地域性や種類別の出現の特徴までは考慮できていない。

本研究では南湖の沈水植物の変遷過程を詳細に検討するため、過去の定量採取調査の報告書を収集し、それぞれ地点ごとの採取データを同一規格の地図上にプロットした。

## 方法

検討には次の9編の報告を使用した。

- 1936年：山口久直（1938）
- 1953年：昭和28年度水位低下特別調査（滋賀県水産試験場）
- 1963年：びわ湖生物調査団 水草班調査報告
- 1969年：昭和44年度琵琶湖沿岸帯調査（滋賀県水産試験場）
- 1977年：南湖植生現況調査報告書（水資源開発公団）
- 1982年：南湖沿岸帯生物調査報告書（水資源開発公団）
- 1995年 平成7年度琵琶湖沿岸帯調査（滋賀県水産試験場）
- 2002/3年：平成14/15年度琵琶湖沿岸帯調査（滋賀県水産試験場）
- 2007年：芳賀・石川（2011）

## 結果と考察

図1に各調査の採取データを地図上にプロットした結果を示した。本稿では各地点の沈水植物総量で示しているが、発表時は種別の値を表示する。

1936年に対して1953年は生育下限の後退、地点あたりの現存量の減少がみられ、沈水植物が衰退しはじめている。1963年の東岸側の沈水植物の消滅は東岸北部の埋め立て工事に伴う濁水の影響と推定される。1977年と1982年には湖岸沿いの狭い範囲で現存量が著しく大きい群落を観察されている。群落の主体は1977年がオオカナダモ、82年はマツモである。外来種と在来種のいずれも現存量が大きくなったことから1970年代～1980年代には、西岸沿いで沈水植物の現存量が大きくなるような環境変化（たとえば底質への栄養蓄積）が進んだことを示している。1995年は1982年より現存量が低下している。一方で、生育下限は深く、分布範囲は拡大している。1995年の沈水植物のほとんどはセンニンモが占めている。興味深いことに、センニンモは1936年には量的に主要な沈水植物だったが、その後は姿を消し、1995年に突然復活した。それ以降、現在に至るまで南湖の沈水植物の半分以上はセンニンモが占める。つまり、1995年以降の沈水植物の増加はセンニンモの復活と増加で特徴付けられるとみてよい。（本研究は環境省の環境研究総合推進費（D-1004）により実施された）

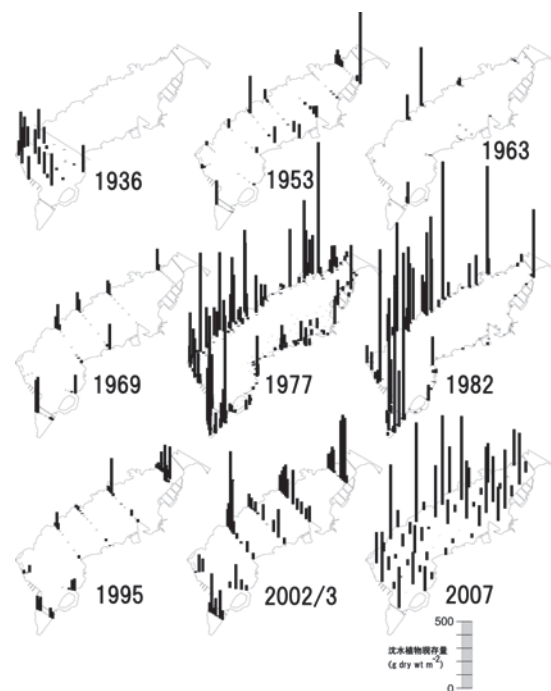


図1 過去の調査における沈水植物の分布

\*荒木悟，國井秀伸（島根大・汽水域研究センター）

### 1. はじめに

干潟に生育する塩生植物には、水の動きによって種子が散布されると考えられる種が多いが、新たな生育場所に、何年くらいで、どれくらいの個体が漂着、定着していくかを見る機会は少ない。広島市の太田川放水路では、塩生植物が生育している部分の400m 下流の沿岸に盛土し、水質浄化能や動物相の変化、植物群落の形成などを調べる環境改変試験が実施された。試験区は元々標高 0m 以下の砂泥質の干潟で植生は無かったが、盛土によって標高が高い部分を含む砂レキ質の干潟となり、塩生植物の生育が可能になった。本発表では、この改変の後に見られた塩生植物の出現について報告する。

### 2. 材料と方法

太田川放水路では、河口から 4.0～5.7km の両岸にフクド、ハマサジ、ハマツナ、シオクグ、ホソバハマアカザからなる塩生植物、及び、ヨシの群落が見られる。2010 年の 3 月、河口から 3.5～3.6km の東岸で、およそ 100m×35m の範囲に盛土し、堤防に沿って幅 10～15m、標高 0.8～1.0m または 1.3～1.5m の二通りの平坦部を造成、そこから 20～25m の斜面が水路内へ伸びる沿岸に改変された。盛土から数ヶ月で、平坦部と斜面部の境界付近に碎波による砂の堆積が生じ、バームが形成された。このため平坦部は凹地になり、特に標高 0.8～1.0m の平坦部は干潮時も水が溜っている事が多くなった。2010 年 7 月の豪雨の際、一部の砂が流出し、平坦部と斜面部はレキの露出が増加した。この人工干潟において 2010 年 4 月から月一回、植物の出現を調べた。

### 3. 結果

2010 年の春、上流の植物のうち、ハマサジ以外の

5 種の実生、または根茎の漂着に由来する植物体が見られたが、個体数は少なく（1～3）、豪雨の際の砂の移動で根が洗い出されるなどのダメージを受け、開花前に全て死亡した。2011 年は、シオクグ以外の 5 種の実生が出現し、6 月の実生数は、フクド 412、ハマツナ 69、ハマサジ 46、ホソバハマアカザ 4、ヨシ 3 となった。いずれもバーム上には殆ど見られず、フクドは堤防沿いの平坦部と水路側の斜面部、他の 4 種は、標高 1.3～1.5m の平坦部に局在した。フクドは平坦部の中でもバームから数十 cm 以内の範囲に特に多く見られた。実生数は 4 月から 6 月にかけて増加したが、標高 0.8～1.0m の平坦部のフクドは死亡率が高く、5 月をピークに減少に転じた。

### 4. 考察

2010 年の植物の出現は少なかった。これは、種子が親株から離れる時期（フクドの場合は 12 月）から盛土の完成までに時間の開きがあったため、殆どの種子が既に他の所へ漂着していたか、広島湾へ流出していたことが原因と考えている。2011 年は、干潟を主な生育場所とする一年生、二年生植物の 3 種が多く出現する一方、主に干潟周縁に生育するホソバハマアカザ、及び、主に根茎で繁殖し、上流の群落でも殆ど実生が見られないシオクグとヨシは、皆無または少なかった。出現した実生の分布から、種子の行先には、波の動きや種子の比重が影響していると考えられる。標高 0.8～1.0m の平坦部のフクドの高い死亡率は、この領域がプール化したため表土が泥質化したこと、実生の水没時間が長くなったこと、及びバームの移動による実生の埋没が原因と考えている。今後は、植物の生存、成長に対する、標高、土質等の影響を検討する予定である。

## 三方湖（福井県）におけるヒシの繁茂が生態系の季節動態に及ぼす影響

\*加藤義和（東京大学 総合文化）、西廣淳（東京大学 農学生命科学）、吉田丈人（東京大学 総合文化）

### 1. はじめに

福井県若狭町に位置する三方湖では近年、夏季にヒシ (*Trapa japonica*) が繁茂して水面の大部分を覆うまでになった。ヒシの繁茂によって湿地の生態系が大きく改変された例が世界各地で報告されているが、ヒシが密生した環境下で起こる変化に焦点を合わせた研究例がほとんどであり、一年生の浮葉植物であるヒシの消長に応じて起こる生態系の季節動態については、これまで明らかにされてこなかった。本研究では、ヒシの季節消長に応じて、湖内の物理化学環境および生物群集（ベントス・プランクトン）がどのように変化するか明らかにすることを目指した。

### 2. 方法

2009年8月から2011年2月にかけて、夏季にヒシが密生する地点（ヒシ帯）と密生しない地点に調査点を設定し、湖内の物理化学環境の測定およびベントス・プランクトンの定量採集を行った。水質、ベントス群集の構成、動物プランクトン群集の構成のそれぞれに対するヒシ被度、上流度（湖の最下流部からの距離として算出）および季節の影響を一般化線形モデル（GLM）によって解析した。

### 3. 結果

ヒシが繁茂し始める6月頃から、湖底付近の溶存酸素は減り始め、特にヒシ帯の底層では、盛夏には著しい酸欠状態になった ( $<1\text{mg-O}_2\text{ L}^{-1}$ )。その後、ヒシの枯死（11月頃）に伴い、湖内全域で溶存酸素量は回復した。クロロフィル濃度は、夏季には湖内全域で一様に低かったが ( $<20\mu\text{g L}^{-1}$ )、冬季から春季には夏季の数倍にまで増加した ( $20\text{-}100\mu\text{g L}^{-1}$ )。また、秋季から冬季には、下流で連結している水月湖（汽

水湖）から三方湖の湖央付近まで、汽水（3-4%）の侵入があることが確認された。

夏季、ヒシ帯の底泥中にはユスリカ幼虫や貧毛類は極めて少なかった ( $<50$  個体  $\text{m}^{-2}$ )。これらの地点ではセンチウの仲間が優占していたが（およそ  $100\text{-}10000$  個体  $\text{m}^{-2}$ ）、バイオマスとしては少量であった。冬季には、ヒシ帯でもユスリカ幼虫や貧毛類が著しく増加していた（およそ  $50\text{-}1500$  個体  $\text{m}^{-2}$ ）。また、夏季のヒシ帯には枝角類とカイムシ亜綱が多かったが、冬季には見られなくなった。

GLMによる解析の結果、ヒシ被度が高いほど溶存酸素量は少なくなり、センチウの多いベントス群集および枝角類・カイムシ亜綱の多い動物プランクトン群集になることが示唆された。また、湖の下流に行くほど塩分濃度が高くなり、貧毛類の少ないベントス群集になることが示唆された。

### 4. 考察

三方湖の生態系にヒシが及ぼす影響を評価するためには、ヒシの消長に応じて変化する環境要因や生物相を考慮する必要がある。また、三方湖の場合には、下流からの塩分の侵入という特有の要因の影響にも注意を払うべきである。

湖底付近での著しい酸欠およびベントスの減少が起こるヒシ帯は、湖底を利用する高次捕食者（魚類など）にとって不適な生息場所になっていると予想される。一方、カイムシ亜綱のように、ヒシ植物体を生息場所に利用すると考えられる生物の増加が見られたことから、ヒシ植物体を利用する生物相に依存した食物網の存在が予想される。今後、ヒシ植物体表面を利用する生物相の評価も行うことで、ヒシの繁茂が湖の生態系に及ぼす影響を包括的に評価することを目指す。



## 外来種チクゴスズメノヒエが湖岸に形成する Floating Meadows の特性:(2)生物的環境

永坂正夫 (金沢星稷大学・人間科学)

### 1. はじめに

チクゴスズメノヒエ (*Paspalum distichum* L. var. *indutum*) は北米南部を原産とする水生植物であり、1980年代に九州のクリーク地帯において、通水障害等を引き起こす強雑草として報告され、現在は新潟県などの中部以北にまで分布が広がっている。

熱帯-亜熱帯の河川氾濫原には *Paspalum* (スズメノヒエ) 属や *Echinochloa* (イヌビエ) 属などのイネ科草本を優占種とする floating meadows と呼ばれる浮島群落が発達するが、これらの浮島群落は貧酸素条件になりがちな底泥付近に比べて、はるかに多様で現存量の高い動物相を保持する場となることが報告されている。温帯域の本邦には本来こうした浮島群落に相当する群落は存在しなかったのだが、生育期のチクゴスズメノヒエ群落はまさに侵入水域における floating meadows となっている。しかしこのチクゴスズメノヒエによる floating meadows がどのような動物相を保持するのか、それが在来の抽水植物群落や沈水植物群落の動物相とどのように相違するかは知られておらず、2009年より石川県の河北潟の湖岸に広がったチクゴスズメノヒエの浮島群落での調査を開始した。

浮島群落内部の物理環境測定では、群落が発達し水面を被った水域や、経年的に多発が続き毎年枯死した茎葉が堆積する水域において溶存酸素量が著しく低下するとの従来の報告とは異なり、群落外側の開水面よりも群落内部での溶存酸素量が高く保たれているという結果を得た。この群落内部で高い溶存酸素量が保たれている理由を明らかにするため、2010年9月に群落内の藻類現存量に関する調査を実施した。

### 2. 材料と方法

2010年9月、石川県の河北潟の湖岸に広がったチ

クゴスズメノヒエの浮島群落内と開水面において表層水の採水をおこない、SS量、クロロフィルa量の測定をおこなった。群落内の採水地点は開水面の境界から4m内側に入った地点である。

また、浮島群落の内側4m地点において25cm×25cm枠のコドラートを設定し、枠内に存在するチクゴスズメノヒエを刈り取ることで群落内の付着藻類の現存量とクロロフィルa量の測定をおこなった。枠内のチクゴスズメノヒエは持ち帰り、水上部と水面下で分別し、水面下の匍匐枝と不定根部分を蒸留水中でブラシを使いながら付着物を洗い落とした。湖水と洗い落とした懸濁物中のクロロフィルa量の測定はUNESCO法を用いて測定した。

### 3. 結果と考察

開水面のSS量は9 mg l<sup>-1</sup>だったのに対し、群落内側4m地点でのそれは4 mg l<sup>-1</sup>と半減していた。クロロフィルa量は開水面での38 μg l<sup>-1</sup>に対して、群落内ではわずか14 μg l<sup>-1</sup>にまで減少していた。

一方、水面下のチクゴスズメノヒエの匍匐枝と不定根に付着する物質のクロロフィルa量は群落面積あたり18-27 mg m<sup>-2</sup>にも達していた。この付着物のクロロフィル量は、国内湖沼のヨシ帯で測定されてきた付着藻類量に近い値であった。この測定とは別に、チクゴスズメノヒエの不定根の通気組織の発達程度を通気圧の測定から確認したところ、著しく通気組織が発達している植物であるとの結果は得られなかったことと考え合わせると、生育期間中の昼間の時間帯にチクゴスズメノヒエの浮島群落内部で溶存酸素量が群落外側の開水面よりも高く保たれている主な理由としてはこの多量に生息する付着藻類が放出する酸素の寄与が大きいことが明らかとなった。

\*) 本研究は科研費(21510245)により遂行されています。

## 小河川の再生

\*木持謙 (埼玉県環境科学国際セ)、常田聡 (早稲田大学)  
金澤光 (埼玉県環境科学国際セ)、真下敏明 (真下建設 (株))  
正田武則 ((株) AZMEC)、関根正人、榊原豊 (早稲田大学)

## 1. はじめに

汚濁河川・湖沼の再生には、低エネルギー消費、簡易メンテナンス等を特長とする生態工学活用技術の適用が効果的と考えられる。本研究では、窒素 ( $\text{NH}_4^+$ ) に対して高いイオン交換能をもつゼオライト成形体と水生植物を活用し、水質浄化技術とビオトープの長所を組み合わせ強化した里川再生技術について、実小河川において、水質浄化・維持管理と微生物叢の観点から実験的検討を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 水質浄化モジュールの製作

ゼオライト成形体を用い、2種類の水質浄化モジュールを製作した。1つは、60mm(外径)×30mm(内径)×90mm(長さ)の円筒型成形体をステンレスかごに70個充填し、抽水植物のミクリを3株植栽したものの(円筒型モジュール)、もう1つは、300mm×300mm×10mmの平板型成形体をステンレスかご内に8枚立てたもの(平板型モジュール)である。

## 2.2 実河川内への水質浄化モジュールの設置

埼玉県北西部を流れる一級河川・元小山川の最上流部の河川内に、幅0.8m、水深0.3m、長さ110mの水路を製作し、対照系(上流側、全長40m)および里川系(下流側、全長60m)の2系を直列に設定した。里川系には、0~20m区間に円筒型モジュールを15個、20~60m区間に平板型モジュールを50個設置した。各モジュールは、底泥等の蓄積を低減する目的で、流下方向にモジュール長さ分の間隔を空け、水路の左岸に寄せて設置した。対照系には何も設置しなかった。実験水路には、流速が1cm/sec程度となるように河川水を自然流入させた。

実験は2010年8月中旬より開始し、月2回の頻度で調査採水・分析した。本河川は生活雑排水の流入が認められ、水路の流入平均水質は、BOD: 5.4、 $\text{NH}_4\text{-N}$ : 2.3、T-N: 6.5、T-P: 0.94 (mg/L)であった。

## 2.3 ゼオライト成形体表面の微生物叢の検討

設置されたゼオライト成形体表面の生物膜および流入河川水中の浮遊物質中の微生物叢について、T-RFLP法による解析を行った。また、各試料中のアンモニア酸化細菌の定量評価に向け、PCR条件等の最適化を図った。

## 3. 結果および考察

## 3.1 水質浄化特性

流入水のBOD値は冬季に上昇する傾向があり、原因は冬季の河川水中の生活排水等の割合の増大等が考えられた。BOD除去率は季節による差はほとんど見られず、実験期間全体の平均値は、里川系33%、

対照系1.1%と、里川系の方が優位であった。これは溶解性BODで顕著であり、里川系は特に溶解性BODの除去に優れていると考えられた。

窒素については、流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は実験初期は1mg/L程度だったが、徐々に上昇し12月には3mg/L程度に達し、T-N濃度も3→7mg/Lと上昇した。里川系では順調に $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去がされていたが、水温の低下に伴い除去率は低下した。これは、流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の上昇や硝化細菌等の活性低下に加え、枯死した植物体や剥離した生物膜からの窒素の溶出等が原因と考えられ、冬季の除去能維持対応が必要である。

## 3.2 維持管理特性

本技術は、河川の下流への適度な土砂供給機能の観点から、底泥等の蓄積しにくいモジュール形状、設置方法等を検討している。今回結果からは、モジュール設置間隔が1モジュール長程度でも、底泥が蓄積しにくい上、モジュール直下の左岸側であっても、ある程度の流速が確保される、すなわちモジュールと河川水が接触できることが期待された。

## 3.3 水質浄化の定義

底泥蓄積しにくい浄化装置を想定した場合、底泥等が処理水中に流出し、各浄化対象物質の除去率は低下すると考えられる。そこで、水質浄化の定義として、除去率だけでなく“物質変換”あるいは“生態毒性の低減、有害物質の不活性化”といった視点からの研究開発が必要と考えられる。具体的には、アンモニア→硝酸、溶存態BOD→懸濁態BOD等が考えられる。システムとしては、底泥回収・資源化の視点から、水質浄化部分より後段に適度な底泥沈降→回収区域を設定することも有効と考えられる。

## 3.4 微生物叢の解析

T-RFLP解析の結果、設置されたゼオライト成形体表面には、非常に多様性に富んだ生態系が創出されていることが明らかとなった。ゼオライト成形体は、河川の直接浄化における接触材として、アンモニア酸化細菌のような増殖速度の遅い細菌の棲息場の機能を十分に発揮していると考えられる。

また、アンモニア酸化細菌を検出するPCR条件の最適化を図った結果、ゼオライト成形体の表面バイオマス中のアンモニア酸化細菌の存在が確認できた。今後、リアルタイムPCRによる $amoA$ 遺伝子を指標としたアンモニア酸化細菌定量を試み、ゼオライト成形体投入に伴う水質浄化効果を検証する。

## 謝辞

本研究は環境省：環境研究総合推進費(課題番号：B-0911)の補助を得て行っている。

## の創造

\*金澤光（埼玉県環境科学国際セ）、榊原豊（早稲田大学）  
木持謙（埼玉県環境科学国際セ）、真下敏明（真下建設（株））  
正田武則（（株）AZMEC）、常田聡、関根正人（早稲田大学）

## 1. はじめに

我々は、窒素（NH<sub>4</sub><sup>+</sup>）に対して高いイオン交換能をもつゼオライト成形体と水生植物を活用した里川再生技術について研究開発を進めている。本技術は、水質浄化機能を有することはもちろんであるが、魚類を中心とする水生生物の棲息・繁殖環境を創造することを極めて重要な位置づけとする。本研究では、魚類等の隠れ場所や産卵場所の視点から水質浄化モジュールを研究開発するとともに、実河川に設置し、その導入効果について解析評価した。

## 2. 実験方法

## 2.1 研究対象河川における生息生物事前調査

実験は、埼玉県北西部を流れる長さ約 7.8km の一級河川・元小山川の最上流部で行ったが、これに先立ち、実験サイト周辺の生息魚類等について調査を実施した。

## 2.2 魚類によるゼオライト成形体の産卵床としての利用可能性の検討

60mm(外径)×30mm(内径)×90mm(長さ)の円筒型のゼオライト成形体を用い、魚類の産卵床としての利用可能性について水槽内実験を行った。水槽は 45cm×30cm×30cm（水深）のものとし、底質には砂を用い、円筒型成形体を 3 個導入した。供試魚類は生物調査の結果からモツゴとし、1 水槽に 1 ペア（2 匹）ずつ導入した。実験水温は約 20℃に設定した。

## 2.3 水質浄化モジュールの実河川への設置と導入効果の検討

ゼオライト成形体を用い、2 種類の水質浄化モジュールを製作した。1 つは、上述の円筒型成形体をステンレスかごに 70 個充填し、抽水植物ミクリを 3 株植栽したもの（円筒型モジュール）、もう 1 つは、300mm×300mm×10mm の平板型成形体をステンレスかごに 8 枚立てたもの（平板型モジュール）である。

実験サイトの河川内を流下方向に板で仕切り、幅 0.8m、水深 0.3m、長さ 110m の水路を製作し、対照系（上流側、全長 40m）および里川系（下流側、全長 60m）の 2 系を直列に設定した。里川系には、0～20m 区間に円筒型モジュールを 15 個、20～60m 区間に平板型モジュールを 50 個設置した。各モジュールは、流下方向にモジュール長さ分の間隔を空け、水路の左岸に寄せる形で設置した。対照系には何も設置しなかった。

平成 22 年 8 月下旬（水質浄化モジュール設置約半月後）、実験水路を 20m ごとのエリアに分け、各エリアの生息生物を調査した。調査は、各エリアを一斉にサデ網で仕切り、モジュールを陸揚げし、下流

から順にエリア内の生物を採捕、記録した。採捕した生物は、種類と数について、魚類はこれに加えて全長および被鱗体長について記録した。採捕尾数が多い場合には、上限を 30 個体として、ランダムに抽出・記録することとした。また、甲殻類は個体数のみ記録した。

## 3. 結果および考察

## 3.1 研究対象河川における生息生物

事前調査の結果、魚類についてはメダカ、モツゴ、タモロコ、コイ、ギンブナ、ドジョウと、研究対象河川をはじめとする、我が国の中小河川に広く生息する種類が観察された。この他、アメリカザリガニが多数観察された。

## 3.2 魚類によるゼオライト成形体の産卵床としての利用可能性

水槽実験の結果、このゼオライト成形体をモツゴが産卵に利用した。また、これらの卵はふ化し、稚魚へと成長した。特にモツゴは、コンクリートブロック等の硬い材質のものに産卵することが知られており、ゼオライト成形体も十分に利用されることがわかった。今後さらに、生息および産卵場所としての活用の視点から、形状等の改善を図っていくことが必要と考えられる。

## 3.3 水質浄化モジュールの実河川への導入効果

生息生物調査の結果、魚類は、里川系ではメダカ（21 匹）、タモロコ（49 匹）、モツゴ（50 匹）、オイカワ（1 匹）、ドジョウ（5 匹）が、対照系ではメダカ（17 匹）、タモロコ（5 匹）、モツゴ（2 匹）、ドジョウ（4 匹）が観察されたが、水路の単位長さあたりの生息数は里川系の方がはるかに大きい値となった。これは、水質浄化モジュールが魚類の生息空間として利用された結果と考えられた。特に、ミクリ植栽のモジュールで、魚類が蟄集している状況が確認された。

また、今回の生物調査では、過去に生息が確認されていないオイカワが 1 匹、平板型モジュールの設置エリアで確認された。この他の採捕生物としては、アメリカザリガニ（甲殻類）、トンボ幼生（昆虫類）、ウシガエル幼生（両生類）等が、里川系のエリアを中心に確認された。

これらの結果から、水質浄化モジュールは、魚類等の棲息・産卵場所としての導入効果が期待できることがわかった。

## 謝 辞

本研究は環境省：環境研究総合推進費（課題番号：B-0911）の補助を得て行っている。

\*宗宮 麗 (名古屋女子大学)

赤塚 敦<sup>\*1</sup>・樋口 万純<sup>\*2</sup>・杉浦 佳保里<sup>\*3</sup>・寺井 久慈 (中部大学)[現所属：\*<sup>1</sup>東部産業株式会社、\*<sup>2</sup>株式会社エステム\*<sup>3</sup>・ハヤシ化成株式会社]

## はじめに

藤前干潟は、名古屋市の南西に位置し、伊勢湾の奥に現存する伊勢湾最大の干潟である。名古屋市という大都市に隣接している干潟であり、陸域からのさまざまな負荷を受けやすい。藤前干潟内にある窪地は、昭和34年の伊勢湾台風が引き起こした海岸堤防の破堤など、被災箇所の復旧工事のために土砂採掘した跡地である。窪地は、干潟の北西部に位置し、大きさは約400×200m、干潟面から水深約5mである。窪地底層で貧酸素水塊が発生し台風などの強風時に藤前干潟の干潟面へ遡上することが、藤前干潟に生息する夏季の底生生物の大量死滅や干潟への悪影響の原因の一つとして挙げられている。これを受け2004年10月から2005年3月にT.P.-7~-6mの窪地を埋め戻す工事が施工された。しかし、工事期間中に必要な土砂が確保できず、埋め立てはT.P.-3mまでで完了となった。

埋め戻し前後の調査は、国土交通省の庄内川・新川河口干潟調査会で2005年に調査されているが、単年の調査ではその効果は十分に解り得ないと思われる。そこで、本研究では埋め立て前の2004年から埋め立て後2010年までの合計7年間で、窪地の埋め戻しによって干潟の環境にどのような変化があったのかを検討しまとめる。

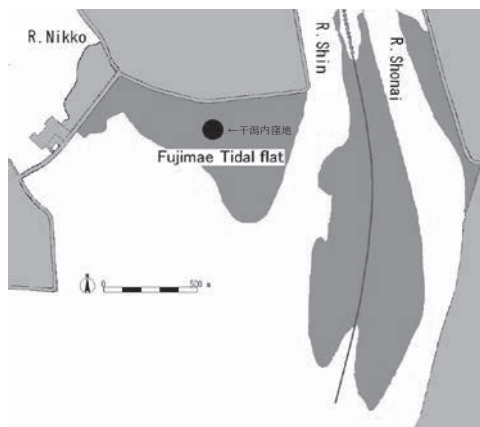


図1 藤前干潟内 窪地

## 材料と方法

2004年から2010年に藤前干潟内にある窪地(図1)で調査を行った。多項目水質計 (Hydrolabo 社) を用いて、水深、水温、塩分濃度、DO、pH、ORP を測定した。また、貧酸素水の影響を最も受けやすい底生生物を対象に干潟内でコドラート調査を行った。

## 結果

埋め戻し前の2004年のDO飽和度に比べると、埋め戻し後は、窪地底層で若干のDOの増加が見られたが、5月以降10月頃まではほぼ毎年30%以下の貧酸素水であったことが伺えた。(図2) また、干潟内でのコドラート調査では、二枚貝ヤマトシジミ、ソトオリガイが2004年に比べ2010年では増加した。

## 考察

藤前干潟内の窪地埋め戻しの結果、貧酸素水が若干改善されたことが伺えた。コドラート調査の結果からも、干潟内に生息する二枚貝が増加したことが確認された。しかし、現在(2010年)も貧酸素水塊が窪地内で発生していることは伺えた。窪地内で底層のDO濃度低く、生物の生息に適しておらず環境悪化に繋がると考えられる。

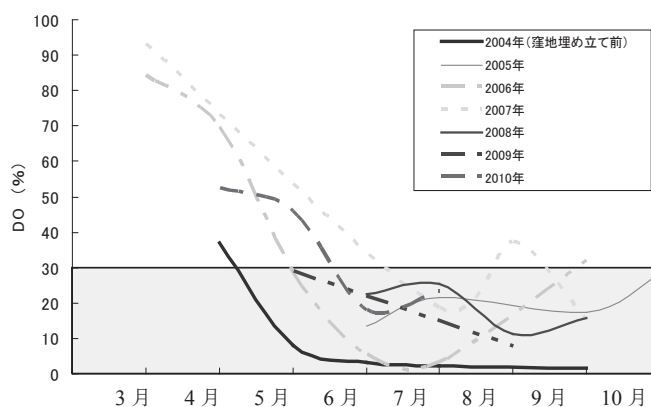


図2 窪地底層のDO (%)の経月変化

## 木炭、牡蠣殻を担体として固定化した脱窒菌による下水の浄化処理

岡本 怜<sup>1)</sup>、下條 耕司<sup>2)</sup>、\*寺井 久慈 (中部大学)  
(現所属) <sup>1)</sup>山梨罐詰株式会社、<sup>2)</sup>日本デリカフレッシュ

## はじめに

活性汚泥法を主体とする一般的な下水処理法では BOD などの有機物は 90%以上除去できているが、窒素・リンなどの栄養塩除去が不十分である。バッキ処理によりアンモニアの硝化は進行するが、嫌気処理を必要とする硝酸からの脱窒が不十分である。このため水域への窒素負荷が削減できずに閉鎖性水域の富栄養化、貧酸素化の最大要因となっている。本研究では多孔質の担体に脱窒菌を固定化して、バッキ条件下で進行する硝化と同時に脱窒が効率的に機能する系を開発することを目指した。

## 材料と方法

脱窒菌を固定化する担体としてはこれまで検討してきた中で脱窒効率の高い木炭(ナラ)と牡蠣殻を用いた。脱窒菌は春日井市の高蔵寺下水処理施設から単離・純化して継代培養している菌株(KJ-1)を用いた。脱窒菌計数用MPN培地に担体を投入してオートクレーブで担体内部に培地を吸収させたものに、前培養した脱窒菌を添加して4日間培養し担体に固定化した。担体の表面に付着した脱窒菌はオートクレーブ滅菌水で洗浄しWash outした。牡蠣殻の場合はCa<sup>2+</sup>の溶出によりアルカリ性になるために塩酸でpH7に調整した下水。

実験は1)下水処理施設の好気槽水を20日以上曝気して完全硝化した硝化水をオートクレーブし、脱窒菌固定化担体を投入して好気・嫌気培養した場合、2)下水処理施設の好気槽水に直接脱窒菌固定化担体を投入し好気条件下で培養した場合、について行った。電子供与体として適時、酢酸ナトリウムを添加し、定期的に試水を採取し、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N(インドフェノール法)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N およびNO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N(イオンクロマトグラフ)を測定し、培養液中および担体中の全窒素を測定した。担体中の全窒素は木炭の場合は一部破碎し

て超音波処理し、牡蠣殻の場合は一部破碎して塩酸処理し、全有機炭素分析計(島津 TOC-V)又はポータブル簡易全窒素計(東亜 DKK)により測定した。

## 結果と課題

1) 硝化下水の脱窒:(なら炭の場合)脱窒菌固定化担体の嫌気条件では30hでNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nが消失し、途上で蓄積したNO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Nが50hで消失し脱窒が完了する。好気条件ではNO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Nは蓄積せず50hでNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nが消失する。(牡蠣殻の場合)嫌気条件では20hでNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nが消失する以外、なら炭と同様の傾向を示した。

2) 下水の硝化・脱窒同時処理:(なら炭の場合)菌を固定化しない対照(CTL)、電子供与体投与量の違い(炭A少、炭B多)にかかわらずNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nは50hで消失する。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nの蓄積は認められないがCTLと炭Aでは100hにNO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Nの蓄積が見られる。培養液と担体中の窒素収支を示す表1より、炭Bでは無機態窒素が消失して脱窒は完了した。

表1. 下水の硝化・脱窒における窒素収支

	時間	無機態 N	有機態 N	担体中 N
CTL	0h	67.0mg	44.1mg	0.76mg
	100h	31.8	12.2	11.3
炭 A	0h	71.8	41.3	15.7
	100h	7.4	43.5	24.7
炭 B	0h	78.7	36.9	15.9
	100h	0	53.4	19.3

(牡蠣殻の場合) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nは30~50hで一旦消失するが100hで再度蓄積し、無機態窒素が残り脱窒は完了しなかった。牡蠣殻を担体とした場合、pHの上昇を制御することが課題となった。

○西元宏樹（富山県立大・環境システム工学専攻）

坂本正樹（富山県立大・工学）

### 1. はじめに

集水域の人間活動に由来した栄養塩が流入することで、湖沼の富栄養化が促進される。富栄養化により植物プランクトンやシアノバクテリアが増殖し、アオコ現象などの問題を引き起こす。この対処法としては栄養塩の流入を未然に防ぐほかに、水中の栄養塩の除去や、高次消費者である魚の密度を制御し植物プランクトンを減らす手法（バイオマニピュレーション）などが考えられる。

本研究では大学構内の浅く富栄養化した池（太閤池；T-N 0.5mg/L 前後，T-P 0.05mg/L 前後）を対象フィールドとした。バイオマニピュレーションによる藻類量の制御を目指し、その前段階として生態系構造と水質の相互関係を明らかにすることを目的とし、定期モニタリングとマイクロコスム実験を行った。

### 2. 材料と方法

太閤池の生態系構造と水質に対する影響を明確にするため、マイクロコスム実験を行った。太閤池の水を 20L 採水し、これを 20L タンクに入れ、植物プランクトンが光合成できるように日の当たる場所に置いた。実験期間は 29 日間で、処理区（繰り返し 3）は、①植物プランクトンを効率よく摂食するカブトミジンコを追加、②魚（モツゴ）を追加、③両者を追加、④何も追加しないもの（対照区）とした。期間中、環境要因（水温、pH、EC、DO）の測定とサンプリングを定期的に行い、動物プランクトン群集と植物プランクトン群集、Chl.a 濃度、栄養塩濃度の変化を調べた。

また太閤池の季節変化を把握するため、月に一回のモニタリング（プランクトン群集組成、Chl.a 濃度、栄養塩濃度）を行った。

### 3. 結果

Chl.a 濃度は実験開始時には処理区間で違いがなかったが、モツゴ投入後に急上昇し、実験終了時には対照区と比較して 3~5 倍の値となった。栄養塩濃度も Chl.a と同様の傾向を示した。一方でカブトミジンコは、モツゴの有無にかかわらず、有意な増殖がみられなかった。

太閤池では、6 月まではミジンコ類が出現しており、マイクロコスム実験で用いたカブトミジンコも出現した。7 月以降、ミジンコはあまりみられなくなり、カメノコウワムシなど小型のワムシ類が優占した。10 月以降はほとんどの動物プランクトンがみられなくなった。Chl.a 濃度は 9 月に最も高く、大型の藻類 (> 40 $\mu$ m) が、他の月より増加した。

### 4. 考察

マイクロコスム実験の結果から、魚が存在することによって Chl.a 濃度が上昇することがわかった。藻類量の制御には栄養カスケードの制御（バイオマニピュレーション）が重要である。このことから、高次消費者（魚）の現存量を減らすことで太閤池の水質改善につながることを示唆された。

さらに太閤池にも大型のミジンコが生息するが、出現期間は非常に短い。これには魚による捕食の影響の他に、夏に池の水温が高かったことが原因と考えられ、これがマイクロコスム実験でカブトミジンコが増殖しなかった原因でもあると考えられる。浅い湖沼において、水温変化は季節ごとの生態系構造を変化させる大きな要因になると考えられる。

\*多田 満・小神野 豊 (国立環境研)

### 1. はじめに

河川には、住居、事業所、工場、農地や家畜飼育場などから雑多な排水が流入し、そこに含まれる化学物質（有機・無機汚濁）により生態系に多様な悪影響（複合毒性）がもたらされているものの、原因物質が多岐にわたるため主因の特定が難しい。本研究では、標準試験生物であるオオミジンコ (*Daphnia magna*) を用いて横浜市内の農地と市街地を流れる河川水（環境水）を用いた生態（繁殖）影響試験を行なうとともに、農薬分析（酒井学・横浜市環境科学研）により主たる毒性物質の同定を進めて、複合毒性の発現パターンを環境の違う河川を比較しながら把握することを目的とする。

### 2. 材料・方法

#### 2.1 採水場所

寺家（鶴見川支流寺家川、横浜市青葉区）、しらとり川（鶴見川支流しらとり川と恩田川の合流点よりしらとり川流路、横浜市青葉区）、亀の子橋（鶴見川、横浜市港北区）の3地点において、2009年4月から2010年12月まで、毎月1~2回（6月から9月は月2回、その他の月は月1回）、各地点において採水をおこなった。流域は、市街地化が進んでいるものの、一部に水田、畑等の農地が認められ、寺家は水田が多い地域である。

#### 2.2 採水方法

河川水は、各地点で農薬類の分析用とオオミジンコの繁殖試験用にそれぞれ3L、合計6Lをガラス容器に採水し、水温、pHとECを計測した後に持ち帰り、冷蔵庫に保存（5℃・暗所）した。

#### 2.3 農薬類の分析方法

分析方法はGC/MSによる一斉分析法により行った。なお、今回分析対象とした農薬は、除草剤、殺菌剤と殺虫剤を合わせて82種類である。

#### 2.4 供試生物

オオミジンコは、国立環境研究所で継代飼育（NIES系統）しているものを用いた。

#### 2.5 オオミジンコ試験方法

繁殖試験は、50 ml ビーカーを使用し、その中に各河川水を50 ml 入れ、ふ化後24時間以内のオオミジンコ1個体を入れ、21日間の親1個体当たりの平均累積産仔数を調べた（繰り返し5回）。餌としてクロレラをミジンコ1頭当たり、0.1~0.15 mg C（有機炭素含有量）/日与えた（OECD-TG211に準拠）。

### 3. 結果と考察

今回の調査では、アメトリン、エスプロカルブ、カフェンストロール、キノクラミン、シアナジン、ジクロベニル、シメトリン、ピリブチカルブ、ブタクロール、プレシラクロール、ブロマシル、プロモブチド、メフェナセット、モリネートの14種類の除草剤、イソプロチオラン、イプロベンホス、EDDP、テブコナゾールの4種類の殺菌剤、イソキサチオン、ジクロルボス、ダイアジノン、フィプロニル、フェニトロチオン、フェノブカルブ、フェンチオン、マラチオンの8種類の殺虫剤が検出された。

河川水中の除草剤、殺菌剤、殺虫剤の残留濃度は、それぞれ、0.05~6.2 µg/L（ピリブチカルブ、2009年6月3日寺家）、0.05~2.4 µg/L（イソプロチオラン、2009年7月21日寺家）、0.05~1.6 µg/L（フェニトロチオン、2009年6月3日亀の子橋）の範囲で検出された。このフェニトロチオンの濃度は、環境基準（要監視項目）の指針値（3 µg/L）以下であるが、21日間無影響濃度（21d-NOEC）の0.009 µg/Lと比較すると180倍近い濃度であった。オオミジンコ繁殖試験でも48時間以内の急性毒性により死亡が確認され（48h-EC<sub>50</sub>: 0.75 µg/L）、フェニトロチオンによる単一毒性によるものと考えられた。

2009年6月25日の寺家では、殺菌剤のイプロベンホス（48h-EC<sub>50</sub>: 859 µg/L）と殺虫剤のダイアジノン（48h-EC<sub>50</sub>: 0.87 µg/L）が、それぞれ、0.35 µg/Lと0.14 µg/Lの濃度で検出され、産仔数も17.8個体（対照区では150個体程度）に減少し、親個体も試験開始12日目で死亡した。

一方、2009年7月6日のしらとり川では、ブロマシル（0.1 µg/L、除草剤）、イソプロチオラン（0.05 µg/L）、イプロベンホス（0.05 µg/L、以上、殺菌剤）、イソキサチオン（0.1 µg/L、48h-EC<sub>50</sub>: 0.1 µg/L）、ジクロルボス（0.1 µg/L、48h-EC<sub>50</sub>: 0.2 µg/L）、フェニトロチオン（0.07 µg/L、48h-EC<sub>50</sub>: 0.75 µg/L）が検出され、産仔数も34.2個体（対照区では150個体程度）に減少し、親個体も試験開始12日目で死亡した。

また、2009年7月21日の亀の子橋では、フィプロニル（0.08 µg/L）、フェニトロチオン（0.6 µg/L）、フェンチオン（0.05 µg/L）の3種類の殺虫剤が検出され、オオミジンコ繁殖試験による産仔数も減少し（60.4個体、対照区では150個体程度）、試験開始12日目で親個体も死亡した。

以上の結果から、殺虫剤の単一、あるいは複数の殺虫剤などによる複合毒性の発現パターンのいくつかをオオミジンコの繁殖試験により把握することが可能であると考えられた。

## 共通の捕食者に由来する異なる疎水性をもつ ケミカルキューが被食者 2 種の防御反応を誘導する

\*高原輝彦（広大サステナブル）、土居秀幸（広大サステナブル）  
神松幸弘（地球研）、山岡亮平（京工繊大・工学科学）

### 1. はじめに

被食者は、捕食者の排泄物などから水の中に溶出してくる化学物質（ケミカルキュー）を受容して、形態や行動を変化させ、食べられにくくなる防御戦略をもつ。被食者は種ごとに利用する微生物場所や行動パターンが違うことから、共通の捕食者を検知する場合においても、種特異的な特性に応じて異なるタイプのケミカルキューを受容していると考えられる。水田などの一時的な水域に生息するツチガエル *Glandirana (Rana) rugosa* とニホンアマガエル *Hyla japonica* の幼生（オタマジャクシ）は、ギンヤンマ *Anax parthenope julius* の幼虫（ヤゴ）に由来する不揮発性のケミカルキューを検知して活動レベルを低下させ、見つかりにくくなる防御行動を示す（Takahara et al. 2008a, b）。本研究では、同所的に生息する上記カエル 2 種が受容するヤゴのケミカルキューの違いを明らかにして、各カエルが異なるケミカルキューを受容するように進化してきた背景について議論する。

### 2. 材料と方法

ヤゴを一日飼育して溶出した化学物質が含まれる飼育水を、C18 固相吸着剤カラムによって極性に依って分画した。つぎに、それら分画溶液に各オタマジャクシ個体をさらして、彼らが防御行動をとるときに受容するケミカルキューの性質を調べた。また別の実験として、オタマジャクシを入れた水槽を 25 日間観察し、カエル 2 種の微生物場所と活動レベルについて観察した。

### 3. 結果

ツチガエルは、ヤゴに由来する低い疎水性および高い疎水性をもつ化学物質それぞれにさらされたときに防御行動を示した。一方、ニホンアマガエルは、非疎水性物質にさらされたときのみ防御行動を示した。また、ツチガエルは水底で静止していることが多く、ニホンアマガエルは水の中層や上層で頻繁に泳いでいることが観察された。

### 4. 考察

同所的に生息するカエル 2 種は、ヤゴ由来の異なる疎水性をもつケミカルキューを受容して防御行動を示し、カエル 2 種の微生物場所や活動パターンも違うことがわかった。水底で静止していることが多いツチガエルは、ヤゴに見つかりにくいと考えられる。水の中で拡散しにくい疎水性物質は、ヤゴとの距離が近くなって危険が迫ったときに、ツチガエルがヤゴを検知するキューとして適しているのかもしれない。一方、水の中層から水面下周辺で頻繁に泳いでいるニホンアマガエルはヤゴに発見されやすいことから、水の中で拡散しやすい非疎水性物質をキューとして利用し、ヤゴの存在をいち早く察知しているのかもしれない。各被食者は、捕食者との遭遇や攻撃を回避するのに、より効果的なキューを受容するように進化してきたと考えられた。

Takahara et al. 2008a. *Behav Ecol Sociobiol* 63: 235–240.

Takahara et al. 2008b. *Hydrobiologia* 607: 123–130.



\*辛賢善、赤塚徹志、安積寿幸、天橋望、三田村緒佐武（滋賀県立大学・湖沼環境実験施設）

### 1. はじめに

河川生態系の食物網の基礎は、河川内の一次生産（自生性起源）と陸生植物に由来する有機物（他生性起源）の2つの主要なエネルギー源に依存している。これらのエネルギー源は質的な違いがあり、環境変化に対応して異なる反応を示す。一般的に間欠河川は河床の地下水面上部に存在し、流水期と渇水期によって特徴付けられる動的水文システムであり、河川環境に不均一性をもたらす。そのため、間欠河川の生物相は、干上がる過程におけるハビタットサイズの減少や河川水のイオン成分の濃度や pH の上昇などの物理化学的あるいは生物学的制約に対処する必要がある。

本研究では、犬上川の間欠河川系において、餌資源（浮遊粒状有機物 [SPOM]、底生粒状有機物 [BPOM]、付着藻類）に基づいた水生昆虫の栄養経路の空間的変化を炭素と窒素の安定同位体比を用いて明らかにした。

### 2. 材料と方法

本研究は、琵琶湖流入河川の1つである犬上川を対象とした。犬上川は乾季に水路干出がみられる間欠河川系であり、干出水路の上流域の2地点（U1とU2）と下流域の2地点（L3とL4）を調査地点とした。2008年7月に底生大型無脊椎動物と餌資源を採取し、炭素と窒素の安定同位体比を分析した。また同時に、河川水の水温、電気伝導度、pH、流速、主要イオン、栄養塩類、溶存有機炭素を測定した。

### 3. 結果と考察

犬上川の主要種である *Stenopsyche marmorata* の安定同位体比の値はBPOMのそれと同様の傾向で移行し（Fig. 1）、現場の有機物が餌資源として重要であることを示唆していた。また、干出水路の上流域では、高い水温や停滞水などの物理化学的特徴を反映した $\delta^{13}\text{C}$ の高い値が得られた。一方、下流域では、水路が干上がることで粒状物質や溶存有機炭素が不足し、付着藻類の寄与が卓越したため $\delta^{13}\text{C}$ 値は低く、一方、地下水（高濃度無機窒素）の影響により $\delta^{15}\text{N}$

値は高くなった。このように、干出水路は河川食物網系の消費者と餌資源の間のエネルギーの流れや上流域から下流域への栄養塩の流れに影響すると考えられた。

犬上川で採取した水生昆虫を摂食機能群（FFGs）によって分類した。Scraper（刈取食者；*Glossosoma* spp.）は主に付着藻類を摂食するが、Collector-gatherer（採集食者；Chironominae spp., *Stenelmis* spp.）とCollector-filterer（濾過食者；*S. marmorata*）は主に付着藻類に由来するBPOMを摂食することを示した。これは一次消費者からPredator（捕食者；*Rhyacophilla nigrocephala*, *Hexatoma* spp.）への栄養経路の移行に関連して付着藻類に由来するBPOMが重要な餌資源であると考えられた（主要なエネルギーの流れ：BPOM ⇒ Collectors-filterer ⇒ Predator）。犬上川では、上流域から下流域にかけて有機物とFFGsの $\delta^{13}\text{C}$ 値は減少し、一方 $\delta^{15}\text{N}$ 値は増加し、有機炭素の供給が河川の干出化により阻害されることや生息水域が高い無機態窒素濃度の地下水供給により影響された可能性が考えられた。

本研究から、犬上川の食物網系内の有機物から消費者へのエネルギーの流れに対して直接的に影響する現場の餌資源の起源とともに、間接的に影響する流域の物理化学的または地理的条件が重要であると考えられた。

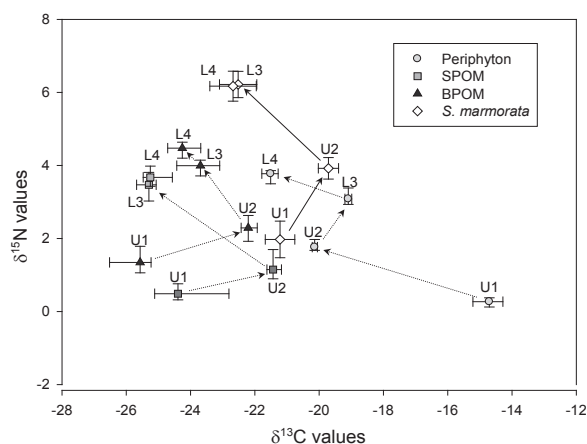


Fig. 1. Carbon and nitrogen stable isotope (‰) plots of *Stenopsyche marmorata* and its food sources in the Inukami River. U1 and U2 are in the upper reaches and L3 and L4 are in the lower reaches of the river.

## P52 夜叉ヶ池における水質およびプランクトンの季節変動について

\*片谷千恵子(福井県衛生環境研究センター)  
下中邦俊(同上)、南部浩孝(同上)

### 1. はじめに

福井県南条郡南越前町にある夜叉ヶ池は、環境省の「第3次酸性雨対策調査」で酸性雨による影響が生じている可能性があり、今後も調査を継続して行う必要があるとされた湖沼である。また、絶滅危惧種の「ヤシャゲンゴロウ」が生息する貴重な湖沼としても知られている。

福井県では、平成6年度から環境省の委託を受けて年4回のモニタリング調査を行っているが、年間を通じた水質の変動をより正確に把握するため、平成9年度および20年度に詳細調査を実施している。平成22年度は、プランクトンの詳細調査も併せて行ったので、その結果について報告する。

### 2. 材料と方法

#### (1) 調査期間および回数

平成22年4月28日～11月10日、8回

#### (2) 調査地点および採水方法

湖岸1地点の表層水を採水

#### (3) 調査項目

##### ①水質

pH、イオン類、COD、DOC、クロロフィル等を、陸水モニタリング手引き書(初版)に準じ分析した。

##### ②植物プランクトン

固定した濃縮サンプルを計数板(0.1mL用)に採取し、検鏡・計数した。

### 3. 結果

pHは、5.22～5.71、平均5.43であり、雪解け時に最も低く秋季に上昇する傾向は、平成9年度および20年度の詳細調査と同様であった。

イオン濃度は、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ が5～6月に最も高く、 $\text{NO}_3^-$ が同時期に最も低下した。また、

$\text{PO}_4^{3-}$ が9月以降急激に増加し、10月には0.064mg/Lと最も高濃度となった。平成22年度は、例年より夏季の水温が高く、底層の貧酸素状態が長く続いたことによる燐溶出の影響と推測される。

CODは、1.6～3.1mg/L、平均2.4mg/Lであり、9月に最も高くなった。DOCは、0.9～1.7mg/L、平均1.4mg/Lであり、7月以降1.6～1.7mg/Lとほぼ一定の値を示した。

クロロフィルaは、1.4～14.0 $\mu\text{g/L}$ 、平均6.0 $\mu\text{g/L}$ であり、6～8月の夏季に低い傾向を示し、5月に最も上昇した。

植物プランクトンは、4月、5月にクリプト藻の*Cryptomonas sp.*が出現し、5月には404cells/mLと大量に出現した。前述のクロロフィルaの上昇および $\text{NO}_3^-$ の低下は、*Cryptomonas sp.*に起因するものと推測された。7月には緑藻の*Monoraphidium sp.*および*Sphaerocystis sp.*がわずかに出現し、9月にクリプト藻が第1優占種となったが、渦鞭毛藻の*Ceratium hirundinella*が第2優占種として出現した。*Ceratium hirundinella*は、今回の調査で出現した植物プランクトンの中では、最も大型種でありCODの増大に繋がったものと考えられる。11月には5月に大量出現した*Cryptomonas sp.*が再び優占した。

### 4. 考察

酸性化が懸念されている夜叉ヶ池の水質およびプランクトンの詳細調査を行った結果、植物プランクトンの増殖は、pH、イオン濃度、COD等に大きな影響を与えているものと推測された。

平成22年度は、例年に比べ降水量が多いことと夏季の気温が高い等の特異な気象条件下の調査となった。今後も同様な詳細調査を継続していく予定である。

\*中川 恵, 松崎慎一郎, 高村典子 ((独) 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター)

1. はじめに

GEMS/Water (Water) とは, 国連環境計画 (UNEP) や世界保健機関 (WHO) などの国際機関によって進められている, 全球をカバーする唯一の淡水水質監視プロジェクトである。本発表では, 本プロジェクトの具体的な活動内容と日本での取り組みについて紹介する。

2. 活動内容

世界中の GEMS/Water 加盟協力国 (2011 年 4 月現在 126 ケ国 (図 1)) から, 淡水 (河川, 湖沼, 地下水など飲用水や農業用水として利用可能な水) の水質データを収集し, データベース化している

(GEMStat (gemstat))。ここに登録されたデータは, 希望した研究機関等は無償で提供され, 施策決定や学術研究のため幅広く活用されている。



図 1. GEMS/Water 参加加盟国 (塗り潰し)。

日本は, 1977 年の GEMS/Water 発足時から参加している。日本の GEMS/Water 窓口となる GEMS/Water ナショナルセンターは, 1994 年からは国立環境研究所が担っている。都道府県の環境部局や地方自治体の水道局と連携し, 合計 24 サイト (2011 年 4 月現在, 図 2) の水質データを収集・データベース化し, カナダの GEMS/Water 本部に送付している。送付されたデータは, GEMStat に登録されている。

3. データの利活用

ナショナルセンターでは, 日本の GEMS/Water の窓口として, 全球水質データの利用受付を行っている。また, 2010 年より, 国内観測ステーションの水



図 2. 国内観測ステーション一覧。

([http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/gems\\_inet/index\\_j.html](http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/gems_inet/index_j.html))

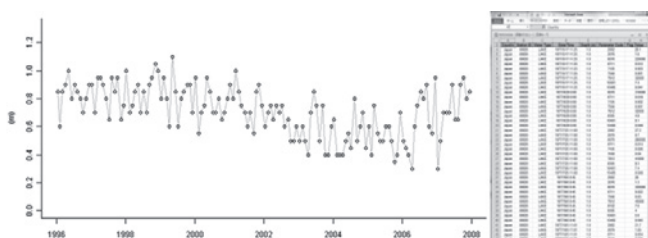


図 3. ウェブサイトの閲覧例 (霞ヶ浦の観測データ)。

質データをウェブサイトで公開しており, 図の閲覧や表のダウンロードが可能となっている (図 3)。

4. 終わりに

陸水生態系は人為的な複合影響を受け, 不健全化が深刻な問題となっている。陸水生態系の保全・再生のためには, 長期的なモニタリングとその国内外の観測ネットワークの構築が必要不可欠である。また, モニタリングデータを活用した研究の発展が望まれる。

最後に, 水質データを GEMStat に登録・提供したい方, 全球の水質データの利用を希望される方は, 下記までご連絡下さい。

<連絡先>GEMS/Water ナショナルセンター事務局

E-mail : gems@nies.go.jp

\*藤永薫(金沢工大バイオ・化)、小田恭裕(金沢工大バイオ・化)、尾関徹(兵教大)、近藤邦男(金沢工大バイオ・化)、大嶋俊一(金沢工大バイオ・化)、渡辺雄二郎(金沢工大生活環境研)、小松優(金沢工大バイオ・化)

### 1. はじめに

近年、近隣諸国の急激な経済成長により、日本への大気汚染物質の越境移動が大きな問題となっている。特に日本海側地域の降水物は、その影響を大きく受けており、大気環境と水環境に関連する降水の水質の把握は、大変重要である。本研究では、金沢市近郊の3地点において、降水を1週間毎に採集して水質を継続的に観測した。水質の測定項目は採集量、pH値、電気伝導度、陽・陰イオン濃度である。年間を通して、乾性降水物質の分析や後退流跡線の解析を併せて行った。

### 2. 実験

降水試料の採取は、上部に装着した口径20 cm ロートに0.45 μm メンブレンフィルターとガラス製フィルターを接続し降水を保存する、受動ろ過式採集装置により行った。図1に採水地点を示した。採水地点は、それぞれ環境の異なる3地点を選定し、海岸からの直線距離は、野々市キャンパス(市街地)が約6.2 km、天池自然学園(山間部)が約11.1 km、八束徳キャンパス(田園地帯)が5.2 kmである。これらの3点において、週に1回雨水を採集して測定を行なった。



図1 採水地点

### 3. 結果と考察

いずれの地点においても、3月から5月にかけてと12月から1月にかけて海塩起源とされる $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ などの海塩類イオンの濃度が高くなっている。また同時期に非海塩起源のカルシウムイオンの濃度と非海塩起源の硫酸イオンの濃度も高くなっており、偏西風によって

飛来したことが考えられる(図2)。

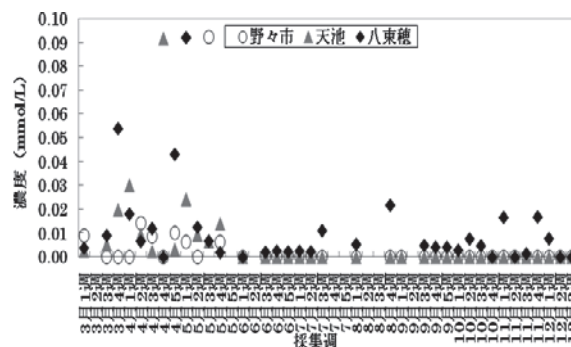


図2 3地点のnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の週間変動

2009年7月から2010年10月の間、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、全Fe、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ の10種の金属イオン濃度をICP-MSで測定し、週間変動を調べた結果、 $\text{Mn}^{2+}$ と $\text{Sr}^{2+}$ イオンでは明確な季節変動が見られたが(図3)、これら以外のイオンでは季節変動が全くないか、僅かな変動しか見られなかった。このイオン間での挙動の差異の理由は未だ明らかではない。

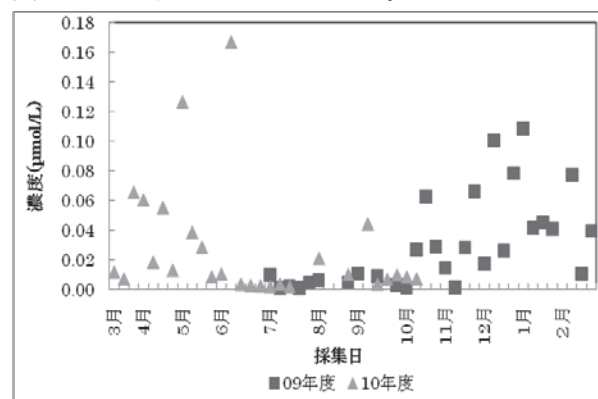


図3  $\text{Sr}^{2+}$ の週間変動

■ : 2009年度、▲ : 2010年度。

Al基準の濃縮係数(EF値)を求めた結果、Ni、Cu、ZnおよびPbは10以上の大きなEF値を示し、人為起源であるとの示唆が得られたが、Fe、Mn、SrおよびBaのEF値はいずれも10以下であったことから地殻起源であると思われ、八幡平の大気粒子状物質について求められたEF値<sup>1)</sup>と良い対応が見られた。

1) 菊池良栄他, NMCC 共同利用研究成果報文集, 13, 223-229(2005).

## 溶存有機炭素の炭素安定同位体比測定のための ハイスループットオンライン分析手法の開発

\*伊藤雅之, 陀安一郎, 由水千景(京大・生態研), 大手信人(東大院・農)

### 1. はじめに

これまで淡水の溶存有機態炭素(DOC)の炭素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )分析は、試料を凍結乾燥機にかけ、凝固させたものを元素分析計付き質量分析計(EA-IRMS)に導入することで行われることが多かった。しかし、前処理の凍結乾燥に時間が懸かるため、分析試料数の大きな制限要因となっていた。近年、St-Jean(2003)などにより、湿式化学分解による全有機炭素濃度分析計(TOC計)とIRMSを接続することで自動化された分析手法などが提案され始めている。しかし、この手法では、TOC計そのものの導入コストが大きいことはもとより、TOC計の性能により分析可能な濃度範囲が限定されることが導入に際しての障壁となる。本研究は、複数試料を同時に前処理し、オートサンプラーを用いてThermo Electron社製ガスベンチ(GasBench II)をインターフェイスとしてIRMS(DELTA plus XP, Thermo Electron)に試料を導入する(GasBench-IRMS)。前処理作業の効率化と、分析下限濃度を下げることが目標として手法の開発を行った。

### 2. 材料と方法

本研究ではDOCの酸化のために酸化剤(ペルオキソ二硫酸溶液: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液)を用いた湿式化学酸化方式を採用した。まず、密閉されたバイアル内で試料に5%リン酸溶液を少量添加し、高純度Heで通気処理することで、溶存無機態炭素(DIC)を除去する。続いて、酸化剤を添加後に試料の入ったバイアルを99°Cの温度で加熱し、試料内のDOCを $\text{CO}_2$ に変換する。これらの作業を、複数試料について同時に行う。

$\delta^{13}\text{C}$ の分析は、GasBench-IRMSにより行った。GasBenchでは、バイアル内のガスはHeによりサンプルループに押し出され、ループ内のガスはバルブの切り替えによって、複数回IRMSに導入される。本研究では1試料について1回の分析における繰り返

し回数を5回として、その平均値を分析結果とした。標準試料として $\delta^{13}\text{C}$ 値が既知であるDL-,L-アラニン、グリシン、フタル酸水素カリウム、腐植酸塩、国際腐植学会の標準物質(腐植酸1点、フルボ酸2点)などを用いて、本分析手法の妥当性を検証した。

### 3. 結果

本手法の適用により分析に要する時間は、DIC除去に20分、酸化処理に20分(ここまで約30個の複数試料を同時に処理)、同位体比分析に1試料約10分と、凍結乾燥を用いる手法に比べて大幅な時間短縮が可能になった。2mg-C/Lに調整された標準試料(6ml)の分析の結果、分析された標準試料の $\delta^{13}\text{C}$ の範囲(約-34.9~-9.5‰)で、本手法と元素分析計での分析結果は、高い相関関係を示した( $R^2=0.996$ )。しかし、両者の傾きは1:1にはならず、分析の際のブランクとして生じる $\text{CO}_2$ の影響と考えられた。

### 4. 考察

本分析手法で2mg-C/Lの標準試料(6ml)に対して、高精度な $\delta^{13}\text{C}$ 分析が可能であることが示された。より高濃度の試料では更に高精度での分析が可能と考えられるが、ブランク $\text{CO}_2$ の影響の低減など、更に詳細なテストを行って問題点を克服することで、より微量な試料についても高精度の分析が可能になると考えられる。発表では、森林の土壌水などの自然環境中の試料の分析結果も併せて示す予定である。

参考文献: ST-Jean (2003): Automated quantitative and isotopic ( $^{13}\text{C}$ ) analysis of dissolved inorganic carbon and dissolved organic carbon in continuous-flow using a total organic carbon analyzer. Rapid Commun. Mass Spectrom, 17: 419-428.

岩田智也（山梨大・工），占部城太郎（東北大・生命）

鈴木孝男（東北大・生命），富樫博幸（東北大・生命）

小岩直人（弘前大・教），柴田英昭（北大・北方生物圏セ）

### 1. はじめに

大気CO<sub>2</sub>濃度が上昇している現在、集水域-河川-海洋間の炭素輸送を把握することが、地域スケールの炭素循環の理解において重要視されつつある。とくに、炭酸アルカリ度（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>）の海洋へのフラックスは、地球規模の炭素循環に関わっているばかりか、海洋酸性化を緩和させる機能も期待される。また、化学風化でHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が生成している場合には、ケイ素やカルシウムなどの溶存生成物も河川に供給されていく。このため、炭酸アルカリ度の輸送動態は、下流のケイ酸塩殻生物や炭酸塩殻生物の生物生産にも関わっている可能性が高い。

本研究は、複数の活火山を流域にもち易風化岩石の化学風化が活発な岩木川流域を対象に、河川に輸送される炭素の起源と、その輸送動態を明らかにすることを目的とした。また、河口部に位置する十三湖を対象に、岩木川を通じて供給される様々な炭素化合物や溶質がヤマトシジミを中心とした十三湖食物網に及ぼす影響についても考察を行った。

### 2. 材料と方法

岩木川が輸送する溶存・懸濁成分の起源と土地利用・地質との関係を把握するために、2009年5月、8月および11月に源流から河口に至る39地点で河川水の採集と流量の推定を行った。採水した河川水は、懸濁態および溶存態炭素のほか、陽イオン・陰イオン類や微量元素の濃度を測定した。また、二酸化炭素分圧（pCO<sub>2</sub>）および溶存態無機炭素（DIC）とその炭素安定同位体比（δ<sup>13</sup>C-DIC）も測定した。

さらに、各態炭素の起源と流出原単位を推定するために、集水域の土地利用解析を行った。各調査地点の炭素フラックスを従属変数に、各集水域の被覆・土地利用面積を独立変数とした最適化計算により、土地利用別の流出原単位を計算した。

### 3. 結果と考察

岩木川流域では、ほとんどの河川で溶存pCO<sub>2</sub>は大気に対して過飽和であった。このことは、河川内における有機物分解または土壌呼吸に由来するCO<sub>2</sub>の負荷が大きいことを示唆している。しかしながら流下する炭素の内訳をみると、有機態炭素（POC +

DOC）は約19%（15-23%）、CO<sub>2</sub>は約8%（6-11%）にすぎず、残り約73%（71-78%）は炭酸アルカリ度（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>）であった。

そこで、δ<sup>13</sup>C-DIC及びCa、Si濃度から炭酸アルカリ度の起源を調べたところ、上流の火山岩地帯や畑地・果樹園地帯では、主にケイ酸塩鉱物の化学風化によりHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が生成していた。一方、中下流域ではδ<sup>13</sup>C-DICが著しく低下していたことから、有機物分解で生成した炭酸の解離や（H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ⇌ H<sup>+</sup>+HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）や呼吸由来のCO<sub>2</sub>と鉱物の化学風化により炭酸アルカリ度が生成し、河川に流出していると考えられた。また、この中下流域で負荷されるHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、十三湖に生息するヤマトシジミの殻のC源として利用されていることが、炭酸塩殻のδ<sup>13</sup>Cから推察された。さらに、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>と関連した輸送特性を示すSiとCaは、ヤマトシジミの主要な餌資源である珪藻類の生産と貝殻の形成にそれぞれ貢献していると考えられた。

各態炭素の土地利用別流出原単位を推定したところ、有機態炭素は水田や畑地・果樹園からの流出が大きく、CO<sub>2</sub>は市街地や水田、炭酸アルカリ度は市街地に加え畑地・果樹園からの流出量が大きかった。とくに、中流域に広がる畑地・果樹園からのアルカリ度溶出が高く、土壌改良剤や施肥により風化反応が促進されHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が多く生成しているのかもしれない。

### 4. まとめ

本研究により、河川を経由した海洋への炭素流出には集水域の土地利用が大きく関与していることが明らかとなった。特に化学風化を介した炭酸アルカリ度の流出は、炭素隔離や炭酸塩殻のC源としての機能のみならず、同時に生成するSiやCaなどの生元素を下流・沿岸域の食物網に供給する役割も果たしていた。炭酸アルカリ度の輸送動態は、陸-川-海複合生態系の物質循環と生物多様性の維持において重要なフラックスであると言える。

## (1) ～陸域・湖内由来の発生量～

\*岡本高弘<sup>1)</sup>, 佐藤祐一<sup>1)</sup>, 早川和秀<sup>1)</sup>, 小松英司<sup>2)</sup>, 今井章雄<sup>3)</sup>, 一瀬 諭<sup>1)</sup>, 奥村陽子<sup>1)</sup>, 古田世子<sup>1)</sup>, 南真紀<sup>1)</sup>, 三和伸彦<sup>4)</sup>

1) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター, 2) 株環境情報コミュニケーションズ, 3) (独) 国立環境研究所, 4) 滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖政策課

## 1. はじめに

琵琶湖に係る湖沼水質保全計画は2010年度で第5期を終え、負荷量は着実に減少し、琵琶湖の全窒素、全りんでは改善傾向が見られる。しかし、CODは1998年まで上昇後横ばいとなっており、施策の評価と次期計画の策定において最大の課題となっている。その要因には難分解性有機物の関与が懸念されていることから、琵琶湖における難分解性有機物の状況と主な発生源について調査を行ってきた。その結果、琵琶湖の有機汚濁はCODでは十分把握できなくなってきたこと、TOCとその分解性を用いたシミュレーションモデルにより精度良く有機物収支を再現できることが示された。現在、滋賀県ではCODに代わる新たな指標の設定について検討を進めているが、TOCは1990年代後半からのデータしかなく、一方でCODは40年にわたり湖沼の有機汚濁の評価指標であったことから、政策上CODの経年変化の要因を評価する必要がある。そこで、次期湖沼水質保全計画の課題をCODから新たな指標の検討に展開するため、これまでに得られた知見について整理、検討したので報告する。

## 2. 調査方法

難分解性有機物は100日間生分解試験後に残存している有機物とし、生分解前後のCODとTOCについて分析した。湖水・河川の調査は、第74回大会で報告した結果<sup>1)</sup>に、2009～10年度に環境基準点琵琶湖7地点、河川5地点において、それぞれ四季に行った結果を加えて検討した。陸域の発生源からの負荷量の変化については、既報の結果<sup>2)</sup>を用いて検討した。琵琶湖における有機物収支については、TOCを易分解性と難分解性に分けてシミュレーションできるように改良した琵琶湖流域水物質循環モデル<sup>3)</sup>を用いて2004年～5ヶ年の現況を再現した。

## 3. 結果

2010年度に実施した湖水の調査では、琵琶湖における溶存態の難分解性有機物は、水域、季節にかかわらずほぼ1.0mg/lと一定であった(図1)。河川においては季節、流域特性によって大きく変動した。陸域からの負荷量は湖沼水質保全計画策定時に算定された発生源別のCOD負荷量をもとに、1985年度と2005年度の負荷量を試算し比較したところ、北湖への易分解性有機物の負荷量は半減していたが、溶存態の難分解性有機物の負荷量の減少は1割程度であった。琵琶湖水物質循環モデルを用いて、有機物収支を再現した結果、難分解性有機物の負荷量は21,353t/年であり、そのうち陸域由来が約3割、湖内生産由来が約7割であった。

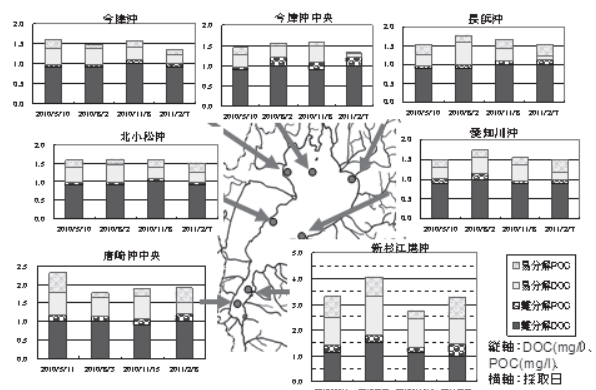
## 4. 考察

北湖CODの経年変化と難分解性有機物の関連について、新たに得られた知見をもとに、1980年度以降の変化を陸域からの有機物負荷、内部生産の構造の観点から検討した。

陸域からの負荷量については、難分解性有機物は1985～90年度に増加後2005年度までに1割減少しており、湖水COD増加への陸域由来の難分解性有機物の寄与は認められない。

内部生産の構造については、クロロフィルaの北湖28地点年平均値の変化を見ると、1986年度以降減少していることから、CODの増加要因を植物プランクトン由来の内部生産量の増加に求めることは難しいと考えられた。しかし、一瀬らは、1989年度以降の植物プランクトンの種組成について、藍藻類が増加していること、粘質鞘をもつ種が増加していることから、湖内の有機物に質的な変化が生じていること、内部生産量が過少評価されている可能性を指摘した<sup>4)</sup>。さらに、琵琶湖の植物プランクトンの生分解試験を行いCOD残存率がTOC残存率より高くなることを示した<sup>4)</sup>。湖内の有機物の変質には内部生産構造の変化が大きく影響していると考えられる。また、湖内の難分解性有機物がほぼ1.0mg/lと一定である要因を把握することは、内部生産構造とCODの経年変化の要因の把握に資するものと考えられる。

以上より、琵琶湖におけるCODの経年変化について検討したところ、内部生産構造の変化の寄与が大きいことが示唆された。



(図1)2010年度における琵琶湖環境基準点のDOC・POCとその難分解性有機物の季節変化

## 【参考文献】

- 1) 岡本高弘ら：日本陸水学会第74回大会講演要旨集, p.96, 2009
- 2) 岡本高弘, 早川和秀：水環境学会誌, 35, pp151-157, 2011
- 3) 佐藤祐一ら：日本陸水学会第75回大会講演要旨集, p.212, 2010
- 4) 一瀬諭ら：平成20～22年度環境省環境研究総合推進費終了研究成果報告書 (B-0805) pp43-52, 2010

\*佐藤祐一・岡本高弘・早川和秀 (琵琶湖環境科学研究センター)

## 1. はじめに

琵琶湖では、1980年代半ばから2000年代にかけてBODは減少する一方でCODが増加から横ばいで推移してきたことから、難分解性有機物の増加が疑われている。その原因としては、①陸域由来、②湖内由来、③水循環の変化の3つの仮説が挙げられている。それぞれの寄与を明らかにするため、各種発生源からの水質調査や湖水の生分解試験、植物プランクトンの変遷との関連などの調査が実施され、これまでのところ内部生産構造の変化が主要な要因の一つと考えられている<sup>1)</sup>。一方、湖水の難分解性有機物が場所や季節によらずほぼ1mg/Lで安定的に存在している理由は明らかになっておらず、また水循環の変化が難分解性有機物の濃度に与える影響についても十分解析されていない。

本研究は、琵琶湖を対象としたボックスモデルを構築し、難分解性有機物の収支をマクロに把握するとともに、1985年頃から2005年頃にかけての各種要因の変化が難分解性有機物濃度に与える影響を明らかにすることを目的とする。

## 2. モデルの概要

図-1に示すような停滞期(表水層と深水層の2ボックス)と循環期(1ボックス)により成るモデルを構築した。物質としては難分解性有機物(RTOC)のみを考慮し、沈降はするが変質はしないものとした。各ボックスは完全混合と見なした。

2005年頃の状況について、河川流入水量と負荷量は琵琶湖流域水物質循環モデル<sup>2)</sup>による出力結果、降水量は彦根気象官署の観測値、降水水質は観測値、蒸発量は気象データから熱収支により計算、停滞期の期間や成層水深は過去の観測から設定した。内部生産速度はRTOCの由来が陸域と湖内で概ね3:7となるように設定した<sup>1)</sup>。沈降速度については、既往文献の範囲内で変化させその感度を見つつ、観測されている現象を再現できる値に設定した。

## 3. 結果と考察

2005年頃の状況、特にRTOC濃度が全ての場所・期間でほぼ1mg/Lとなるようにするには、停滞期の表水層で高い沈降速度を設定する必要が生じた。結果として、年間を通じた収支で見ると、河川・降水

由来のRTOC負荷量が年間5,433t、内部生産由来負荷量が14,271t、沈殿・除去される負荷量が14,887t、湖内現存量が26,928t(平衡時濃度で0.96mg/L)となった(図-2)。このことは、難分解性有機物の相当量が湖内で除去されていることを意味する。

本モデルを用いて、1985年頃の湖内の水収支の状況(河川流入水量、湖面降水量、蒸発量、停滞期の期間)を再現したところ、平衡時濃度が0.94mg/Lとなり、水収支の変化によるRTOC濃度の変化は極めて小さいと考えられた。

発表では、1985年以降の流入負荷量や内部生産等の変化とその要因についても報告する予定である。

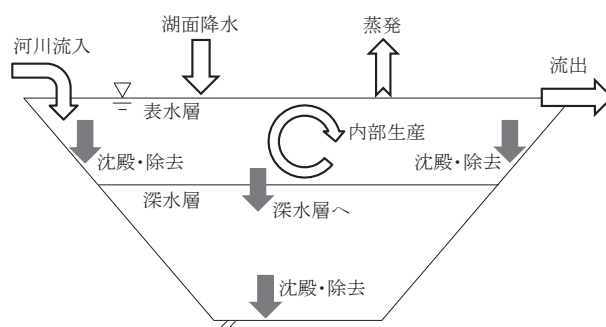


図-1 琵琶湖ボックスモデルの概念図(停滞期)

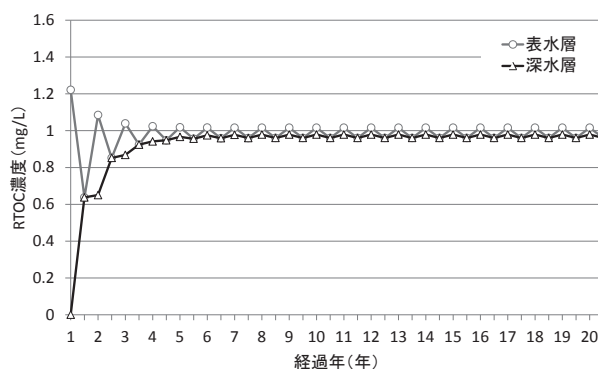


図-2 平衡状態に至る濃度変化(2005年頃)

## 参考文献

- 1) 岡本高弘ら：琵琶湖における COD の経年変化と難分解性有機物の関連について(1)～陸域・湖内由来の発生量, 日本陸水学会第76回大会講演要旨集, 2011.
- 2) 佐藤祐一ら：琵琶湖流域水物質循環モデルを用いた有機物収支の推定, 日本陸水学会第75回大会講演要旨集, p.212, 2010.



\*青木 眞一， 焦 春萌， 奥村 陽子 (滋賀県琵琶湖環境科学センター)

1. はじめに

琵琶湖北湖の深層部では、富栄養化や地球温暖化が原因と指摘される溶存酸素濃度の低下が観測されている。その低下は、重金属や栄養塩類の溶出および生物生息環境の悪化などを引き起こす可能性がある。そのため溶存酸素濃度の年度ごとの低下や回復の原因を検討することは重要である。演者らは 2010 年の本学会で、琵琶湖の水深 90m の地点で行った 2009 年度の調査の結果から、台風通過の強風の影響による深層部での溶存酸素濃度の一部回復などについて報告した。ここでは琵琶湖の水深 90m の地点で行った 2010 年度の水質調査の結果から、深層部での溶存酸素濃度の低下や回復、さらに平面分布の時間変化などについて報告する。

2. 方法

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

また水深 90m の平面分布は、C 点を含む等深線上の 6 地点と中央の水深の最深部(水深 92m)の 1 地点について、水温と溶存酸素濃度を月 1~2 回測定した。

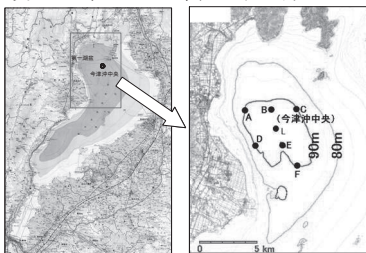


Fig.1 今津沖の調査地点

風向風速は、彦根地方気象台の観測データを使用した。

3. 結果と考察

C 点での水温の鉛直分布の時間変化を Fig.2 に示す。夏季には温度成層の形成により、表水層と深水層の水は混合せず、表水層から深水層へ酸素は供給されなくなる。2010 年度は 9 月までの猛暑で、水深 0.5m の水温も 9 月 6 日に 31.1°C と 32 年間の最大値となった。また温度成層が最も強くなる時期も 9 月中旬と遅い時期になっている。

C 点での湖底直上 1m の溶存酸素濃度の経月変化を Fig.3 に示す。2010 年度の溶存酸素濃度は、過年度 10 年間の平均値を 5 月から下まわり、その後は過年度 10 年間の月最低値に近い値で低下し、9 月 6 日には年度最低値の 3.1mg/L となった。しかしその後 9 月 8 日の台風通過による日最大風速 8.3m/s の北西風などの強風により引き起こされる深層部の湖水の混合によると考えられる溶存酸素の一部回復がみられた。1 月 18 日には表層から深層部までの湖水の鉛直混合による溶存酸素濃度の全層での回復が見られた。全層での回復の時期は例年より約 2 週間早い時期であった。

今津沖第一湖盆の水深 90m での溶存酸素濃度の平面分布の時間変化を Fig.4 に示す。2010 年度と過去 2 年を比較すると、C 点の湖底直上 1m の溶存酸素濃度の年度最低値が過去 30 年間での最低値の 0.5mg/L を示した 2008 年度に、2mg/L 未満が観測されたのは 10 月 14 日から 11 月 25 日と期間も長くその範囲も広がった。これに比べ 2010 年度に、2mg/L 未満が観測されたのは 9 月 21 日だけで、その広がりも小さなものであった。

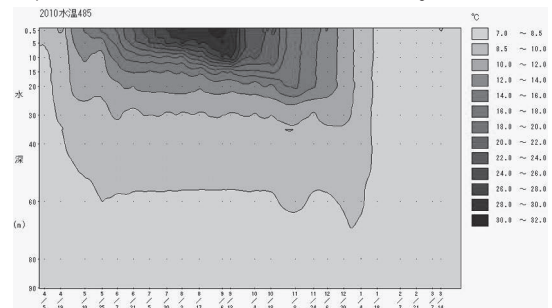


Fig.2 今津沖中央定点 (C 点) での水温の鉛直分布の時間変化 (2010 年度)

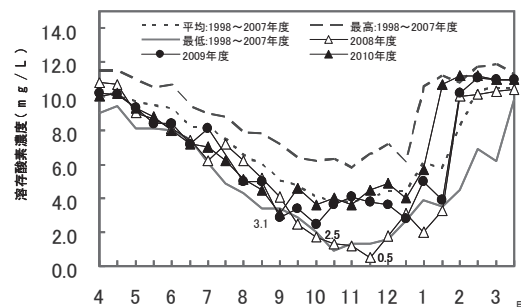
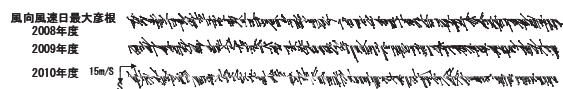


Fig.3 今津沖中央定点 (C 点) での湖底直上 1m の溶存酸素濃度の経月変化

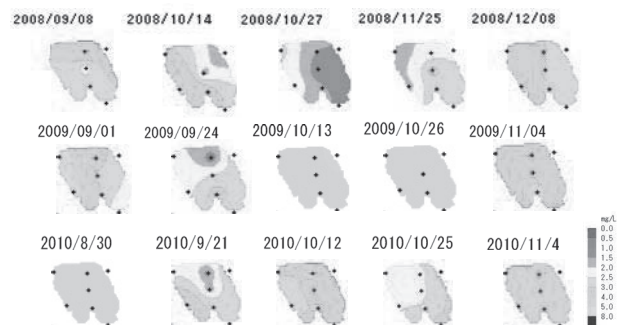


Fig.4 今津沖第一湖盆の水深 90m (湖底直上 1m) での溶存酸素濃度の平面分布の時間変化

4. 参考文献

青木眞一ら (2010) 琵琶湖の水深 90m 地点での 2009 年度の深層部の溶存酸素濃度の低下について, 172, 日本陸水学会第 75 回大会講演要旨集

5. 謝辞 32 年間の継続した観測に関わられてきた多くの皆様の努力に感謝します。

## PARAFAC を使用した琵琶湖蛍光性 DOM の 起源、動態及び特徴の評価、

\*小島礼慈、杉山裕子<sup>1</sup>、早川和秀<sup>2</sup>、和田千弦<sup>1</sup>、石川可奈子<sup>2</sup>、岡本高弘<sup>2</sup>、丸尾雅啓<sup>3</sup>、  
神澤真一<sup>4</sup>、奥村亮二<sup>4</sup>、藤原学<sup>4</sup>、熊谷哲<sup>1</sup>

(1 兵庫県立大学大学院環境人間学研究所、2 琵琶湖環境科学研究センター、3 滋賀県立大学環境科学部、4 龍谷大学理工学部)

### 1. はじめに

水質を左右する成分の一つである溶存有機物 (Dissolved Organic Matter, DOM) は、多種多様な化合物の混合物であることが知られている。DOM は様々な物理・化学・生化学的特性を有し、水中の物質循環に大きな影響を与える。例として、バクテリアの主要なエネルギー源、水中への太陽光の入射を調整することによる一次生産の支配、などが挙げられる。しかし、DOM を構成する成分、また、水圏における起源や組成、及びその動態についての情報は極めて限られている。これは、DOM を構成する化合物相互の分離が実質不可能であることから、分析・解析が困難なためである。

我々は統計解析法の一つである Parallel Factor Analysis (PARAFAC) を、三次元励起蛍光スペクトル (Excitation Emission Matrix, EEM) に適用し、琵琶湖における DOM の起源やその特徴を把握することを試みた。

### 2. PARAFAC

PARAFAC は多変量解析法の一つであり、重なり合ったピークを同じ挙動を示す成分ピークに分離することができる。また、分離された成分スペクトルを個々に表示し、それぞれのスペクトルに現れたピーク位置を正確に捉えることができ、その成分も個々に表示できるため、その後の定量的解析にもつなげることができる。

### 3. 材料と方法

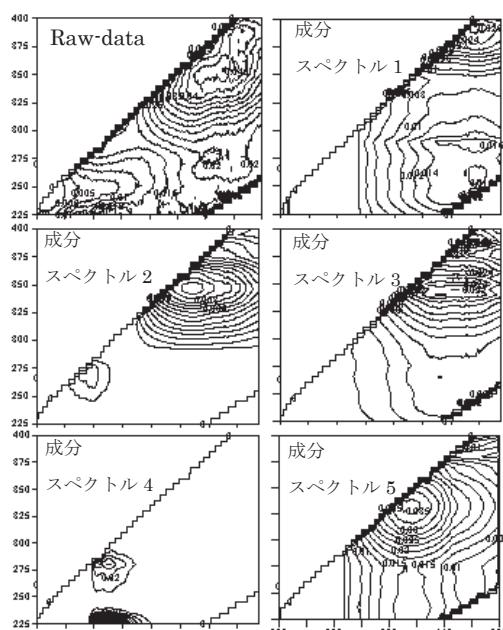
試料は 2004~2006 年に琵琶湖より採取した 105 試料を使用した。試料は孔径 0.7  $\mu\text{m}$  の GF/F フィルターでろ過され、日立蛍光分光光度計 F-4500 を用いて EEM を測定した。波長範囲は、励起波長が 225~400 nm、蛍光波長が 260~500 nm、バンド幅それぞれ 5 nm, 2 nm とした。

### 4. 結果

PARAFAC の適用により、琵琶湖 EEM から 5 つの成分ピークが分離された。図 1 にその結果を示す。そのうち成分スペクトル 1、成分スペクトル 2、成分スペクトル 3 はいずれも腐植体物質に起

因すると考えられる成分スペクトルであり、従来は 1 つの成分スペクトルとしてとらえられてきたものであるが、今回の PARAFAC 解析により 3 つの成分スペクトルに分離することができた。また、採取地点別の解析から、それぞれの成分スペクトルが異なった分布の特徴を示し、起源もそれぞれ異なることが示唆された。今後は、それぞれの成分の湖水における動態や寄与率をより詳しく説明することが課題となる。

### Ex (nm)



Em (nm)

図 1. 琵琶湖 Raw-data (野洲川河口域水深 2.5m 地点) 及び分離された成分スペクトル

### 謝辞

本研究は、(独) 日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 C (課題番号 20510014) および (財) 琵琶湖・淀川水質保全機構 水質保全研究助成の補助を受けて行われました。また、本研究で使用したデータの一部は総合地球環境学研究所・吉岡崇仁様のご協力のもと、測定されました。ここに記して謝意を表します。

\*天橋望、辛賢善、赤塚徹志、安積寿幸、三田村緒佐武（滋賀県立大学・湖沼環境実験施設）

### 1. はじめに

水域と陸域が接する水陸移行帯は双方の物質循環機能を持ち合わせている重要な場である。特に砂浜帯は、堆積物間隙を生育・生息場とする多くの底生生物が活動し、表面水が地下浸透する過程で物質の濾過や吸着などの物理的作用とともに、微小生物による有機物の分解や栄養塩類の除去などの生物化学的作用が間隙水の水質形成に重要な役割を果たすことが知られている。

本研究は、琵琶湖砂浜帯における堆積物間隙水の生元素化合物の分布とそれに影響を及ぼす因子を明らかにすることを目的とした。

### 2. 材料と方法

本研究は、琵琶湖東岸の砂浜帯において粒度（粒径）組成の異なる3地点を調査地とした。2011年3月に各砂浜帯の堆積物の乾燥（水分）の程度が異なる陸域、汀線、水域の3地点において、陸域の堆積物深度を基準に0 cmから80 cmまでの間隙水を10 cmごとに採取した。間隙水の採取にはエアーストーンを設置した塩化ビニールパイプ（内径16 mm）を使用した。採取した間隙水および琵琶湖沿岸水について、水温、電気伝導度、pH、溶存酸素、栄養塩類、溶存有機炭素の濃度を測定した。また、2011年7月に各砂浜帯の3地点において堆積物の柱状試料を採取し、クロロフィル a 濃度、光合成速度、光合成活性、および砂層の粒径と強熱減量を測定した。

### 3. 結果と考察

Sta. 1 と Sta. 2 は、それぞれ主として礫と中砂で構成され、粒度組成が大きく異なっていたにもかかわらず、30 cm 以浅の層の溶存酸素や栄養塩類の分布は類似する傾向を示した。これは、波により湖水が堆積物中に浸透し、それに伴って溶存酸素が供給されたためであると考えられた。また、30 cm 以深の層では、Sta. 1 では硝酸態窒素が増加した一方で、Sta. 2 では陸域と汀線では変化がないが、水域では減少した（図1）。Sta. 1 では粒子間隙が大きいいため、深い層においても酸素供給がされやすく、酸化的な

環境が維持されていることが示唆された。

Sta. 3 は、湖水中（沿岸域）のアンモニア態窒素濃度（2.8  $\mu\text{M}$ ）は高いが20 cm 以浅の間隙水では減少した。これは微生物による取り込みあるいは硝化作用の結果と考えられる。深度30 cm 付近では、一時的に硝酸態窒素濃度が大きく減少し、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素の濃度が増加する傾向がみられた（図1）。この深度層は、波によって運搬された有機物や植物プランクトンの死骸が堆積していたため、溶存酸素濃度が低く（1.0–2.6 mg/L）、脱窒活性が高まることで硝酸態窒素が除去された可能性が考えられた。また、水域の50 cm 以深の層においても溶存酸素濃度の低下に伴う硝酸態窒素濃度の減少がみられた。様々な粒度の砂で構成された Sta. 3 においても Sta. 2 と同様に、深い層では還元的な環境になりやすいと考えられた。

本研究結果は、堆積物上層では粒度組成にかかわらず、波により湖水が堆積物中に浸透することで間隙水の生元素化合物の分布が均一化されると考えられた。また、波が浸透しにくい堆積物下層では、粒度組成によって還元的な環境への移行する深度が異なると考えられた。さらに、粒度の小さい砂浜は、富栄養化した湖水から無機態窒素を除去する水質浄化作用としての役割を果たすと示唆している。

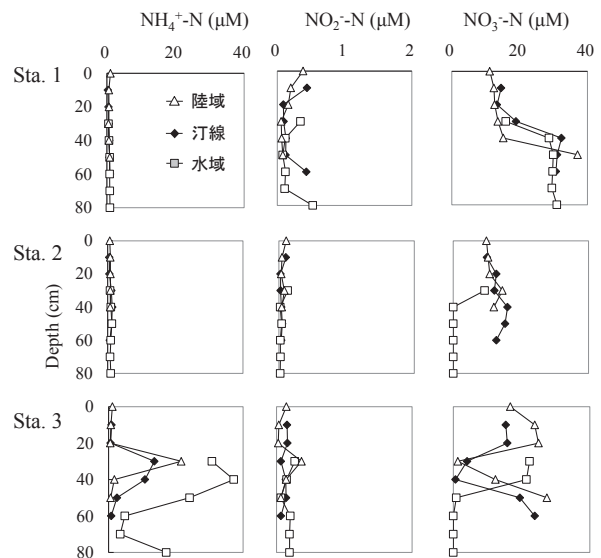


図1. 各地点における堆積物間隙水の無機態窒素濃度の分布

\*由水千景, 陀安一郎 (京大大学生態学研究センター)

永田 俊 (東京大学大気海洋研究所)

### はじめに

水温成層が起こるような湖では、躍層が形成されると、深水層への溶存酸素の供給は著しく低下する一方、有機物分解に伴う酸素消費が進行するために、深水層の溶存酸素濃度は、成層期を通じて減少する。このとき湖底近傍で低・無酸素化が引き起こされると、湖底堆積物の酸化還元状態が変化し、リンの溶出が促進される可能性が指摘されている。これは酸化還元依存的に起こる鉄の水酸化物へのリンの吸・脱着から予測されるものであるが、一方、リンの溶出フラックスは酸化還元電位によって一義的に決まるものではなく、有機物や硫黄などの存在に依存して変動するという指摘もある。

本研究では、琵琶湖堆積物コアを用いた培養実験を行い、湖底直上水中のリンならびに鉄などの濃度変化を調べ、湖底近傍の無酸素化が琵琶湖の堆積物—湖水境界層におけるリン動態に及ぼす影響評価を試みるとともに、その後の酸素回復がリン動態に及ぼす影響についても調べた。

### 材料と方法

試料の採取は、琵琶湖北湖の定点(水深、約90m)において、2010年1月25日、4月28日、8月23日、12月10日に行った。堆積物コア(内径11cm、外径12cm、高さ50cm)を無酸素状態にした培養用湖水で覆い、脱酸素剤を入れた透明ガスバリア袋に封じスターラー攪拌条件下で培養を行った。各測定時に3本のコアをサンプリングに供し、溶存酸素濃度、鉄(II)イオン濃度(1,10-フェナントロリン法)、可溶反応性リン(SRP)濃度(モリブデン青法)、アンモニウムイオン濃度(OPA法)、亜硝酸、硝酸イオン濃度(オートアナライザー; AACS-II, Bran+Luebbe)等を測定した。培養は8°C、暗条件下で35日間(1,4月実験)あるいは63日間(8,12月実験)行った。8,12月実験については、無酸素培養実験終了時に培養

湖水の一部をポリカーボネートボトルに採取し、良く振って酸素を含ませた後、8°C、暗条件下で培養し、鉄(II)ならびにSRP濃度の経時変化を調べた。

### 結果と考察

溶存酸素濃度は、培養期間中おおむね<0.5 mg/Lであった。培養湖水中のアンモニウムイオン並びにSRP濃度は培養開始直後から上昇し、還元的な堆積物から各種栄養塩類が溶出してくることが示された。培養初期(<7日間)は、鉄(II)イオンの溶出は見られなかったが、それ以降は、鉄(II)イオンの溶出が認められ、その鉄:リン比は $2.2 \pm 0.4$  (n=4)であった。鉄(II)イオンが溶出するようになると、アンモニアの溶出も加速する傾向がみられた。このことから、初期のSRPの溶出は有機物分解に伴うものであり、還元環境が強まると、それが加速する可能性があるが、一方で、鉄の還元に伴う溶出も見られるようになり、その寄与の方が大きくなってくることが推察された。

無酸素培養実験(63日間)終了後の培養湖水の一部を、酸化環境下で培養したところ、鉄(II)イオン濃度は1週間以内に速やかに減少し、枯渇状態となった。SRP濃度も1週間以内に速やかに減少したものの、その後大きな濃度変化はなく、酸化後56日以内では $30.5 \pm 7.0\%$  (n=8)のリンが残っていた。除去された鉄とリンの比は $4.1 \pm 1.0$  (n=8)であった。このことは、酸化により大半のリンは速やかに鉄との共沈により除去されるが、一部のリンは除去されず水柱内にとどまることを示している。

### 謝辞

本研究は環境省地球環境研究総合推進費(Fa-084)の援助を受けた。

## 1. はじめに

酸性雨が生態系におよぼす大きな影響の一つが、魚類や植物に対する Al の毒性である。天然水中の Al は様々な化学形態で存在し、形態毎に毒性が異なるため、その環境影響を評価するためには形態別に分析する必要がある。中性河川・湖沼では、多元素分析の一環として ICP-AES 法で全溶存 Al が計測され、魚類や植物への毒性が懸念されるほどの高濃度 (> 6  $\mu\text{M}$ ) が報告される場合がある。しかし、化学形態が不明であるため、毒性評価を行うには十分な情報とは言えない。pH や共存する無機・有機物濃度から判断すると、無機単核 Al や有機錯体 Al がこれほどの高濃度を示す可能性は低く、フィルターを通過する微粒子に結合した Al (コロイド態 Al) の寄与が大きいと予想される。本研究で対象とした霞ヶ浦は、pH 7~9 の富栄養湖であり、溶存有機炭素、Ca、Si の濃度が比較的高く、中性湖沼において共存成分が Al 形態におよぼす影響を検討するのに適している。本研究では、霞ヶ浦の 10 地点で観測した Al 形態の地点間差違および霞ヶ浦と他の水系の Al 形態の違いなどにに基づき、共存成分が Al 形態に及ぼす影響を考察した。

## 2. 方法

試料採取は Fig. 1 に示す 10 地点において、2003 年 1 月から 12 月までの 1 年間、1 ヶ月間隔で行った。低密度ポリエチレン製ボトルに表層水を直接採水した。採取した試料は冷暗所 (氷冷) に保存して実験室に持ち帰り、採取後 10 時間以内に孔径 0.4  $\mu\text{m}$  のニュクリポアフィルターで濾過を行った。濾液中の溶存態 Al は、HPLC 法で無機錯体 Al ( $\text{Al}^{3+}$  と F および  $\text{SO}_4^{2-}$

の錯体) と有機錯体 Al の合計を、ルモガリオン法で無機錯体 Al、有機錯体 Al、および Al の加水分解種  $\{\{\text{Al}(\text{OH})_n\}^{3-n}\}$  の合計を、ICP-MS 法で無機錯体 Al、有機錯体 Al、Al の加水分解種、およびコロイド態 Al (0.4  $\mu\text{m}$  よりも小さい粒子に含まれる Al で、ルモガリオン法で検出されないもの) の合計を定量し、さらに平衡計算により無機錯体 Al 濃度を算出した<sup>1)</sup>。以上の結果から、有機錯体 Al ( $\text{Al}_o$ )、無機 Al ( $\text{Al}_i$ )、無機錯体 Al と Al の加水分解種の合計)、およびコロイド態 Al ( $\text{Al}_c$ ) の濃度を求めた。

## 3. 結果と考察

$\text{Al}_i$  は、主要流入河川の流入口沖合 (St. 1 の 0.10  $\mu\text{M}$  および St. 6 の 0.07  $\mu\text{M}$ ) から中央湖盆 (St. 9~12 の 0.03  $\mu\text{M}$ ) まで、流下に伴って減少した。 $\text{Al}_c$  は、流下に伴って 0.11  $\mu\text{M}$  から 0.06  $\mu\text{M}$  まで減少したが、全地点において全溶存 Al の 50% 以上を占める主要な形態であった。 $\text{Al}_o$  は全地点で 0.02  $\mu\text{M}$  と一定していた。霞ヶ浦では、豊富に存在する Si (平均 0.23 mM) が、 $\text{Al}_i$  の除去や  $\text{Al}_c$  の生成に関与していると推察された。また、我々が過去に観測した新潟県三面川水系や茨城県筑波山水系の溪流<sup>2),3)</sup>と比較して、DOC が高い (平均 0.26 mM) にもかかわらず  $\text{Al}_o$  が低濃度であるのは、豊富に存在する Ca (平均 0.43 mM) が DOC と結合し、Al に対する有効 DOC 濃度が低くなっているためと推察された。

<sup>1)</sup> Koshikawa MK et al. (2007) Applied Geochemistry 22, 1209-1216

<sup>2)</sup> 越川昌美・高松武次郎 (2004) 地球環境 9, 83-91

<sup>3)</sup> 越川昌美ら (2010) 分析化学 59, 1137-1142.

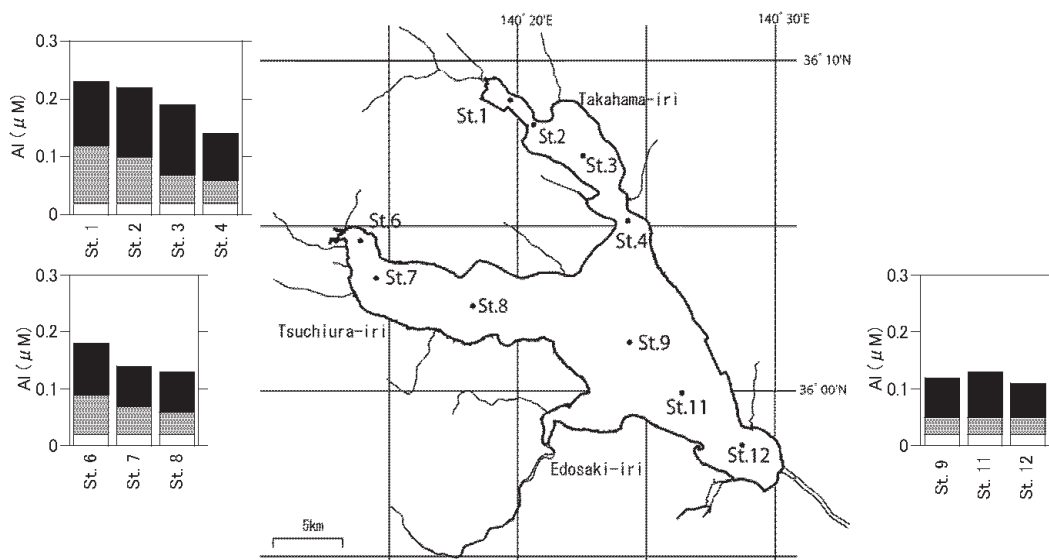


Fig. 1. 霞ヶ浦の 10 地点における形態別 Al の平均濃度.

棒グラフの白色は有機錯体 Al ( $\text{Al}_o$ )、灰色は無機 Al ( $\text{Al}_i$ )、黒色はコロイド態 Al ( $\text{Al}_c$ ) を示す。

## 霞ヶ浦底泥および底泥間隙水における炭水化物動態と栄養塩の濃度分布との関係

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

### 1. はじめに

炭水化物は、湖水の溶存有機物 (DOM) や底泥に堆積した有機物の中で化学的に同定可能な数少ない有機化合物の1つであり、炭素源として微生物の増殖を促進する機能がある。そのため、湖内における難分解性 DOM の生成・蓄積だけでなく、底泥における酸化・還元境界の上下動や栄養塩類の溶出に直接的に関与している可能性がある。しかし、湖沼の底泥およびその間隙水を対象にして炭水化物の動態が詳細に調べられた例はほとんど見あたらない。本発表では、霞ヶ浦を対象にして底泥および底泥間隙水における炭水化物の鉛直分布およびその経月変化を詳細に追跡し、全窒素や全リン濃度分布とそれらがどのような関係にあるかを明らかにした。

### 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。採取した間隙水試料は、450℃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=0.7μm) を用いてろ過を行い、DOM 画分を採取した。DCHO は、pH 1.1 の塩酸酸性 & 100℃ の条件下で 24 時間加水分解して単糖に変換した後に Dionex の HPLC システム (DX500) を用いて測定した。底泥試料の炭水化物分析は、凍結乾燥後にメノウ乳鉢で磨砕した底泥試料 10mg に対して 1.2 mol L<sup>-1</sup> の塩酸を 5mL 添加し、100℃ で 3 時間加水分解した後に上述の HPLC で測定した。

### 3. 結果および考察

底泥表層 0～2cm の間隙水における DCHO yield (DOC に対する DCHO 由来炭素の割合) の分布は、珪藻と藍藻が増殖する春季と夏季に上昇する季節変動が見られた (図 1)。一方、2cm 以深では DCHO yield の変動に季節性は無く、2005 年 7 月～2006 年 6 月の間に 10～20% まで上昇し、その後半分以下まで急激に低下する極めて劇的な変化が起きていた。DCHO 組成の鉛直分布に着目すると、グルコースとキシロースの鉛直分布が最も特徴的であり、表層ではキシロース、下層ではグルコースが卓越する傾向にあった。これらの結果は、底泥の堆積過程で埋没した有機物の嫌気分解からグルコースを多く含む炭水化物が間隙水中に放出される事を示しており、2006 年 6 月以降は、DCHO が資化されて有機酸などに変化し

たとえられる。さらに、底泥間隙水中の全窒素および全リン濃度の鉛直分布と DCHO yield を比較すると、これらの分布傾向には負の相関関係が認められた (図 2)。以上の事から、底泥の有機物の分解に伴って間隙水中に大量に放出された DCHO の代謝が、底泥の嫌気化と栄養塩溶出の一因となっている事が示唆された。さらに、そのプロセスは極めて短期間で急激に生じることが明らかになった。

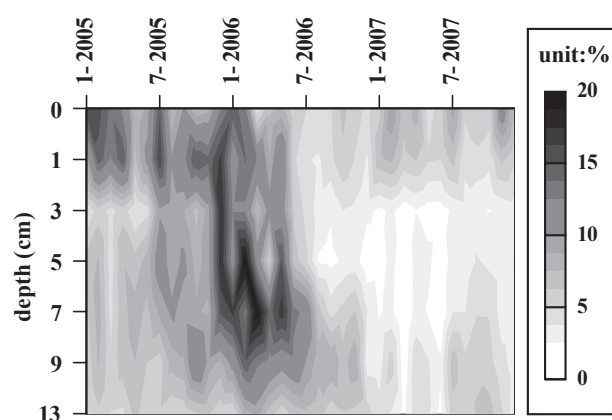


図 1. 霞ヶ浦湖心の底泥間隙水における DCHO yield の鉛直分布およびその経月変化 (2005～2007)

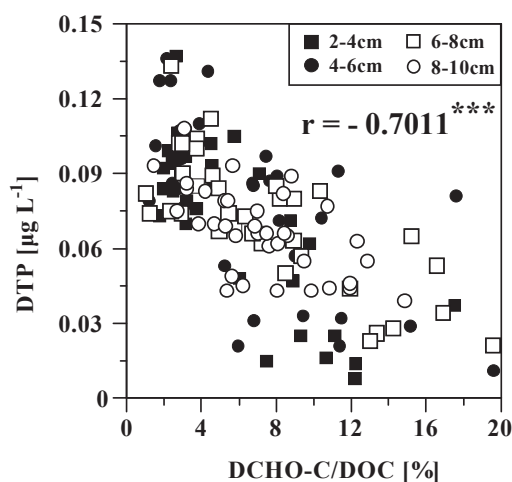


図 2. 霞ヶ浦湖心の底泥間隙水における DCHO yield と溶存態全リン (DTP) 濃度との関係

### 謝辞

本研究は、平成 21～23 年度文科省科研費 (基盤研究 (A), 課題番号 21241008) の一環として行われた。

\*戸田三津夫、小野田貴光、伊藤涼平、武藤栄（静岡大工）  
 安倍将浩、上原和也（静岡大院工）

1. はじめに

静岡県西部に位置する佐鳴湖は、平成13年～18年の間、環境省の公表する「CODの高い湖沼」のワースト1位であった。その後、19年度はワースト3位(COD 9.3 ppm)、20年度はワースト4位(COD 9.0 ppm)、21年度はワースト10位(COD 7.6 ppm)と着実に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、近年下水道の整備接続により大きな改善を見ている。

佐鳴湖は、三方原台地の南縁に位置する海跡湖で、主な水源は台地からの湧水で、滞留期間は48日前後である。一方で、佐鳴湖は浜名湖に通じており、潮汐の影響を受けて塩分濃度は2～15‰の間を変動する。水深2 mに対して水位が最大50 cm程度変動することから、一潮汐での水の出入りは、30～50万tに達すると推定される。しかし、下流河道容積が50万tよりも大きいために、水の交換は遅い。

佐鳴湖のCOD原因物質の約半分が懸濁態であり、残り半分が溶存態である。透明度は30～50センチで湖水はいつも濁っている。本研究では佐鳴湖の有機物循環を安定同位体分析により試みた。

2 材料と方法

懸濁物、動物プランクトン優占種であるニホンイサザアミ (*Neomysis japonica*)、湖水に生息する各種生物、生態系復元のために再導入を試みているヤマトシジミ、植物プランクトンから抽出したクロロフィルaなどをサンプリングし、安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。

3. 結果

各種生物の分析値は一般に報告されている値に比べて特に特異ではなく、有機物の生産と排出が比較的スムーズに行われていることを示している。また、それぞれの値の差から、植物プランクトンを主体とする懸濁物→ニホンイサザアミなどの一次消費者→各種魚類と甲殻類の二次消費者という、大まかに3つの栄養段階が判別できた。このことは、(1)湖内における一次生産が活発であること、(2)一次生産者からの栄養伝達がニホンイサザアミという一種に偏っている、(3)魚類間の捕食被食関係が弱いこと、(4)ハクレンからスズキにいたる幅広い食性の魚類がほぼ単一のニホンイサザアミに頼っていることがうかがえた。佐鳴湖の食物連鎖はかなり特徴的であると言える。

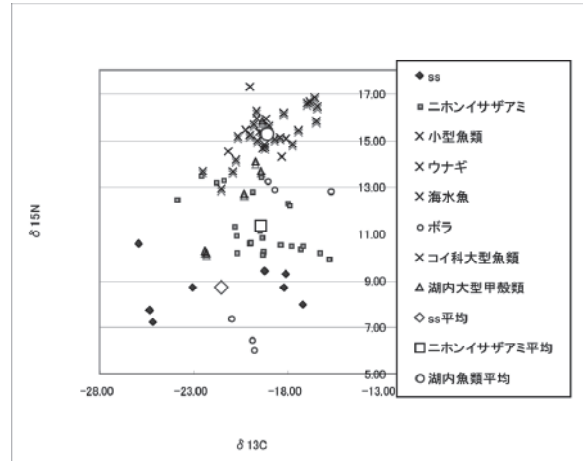
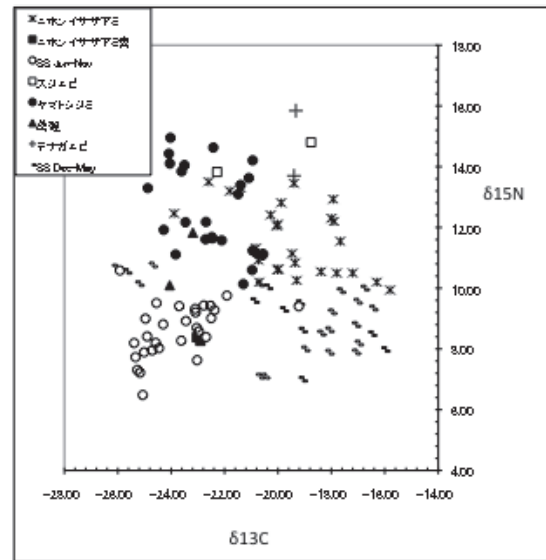


図1. 安定同位体による佐鳴湖の食物連鎖解析

一方で、ヤマトシジミの値は他の生物と離れた位置にあり、その食性が異質であることが分かる。ヤマトシジミについては、別途安定同位体比を用いた食性



解析を試みている。植物プランク

トン由来のクロロフィルaについては、冬季(12月)サンプルから $\delta^{15}\text{N}$  1.02‰、 $\delta^{13}\text{C}$  -26.5‰という値を得ている。

4. 考察

ss、ヤマトシジミ、ニホンイサザアミについては、季節で分析値が異なる。その原因、および環境研究への応用を検討中である。佐鳴湖においては、季節により物質循環が変化している可能性がある。

\*戸田三津夫、伊藤涼平、小野田貴光、鈴木孝志（静岡大工）  
 新家正宏、秋田進哉（静岡大院工）

1. はじめに

静岡県西部に位置する佐鳴湖は、平成13年～18年の間、環境省の公表する「CODの高い湖沼」のワーストであった。その後、19年度はワースト3位（COD 9.3 ppm）、20年度はワースト4位（COD 9.0 ppm）と着実に改善の方向に向かっているものの、環境基準の5.0 ppm達成の目処はたっていない。汚濁負荷の削減については、生活系、産業系排水で進んでいるものの、面源負荷については対策が困難で削減が遅れている。

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

佐鳴湖の流域負荷対策を考えると、水の由来と動きを明らかにする必要がある。そこでわれわれは、湖水、雨水、河川水、水道水（天竜川水系取水の公共水道）の安定同位体分析によりそれを明らかにすることを試みた。

2 材料と方法

湖水は、上層と下層について週一回の採水を行った。雨水については、佐鳴湖西岸大平台、2km離れた静岡大浜松キャンパス内、7km北方の北区三方原町の3地点でのタンク式採水器による1カ月毎の採水を行い、それとは別に降雨イベントをとらえた短いインターバルでの採水、主要河川の各地点での一斉採水も行った。雨量データは、集めた雨の量を記録するとともに、気象庁の公表データを用いた。集めた水は、ろ過ののち必要に応じて塩分濃度と $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ を測定し、海水と淡水の混合、由来の異なる淡水の混合について解析を試みた。

3. 結果

遠州灘（外海）の海水、浜名湖の海水、佐鳴湖の湖水、流域の河川水、湧水、井水、水道水を分析し、

より客観的な水収支混合解析が、可能となった。

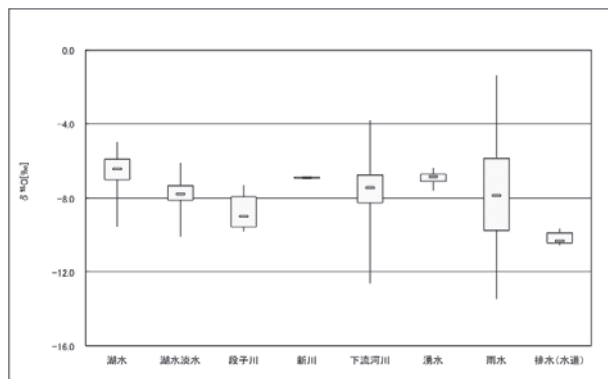


図1. 流域の水の $\delta^{18}O$ 値の分布

図1には、湖水、湖水の淡水成分（塩分濃度と海水の $\delta^{18}O$ 値により算出）、主要河川水、湧水、雨水、水道水（天竜川からの水）の $\delta^{18}O$ 値の分布を示した。雨水の値の分布が広いのに対して、湧水と、湧水を主水源とする河川水（新川）、水道水の値が狭い範囲にあることが分かる。本研究では、海水、湧水、水道水の値の変動が小さいことを用いて、雨水と湖水の分析から、湖水の水収支を推定した。

平水時の河川水の $\delta^{18}O$ と $\delta D$ （2010年8月3日採水）

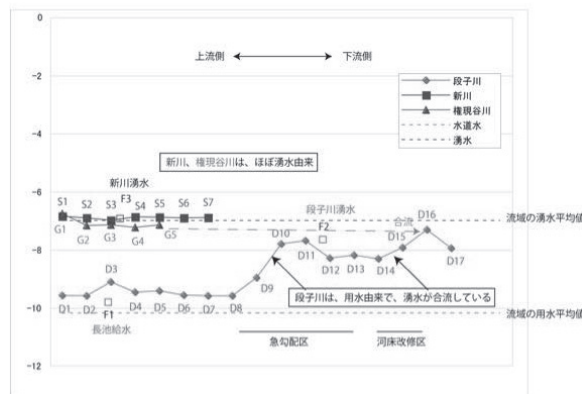


図2. 上流河川水の $\delta^{18}O$ 値の流量変化

図2には、上流河川水の $\delta^{18}O$ 値を示した。最大の段子川の水源が他と異なることが明確となった。

4. 考察

現在効果をあげてきている下水道整備の次の浄化対策として「地下水の涵養」が重要である。今回の解析で、雨水と湧水の関係、湧水と水道水の関係が見えてきた。雨水浸透柵や緑地保護など、佐鳴湖の浄化を促す施策のために役立てたい。



## 深見池における有機物と栄養塩負荷量の季節変化

\*大八木麻希、八木明彦（愛知工業大学・工学）

### 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  $35^{\circ} 19'$ 、東経  $137^{\circ} 49'$ 、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、 $0.247\text{km}^2$ （長野県，1991）であり、集水域内の人家は 12 戸である。栄養塩流入に関わる施肥に関する土地利用について、1992 年の湖岸整備以前は果樹園が存在した。しかし、現在では水田と畑のみであり、それぞれ集水域面積の 4% ( $0.010\text{km}^2$ )、と 65% ( $0.16\text{km}^2$ ) 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。

### 2 方法

2008 年 1 月～2010 年 12 月までの 3 年間、約月 1 回ごとに計 38 回の調査を行なった。

流入・流出水の採水方法は、湖に流れ込む主要な流入口（9 カ所）を一箇所ずつ回り採水を行った。流入量はビニール袋に貯入して求め、流出量は流速計（電磁流向流速計、アレック電子製）を用いて測定を行った。

測定項目は、全有機態炭素（TOC）及び溶存有機態炭素（DOC）について、全有機物炭素計（TOC-V(SHIMAZU)）、全窒素（TN）及び全溶存態窒素（TDN）について、全有機物窒素計（TOC-V(SHIMAZU)）、全リンについて、モリブデンブルー比色法（鈴木 1982）でそれぞれ測定した。

### 3 結果及び考察

#### 3-1. 総流入・流出濃度

全有機態炭素・栄養塩の総流入・流出濃度の 3 年間平均結果は、全有機態炭素（TOC）が流入  $12.4\text{mgCL}^{-1}$ 、流出  $18.1\text{mgCL}^{-1}$ 、全リン（TP）が流入  $0.17\text{mgPL}^{-1}$ 、流出  $0.18\text{mgPL}^{-1}$  であり、どちらも共に流出濃度の方が高いが、全リン（TP）の濃度には大きな変化は認められなかった。流出濃度が流入濃度よりも高い理由は、流出口には緑藻が流

れ込んでいたため、湖内で発生した植物プランクトンが流出したためと考えられた。一方で全窒素（TN）は流入  $1.68\text{mgNL}^{-1}$  に対し、流出  $1.20\text{mgNL}^{-1}$  と流入濃度の方が高く、湖内で消費されていると考えられた。

#### 3-2. 総流入・流出負荷量

流量が多かった 6,7 月の 2 カ月間で、全有機態炭素（TOC）は  $5700\text{gCday}^{-1}$ （年間総合計  $1200\text{gCday}^{-1}$ ）（図 1）、全窒素（TN）は  $980\text{gday}^{-1}$ （年間総合計  $1700\text{gNday}^{-1}$ ）（図 2）、全リン（TP）は  $94.0\text{gPday}^{-1}$ （年間総合計  $200\text{gday}^{-1}$ ）といずれも年間総合計の 50% 近くを占めていた。負荷量は流量が増えるのに比例し増加していく傾向にあり、流量との相関関係が見られた。

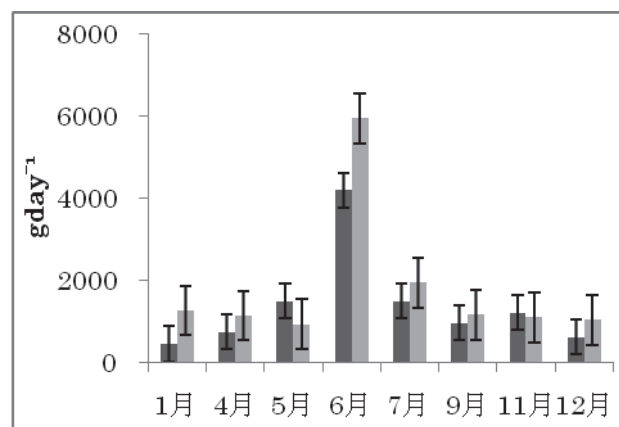


図 1 総流入・流出負荷量の月別変化(TOC)

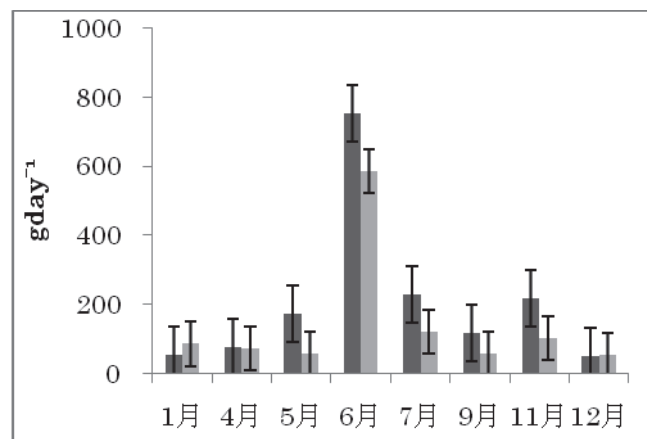


図 2 総流入・流出負荷量の月別変化(TN)

\*堀 誠（東大院・新領域）、田邊優貴子（東大院・新領域）、  
工藤栄（極地研）、山室真澄（東大院・新領域）

### 1. はじめに

南極大陸はそのほとんどが厚い氷に覆われているが、露岩域と呼ばれる地表がむき出しになった場所がわずかに存在する。露岩域には大きさや塩分が様々に異なる湖沼があり、その多くは貧栄養である。しかし貧栄養でありながら湖底には「コケボウズ」と呼ばれるコケ類と藻類の複合体が円錐状に成長したものを中心に、湖底の大部分が底生性の一次生産者に覆われる。これら一次生産者が栄養塩をリサイクルしているのか、新規の供給があるのかは、南極湖沼生態系の根幹を成すメカニズムに関わる問題である。本研究では湖沼堆積物の有機炭素・窒素とそれらの安定同位体比から、昭和基地周辺の湖沼における栄養塩循環を解明することを目的とした。

### 2. 材料と方法

第 51 次南極観測隊によって採取された 17 湖沼の湖底堆積物柱状試料を分析に供した。今回はスカルブスネス露岩域にありコケボウズが多く発見されているナガ池と、ラングホブデ露岩域にあり流域に鳥類が生息するユキドリ池について詳細に検討した。

表層から 1cm-4cm-1cm-4cm-…と順に切り分けた試料を凍結乾燥し、直径 2mm をこえる粒子を取り除いた後、メノウ鉢で粉末にした。ナガ池の試料は深さ 45cm 分、ユキドリ池の試料は 50cm 分である。

全リンは、1cm に切り分けた試料のみを 550℃で 2 時間燃焼させたのち、1M HCl で 12 時間抽出したものをモリブデンブルー法で測定した。

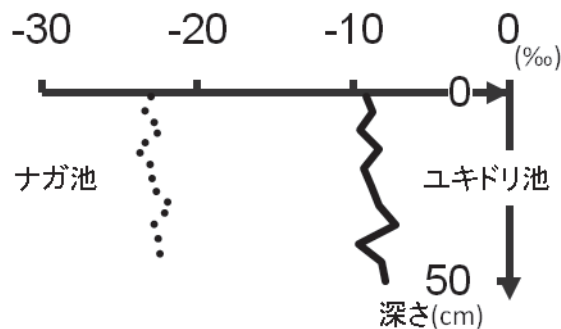
安定同位体比は、表層から数えて 3 層目以降の試料を 2 層ずつ組み合わせ、5cm 分の試料として扱った。試料を銀カップに量りとり、ホットプレートで加熱しながら 1M HCl を気泡が出なくなるまで入れ、無機炭酸塩を取り除いた。それを十分乾燥させたのち、スズカップに詰めて吸湿しないうちに質量分析計にかけ、有機炭素量・窒素量と、炭素・窒素安定

同位体比を測定した。

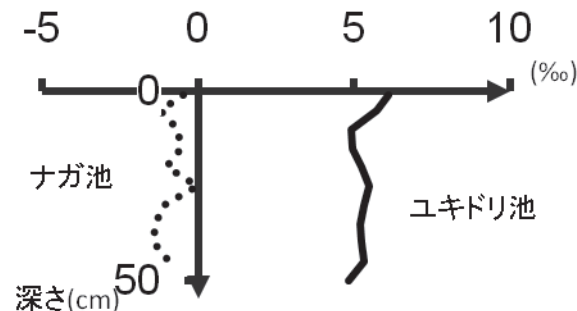
### 3. 結果と考察

炭素安定同位体比は、ナガ池で深さ方向に $-23\text{‰}$ 前後、ユキドリ池で $-8\text{‰}$ 前後を推移した。高い炭素安定同位体比は光合成活性や植生の密度が大きいなどが原因であるとともに、光合成に用いられる炭素源の違いも考えられる。光合成活性や生息密度は鳥類からの栄養塩供給が影響している可能性があり、窒素・リン濃度からの検討を行う。

窒素安定同位体比は、ナガ池で深さ方向にほぼ  $0\text{‰}$ 、ユキドリ池で  $5\sim 6\text{‰}$  となった。どちらも柱状試料の表層はほとんど植物体であったことを考慮すると、ナガ池の  $0\text{‰}$  は、窒素源が窒素固定の影響を強く受けているか、雨水からの供給が主であるかのどちらかであることを示している。ユキドリ池の値はナガ池より高く、鳥類の影響を受けていると考えられた。



図：堆積物中炭素安定同位体比の鉛直変化



図：堆積物中窒素安定同位体比の鉛直変化

中島広海（島根大・総合理工）・瀬戸浩二（島根大・汽水）・伊村智（極地研）

### 1. はじめに

南極の露岩地帯には、大小多数の湖沼が存在していることが知られている。それらの湖沼は、湖沼水の起源、供給と蒸発・流出のバランスによって特性が大きく異なる。特に塩分は顕著に異なり、淡水から 200psu を越える高塩分塩湖まで多様な湖沼が分布している。そのような南極湖沼群には、特徴的な底質が認められ、塩分が大きく関わっていることが明らかにされている。第 38・46 次南極地域観測隊では、そのような湖沼群の水質・底質環境を明らかにするため、リュツォ・ホルム湾宗谷海岸の露岩地帯に分布する約 40 の湖沼群で水質および底質調査を行った。本研究では、底質の記載や分析データと水質パラメーターを比較することによってその成因について議論を行うことを目的としている。

### 2. 記載および考察

本地域の湖沼における主な堆積物は、白色粘土、藻類堆積物、コケ堆積物、有機質砂泥、砂質堆積物である。

**白色粘土:** 水が氷床から直接流入している湖沼で認められる。このような湖沼は、塩分が非常に低く、夏季の濁度が高い特徴を持つ。堆積物は年層と思われるラミナが見られ、融氷期と結氷期でやや性質の異なる堆積物が堆積していることが推定される。

**藻類堆積物:** 南極湖沼ではもっとも一般的な堆積物である。塩分が 3psu 以下の湖沼で発達する。藻類堆積物の特徴は、層状あるいは球状の構造が見られ、含水率が非常に高いことである。また、有機炭素濃度も非常に高く、全イオン濃度は低い値を示す。表面は、平板状、ドーム状、球状、樹状、とさか状など様々である。球状藻類堆積物は、浮遊球状藻類が

堆積することによって形成される。これは、スカーレン大池の水深 4 m 前後で典型的に観察される。

**コケ堆積物:** 水生コケ (*Bryum* sp., *Leptobryum* sp.) が含まれている堆積物である。塩分が 10psu 以下の湖沼で見られ、藻類堆積物と共産することが多い。しかし、3~10psu の湖沼ではラン藻の成長が抑制されるため、コケ堆積物が顕著に発達する。また、そのようなコケ堆積物では有機炭素濃度がやや低い値を示している。ほとけ池では、ピラー状コケ堆積物が観察される。

**有機質砂泥:** 塩分が 10psu を越える湖沼で見られる。水深が 6m 前後より浅いと砂質堆積物となり、深いと泥質堆積物となる。砂質堆積物は比較的有機炭素濃度が低い。すりばち池では、水深 10m に 60psu から 200psu に変わる強力な塩分躍層が見られ、それを境界に褐色有機質堆積物から黒色有機質堆積物に移行する。また、躍層以下の水深では、石膏やミラビライトなどの蒸発鉱物が産出する。現在のすりばち池では蒸発鉱物の析出は考えにくいことから、過去に析出するような環境があったと思われる。ザクロ池、親指池、舟底池でもミラビライトが産出し、そのため、相対的に全イオン濃度が高い。

**砂質堆積物:** 水深 2m 以浅で見られる堆積物である。砂の供給源は主に風成砂である。冬季は結氷しているため、藻類などはあまり生息せず、有機炭素濃度などは極めて低い。

### 3. まとめ

以上のように底質と水質環境には、歴史的な背景を含めて関係があり、それらに基づいて古環境解析を行うことは可能である。今後さらに水質特性と底質の特徴を解析し、一般化する必要がある。

## 10 m 深井戸における年変動地温の振幅と位相の鉛直分布から推定される地下水の流れ

\*久保 秀敏・北岡 豪一 (岡山理大・理)・竹内 徹 (岡山理大院・理)

### 1. はじめに

近年、水資源の不足が世界的に深刻な問題となりつつある。地下水は、人間活動のための水資源であると同時に、地盤と環境の安定性にも重要な役割を演じている。山地地下水は河川への安定な供給源であり、一方、平野の地下水は、降雨と河川から供給されている。しかし、平野地下水がどこでどのように供給されているのか、観測井戸の限られている地域で推定することは容易ではない。

本研究は、1本の浅井戸で地温変動の鉛直分布を観測することにより、地域の地下水の動きが推定できる可能性について検討するものである。観測には10 m 深の既存井戸を利用し、河川が山地より岡山平野に出る沖積層のゆるやかな扇状地である。

### 2. 観測方法

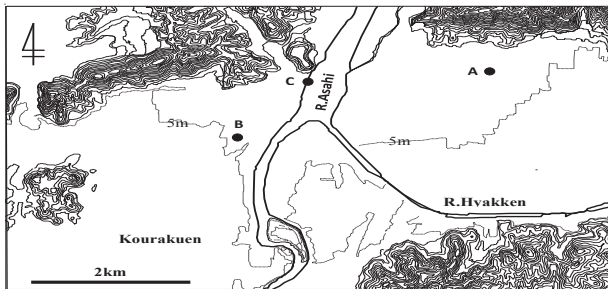


Fig.1 観測地点 (岡山市内)

観測井戸2カ所 (Fig.1; A, B) で地温測定を行った。測定にはデータロガー (Onset 社製 Tidbit v2, 測定精度:  $\pm 0.2$  °C; HOBO U20 Water Level Logger, 測定精度:  $\pm 0.5$  °C) を使用した。岡山平野の北端で水田地帯にある10 m 深浅井戸 A では、3 m 深まで0.5 m おき、それ以深は1.0 m おきに観測し、また平野の入口にある6 m 深浅井戸 B では4.2 m 深で地温を記録した。解析には2006年3月8日から2011年6月26日までのデータを使用。参考のため観測点 C で河川水温も記録し岡山地方气象台 (気象庁 HP) のデータも利用させて頂いた。

### 3. 結果および考察

Fig.2 に観測結果の一部を示す。もし熱伝導支配であれば、地温に対し振幅比  $A/A_0$  の自然対数と位相の遅れ  $\delta$  (rad) が、それぞれ、深さに対し直線的関係にあり、また両者の間には 1:1 の関係がある。Fig.3 と Fig.4 はそれを示したものである。井戸 A では、約 3 m 以浅でほぼこの関係を満たすため熱伝導支配と言える (若干遅れが小さいため浸透の影響がうかがえる)。しかし、3 m 以深で位相の遅れが目立ち始め、7 m 以深になるとかなりの遅れがみられる。ま

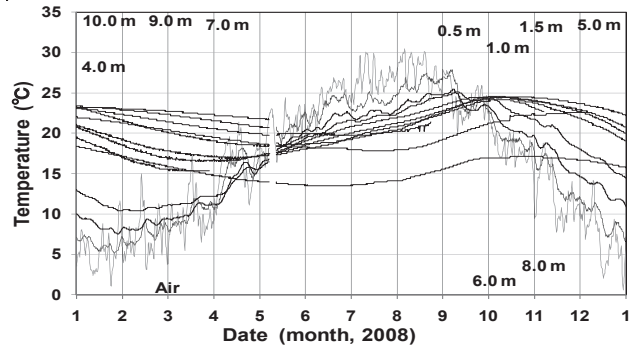


Fig.2 井戸の深度別観測データ

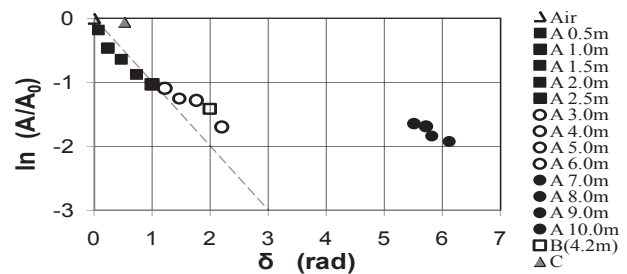


Fig.3 位相の遅れと振幅の自然対数の関係

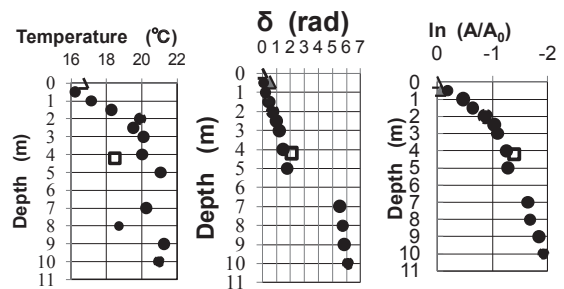


Fig.4 左) 深度と平均地温, 中) 深度と位相の遅れ, 右) 深度と振幅比の自然対数の関係

た、同様に井戸 B においても、振幅に対し位相の遅れが大きい。これらは、地下水の流れによる影響と考えられる。そこで、旭川河川水の水温の年変動は、気温の年変動とほぼ一致しているため、河川水温からの位相の遅れが、とりあえず地下水の流速を反映しているものとみなし、地形を考慮し求めた河川の流入口までの距離と水位差を用い、間隙率を 0.3 とすると、おおよその透水係数  $K$  が推定される。

その結果、井戸 A では  $K=5 \times 10^{-1}$  cm/s を得ることができ、これらは砂礫層の値を表すことに矛盾しない。また、井戸 B では  $K=3 \times 10^{-1}$  cm/s を得ることができ、岡山平野には旭川河川から大量の河川水が流入している状況と推定される。1本の浅井戸で地温の年変動を観測することによって、おおよその地域の地下水の動きが推定できるのではないだろうか。

しかし、井戸 B では熱伝導などの要因も考えられるため今後さらに検討していく必要がある。

—最近4年間の毎月の観測データから—

\*清水敬太（岡山理大・理），竹内徹（岡山理大院・理），北岡豪一（岡山理大・理）

1. はじめに

岡山市内の100 m 深井戸で地温の鉛直分布を観測したところ、ある深度で地温が極小値をとり、明らかに温暖化の影響と思われる結果が得られた。4年に渡り、ほぼ1ヶ月おきに観測したところ、時期とともに地層が表面から温められつつある状況が明らかとなった。しかし、時々ある深さでステップ状の不連続分布が見られる。これは、地下水の流れによる影響と考えられる。地温の鉛直分布を解析して、過去の地表温度の履歴を明らかにするためには、地下水の流れによる地温への影響を除かなければならない。本報告は、地温解析のための条件を探ろうとするものである。

2. 観測場所・方法

観測井戸(R. Well)は塩ビ管で、標高160 mの山の麓、標高11 mに位置し、地層は深度70 m以浅が堆積層、以深は花崗岩からなっている。地温鉛直分布は、データロガー（JFEアレック電子社製のCOMPACT-TD、温度の測定精度±0.02℃・分解能0.001℃、水深の測定精度±0.01 m・分解能1.5 mm）を2~4 cm/sの速度で降下させて、1 sごとにデータを収集した。2007年7月~2011年7月の期間で計40回測定した。

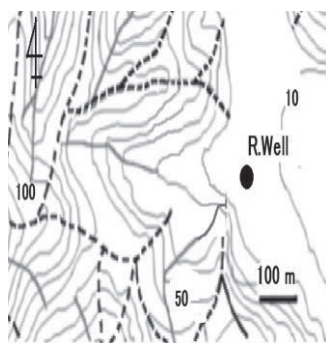


Fig.1 観測井戸 (R. Well) の位置

3. 結果と考察

2007年7月~2011年7月までの観測結果を Fig. 2 に示す。地温が極小値となる深度が月々深くなっていることから、温暖化の影響が深部に進展中であることが分かる。Fig.3 は Fig.2 の一部を拡大したものである。70 m 付近に地温ギャップを生じている月がある。

全観測記録を用いて、各深度の平均温度、温度上昇率、平均地温勾配、および地温勾配の勾配(2回微分)を求め、Fig.4 で温度上昇率と地温勾配の勾配(2回微分)を比較した。両者の図のパターンがよく似ている。熱伝導支配であれば両者の比は熱拡散係数に対応する。計算をしてみると、地層の熱拡散係数として矛盾しない値を得られたため、地温は熱伝導支

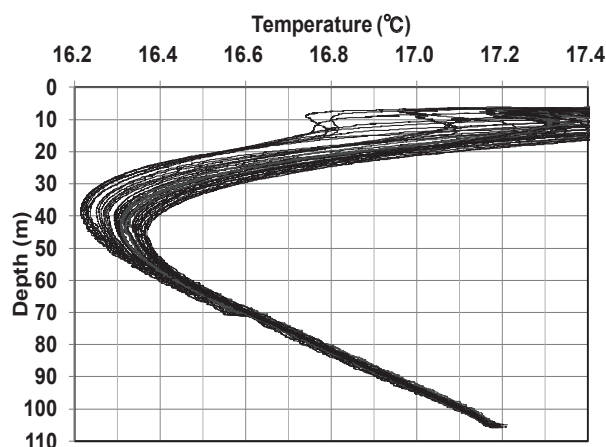


Fig.2 地温鉛直分布  
(2007年7月~2011年7月のほぼ月1回観測)

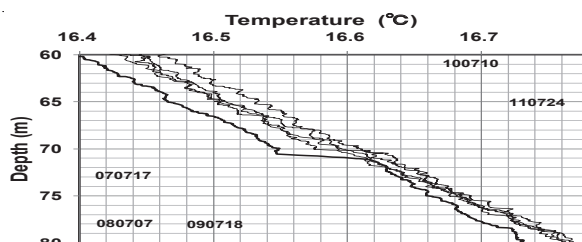


Fig.3 地温ギャップ

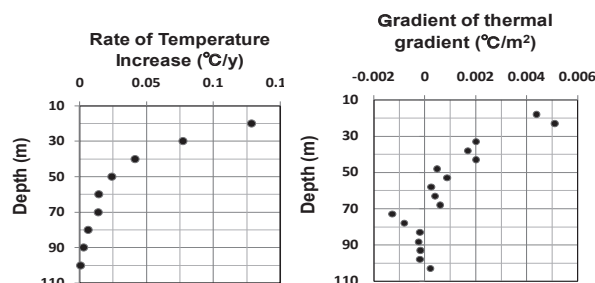


Fig.4 深さごとの地温の温度上昇速度と地温勾配の勾配(2回微分)

配によるものであると考えられる。

また、Fig.4 の70 m 付近は値が外れている。これは、温度ギャップによるため、そのような値になっていると考えられる。70 m 付近は、堆積層と花崗岩の境である。堆積層には温度の低い山の地下水が流れるが、花崗岩には流れない。そのため、地温ギャップが生じていると考えられる。

地温ギャップが見られると、水の流入の影響が生じているため、温度解析の対象にすることができない。しかし、このような観測結果が他の場所でも表れていると思われるので地温ギャップがあるときの正常地温をいかにして出すかを検討していく必要がある。

1. はじめに

100 m 深井戸 (加計学園所有) を利用し, 地表から深さ約 11 m で, 水温と水位を自記記録している。深さ 70.0 m 以深が花崗岩, それ以浅が礫混じりの泥岩, あるいは泥岩となっていて, 地表から 66.5~74.4 m, 86.2~90.2 m, 94.2~102.1 m の 3 か所にストレーナーが切られている。水位の観測記録をみると, 水位は全体として降雨に応答しながら緩やかに変動しているが, 2009 年 6 月から同年 11 月までの期間, 降雨に鋭敏に応答する変化が現れた。また, このとき水温も他の期間では見られない急激な変化がみられた。

このような, 降雨応答がどうして生じたのか明らかにすることが研究のテーマである。

2. 観測場所と観測方法

観測井戸は標高 160.4 m の山の麓, 標高 11.2 m に位置している (Fig.1)。観測には応用地質社製の

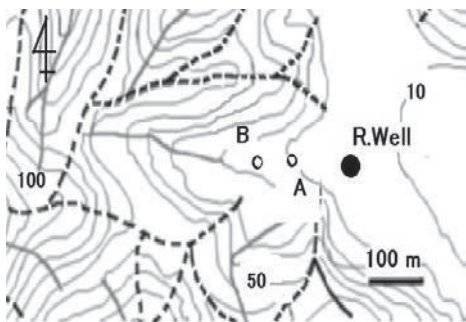


Fig.1 観測場所 (R. Well)

降雨量と気温は岡山気象台のデータ (気象庁 HP) を参考にした。

3. 結果と考察

測定開始から, 最近までの観測結果を Fig.2 に示す。結果をみると, ある一定の期間だけ水位と水温の急激な上昇と下降がみられる。この顕著な水位変動のある期間を拡大したのが Fig.3 である。降雨の直後に水位が急に上昇し, もとの水位に戻る現象は, 山岳地の岩盤に掘られた井戸でしばしばみられ, 割れ目の中の水位変動を表している可能性がある。したがって, この観測井戸にも礫混じりの泥岩中に割れ目が存在しているものと考えられる。降雨の水が割れ目に供給されて割れ目内の水圧が上昇し, 圧力伝播によって井戸水位が上昇しているものと思われる。一方, 水温が約 3 時間遅れで上昇していることは, 浅層の水が井戸に到達したことを示している。

地温の鉛直分布の観測によると, 温暖化の影響により, 浅部ほど地温は高いからである。

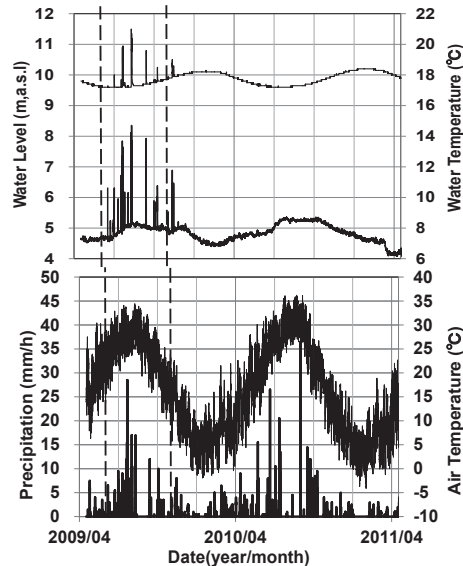


Fig.2 観測結果

水位は急上昇した後, ある一定の値に落ち着いていく変化がみられる。この急激な水位変化から, ある一定の値に落ち着くまでの時間 (滞留時間) を求めたところ, 14~20 日程度である。

井戸から約 160 m 上流側で 4 階建ての建設工事が行われ, 建物 (Fig.1:A 点) の完成と水位上昇が始まった時期がかさなっている。現象が現れなくなった時期には, 井戸付近で守衛室の工事 (Fig.1:B 点) が行われた。これは, 建設工事によって水の通路としての割れ目が, 一時的に繋がったのではないかと考えられる。もしそうであれば割れ目間隙水の移動速度は 50 m/dh の程度になる。

井戸から約 160 m 上流側で 4 階建ての建設工事が行われ, 建物 (Fig.1:A 点) の完成と水位上昇が始まった時期がかさなっている。現象が現れなくなった時期には, 井戸付近で守衛室の工事 (Fig.1:B 点) が行われた。これは, 建設工事によって水の通路としての割れ目が, 一時的に繋がったのではないかと考えられる。もしそうであれば割れ目間隙水の移動速度は 50 m/dh の程度になる。

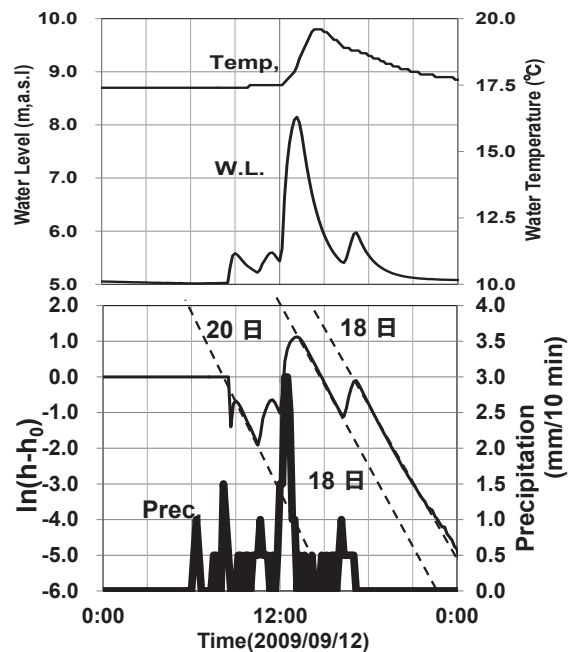


Fig.3 急激な水位, 水温の変化と水位勾配

1. はじめに

近年、干潟の生物種と数の減少が問題になっている。干潟を再生させる一環として、カキ殻をすきこんで、干潟を活性化させる試みが行われている(岡山県水産課)。河口干潟は、酸素を含む河川水、海水と酸素を含まない地下水との交流の場であり、干潟表層における水の動きが酸素の供給という点で重要な役割を演じていると考えられる。しかし、干潟表層で、潮位の変動と共に、水がどのような動きをするのか、不明の部分が多い。本研究は、それを明らかにする一環として、干潟表層土の透水係数を測定するため、大口徑試料に対応できる透水実験装置を試作した。大口徑試料はカキ殻が入った試料も対象とするためである。実験の結果、同一試料で実験回数と共に透水性が変化する現象が見られたので、それについて報告する。

2. 実験方法

透水実験は、変水位法で行った。広い範囲の透水係数に対応できるように、試料口径と給水タンクの口径を選択できるようにした。Fig.2 は、初期水位に対する水位の比の自然対数が時間に対してプロットしたものである。直接的であることから、ダルシーの法則が成り立っている事が確認される。初期水位差に種々の値を設定しても、ダルシーの法則が厳密に成り立つことが確認された。

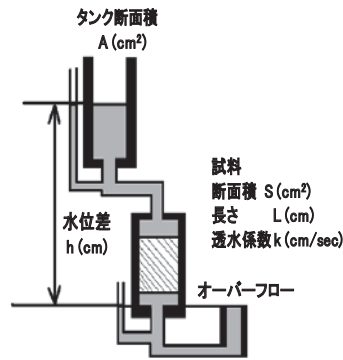


Fig.1 透水実験装置

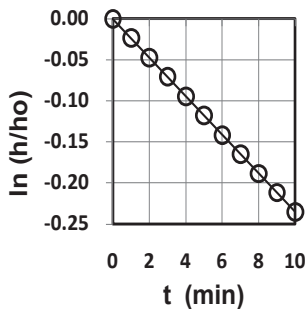


Fig.2 水位差の自然対数の時間変化

3. 結果と考察

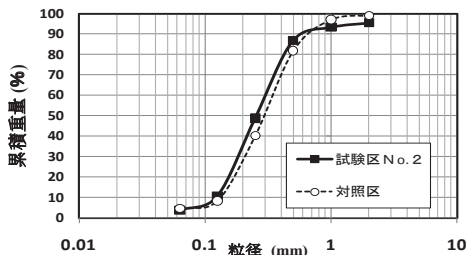


Fig.3 粒径加積曲線

用いた試料はカキ殻混入試料(試験区 No.2)で、不攪乱状態で採取したものである。その粒度分析の結果を Fig.3 に示したように、主に中粒砂で構成され、シルト分はほとんど含まれていない。

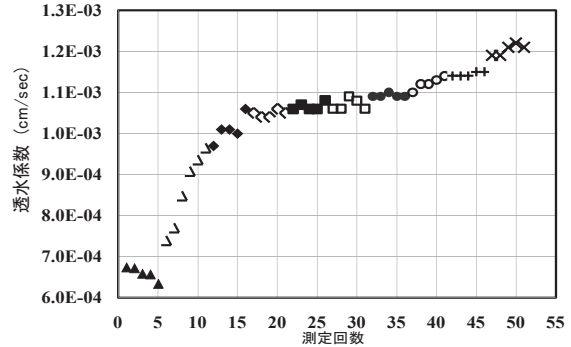


Fig.4 透水係数の繰り返し回数による変化

Fig.4 は、透水係数の値を実験回数ごとにプロットしたものである。始めの間は、実験回数と共に透水係数が減少したが、6回目以降は、回数と共に透水係数が大きくなった。ただし、5回目と6回目の間は3カ月密閉して放置した。Fig.4には、初期水位差によって異なる記号で示したが、透水係数の値は水位差の依存性よりも回数の依存性の方大きいと考えられる。回数と共に、透水係数が大きくなる理由として、

1. 回数と共に細かい粒子が流れていった。
  2. 口径が大きいため、試料内で水は様に流れなく、水道(みずみち)が生じ、それが拡大していく。
- の二つが考えられる。実験回数1~5回は、回数と共に透水性が減少しているの、細粒子が平均的に流れ去ったとは必ずしも言えないと思われる。

本試料は、カキ殻を含み、不均一性の高い試料であるため、水の流れにも不均一性が生じ、不均一度が回数と共に増大していると考えられる。つまり、間隙水の流速の不均一性によって、流速の速い部分が生じ、そこでは、微細粒子が流され、次第に水道が拡大されていくのであるのだろう。逆に、水がほとんど流れない部分が試料中に形成されていることが考えられる。実際、実験終了後に試料を取り出してみると、粒径の細かい粒子が残っていた。

実際の天然の流れでは、こういう不均一性の高い状態が形成されているものと思われる。一般に、透水実験は小口径試料で行われる場合が多いが、大口徑による実験法を用いた方が、より天然の状態が再現されるように思われる。ただし、どのような回数条件が実際の状態をよりよく反映するのかについては課題である。

1. はじめに

火山体の山麓の湧水は、水温、湧出量ともに安定し、水温が年間を通じて一定している場合が多い。岡山県と鳥取県の県境に聳える蒜山火山は、いまから数10万年以上前から活動し、現在は休止の状態にある。中蒜山(1123.3 m)の山麓で湧出する塩釜冷泉においても、水温と湧出量は安定しており、住民の生活用水に供されている。湧出温度と湧出量が安定しているということは、その供給源としての山体の地下水が、気温の年変動を受けない深部を経由していること、降雨による浸透量の変動が緩和されるぐらいの貯留水量の大きい地下水系を経ていることが想像される。しかしそのような地下水が地表に湧出する過程で、浅部の地温や地下水の変動の影響を受けているものと考えられる。

本研究は、湧出状態の安定した湧水を利用して、水温と湧出量の変動機構を明らかにしようとするものである。

2. 観測方法

Fig.1 に観測地点を示した。湧水は標高 530 m にあり、その集水面積、0.72 km<sup>2</sup> である。湧出量は 300 l/s、とされている。なお湧水は、地域住民が直接上水道として利用しているため、観測から全湧出量を推定することはできない。

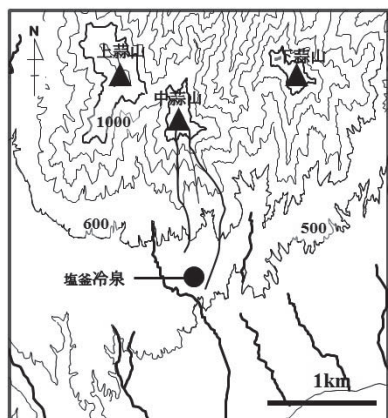


Fig.1 観測地点

水温と水深の測定には、JFE アレック電子製 COMPACT-TD (精度:±0.05°C, 分解能:0.001°C)と Onset 社製 HOBO U20-001-01 (精度±0.5cm, 分解能:0.21cm) を用い水路で測定した。水路の流量は、川幅、水深、流速計で流速を測定して求めた。データロガーで得た水深の変動は、マンニングの式を使用して、流量の変動に変換した。データロガーによる観測期間は、2010年8月1日～2011年7月17日である。

3. 結果および考察

池水温は、変動幅が 0.2°C 程度の季節変動を伴っていることが分かった。さらに、変動幅が 0.1°C 程度の日変動があり、また降雨、降雪によって最大 0.7°C 程度の変動も見られる。

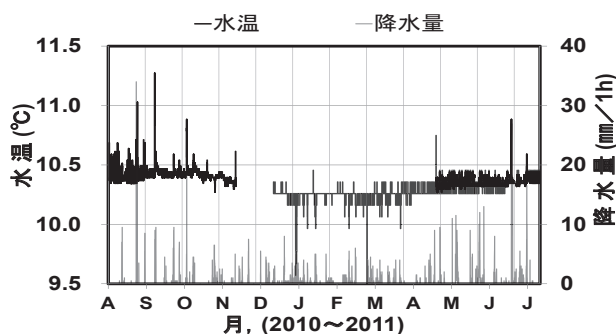


Fig.2 全観測期間にわたる水温と降水量

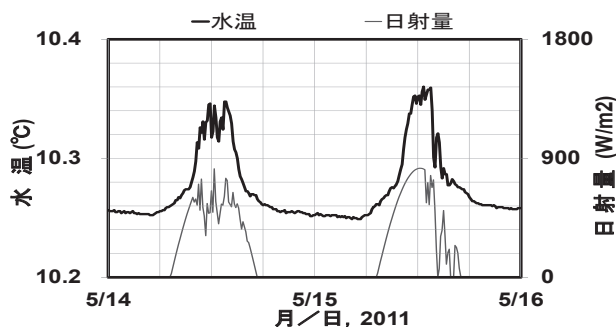


Fig.3 水温と日射量の関係

Fig.3 は、水温の日変動と日射量の変動を比較した図である。日射量は、全日射量を 10 分おきに計算し、それに 10 分おきの日照時間に乗じて計算したもので、樹木や谷地形の影響は考慮にない。水温はほぼ日の出とともに上昇しはじめ、日没以降安定している。池の面積、水の体積、湧出量、日射量から計算される水温の変動量は観測水温の変動量と矛盾しないものである。このことから、水温の日変動には、大気との熱交換よりも、日射の影響による部分が大きいと考えられる。また、ある程度まとまった、降雨と降雪があると、水温にスパイク状の変動が見られ、冬期には、積雪深ではなく時間降雪量が水温変動をおこしていることが分かった。

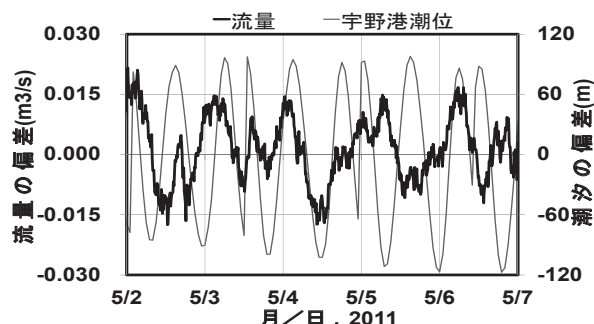


Fig.4 湧出量の1日移動平均からの偏差

Fig.4 に、湧出量の変動を示す。湧出量において、半日を周期とする地球潮汐の影響と思われる変動が見られる。これは、潮汐力の変動が火山体の内部に、歪みの変動を生じさせ、それによって間隙水が出入りしていることを示していると思われる。



1. はじめに

海洋に存在する大方の小さな島には大規模に地表水を溜めることのできる地形が存在せず、生活用水には地下水を利用しなくてはならない。こういった小さな島にも地下水は存在し、降水による涵養と周囲の海水によって地下水が凸レンズ状の形状で腑存していることが知られている。島では重要な水資源であるこの「淡水レンズ」を有効に利用するためには淡水レンズ挙動を把握しなくてはならない。そこで当研究では移流分散モデルを利用した数値シミュレーションによる解析から淡水レンズの挙動を検討する。

2. 解析方法

今回は効果的な取水方の検討として、「遮水盤を用いた取水」と「鉛直二重揚水」の2つの方法を、円柱型帯水槽を用いて検討する。図1はその帯水槽モデルの鉛直中央断面である。

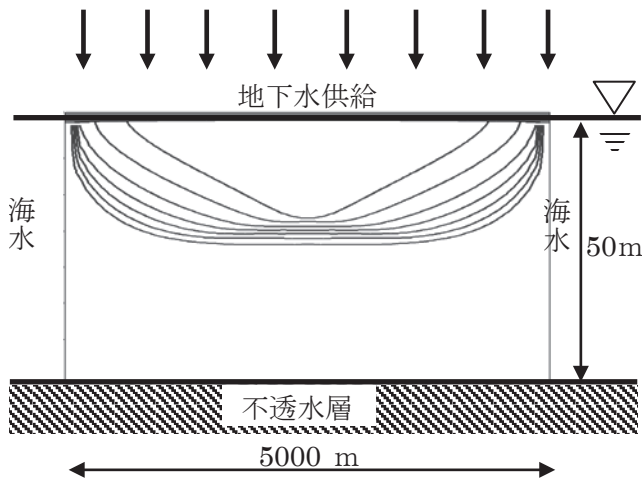


図1 帯水槽モデル

3. 解析結果および考察

まず、遮水盤を用いた方法による解析結果について述べる。図2は遮水盤を使用しない場合であるが、レンズの中央を割るように塩水が浸入してくることが見て取れる。図3は半径100mの遮水盤を揚水地点下に設置したものであるが、これにより塩水侵入を阻んでいる。図4より、半径25mを超えた段階から無次元濃度 $C/C_s=0.05$ を下回り、半径100mを超えればほぼ無次元濃度は0になる。つまり今回の解析では半径25m以上の遮水盤を設置すれば大きな効果が得られることがわかる。

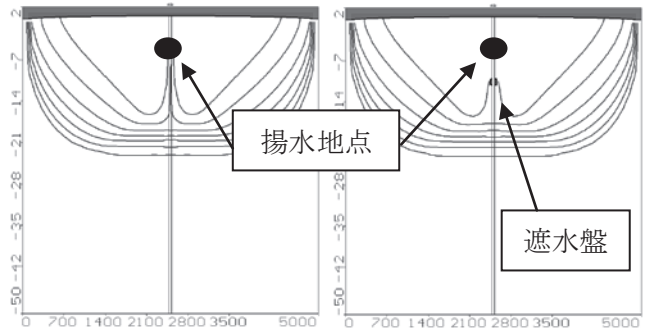


図2 遮水盤なし

図3 遮水盤あり

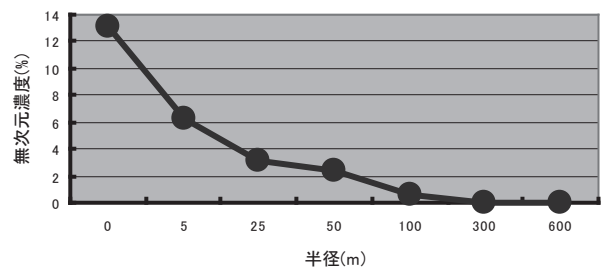


図4 遮水盤半径と揚水濃度の関係

つづいて、鉛直二重揚水方の解析結果である。鉛直二重揚水方とは、通常淡水部からの取水に加え、そこから鉛直にさらに深層の位置から海水を取水することで強制的に塩水の流速のベクトルを変化させ、淡水を取水する方に塩水が向かわないようにするものである。

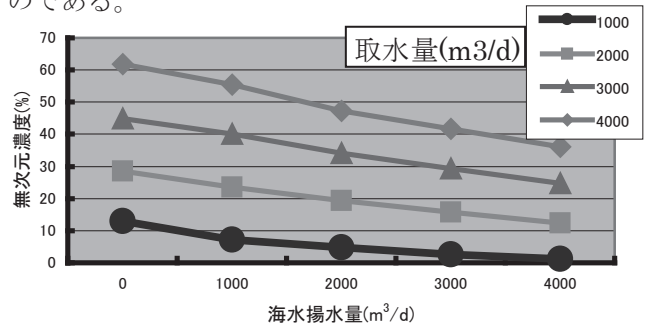


図5 海水揚水量と揚水濃度の関係

図5から、すべてにおいて、海水揚水量を増加させれば淡水揚水濃度が減少しており、低濃度の淡水を得るためには海水揚水濃度を増加させる必要があることがわかる。

遮水盤は効果は大きいですが、遮水盤自体が大規模なものとなるため、実現には難しいと考えられる。鉛直二重揚水は遮水盤程ではないが、効果がみられることがわかった。井戸の数を増加させることでより大きな効果が得られるだろう。

## A Quasi-analytical approach to predict Secchi depth using simulated MERIS data

\*M. Terrel • T. Fukushima • B. Matsushita • K. Yoshimura • W. Yang

(Univ. of Tsukuba • Life and Environmental Sciences)

### Introduction

Secchi depth (SD) is an optical measure of water clarity by human eyes and is affected by all optically active substances (OASs) in water: i. e., Secchi depth decreases as the concentrations of phytoplankton (Chl-a), tripton (Tr) and colored dissolved organic matter (CDOM) increase (Mancino et al. 2009). Several studies investigated the relationships between SD and spectral response of satellite sensors such as Landsat, MODIS, SeaWiFS and MERIS. Most of them focused principally on empirical approaches, which made their application, tend to be time and site specific.

In this study, we propose a quasi-analytical model to predict SD in clear and turbid waterbodies. The model takes into account MERIS band/band-ratio indices that represent the OASs concentrations as independent variables. The selected band/band-ratio indices were obtained by bio-optical modeling in the previous studies, where the analytical background involved in the modeling approach gave a strong support for their specific application to clear or turbid waterbodies.

### Methods and data

In-situ data obtained in seven waterbody measurement campaigns in Japan during 2009–2011 were used. We established a boundary based on SD values to divide all data into clear and turbid groups by evaluating the accuracy of the model. For the selection of bands/ band-ratios indices related to OASs concentrations, the previous studies exploited the upwelling radiation in the blue and green spectral regions in clear

waterbodies, while the red to near-infrared (NIR) spectral regions were applied in turbid ones. Since the MERIS sensor has great potential in estimating OAS concentrations in turbid waters, the reflectance spectra were resampled according to MERIS bandwidths.

Clear waterbodies:  $SD^{-1} = a_1 \cdot \frac{B5}{B1} + a_2 \cdot B5 + a_3 \cdot \frac{B1}{B2} + b_1$

Turbid waterbodies:  $SD^{-1} = a_4 \cdot \frac{B5}{B7} + a_5 \cdot B9 + a_6 \cdot \frac{B7}{B8} + b_2$

### Results and Discussion

The best retrieval model was obtained for the dataset with a boundary  $SD \leq 1m$  for turbid waterbodies, and others for clear waterbodies. Based on significant correlations, it was found that each OAS represented by their respective band/band-ratio indices does contribute to SD, where Chl-a followed by Tr concentration correlate better with the selected band/band-ratio indices for both groups of waterbodies. However, not a unique contributor could be enough to predict SD because of low  $R^2$ . Accordingly, it was the overall contribution of OAS to SD which yielded to the best results (high correlation). In addition, the results show that the combined effect of the selecting band/band indices and boundary-establishing processes yields a high  $R^2 = 0.89$ , an error (RMSE) of 1.04 m, an average bias (MNB) of 0.13% and relative random uncertainty (NRMS) of 22%. The model, however, tends to slightly overestimate SD when their values are very low, especially in turbid waterbodies. Furthermore, our results confirm the potential of MERIS sensor bands to accurately predict SD.

### References

Mancino et al. (2009) iForest 2:154-161

## 1. 目的

水域における過去の藻類組成変化を推定する手法の一つとして、底質コア中の色素を特定藻類の生物指標として解析する方法がある(例えばBuchaca and Catalan 2007)。しかし、その際に重要となる底質中での色素の分解速度を評価した研究は少ない。本研究では、日本の4湖沼を対象に底質中の色素分析を実施し、水中の藻類データベースと比較することで、底質中の色素の分解を評価することを目的とした。

## 2. 材料と方法

霞ヶ浦では2009年7月に、諏訪湖及び木崎湖では同年9月に、それぞれ長さ約1mの底質コアを採取した。琵琶湖では2010年7月に長さ30cm程度の底質コアを採取した。琵琶湖では1cm間隔で、他湖沼では2cm間隔でスライスした。一部の試料は実験室にて凍結乾燥処理を施し、分析まで冷暗所で保存した。残りの試料は110℃で24時間乾燥させ、含水比と比重から見かけ密度を算出した。さらに試料を650℃で3時間焼成し、強熱減量を求めた。霞ヶ浦、諏訪湖、木崎湖については、見かけ密度の鉛直分布と過去の洪水記録と照らし合わせることで底質堆積速度を求めた。琵琶湖に関しては、太井子・奥田(1989)が報告している底質堆積速度を引用した。

凍結乾燥試料150mgを褐色容器に移してアセトン4mlを加え、2分間超音波処理を施し、溶液を0.2µmのフィルターで濾過した。濾液に窒素ガスを吹き付けて約20倍濃縮し、これを分析に供した。Gijsbert et al. (1992)の手法を参考に高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で試料中の色素を分離し、フォトダイオードアレイUV検出器で検出した。対象とした色素は、zeaxanthin(藍藻に対応)、diatoxanthin(珪藻)、lutein(緑藻)、alloxanthin(クリプト藻)、fucoxanthin(珪藻及び黄金色藻)、peridinin(渦鞭毛藻)、chlorophyll a及びその分解産物(phaeophytin a、phaeophorbide a)の計9種である。

得られた色素濃度と比較するために、国立環境研究所及び滋賀県琵琶湖環境科学センターによって過去約30年間毎月観測されている霞ヶ浦湖心及び琵琶湖今津沖中央の水中藻類濃度及びchlorophyll a濃度を使用した。

## 3. 結果と考察

いずれの湖沼でも、ほぼ全ての色素が検出された(霞ヶ浦ではperidinin、琵琶湖ではzeaxanthinを除く)。これらの濃度は深度が深いほど低くなる傾向にあった( $p < 0.05$ )。霞ヶ浦の藻類中の色素/chlorophyll a比(Soma et al.

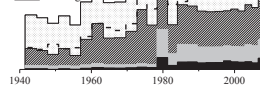
1993)を用い、色素濃度から推定した藻類別chlorophyll a濃度の分布を図1に示す(珪藻はdiatoxanthin濃度から推定)。色素/chlorophyll a比から推定されるchlorophyll a濃度の総和と実測した底質中chlorophyll a、phaeophytin a及びphaeophorbide a濃度の総和の間には、高い相関が検出された( $r^2 = 0.47-0.85$ )。水中藻類濃度のデータベースを有する霞ヶ浦と琵琶湖に関して、底質中の色素分布と対応藻類種の水中濃度変化を比較すると、霞ヶ浦ではこれらの間に有意な相関を示さず、琵琶湖ではfucoxanthinと珪藻、peridininと渦鞭毛藻の間のみで有意な相関があった( $p < 0.05$ )。これらの相関が低い原因の一つとして、堆積後の色素の分解が考えられる。そこで、色素濃度と水中藻類濃度の比を利用し、底質中の色素の分解率を時間の関数として推定した。多くの色素の分解率は、曲線 $y = 1 - e^{-kx}$ ( $k$ は分解速度定数、単位は $y^{-1}$ )で比較的良好に近似できた(図2)。色素間で分解速度定数を比較すると、diatoxanthinで小さく、chlorophyll aでは比較的大きかった。以上から、色素の分解速度は色素によって大きく異なることが示唆された。

### Lake Kasumigaura

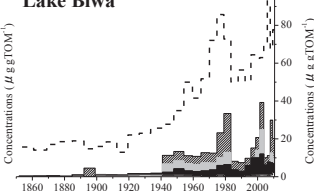
Chlorophyll a + phaeophytin a + phaeophorbide a

Chlorophyll a estimated using pigments and pigment/chlorophyll a ratio in each algae

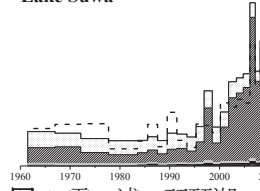
Legend:  
 cyanobacteria  
 diatoms  
 green algae  
 cryptophytes  
 dinoflagellates



### Lake Biwa



### Lake Suwa



### Lake Kizaki

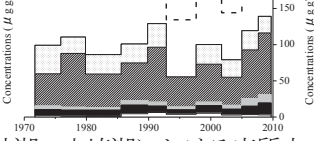


図1 霞ヶ浦、琵琶湖、諏訪湖、木崎湖における底質中の色素濃度から推定した、藻類別chlorophyll aの分布。底質中のchlorophyll a及びその分解産物の総和を点線で示す。

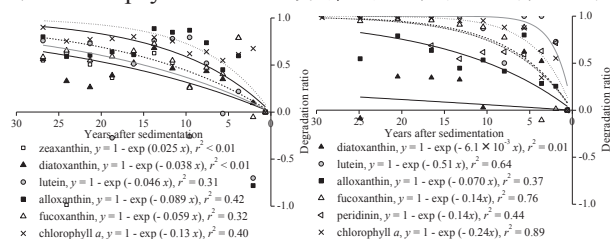


図2 霞ヶ浦(左図)、琵琶湖(右図)の底質中の色素分解率

謝辞 湖沼での採泥に関しては、石川加奈子氏(滋賀県琵琶湖環境科学センター)、宮原裕一・山本雅道両氏(信州大学山地水環境教育センター)の協力を得た。ここに感謝の意を表します。

\*齊藤紫保・藪内春香・天沼翔太・片岡弘貴・高橋明代・川田知史・人見翔太  
遠藤修一・石川俊之（滋賀大・教育）、奥村康昭（大阪電通大・工）

1.はじめに

湖の水質は流入河川の水質に大きく依存するため、びわ湖の水質変動をとらえるためには流入河川水を長期的にモニタリングすることがきわめて重要である。本研究では安曇川の水質の季節変動及び河口沖における河川水の分散過程に着目し、安曇川河川水がびわ湖に与える影響について考察を行った。

2.観測概要

2-1 自記記録計群による連続観測

- ・期間：2010年5月～（CT計）  
2011年3月～（水位計・濁度計）
- ・観測地点：安曇川 両台橋（図1の△）
- ・観測項目：水温、電気伝導度、濁度、クロロフィル、水位

2-2 安曇川河口沖の水質鉛直分布の観測

- ・期間：2009年1月より継続中
- ・観測地点：安曇川河口沖9地点（図1の●）
- ・観測項目：水温、電気伝導度、濁度、クロロフィル、溶存酸素飽和度

2-3 流況と水質の連続観測

- ・期間：2010年6月より継続中
- ・観測地点：舟木崎沖2地点（図1の□）
- ・観測機器：ADCP、流速計、AQUADOPP、クロロフィル・濁度計、CT計、DO計

が高い夏季から秋季にかけて、安曇川河川水は水温躍層へ貫入する。安曇川の水温がびわ湖の底層よりも低い冬季には底層に流入する。安曇川の水温がびわ湖の表層よりも高くなる春季には、びわ湖の表層に流入するが、野洲川と比較すると、その割合は低い（図3）。

安曇川河川水はびわ湖に流入後、河軸の延長方向ではなく、南流する傾向が強い。2010年7月中旬の大雨後の安曇川河口沖の水温躍層付近では、安曇川河川水の流入と思われる南向きの濁流を確認することができた（図4）。

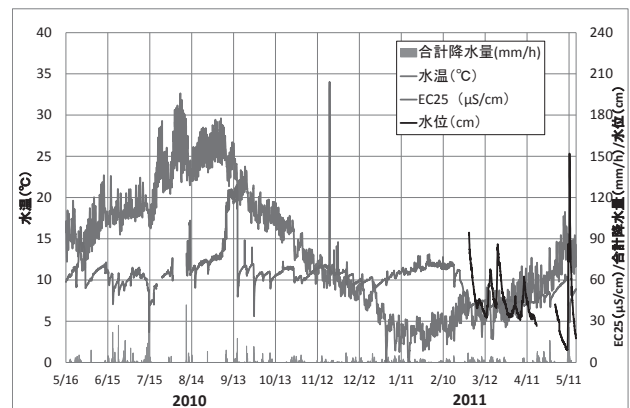


図2 安曇川両台橋付近における水温と電気伝導度と水位

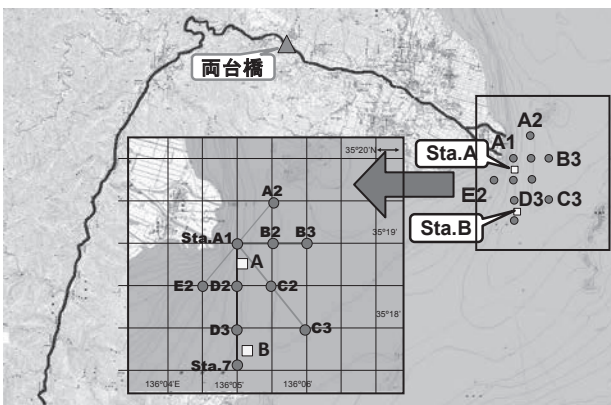


図1 測点配置

3.結果

両台橋付近に設置した自記記録計の記録から、安曇川の水温の季節変化を確認できたが、電気伝導度については、明瞭な季節変化はあまりみられなかった。安曇川の水質の電気伝導度は1年を通してびわ湖よりも値が低く、融雪水や降水によって希釈され、さらに低い値を記録することもあった（図2）。

安曇川河川水のびわ湖への流入深度には季節変化が見られた。安曇川の水温よりもびわ湖の表層水温

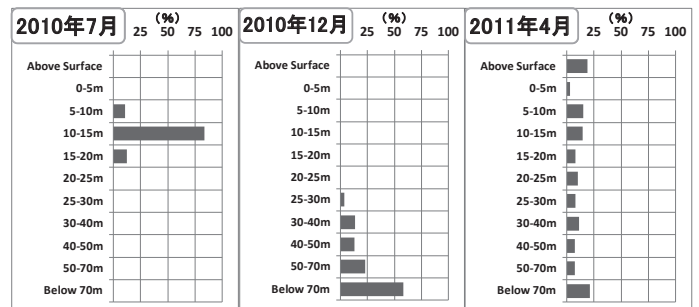


図3 各月における安曇川河川水のびわ湖への流入深度の割合（%）

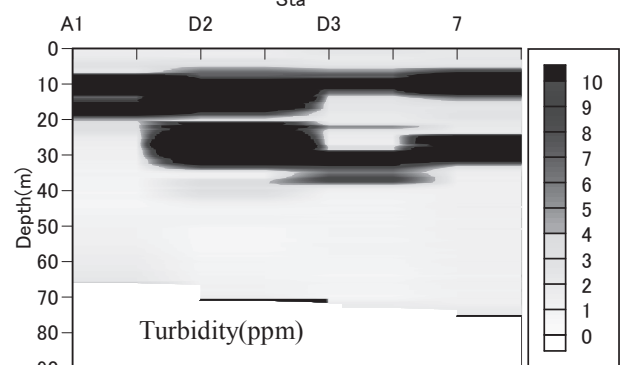


図4 2010年7月17日の安曇川河口沖の濁度分布

\*小寺浩二<sup>1)</sup>・森本洋一<sup>2)</sup>・都筑俊樹<sup>3)</sup>

1)法政大学地理学教室、2)法政大学大学院、3) NPO 法人地域環境科学研究所

## I はじめに

近年、湖水が中性化して問題となっている福島県の猪苗代湖とその集水域について、2009年4月から継続観測を行っている。約2年間の観測結果が得られたので、その結果を整理し、流入河川の水質変動と湖水の水温鉛直プロファイルの変化などとあわせて示し、中性化との関係を考察する。

## II 対象地域

本研究では猪苗代湖とその集水域を対象とする。猪苗代湖は、福島県猪苗代町、郡山市、会津若松市の3つの市町村にまたがる湖である。湖面積103.9m<sup>2</sup>、湖面高度514m、総貯水量54億tで、上流に強酸性の酸川を有する主要流入河川である長瀬川が北東より流れ込む。その他大小30ほどの流入河川が存在するが、長瀬川が総流入量の50%以上を占める。一方、流出は、北西の自然流出河川の日橋川と人工のものである安積疏水の二つしか存在しない。

猪苗代湖は、元々流入酸性河川の影響で、pH5以下の酸性湖だったが、1990年代に入ってから急激に中性化し、現在ではpH6.8前後となっている。同時にCODの値が高くなり、透明度も下がるなど、水質悪化が問題となっている。

## III 研究方法

湖水の水温やその他水質の年間変動を把握するため、2009年4月～2010年3月にかけて毎月1回、その後は2～3ヶ月に1度現地調査を行い、あわせて集水域の諸河川についても水質調査を行った。

湖水の最大の観測地点は25地点で、水温・水質の鉛直分布を測定した。河川の観測地点は34地点。水質調査項目は、気温、水温、比色法によるpHとRpH、電気伝導度、濁度、溶存酸素、TDS、ORP、COD、流量の項目に関しては現地で測定し、持ち帰ったサンプルはアルカリ度、TOC、イオンクロマトグラフによる主要溶存成分の測定を行った。

## IV 結果・考察

湖水の鉛直構造とその変化が明らかとなった。同じ猪苗代湖内であっても場所によって水質に差異が見られ、水温の鉛直プロファイルも異なることが示された。特に最大流入河川である長瀬川や磐梯山か

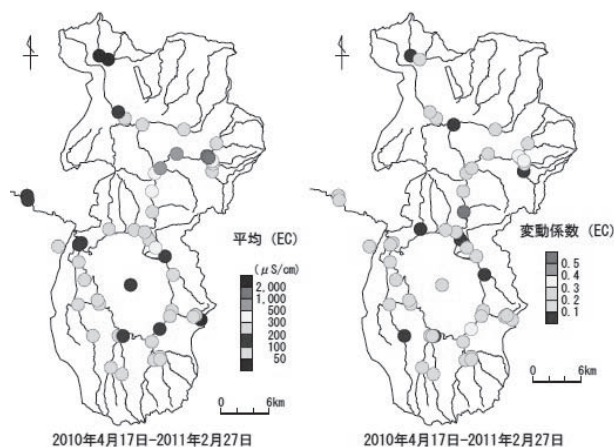


図1 ECの平均値と変動係数(2010年度)

らの地下水流出と考えられる影響が鉛直プロファイルから読みとれた。

集水域の河川では、北部と南部で、地質や温泉水の影響と思われる差が明瞭に現れ、特に、酸性河川である長瀬川においては、ダムの放流水の影響と考えられる大きな変動が観測された。

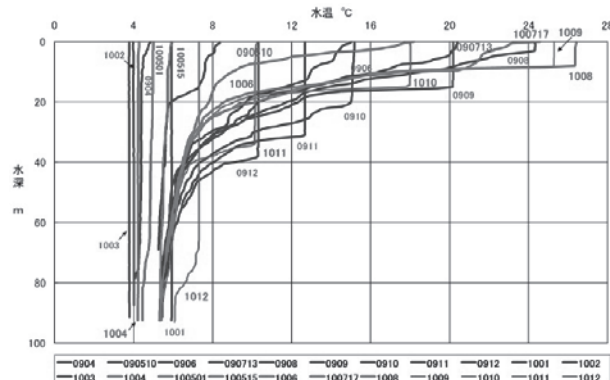


図2 水温の鉛直分布(2009.4～2010.12)

## V おわりに

湖水の鉛直観測から、湖水の水温・水質変動が明らかとなり、場所による違いも示された。また、最大の流入河川である長瀬川で、採水時期によってその水質が大きく異なる結果が示された。

蓄積された調査結果の整理をさらに進め、集水域の水質とその変動特性の把握に努めたい。

## 参考文献

千葉茂(1988):猪苗代湖・裏磐梯湖沼群の水質.地学雑誌,97-4,134-139.

\*谷口智雅（三重大・人文），宮岡邦任（三重大・教育）  
溝口晃之（愛知県立津島高），大八木英夫（日本大・文理）  
西部めぐみ（豊田市史資料調査会）

### 1. はじめに

河川における流量の研究は流出率や流出の年変化、工学的・水文学的あるいは地形学的なアプローチから様々な研究が行われてきた。また、河川の水温の研究も、自然環境と人間活動のそれぞれの違いや影響を含めた研究を始め、1本の本流を対象に流下にとまなう水収支・熱収支に関する現象としての研究や支流を含む水系網で支流からの水や地下水が混合を考慮した解析やモデル化などの研究も行われている。さらに、大流域から小流域まで様々なスケールを対象とした河川流量・水温研究も行われている。一方、河川水質や生息生物の指標を用いて、その分布や地域間比較による流域あるいは地域全体の陸水環境の特徴を示す研究が行われている。本研究では、流量と水温を指標として、一行政単位を対象とした地域の陸水環境の地理分布の特徴の把握を行った。

### 2. 材料と方法

対象地域の豊田市は 2005 年の平成の大合併により愛知県全体の 17.8%を占める 918.47km<sup>2</sup>の県下最大の面積を有する。市内の平均標高は 36.73mであるが、最低標高はトヨタ自動車の本社工場もある矢作川中流域右岸の挙母盆地にある 3.2m地点、最高標高は長野県との県境に近い面ノ木天狗棚の 1240mと高低差は約 1,200mもある。市内を流れる河川は、市域中央を北東から南西に流下する矢作川、矢作川の最大の支流である巴川、境川水系である逢妻男川・逢妻女川の都市河川などが流れている。広域で高低差が大きいことから地域の自然環境は多様であり、非常に変化に富んでいる。以上の地域を対象に、2008年4月26日～5月2日・8月25日～9月12日・11月22日～30日、2009年2月5日～11日・8月19日～30日、2010年2月5日～13日、8月20日～9月10日、2011年2月4日～15日で調査を実施した。

調査地点は市内の矢作川水系の本川、支流を始め、都市域の都市河川、山間部の溪流河川の約 94 地点で行った。さらに、矢作川上流の名倉川、伊保川等の河川 41 地点については、2010年8月20日～9月10日、2011年2月4日～15日に詳細な調査を実施した。流量は小型プライス計による 60%水深で測流する 1 点法の流速観測の断面観測と食塩水瞬間投入法による点投入希釈法によって観測を行った。水温測定は棒状水銀温度計およびYOGOGAWA製ポータブルpH計・EC計で測定した。伊保川については、上流の溪流および籠川合流前の下流地点にonset社製のU22 データロガーを設置し、30分毎の連続観測を行った。

### 3. 結果と考察

河川水温は冬季の最低水温である面ノ木の 3.4℃と都市河川の逢妻男川 10.5℃など標高や気象条件に応じた地域差が見られる。矢作川の支流も右岸左岸とでは本川との合流地点での次数が異なり、集水域の土地利用や流量とともにその地理的分布に特徴が示されている。伊保川の最上流の宅地化された丘陵地の護岸整備された地点で 24.7℃・0.004731 m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>秒、猿投山南西麓の溪流で 23.6℃・0.004041m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>と水温・流量を観測し、河川景観を含めた土地利用の違いによる水温差も見られる。また、特に都市部と山間部の水温差は顕著であり、合併によって多様な地域を有することが水温からも見て取れる。合併によって市域が拡大した豊田市について、水温と流量を指標に地域的特徴の考察を行ったが、人間活動である土地利用や標高・気候などの自然環境とともに、地理的分布に地域差を見ることができる。

追記 本研究は豊田市史編さん事業の一環として、実施したものであり、調査実施には椋山女子学園大学の野崎健太郎氏、豊田市矢作川研究所の白金晶子氏をはじめ関係各位にご協力頂きました。

## 境水道和名鼻付近（島根県）における人為的閉鎖水域と自然開放水域の水塊構造の季節変化と底層水の循環速度

岡崎裕子（島根大・総合理工）・瀬戸浩二（島根大・汽水）

### 1. はじめに

和名鼻は、中海北部に位置する小さな半島にある。その半島の東側は、入江状の内湾（和名鼻水域）であり、自然地形が残されている数少ない場所である。一方、西側は中海の一部であったものが、中海干拓事業で建設された森山堤防によって人為的に閉鎖され、同様な内湾になっている。その水域の大部分は、島根県が管理する貯木場として使われてきた。貯木場の入口は水深 4m の地形的高まりがあり、その奥の貯木場水域は一つの湖盆状を呈している。開放的な和名鼻水域と閉鎖的な貯木場水域は、隣り合っており、ほぼ同様な水塊が両水域に流入している。本研究では、対照的な水域の水質調査を継続的にを行い、両水域の水塊構造の季節的な変化と水温変化と溶存酸素量の変化に着目して循環システムの違いについて検討することを目的としている。

### 2. 材料と方法

水質調査は、2010年5月から1年間、毎月20日前後にルート状に行った。和名鼻水域では、約100m間隔で20地点、貯木場水域では50～200m間隔で16地点の水質観測を行っている。各地点では、多項目水質計 AAQ1186（JFE アレック製）を用い、水深、塩分、水温などの鉛直測定を行った。それぞれのデータは水深 5cm 間隔で平均化した。溶存酸素量は、合計6地点で表層と底層のみ測定を行った。

### 3. 結果

和名鼻水域では、水深 2～4m の間に塩分躍層が存在し、それを境界に表層水と底層水に区分される。塩分躍層の水深は湾奥に向かって多少傾斜しているものの、境水道における塩分躍層の水深とほぼ一

致する。表層水と底層水の最高水温は、ともに9月初旬で約 30℃であった。表層水の最低水温は、1月下旬で約 4℃である。底層水は約1月遅れであった。表層水と底層水の水温差は、最大 7℃である。底層水の溶存酸素量は、ほとんどの月で 60%以上を示し、9月の短い期間のみ貧酸素状態であった。

貯木場水域も、水深 2～4m の間に塩分躍層が存在する。しかし、境水道の塩分躍層の水深がそれ以深になったときは、その水深と異なる。表層水の最高水温と最低水温の時期や値は、和名鼻水域とほぼ同じである。一方、底層水の最高水温および最低水温は、表層水より2ヶ月から3ヶ月遅れている。表層水と底層水の水温差は、最大 10℃に達する。底層水の溶存酸素量は、ほとんどの月で 40%以下を示し、夏季は無酸素状態であった。

### 4. 考察

開放的な和名鼻水域の塩分躍層の水深は、境水道の塩分躍層と同期的に変化している。そのため、底層水の循環は早く、塩分・水温の側方変化はほとんど見られない。しかし、溶存酸素量は 100m 当たり 0.2mg/l（5月）の減少率で湾奥に向かって減少する。一方、貯木場水域では、底層水の循環速度が非常に遅く、水温などに側方変化が見られる。また、それに伴い奥部では貧酸素～無酸素状態になっている。これは、底層水の流入を抑制する地形の高まりがちょうど塩分躍層の水深に存在し、境水道の底層水がそれ以浅まで上昇しないと貯木場水域の底層に流入しないことに起因する。これは、汽水域における底層環境が地形の高まりの水深によって大きく影響されることを示唆している。

## 米軍空中写真を用いた沈水植物の判読

\*小室隆（東大院・新領域）, Sergey K. Krivonogov (Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch, Russian Academy of Sciences), 山室真澄（東大院・新領域）

### はじめに

富栄養化の進行とともに沈水植物はカタストロフィックに消滅するとされるが (Scheffer et al. 2001)、日本においては 1950 年代半ば以降に富栄養化の進行如何に関わらず、平野部の湖沼で全国的に沈水植物が衰退しており、原因として除草剤が疑われている (平塚ほか、2006)。2002 年に自然再生推進法が施行され、湖沼における水生植物についてもその再生を目的とした事業が各地で行われている。しかし 1950 年代半ばに消滅してしまった沈水植物については、その記録がほとんど残っていない。また水面下にあったために、1950 年代以前においても、一般市民に認知されていなかった。生態系の根幹を為す一次生産者である沈水植物が本来どのような状態であったかは、真に復元されるべき生態系として、自然科学の知見に基づいて提示されねばならない。

本研究では、1947 年～1948 年にかけて全国的に撮影された空中写真の画像解析によって、当時の抽水植物、浮葉植物の分布を復元し、さらに沈水植物の分布復元が可能かどうか検討した。

### 米軍撮影空中写真

米軍撮影空中写真は 1947 年より米軍により日本全土の主要都市を中心に縮尺 1/10,000 と 1/50,000 で撮影されたグレースケールの写真である。現在、水生植物が激減している平野部湖沼の多くが撮影されていることから、本空中写真による水生植物の復元が可能になれば、多くの湖沼において再生すべき水生植物相の検討に貢献できる。

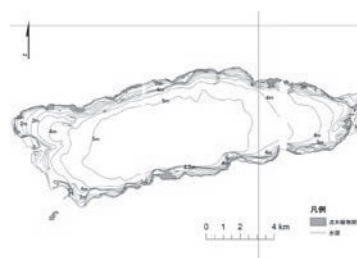
本研究ではまず、国土変遷アーカイブ

(<http://archive.gsi.go.jp/airphoto/search.html>)により、対象湖沼の空中写真が当初目的に適用できるかどうかを判断した。その結果、16 枚の写真が解析に貢献すると考えられた。

### 解析方法

解析を行うに当たって、湖沼図と地形図を使って、写真の歪みを直す幾何補正を行った。次に、空中写真はグレースケールで撮影されているので、そのままでは判読が行いにくい。そこで、湖沼図に記載されている等深線を写真に重ね合わせることで、沈水植物の判読を行いやすくした。沈水植物は光の届く水深にまでしか生育することが出来ないために、この方法の有効性が期待された。宍道湖における当時の透明度は 3～4m とされているため、写真を湖岸から 4 m までの範囲で切り抜き、解析に用いた。幾何補正と等深線の重ね合わせには Esri 社の ArcGIS 10 を用いた。

沈水植物の判読は、グレースケール写真のカラー化を行い判読する方法と、グレースケールで表されている空中写真を RGB に変換させた後に画像処理を行う OpenCV を用いたプログラミングにより、沈水植物と判断できる RGB 値の範囲を抜き出す方法により行った。



米軍撮影空中写真から類推される当時の沈水植物の分布



一般公演

口頭発表

A会場

教養2号棟 2階 501講義室

日時	9月23日(金)	10:00~11:30	1A01~1A06
		15:00~17:15	1A07~1A15
	9月25日(日)	9:00~12:00	3A01~3A12



\*岡田久子（明治大学・農）・知花武佳（東京大学大学院・工）・倉本宣（明治大学・農）

### 1. はじめに

浅い河川はさまざまなサイズの岩盤や礫などで河床が構成されている。この河床基質上にはさまざまな付着藻類が分布しており、河川生態系の1次生産者として重要な役割を担っている。付着藻類の中でも糸状緑藻はパッチ状に生育しているのがしばしば観察され、浅い河川に特徴的なものとして興味深い。糸状緑藻は付着藻類の中でも大型であるため、下流への汚濁負荷の原因となり、その分布を知ることが重要である。本研究では、糸状緑藻の分布とその外的要因について調べようとしている。東京都の多摩川本流、特に中流域における糸状緑藻の縦断分布と流速・水深・河床基質状態の関係を調査した。

### 2. 材料と方法

#### 1) 中流域における糸状緑藻の分布

水質の異なる永田橋上流（河口から 51.7～52.9km）、是政橋上流（32.4km 付近）の2地点を対象とした。

##### ① 糸状緑藻の被度の調査

永田橋上流において、縦断方向の50～100m間隔に流れ方向と垂直な水際から対岸の水際までの横断ライン上で幅50cmのベルトトランセクトを設定し、流速10cm/s以上でかつ水深1m以下の場所について、糸状緑藻の被度の把握を行った。

##### ② 河床の物理環境の調査

同上の横断ラインにおいて、流心部から左岸にかけて流速100cm/s以上・水深70cm以上の場所で任意の1～3地点を設定し、75cm×75cmの方形枠を設置した。その方形枠中の25cm間隔格子の16交点上に位置する河床表層底質の粒径階級（Small gravel (SG) :16-32mm, Large gravel (LG) :32-64mm, Small cobble (SC) :64-128mm, Large cobble (LC) :128-256mm, Boulder (B) :256mm以上）を調べ

た。これにより、方形枠内の各粒径階級の構成比率%を算出した。また、同時に河床表層底質のはまり状態（浮石・載り石・はまり石）を記録した。

#### 2) 糸状緑藻の縦断分布

多摩川本流の二子橋（17.8km 付近）～梅沢（63km 付近）の早瀬を踏査し、糸状緑藻の分布を把握した。

### 3. 結果と考察

永田橋上流において、52.2kmより下流で糸状緑藻が多かった。出現種はアオミドロ *Spirogyra* sp.、ネダシグサ *Rhizoclonium* sp.、カワシオグサ *Cladophora glomerata*、ヒビミドロ *Ulothrix* sp. で、52.1～52.15kmではカワシオグサが顕著に多かった。52.2kmより上流で出現した糸状緑藻はヒビミドロだけであった。

52.1kmから上流の河床ではSC以下の小さな粒度だけで構成されていた。一方、52kmから下流の河床ではLC以上の大きな粒度が31%以上を占める組成を構成していた。52.1～52.2kmの河床は、S・LG・SCだけから構成され、SGも存在した52.3kmから上流の河床よりも安定性は大きいと考えられた。

糸状緑藻の多くの種は発達遷移の中期～後期に出現するといわれている。52.2kmより下流で糸状緑藻の分布が多かったのは河床が安定であるためと考えられた。一方、52.2kmより上流では小さな粒度で構成されており、不安定な河床と考えられた。ヒビミドロだけはこの河床に分布していたことから、ヒビミドロは発達遷移の初期に出現する種である可能性が考えられた。糸状緑藻の個々の種について発達遷移の出現時期を明らかにすれば、出現した糸状緑藻の種と対比させることで、河床における安定性の分布が把握できることが示唆された。

## 濁水の成分の違いが付着藻類に及ぼす影響 ～ 洪水に砂が含まれることの重要性 ～

\*森 照貴・小野田幸生・萱場祐一（自然共生研究センター）

### はじめに

近年、ダム湖に堆積する土砂量を減らすために、既に堆積している土砂を下流河川へ排出する対策（フラッシングなど）や、ダム湖に流入する土砂量を軽減させる対策（バイパスの建設）など、様々な対策が検討されている。いずれの手法も、自然に発生する洪水よりも、シルトなどの浮遊土砂を大量に含む濁水をダム下流へ流下させるため、河川生態系への影響が懸念されている。

濁水が河川生態系に及ぼす影響は、魚類や底生動物、付着藻類など様々な生物を対象に研究が進められてきた。特に、餌資源として底生動物やアユなど多くの河川生物に利用される付着藻類は、定着性のために濁水から移動によって回避することが不可能であり、濁水の影響を直接的に強く受けると考えられる。

これまでに、シルトを高濃度に含む濁水は、付着藻類に様々な影響を及ぼすことが知られている。シルトの濃度が濃いほど、付着藻類に多くのシルトが堆積し、多くのシルトが堆積することで、付着藻類を構造化させ、流水による剥離を阻害する可能性が指摘されている。ただし、シルトよりも粒径が大きい砂は、流下時に付着藻類を削ることから、剥離を促進することが報告されている。つまり、濁水の成分に依存して、付着藻類の剥離量に変化し、それに伴い現存量や生産性に変化すると考えられる。

そこで、本研究では、濁水の成分に注目し、濁水に砂が含まれることによる付着藻類への影響を明らかにすることを目的とした。付着藻類に対する濁水の影響は、流速に依存して変化することから、洪水時と平水時の流速を模した実験水路を用いて、検証を行った。

### 材料と方法

最初に、付着藻類を定着させるため、レンガを新境川に1週間沈水させた。流速、シルト濃度および濁水中の砂の有無による付着藻類への影響を明らかにするために、付着藻類が定着したタイルを各処理の実験水路に入れ、24時間曝露させた。実験処理は、平水時の流速を反映させた0.5 m/sと洪水時の流速を反映させた4 m/sに設定し、SS濃度を10及び10000 mg/Lに設定した。さらに、各処理を8回設定し、その半分には砂を添加した。さらに、濁水の影響によって変化した付着藻類が、どのように回復するのかを調べるために、再度、新境川にタイルを戻した。濁水への曝露直前、曝露直後、曝露から1,3,6,12日後に、付着藻類のchl. *a*量およびAFDM量、そして生産量を測定した。流速および濁水の濃度が、付着藻類の特性に及ぼす影響を、一般化線形混合モデルを用いて明らかにした。

### 予想される結果と展望

濁水に砂成分が含まれるかどうかは、付着藻類に大きな影響を及ぼすと考えられる。シルトのみを含む濁水は、付着藻類に堆積することで構造化をもたらし、流水による剥離の阻害、そして、表面への堆積に伴う光量の減少による生産速度の減少をもたらすことが予想される。しかし、シルトだけでなく、砂成分も含む濁水は、砂による摩耗効果により付着藻類の構造化を破壊すると考えられ、それに応じて、剥離更新が進み、生産速度が高まるものと考えられる。

また、シルトのみを流した処理区の付着藻類は、表面に堆積したシルトが残存するため、濁水の影響を受けた後の更新が遅くなることが予想され、砂を添加した処理区では、シルトが砂による摩耗効果によって除去されているため、更新が進むものと予想される。

## 河道内樹林の生物量と河床変動量の関係

\*赤松史一、矢島良紀、佐貫方城、中西哲、三輪準二（土木研究所）

### 1. はじめに

日本の河川では、砂利採集や、砂防ダム等による土砂供給量の低下などが原因で河川地形の複断面化が進み、河道内で樹林化が進行している。河道内樹林は、河積を減少させるため、出水時の河川流下能力の低下を引き起こし、降水時の氾濫の危険性を上昇させる。このため、河道内樹林は、治水安全度を押し下げる要因の一つとなっている。加えて、近年の中部地方以北の河川での河道内樹林の拡大は、北米原産のハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.) によって引き起こされており、河川固有の生物種の保全という観点からも看過できない状況になりつつある。治水対策と生物保全の両面で河道内樹林の抑制が必要となっているが、基礎的知見が不足している。本研究では、河道内樹林の生物量と河床変動量の関係を定量評価した。

### 2. 方法

長野県埴科郡坂城町を流れる千曲川中流域(河口から248.5km~251.0km)を対象に、2010年12月に調査を行った。ハリエンジュ林の生物量を見積もるため、樹齢の異なるハリエンジュ16本の胸高直径を測定後、伐採、抜根し、地上部と地下部の乾重量を測定した。その後、胸高直径から乾重量を求められる相対成長式を作成した。現地では、ベルトトランセクト(10×400m)を12本設置し、地形の測量を行うとともに、ベルトトランセクト内の全ての樹林の胸高直径を測定し、相対成長式から単位面積当た

りのハリエンジュの生物量を見積もった。河床変動量は、1959年から2010年の横断測量データを用いて評価を行った。過去51年間の地形の平均値からのばらつきを河床変動量とした。ハリエンジュ林の生物量と河床変動量の関係は、低水路以外の場所で評価を行った。

### 3. 結果と考察

ベルトトランセクト内の相対胸高断面積は、91%がハリエンジュで占められていた。ハリエンジュの重量は、地下部よりも地上部の方が多く、平均で3倍高かった。単位面積当たりの地上部と地下部を合わせたハリエンジュの総生物量は、最大で182,968 kg/haを示し、流路から最も離れた場所で高い値を示した。

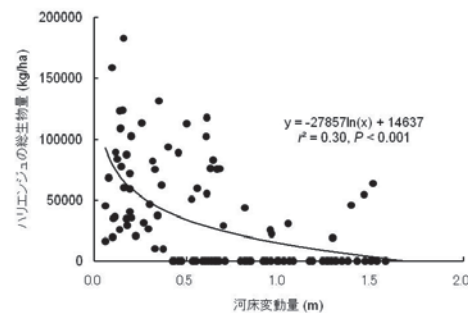


図1. 河床変動量とハリエンジュの生物量の関係

河床変動量は、0.1~1.7mの範囲を示し、水面からの比高差が大きい場所で変動が小さく、流路内での変動が最も大きかった。

ハリエンジュは、河床が安定している環境ほど生物量が多く、河床変動量が1.5m以上の場所では、定着していないことが明らかになった(図1)。

\*平 祥和 (大阪府立大学 理学系研究科)

谷田 一三 (大阪府立大学 理学系研究科)

### 1. はじめに

捕食者として知られるナガレトビケラ属幼虫について、多くの種が早瀬河床の礫表面に生息するが、ムナグロナガレトビケラ種群は砂礫河床の間隙に生息することが確認された。また、この種群は砂礫間隙を移動し、その形態は細長く間隙での移動に適したものだ。トランスクィラナガレトビケラ幼虫については、同じ砂礫河床でも、深さ約1cmまでの表層付近で定位することがわかった。このように生息場所や行動が異なることで、これら幼虫の食性、特にハンティング様式や餌の選択性にも違いがでると思われる。そこで、礫表面に生息する種と、河床間隙性のムナグロナガレトビケラ種群およびトランスクィラナガレトビケラのそれぞれの幼虫について、採餌行動を観察し、ハンティングに使用される部位(大顎・前脚)の形態的特徴、および餌選択性についてそれぞれ種間で比較した。

### 2. 材料と方法

本研究では、礫表面に生息するヒロアタマ・ニワ・RCナガレトビケラと、河床間隙性のムナグロナガレトビケラ種群3種(ニッポン・シコツ・カワムラナガレトビケラ)およびトランスクィラナガレトビケラの合計7種を対象とした。採餌行動は、3齢と5齢幼虫を10個体ずつ選び、室内水槽で観察した。大顎・前脚の形態は、1~5齢幼虫をそれぞれ10個体ずつ選び、頭部・前脚のプレパラートを作成して顕微鏡観察した。餌選択は、1~5齢幼虫をそれぞれ50個体ずつ選び、消化管内容物を顕微鏡で観察・餌生物の科レベルまでの同定を行った。

### 3. 結果と考察

採餌行動について、礫表面に生息する3種は、近づいてきたコカゲロウ科・ウスバヒメガガンボ属幼虫

など、または自らブユ科幼虫などに近づき、前脚で捕らえることが観察された。しかし、河床間隙性のムナグロナガレトビケラ種群幼虫は、砂礫間隙において大顎を大きく開いてユスリカ科幼虫などを捕らえていた。また、この種群の幼虫は、間隙を移動しながら採餌したことから、探索型の捕食者と考えられる。いっぽう、トランスクィラナガレトビケラ幼虫も同様に大顎で獲物を捕らえたが、砂礫の表層付近で定位し、近づいた獲物を捕らえたことから、待ち伏せ型の捕食者と考えられる。

大顎と前脚の形態については、礫表面に生息する3種の前脚は、間隙性のムナグロナガレトビケラ種群より長く、特に腿節が太くなっていた。したがって、礫表面に生息する3種は、前脚のリーチを効かせて獲物を捕らえ、発達した腿節は獲物を押し込めるのに有効だと思われる。一方、ムナグロナガレトビケラ種群幼虫では、大顎の回転軸が大顎基部の外側に位置し、他の種よりも大きく開く構造になっていた。また、この大顎は他の種よりも薄いため、砂礫間隙のような狭い空間でも動かしやすく、大きく開くことで効率よく獲物を捕らえると考えられる。

消化管内容物分析より、礫表面に生息し前脚で捕食した3種は、1~3齢までユスリカ幼虫を、4齢・5齢では比較的大きなシマトビケラ科やブユ科幼虫、活発に動くコカゲロウ幼虫も捕食したことがわかった。ムナグロナガレトビケラ種群およびトランスクィラナガレトビケラ幼虫は、1齢・2齢ではソコミジンコやミズミミズを、3~5齢ではユスリカやハネカ幼虫など掘潜形で小型または細長い動物を捕食したことがわかった。したがって、生息場所の違いでハンティングに使用する部位が前脚と大顎にわかれ、それぞれ異なるタイプの獲物を捕食していると思われる。

# 1A05 日本の河川における底生動物現存量：全国データの整理から

\*小林 草平, 赤松 史一, 中西 哲, 矢島 良紀, 三輪 準二 (土木研究所)  
天野 邦彦 (国土技術政策総合研究所)

## 1. はじめに

河川生態系の中での底生動物の役割を理解する上で、底生動物の多さ（生息密度、現存量等）は欠かせない情報であるが、一般に取りうる範囲や、何らかの判断基準となる多さはあまり認識されてはいない。底生動物現存量の統計量についての報告はみられるが、日本全国に様々な河川がありそれぞれで上下流があることを踏まえると、底生動物の多さに関する情報は未だ不十分である。

国内では河川水辺の国勢調査（水国）が行われており、全国スケールの底生動物の空間パターンに関する貴重なデータが存在する。しかし、調査で得られた情報の整理は（特に定量調査と多さの情報）十分には行われていない。本発表では水国の定量調査データの整理にもとづき、全底生動物現存量に関する統計値、また空間分布パターン（河床勾配、底質、地方との関係）を示すことを目的とする。

## 2. 方法

底生動物調査の3巡目（2001年～2006年）のデータを対象とした。水国では全国109水系を対象に、本川、支川、河口を含む各水系3-40の地点で（河床勾配が $>1/100$ の上流は少ない）3回の調査が行われている。定量採集は膝程度までの水深で流速の速い場所で実施されている。採集はサーバネット（コードラート枠：25 cm 四方、目合い：0.5 mm 程度）により2ヶ所で行われ、底生動物全個体が抽出され全湿重量が測定される。

汽水域を除く全724地点を解析の対象とした。各地点の物理情報として各地点の位置情報を基に地形図や河川整備計画の資料から河床勾配を決定した。また、調査時に記録される河床で優占する底質（泥、砂、細礫、中礫、粗礫、小石、中石、大石、岩盤）を確認した。全湿重量は採集面積で割り、面積あた

り重量（全現存量： $\text{g m}^{-2}$ ）を算出した。底生動物が多い冬春期（12～5月）と少ない夏秋期（6～11月）の2季に区分し地点間の比較を行った。

## 3. 結果と考察

全現存量は $0\text{-}1356 \text{ g m}^{-2}$ の範囲であった。全地点を対象とした全現存量の統計値は、冬春期において25%値  $7.1 \text{ g m}^{-2}$ 、中央値  $19.5 \text{ g m}^{-2}$ 、75%値  $52.4 \text{ g m}^{-2}$ 、夏秋期において25%値  $2.4 \text{ g m}^{-2}$ 、中央値  $10.0 \text{ g m}^{-2}$ 、75%値  $36.0 \text{ g m}^{-2}$ であった。これらの値はNew Zealandにおける同様の調査での結果と比べて数倍大きかった。

全現存量は河床勾配クラス 1 ( $<1/3200$ ) から 4 ( $1/800\text{-}1/400$ ) まで勾配が大きいクラスほど大きく、クラス 4 から 7 ( $>1/100$ ) までは大きな違いはなかった。全現存量の中央値においてクラス 4～7 はクラス 1・2 の 7-13 倍あった。また、全現存量は泥・砂で最低、砂から粗礫まで粗い底質ほど大きかった。全現存量の中央値において粗礫～中石は細礫の約 2.5 倍、泥・砂の 8-14 倍あった。下流よりも中・上流で現存量が大きいのは、底質の違いを反映している。粗い底質ほど安定性が高く、また空隙量が多く底生動物の生息量が高まると考えられる。

異なる河床勾配クラスを通して、全現存量は東日本の地方（北海道、東北、関東、北陸）に比べて西日本の地方（近畿、中国、四国、九州）で大きく、冬春期では西日本の地方は東日本の地方の 4 倍近くあった。北陸地方は中・上流の地点でも  $10 \text{ g m}^{-2}$  を下回る水系が特に多く、中部地方でも標高の高い山岳地帯を発する水系では全現存量は小さかった。こうした南北方向の地方による現存量の違いを生ずる原因として、体サイズの大きい一部の底生動物の西日本への分布の偏り、水温や河床安定性が可能性として考えられた。

# 1A06 水圏から陸域への生態系影響における促進効果と生物群集および物質循環への影響

\*鎌内宏光・仲岡雅裕（北大・厚岸）

## 1. はじめに

水域生態系と陸域生態系間では様々な相互作用が知られている。なかでも陸域が水域に与える影響は、土砂・栄養塩の移動や水文過程など、多くの研究が蓄積されており、温暖化等の気候変動も含めて、水域生態系がどのような影響を受けるのかの研究が進んでいる。一方、水域から陸域への影響は、重力に反した移動方向である事から、従来は大気-陸圏-水圏の水循環など限定的と思われて来た。だが 1990年代に生物および有機物の移動による水際の陸上生物群集の改変が明らかになって以降、知見が蓄積質ある。近年は生物多様性の維持・創出機構や温暖化等の気候変動影響の解明において、「水域から陸域へ」を含めて生態系間の生物・物質の移動様式とその影響を明らかにする事が求められている。

## 2. 目的

水域（陸水および沿岸海洋）から陸域への生物および物質移動における 1) 駆動要因、2) 生態学的/物理化学的な過程、3) 陸域の生物群集/物質循環への影響度について、地域からバイオーム規模での最近の知見を整理・検討し、今後の研究課題を考察した。

## 3. 結果と考察

本研究では 11 の移動過程について整理・検討した。

3-1. 供給源による移動過程の違い: 陸水からの移動は経路によって内陸までの移動距離が異なっている。植物リター打ち上げや草食および捕食動物による摂

食は水際周辺に留まるが、霧や羽化昆虫、鳥類では影響範囲は水際から数100mから数100kmに及ぶ例がある。海からの移動は、海霧と鳥類（捕食性/腐肉食性）を除いては、いずれも水際周辺にとどまる。

3-2. 移動過程による陸域への影響度: 移動先における生物群集の変化については多くの知見が集積しつつあるが、物質循環への効果は知見が乏しい。移動による効果の総量は、(単位面積における効果) x (効果の及ぶ範囲) で表されるが、後者の評価は乏しい。また、側所的食物網による効果など二次的な影響の検討例はいずれも移動性の乏しい捕食者に限られている。

## 4. 今後の展望と課題

1) 生物や物質が移動する事による、間接的な影響の解明が必要であろう。移動性の高い捕食者による側所食物網や、捕食者の広域移動（鳥類の渡りなど）による、他の生息地への効果の波及が予想される。また、水域の改変が羽化昆虫を介して陸上へ波及する経路は未解明である。2) 海霧による大規模な植生改変の効果は未解明ながら、生物群集だけでなく物質循環をも改変すると同時に、気候変動による影響を受けやすいと予想される。3) いずれにせよ、生態学的過程と物理化学的過程を同時に評価する研究が必要であろう。4) 側所食物網を応用したバイオマニピュレーションについては検討の余地があると思われる。



## バイオマニピュレーション後の湖沼における オオクチバスのプランクトンに依存した食性

伊澤智博 (信州大学山岳科学総合研究所)  
花里孝幸 (信州大学山岳科学総合研究所)

### 1. はじめに

近年、水界生態系において、導入された外来生物が在来生態系に大きな影響を与えているという報告がなされている。その代表ともいえるオオクチバス(*Micropterus salmoides*)は日本生態学会によって侵略的外来種ワースト100に指定された。オオクチバスはその動物食に偏った食性から、ヨシノボリ類やワカサギなどの魚類に加え、エビ類、昆虫類など幅広い生物群に影響を与えていると報告されている。しかし、小型の生物群に対する影響が評価されたことは少ない。

そこで本研究ではオオクチバスの小型生物に対する食性を、長野県白樺湖をフィールドとして解析した。白樺湖は **Bio-manipulation** によって水質改善が行われた湖で、汚濁の原因であった過剰に増えた植物プランクトンを効果的に減らすために植物食の動物プランクトン (*Daphnia galeata*) を増やした。そして、その効果を促進するためにプランクトン食魚であるワカサギの除去が行われた。

白樺湖に生息するオオクチバスは水質浄化が行われる以前はワカサギを主要餌生物としていたが、**Bio-manipulation** によってワカサギは大幅に減少した。このためオオクチバスはその生物量を減少させると考えられていた。しかし、2009年現在でもいまだに比較的大きな個体群を維持していることが分かった。そこで白樺湖において同種が生存を可能にしている要因について解析した。

### 2. 方法

白樺湖は長野県中部に位置する農業用温水溜池として作られた湖面積36ha、最深9.1mの人工湖である。この湖周辺は現在では観光地として賑わっている。しかし、1980年代にはホテルからの排水の流入によって湖水が富栄養化し、アオコが発生した。これを受けて生物を利用した水質浄化が行われ、現在では水質が改善され透明度が高い状態が維持されている。

調査は2009年の5月から10月にかけて隔週で行われ、白樺湖の2地点で水深ごとの環境要因とボート上から毎回10回、投網による魚類の努力捕獲を行った。捕獲された魚類は体長・体重・口径を計測し、胃の内容物を分類・計数した。餌生物となった動物は乾燥重量を測定し6つの分類群に分けた。そして胃の内容物における分類群ごとの重量比を求めた。そして餌料重要性指数 (IRI) を求めて、オオクチバスの食性的な特徴を評価した。

### 3. 結果と考察

漁獲調査では得られた魚類のほぼすべてがオオクチバスで、この魚は沖帯では全く漁獲なかった一方で、沿岸帯では99個体のオオクチバスの漁獲があった。その平均体長は13.8cm、平均湿重量は40.0g、肥満度は20.8で成熟サイズは14.5cmと、他湖沼に生息するオオクチバスに比べ小型で成長率が悪かった。

胃の内容物中の餌料出現率では動物プランクトンやユスリカ幼虫、イトトンボのヤゴが多く占めた一方で、魚類の割合は3%と低かった。また、空胃率が1.9%と非常に低いことも特徴的であった。

胃を占める動物プランクトン (*Daphnia*, *Leptodora*) は春期から秋期になるにつれて増加していき、全体の餌料重量比の63.3%を占めた。また、IRIの結果では成体を含む各成長段階においても動物プランクトンが最も重要な餌生物であると推測された (Fig.1)。つまり、白樺湖では本来魚食魚であるオオクチバスがプランクトン食魚となっており、自らの生態的地位を変化させていた。

これまでオオクチバスの研究では沿岸帯のエビや魚類に対する捕食圧に焦点が当てられており、プランクトンには注目されていなかった。その理由としてプランクトンを捕食するオオクチバスは体長3.0cmに至るまでとされてきたためである。しかし白樺湖でのオオクチバスの調査により、自らの栄養段階を下げるニッチシフトによって動物プランクトン群集を重要な餌生物として利用し、魚類を欠いた環境に適応・再生産しているというこれまでに例のない事実が明らかとなった。

このことからオオクチバスは移入先の湖沼環境が大きく変化した場合、その湖沼の食物 (魚類) を食べつくした場合においても生存・再生産ができる可能性がある。本研究の結果は、今後生物多様性と水質浄化の両立を図ろうとした湖沼管理が行われる際に、オオクチバスの適正な管理が重要であることを示唆している。

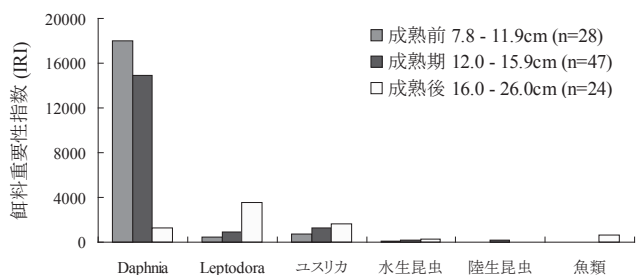


Fig.1 オオクチバスの餌料重要性指数 (IRI)  
(通年・サイズクラスごと)

## 異なる捕食者に対する形態変化の種間・種内変異

\*永野真理子，吉田丈人（東大・総合文化）

## 1. はじめに

生息環境を共有する生物個体群は、同じ種ならばある一定の同じ性質を示すだろうと考えられていた。しかし、近年の実証研究によって、個体群内にも競争能力や資源利用のあり方などに変異があることが確認され、湖沼生態系にすむ生物においてもこの個体群内変異が注目されつつある。特にミジンコ (*Daphnia* 属) は、プランクトン群集で主要な分類群であり、さまざまな形質の表現型可塑性が知られている。捕食-被食の生物間相互作用に関わる形質は、平均値のみで評価されることがこれまで多かったが、個体群内で示す可塑的防衛とその変異（反応基準の変異）が生物間相互作用やプランクトン群集に影響をもつ可能性がある。本研究では、1つの湖に共存する体サイズが異なる2種のミジンコ (*Daphnia pulex* : 成虫体長 1.3mm と *D. ambigua* : 成虫体長 0.8mm) の2捕食者に対して示す表現型可塑性を、種間・クローン間・クローン内個体間のレベルで比較し、ミジンコの可塑的防衛の変異がどのレベルで最も重要かを評価した。可塑的防衛の変異の大きさは、可塑的防衛が適応の標的になったときに適応をもたらす可能性の大きさを示しており、適応の原材料を提供するという意味で重要である。

## 2. 方法

本実験にもちいたミジンコ2種は、深見池（長野県）から採集し、それぞれ10クローンずつを単離した。実験室にて継代培養したミジンコをもちいて、魚（フナ属, *Carassius*）とフサカ幼虫 (*Chaoborus flavicans*) の飼育水2種類（カイロモン水）とカイロモンなし飼育水（コントロール）でそれぞれ飼育した（ミジンコ2種 x クローン10株 x 飼育水3種類 x 繰り返し3回）。ミジンコの形態計測は、頭長、体長、尾刺長を計測し、*D. pulex* では背首歯状突起の有無を、*D. ambigua* では尖頭の有無を調べた。

## 3. 結果および考察

3-1. *D. pulex* について

フサカカイロモンに対しては、3-5 齢での尾刺長の伸長が顕著であり、さらに5 齢では体長をより大きくする可塑的反応をみせた。魚カイロモンに対しては、3-4 齢で尾刺長が短くなる傾向がみられた。背首歯突起を有するのは、フサカカイロモンに曝されたときのみ（1-2 齢）だった。

3-2. *D. ambigua* について

フサカカイロモンに対しては、2-6 齢で頭長と尾刺長がよく伸長し、体長が2,4 齢で大きく3 齢で小さくなる可塑性がみられた。魚カイロモンに対しては、2-3 齢で体長が大きく、1-2 齢では頭長が短くなった。尖頭個体は、どの処理においても1-2 齢で同じ割合で存在するが、3-6 齢まで高い割合で存在したのはフサカカイロモンに曝されたときのみだった。またこれらの可塑的反応には、両種ともクローン間で変異がみられた。

## 3-3. 考察

ミジンコの可塑的防衛を調べた先行研究の結果からは、体サイズの大きい *D. pulex* は視覚捕食者であり大きなミジンコを選好する魚に対してより大きな可塑性を示し、体サイズの小さい *D. ambigua* は口器サイズに依存して小さなミジンコを選好するフサカ幼虫に対してより大きな反応を発現すると予想される。しかし実際は、ミジンコ2種の体サイズは成長段階において重複しており、上記のような単純な予測は成り立たないかもしれない。本研究の結果は、ミジンコの齢によって両捕食者に対して可塑的反応が異なるなど、従来の予想より複雑な可塑性を示すことがわかった。また可塑性の変異を種間・クローン間・クローン内個体間のレベルで比較する分析を現在行っており、それについても報告する予定である。

## Distribution of testate amoeba communities in lake sediments

\*WALL Adeline A. J. (Center for Ecological Research, Kyoto University),  
GILBERT Daniel (Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS/Université de Franche-Comté),  
MAGNY Michel (Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS/Université de Franche-Comté),  
NAKANO Shin-ichi (Center for Ecological Research, Kyoto University)

### 1. Introduction

Testate amoebae are unicellular organisms (Rhizopoda, Protozoa) enclosed in a solid shell, or test. Considered as worldwide distributed, they are commonly found in a wide range of moist and freshwater environments and habitats, i.e. peatlands, lakes, soils. In terrestrial and aquatic ecosystems testate amoebae are studied for their bioindicator potential, mostly in peatlands. In lakes, they are still poorly described even if some studies characterized lacustrine testate amoebae as good environmental tools for environment quality. However, testate amoeba determination is mostly based on their shell morphology, and the good preservation of these shells in anoxic conditions like lake sediments and peat, provide the opportunity to proceed to paleoenvironmental studies. The main objective of this research is to improve the knowledge on modern testate amoeba communities in lakes in order to better understand the response of past assemblages to climatic oscillations.

### 2. Material and methods

Sediment samples (1<sup>st</sup> cm: 2.8 - 3.5 cm<sup>3</sup>) from different depths were taken in 4 lakes with different trophic levels (in France: Lake Pavin: oligo-mesotrophic; Lake Clairvaux: mesotrophic; Lake Bonlieu: eutrophic; in Japan: Lake Biwa: North Basin mesotrophic - South Basin eutrophic). The samples were fixed in glutaraldehyde at 2% cc. A minimum of 150 living testate amoebae were counted and identified to species level.

### 3. Results

A total of 47 to 55 testate amoeba species were recorded in the different lakes. A pool of common species was observed in the different lakes in France and Japan and the trends are similar. Testate amoeba communities show a zonation with the depth. Their abundance is higher in the zone under the thermocline. In that same zone, the bacteria abundance as well as the photosynthetic activity of primary producers show a peak (maximums in chlorophyll *a* concentration and phytoplankton cell abundance, peaks in oxygen concentration curves). Differences in community structure and testate amoeba assemblages are noticed in the different lakes.

### 4. Discussion - conclusion

The zonation of testate amoeba communities with a depth is controlled by physical-chemical parameters. Major results confirm the indirect or direct effects of some environmental factors on testate amoeba communities (variations in diversity, abundance, structure), i.e. temperature (thermocline position), nutritive resources (quantity and diversity), dissolved oxygen concentration and trophic status. The trends in the different lakes are similar but the trophic status as a combination of various parameters seems to influence the species composition and abundance of testate amoebae. The sampling points of each lake can be separated in a NMDS analysis suggesting a future use of testate amoebae as quality indicators in modern and past lakes.

## 水月湖水柱における 従属栄養性ナノ鞭毛虫の細菌捕食

\*岡村 嵩彦（福井県大院・生物資源）、森 裕美（福井県大院・生物資源）  
中野 伸一（京都大学・生態研）、近藤 竜二（福井県大・海洋生物資源）

### 1. 始めに

微生物ループは水圏のプランクトン食物網において重要な物質循環系である。これまで、微生物ループに関する研究は主に好気的な環境で行われてきた。一方、嫌気環境下における微生物ループに関する研究はほとんど行われていないのが現状である。特に原生生物による細菌捕食に関する知見は乏しく、定量的な研究が行われていないのが現状である。そこで本研究では部分循環湖である水月湖をフィールドとして、細菌捕食者である従属栄養性ナノ鞭毛虫（HNF）の現存量と細菌捕食速度を嫌気的な底層で測定し、好気的な表層と比較を行った。

### 2. 材料と方法

福井県若狭町にある水月湖は水深5-6 m以浅は好気的で、それ以深は硫化物が検出される嫌気的な環境である。2008年5月から2010年11月まで水月湖湖心の定点にて、好気層として水深1 mから、嫌気層として好気-嫌気境界に近い水深7 m（2008年7月は水深6 m、2010年3月は水深8 mから採水）と物理化学的な環境が年間を通じて一定である水深10 mから湖水を採取した。細菌の現存量をDAPI染色法で、HNFの現存量をプリムリン染色法で求めた。細菌の現存量はその形態から糸状菌とそれ以外のタイプに分けて計数を行った。HNFの細菌捕食速度は0.5 μmの蛍光ビーズを用いた蛍光トレーサー法で測定した。

### 3. 結果と考察

全菌数は好気的な水深1 mで $4.7-21 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>、嫌気的な水深7 mで $5.0-18 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>、10 mで $2.0-8.9 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>であった。糸状菌の全菌数に対する割合（FT比）は水深1 mで $\leq 4.4\%$ 、水深7 mで0.8-18%、水深10 mで8.2-30%であった。HNF

の現存量は水深1 mで $4.0-52 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>、水深7 mで $4.4-31 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>、水深10 mで $2.3-7.1 \times 10^6$  cell ml<sup>-1</sup>であった。水月湖水柱のHNFおよび細菌の現存量の鉛直分布は表層で高く、底層になるにつれ低くなる傾向が見られた。水深1 mと7 mにおいて、HNFの現存量はそれぞれ塩分濃度と水温の季節変化と有意に負の相関を示し、これらの因子がHNFの現存量を制御していることが示唆された。水深10 mではHNFの現存量の季節変動と有意な相関関係を示す因子は認められなかった。

HNFの一細胞当りの細菌捕食速度は水深1 mで0.2-10 bacteria HNF<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>、水深7 mで0.1-16 bacteria HNF<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>、水深10 mで $\leq 3.0$  bacteria HNF<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>であった。硫化物が検出される嫌気的な環境におけるHNFの細菌捕食速度を測定した研究は本研究が初めてである。2010年3月、7月、9月には嫌気的な水深の細菌捕食速度が好気的な水深1 mのそれを上回ったことから、嫌気的な環境に生息するHNFが潜在的に高い細菌捕食能を持つことが示された。HNFによる単位体積当り、単位時間当りの細菌捕食速度（bacteria ml<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>）は水深7 mにおいて、細菌の現存量と正の相関を、FT比と負の相関を示した。このことから水深7 mにおけるHNFの細菌捕食は餌となる細菌の密度や形態に影響を受けていることが示唆された。

本研究によって、嫌気環境下においてもHNFは細菌捕食を行い、微生物ループが駆動していることが明らかとなった。また、この嫌気性HNFは、好気性HNFと比較して同等かそれ以上の細菌捕食活性を持つことが明らかとなった。

石川 俊之（滋賀大・教育），大八木 英夫（日大・文理）

塚脇 真二（金沢大・環日本海域研究センター）

### 1. はじめに

湖沼環境の保全を考える上で、望ましい目標像の設定は重要な要素である。この中でも「汚染の少ない水質」と「豊かな生態系」は目標像として設定されることの多いものであり、同時に目標像と設定されることもしばしばみられる。

この二つを、「栄養塩の低い状態」と「高い漁業生産量」ととらえると、国際生物学計画（IBP）で得られた「全リン-漁業生産量 関係」と矛盾することになる。すなわち、多くの「リン律速型」湖沼では、全リン濃度が基礎生産量を規定し、これに魚類を含めた消費者の生産量が従うので、栄養塩の低い状態」と「高い漁業生産量」の両者を同時に満たすことはできないという見方である。

一方、漁業生産量に関する研究には歴史的に多くの議論があった。全リン以外の要素との関係、すなわち、湖沼の形状や、後背湿地の面積など、沿岸帯の生産力に関係したものである。

植物プランクトンの基礎生産量が湖沼全体の基礎生産量に対する寄与が相対的に低くなれば、これらの要素が関連することも十分考えられる。

そこで、後背湿地の面積と関連があると考えられる「水位の季節変動」と水域の漁業生産についての比較の研究を例に議論をすすめたい。

### 2. 方法

湖沼の水位変動のデータは、海面高度の測定を目的に運用された人工衛星「TOPEX/Poseidon」のデータを用いた。データは、米国農務省の「Global Reservoir and Lake Elevation Database」で公開されているものを使用した。

水位変動のデータは、統計ソフトウェア R の STL パッケージを用いて長期変動項・12 か月周期変動項・ノイズ項に分解し、12 か月周期変動項を当該湖沼の水位の季節変動とした。

漁業生産量はそれぞれの湖沼のデータを均質に扱うことが困難なため、それぞれの国のデータを用いることとした。各国の漁業生産量には国際連合食糧農業機関（FAO）の公開データ、各国の水域面積には、米国中央情報局（CIA）の FactBook に掲載されたデータを用いた。

### 3. 結果

水位の季節変動が大きな湖は、アフリカ・アジアを中心に低緯度地域から温帯域にかけて広がっていた。この分布は Ramage (1971) が示したモンスーン地域とほぼ一致した。

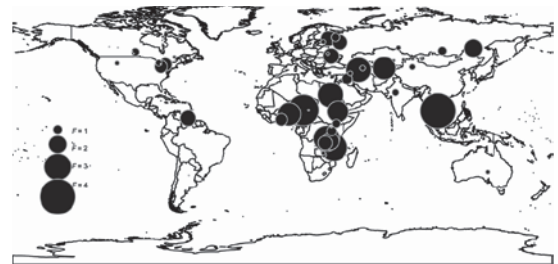


図 湖沼の季節的水位変動. (TOPEX/Poseidon)データによる

一方、水域面積あたりの漁業生産量が高い地域の分布もこれによく似ており、水位の季節変動と漁業生産量の間に関連性が示唆された。

### 4. 考察

湖沼における生物生産のパラダイムである「全リン-漁業生産量 関係」を再検討すると、いくつかの論点が浮かび上がる。

- ・熱帯域によくみられる、クロロフィル-濁度が直線関係にみられない湖沼では、全リン-クロロフィル関係が弱い／見られない (Case II water)

- ・貧栄養で基礎生産量に対する底生植物の寄与が増えると、堆積物中の栄養塩の寄与が無視できなくなり、「全リン濃度」と基礎生産量の関係が変化する (Vadeboncoeur et al. 2003)。

- ・水位変動による後背湿地の浸水面積が漁業生産と関連する (Welcomme 1976, 本研究による解析)。後背湿地の生物生産の寄与 (Junk et al. 1989)。

## 古代湖はなぜ短い食物連鎖長をもつのか？： 生態系の歴史性と食物連鎖長

\*土居 秀幸(広島大・サステナセンター),  
M. Jake Vander Zanden (Univ. Wisconsin),  
Helmut Hillebrand (Univ. Oldenburg)

### 1. はじめに

”何が食物網構造を決めるのか？”という問いは、食物連鎖を提唱した Charles S. Elton に始まり、すでに80年以上にわたり生態学の一大命題として議論されている。特に湖沼生態系は、その半閉鎖的な構造から、食物網を把握しやすく、食物網に関する多くの研究がなされてきた。食物網構造の解析には、Elton が提唱した”食物連鎖長(生産者から最上位捕食者までの栄養段階の数)”がよく用いられており、その長短を説明する多くの仮説が提唱され、湖沼やため池を始め様々な生態系において、その実証が試みられてきた。

近年、生態系の歴史性が生物群集や生態系機能に強い影響をあたえることがわかってきた。生態系の歴史には大きく分けて”進化の歴史”と”移入の歴史”があるが、そのどちらも生態的な現象を説明する要因として注目されている。よって、食物網を構成する生物種の進化・移入などの歴史的な要因も、食物連鎖長を決めているかもしれない。しかし、これまで生態系の歴史性に着目して食物網構造が検討された例は皆無である。

古代湖は1000年以上の歴史を持つ湖であり、固有種が進化したり、種多様性が高まっているなど、生態系の歴史性が反映された生物群集・食物網が形成されている。そこで、演者らは、古代湖の食物網に着目した。世界中の湖沼から、古代湖とそれ以外の湖沼やダム湖を選び、その食物連鎖長を比較し、生態系の歴史性が食物連鎖長に与える影響について検討した。

### 2. 方法

世界中の湖沼から、古代湖と約1万年以下の歴史を持つ湖(以下、近代湖とする)・ダム湖において、一次消費者と最上位捕食者で窒素安定同位体比が

測定されているデータを収集した。窒素安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ )は経験的に1栄養段階に上がるに従って、平均3.4‰上昇することから、食物連鎖長を算出することが可能である。よって、各湖沼の窒素安定同位体比データから食物連鎖長を以下の式により算出した。

食物連鎖長

$$= 2 + (\delta^{15}\text{N}_{\text{最上位捕食者}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{一次消費者}}) / 3.4$$

### 3. 結果と考察

古代湖ではダム湖や近代湖に比べて、有意に食物連鎖長が短くなることが明らかとなった。同じ湖沼体積であっても、いずれの古代湖においてもダム湖や近代湖に比べて短くなっていた。また、固有種数が増加するに従い、食物連鎖長が短くなった。バイカル湖は、唯一の哺乳類の最上位捕食者(バイカルアザラシ)が生息している。にもかかわらず、魚類を最上位捕食者とするダム湖、近代湖よりも短くなっていた。

生物多様性が増加すると、ギルド内捕食の割合が増加することが知られている。その結果、ギルド内捕食を経由する食物網が卓越するため、食物連鎖長は短くなると予測されている。また、摂食の適応・進化においては、栄養段階が低いほうが個体群の安定性が高まるため、しばしば栄養段階が低次になることがある。その結果、食物連鎖長が短くなると考えられる。これらのことから、生態系の長い歴史による生物の適応・進化が、ギルド内捕食の増加、捕食の進化などを引き起こし、古代湖の食物連鎖長を短くしたと考えられた。

\*村上和仁、林 秀明 (千葉工大・生命環境)  
小浜暁子 (東北工大・環境情報)

## 1. はじめに

従来より、モデル微生物生態系であるマイクロコズムを用いて生態系影響評価が行われてきたが、システム全体の生態系機能に着目した影響を評価するためには、マイクロコズム構成生物の個体数からの評価・解析だけでは不十分であった。そのため P/R 比 (光合成による生産/呼吸量の比) のような生態系機能に基づいた規格による評価が必要となる。P/R 比の有効性は、Odum により 1970 年代から提唱されているように、測定が容易、システム全体の変化で生態系評価が可能となる点、単一生物や人間を含む生態系の基本となっているためあらゆる系に適応可能な点等が挙げられる。フラスコマイクロコズムでの P/R 比に及ぼす影響を把握することで、外来種や有毒物質等の外部負荷が自然生態系にどのような影響を及ぼすかが生態系機能の側面からも予測可能となる。本研究ではフラスコサイズの Naturally derived 型マイクロコズム、Gnotobiotic 型マイクロコズム、Stress selected 型マイクロコズムと公園池および閉鎖性湖沼における生物相と P/R 比の比較から、マイクロコズムによる生態系機能および生態学影響評価試験法としての有効性の検討を行った。

## 2. 方法

2.1 **マイクロコズム**: 本研究では、手賀沼湖水を充填した Naturally derived 型マイクロコズムと Stress selected 型マイクロコズム、および従来より生態系影響評価試験法として活用されている Gnotobiotic 型マイクロコズム (栗原タイプ) を用いた。

2.2 **実湖沼**: 公園池として蓮沼海浜公園ボート池 (千葉県山武郡) および閉鎖性湖沼として手賀沼 (千葉県我孫子市) を対象とした。いずれも富栄養化状態の湖沼であり、プランクトン量も豊富で生産・呼吸の測定に適している。

2.3 **生物相観察**: 培養開始後、一定期間ごとにマイクロコズム構成微生物の生物相を、プランクトン計数板を用いて光学顕微鏡にて観察した。

2.4 **P/R 比測定**: マイクロコズム内の DO 変化を DO センサーにより経時的に連続測定し、P (生産量)、R (呼吸量) および P/R 比の推移を算出した。また、実湖沼においては、1 時間ごとに表層水の DO を 24 時間測定し、水温で飽和 DO 量を補正した後で、P (生産量)、R (呼吸量) および P/R 比の推移を算出した。

## 3. 結果および考察

3.1 **P/R 比 (機能パラメータ) からの比較**: マイクロコズム間で構造パラメータである生物相に差異はみられたが、いずれのタイプのマイクロコズムにおいても機能パラメータである P/R 比は 1 に収束した。また、富栄養化状態にある実湖沼 (蓮沼海浜公園ボート池、手賀沼) においても、構造パラメータである生物相に差異はみられたが、機能パラメータである P/R 比はほぼ 1 であった。

3.2 **生物相 (構造パラメータ) からの比較**: 各マイクロコズムとも異なる種構成を示し、また、いずれの実湖沼においてもプランクトン優占種は異なった。しかし、出現した種を栄養段階に区分していくと、いずれのマイクロコズム、実湖沼とも富栄養化状態と判定され、水質の状態としては相似性が認められた。

3.3 **マイクロコズムと実湖沼の相似性の検証**: 機能パラメータである P/R 比がマイクロコズムと実湖沼のいずれにおいても 1 を示したことから、マイクロコズムは自然生態系の機能面のモデルとして有用であることが示された。このことより、P/R 比からの生態リスク評価では生態系機能への影響評価が可能となり、マイクロコズムは有効なリスク評価手法となるものと考えられた。

## 4. まとめ

- 1) マイクロコズム間で構造パラメータである生物相に差異はみられたが、いずれのタイプのマイクロコズムにおいても機能パラメータである P/R 比は 1 に収束した。
- 2) 富栄養化状態にある実湖沼 (蓮沼海浜公園ボート池、手賀沼) においても、構造パラメータである生物相に差異はみられたが、機能パラメータである P/R 比はほぼ 1 であった。
- 3) 機能パラメータである P/R 比がマイクロコズムと実湖沼のいずれにおいても 1 を示したことから、マイクロコズムは自然生態系の機能面のモデルとして有用であることが示され、P/R 比からの生態リスク評価では生態系機能への影響評価が可能となり、有効なリスク評価手法となることが示された。

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

## 微生物群衆の生態—適応フィードバック： 表現型可塑性と群集動態の関係

山内悠司（東京大・総合文化）、鈴木健大（東京大・総合文化）  
\*吉田丈人（東京大・総合文化、JSTさきがけ）

### はじめに

生物はその形質を適応的に変化させることができ、それには2つのメカニズムが知られている。1つは遺伝的な変化を伴わずに表現型を変化させる「表現型可塑性」であり、もう1つは自然選択により遺伝子型頻度が変わって表現型を変化させる「進化」である。これらの適応は短い時間スケールで起き、生物間相互作用や個体群動態などの生態プロセスに影響を与えると考えられている。また、このように生態プロセスに強く影響を与える適応は「迅速な適応」と呼ばれる。私たちは、この迅速な適応が捕食—被食の相互作用と捕食者—被食者系の個体群動態にどのように影響するかについて、様々な微生物（藻類・バクテリア・原生動物・ワムシ）を用いて研究してきた。

迅速な適応には表現型可塑性も進化も両方が重要なプロセスであるが、本講演では特に、表現型可塑性に注目した研究を紹介する。餌生物の可塑的防衛が、捕食者と餌生物の相互作用や群集動態にどのような影響を与えるかについて、1捕食者—2餌生物の実験生態系を用いて研究した。餌生物には可塑的防衛をもつ種と持たない種、捕食者にはこれら2種の餌生物を摂食する種を用いた。これら3種をさまざまな組み合わせで培養し、表現型可塑性の適応ダイナミクスと個体数の生態ダイナミクスを同時に観測することで、表現型可塑性と群集動態の関係について調べた。

### 材料と方法

実験には、可塑的防衛をもつ種として細菌の *Flectobacillus* sp. を、可塑的防衛をもたない種として細菌の *Pseudomonas putida* を用いた。また、これら2種の捕食者として繊毛虫の *Tetrahymena pyriformis* を用いた。*Flectobacillus* は、通常は桿菌の形態を示すが、繊毛虫捕食者の存在下では細胞が伸長してフィラメント形態を示す。この反応は可塑的であり、捕食者がいなくなるとフィラメント形態から桿菌の形態に変化する。*Pseudomonas putida* はこのようなフィラメント形態の可塑性を示さず、常に桿菌の形態を示した。培養はケモスタットによる連続培養とし、培地にはグルコースを添加したCOMBO培地を用いた。ケモスタットの容量は200mlで、希釈速度は  $0.1 \text{ day}^{-1}$  とした。3種の生物をさまざまな組み合わせで培養し、すべての生物の個体数を計数したほか、細菌については細胞サイズも合わせて測定した。細菌2種を共培養したときに

は、*Pseudomonas* 特異的な蛍光抗体を作成して染色し、2種を蛍光顕微鏡下で見分けて計数・測定した。

### 結果

*Flectobacillus* と捕食者を培養すると、*Flectobacillus* は捕食者の密度増加に合わせて、フィラメント形態の可塑的防衛を示した。この可塑的防衛は非常に効果的で、最終的には捕食者の絶滅をもたらすほどであった。一方、*Pseudomonas* と捕食者を培養すると、*Pseudomonas* はやはりフィラメント形態を示さず、2種の個体数は交互に振動し続けた。*Flectobacillus* と *Pseudomonas* を培養すると、最初は共に個体数を増加させるが、栄養塩が不足して競争が激しい状態になると、*Pseudomonas* が優占した。これらの結果は、*Flectobacillus* は可塑的防衛をもち捕食者の存在下では有利になるものの、捕食者のいない条件下では栄養塩をめぐる競争で *Pseudomonas* に負けるという、可塑的防衛と競争能力の間にトレードオフがあることを示している。

これら3種を共に培養したときには、3種の個体数が交代で振動し、振動の振幅が時間とともに減衰するという個体数ダイナミクスが見られた。振動のピークの順番は、*Pseudomonas*, *Flectobacillus*, 繊毛虫捕食者であり、この順番が入れ替わることはなかった。

### 考察

*Flectobacillus* の可塑的防衛は、繊毛虫捕食者との相互作用に強く影響し、個体数ダイナミクスを改変する効果があることが示唆された。また、この可塑的防衛は、繊毛虫捕食者が存在するときの *Flectobacillus* と *Pseudomonas* の間の「見かけの競争」にも影響した。その結果、捕食者が多いときには *Flectobacillus* が有利に、捕食者が少ないときには *Pseudomonas* が有利になる状況ができたと考えられる。このような条件依存的な適応度の変化が、3種の交代振動をもたらした可能性がある。では、なぜ3種の交代振動はいつも一定の順番で起こったのだろうか？可塑的防衛と3種の交代振動の関係については、操作実験などにより検証することは難しいが、数理モデルを用いたシミュレーションによる解析を進めており、講演ではその結果も合わせて紹介する予定である。これらの結果などに基づき、適応ダイナミクスと生態ダイナミクスのフィードバック関係について議論する。



\*高野敬志, 伊藤八十男, 千葉真弘, 泉敏彦 (北海道立衛生研究所)

### 1. はじめに

過塩素酸塩は各種産業で生産される製品の材料として使用されており, ジェット燃料, 火薬, 花火, 発煙筒, 車のエアバックなどに含有している。自然界では, チリ鉱石に高濃度で含有していたり, 空気中で塩素イオンを含んだエアロゾルから, 放電やオゾンとの反応によって生成される。水溶性であり, 水中では移動性が高く, 非常に安定な物質である。過塩素酸イオンは, 人体に取り込まれた場合, 甲状腺におけるヨウ素の取り込みを阻害する働きを持つ。特に小児に対して甲状腺の機能低下やヨウ素欠乏を引き起こす可能性がある。その結果, 小児の神経系の発達障害などの症状が現れる。日本において過塩素酸は厚生労働省により水道水質基準で要検討項目として位置づけられており, 平成 23 年 4 月 1 日から目標値として  $25 \mu\text{g l}^{-1}$  が設定された。

今回は, 北海道内の 8 水道事業体 17 浄水場で採取した水道原水および浄水中の過塩素酸イオンを測定した結果を報告する。

### 2. 材料および方法

調査は 2010–2011 年の 3–4 ヶ月毎に 5 回行った。試料は原水および浄水とも, 浄水場の水質試験室の給水栓より採取した。試料 100 ml をビーカーに取り, 10 ml に加熱濃縮して測定用試料とし, GC/MS により過塩素酸イオン濃度を求めた。GC/MS の条件は以下のとおりである。

LC/ESI-MS : Agilent LC1100 MSD

分離カラム : DIONEX IonPak AG21, AS21

溶離液 A :  $73 \text{ mmol l}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $20 \text{ mmol l}^{-1} \text{NH}_4\text{OH}$   
混合水溶液

溶離液 B : アセトニトリル

混合条件 : A : B = 55 : 45

流速 :  $0.2 \text{ ml min}^{-1}$

カラムオープン温度 :  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

注入量 :  $10 \mu\text{L}$

ガス温度 :  $350 \text{ }^\circ\text{C}$

ガス流量 :  $10 \text{ l min}^{-1}$

VCap 電圧 :  $2000 \text{ V}$

内部標準溶液 :  $^{18}\text{O-NaClO}_4$

選択イオン (ESI ネガティブ) : 99 (定量), 107 (内部標準)

後日, 実際の試料に標準溶液を添加して加熱濃縮した検体と, 標準溶液を添加して加熱濃縮しない同検体の濃度を比較した結果, 有意差は認められないため, 加熱濃縮の影響はないと判断した。

### 3. 結果および考察

調査期間を通じて, 2 つの浄水場で, 常に原水および浄水から, 過塩素酸イオン濃度が定量下限値の  $0.3 \mu\text{g l}^{-1}$  以上の値を示した。最も高い濃度を示した浄水場は, 道東地域の浄水場で, 2010 年 7 月に原水で  $32.2 \mu\text{g l}^{-1}$  を観測し, 原水および浄水で常に目標値の 75% を上回っていた。浄水については目標値を上回ることはなかった。次に濃度が高かった浄水場は, 同じ水道事業体の浄水場で, 原水および浄水中の濃度は  $0.8\text{--}3.9 \mu\text{g l}^{-1}$  の範囲であった。その他の浄水場は, 暫時的に原水または浄水で  $1 \mu\text{g l}^{-1}$  以下の数値で検出されたものがあるが, おおむね不検出であった。

今回, 過塩素酸イオン濃度の高かった 2 つの浄水場は, 同じ道東地域に位置していた。しかしながら, それら以外の道東地域に位置する浄水場では濃度が低く, 最も高い濃度を示した浄水場に最も近い浄水場でも, 調査期間を通じて不検出であった。このことから, 濃度の高さに関する地理的な傾向は明確に認められなかった。また, 各々の浄水場で取水した原水と浄水の濃度を比較した結果は, どちらが高いという傾向は明確に認められなかった。更に, 水源 (今回は河川水と地下水) と濃度の高さの関係も明確に認められなかった。

## 浄化槽放流水の経年変化について

久川和彦\* 財団法人日本環境整備教育センター  
島田賢治 財団法人 福岡県浄化槽協会

### 1 はじめに

わが国における生活排水処理事業は、下水道、農業集落排水施設、コミュニティ・プラント、浄化槽などによって整備され、平成 21 年度末の汚水処理人口普及率は 85.7%に達している。しかし、人口 5 万人未満の市町村の汚水処理人口普及率は 71.0%にとどまり、さらなる汚水処理施設整備の進捗が期待されている。

浄化槽の処理性能に関しては、浄化槽法第 7 条及び 11 条に基づく法定検査結果が、各県の指定検査機関から報告されている。それらを集計した平成 22 年度浄化槽行政組織等調査結果(環境省 HP)によると、処理対象人員 50 人以下の浄化槽(94 万基)における放流水 BOD 平均値は、12.0mg/L であり、浄化槽の性能は確保されている状況である。しかし、浄化槽の処理性能が長期間にわたり継続して発揮されているかについての調査報告は得られていない状況にある。

そこで今回、法定検査を継続して受検している浄化槽の BOD の推移に着目し、年度ごとの BOD 平均値から推移を調査するとともに、放流水の水質基準の適合状況等についても調査したことから、その結果を報告する。

### 2 調査方法

福岡県浄化槽協会の検査区域において、平成 10 年度に 7 条検査を実施した浄化槽(みなし浄化槽を除く)7,996 基のうち、以後 9 年間継続して 11 条検査を受検している 10 人槽以下の浄化槽 3,285 基(データ数 32,850)を調査対象とした。

### 3 結果及び考察

#### (1)10 年間の BOD の推移と平均値の分布

調査対象浄化槽 3,285 基の平均値を年度ごとに見ると 8.7~10.2mg/L と安定した性能であった。

また、個々の浄化槽ごとの 10 年間の平均値の分布からは、表 1 に示すように 96.5%は 20mg/L 以下であった。

表1 各浄化槽のBOD平均値の分布

データ数	3,285	
X≤20	3,172	96.5%
20<X≤30	91	2.8%
30<X	22	0.7%
平均値	9.1	

#### (2)水質基準値の適合率

各浄化槽の BOD 値が水質基準(20mg/L)を下回った回数で、適合率を整理した。表 2 より、各浄化槽(3,285 基)のうち、BOD 適合率 100%の浄化槽は 60.8%であり、BOD 適合率 80%(浄化槽の性能評価では適合率 75%以上と評価されている)の浄化槽は 91.1%であり、安定した性能が確保されていることが確認された。

表2 10年間の適合率の割合

適合した回数	適合率	該当数	該当割合
10回	100%	1,997	60.8%
9回	90%	721	21.9%
8回	80%	275	8.4%
7回	70%	141	4.3%
6回	60%	74	2.3%
5回	50%	37	1.1%
4回	40%	20	0.6%
3回	30%	18	0.6%
2回	20%	1	0.0%
1回	10%	1	0.0%
0回	0%	0	0.0%
合計		3,285	100.0%

#### (3)適合率 80%未満の浄化槽の検討

適合率が 80%未満の浄化槽について、人員比、建築用途別、方式別及び検査結果等を検討した結果、人員比が高い浄化槽が多い傾向が認められた。

今後、各市町村における生活排水処理計画の見直しにあたり、コスト面だけでなく処理性能の面からも、浄化槽が評価されるものと期待する。

\*丸尾雅啓 (滋賀県大・環境科学), 小畑元 (東京大・大気海洋研)

### 1. はじめに

水中の遷移金属 (Fe(III)、Cu(II)など) は、溶存有機物と錯生成することによって安定に溶存することができるが、生成する錯体の安定度によって、その生物利用能が変化する。安定度の評価に用いる手法として、著者らは CL-AdCSV (競争配位子を用いる吸着濃縮ボルタンメトリー) を主として用い、琵琶湖水、流入河川における銅配位子の錯化容量と安定度を調査したが、手法の特性上、限られた範囲 (detection window) の安定度定数を持つ配位子しか検出できない。しかしながら、有機配位子の中には上記手法の限界を超えるきわめて強い結合を形成するものが存在し、これらを考慮しながら水中における金属スペシエーションを行う必要がある。今回はより幅広い範囲の安定度を持つ配位子の検出法として、Pseudopolarography の適用を試みた。

### 2. 方法

実験は銅に対する配位子を想定して行った。装置は PAR 社(UK)製滴水銀電極とポテンシオスタットを用いた。試料として、琵琶湖北湖最深部 (T1: 35°22' N、136°06' E) で採取、ろ過した湖水を用いた。これに紫外線照射を行った外洋海水 (Cu 濃度約 2nmol/L) を 1/3 量添加して用いた。配位子を飽和させるために、銅を 40nmol/L 添加し (原水の Cu 濃度約 10nmol/L)、12 時間以上静置したのち測定を行った。

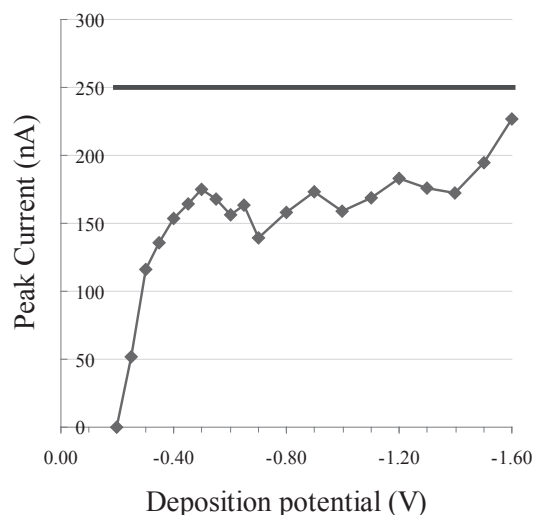
Pseudopolarography を行う際は、ASV (Anodic Stripping Voltammetry) に準じて測定を行った。濃縮時間は 10 分間とし、濃縮時の電位は最初 -0.20V で行い、各測定ごとに、-1.60V まで 0.05V 刻みに電位を変化させた。濃縮終了 15 秒後から電位を正方向に 0V まで掃引し、-0.16V ~ -0.17V 付近に形成される銅の酸化電流を測定した。参照として紫外線照射を行って有機物を完全に分解した湖水に同じ濃度になる

ように銅を添加し、この試料に対して ASV 法を用いて銅の酸化電流を測定した。これを最大値とし、濃縮電位を変化させた際に得られる電流値と比較した。

### 3. 結果と考察

秋期に採取した水深 10m の湖水を用いて測定を行った結果、図に示すように、-0.30V および、-1.50V 付近において電流値の上昇が見られた。前者は以前に CL-AdCSV を用いて湖水中溶存有機物の安定度定数を決定した際に得られた値 ( $\log K=15.8\sim 16.9$ 、丸尾ら 2006) が含まれる含む安定度 ( $\log K=13-17$ ) の領域である。後者はこれよりも 10 桁程度大きい安定度定数を持つ配位子の存在を示しており、銅のスペシエーションを考える上で、このような非常に安定な錯体の存在を考慮する必要を示している。

参考資料：丸尾雅啓ほか(2006).琵琶湖における金属錯化容量の季節変化.



図：pseudopolarography による銅配位子の検出例。250nA に達するとすべての銅が検出されていることになる。少なくとも 2 段階 (電位で -0.30V、-1.50V) の強さを持つ配位子が水中に存在していることを示している。

\* 井上徹教 (港空研), 清家泰 (島根大・総合理工), 鮎川和泰 (島根大・総合理工)  
管原庄吾 (島根大・総合理工), 中村由行 (港空研)

1. はじめに

深層曝気による堆積物からのリン溶出抑制効果については理論的, 実験的に検討がなされてきたが, 現場ではリン溶出に対する効果をはっきりと確認できない場合や, 効果が全く見られない場合などが報告されている. 本研究では, 汽水湖沼の浚渫産地内の堆積物を対象としたモデル計算を行い, 酸素供給停止前後のリン溶出の短期的変動について検討するとともに, 室内実験結果との比較によりモデルの検証を行った.

2. モデル計算概要

鉄の酸化還元は, 堆積物によるリン酸 (soluble reactive phosphorus, SRP) の吸脱着に最も影響を及ぼす過程であるとされている. 本研究では, Inoue et al. (2000)により提唱された直上水および堆積物中における拡散方程式に基づく非定常動態モデルに, 水酸化第二鉄吸着態SRPの動態モデルを新たに導入し計算を行った. 本モデルでは, 酸素は直上水からの拡散により堆積物に供給され, 生物学的酸素消費 (呼吸) と化学的酸素消費 (鉄の酸化) により消費される. 間隙水中のSRPは堆積物粒子からの脱着により供給され, 酸化的な環境下では水酸化第二鉄に吸着し, 還元的な環境下では水酸化第二鉄の還元に伴い脱着する. 本モデルにおける物質収支式は, 以下のように記載される.

$$\phi \frac{\partial C_o}{\partial t} = \phi D_{zo} \frac{\partial^2 C_o}{\partial z^2} - \frac{1}{4} \phi k_{OF} C_o C_F - k_B C_o \quad (1)$$

$$\phi \frac{\partial C_p}{\partial t} = \begin{cases} \phi D_{zp} \frac{\partial^2 C_p}{\partial z^2} - k_{ad} C_p - k_{de} \{C_p - C_p(-\infty)\} & (C_o > 0) \\ \phi D_{zp} \frac{\partial^2 C_p}{\partial z^2} + k_{de} P_p - k_{de} \{C_p - C_p(-\infty)\} & (C_o = 0) \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial t} = \begin{cases} +k_{ad} C_p & (C_o > 0) \\ -k_{de} P_p & (C_o = 0) \end{cases} \quad (3)$$

$$\phi \frac{\partial C_F}{\partial t} = \phi D_{zF} \frac{\partial^2 C_F}{\partial z^2} - \phi k_{OF} C_o C_F - \frac{1}{\alpha} k_{de} \{C_p - C_p(-\infty)\} \quad (4)$$

ここで,  $C_o, C_p, C_F$ はそれぞれ酸素, SRP, 第一鉄イオン濃度,  $P_p$ は水酸化第二鉄吸着態のSRP (ここでは簡便のため, 間隙水中濃度に換算した値で表記する),  $D_{zo}, D_{zp}, D_{zF}$ はそれぞれ酸素, SRP, 第一鉄イオンの拡散係数,  $t$ は時間,  $z$ は鉛直方向のスケール (上向きを正, 水・堆積物界面を0とする),  $\phi$ は間隙率,  $k_{OF}$ は化学的酸素消費 (第一鉄イオンの酸化) 速度係数,  $k_B$ は生物学的酸素消費 (呼吸) 速度係数,  $k_{ad}$ はSRPの吸着速度

係数,  $k_{de}$ はSRPの脱着速度係数,  $\alpha$ は水酸化第二鉄が還元された場合に間隙水へ回帰するSRPと鉄のモル比,  $C_p(-\infty)$ は間隙水中バルク領域におけるSRP濃度を表す.

3. モデル計算結果及び考察

未攪乱堆積物コアを用いた実験 (それぞれ窒素, 空気および酸素曝気で培養した後, 窒素曝気に変更し5日間培養) 結果と計算結果との比較を図-1に示す. 室内実験およびモデル計算共に窒素曝気開始後にSRP溶出速度が顕著な極大値をもつ結果となった. これらのSRP溶出速度の増加はいずれも一時的なものであり, 続く数日間で単調に減少していき, 5日後には窒素曝気を継続している系とほぼ同等の値を示した. これらの一時的で急激なSRP溶出は, 窒素曝気への変更に伴う堆積物表層中での水酸化第二鉄の還元と, そこからのSRP脱着によるものであると考えられる.

また計算結果は, 空気から窒素曝気へ変更後のSRP溶出速度の変動については, 実験結果を良好に再現できていた. これに対し, 酸素から窒素曝気への変更後については定性的な再現性とどまっておらず, 極大値出現までの時間を過小評価する結果となった.

4. まとめ

本稿で示されたSRP溶出の非定常的な変動は, 嫌気条件へと変化した際に粒子吸着態SRPが急速に脱着することに起因し, このようなSRPの短期的挙動が現場データの解釈を困難にしている可能性が指摘された. またこれらの結果から, 空気や純酸素を用いた酸素供給により堆積物からのリン溶出を抑制することは可能であるものの, 酸素供給停止後はその効果を継続させることは困難であると考えられる.

参考文献 Inoue et al. 2000. Wat. Sci. Tech. 42: 265-272.

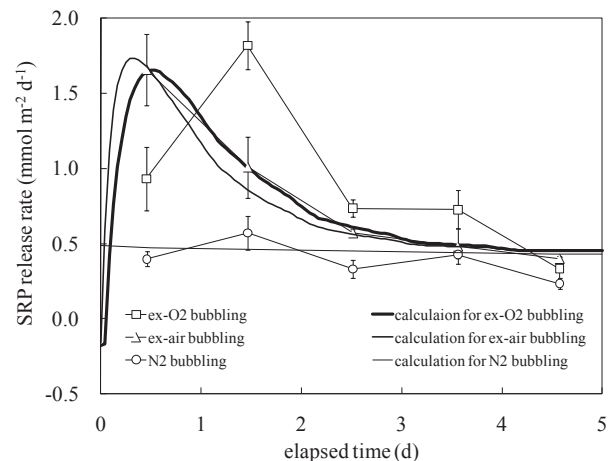


図-1 モデル計算および室内実験の結果

## 光照射下における腐植物質による過酸化水素生成

大谷絵利佳 (東京工業大学・土木), 藤井学 (東京工業大学・土木)

吉村千洋 (東京工業大学・土木)

### 1. はじめに

過酸化水素は活性酸素種の一種であり、酸素分子の二電子還元状態にある。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>は多様な分子・化合物と高い反応性を示すため自然界ではごく微量であっても金属や有機物質の酸化還元反応に関わっている。しかし、自然界でのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の生成・消費過程を生じさせる要因は十分に解明されていない。そこで、本研究ではH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>生成の要因であると考えられている腐植物質による光学反応の詳細を解明することを目的とした。

### 2. 材料と手法

超純水 (Milli-Q) を用いて 2 mM 炭酸水素ナトリウム、10 mM 塩化ナトリウム、および 15mM ジエチレントリアミン 5 酢酸 (DTPA) の水溶液を作成した。その後、pH 8.0±0.03 となるように pH 調整を行い、これをバッファー溶液とした。

起源の異なる 15 種類の腐植物質(日本腐植物質学会、国際腐植物質学会提供のフミン酸およびフルボ酸)をそれぞれ pH 12 の水酸化ナトリウムに 10 g/l となるように溶かし、溶けない場合はさらに塩基を加え溶解させた。この腐植物質の溶液を pH 8.0±0.2 となるように pH 調整し、バッファー溶液で腐植物質 5 mg/l となるように希釈した。DTPA と溶液中の金属をキレート結合させ金属の影響を完全に不活化させるため、暗所で 1 日以上放置したサンプルを光化学実験に用いた。

1.5mlのガラス瓶に入れた 1mlのサンプルにキセノンランプ(150 W, Hamamatsu Photonics, Japan)の光を 40cm手前から照射した。照射前と 6 時間照射した後のサンプルのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度を測定した。

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>は西洋ワサビ(HRP)を触媒として、Amplex Ultra Red (AUR)を酸化し、568nmの波長を吸光する物質を生成する。568nmの吸光度を測定することで

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度を測定した。サンプルとAUR+HRP試薬を完全に反応させるため試薬をサンプルに添加してから 10 分後に吸光度を測定した。

### 3. 結果

腐植物質を添加していないバッファーのみのサンプルの場合、照射前のH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度は 0.006μMであり、6 時間照射後のH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度は 0.131μMであった。一方、5 mg/lの腐植物質が含まれるサンプルでは照射前のH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度は 0.009 - 0.570μMの間で、照射後のH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度は 0.288 - 1.595μMの間であった。

### 4. 考察

6 時間光を照射する前後でのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度の変化から、光化学反応による生成速度を求めた。腐植物質を添加していないサンプルの生成速度は 0.021μM/hrで、腐植物質を入れたサンプルでは生成速度は有意に高く 0.046 - 0.234μM/hrであった。以上より、腐植物質に光を照射することでH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>生成が促進されることが分かった。さらに、腐植物質中の構成要素の中でも、芳香族化合物含量とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>生成速度との関係を調べたところ、高い相関関係があった(図 1)。よって、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>生成に腐植物質中の芳香族化合物が深く関与していることが明らかとなった。

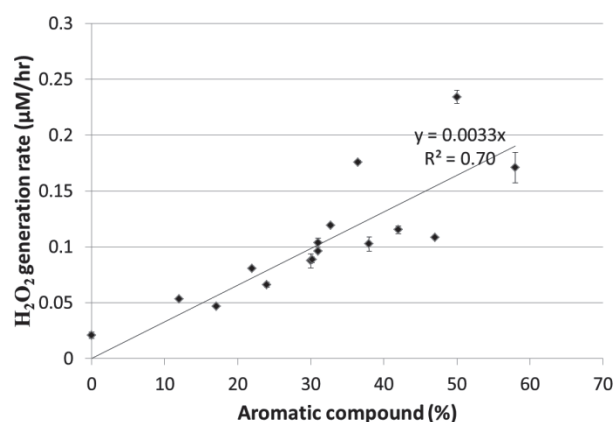


図 1 腐植物質の芳香族化合物炭素比(%)とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>生成速度(μM/hr)との関係

\*今岡亮 (東京工業大・工)

藤井学 (東京工業大・工)

吉村千洋 (東京工業大・工)

### 1. はじめに

鉄はほぼすべての生物にとって必須な微量栄養素である。陸域から沿岸域への溶存鉄の輸送において、表面に酸性官能基を多数有する腐植物質は、鉄と錯体を形成することで大きく貢献している。そのため、水生生物への鉄供給プロセスの観点から、有機鉄の錯形成挙動を把握することは重要である。

本研究では有機鉄錯体の形成に着目し、競合リガンド法を用いてさまざまな起源をもつ腐植物質の鉄との錯形成速度定数を決定し、それらを腐植物質の化学的性質と関連付けることを目的とした。

### 2. 方法

15種類のさまざまな起源をもつ腐植物質（国際腐植物質学会，日本腐植物質学会より購入）をNaOH水溶液（pH 13）に溶解させ， $10 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ の溶液を0.5~1 mlずつ作成した。標準硝酸鉄溶液をMilli-Qで希釈し，0.5 mM Fe(III)ストック溶液を作成した。Fe(III)濃度の測定に用いる5-スルホサリチル酸（SSA）をMilli-Qに溶解させ，93mM SSAストック溶液を作成した。鉄濃度測定では，HEPES溶液（10mM）をバッファーとして使用した。それぞれの溶液のpHは8.0に調整した。

そして，比色分析法と1 cmセル分光光度計を組み合わせることで，競合リガンド法を用いた。この時，波長は425nmとした。SSAと腐植物質の共存下でFe(III)を添加し，形成されたFe(III)-SSA錯体の濃度を測定することで，腐植物質とFe(III)の錯形成速度定数 $k_f$ を決定した。 $k_f$  ( $\text{l}/(\text{mg} \cdot \text{s})$ )は(1)式より求められる。

ここで， $k_{\text{SSA}}$ はFe(III)-SSA錯体の錯形成速度定数，

$$k_f = \frac{k_{\text{SSA}}[\text{SSA}]_T}{[\text{L}]_T} \left( \frac{[\text{Fe(III)}]_T}{[\text{Fe(III)SSA}]} - 1 \right) \quad (1)$$

$[\text{Fe(III)}]_T$ ， $[\text{SSA}]_T$ ， $[\text{L}]_T$ はそれぞれFe(III)，SSA，腐植物質の総濃度である。

### 3. 結果と考察

各腐植物質について算出した錯形成速度定数の値

は，図1で示すように，0.13~ 4.2 ( $\text{l}/(\text{mg} \cdot \text{s})$ )と起源により幅広い値を示した。これは，各腐植物質の起源や生成過程が異なることによって，化学的性質が異なるためと考えられる。そこで， $^{13}\text{C}$ -NMRによって算出された各腐植物質中に含まれる炭素全量に対する各炭素種(カルボニル，芳香族，炭水化物，脂肪族)の割合と，本実験で求めた錯形成速度定数の関係を調べた。その結果，カルボニル基は主要な鉄の結合部位であると考えられているものの，そこに含まれる炭素の割合と錯形成速度定数の間に有意な相関関係はみられなかった。一方，芳香族炭素の割合と錯形成速度定数の間には，正の有意な相関関係がみられた(図2)。この理由としては，一般に主要な鉄の結合部位と考えられている酸性官能基の中でも，特に芳香族炭素に結合しているものが，鉄との強い結合力を示すことが考えられる。

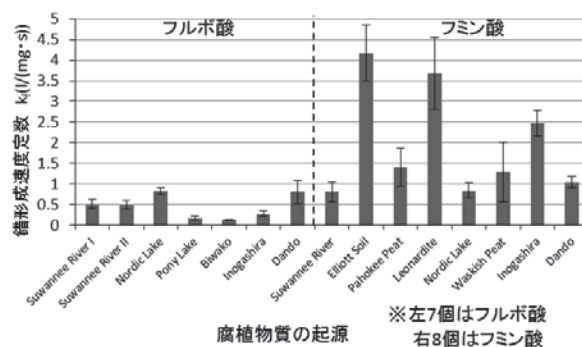


図1 各腐植物質の錯形成速度定数 $k_f$

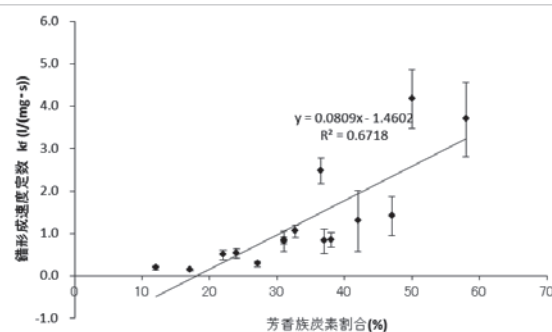


図2 錯形成速度定数 $k_f$ と芳香族炭素割合の関係

## バイカル湖における溶存有機物の遷移過程-質量分析と主成分分析による考察-

\* 杉山裕子(兵庫県大・環境人間), Patrick Hatcher (Old Dominion University), Rachel Sleighter (Old Dominion University), 和田千弦(兵庫県大・環境人間), 鈴木智代(金沢大・低レベル放射能実験施設), 熊谷哲(兵庫県大・環境人間), 三田村緒佐武(滋賀県大・環境科学), 片野俊也(佐賀大・低平地沿岸海域研究セ), 中野伸一(京大・生態学研究セ), 渡辺泰徳(立正大・地球環境), 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(京大・地球環境)

### はじめに

バイカル湖は世界最大の貯水量(23000 km<sup>3</sup>), および水深(1643 m)を誇り、世界最大の淡水の貯蔵庫である。バイカル湖水の平均滞留時間は330年と長いこと、この湖には湖沼特有の陸起源有機物質の流入・流出に加え、海洋に類似した湖内生物による生成・除去・変質などが有機物組成に影響している可能性があり、大変興味深い研究対象である。本研究は、超高分解能質量分析と主成分解析を用いてバイカル湖溶存有機物を構成する陸起源有機物や湖内自生有機物の分子レベルでのキャラクタリゼーションを行うことを目的とした。

### 試料採取および測定

試料採取は2005年8月4日にロシア連邦のシベリア南東部(N:51~56°, E:104~110°)に位置するバイカル湖最深部(CB)・南湖の最深部(SB)・2大流入河川であるバルグジン川の下流(Barguzine R.)からバルグジン湾へのトランセクト上の地点(BB)およびセレンガ川河口域(Sel)において行った。船上で電気伝導度・水温・クロロフィルa蛍光値・濁度・pH・透明度の測定を行い、前4項目の測定にはCTD(Sea bird Electronics社, SBE19)を用いた。pHは比色法、透明度は透明度板を用いて測定した。湖水はニスキン採水器を用いて採取し、採取した試料は、ポリカーボネート製採水瓶に保存し、予め1M HCl-1M HNO<sub>3</sub>混酸で洗浄した孔径0.2 μmのヌクレポアフィルターでろ過した。次いでC<sub>18</sub>固相抽出法を用いてろ過試料3~10 l中の溶存有機物の分離・濃縮を行った。80%メタノール/水溶液により溶離された有機物濃縮試料にアンモニアを添加した80%メタノール溶液を加え、ESI-FT-ICRMSによりインフュージョン分析を行った。検出はネガティブモードで行った。キャリブレーションは、試料中に存在する有機物の理論m/z値を用いた内部キャリブレーションにより行った。装置は、CB, Barguzine R., BBについてはフロリダ州立大学の手製のFT-ICR MS(9.4T)を、SB, Selについてはオールドドミニオン大学のBruker Apex Qe(12T)を使用した。分子式の予測にはMolecular Formula Calculator v1.1 (@NHMFL)を、予想分子式の絞り込みにはMATLAB R2011a(Mathworks Inc.)を、主成分解析にはSirius for Windows™ v1.2(Pattern Recognition Sys. A/S)を用いた。

### 解析

FT-ICR MS分析により、それぞれの試料に2000を超える(S/N>3)ピークが観測された。ピークの相対存在度(ピークの強度/全検出ピーク強度の和)が0.05%を超えるピークについて、それらのm/z値から、分子式を予測した。予想分子式から、各ピークの元素比(O/C, H/C)・炭素数(C#)・二重結合数(Double bond equivalent: DBE)・およびDBE/C・DBE/Oを求め、各試料における溶存有機物の重量平均値を計算した。これら6つを変数として主成分分析を行った。主成分分析には、装置の繰り返し精度を確認するために同じ試料(DS: Dismal Swamp)をBruker Apex Qeで3回測定したもの、装置による違いの有無を確認するために同じ試料(MRHA: Mount Rainear Humic Acid)を異なった装置で測定したもの(MRHA at FSU, MRHA at ODU)も含めた。

### 結果

主成分分析により、DBE, DBE/C, H/Cが、第一主成分(69.3%)に関与する主要な変数であることが分かった。すなわち、バイカル湖溶存有機物の質的遷移は、まず不飽和度で記述できるということになる。図1に示すように、PC1スコアは河川水試料から沖合試料へと減少し、これが陸起源有機物から湖内の自生性有機物への遷移を表している。異なった装置で測定された試料間では検出分子の一部が異なっていることが判明したので、今回は北・中央湖盆と南湖盆の比較は行わなかった。

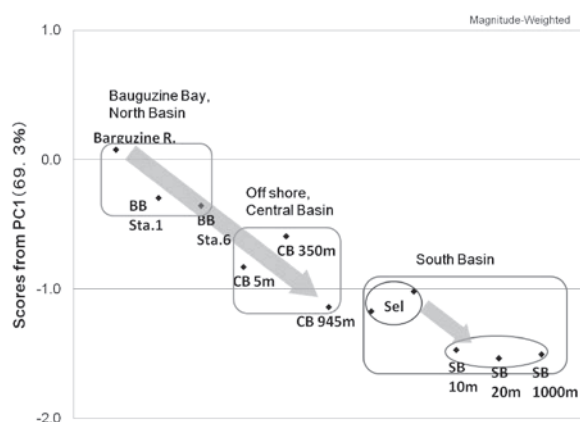


図1. バイカル湖におけるC<sub>18</sub>抽出有機物の第1主成分スコア

## 植物プランクトン由来有機物の存在量の推定

\*花町優次, 中村剛也 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

## 1 はじめに

植物プランクトンは湖沼における主要な有機物供給源であり、懸濁態有機炭素(Particulate Organic Carbon; POC)だけでなく、溶存態有機炭素(Dissolved Organic Carbon; DOC)も供給している。しかし、現場湖水中のDOC、特に近年問題となっている難分解性DOCには化学的に同定不可能な物質が多く、その化学分析のみでは植物プランクトン由来のDOCと他起源のDOCを区別することができない。そこで、本研究では霞ヶ浦を対象とし、 $^{13}\text{C}$ トレーサー法を用いることによって現場の植物プランクトンによる難分解性DOCの生産速度を実測し、難分解性DOCに対する植物プランクトン由来物の寄与を評価することを目的とした。

## 2 方法

2010年8月から2011年7月まで、月一回の頻度で霞ヶ浦湖心の表層水を採取し、以下の実験を行った。まず表層水の入った容器に $^{13}\text{C}$ トレーサーとして $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$ を添加し、湖水を導入した屋外実験池で24時間培養した。この培養によって、試水中の植物プランクトンに現場と同様の水温・光条件で光合成を行わせ、その生産物を $^{13}\text{C}$ で標識した。次にこの試水を20°Cの暗所に移すことによって植物プランクトンの光合成を停止させ、標識された生産物の100日間分解実験を行った。

分解実験中に1日から2ヶ月の頻度でサンプルを700mLずつ採取し、有機炭素をPOCとDOCに分画した。それぞれの画分の炭素濃度と炭素同位体比を測定し、 $^{13}\text{C}$ で標識された有機炭素の残存量を計算した。

## 3 結果と考察

10月に行った実験の結果を一例として図1に示す。屋外培養終了時までには $^{13}\text{C}$ によって標識された有機炭素の大部分はPOCであった。分解開始後、標識されたPOCの濃度は15日目までに急激に減少し、30日目以降はほとんど変化しなくなった。一方、標識されたDOCの濃度の減少は、POCに比べると緩やかであり、100日目まで減少が続いた。

実験終了時まで残存した有機炭素を難分解性有機炭素と定義すると、一日に生産された有機炭素のうち、難分解性DOCとして残存した割合は

1.5%であった。この割合は一次生産量が異なっていた他の月の実験でもほぼ一定であり、平均1.6%であった(図2)。

この割合と一次生産量の平均値を用い、植物プランクトン由来の難分解性DOCの現場における濃度を計算した。その結果、植物プランクトン由来の難分解性DOCの濃度は、 $0.7 \text{ mgC L}^{-1}$ と計算された。現場の難分解性DOC濃度は平均 $2.6 \text{ mgC L}^{-1}$ であったため、植物プランクトンの寄与率は27%と計算され、難分解性DOCの無視できない画分が植物プランクトン由来であることが示唆された。

今後さらにPOCや易分解性DOCについても解析を進め、有機物全体に対する植物プランクトンの寄与を明らかにしていく予定である。

## 謝辞

本研究は文部科学省から「特別電源所在県科学技術振興事業補

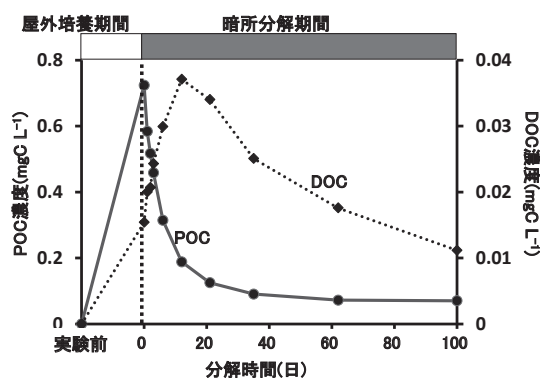


図1  $^{13}\text{C}$ で標識されたPOC及びDOCの分解過程(10月の実験)

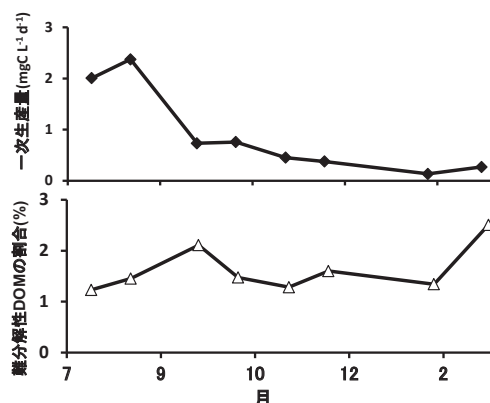


図2 2010年8月から2011年3月までの一次生産量(上)と生産物に占める難分解性DOMの割合(下)の変化

助金」の交付を受け実施されたことを記し謝意を表する。



## ダムが多い水系における溶存態ケイ素をトレーサーとした 河川水及び汚濁物質の起源の推定

\* 瀧本 翔太(香川大学大学院・農学研究科), 山田佳裕(香川大学・応用生物科学科),  
申 基澈(総合地球環境学研究所), 中野孝教(総合地球環境学研究所)

### 1. はじめに

水資源を貯水池に依存するためには、貯水地の適性管理や効率的運用が重要になる。特に、適性管理を考えるためには、貯水地の流域に与える影響・流域の河川への影響を理解する必要がある。そのためには水の循環、水質・生態系の解析が重要であるが、これらに関連づけて解析するには熟練と膨大な時間がかかる。また、水の起源を解析するための簡便な解析手法が必要となる。よって、本研究では溶存態ケイ素が水の起源のトレーサーとなるかを検証し、それを利用して貯水池が下流の水質に及ぼす影響の推定を試みた。

### 2. 方法

調査は四国の吉野川流域で2009年～2010年の期間に行った。採水は吉野川支流源流部の23地点(2010年は支流下流も20地点)吉野川本流の53地点で行った。採水したサンプルは0.2 $\mu$ mのフィルターでろ過し、溶存ケイ素をモリブデンイエロー法で測定した。地質割合等はESRI社のArcView9を用いて算出し、得られたデータはJMP6を用いて重回帰分析を行った。

#### 【流域環境】

吉野川の幹線流路延長は約194kmである。上流域には多くのダムがあり、本流には順に大森川ダム(有効貯水容量0.17億t)、長沢ダム(同0.28億t)、大橋ダム(同0.19億t)、早明浦ダム(同2.89億t)、池田ダム(同0.04億t)がある。池田ダム下流にはダムは無く、中下流の水量は池田ダムの放流の影響を受ける。また、池田ダムは上流のダム群の水を調整し下流に放流している。流域の地質は、上流域は変成岩(緑色片岩)の割合が高く、中下流域では堆積岩、火成岩の割合が高くなる(国土地理院)。吉野川流域の土地利用は中下流域に農地や人口が多く、それらは下流になるほど増加する(国土交通省)。

### 3. 結果及び考察

#### 【流域における溶存ケイ素濃度】

支流における溶存態ケイ素濃度は2009、2010年とも変成岩の割合が高い上流の源流域で濃度が低く(平均:3.39mg/L)、堆積岩・火成岩の割合が高い中下流の支流源流域では高かった(平均:6.19mg/L)。本流では池田ダム3.06mg/L(2009)から下流に向か

い徐々に増加し、最下流では4.09mg/L(2009)、だった。この傾向は2010年でも見られた。

吉野川流域の溶存態ケイ素濃度を目的変量、地質・雨量を説明変量として重回帰分析を行った結果、吉野川流域の溶存態ケイ素濃度は地質と雨量で説明することができた( $p < 0.001$ ,  $n=72$ ,  $R^2: 0.9413$ )。以上のことから吉野川流域において溶存態ケイ素は流域の地質と雨の特徴を反映していると考えられ、水の起源推定のトレーサーとなると判断された。

#### 【汚濁物質の起源の推定】

吉野川中下流の水の起源について溶存態ケイ素濃度をもとに推定した。ここでは、池田ダムからの水を上流のダム群由来の水とした。また、池田ダム下流における河川水の起源は、ダム群由及び中下流域由来の2ソースとした。池田ダムからの水の供給量を $X$ とし、(池田ダムの $DS_i$ 観測値)・ $X$ +(中下流域から河川へ供給される水の $DS_i$ 推定値)×(1- $X$ )=任意の地点の $DS_i$ 観測値から $X$ を求めた。 $DS_i$ は溶存態ケイ素濃度である。中下流域から河川へ供給される溶存態ケイ素濃度は、上記の重回帰分析の結果より算出した。この結果、池田ダムから8kmまではダム由来の水が100%を占めているが、次第に減少して最下流ではダム由来の水の割合が60%に減少した。

得られた水の供給割合をもとに水の汚濁の原因である窒素負荷を推定した。吉野川中下流域からの人為的な負荷がない状態(中下流の支流源流の全窒素濃度の平均に雨量を加味したものをこの状態での中下流域からの全窒素濃度とした)での全窒素濃度は206~406 $\mu$ g/Lと見積もられた。しかし、最下流での実測値は206~1113 $\mu$ g/Lで差分の0~707 $\mu$ g/Lが中下流域の農地・人口からの負荷だと見積もられる。よって吉野川中下流の全窒素は流域からの負荷が大きいことがわかった。

#### 【まとめ】

吉野川流域の溶存態ケイ素濃度は主に地質・雨によって決定され、溶存態ケイ素はダム下流における水起源のトレーサーと成りえた。また、中下流の全窒素濃度に関して、ダムからの水は希釈効果をもたらしていることがわかった。

\*北村立実, 中村剛也, 花町優次 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

八木岡敦, 小松崎将一, 黒田久雄 (茨城大学)

## はじめに

湖沼等の底泥は汚濁負荷源の一つと考えられているが、様々な微生物が生息している。脱窒は微生物の代謝活動を通じて富栄養化の要因の1つである窒素を、硝酸( $\text{NO}_3^-$ )から窒素ガスに変換して系外に放出することから湖沼が持つ窒素自浄作用として知られている。茨城県の霞ヶ浦の北浦においては河川から高濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ が流入しており、湖沼の水質汚濁の防止のためには湖沼のもつ自浄作用を把握することは重要である。そこで本研究では流入河川を含めた北浦の $\text{NO}_3\text{-N}$ の動態を把握し、底泥における潜在的な脱窒能力(脱窒活性)を面的に調査したので報告する。

## 2 調査の概要

調査は2010年7月から2011年3月に行った。調査地点は鉾田川3地点(R1~R3)と北浦4地点(K1~K4)である(Fig. 1)。採水は河川では表層、湖内は湖底直上0.5mで行った。採泥は河川(R1, R2)では表層を採取し、河川河口部(R3)と湖内では直径7cm、長さ50cmのコアパイプで採泥後、表層2cmを採取し分析に供した。分析項目は水質では $\text{NO}_3\text{-N}$ とし、JIS法に準拠して分析した。底泥では粒度組成を粒度分布計(島津社製SALD2200)で分析し、脱窒活性をアセチレン阻害法で分析した。脱窒活性の詳細な分析方法は底泥3gをガラス瓶に採取し、 $\text{NaNO}_3$ 水溶液( $1\text{mgL}^{-1}$ )を20mL添加し、窒素雰囲気下にした。そして、アセチレン飽和水2mLを添加し、恒温槽で8月は $25^\circ\text{C}$ 、10月は $20^\circ\text{C}$ 、11月は $15^\circ\text{C}$ 、12月は $10^\circ\text{C}$ でそれぞれ振とう培養した。その後、気相を採取し、ECD-GC(島津社製GC-8A)で分析した。

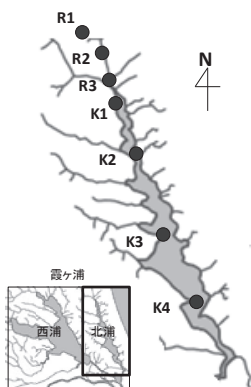
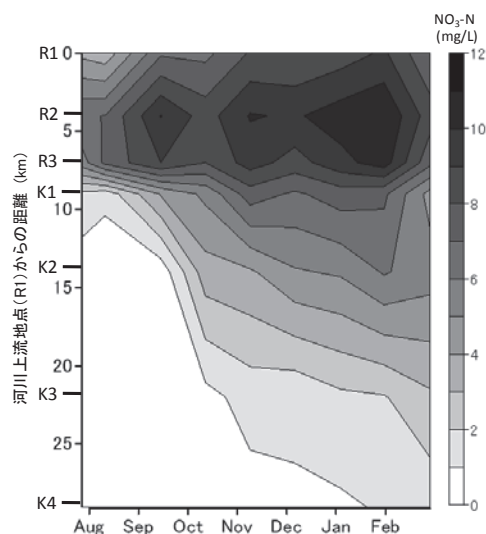


Fig. 1 調査地点

## 3 結果と考察

Fig. 2 にR1 からK4 にかけての地点毎による $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化を示す。その結果、8月では河口部R3から北浦K1にかけて約 $4\text{mgL}^{-1}$ 低下したが、10月以降は約 $2\text{mgL}^{-1}$ の低下にとどまった。脱窒活性

Fig. 2 河川から湖内における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の分布と変化

は $25^\circ\text{C}$ で培養したものがすべての地点において最も高かった。分布としては、R3の河口付近で最も高かった。次いでR1, K1, K2と続き、河川河口部や北浦の上流部で脱窒活性が高い傾向が見られた。 $15^\circ\text{C}$ や $10^\circ\text{C}$ では脱窒活性は低く、ほとんど違いは見られなかった。次に $25^\circ\text{C}$ と $20^\circ\text{C}$ における脱窒活性試験の培養前と後の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低下率を比較した。その結果、脱窒活性の高かったR3で $20^\circ\text{C}$ と $25^\circ\text{C}$ の両方で最も低下率が高く、K1やK2の北浦上流域でも低下率が高かった。また、R1では $25^\circ\text{C}$ で70%と2番目に高い低下率であったが、 $20^\circ\text{C}$ では9%と最も低下率が低かった。そこで、R1の夏季と秋季の粒度組成を比較すると、夏季ではシルトの割合が最も大きかったのに対し、秋季は砂がほとんどを占めた。これは秋季の調査の1週間前の台風によってシルトが流され、砂だけが残ったと考えられる。河口部では水深が深くなり流速が遅くなるために土砂の流出は抑えられたと考えられる。これらのことから河川上流からの土砂が河川河口部や北浦上流域で沈降、堆積することによる陸域由来の底泥が脱窒活性を高めている可能性があることが示唆された。

## 謝辞

本研究は文部科学省から「特別電源所在県科学技術振興事業補助金」の交付を受け実施されたことを記し謝意を表す。

# 3A11 淡水性藍藻類 *Microcystis aeruginosa* の鉄摂取に光が及ぼす影響

\*藤井学(東工大・工), Andrew L. Rose, T. David Waite (UNSW・工)

## 1.はじめに

鉄は藻類にとって必須である。海域や湖沼など様々な水環境中において、鉄の不足により藻類の増殖が制限されることが明らかとなっている。このため、鉄の人工添加による藻類増殖試験や、環境中での藻類による鉄摂取機構を調べる研究が多く行われてきた。本研究では、藻類増殖に重要な光が、アオコの代表種である淡水性藍藻類 *Microcystis aeruginosa* の鉄摂取に及ぼす影響を調べた。

## 2.実験方法

**鉄摂取試験：**マイクロ波滅菌した Fraquil\*培地で、*Microcystis aeruginosa* PCC7806 株を温度 27°C, 光強度 157  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (蛍光灯を使用), 14:10hr サイクルの明暗条件で培養した。培地は、pH 8, 第二鉄(Fe(III))濃度 200 nM, エチレンジアミン四酢酸(EDTA)濃度 26  $\mu\text{M}$  に調整し、その他の栄養塩は既往の文献値と同様とした。対数増殖期後期に細胞を 0.65  $\mu\text{m}$  メンブレンフィルター上に回収して以降の鉄摂取実験に用いた。Fe(III)と EDTA を添加していない Fraquil\*無菌培地を新たに用意し、フィルター上に回収した細胞を再浮遊させた。ここに、EDTA と錯形成させた放射性同位体  $^{55}\text{Fe(III)}$  を添加した。明暗条件で数時間攪拌培養した後、細胞をフィルター上に回収し、さらに EDTA/シュウ酸溶液と重炭酸バッファーにより、細胞表面に付着した  $^{55}\text{Fe}$  を洗い流した。その後、フィルター上の放射線量を測定することで、細胞内鉄量を算出した。培養試験は光学フィルターにより特定波長光を遮断した系でも行った。

**Fe(II)生成実験：**細胞を添加していない Fraquil\*培地に Fe(II)キレーターである Ferrozine を投入し、Fe(II)-Ferozine 錯体濃度を 562nm の吸光度により測定することで、光による Fe(II)生成速度した。

## 3. 結果と考察

光照射条件下では、暗条件と比較して、Fe(II)生成速度と鉄摂取速度が増加した。特に、波長 500nm 以下の可視光が Fe<sup>III</sup>EDTA 錯体の還元解離反応と *Microcystis* による鉄摂取を促進させた(図 1)。従って、Fe<sup>III</sup>EDTA の光還元により生じた第一鉄イオン

(Fe(II))を摂取することで、藻類の鉄摂取速度が増加することが明らかとなった。藍藻類が分類されるグラム陰性細菌の細胞膜は、外膜と内膜により構成される。外膜での栄養塩輸送は、鉄シデロフォア錯体やビタミンV<sub>12</sub>を除くイオン態栄養塩は非特異的外膜チャンネルを介して、濃度依存型の拡散輸送により生じる。その知見に基づき、光還元作用存在下での *Microcystis* の鉄摂取モデルを構築した(図 2)。

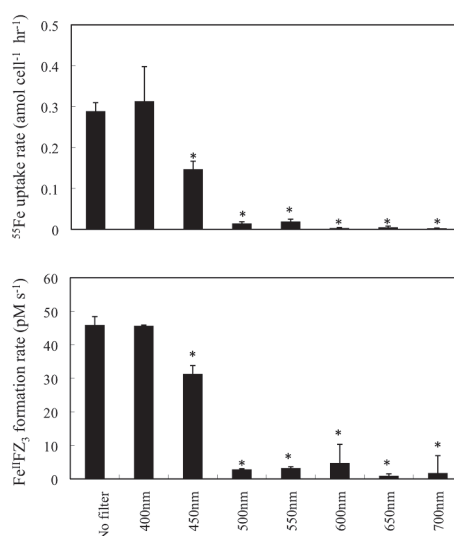


図 1. 光学フィルターにより、特定波長光を遮断した系における *M. aeruginosa* の  $^{55}\text{Fe}$  摂取速度(A)と Fe(II)生成速度(B)。光学フィルターがない系と比較して有意差がある場合、\*( $p < 0.05$ )で示した。エラーバーは標準偏差( $n=3$ )を表す。

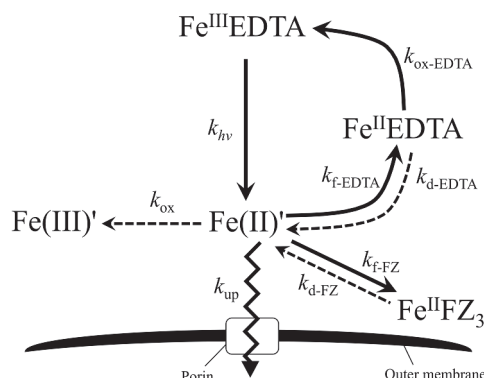


図 2. 光条件下における *Microcystis aeruginosa* の鉄摂取モデル。光還元による Fe<sup>III</sup>EDTA の解離により、溶存態無機第一鉄(Fe(II)')が形成される。その後、拡散作用により Fe(II)')は非特異的外膜チャンネル(ポリン)を通過する。細胞による Fe 摂取は、細胞外リガンド(EDTA や Ferrozine)による錯形成と競合する。実線は鉄摂取試験条件下での主反応を示す。

渡邊圭司, 高津文人, 竹中明夫, 山村茂樹, 林 誠二, 渡邊未来 (国環研)  
須田 互 (東大新領域)

### 1. はじめに

葉圏の環境は、強紫外線、乾燥および風雨下にさらされていたり、栄養源が乏しかったり、植物由来の抗菌物質が生産されているなど、微生物が生育するには過酷な環境である(須田・宍戸; 2009)。しかしながら、樹木葉圏には多くの微生物が存在し( $10^6 \sim 10^7$  cells/cm<sup>2</sup>)、大気や土壌中とは異なる微生物叢を持つことが知られている。けれども、それら葉圏微生物が生態系の中でどのような役割を果たしているのかについては未だによくわかっていない。

本研究では、これまでその存在が報告されていない樹木葉圏微生物群集によるアンモニア酸化に注目し、その存在を林内雨培養、遺伝子解析および同位体分析の面から明らかにする。

地球上に存在する葉の表面積は、約  $6.4 \times 10^8$  km<sup>2</sup> と見積られており、葉圏微生物が葉面沈着物のアンモニア酸化(硝化)に寄与しているとすると、地球規模の窒素循環や森林生態系において重要な役割を果たしていると推察される。

### 2. 材料と方法

国環研の敷地内より、バルクサンプラー(捕集面積: 約 78.5 cm<sup>2</sup>)を用いてスギの樹冠下で林内雨を採取した。林内雨を 5°C および 25°C の条件下で培養し、培養前およびそれぞれの条件で 1 ヶ月間培養した後の硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフィーにより測定した。一方で、微生物の除去を目的とし、平均孔径 0.2, 0.4, 2 および 10 μm のニュークリポアフィルターで林内雨をろ過し、それぞれのろ液サンプルを 4 週間培養後に、ろ過膜の孔径が硝酸イオン濃度に与える影響を調べた。併せて、硝酸イオンの酸素・窒素安定同位体比についても脱窒菌法により測定した。

スギの葉を高枝切りバサミを使用して、地上から 2 m 以上の高さより採取した。葉をポリプロピレン

製チューブに詰め、リン酸バッファー (pH 7.2) を加え超音波処理した。葉を取り除き、遠心分離により葉圏微生物を集積した。集めた葉圏微生物から、FastDNA Spin Kit for soil (Q-Biogene) により DNA を回収した。得られた DNA から、細菌 (*Betaproteobacteria*) 由来のアンモニア酸化遺伝子 (*amoA*) に特異的なプライマーセット *amoA*-1F および *amoA*-2, および古細菌由来の *amoA* に特異的なプライマーセット *amoA*19F および *amoA*643R を用いて、*amoA* の検出を行った。得られたバンドを切り出し、pGEM T-easy Vector System (Promega) 用いて *amoA* のクローニングを行った。得られた *amoA* クローンより、系統解析を行った。

### 3. 結果

スギ林内雨を 5°C で培養した場合には、培養前と比べ硝酸イオン濃度の変化は見られなかったが、25°C で培養した場合には、硝酸イオン濃度の上昇が確認された。一方、様々な孔径のフィルターでスギ林内雨をろ過し培養した場合には、10 μm および未ろ過のサンプルで、培養前と比べ硝酸イオン濃度の上昇が見られた。また、これらのサンプルで、培養前と比べ  $\delta^{18}\text{O}$  および  $\delta^{15}\text{N}$  の減少が見られた。

スギの葉圏より、古細菌由来の *amoA* が検出された。一方で、細菌由来の *amoA* は検出されなかった。スギの葉圏より得られた古細菌由来の *amoA* バンドを切り出しクローニングを行ったところ、*Crenarchaeota* (近年 *Thaumarchaeota* 門として新たに提案されている) 由来の I.1b クラスターに近縁な系統群に属する *amoA* クローンが得られた。

### 4. 考察

$\delta^{18}\text{O}$  の著しい低下から、スギ葉圏において硝化反応が起こっていること、古細菌由来の *amoA* が検出されたことから、アンモニア酸化古細菌を経由した硝化反応の起きていることが示唆された。

一般公演

口頭発表

**B会場**

教養2号棟 2階 504講義室

日時	9月23日(金)	10:00~12:00	1B01~1B08
		15:00~16:30	1B09~1A14
	9月25日(日)	9:00~11:45	3B01~3B11



京都大学大学院人間・環境学研究科 岩木真徳  
 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 熊谷道夫  
 元・生物流体力学研究所 西 勝也  
 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 焦 春萌

1. はじめに

湖の水位変動は様々な要因によって引き起こされる。例えば、静振、風波、降水、河川流入、地下水流入、蒸発流出などがあげられる。びわ湖の場合 120 本ほどの河川流入に対して、流出は瀬田川のみである。瀬田川洗堰にて流量を調節しているため、人為的操作は無視できない。本研究では、これらの複雑な変動要因成分を分離するために、びわ湖の南部の 1 地点において 2 分間隔で水位観測を行い、スペクトル解析により周波数特性の考察を行った。加えて、従来の水位変化の要因に、地震(波)による水位変化の可能性も考察した。

2. 方法

2010 年 5 月より滋賀県大津市柳ヶ崎の湖岸にて水位観測を行っており、現在も観測を継続中である(図 1)。測定間隔は 2 分で、水位計(図 2)は 2 本の線(テフロン線とステンレス線)を並行して張り、水深とコンデンサーの変化を CR 発振回路のコンデンサー変化部として、水深と発振回路のパルス幅が線形であることを用いて計測している。

その他の水位データは、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所の水位データ(片山、大溝、彦根、堅田、三保ヶ崎)と瀬田川洗堰の放流量データを使用した。また、気象・地震情報については、気象庁の気象観測データ(アメダス：大津)と地震記録データを使用した。

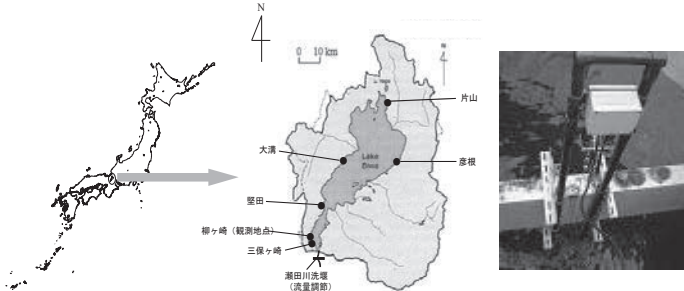


図 1. 調査地

図 2. 測器概要

3. 結果と考察

びわ湖の水位変化を考察する上で、影響が明確なのは、瀬田川洗堰での流量調節であり、その流量調節の変化を柳ヶ崎での水位とともに図 3 に示した。洗堰において流量は数個の堰を開閉することによって調節され、放流量は図 3 のように堰の調節時間に急激に変化し、それに伴い水位も変化する。堰の開閉による流量変化を把握できれば、流量変化に伴う水位変化は把握できる。一方、静振は、図 4 の 3 月 9 日や 11 日の昼過ぎのように強風が続き、湖面が吹き寄せられた後にみられる。びわ湖全体での静振は琵琶湖大橋を節とし、水深を約 45(m)とすると、約 4.2(h)となる。また、南湖での対岸との東西方向の静振は水深 4-6(m)とすると、1.0-1.3(h)となる。

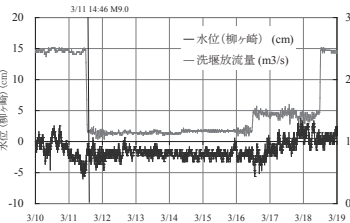


図 3. 瀬田川洗堰での放流量と柳ヶ崎の水位

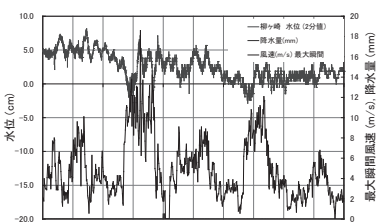


図 4. 水位(柳ヶ崎)と最大瞬間風速、降水量(大津)

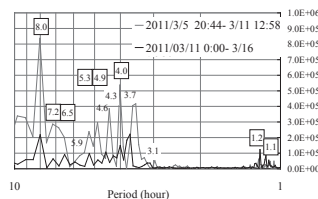


図 5. 柳ヶ崎の水位のパワースペクトル (2011/03/05, 20:44-3/11 12:58, N=4096, dt=120s; 2011/03/11, 00:00-3/16 16:30, N=4096, dt=120s)

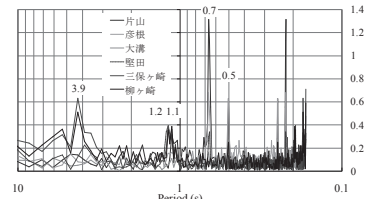


図 6. 6 地点の水位のパワースペクトル (2011/03/11, 14:00-3/13 09:20, N=256, dt=600s)

これまでに、地震と地下水圧の関係などは示されているが<sup>[1]</sup>、湖の水位と地震を関係づけた研究はほとんどない。びわ湖の 1cm の水位変化は約  $68 \times 10^5 \text{m}^3$  の水量に相当するが、仮に地震時にびわ湖の水量変化が生じたとしても、その水の行く先なども、量的にも未解明である。そこで、湖の水位変化と地震との関係を調べるため、2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震前後の柳ヶ崎の水位の時系列の高速フーリエ変換(FFT)のパワースペクトルを図 5 (柳ヶ崎, 2 分値)と図 6 (6 地点, 10 分値, 地震後のみ)に示した。図 5 では、2 つの期間での(地震前後)のピークの比較した。一方、図 6 では、10 分間隔であるが、多地点の水位観測地点のピークも示し、比較した。次に、静振以外の原因を考察するために、地震による表面波に着目した。表面波には Rayleigh 波と Love 波があり、地球の表層を伝わる表面波は分散性を持つ。ここで、周期 240 (s)での Rayleigh 波(基本モード)の群速度の分散曲線が極小値となる Airy 相に着目すると、群速度は約 3.6(km/s)、地球 1 周約 40075(km)、これより周期は約 11131s(=3.09h)となる。この値は、図 5 のやや弱いピークの 11171s(=3.10h)と非常に近い。FFT では波数が多く必要なため最大エントロピー法(MEM)に比べると地震波のような短期的な周期は明確には検出しにくいと考えられるが、分散関係<sup>[2]</sup>より Rayleigh 波による影響が示唆された。一方、Love 波による影響は検出されなかった。

5. まとめ

観測によって得られたびわ湖の水位波形について FFT を行い、周期を抽出した。地震後も静振によるピークがみられたが、量的な議論は今後の課題となった。また、地震後に数時間にかけて Rayleigh 波による影響を受けていた可能性を示唆した。

参考文献：[1] Emily E. Brodsky, Evelyn Roeloffs, Douglas Woodcock, Ivan Gall, and Michael Manga (2003): A mechanism for sustained groundwater pressure changes induced by distant earthquakes, Journal of geophysical research, vol. 108, No. B8, 2390, doi:10. 1029/2002JB002321. [2] Jack Oliver (1962): A summary of observed seismic surface wave dispersion, Bulletin of the Seismological society of America, vol. 52, No. 1, pp81-86.

\*遠藤修一・石川俊之・片岡弘貴・藤田将成(滋賀大・教育)、  
奥村康昭(大阪電通大・工)、藤井智康(奈良教大・教育)

1. 観測概要

びわ湖の縦断測線上で、水温・電気伝導度・濁度・クロロフィル・溶存酸素濃度の鉛直分布の観測を毎月1回の頻度で継続実施している。また、北湖の今津沖、安曇川河口沖、および近江舞子沖において、底層での溶存酸素濃度、流向流速、濁度、電気伝導度などの観測を継続している。また、近江舞子沖では、1998年以來、計11層の水溫連続観測を行っている(図1)。今回は2010年の観測結果について報告する。なお、観測結果の一部についてはWEB上で公開している。<http://www.edu.shiga-u.ac.jp/~endoh/>

2. 水溫変動

近江舞子沖のサーミスタチェーンによる観測結果をみると、2010年の1月16日に全層循環が生じたが、その後、湖底付近の水溫には間欠的な低下が観測された。これは沿岸の低温水が強風による鉛直循環の結果、湖底へ侵入したものと考えられる。2月中旬から表層水溫の上昇がみられるようになったが、3月中旬には気溫低下と強風の連吹により再び全層循環が生じた(図2)。

2010年の夏季には猛暑により表面水溫が連日32℃を超え、8月22日16:50には33.1℃を記録した。また、水溫躍層付近(深さ15m)では、周期約40時間の内部波に伴う水溫変動が顕著であった(図3)。

3. 溶存酸素の変動

図4は、2008年1月から2011年6月までの近江舞子沖(水深70m)と今津沖(水深90m)の湖底直上における溶存酸素飽和度の変動を示したものである。近江舞子沖では毎年同じような変動が繰り返されているが、今津沖では2010年に湖底での溶存酸素濃度の低下が緩和された。引き続き、この水域の溶存酸素濃度の変動と竹生島のカワウ数の増減との関連を探っている。

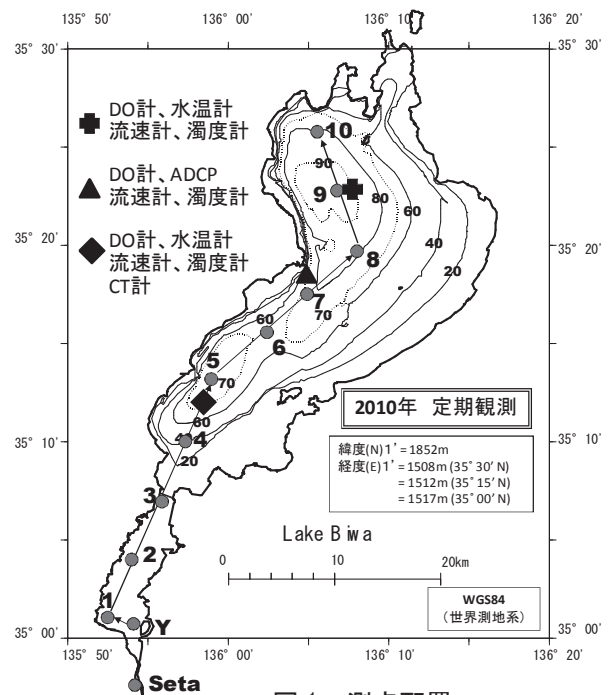


図1 測点配置

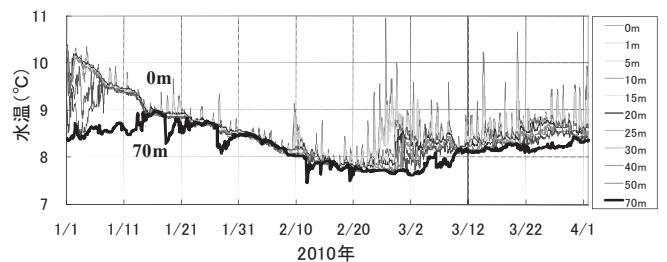


図2 近江舞子沖における各層の水溫変動  
2010年1~3月

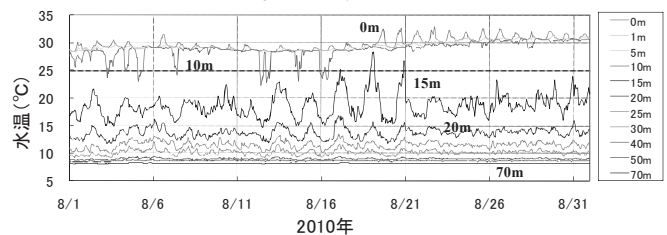


図3 近江舞子沖における各層の水溫変動  
2010年8月

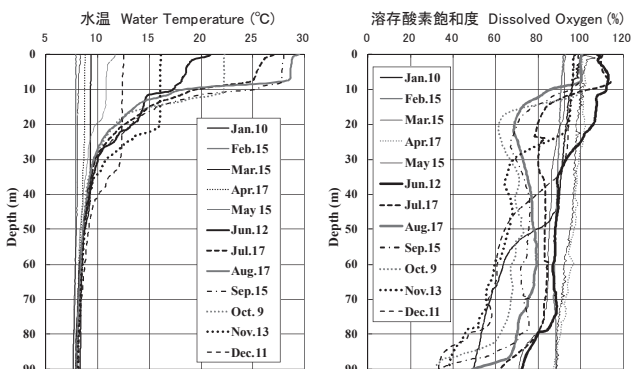


図5 測点9(今津沖)における各月の水溫と溶存酸素飽和度の鉛直分布(2010年)

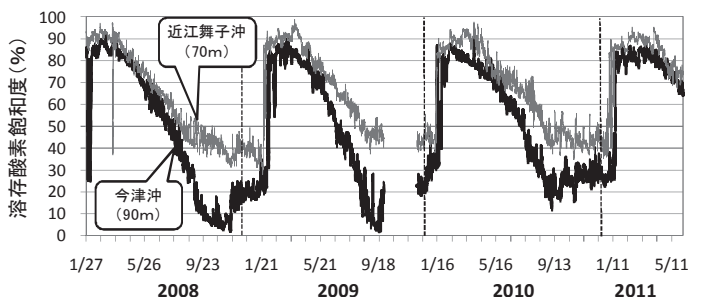


図4 近江舞子沖と今津沖の底層における溶存酸素飽和度の変動。2008~2011年



## 1. はじめに

地球温暖化の湖沼生態系への影響について陸水研究者の関心が高まっている。琵琶湖では、温暖化による湖水温度の上昇と冬季冷却の弱まり(速水・藤原, 1999)、それに原因する湖水循環欠損と深層溶存酸素量減少(Kumagai, 2008)、温暖化によるプランクトン群集の変遷(Hsieh 他 2010, 2011)など、地球温暖化による陸水過程の長期変動特性について貴重な知見が報告されている。しかし、地球温暖化の陸水過程の季節性に及ぼす影響については知見が限られている。湖水の成層循環が季節的に変わる単・複循環湖では、生態系を支配する植物プランクトン生産は湖水の季節的混合による栄養塩の変動性で左右される。この季節変動性に注目して、琵琶湖の栄養塩変動に及ぼす温暖化の影響を、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの定期観測資料を用い検討した。Sakamoto(2011)の報告をベースにして、湖水鉛直混合、栄養塩供給、プランクトン生産など主要陸水学過程の季節変動への温暖化影響を論ずる。

## 2. 結果と考察

定期観測の行われた33年間を1975-1983, 1984-1989, 1990-2002, 2003-2008の4期に分け、北湖今津沖中央定点0.5m層の水温、硝酸イオン濃度 $[\text{NO}_3]$ の期間平均値の季節変動を調べた。湖内 $[\text{NO}_3]$ が増えつつあるので $[\text{NO}_3]$ 年間最大値に対する各観測値相対値 $[\text{rNO}_3]$ を鉛直混合による栄養塩供給指標とした。 $[\text{rNO}_3]$ は最低温の3月に最大値出現後、植物利用で減少、水温最高の8月に底値となり、秋季混合で増加が始まる。図1-Aに示す様に1990年以後は1989年以前より約1月早く $[\text{rNO}_3]$ 増加が始まる。水温(B)も1ヶ月早くピー

クに達し、1990年以後は秋季混合が早く始まるのが裏付けられる。春季における $[\text{rNO}_3]$ (A)と水温(B)の季節変動には4期の差は無く、春季鉛直混合開始への温暖化影響は少ないと判断された。春季の水温vs $[\text{rNO}_3]$ 関係(C)に4期間の差は無く、この判断を支持する。秋季循環期の水温vs $[\text{rNO}_3]$ 関係(D)は1990年以後と以前の間で大きな差がある。1990年以後は、以前より高水温と高 $[\text{rNO}_3]$ が特徴的である。1990年以後は8月後半に部分循環が始まるので、秋季循環時の生産層はそれ以前より高温、高栄養塩、高日射におかれ、植物生産を活発化させる環境になったと判断される。植物プランクトンデータをも参照して、温暖化による湖水の季節的循環特性の変化の陸水学的意義を論ずる。

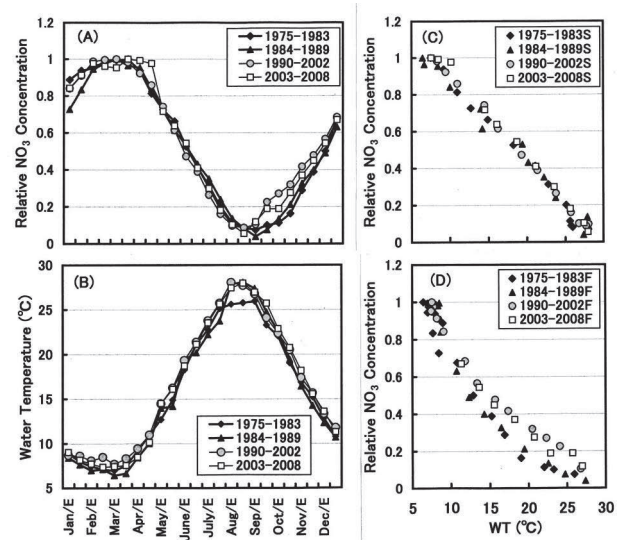


図1. 琵琶湖今津沖中央定点(D=90m)0.5m層の1990年以前(1975-1983, 1984-1989)と以後(1990-2002, 2003-2008)における硝酸イオン相対濃度 $[\text{rNO}_3]$ (A)と水温(B)の季節変化、及び春季S(C)と秋季F(D)循環期における $[\text{rNO}_3]$ vs水温関係。各月前半と後半測定値の期間平均値をプロット。

\* 焦 春萌 青木 眞一 早川 和秀 奥村 陽子  
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

## 1 はじめに

年に1回、冬季に全循環する琵琶湖北湖では、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。今津沖中央定点 17B では 1987 年と 2002 年に湖底直上 1 m で 0.9 mg/L、2008 年に 0.5 mg/L を記録するなど、深底部における全循環期前の溶存酸素濃度が 2 mg/L より低くなる現象が頻繁に起こるようになった。2002 年 11 月には微生物由来のマンガン酸化物の構造体メタロゲニウムが広範囲に多量に出現したことが確認され、低酸素化が進行してきたことが指摘された。さらに 2006 年度には記録的な暖冬による冬期鉛直混合の異常がみられ、例年の 1～2 月に観察される全循環が起こらず、3 月下旬になって、深底部の溶存酸素濃度がどうか回復するという事象が生じた。また、1991 年には硫黄酸化細菌のチオプローカの出現が見つかり、2007 年 12 月には自律型潜水ロボット「淡探」による撮影で、イサザやスジエビの死骸が第一湖盆湖底の広範囲に散在しているのが見つかり、生物への低酸素化の直接的な影響も明らかになってきた。本研究では、琵琶湖環境科学研究センターの水温、溶存酸素、水質の観測データを解析し、低酸素化の水質への影響を解析した。

## 2 方法

琵琶湖環境科学研究センターは、17B 地点において、水深別 0m、5m、10m、15m、20m、30m、40m、60m、80m、90m に、2008 年から 2010 年まで 2 週間 1 回のペースで水温、溶存酸素、水質の調査を続けて行っていた。データの前処理として、3 年間の 2 週間 1 回のデータを毎日データがあるように線形補間し、製図した。

## 3 結果と考察

図 1 A で示すように、この 3 年間 (2008 年～2010 年) 水深 90m で溶存酸素濃度は、全循環する前に年最低値になったことが分かった。これに伴い、水深 90m、80m の全窒素 (TN) 濃度が高くなり (図 1 B)、また、水深 90m、80m のマンガン (Mn) 濃度も高くなった (図 1 C)。湖底付近の溶存酸素濃度が低くなった時、底泥から、栄養塩やマンガンが溶出したと考えられる。湖底付近の溶存酸素濃度の変化と湖底境界層の水質と関係があることがわかった。

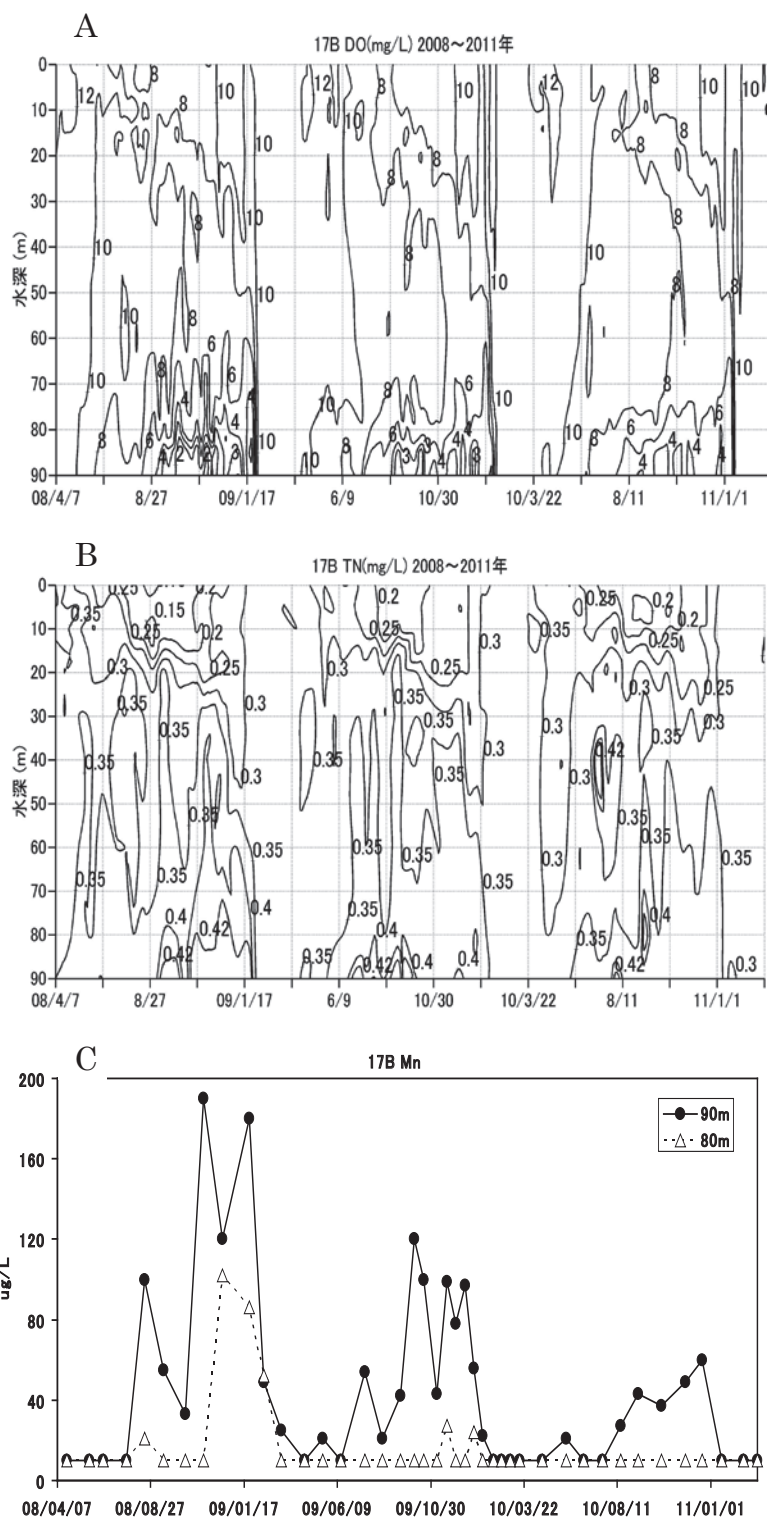


図 1 A: 琵琶湖の水深 90m の 17B における 2008 年～2010 年の溶存酸素の時間変化。 B: 17B における 2008 年～2010 年の全窒素の時間変化。 C: 17B における水深 90m、80m の 2008 年～2010 年の Mn の時間変化。

## 琵琶湖におけるウランの分布と動態

\*望月陽人(京大院・人間環境), 杉山雅人(京大院・地球環境)

## 1. はじめに

水圏においてウランは $UO_2^{2+}$ の形で存在するが、塩基性下では $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ などの炭酸錯体を形成し、アニオンに変化する。このような、水のpH変動に対するウランの動態変化、およびそれにとまなう分布の変化は非常に興味深い。しかし、その詳細に関しては未だ不明な点も多い。

ウランはまた、核燃料の主原料として原子力産業に用いられてきた元素の一つである。東日本大震災にとまなう福島第一原子力発電所の事故により、環境中の放射能汚染が実際に起こってしまった現在、自然界における放射性物質の分布および動態について知見を深めることの重要性が再認識されている。

以上をふまえて本研究では、近畿圏の貴重な水源である琵琶湖において溶存態ウラン濃度を定期的に観測した。その結果から、湖内でのウランの動態について解明を試みた。

## 2. 方法

琵琶湖北湖・近江舞子沖のIe-1地点(水深約73m)において、各種化学成分の観測を行った。観測は2010年8月から2011年7月にかけて行った。

現場では、水温、電気伝導度、溶存酸素濃度、pHを測定した。また、ニスキン採水器を用いて任意の水深で湖水を採取した。この湖水を孔径0.45 μmのPVDFフィルター(Millex)を用いてろ過したのち、超高純度硝酸を添加し、pHを2以下にして保存した。

このろ液中の溶存態Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, VおよびUの濃度を測定した。Uは誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で、Vは吸光光度法で、それ以外の元素は誘導結合プラズマ発光分析(ICP-AES)法で測定した。

## 3. 結果と考察

琵琶湖北湖における溶存態ウランは、停滞期には、温度躍層以深(以下「深層」)に比べて温度躍層以浅(以下「表層」)の方が高濃度であった。表層の濃度は8月から翌年2月にかけて減少し、温度躍層の出現にとまない4月から再び増加した。一方、2, 3月の循環期においては、濃度は鉛直方向ではほぼ同様であった。Fig.1は、以上の結果を簡潔に示している。

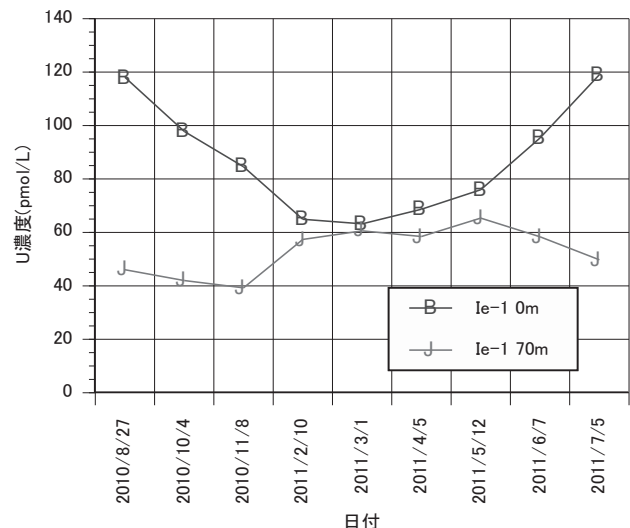


Fig.1 深度0mと70mでの溶存態U濃度の季節変化

溶存態ウラン濃度が減少する水深と、pHのそれとはよく一致していた。そこで、水槽内に堆積物-湖水界面を再現し、湖水のpH変動に対して溶存態ウラン濃度がどのように変化するかを検証した。

この結果、湖水のpH上昇にとまない溶存態ウラン濃度は増加し、pH低下とともにウランの濃度も減少した。湖水中の溶存態ウランは、夏季の一次生産増大にとまなうpH上昇により沿岸堆積物、懸濁粒子および沈降粒子から溶出し、秋季の一次生産衰退でpHが低下することで再び沿岸堆積物や粒子へ吸着されたと考えられる。

\*大久保卓也（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）  
長谷川直子（お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科）  
岩木真穂（京都大学大学院）



図1 姉川の水質調査地点

下流部での実測と国土交通省の観測データを基にその割合を算定した結果を報告する。姉川は琵琶湖流入河川の中で集水域面積が野洲川に次いで2番目に大きい河川でその面積は369km<sup>2</sup>である。

## 2. 方法

姉川下流部の野寺橋（図1）において、①2009年12月～2010年6月には週1回程度の採水調査、②2010年12月～2011年6月には週1回の採水調査と12時間間隔の自動採水機による調査を実施した。また、同地点で水位の自動観測を20分間隔で行い、国土交通省のデータを参考に流量を求めた。

## 3. 結果

2009年12月から2011年5月末までの姉川野寺橋の流量を図2に示した。2009年度、2010年度共に融雪洪水は2月下旬から3月中旬にかけて発生した。図中に○で融雪洪水の時期を示した。2010年度に比べ2009年度の方が融雪洪水の流量ピークが大きかった。

月ごとに流量とT-N、T-P流出量の平均値を求めてプロットした結果を図3に示した。2、3月の融雪洪水時期の流量は、2009年度は夏季よりも大きい傾向がみられた。T-N流出量についても2009年度の融雪期は他の月に比べて高めの値を示していた。一方、T-P流出量については、融雪期の流出量が他の月に比べて特に高い傾向はみられなかった。また、融雪期の流出水は他の月に比べ電気伝導度が低く、溶存態物質は希釈されて流出している現象がみられた。このように、融雪洪水は降雪量が多い年には流量とし

## 1. はじめに

琵琶湖の北部では冬期に積雪があり、2～3月にかけて融雪によって河川流量が増加する。この融雪洪水に伴う栄養塩流入量が年間の総流入量に対して何パーセント程度になるのか評価した研究はみあたらない。そこで、本研究では、姉川

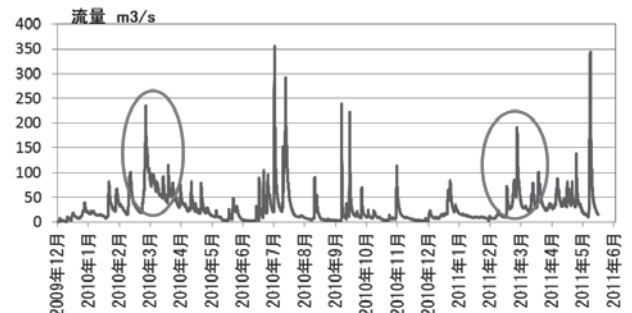
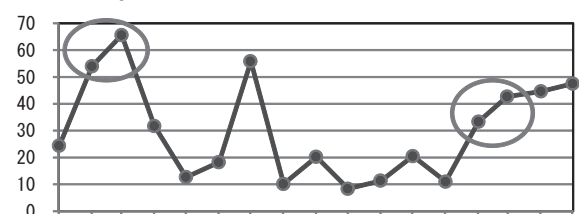
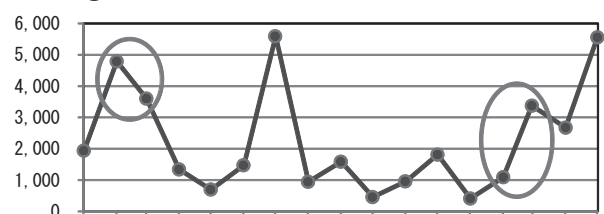


図2 流量の時間値の変化  
(国土交通省データ、一部、本研究測定値)

## 流量 m3/s



## T-N kg/d



## T-P kg/d

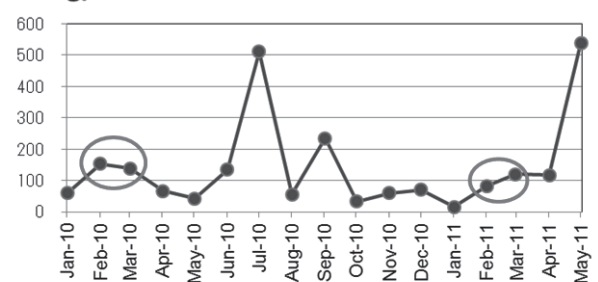


図3 流量、T-N・T-P 流出量の月平均値の変化  
(国土交通省データから計算)

ては大きな年間比率（年間総流出量に対する比率）となるが、T-Pや溶存態物質の融雪時流出量の年間比率は、流量の年間比率に比べて小さいと考えられた。リンは寒冷期よりも温暖期に流出しやすい傾向があると考えられた。

早川和秀（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、焦春萌、石川可奈子、熊谷道夫、辻村茂男（京都学園大バイオ環境学部）、石川俊之（滋賀大教育学部）

### 1. はじめに

近年の琵琶湖では、水中の窒素やリン濃度の減少が指摘され、富栄養化が抑制されたとの認識がなされつつある。しかし改善が一部の水質項目に限られることや局地的なアオコの発生、県民からの水質汚濁の苦情など水質の改善を疑問視する声もある。個々の水質項目に対する解釈だけでは水質保全の全体の方向を見失う恐れがあることから、個々の現象にとらわれない全体を見渡した議論や、富栄養化対策が行われてから今日までの長期の視点に立った議論が望まれている。

琵琶湖の富栄養化は、淡水赤潮やアオコの発生などで象徴されてきたが、水質データを富栄養化の観点から長期間にわたり俯瞰された例は多くない。それは、水質定期観測体制が富栄養化以後に確立されたため富栄養化前のデータに乏しいことや、古くからの水質調査データを統合的に眺める事例が少なかったことによる。そこで本研究では、古くからの複数の定期水質調査データを集めて、琵琶湖の富栄養化現象について、富栄養化以前から現在までを窒素やリンのデータで俯瞰することを試みた。この作業で実際に問題となるのは、実測数が少なく空間的・時間的に偏りが多い古い観測データを、現在のデータと対等に比較することである。本研究では、現在の定期観測の結果を用いて水平分布や季節性等の特性を把握した上で、過去の少ない実測値から妥当な推定を行うこととした。

### 2. 方法

解析には、滋賀県・国土交通省・水資源機構による琵琶湖水質定期観測、滋賀県水産試験場の琵琶湖定期観測、京都大学生態学研究センターの琵琶湖定期観測、京都大学理学部藤永研究室の化学調査結果、滋賀大学教育学部堀研究室の調査を用いた。データには、全リン、硝酸態窒素、クロロフィル a、透明度、プランクトン沈殿量を用いた。

### 3. 結果と考察

まず、月毎に得られた 1979 年以降の定期観測結果から全リンや硝酸態窒素の水平分布や季節性等を把握した。北湖の沖帯と沿岸帯の水質には明確な違い

があり、鉛直分布においても水面付近と躍層付近の分布の違いが見られた。そこで長期の水質解析には、北湖では、安曇川-彦根ライン以南から南小松-日野川ライン以北までの沖帯で 0-20 m 水深を対象水域とした。南湖では、水平分布に差があるが比較的全体の平均像に近い雄琴沖から柳が崎沖までの中央から西岸を長期変遷の対象水域と選んだ。

北湖における全リン濃度の年度平均値を実測平均または推定により求めた。1976 年の全リン年度平均推定値が最も高く、1963 年の推定値のほぼ 2 倍の濃度になっていた。1985 年以降は減少し、2005 年で 1960 年代の 1.2 倍程度まで濃度が下がった。硝酸態窒素も同様に、濃度の年度平均値の計算値を求めたところ、1970、1980 年代に増加があり、2005 年には 1960 年代の 5 倍近くになっていた。南湖における全リン濃度の年度平均値および推定値は、1970 年代に相対的に高い値が得られたが、近年の値は、1960 年代の水準にまで戻っているように見られた。南湖の硝酸イオン濃度の増加は、北湖と同様に 1970~1980 年代に増加が見られたが、2003 年における年度平均値は、1960 年代の 3 倍程度であり、近年は 1960 年代の濃度水準まで低下していた。プランクトン沈殿量などとの比較で、琵琶湖では全リンの濃度変動が植物プランクトン現存量の増減と調和的であり、富栄養化対策におけるリンの重要性が再確認された。

過去に他の機関で行われた水質定期調査データを取り扱うことは精度やその信頼性等の問題で解析に限界はあるが、複数の調査データを比較することで概観には支障のない程度には把握できることが分かった。富栄養化が進行する過程または改善される過程における水中の窒素やリン濃度がたどった遷移を理解することは、今後の水質保全計画や目標設定にとって参考となると考えられる。

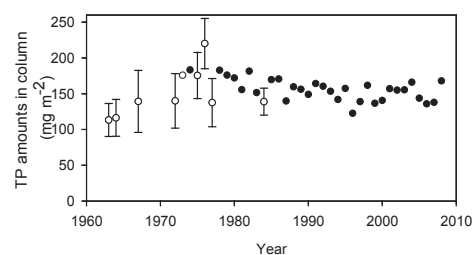


図 北湖における全リン濃度の年度平均値の長期変動

\* 大久保卓也、佐藤祐一（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

## 1. はじめに

琵琶湖周辺の稲作地帯では、水田から琵琶湖へ流入する栄養塩負荷量を削減するために農業排水をポンプアップして循環利用する「循環かんがい」や農業排水路を途中で堰き止め、排水を用水に再利用する「反復利用」などの農業系汚濁負荷対策が実施されている。しかし、それらの対策の負荷削減効果の定量的把握や費用対効果については十分把握されていない。そこで、本研究では、「農業排水の反復利用」を主な調査対象として農地における汚濁負荷削減対策効果を定量的に把握することを目的に実施した。

## 2. 方法

琵琶湖南湖東岸の赤野井湾に流入する法竜川上流では、揚水された地下水や石部頭首工から導水された水が反復利用されて農業用水として利用されている。本研究では調査対象として養魚場等の排水の影響で比較的窒素・リン濃度の高い用水を反復利用し

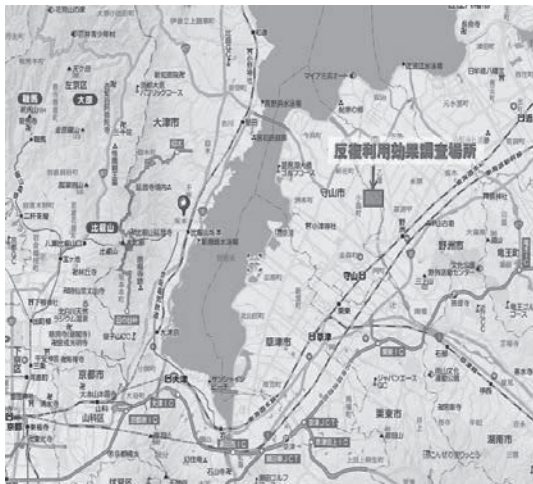


図1 反復利用効果の調査地点  
(守山市川田地区、笠原地区)

ている川田地区と笠原地区（図1）を選定し、用水濃度が高い場合における水田での窒素・リンの動態を把握することを目的に実施した。2 地区の水田群の用水と排水の水質を、2011年4月下旬から12時間間隔で自動採水機を用い採水し測定した。また、同地点で水位の自動観測を20分間隔で行い、水量の把握を行った。

## 3. 結果

笠原地区の上流に位置する川田地区では、養魚場等の排水の影響で用水の窒素、リン濃度は、川原地区の1.5倍程度の濃度となっていた。川田地区では、リンに関しては、D-P、T-Pともに排水の濃度が用水の濃度よりもかなり大きな値を示していた（図2）。この結果は笠原地区でも同様であった。一方、窒素

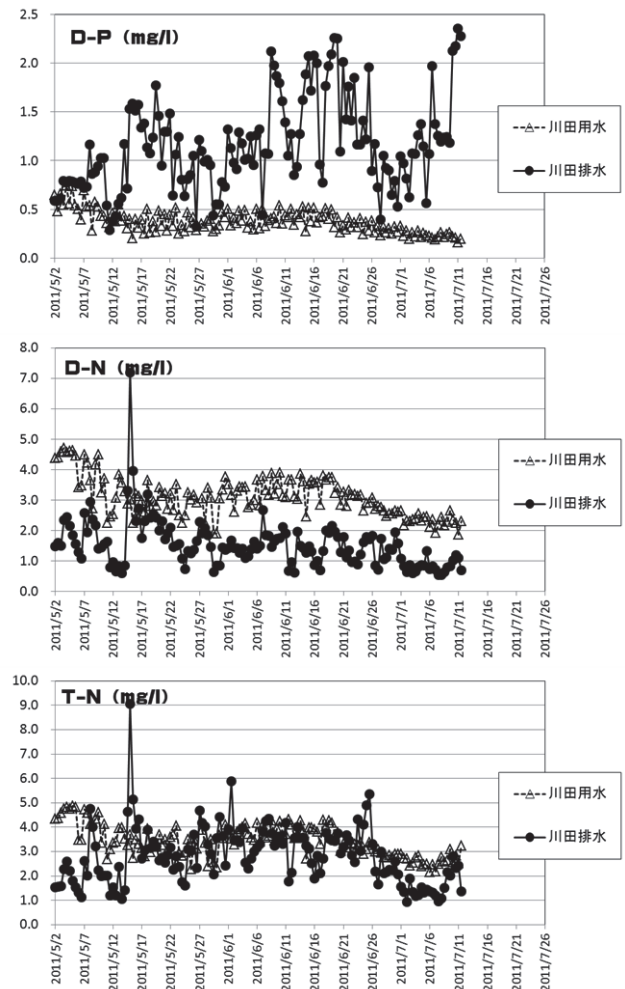


図2 水田群（守山市川田地区）における用水と排水の窒素、リン濃度の変化

に関しては、D-Nは排水の濃度が用水の濃度よりも低く、水田で除去されていることを示していた。しかし、T-Nで見るとD-Nに比べ排水と用水の濃度差は小さく、プランクトン等に吸収されたD-Nが懸濁態窒素（P-N）に変換されて流出していることを示していた。窒素とリンでは水田での動態が全く異なり、リンについては水田は発生源となっていたが、窒素については水田は吸収源となっていた。さらに調査、解析を進め、用水の窒素・リン濃度の大小が、水田での窒素・リン動態に及ぼす影響を数式化し、水田から流出する窒素・リンの負荷削減方法を検討するための数理モデルを作成する予定である。

## 謝辞

本研究は平成22年度ニッセイ財団環境問題助成金を受けて実施した。関係者の皆様に深謝いたします。

## 流域地質が河川食物網を流れる炭素の<sup>14</sup>C年代に及ぼす影響

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

### 1. はじめに

本発表では、河川食物網を流れる炭素<sup>14</sup>C年代に、流域の地質がどのような影響を及ぼすかを示す。大気CO<sub>2</sub>増加問題が顕在化する中、生態系の炭素循環を解明することは緊急性の高い課題である。河川生態系は、大気CO<sub>2</sub>だけでなく、流域の土壌や地質といった炭素リザーバーとも接点をもつ。したがって、生態系を構成する食物網には、<sup>14</sup>C年代の異なる複数の炭素が寄与している可能性がある。近年、流域の炭素滞留時間を推定するため、河川の溶存態・粒子態炭素画分の<sup>14</sup>C年代を測定した研究が行われてきているが、生物群集と食物網に着目した研究例はまだ少ない。そこで我々は、琵琶湖流入河川を例として、食物網の<sup>14</sup>C年代を明らかにすることを目的とし、研究を行った。

### 2. 方法

琵琶湖東部に位置する伊吹山石灰岩地帯付近に端を発する3河川（芹川、犬上川、愛知川）と、流域に石灰岩をもたない3河川（和邇川、安曇川、野洲川）の上下流において、生物が依存する2つの炭素起源（礫表面に付着する藻類と流下有機物）および水生生物を採集する野外調査を実施した。生物は、多様な摂食機能群を内包する水生昆虫群集と一部魚類について、<sup>14</sup>C天然存在比( $\Delta^{14}\text{C}$ )分析を行った。得られた $\Delta^{14}\text{C}$ 値から2ソース混合モデルを構築し、付着藻類と流下有機物の、各生物に対する相対的寄与率を算出した。流域の地質、土地利用や面積についてArcGISを用いて解析し、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値や炭素起源の寄与率との対応関係について検討した。

### 3. 結果

河川生態系の主要な一次生産者である付着藻類の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は、3石灰岩河川で $-361 \sim -48\%$ であったのに対し、3非石灰岩河川では $-61 \sim -1\%$ であった。一方、流下有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は $-3 \sim +117\%$ であった。生物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は3石灰岩河川で $-164 \sim +12\%$ であったのに対し、3非石灰岩河川では $-63 \sim +68\%$ であった。生物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値と2ソース混合モデルの推定値から、石灰岩河川では炭酸塩の風化によって生じる無機炭素が、付着藻類による光合成を通じて食物網へと供給されていることが明らかとなった。一方、非石灰岩河川においても、現在の大気CO<sub>2</sub>と異なる $\Delta^{14}\text{C}$ 値をもつ生物が存在し、流域に含まれる石灰岩以外の炭素リザーバーも、食物網の<sup>14</sup>C年代に影響していることが示された。

### 4. 考察

炭素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )と異なり、 $\Delta^{14}\text{C}$ は $\delta^{13}\text{C}$ によって補正されているため、純粋に炭素起源を反映する。特に3石灰岩河川で見られた極めて低い $\Delta^{14}\text{C}$ 値は、石灰岩に由来する年代の古い炭素が、河川食物網に取り込まれていることを示唆する。一般に、<sup>14</sup>C年代の古い炭素は「dead carbon」と形容され、生物学的な活性をもつかどうかは確かめられていなかった。本研究により、河川生態系の生物群集が現在の大気CO<sub>2</sub>だけでなく、流域に含まれる炭素リザーバーにも依存していることが明らかとなった。本発表では、食物網解析の従来法である、<sup>13</sup>C法と比較した場合の<sup>14</sup>C法の利点や、2ソース混合モデルを構築する場合の注意点についても議論する。

\*岡崎友輔, 中野伸一 (京大生態研セ)

### 1. はじめに

湖沼の水中には  $10^6$ - $10^8$  cells/mlの密度で細菌が浮遊しており、数百から数千もの分類群の細菌から構成される多様な群集を構成している。それぞれの分類群は均一な割合で存在するのではなく、優占的な分類群とそうでない分類群が存在する。優占分類群は、複雑な細菌群集の中で中心的な役割を果たしていると考えられることから、湖沼生態系における細菌の機能を解明する端緒を開く、重要な研究対象である。

本研究では、琵琶湖の深水層において、これまでにほとんど報告の無い分類群である、CL500-11 クラスタ (クロロフレクサス門) の細菌が優占分類群であることを解明した。発表では、対象分類群を顕微鏡下で直接観察・計数できる Catalyzed reporter deposition Fluorescence *in Situ* Hybridization (CARD-FISH) 法を用いて明らかとなった、琵琶湖全体における CL500-11 クラスタの時空間的な分布を紹介する。

### 2. 材料と方法

サンプル採集は2009年10月から2011年7月現在まで、月に一度の頻度で琵琶湖沖の定点にて行なった。各月、深水層を主に4または5水深より採水を行った。サンプルを1%パラホルムアルデヒドで固定し、その中に含まれる細菌をメンブレンフィルター上に捕捉し、CARD-FISH法によってCL500-11クラスタに属する細菌を特異的に染色し、顕微鏡観察によって計数した。同様にして、全細菌をDAPI染色し計数することで、全細菌に対しCL500-11クラスタの占める割合を算出した。その他、環境要因として、水温、溶存酸素量、植物プランクトン群集組成、従属栄養性ナノ鞭毛虫数を得た。CARD-FISHにおいては、顕微鏡写真を撮影し、画像解析を用いて細胞体積による評価も行った。

### 3. 結果と考察

調査期間は2009年、2010年、2011年の成層期にまたがっているが、いずれの年の成層期においても、深水層におけるCL500-11クラスタの優占が見つかった。またその現存量は鉛直混合期における減少を挟んで、季節周期的な変動を示した。CL500-11クラスタは、成層期を通じて深水層で増加し続け、躍層崩壊直前の2010年12月には、全細菌現存量の10%に達した。この割合は、湖沼においてこれまでに注目され研究されてきた、他の優占分類群のものに匹敵する。また、CL500-11クラスタの細胞は平均的な細菌の約2倍の細胞体積を持つことが画像解析から明らかになっており、体積比ではさらに高い割合を占めると考えられる(解析中)。一方、成層期の表水層ではCL500-11クラスタの優占は見られず、全細菌に対する割合は1%以下であった。1月から3月の鉛直混合期ではCL500-11クラスタの優占度は全層において1%以下にまで減少したが、再び4月の躍層成立後に深水層で増加を始めた。

予備調査により、定期観測ポイントの20km北にある地点でも同様の結果が確認された。このことから、CL500-11クラスタは、成層期における琵琶湖全体の深水層で広く優占しており、琵琶湖の物質循環において主要な役割を果たしていると考えられる。しかし、現時点でCL500-11クラスタに関しては、他の湖における優占の報告が一例、発見の報告が数例あるに過ぎず、生態学的機能は明らかになっていない。本発表では、研究結果と合わせて、これまでにCL500-11クラスタが見ついている他の湖沼との比較を交えながら、琵琶湖深水層におけるCL500-11クラスタの生態学的役割を考察する。



*Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum* の細胞密度の変動要因

\*鈴木 恵(龍谷大学大学院・理工), 岸本直之(龍谷大学・理工)

一瀬 諭・古田世子(琵琶湖環境科学研究センター)

## 背景と目的

琵琶湖の有機物収支は、流入、内部生産、内部消費、流出から求められる。湖への有機物流入負荷に対して湖内生産量は18倍程度にも上るとの試算(佐藤ら, 2010)もされており、琵琶湖の有機汚濁における湖内生産の影響は無視できないと考えられる。とくに沖帯においては内部生産の多くを植物プランクトンが担い、その中でも *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum* (以下, STD)の総細胞容積は、全植物プランクトンに対して58.3%を占めている(一瀬ら, 2010)ことから、その増殖特性の把握が琵琶湖の有機物挙動を把握する上で重要である。

そこで本報告ではSTDの過去約30年間にわたる生物量変化を解析するとともに、回分式培養実験によりSTDの変動要因について調査した。

## 材料と方法

琵琶湖北湖・今津沖中央(17B)におけるSTDおよび水質のデータは滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの調査データを用いた。本報告では生物量としてSTDの細胞密度を使用した。

培養実験ではM-11 改変培地を用いてSTDの単藻回分式培養を実施した。実験条件として温度、光、窒素およびリンの濃度をそれぞれ変化させた。細胞密度はプランクトン計数板を用いて、2~3日毎に顕微鏡にて計数した。

## 結果と考察

STDの細胞密度は減少傾向にあった。1990年代より冬季(12~1月)と春季(3~5月)に出現する頻度が高くなっていったが、秋季(9~11月)に出現する割合は大きく減少していた(図)。

見かけの比増殖速度の変化パターンに着目すると、6月にピークをもつ一山型(1979~1988年)

から、移行型(1989~1998年)を経て、4月と10月にピークをもつ二山型(1999~2008年)に変化していることが分かった。

また、8月の水深5-30mでの水温差は30年前に比べて4.2°C上昇していた。水温躍層の形成期間も概ね1ヶ月程度長くなり、沈降損失が緩和されて秋季の増殖挙動に変化が生じたと考えられた。

さらに、Liebig 最小律によってSTDの増殖制限因子を解析した結果、1989~1998年では5~11月、1979~1988年と1999~2008年では5~12月の期間で、窒素が増殖制限要因となっていると考えられた。

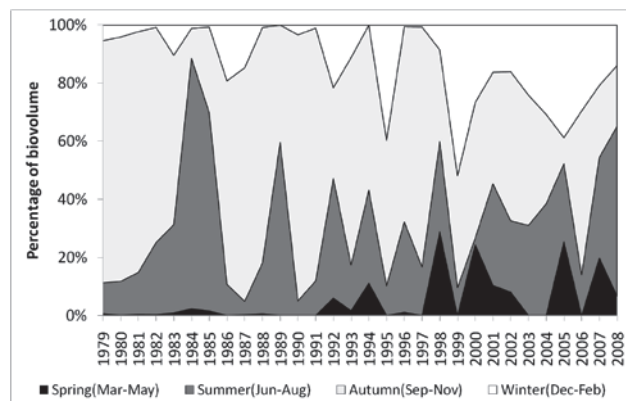


図 STD 四季別出現割合  
(今津沖中央表層, 1979~2008年)

## 謝辞

本研究は環境省環境研究総合推進費「湖内生産および分解の変化と難分解性有機物を考慮した有機汚濁メカニズムの解明」(H20~22年度 代表 一瀬諭)の一部として実施した。ここに記して謝意を表します。

## 引用文献

一瀬ら (2010) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書 第6号, p105-110。

佐藤ら (2010) 日本陸水学会第75回弘前大会講演要旨集, p212。

\*高橋和也, 浅枝隆 (埼玉大院・理工)

### 1. はじめに

ナガエミクリ (*Sparganium japonicum*) は、河川や水路の改修によって現在では環境省レッドデータブックの絶滅危惧種に指定されている。また、近年、本種のような水生植物が有する土砂の補足効果を定量化し、河川の水質管理や水質改善に応用しようという動きもみられる。しかしながら、本種の生育環境特性に関する研究事例はそれほど多くない。そのため、本種の保全方法や水質改善への適用を考えるうえで必ずしも十分な情報があるとはいえない。本種に類似するミクリ (*S. erectum*) はその生活史において、沈水状態→抽水状態→倒伏を繰り返し、土砂の補足機能もその状態によって異なることが報告されているが、本種の場合は季節によってその生育状態が変化するというよりは、むしろ環境条件によって生活型が異なっているように見受けられる。本研究では、滋賀県黒橋川流域における農業用水路群での調査結果から本種の生育環境特性を報告するとともに、本種的生活型(沈水・抽水)を左右する要因について考察する。

### 2. 調査地と方法

調査地は、滋賀県近江八幡市を流下する黒橋川の上流域に位置する農業用水路群である。これらの水路群には湧水池から水が流れ込んでおり、とどころ河床からも湧水している。当該水路群の水面は水草によって覆われおり、ナガエミクリやオオカナダモ (*Egeria densa*)、コカナダモ (*Elodea nuttallii*) 等が生育している。

**1) 生育環境調査:** 上述の3種の水草を対象に現存量の分布状況を調査した。また、各群落の生育環境特性を把握するために、現存量を測定した場所において、流速とpH、DO、EC、水温を現地計測し、底泥および水を採取した。採取した底泥については、室内にて粒度分布を計測するとともに、N、Pの含有率を分析した。また、水に関しては、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P濃度を分析した。サンプリングおよび現地における水質計測は、2010年5月から7月にかけて実施した。

**2) ナガエミクリ調査:** ナガエミクリが分布する区間に1.5m間隔に側線を設定し、側線上のナガエミクリの生活型(沈水・抽水)に着目し、その分布状況を記録した。また、側線上の右岸・流心・左岸の3か所において、それぞれ表層と水深の中間部の流速を電磁流速計で計測した。調査は2010年10月に実施した。

### 3. 結果と考察

**1) ナガエミクリの生育環境特性:** ナガエミクリの生育地は他の2種に比べてpHが低く、当該水路に注ぎ込む酸性湧水(pH:6.0程度)の影響をより強く受ける場所に生育していた。湧水は地下に浸透している間に懸濁物質がろ過されるため、懸濁態粒子に吸着しやすいリンについては

湧水中の濃度も低くなる。そのことを反映してナガエミクリの生育地のリン濃度は水中、底泥とも他の2種の生育地に比べて低くなっていた。水田に隣接する水路にもかかわらず、湧水の存在が水路内の水のリン濃度を低く維持するために、オオカナダモやコカナダモの侵入を防ぎ、このことがナガエミクリの生育を可能にしているものと考えられた。

### 2) 流速とナガエミクリの生活型:

ナガエミクリは写真1のように沈水タイプのものと抽水タイプのものが存在する。図1は生活型別の分布状況と流速分布(中間部)を示したものである。当該水路は流下方向に対して右に湾曲しており(図1参照)、抽水タイプは内岸側に、沈水タイプは流心から外岸側に分布していた。図1からわかるとおり、内岸側と外岸側とは流速分布がことなっていた。沈水タイプが形成するパッチと抽水タイプのそれとはパッチ内部(中間部)、表層とも流速が有意に異なっていた。中間部で沈水タイプの流速が $6.2 \pm 3.6$  cm/sなのに対して、抽水タイプでは $20.9 \pm 9.1$  cm/sであった ( $p < 0.001$ )。また、表層部ではそれぞれ $6.5 \pm 3.6$  cm/sと $22.3 \pm 9.3$  cm/s ( $p < 0.001$ )であった。抽水タイプは水の抵抗を受けやすく流速によっては折れたり、倒伏したりする可能性が高い。そのため、流速が両者をわける要因になっているものと考えられた。

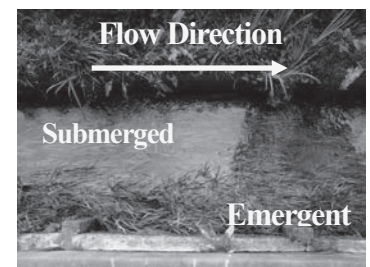
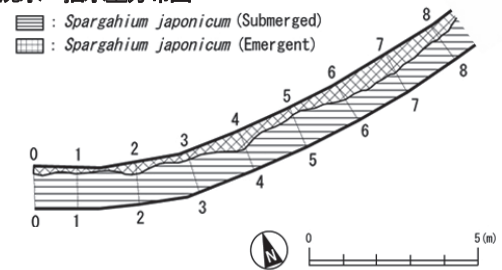


写真1 ナガエミクリ群落

### a) 沈水・抽水型分布図



### b) 流速分布

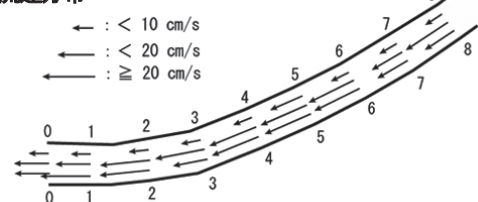


図2 a) ナガエミクリ(沈水型・抽水型)の分布状況と b) 流速分布 [中間部]。調査区の一部を掲載。

## 沈降粒子束から見積もる琵琶湖の堆積速度(2)

\* 杉山雅人 (京大院・地球環境、人間環境), 木邑奈美 (京大院・人間環境)  
堀智孝 (京大院・人間環境)

## はじめに

堆積速度の測定は底質に含まれる放射性同位元素を利用して行われるのが一般的であるが、湖にセジメント・トラップを繫留して沈降粒子束を測定することにより、堆積速度を求めることもできる(杉山ら:2009年日本陸水学会大分大会)。この方法の特徴は、現在の堆積速度を実験的に求めることができることである。また、湖底直上の沈降粒子束と堆積速度を比較して、堆積物中での初期続成作用の速度を見積もることができる。もちろん、これらの値を元素別に評価することも可能である。しかし、湖底堆積物の再懸濁などによって、湖底直上の沈降粒子束の観測値が真の値よりも大きくなることが多いので、観測値の適正な補正が必要となる。

本研究では、水深を変えて繫留した2つのセジメント・トラップによって測定された沈降粒子束から見積もられた琵琶湖の堆積速度について、元素別に議論する。

## 方法

琵琶湖北湖、近江舞子沖Ie-1地点(水深:75m)の水深30mと65mにセジメント・トラップ(捕集面積:186cm<sup>2</sup>)を毎月1~2回、1年間繫留した。6~8日間の繫留の後にセジメント・トラップを回収して捕集瓶中に沈降した粒子を採取し、乾燥重量(DW)、アルミニウム、チタン、炭素などの元素濃度を測定した。乾燥重量は常法により、アルミニウムやチタンなどの金属濃度は試料を酸分解した後に誘導結合プラズマ発光分析法により、炭素と窒素の濃度はCHN元素分析計により測定した。

## 結果と考察

図1に乾燥重量(DW)とアルミニウムの沈降粒子束の月別変化を示した。この結果を平均して、年間沈降粒子束を求めた。次に、アルミニウムの年間沈降粒子束と堆積物表面中濃度を用いて、次式により湖底直上の沈降粒子束と堆積速度を見積もった。

$$\text{湖底直上沈降粒子束} = 65\text{m沈降粒子束} - \frac{65\text{m Al沈降粒子束} - 30\text{m Al沈降粒子束}}{\text{堆積物中Al濃度}}$$

$$\text{堆積速度} = \frac{30\text{m Al沈降粒子束}}{\text{堆積物中Al濃度}}$$

これは、沈降粒子や懸濁粒子中のアルミニウムは、pHが中性付近の水域では化学的にも生物学的にも不活性で地殻起源粒子の指標となること、基本的にアルミニウムの沈降粒子束と堆積速度は等しいと考えられること、水深65mでの沈降粒子束の実測値は、水深65mにおける正味の沈降粒子束に堆積物の再懸濁による付加量がかわったものであること、によっている。表1にはこうして求めた年間の湖底直上沈降粒子束と堆積速度の値を示した。

乾燥重量当たりの堆積速度(全堆積速度)はこれまでの報告値と良い一致を見せた。乾燥重量、炭素、窒素の堆積速度は湖底直上の沈降粒子束に比べかなり低い値を示した。これは沈降粒子が堆積物表面に沈積して間もない期間に、初期続成作用によって新生堆積物が活発に分解されていることを示している。一方、鉄、マンガン、の堆積速度は沈降粒子束より大きな値となった。これは、堆積物の内部から表面に向けての鉄やマンガンの輸送に起因している。

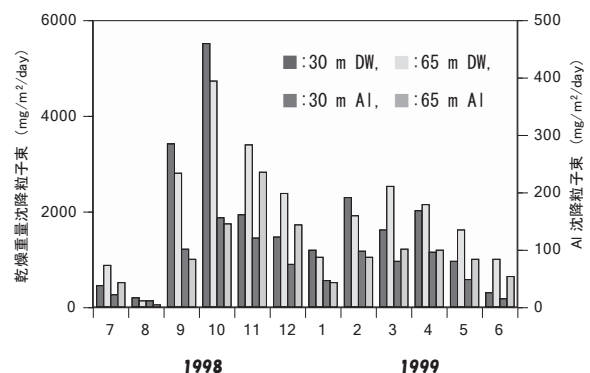


図1 沈降粒子束の季節変化

表1 年間の湖底直上沈降粒子束と堆積速度

成分	沈降粒子束 (g/m <sup>2</sup> /y)	堆積速度 (g/m <sup>2</sup> /y)
DW	633	386
Al	26.4	26.4
Fe	17.7	18.2
Mn	2.01	3.33
P	0.83	0.67
C	42.8	19.9
N	5.27	2.15

# 1B14 琵琶湖北湖岸における底泥調査とアオコ形成種の分布について

\*一瀬 諭, 古田世子 (琵琶湖環境科学研究センター), 馬場大哉 (東レテクノ (株))

## 1. はじめに

湖沼における底質環境は、生態系を構成する重要な要素であり、この底質や底泥上に分布する微生物を把握することは大きな意義を持つ。特に、平成 23 年度から環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価に関する研究」を推進するため、今回、過去に実施してきた琵琶湖北湖沿岸帯における底質調査データとその底泥上に分布していたアオコ形成種の生息状況等についての再検討を行ったので報告する。

## 2. 方法

(1) 調査期間および地点: 2002 年 9 月 26 日～10 月 9 日。

図 1 に示した琵琶湖東岸部 9 測線の 90 地点。(1 測線につき湖岸から沖合い 300m 間で 30m 毎にコアサンプラーを用いて潜水により採取し、採取直後、船上において直上泥を駒込ピペットにより 90 サンプル採取した。

(2) プランクトン計数法: 直上泥をメスシリンダーに移し 1 分間混合後、10 分間静置し底泥上から表面に浮上してきたプランクトンの表層水 1ml を標準プランクトン計数板で計数した。

(3) 底泥中に分布する付着性藻類は、(2)と同様に処理後、直上泥を落射蛍光顕微鏡を用い、藍藻が有するフィコシアニン、フィコエリスリン色素を確認し、その種類の同定を行った。

(4) 化学分析: 含水比、全炭素、全窒素、全りん、強熱減量、pH、酸化還元電位(ORP)。

## 3. 結果と考察

(1) 有機性堆積物の堆積状況

各測線の堆積物について調査した結果、自然的な湖岸環境で底質表面が砂質に覆われ、浮泥など有機物に由来する堆積物が少なかった測線は、姉川沖、天野川沖、石寺沖および愛知川沖の 4 測線であった。また、人工的な湖岸環境であり、湖底に浮泥が 1 cm 以上堆積していた測線は、早崎港沖、長浜港沖、長命寺沖の 3 測線であった。さらに、日野川沖、吉川港沖の 2 測線は、湖岸では有機性堆積物が少なく、沖合では多くなる傾向が認められた。特に有機性堆積物が多かった長浜港沖および長命寺沖や、琵琶湖南部に近い日野川沖、吉川港沖の各測線の湖底環境は、いずれも酸化還元電位が -100mV 以下を示しており、底泥上がかなり還元的な状態になってきていることが示唆された。

(2) 底泥上から浮上した浮遊性藍藻

アオコ形成種を中心とした浮遊性藍藻については、北湖東岸沿岸帯のシルト質の多い底泥上に広く分布しており、その主体は *Microcystis* 属であった。*Microcystis* 属は長命寺沖が最も多く、底泥の酸化還元電位は低く、全りんや全窒素濃度が高くなる傾向が認められた。また、アオコ種の中でも北部測線においては *Anabaena* 属主体の地点も確認

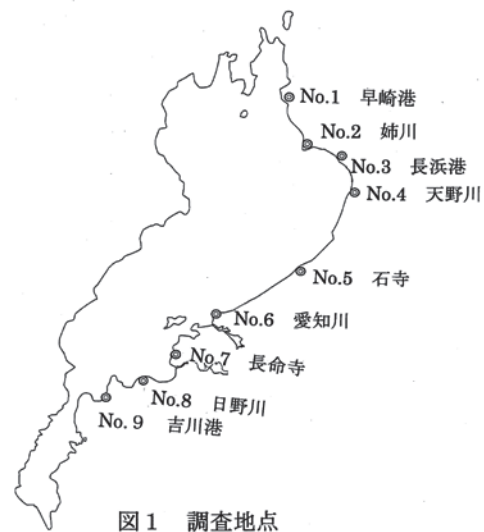


図 1 調査地点

された。さらに、北湖南部側線においては大型のアオコ形成種である *Oscillatoria Kawamurae* も底泥上から確認された。アオコを形成する種類名については、*Microcystis wesenbergii* や *M. aeruginosa* が長命寺沖で最も多く計数され、かび臭を生成する *Anabaena spiroides* var. *crassa* は早崎港沖で多かった。さらに、長浜港沖の測線においては、硫黄細菌に属する *Beggiatoa* sp. が認められ湖底が嫌気的な環境になっていることが示唆された。

(3) 底泥中に分布する付着性藍藻類

蛍光顕微鏡を用いて、底泥中の付着性藍藻を調べた結果、フィラメント状の細くて湾曲する *Phormidium* sp. (小) タイプと太くて直線上の *Phormidium* sp. (大) タイプが確認された。これらの種類の分布は北部よりも愛知川沖以南の測線で多く確認され、中でも長命寺沖や吉川港沖で多かった。しかし、砂質中心の測線では少なく、浮遊性藻類もほとんど観察されなかった。

付着藻類を含めた生物量についてみるとシルト質の多い測線では生物量が多く、アオコ形成種等が底泥上に広く分布していることなどが明らかとなった。

今後は、湖岸形態等の地形的要因や流入河川の状況などと、底質環境の関係についても検討するとともに、湖底の溶存酸素量の変動や湖流の動きも考慮した底質調査を進める必要があると考えられた。

本研究は環境省環境研究総合推進費（研究期間平成 23 年度～平成 25 年度）の一部として実施した。

## 参考文献

一瀬 諭, 若林徹哉, 加賀爪敏明, 辻元宏: 琵琶湖北湖沿岸帯湖底における泥質化の現状と藻類・アオコ形成種の分布, 用水と排水, Vol. 46, 5, 391-400 (2004)

## 炭酸水素イオン濃度減少

\* 小島永裕<sup>1)</sup>, 長井正博<sup>2)</sup>, 賀茂裕樹<sup>2)</sup>, 藤井芳一<sup>2)</sup>, 片山幸士<sup>2)</sup>  
<sup>1)</sup>滋賀県森林センター, <sup>2)</sup>人間環境大学人間環境学部

## はじめに

渓流水中の成分濃度は、森林系外からの流入、系内での生物地球化学的過程、水文学的過程などのいくつかの過程が複合的に作用して決まっている。これらを解明するために、我々は渓流水中の溶存成分濃度に対する流量と温度の影響について検討してきた<sup>1)</sup>。

生物地球化学的な作用を解明する上で、樹木の生長や伐採に伴う渓流水中成分の濃度変化を把握することは重要である。樹木の伐採に伴って渓流水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が増加することについては、いくつかの報告がなされている<sup>2)</sup>。しかし、これ以外のイオンの挙動についてはほとんど情報がない。

今回はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>を含めた主要なイオンについて、間伐前後の濃度変化を観測した結果を報告し、渓流水の電荷のバランスを維持する観点から考察を加えた。

## 調査方法

調査地は滋賀県野洲市大篠原にある集水面積 20.0 ha の森林で、日野川支流光善寺川の最上流部に位置し、花崗岩質で、スギ、ヒノキの人工林を主体とする。2003年に量水堰を設置し、渓流水量を自動計測している。

水質分析用に渓流水を2004年9月から2010年10月にかけて毎週、量水堰の上流約10mにおいて採取した。試料水は、その一部でpHを測定し、残りを孔径0.4 μmのニュクリポアフィルター(Whatman製)でろ過した。ろ液中のNa<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Si(OH)<sub>4</sub>をイオンクロマトグラフ、空気分節自動流れ分析装置、分光光度計、蛍光光度計を用いて測定した。また、ろ液に純空気(CO<sub>2</sub> < 0.5 ppm)を通気して溶存CO<sub>2</sub>を除去した溶液を全有機炭素計に供し、アルカリ度成分としてのHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(以下、Alk-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)濃度を測定した。

間伐は2008年1月25日から4月20日に実施し、本数率で約10%の造林木を伐採した。

## 結果

渓流水中のpHの平均値は間伐直前の3年間で6.88、間伐後の最初および次の1年間でそれぞれ6.87、6.88であり、間伐前後で大きな変化はなかった。さらに、

H<sup>+</sup>以外の陽イオンについても、間伐前後で濃度に大きな変化は認められなかった。

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の平均値は間伐前に45.1 μmol/Lであり、間伐後の最初の1年間では63.9 μmol/Lに増加し、次の1年間では52.7 μmol/Lと1年目より増加の程度が小さかった。Alk-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度についてはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>とは逆の変化が認められた。即ち、Alk-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の平均値は間伐前に108.3 μmol/Lで、間伐後の最初の1年間では91.6 μmol/Lに減少し、次の1年間では98.2 μmol/Lと1年目より減少の程度が小さかった。それぞれの成分濃度の間伐前後の平均値には、統計的に有意の差が認められた。これ以外の陰イオンでは大きな変化は認められなかった。

## 考察

既存の同種の調査結果と同様に、今回の調査でも間伐後にNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が増加した。

電荷のバランスの観点からは、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度だけが増加することはあり得ない。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、まず、HNO<sub>3</sub>として供給されると考えられる。この場合、pHが低下することが考えられるが、pHの変動はなかった。このことから、何らかの中和反応が進行したと考えられる。

中和反応の1つとして土壌粒子表面での陽イオンとの交換反応があり、陽イオン濃度の上昇をもたらすと推察される。しかし、陽イオン濃度に大きな変化は認められず、この可能性は低い。別の中和反応としてアルカリ度成分による緩衝作用が考えられる。今回の結果ではAlk-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が間伐後に減少しており、このことを裏付けるものといえる。

以上のことから、間伐後のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の増加に対しては、主としてAlk-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が減少することで電荷のバランスを維持しているものと考えられた。

## 引用文献

- 1) 小島永裕ほか(2009) 渓流水中の溶存成分濃度に対する水量および温度の影響, 第120回日本森林学会大会要旨集, D24
- 2) 例えば, 福島慶太郎ほか(2008) 皆伐・再造林施策が渓流水質に与える影響—集水域単位で林齢の異なるスギ人工林を用いて—, 日林誌, 90:6-16

\*咸泳植・小堀洋美・磯川茂克・松隈淳

(東京都市大学・環境情報学部)

### 1. はじめに

ヨーロッパとアメリカの北東部では 1950 年代から大気由来の窒素負荷量が増加している (McNulty et al., 1990; Goulding and Blake, 1993)。日本においても大気由来の窒素負荷量は、1984 年から 1988 年まで平均  $7.6 \sim 9.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  で年々増加の傾向にあると報告されている (Kato et al., 1990)。なお、森林生態系では、湿性沈着物 (降水など) や乾性沈着物 (ガス、粒子など) によって森林生態系にもたらされる窒素量が増加し、その系内に窒素が蓄えきれなくなると、多量の窒素が系外に流出する窒素飽和となる。森林集水域における窒素飽和の原因は、大気由来の窒素負荷量の増加であるとの見解もあり

(Emmett et al., 1995; Castro and Morgan II, 2000;)、その窒素飽和の現象により、森林衰退、土壌酸性化、地表水汚染など様々な環境問題が懸念されている (Brown, 1988; van Breemen and van Dijk, 1988; Schulze, 1989; Dise and Wright, 1995; Whytemare et al., 1997; Chiwa et al., 2003; Ham et al., 2004)。

神奈川県相模湖は 1947 年に人造湖になって以来、神奈川県と横浜市における重要な上水水源であるが、富栄養化と言う環境問題により、水質低下が懸念されている。これまで閉鎖性水域における窒素汚染源は、生活排水など主に人為起源と言われているものであったが、相模湖の富栄養化の主たる原因の一つである窒素汚染源については、自然系 69%、生活系 21%、産業・観光・畜産系 8% と算出されたことがある ((株) 地域交流センター企画, 1997)。しかし、自然系由来の窒素源と見なされる、森林集水域から流出する窒素の多くが、人為起源であることが指摘されている (Ham et al., 2010)。本研究では、人為的な窒素の負荷量が小さいと考えられてきた相模湖付近の森林集水域において大気由来の窒素負荷量 (窒素流入量) と窒素流出量を測定し、窒素循環の経年変動について検討した。

### 2. 材料と方法

研究サイトは、神奈川県北部に位置している相模湖付近の森林集水域であり、コドラート面積 ( $10\text{m} \times 10\text{m}$ ) あたり平均 12 本の樹木の密度 (針葉樹約 60%)、広葉樹約 40% を示した。研究期間は、2005 年 (2004 年 11 月～2005 年 10 月) と 2006 年 (2005 年 11 月～2006 年 10 月) である。集水域の面積は [Lia32](#) を用いて求めた。採取した試水 (林外雨、渓流水) は  $0.45\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターでろ過後、測定するまで  $-20^\circ\text{C}$  で冷凍保存した。

試水中の硝酸 ( $\text{NO}_3^-$ )・亜硝酸 ( $\text{NO}_2^-$ ) 性窒素は、イオンクロマトグラフィー (SHIMADZU, PIA-1000) で、アンモニウム ( $\text{NH}_4^+$ ) 性窒素は、インドフェノー

ル青吸光度法 (HITACHI, U-1500) により測定した。

窒素の収支は、林外雨の窒素量 ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) から渓流水中の窒素量を差し引いて求めた。相模湖付近の森林集水域に設置した三角堰で流量を測定し、大気圧用・絶対圧用の水位計 2 本 (Van Essen Instruments, DI 250(Baro)) で 30 分間隔の水位を自動計測した。なお、2005 年の渓流水の流出量は、流量の測定値と水位の測定値の近似曲線式から求めた。2006 年の渓流水の流出量は、2005 年の各月降水量の比率に相当する渓流水の流出量から推定した。

### 3. 結果および考察

(窒素負荷量の測定) 本森林集水域における大気由来の窒素負荷量 (林外雨中の窒素量) は約  $7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  (2005 年) と  $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  (2006 年) で、平均  $9.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  を示した。なお、大気由来の窒素負荷量のうち、アンモニウム性窒素が最も多く平均約 66% を占め、硝酸性窒素は 34%、亜硝酸性窒素は 0.2% の割合を示した。

(窒素流出量の算定) 本森林集水域からの窒素流出量 (渓流水中の窒素量) は、約  $8.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  (2005 年) と  $12.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  (2006 年) で平均  $10.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  を示した。なお、窒素流出量のうち、硝酸性窒素が最も多く平均約 98% を占め、アンモニウム性窒素は 2%、亜硝酸性窒素は 0.2% の割合を示した。

(森林集水域の窒素収支) 本森林集水域における窒素収支では、2005 年約  $1.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  と 2006 年約  $0.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  いずれも窒素流出量が多く評価された。

(森林土壌の水溶性窒素濃度) 本森林集水域において、森林土壌中の水溶性窒素濃度は、A 層が B 層より高い傾向を示し、アンモニウム性窒素の濃度が平均約 60% を占めており、硝酸性窒素が平均約 40% の割合を示した。なお、本森林土壌中の水溶性窒素濃度は、本調査地付近の畑の表層土並みであった。

以上の結果より、相模湖付近の森林集水域は比較的周辺が自然豊かであるため人為的な窒素の負荷量が小さいと考えられてきたが、主に人為起源と思われる大気由来のアンモニウム性 (畜産由来など) と硝酸性窒素 (工場や自動車排気ガスなど) を主とする窒素が流入しており、その流入量を上回った窒素が系から流出している窒素飽和の状態または窒素飽和に近い状態であると評価された。大気由来の窒素化合物は容易に広範囲に移動できるため、陸地生態系に及ぼす影響が激しく変動する可能性が高い。さらに、気候変動や温暖化による森林生態系の影響についても議論されており、今後長期間に渡る窒素循環の変動を継続的に観測・解析していく必要がある。

## 甲府盆地北部森林域における降下物中の 硝酸イオン濃度の空間分布

\*風間ふたば<sup>1)</sup>, 石丸俊太郎<sup>2)</sup>, 中村高志<sup>1)</sup>, 平賀由紀<sup>1)</sup>, 清水源治<sup>1)</sup>

1) 山梨大学大学院国際流域環境研究センター

2) 山梨大学大学院国際流域環境科学特別教育プログラム

### 1. はじめに

硝酸やその先駆物質である一酸化窒素や二酸化窒素などの窒素酸化物は、硫酸や硫酸化物などと共に、酸性雨や光化学スモッグの原因物質として知られているが、近年は大気由来の窒素が山地渓流水中の窒素濃度を増加させている可能性も指摘されている。本研究の対象地域である甲府盆地北部森林域は荒川上流域に当たり、水道水源の一つである荒川ダムが存在する。近年ダム湖中の窒素濃度が、その濃度は低いものの、増加傾向にあることから、筆者らは甲府市水道局と共同でこの流域の陸水学的調査を継続している。今回はその一環として、標高の異なる地点での全降下物の観測を行った結果を報告する。

### 2. 調査方法

荒川上流域の標高の異なる5地点（伝丈沢；1269m、いこいの里；1108m、荒川ダム；837m、悠遊館；565m、平瀬；393m）に、直径12cm漏斗を取り付けた5Lボトルを設置し、2009年6月より採水を開始した。月1回、容器内に捕集された雨水を回収し、ろ過後に溶存陽イオン、陰イオンの測定を行った。また山梨県庁より甲府盆地内の風向、風速および大気観測データの提供を受けた。

### 3. 結果と考察

調査は現在も継続しているが、今回は2010年1月から2010年12月までのデータについて報告する。図1は降下物中の陽イオンならびに陰イオンの降下物量の合計値を採取地点別に比較したものである。いずれの地点においても陽イオン中では $\text{NH}_4^+$ と $\text{Ca}^{2+}$ の割合が高く、陰イオン中では $\text{NO}_3^-$ が占める割合が著しく大きいこと、また陽イオン、陰イオンともに、標高の低い地点で総量が多い傾向が認められること

が明らかとなった。またこの地域の年間を通しての窒素降下物量は、一般的に窒素飽和の目安とされる値に匹敵している。しかし、別に行っている甲府盆地南部森林地域や盆地内での調査からは、これほど高い窒素降下フラックスは観測されていない。

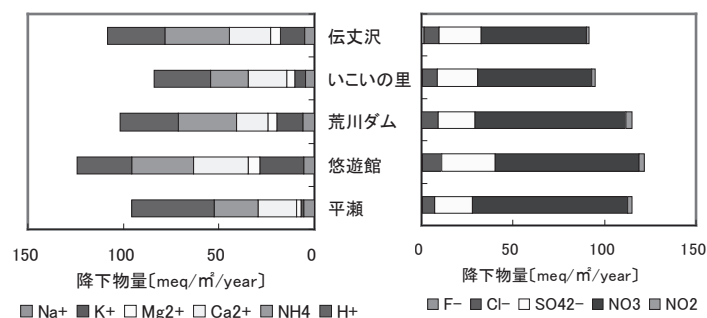


図1. 各採水地点における全降下物量の比較

降下物に含まれる、窒素成分について標高別にその季節変動をみたところ、今回の調査地点間の濃度差は冬季に明確に現れ、伝丈沢から標高が低くなるにつれて降下物量は増加していたことがわかった。

そこで、大気観測データと降下物中の硝酸イオンの関係について検討したところ、盆地内のオゾンポテンシャルと各調査地点の降下物中の硝酸イオン濃度との間には相関性が見られること、甲府盆地は年間を通して日中に南からの弱い風が卓越していること、また冬季の降雨前は比較的大気が安定していたこと、などが明らかとなった。これらの結果は、盆地内で生成された大気汚染物質が甲府市北部山林地域の降下物中の硝酸イオンの主な起源であることを示唆しているとともに、甲府盆地においては地域気象が盆地周辺の森林域内に窒素降下フラックスに関するホットエリアを作り出している実態を暗示していると考えられる。

## 筑波山における植生及び地形要因と渓流水中 NO<sub>3</sub>-N濃度との関係

\*三浦真吾 (株武揚堂), 渡邊未来, 林誠二, 高津文人, 今井章雄, 小松一弘  
川崎伸之, 佐藤貴之, 富岡典子, 篠原隆一郎 (国立環境研究所)

### 1. はじめに

近年, 日本の森林において窒素飽和現象が確認されており, 茨城県筑波山でも森林への窒素負荷と森林からの窒素流出が共に高いことから, 窒素飽和な状態にあると報告されている(渡邊ら, 2007)。渓流水中のNO<sub>3</sub>-N濃度と地形, 地質あるいは植生といった様々な環境要因との関係が研究されているが, 現時点で明確な結論には至っていない。その原因として, 対象地域の規模や使用する環境要因の数が異なる事などが挙げられている。中でも植生調査のデータが古く, 調査対象地域の現状と異なっている事が大きな問題であると指摘されている。

本研究では, QuickBird衛星画像を用いて植生分類を実施することで其々の集水域の常緑針葉樹・落葉広葉樹の比率を計算した。そして, 各種地形指標と併せて渓流水のNO<sub>3</sub>-N濃度との相関分析を実施することで, 各種環境要因とNO<sub>3</sub>-N濃度との関係性を検討した。

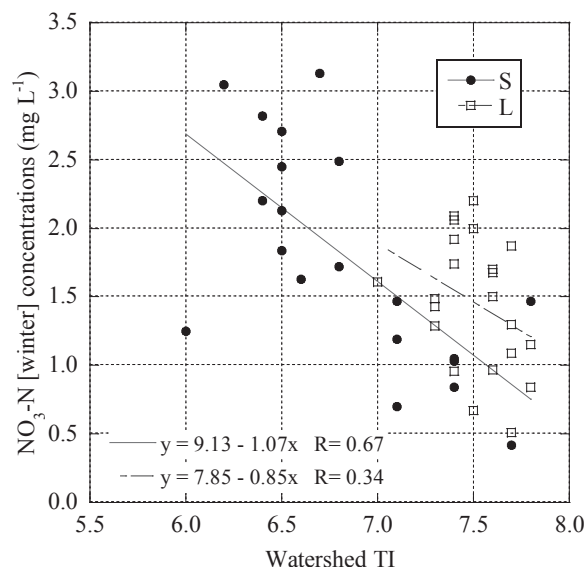
### 2. 調査及び解析方法

筑波山周辺の森林地 42 地点の溪流において採水を行った。採水は2007年8月から2008年4月の期間に4回行い, 季節毎に採取した。渓流水は10日以上先行降雨がない平水時に採取し, 氷冷状態で実験室に持ち帰り, ろ過(0.4μm)後にイオンクロマトグラフィーでNO<sub>3</sub>-N濃度を測定した。

集水域は基盤地図情報10mメッシュ(国土地理院)を基にArcGIS(ESRI社)のSurface analysisを使用して求め, その他の地形情報についても同様に解析した。植生分類はQuickBirdのMultispectral画像(2.44m分解能)を用いて行った。2010年5月の画像を使用し, 解析にはErdas Imagine(ERDAS社)を使用した。植生の活性度が高く, 常緑針葉樹と落葉広葉樹の分光反射特性の差が明確である近赤外バンドを使用することで良好な分類結果が得られた。

### 3. 結果及び考察

NO<sub>3</sub>-N濃度と植生及び地形要因との相関分析を行ったところ, TI(Topographic Index), 集水域面積, 斜面傾斜, PROFC(垂直断面曲率)と有意な値を示



**Fig. 1** Relationship between NO<sub>3</sub>-N concentrations in winter and watershed topographic index (TI). Filled circles stand for small watershed points, and open squares do large watershed points.

した。特に湿潤度の指標とされるTIでは, 一年を通して相関係数が-0.6前後と高い逆相関を示しており, NO<sub>3</sub>-N濃度に最も強い影響を与えている事がわかった。夏から冬の濃度変化との相関分析では, 植生及び斜面傾斜と有意な相関を示した。植生のフェノロジーを考えると夏と冬では葉面積密度も活性度も大きく異なる事から, 植生がNO<sub>3</sub>-N濃度に与える影響は季節で顕著に変化していると推察された。

NO<sub>3</sub>-N濃度と有意な相関を示した各因子間の相互関係を把握するためクラスター分析を行った結果, 集水域面積の大小(L, S)で2つに大別された。L, SのNO<sub>3</sub>-N濃度とTIの関係を図1に示す。

SグループではTIが高くなるとNO<sub>3</sub>-N濃度が低下するが, Lグループでは, TIとNO<sub>3</sub>-N濃度に明確な関係性は見られなかった。

上記より, 季節や集水域サイズによって渓流水中のNO<sub>3</sub>-N濃度に影響を与える要因は変化していると示唆される。適切な条件設定を行った上で各種環境要因との関係解析を行う事が重要であると考えられる。

【引用文献】渡邊ら(2007): 茨城県筑波山における森林地の窒素飽和の現状評価. 日本陸水学会講演要旨集, 72: 72.



\*渡邊未来, 石川隼人, 渡邊圭司, 山村茂樹, 高津文人, 三浦真吾, 越川昌美, 高松武次郎, 林誠二 (国立環境研究所)

## 1. はじめに

窒素飽和とは、水源となる森林が窒素過剰状態に陥り、溪流へのNO<sub>3</sub><sup>-</sup>流出量が増大する問題である。茨城県筑波山は、1980年代から窒素飽和している危険性の高い森林と位置づけられており (Mitchell et al., 1997)、現在でも溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は高い。このような窒素飽和状態が持続している森林で、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>流出量の時間的変化を調べることは、今後の窒素飽和対策や下流域の水質予測を行う上で重要と考える。

本研究では、窒素飽和状態が持続している筑波山森林では溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は上昇したか？を明らかにするため、1980年代に水文水質調査が行われた集水域を対象に、溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度と、林外雨の無機態窒素濃度を測定し、現在と過去の値を比較した。

## 2. 方法

筑波森林試験地は、筑波山の南東斜面に位置し、集水域面積は67.5 haである (平田・村岡, 1991)。集水域の地質は花崗岩と変成岩から成り、植生はスギとヒノキの人工林が全体の約75%を占めるが、多くの林分は間伐遅れの状態となっている。

溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は、平水時の平均値と、降雨流出時を含む年平均値を求めた。平水時の水質測定は、集水域出口で2週間に1回の頻度で行った (n=25)。同じ地点で流出水量の連続観測と降雨流出時の水質調査を年4回行い、L-Q式を作成してNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の年間流出量を求め、これを年間流出水量で除してNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の年平均値を算出した。林外雨の無機態窒素濃度は、バルク式採雨器で採取した雨水を毎月回収し、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の濃度と雨量から年間流入量を求め、これを年間降水量で除して年平均値を算出した。

調査期間は、2010年5月～2011年4月の1年間とし、得られたデータを、約25年前である1985年4月～1986年3月の値と比較した (平田・村岡, 1991; 平水時は平田私信, n = 22)。

## 3. 結果

溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は、平水時も年平均も、現在が過去より1.2倍高くなっていた。一方、林外雨の無機態窒素濃度は、過去の0.7倍に低下していた (表1)。

表1 溪流水と林外雨の無機態窒素濃度の比較

濃度 (mgN L <sup>-1</sup> )		25年前	現在
溪流水	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 濃度 (平水時)	1.5	1.9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 濃度 (年平均)	1.7	2.0
	年間流出水量 (mm)	734	1078
林外雨	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 濃度 (年平均)	0.31	0.18
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 濃度 (年平均)	0.39	0.31
	年間降水量 (mm)	1577	1676

## 4. 考察

筑波山の溪流水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は、25年前に比べ上昇傾向にあったが、単年度間の比較であるため確実ではない。実際、溪流水へのNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の年間流出量は、年間の流出水量が多いほど高く、その関係は85～88年度と現在とで変化が見られなかった (図1)。従って、溪流水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の年平均値は、必ずしも上昇しているとは言えない。

一方、林内雨の無機態窒素濃度 (および流入量) は漸減していたことから、森林生態系内の土壌や地下水中には多量のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が蓄積しており、これが溪流に流出することで、平水時の溪流水中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が高く維持されていると考えられた。

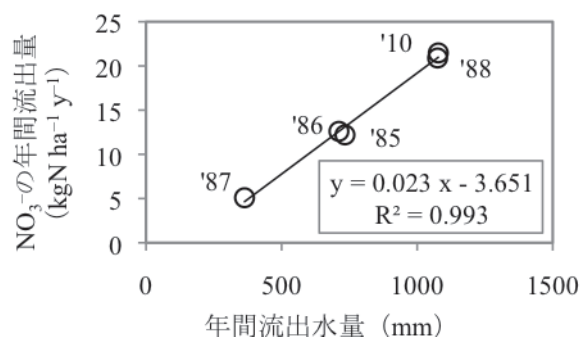


図1. 年間流出水量とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の年間流出量の関係

【引用文献】 Mitchell et al. (1997): *For. Ecol. Manage.*, 97: 39-51.

平田・村岡 (1991): 水工学論文集, 35: 105-110.

\*片山 美祐子 (東大・理・地惑)

田林 雄 (茨城大・ICAS)

山室 真澄 (東大・新領域・自環)

### 1. はじめに

大気からの窒素沈着が原因とみられる「窒素飽和 (生態系の要求量を超える窒素がもたらされる状態)」によって、荒川上流域では渓流水の全窒素濃度が上昇している (河川環境管理財団、2008)。都市化の進展により、大気中への排出量は、窒素化合物だけでなく重金属類でも増加している。森林での窒素飽和が都市域からの窒素化合物の流入によって発生するとすれば、人間活動に由来する重金属が窒素化合物と共に森林に沈着し、土壌および渓流水を汚染している可能性がある。また土壌微生物の代謝が重金属の影響を受けることにより、窒素の流出挙動が変化する可能性もある。

### 2. 材料と方法

本研究では、土壌からの重金属の流出挙動及び窒素飽和と重金属汚染との関連を検討するため、窒素飽和現象が報告されている埼玉県秩父地方において土壌断面を作成し、晴天時と降水後の2回、土壌を採取して1M塩酸抽出液を作成し、主に自動車や工場から排出されると考えられるクロム、亜鉛、鉛、銅、アンチモン濃度を比較した。また、窒素飽和の進行段階が異なると考えられる渓流付近の8地点でも土壌を採取し、1M塩酸抽出液中のクロム、亜鉛、鉛、銅、アンチモン濃度を測定した。

### 3. 結果

降雨後の土壌断面での重金属濃度低下率 (クロム 53%、亜鉛 49%、鉛 10%、銅 15%、アンチモン 2%) は、イオン化傾向の大きい金属 (クロム>亜鉛>鉛>銅>アンチモン) ほど高い傾向が認められた。このことから、イオン化傾向が高い重金属ほど土壌から流出しやすい可能性が考えられた。また、一部を除き、渓流付近の土壌抽出液中の重金属濃度は、どの地点でも大きな差がみられなかった。このことか

ら重金属による土壌中の窒素の無機化・硝化への影響は、8地点とも同程度であると考えられる。したがって、それら8地点で渓流水中の硝酸イオン濃度が41~219 $\mu$ Mと大幅に異なる原因は、土壌微生物に対する重金属の影響ではなく、大気からの窒素沈着量を直接反映したものであると推測された。以上より、秩父地方では渓流水への窒素流出に対する重金属の影響は少なく、渓流水の硝酸濃度は大気からの窒素の沈着量に対応している可能性が高いと判断した。

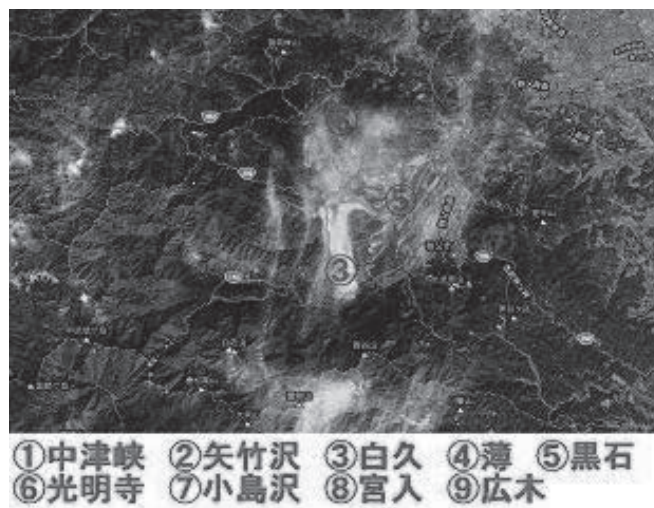


図1 調査地点図

## 富栄養化したため池の水質に及ぼす灌漑用水の影響

\*山田佳裕(香川大・農学部), 河野理也(香川大・農学部),  
濱岡秀樹(愛媛大・沿岸環境科学研究センター), 大森浩二(愛媛大・沿岸環境科学研究センター)

### 1. はじめに

香川県では、降水量が少なく安定した水源を得るために、農業用水をため池と香川用水に依存している。しかしながら、ため池の存在は流域における長期間の水の滞留を引き起こし、有機物量を増大させる。生産された有機物は河川の水質汚濁の原因にもなっている。

一方で農業用水として吉野川からため池に供給される香川用水は、溶存物イオン濃度や有機物濃度が低いという特徴がある。本研究では、香川県の複雑な水質形成メカニズムの中において、富栄養化したため池の主要元素、有機物濃度に香川用水が及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

### 2. 調査方法

調査は2010年4月～2011年1月の期間、香川用水が供給されるため池の男井間池(貯水量956000m<sup>3</sup>)、平田池(貯水量210000m<sup>3</sup>)について週2回の頻度で採水を行った。また、ため池に流入する香川用水以外の水源は、男井間池では新川、上流のため池、小規模水路の3つ、平田池は上流のため池である。水の分析項目は、栄養塩類、主要イオン類、溶存態有機窒素、溶存態有機炭素、全リン、クロロフィルa+フェオ色素、懸濁態有機窒素、懸濁態有機炭素、懸濁物である。

### 3. 結果及び考察

香川用水は、男井間池では6/11～9/16、平田池では8/3～9/10の期間供給された。香川用水の供給期間中、両池とも香川用水以外の水源からの流入はほとんどなかった。また、水温躍の形成も認められなかった。香川用水による水の交換率(香川用水の残存率)は、男井間池が19%(7.6%/月)平田池が49%

(39%/月)であった。この水の交換率を用いて、地質の影響の少ないCl<sup>-</sup>について香川用水の供給が停止した直後の濃度[理論値:(流入前の値)×(1-X)+(香川用水の値)×X、Xは交換率]を見積もったところ、男井間池では18.7mg/L、平田池では7.9mg/Lであった。実際の濃度との差は両池とも0.9mg/Lであった。Cl<sup>-</sup>の4月～5月の経時的変動は、両池とも0.5mg/L程度あることから、Cl<sup>-</sup>は香川用水による水の交換を反映していると解釈してもよいと思われる。底泥からの供給や、内部生産によって変化する溶存物を除いてはCl<sup>-</sup>と同様の結果が得られた。よって、ため池の溶存物濃度に対して濃度が低い香川用水は、ため池の水に対して希釈効果をもたらしていることが分かった。

ため池の懸濁態有機物濃度も有機物濃度の低い香川用水による水の交換によって溶存物と同程度の減少をするはずだが、実際の濃度は一次生産によっても変動する。上記の水の交換率を用いて香川用水供給後の懸濁態有機炭素濃度の理論値を算出したところ、男井間池では2.3mg/L、平田池では10.9mg/Lであった。実際の濃度は男井間池では5.1mg/L、平田池では8.9mg/Lで、男井間池では2.8mg/Lのプラス、平田池では-2.0mg/Lのマイナスとなった。この差は内部生産の影響によるものと考えられる。香川用水の流入がない場合の理論値は、男井間池では5.8mg/L、平田池では24.3mg/Lであり、香川用水による懸濁態有機炭素濃度の減少率は男井間池で14%、平田池で63%であった。短期的に多くの池水を交換させた平田池での減少率が高いことから、有機物濃度を減少させるためには、香川用水のため池への供給を植物プランクトンの増殖が活発になる夏期に集中的に行うことが、有機物汚濁低減のために有効だと考えられる。

\* 福田竜也 (香川大・院・農), 山田佳裕 (香川大・農), 中野孝教 (総合地球科学研究所), 丸山誠史 (総合地球科学研究所), 野崎健太郎 (相山女学院大学)

### 1. はじめに

降水量の少ない四国北部の河川では、河川水中の有機物濃度が高い。特に香川県では効率的に水を使うために多数の堰やため池で水を貯水し繰り返し使用するため、水は汚れやすい状態にある。2009年の調査により香川県の新川流域で、河川に供給される懸濁有機物 (POM) の大部分は流域のため池から供給されると予測された (福田 2010)。一方で、香川県では、不足する水を補うため吉野川の池田ダムから香川用水の供給を受けている。香川用水は直接、あるいはため池を通じて流域に流入するが、香川用水は有機物濃度が低く (POC: 0.3mg/L 柳本 2011)、有機物汚濁の激しいため池に対して香川用水が供給されることで希釈効果が期待される (河野 2011)。有機物は主に流域から負荷されるため、河川の水起源と有機物の関係についての知見は良好な水資源を得るために重要になる。本研究では、河川水の水起源と有機物濃度の関係を明らかにするため研究を行った。

### 2. 調査方法

調査対象の新川は延長約 19 km の二級河川で、流域には 1 ha 以上のため池が約 90 箇所 (全表面積 3.5 km<sup>2</sup>) あり、源流 (St.0) から中下流 (St.6) まで、ため池密度が徐々に上昇し、その後 0.05 km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>ほどになる。また、ほとんどの池に香川用水が流入する。本研究ではため池や香川用水といった水源が河川の有機物濃度へ与える影響を調べるため、新川流域において時間変化と空間変化の 2 つの面から新川流域で調査を行った。

1 つは、ため池の有機物濃度と河川の有機物濃度の時間変化を比較するため、流域で放流量が大きく、有機物濃度も高い男井間池と、男井間池の水が流入する地点から約 3 km 下流の地点の河川水を週一回採取した。

2 つ目は、ため池の水の空間的な広がりを調査するため、流域で水需要が多い灌漑期の 6 月中旬と、非灌漑期で多くのため池が放流する 10 月下旬に 1 回、新川本流 12 地点 (源流から St.0~St.11) と流域の主なため池約 23 地点、流入する支流約 16 地点について採水を行った。

試料は持ち帰って 懸濁態有機炭素 (POC)、クロロフィル a + フェオ色素 (Chla+Pheo)、水の安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) を測定した。

### 3. 結果と考察

2010 年度における新川流域への香川用水供給量は新川沿岸土地改良区によれば非灌漑期の 4/1 ~ 6/10、10/11~については 6480 t/day であり灌漑期 6/11 ~10/10 は 12090 t/day と報告されている。

時間変化の調査で、流域に香川用水の供給が増加する灌漑期 (6/11~10/10) に河川表層水の  $\delta^{18}\text{O}$  値が低下した (供給前: -5.0 ‰、供給後: -7.0‰)。香川用水の水源、池田ダムの水の  $\delta^{18}\text{O}$  値は -8.5 ‰ と低く (瀧本未発表)、香川用水の供給により  $\delta^{18}\text{O}$  値の低下が起こっているといえる。また、非灌漑期は  $\delta^{18}\text{O}$  値が河川の値とため池の値が近く、ため池の水により河川水が占められていると考えられる。香川用水の供給中は河川水の POC 濃度も低く、供給が終わると有機物濃度が増大する (供給期間中: 約 2.0 mg/L、期間終了後: 約 8.0 mg/L) 傾向がある。ため池についても同様である (供給期間中: 約 5.0 mg/L、期間終了後: 約 15.0 mg/L)。香川用水は前述のように POC 濃度が低いので、香川用水の流入によって有機物の濃度低下が起こっていると考えられる。

また、空間的な調査で、POC 濃度について、6 月では、St.0~St.6 にかけて上昇し、その後 St.11 まで 2.4 mg/L ほどで一定になった。ため池密度上昇に伴って有機物濃度が増加していると考えられる。10 月について、 $\delta^{18}\text{O}$  値は St.0 ~St.5 では -8.2 ~-6.1 ‰ であるが、St.6~St.11 は -4.4 ~-5.1 ‰ となった。流域のため池 ( $\delta^{18}\text{O}$  平均: -5.5 ‰) からの水によって河川水が占められていると考えられる。10 月は St.0~St.5 は 0.0~2.0 mg/L であるが、流域のため池密度が上昇した (POC 平均: 4.6 mg/L) 後の St.6~St.11 では 2.8 ~6.4 mg/L に上昇する。これらのことから、ため池の水の流入によって河川水中の有機物濃度が上昇していると考えられる。10 月が 6 月に比べ有機物濃度が高いのは香川用水の供給が低下することが一因と考えられる。

以上の結果より、香川県の河川において有機物濃度の増減について考えられる要因はため池の水の流入により有機物が供給されること、香川用水による希釈の二つが考えられる。

### 1. はじめに

河川流程の改変が河川水質の変動を引き起こし、河川及び沿岸海洋にまで影響を与える。その要因の一つにダム新設があり、引き起こされる影響の一つにいわゆる『シリカ欠損』がある。ダム新設により中途停滞水域が河川流程中に形成され、ダム湖内で植物プランクトンが増殖し栄養塩を消費するようになる。そのため、ダム下流域への栄養塩供給量が減少する。

特にシリカは、珪藻類に取り込まれ生物態ケイ素(BSi)となるため、他の栄養塩の窒素・リンと比較してダム湖底に貯留されやすい。この結果、ダム下流域の栄養塩組成が変化し、河口・沿岸域における生物群集の種組成も変化する。植物プランクトン優占種が珪藻類から非珪藻類へと変遷し、赤潮発生の原因の一つにもなっている。しかし、河川水中の栄養塩組成の変動はダム新設のみが原因ではなく、集水域全体の複合的河川環境の変化が原因であるという意見もあるため、統一的な結論は未だ得られていない。本研究では、シリカ欠損を検証するために、本邦河川の水質調査を行うと共に、アルカリ抽出法とアルカリ融解の二点法による BSi の測定法を検証することを目的とした。

### 2. 方法

本研究の対象地点は、過去 50 年前(小林 1961、佐々木 2003)と比較して、ケイ素濃度の減少がみられた木曾川水系と、ケイ素濃度が増加した長良川水系である。木曾川水系には本流河川に多数のダムがあり、長良川水系には下流に堰があるだけでダムはない。主に溶存態ケイ素、懸濁態ケイ素について調査し、更に懸濁態ケイ素については生物態ケイ素(BSi)と鉱物起源ケイ素(LSi)にわけて測定した。

BSi と LSi の測定に、アルカリ抽出とアルカリ融解の二点法が応用できるかどうかを検討した。アルカリ抽出は異なる反応時間において行い、図 1 のような Si vs. Al プロットを取った。アルカリ抽出に

より測定された値と、アルカリ融解において測定された値を結んだ直線の y 切片を BSi とした。更にアルカリ融解において測定された値を全懸濁ケイ素とし、全懸濁ケイ素から BSi を差し引いたものを LSi とした。本研究では、この二点法を琵琶湖標準堆積物である JLk-1 に適用した。アルカリ抽出は 85°C の 0.2M NaOH アルカリ溶液を用いた。

### 3. 結果と考察

溶存態ケイ素濃度は、ダムを有する木曾川では 50 年前と比較して減少し、ダムのない長良川では増加した(表 1)。ダムの有無が溶存態ケイ素濃度に影響を及ぼしていることがわかった。

アルカリ抽出とアルカリ融解の二点法による BSi 算出は、BSi は LSi と比較して速やかに抽出されること、懸濁物中のアルミニウムは全て鉱物由来であること、LSi:Al 比は常に一定でアルカリ抽出されること、という 3 つの前提において成立つ。しかし、BSi が完全に抽出された反応時間 40 分以降も、LSi:Al 比は一定ではなく抽出時間に伴って変化した(図 1)。LSi:Al 比は 2.04 から 2.88(全 LSi:Al 比)まで変化した。BSi を測定する際に二点法を用いた場合、BSi 算出は反応時間に大きく依存するため誤差が生じやすい。BSi 算出には更に議論を進める必要性がある。

表 1: 小林(1961)とのケイ素濃度比較

河川名	採水時期	回数	SiO <sub>2</sub> (μmol/l)	採水時期	回数	SiO <sub>2</sub> (μmol/l)
木曾川	1955.6.15-	11	257	2010.6.5-	3	198
	1956.5.15			2011.4.23		
長良川	1952.6.15-	6	201	2010.6.5-	3	220
	1953.4.15			2011.4.23		

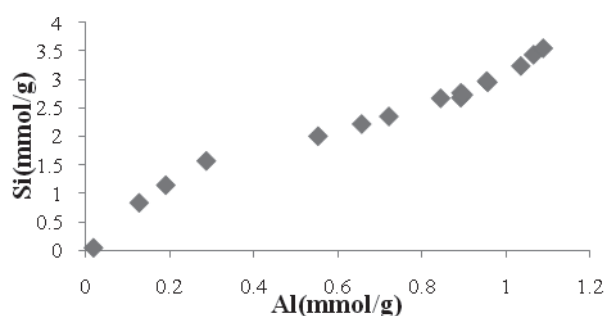


図 1: JLk-1 のアルカリ抽出における Si と Al 濃度

## 循環型閉鎖式管路を用いた河川における 有機物代謝速度の推定と既存手法との比較

\*萱場祐一・森照貴・小野田幸生（土木研究所）

はじめに

有機物代謝速度の測定方法としては対象を閉じ込めず水中の溶存酸素濃度（もしくは二酸化炭素濃度）の時間変化から推定する開放式（例えば、2点法）、河床礫や付着藻類が繁茂した人工基質等をチャンバ一等に閉じ込め、チャンバー内の溶存酸素濃度等の測定から推定する閉鎖式の2つに大きく分類できる。しかし、それぞれに短所があり、どこにでも適用できる汎用的な手法とはなっていない。例えば、開放式の測定方法を再曝気係数が大きい渓流域等に適用すると、大気からの酸素供給が一次生産に伴う酸素供給と比較して大きく、一次生産の推定が困難になる場合がある。一方、閉鎖式は大気からの酸素供給を遮断できるため確実に溶存酸素濃度の変化を把握できるが、対象の一部しかチャンバー内に封入できないこと、また、チャンバー内では河川特有の流速効果が失われることから、測定値が実際の有機物代謝速度から乖離する可能性がある。本研究では、より汎用的で、かつ、高精度な推定手法の確立を目的として、閉鎖式の手法に流速効果を付加できる循環型閉鎖式管路法（以下、本手法）を試作し、現地流速を再現した状態で他の有機物代謝速度測定手法との比較を行い、本手法の問題点を評価した。

材料と方法

循環型閉鎖式管路は内径 50mm の塩ビ管路とステンレス管を長方形に連結したもので（縦：1.050mm、横：420mm）、人工基質を入れる部分のみが光が透過できるよう透明となっている。管路の一部に水を循環させるための水中ポンプ（REI-SEA RSD-50A、45Lmin<sup>-1</sup>、最大揚程 3.1m）を取り付けている。また、塩ビ管には溶存酸素濃度計（Hack社製 HQ30d）を取り付けるための穴が空けられている。本装置内の試水を河川水温と同程度に維持するために対象水域に水没させて使用するが、ポンプの発熱に伴う管路

内の水温上昇が懸念されたため、熱伝導率が高いステンレス管路部を設け、河川水温との差が±1℃以内となるよう工夫している。実験は岐阜県各務原市にある（独）土木研究所自然共生研究センター内実験河川の上流区間を用いた。本区間の延長は 200m、平均河床勾配は 1/300、水面幅は 3m、平均流速は 20cms<sup>-1</sup>・水深は 20cm 程度である。有機物代謝速度の推定は閉鎖式として本装置と流速効果を付加しない箱法（明条件と暗条件）を、開放式として 2点法（萱場 2005）を用い 3 日間測定を行った。また、実験終了前後に河床もしくは人工基質から河床付着物を採取して chl-a・フェオ色素・強熱減量の定量、光量子量・水温の時間変化等を測定した。一次生産速度の測定結果は、単位 m<sup>2</sup> 当たりでの一時間・日当たりの一次総生産速度としてとりまとめた。また、呼吸速度についても同様の整理を行った。

予想される結果と考察

2 点法における一次総生産速度は本手法と同程度の値を示し、箱法におけるそれは他の 2 つの方法と比較してより小さい値を示すと予想される。過去の実験でも 2 点法は流速効果の無い明暗瓶法と比較して冬季以外に一次生産速度が低下することが示されている（萱場 2008）。呼吸速度は 2 点法で最も大きく、循環型閉鎖式管路法では相対的に小さくなるだろう。これは、本手法では人工基質を封入するため河床全体の生物群集が対象とならないからである。したがって、系全体の呼吸速度を評価するためには他の手法との併用が望ましいと考えられる。

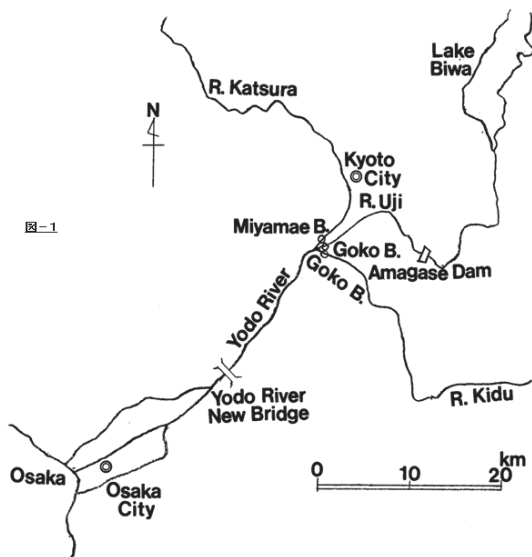
参考文献

萱場(2005)：溶存酸素濃度の連続観測を用いた実験河川における再曝気係数、一次生産速度及び呼吸速度の推定。陸水学雑誌 66(2)：93-104。  
萱場(2008)：河川中流域における物理環境場が一次生産過程に及ぼす影響に関する研究。名古屋大学大学院学位論文。

海老瀬潜一（摂南大・理工），川村裕紀（摂南大・大学院）

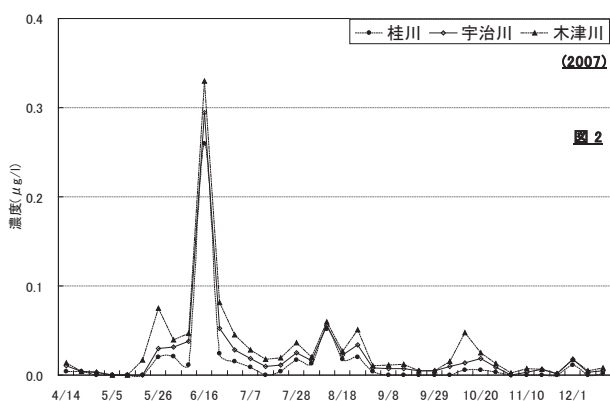
## 1. はじめに

近年，河川での微量化学物質汚染の研究は有機フッ素化合物や医薬品等に集中した観があるが，農薬流出は続いており，大きく減少したわけではなく，依然として水利用や生態系にとっては脅威である。これまで淀川やその支川での農薬流出特性を明らかにしてきたが，今回は図1に示す淀川上流域を構成する桂川・宇治川・木津川の三支川で調査を行った。連続2年間で，調査頻度の違いによる農薬の流出特性の捕捉の相違を検討する目的で実施した。



## 2. 調査概要

2007年4月14日～12月15日の8ヶ月間の毎週土曜日定時に36回，及び2008年4月25日～10月1日に3日に1度定時に54回の調査を行った。調査地点は桂川(宮前端)，宇治川(御幸橋)，木津川(御幸橋)であった。桂川流域(1054km<sup>2</sup>)の京都市，宇治



川流域(4354km<sup>2</sup>)の京都市，木津川流域(1596km<sup>2</sup>)の伊賀市の年間降水量は，2007年が平年より少ない渇水年，2008年が平年並みであった。

## 3. 調査結果

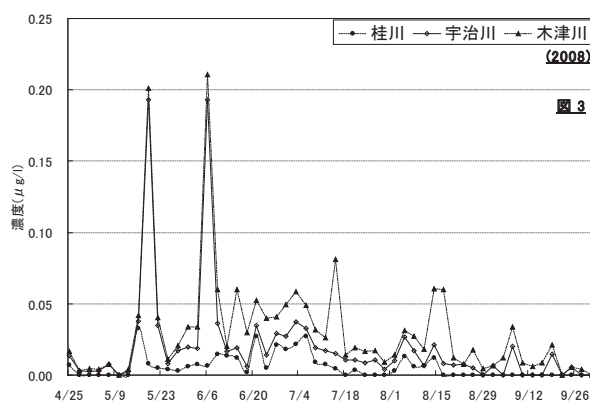
長期間かつ高濃度で検出された農薬の濃度変化を中心に，2007年結果を図2に，2008年の結果を図3に除草剤のシメトリンの例で示す。除草剤のプロモブチドや殺菌剤のピロキロンも似た状況の変化であった。2007年の7日に1度と2008年の3日に1度の調査頻度の相違の比較を企図したが，両年の年間降水量の相違の影響がかなり大きかった。流域規模のかなり大きな河川でも，7日に1度の調査頻度では規模の小さな出水を捉えるには無理があった。両年とも流域面積の最も小さい桂川の農薬濃度が最も低くて，流出負荷量で見ると流量も小さいので，三川でのウエイトの小ささはさらに明瞭となった。

## 4. まとめ

流域規模の比較的大きな三河川を対象として，2007年は7日に1度の粗い調査頻度で，2008年は3日に1度の細かい調査頻度であったが，農薬の濃度や流出負荷量とも年間降水量にかなり影響された結果となった。面源負荷としての農薬流出の精度の高い評価には，降雨時流出を捉える必要があるため，高頻度の調査が望ましいことが明らかとなった。

## 引用文献

- 1) 海老瀬・川村(2006)水環境学会誌, 29, 705-711.
- 2) Ebise, S. & H. Kawamura (2008) J. WET, 6, 2.







一般公演

口頭発表

C会場

教養2号棟 3階 601講義室

日時 : 9月25日(日) 9:45~12:15 3C01~3C10



\*程木義邦・大林夏湖・小林由紀・

奥田昇・中野伸一（京都大・生態研）

## 1. はじめに

アオコを形成するラン藻類には有毒物質を生産する株も多くみられるため、上水利用される湖沼や貯水池では、公衆衛生上も問題となる。日本では、アオコを形成する有毒ラン藻類として、主にミクロキスティンを生産する *Microcystis* 属とアナトキシン-a を生産する *Dolichospermum*

(=*Anabaena*) 属および *Raphidiopsis* 属が知られている。ミクロキスティンを生産する株は全世界で 10 属以上、アナトキシン-a は 6 属以上の株が報告されているが、日本にはその一部の属が分布しているにすぎない。一方、ヨーロッパなどでは近年の地球温暖化により、熱帯・亜熱帯原産と考えられる *Cylindrospermopsis raciborskii* や *Raphidiopsis mediterranea* の分布やブルームの規模が拡大していることが知られている。また、明確な原因は不明であるが、*Cuspidothrix* (= *Aphanizomenon*) *issatschenkoi* など、有毒株を含む侵入と分布の拡大も報告されている。この様な外来の有毒藻類の侵入と分布拡大は日本でも生じる可能性がある。そのため、現在は見られない、または稀な有毒株についてもモニタリングを行い、その分布を把握することが必要といえる。

そこで本研究では、ARISA (automated rRNA intergenic spacer analysis)法にラン藻毒の合成遺伝子を標的としたトキシタイピング法を組み合わせた有毒藻類のスクリーニング手法の確立を試みた。また、本手法を用い、西日本におけるラン藻類の毒素遺伝子保有集団の分布を明らかとした。

## 2. 方法と材料

西日本の 25 水域より 30 サンプルを採取し解析に用いた。湖水を GF/F フィルターを用いる過処理後、CTAB 法により DNA を抽出、蛍光標識したラン藻に特異的なプライマー (CSIF & ULR 23S rDNA) により 16S-23S rDNA ITS 領域を増幅した。また、5 種のラン藻毒 (ミクロキスティン、ノジュラリン、アナトキシン-a、シリンドロスペルモプシン、サキシトキシン) の合成遺伝子を標的とした 8 種のプライマーセットを用い PCR を行った。12 $\mu$ L の Hi-Di ホルムアミドに 0.5  $\mu$ L サイズスタン

ダードと計 9 種類の PCR 産物をそれぞれ 0.3 $\mu$ L 加え、変性処理後、キャピラリーシーケンサーでフラグメント解析を行った。また、ミクロキスティンおよびアナトキシン-a の合成遺伝子を持つ種を特定するため、これらの合成遺伝子 (*mcyE*、*ndaF*、*pks-anatoxin-a*) および 16S-23S rDNA ITS 領域のクローンライブラリー解析を行った。

## 3. 結果と考察

解析に用いた 30 サンプル中、25 サンプルでミクロキスティン合成遺伝子に関連するマーカーが陽性を示し、7 サンプルでアナトキシン-a 合成遺伝子のマーカーが陽性を示した。一方、シリンドロスペルモプシンおよびサキシトキシン合成遺伝子のマーカーは全てのサンプルで陰性を示した。

11 サンプルを対象としてミクロキスティンおよびノジュラリン合成遺伝子のクローンライブラリー解析を行い、合計 109 配列を決定し、そのうち 32 の特有な配列を確認した。これらの配列は全て *M.aeruginosa* の *mcyE* と高い相同性を示した (97.8–100%)。そのため、ミクロキスティンを生産する株は *Microcystis* 属のみであり、他の属のミクロキスティン生産株およびノジュラリン生産株の存在は確認できなかった。また、7 サンプルについてアナトキシン-a 合成遺伝子のクローンライブラリー解析を行い、全 70 配列中 4 つの特有な配列を確認した。この全ての配列は、*Cuspidothrix issatschenkoi* のアナトキシン-a 合成遺伝子と高い相同性を示した (99–100%)。ITS 領域を対象とした解析においても *C. issatschenkoi* と高い相同性を示す配列が確認された (95.8–97.9%)。アナトキシン-a 生産株の *C. issatschenkoi* の存在は、ニュージーランドとドイツの 2 つの湖沼で報告されている。一方、アジアにおける本株の存在についての報告は本研究が初めてであり、西日本ではミクロキスティン生産株の *M.aeruginosa* の次に出現頻度の高い有毒株であると考えられた。

本研究は環境省の環境研究総合推進費 (D-0905) とクリタ水環境財団の支援により実施された。

\*岸本直之（龍谷大・理工），山本千尋，鈴木 恵（龍谷大院・理工）  
一瀬 諭，古田世子（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

### 1. はじめに

近年、琵琶湖では植物プランクトンバイオマスの減少と小型植物プランクトン種の増加、粘質鞘を有する植物プランクトン種の増加が認められている。一般に、ラン藻は小型で粘質鞘を有する種が多いため、上記植物プランクトン相の変化は小型ラン藻の増加を示唆しており、事実、ラン藻類が琵琶湖北湖において増加傾向にあることが報告されている（一瀬ら，2010）。

*Aphanotece clathrata* は平均細胞容積が  $1 \mu\text{m}^3$  程度の小型ラン藻である。琵琶湖北湖では、近年、ブルームを形成するまでに優占しつつある。この種は細胞容積が極めて小さいため、バイオマスとしては大きな割合を占めることはないが、容積にして細胞容積の 3,800 倍にも上る粘質鞘を有しており、その比生産力も大きいことから、内部生産による有機物負荷源として無視できないと考えられる。

我々は、*A. clathrata* の生産力評価を進めているが、その過程で、純生産速度と比増殖速度の関係について若干の知見を得たので、報告する。

### 2. 材料と方法

*A. clathrata* は琵琶湖北湖より単離した無菌単藻株を用いた。標準的な培養条件は、 $20^\circ\text{C}$ 、光合成有効放射  $36.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、明暗サイクル 12hr/12hr であり、培地には M11 改変培地（M11 培地（荻原ら，1984）においてクエン酸鉄と  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  濃度を 1/10 に変更）を用いた。必要に応じて、リン濃度を  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 、窒素濃度を  $\text{NaNO}_3$  の濃度を变化させることで調整した。多数の試験管にオートクレーブ滅菌した培地 9mL と培養液 1mL を加えて静置培養した。2～4 日毎に試験管を 3 本ずつ回収し、TOC と細胞密度を測定した。

比増殖速度は対数増殖期にある細胞密度データを用い、対数直線 ( $\ln M = \ln M_0 + \mu t$  :  $M$  は細胞密度、 $M_0$  は初期細胞密度、 $t$  は培養日数、 $\mu$  は比増殖速度) の傾きより、算出した。純生産速度は対数増殖期の TOC データを用い、対数増殖期前後での TOC の増分を対数増殖期間中の (平均細胞密度 × 培養日数) で除すことで評価した。

### 3. 結果および考察

図に様々な培養条件の下で観測された比増殖速度と純生産速度の関係を示す。図から判るように、比増殖速度が大きくなるにつれ、純生産速度は低下していることが判る。この要因の一つとして、細胞質合成に伴う光合成有機物の消費が考えられた。*A. clathrata* の増殖収率を  $Y$  とおき、細胞質合成が行われないときの純生産速度を  $NP_0$  とおくと、実際の純生産速度  $NP$  は以下の式で表される。

$$NP = NP_0 - (1 - Y)\Delta B = NP_0 - (1 - Y)B_0(e^\mu - 1)$$

ここで、 $\Delta B$  は増加した細胞質量 [ $\text{pgC}/\text{cell}/\text{day}$ ]、 $B_0$  は細胞当たりの細胞質量 [ $\text{pgC}/\text{cell}$ ] である。この式による回帰曲線も図中に示した。増殖収率は 0.74 と評価され、バクテリアの増殖収率と比較してやや大きい、妥当な値であると判断された。

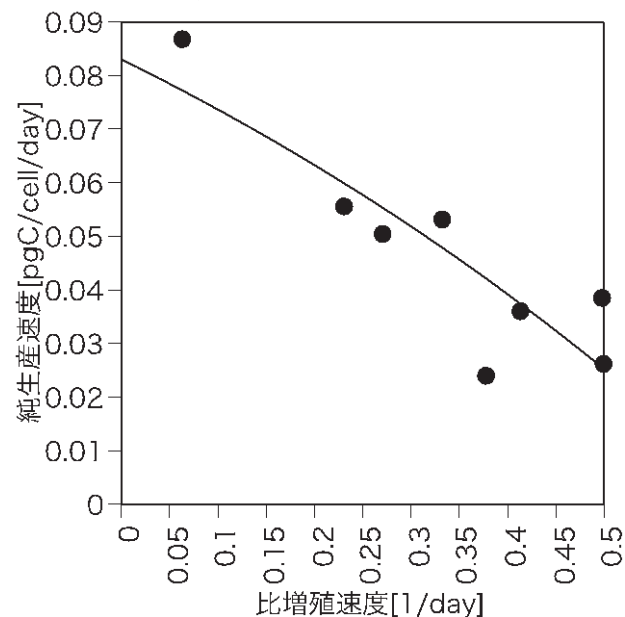


図. 比増殖速度と純生産速度の関係

### 参考文献

荻原ら (1984) 水質汚濁研究, 7(7) 437-442.  
一瀬ら (2010) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 研究報告書, 6, 105-110.

### 謝辞

本研究の一部は環境省環境研究総合推進費の助成を受けた。記して謝意を表す。

\*中村剛也, 花町優次, 北村立実 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

## 1. はじめに

霞ヶ浦(西浦)の藍藻は、2007年以降に *Microcystis* からユレモ目へと優占種が遷移し、植物プランクトン現存量に占める割合も大きい。霞ヶ浦において優占するユレモ目の藍藻は *Planktothrix suspensa* と *Pseudanabaena galeata* である。ユレモ目は *Microcystis* のような浮遊性藍藻と異なり、表層ではなく、深層などに分布する可能性がある。しかしながら、近年の霞ヶ浦において植物プランクトンの鉛直分布を示した報告はほとんどない。そこで、本研究は霞ヶ浦における植物プランクトンの鉛直分布について把握することを目的として調査を行った。

## 2. 方法

霞ヶ浦湖心(36°02'16"N 140°24' 15"E, 水深7m)において一定の水深間隔で湖水を採取し、植物プランクトン現存量を測定した。この時、水温、栄養塩(DIN, DIP)などの環境条件を測定した。また、光環境を把握するため4波長放射照度計(OCR-504, Satlantic)を用いて、442, 554, 566, 671nmの放射照度を測定した。

## 3. 結果と考察

ユレモ目の現存量は夏季に極大となるわけではなく、冬季から春季にかけて高い傾向にある。ユレモ目内において *Pse. galeata* が夏季に優占し、夏季を除いた期間は *Pla. suspensa* が優占した。2010年は夏季にかけて水温の急激な上昇と高水温(30℃以上)の維持が挙げられる。*Pla. suspensa* は冬季から春季に増殖することから低水温に適応していることから、30℃以上の水温維持が現存量を低下させたと示唆される。

霞ヶ浦は夏季に日成層が形成されることがあるが頻繁に鉛直混合が起きている湖沼である。実際に、水温や溶存酸素等の物理化学的な要因の鉛直分布はほぼ均一であった。また、DIN, DIPなどの栄養塩の鉛直分布もほぼ濃度差は見られなかった。しかしながら、植物プランクトンについては水深によって明

確な分布が示された。珪藻 *Aulacoseira* は水深1.5mに極大を示した。一方、*Pla. suspensa* は深層付近においても現存量を維持している傾向を示した。Chl.aの吸収極大である波長442, 671nmの光は表層で急激に減少し、フィコエリスリンの吸収極大である波長554, 566nmの光は波長442, 671nmの光より深い水深まで到達した。しかしながら、これらの波長の光も湖底付近では相対照度が0.1%以下まで低下している。*Pla. suspensa* は湖沼内においてほぼ全ての水深で増殖を維持できることが示唆されたため、このような光環境においても適応性がある可能性がある。

これらの仮説を確認する試験の1つとして水深0mと4mにおける植物プランクトン群集の光合成を測定したところ(玉造沖に位置する茨城県水産試験場内水面支場の栈橋で2011年2月に実施)、2.69~328  $\mu\text{E m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の光量子範囲では4mの植物プランクトン群集が0mを上回った。それぞれの現存量は8.46  $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$  (0m), 6.41  $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$  (4m)であり、4mの植物プランクトン群集が低現存量であったが、*Pla. suspensa*が優占率を高めていた。このことから、下層のプランクトン群集は弱い光環境においても光合成によって現存量を維持することができる可能性がある。この性質は優占率を高めた*Pla. suspensa*によるものであると推察された。

## 4. まとめ

霞ヶ浦(西浦)の植物プランクトンには光環境が大きな制限要因となっており、ユレモ目(特に *Pla. suspensa*)は光による増殖制限を受けることが少なく、湖内全層において増殖が可能であるため優占していることが示唆された。

## 謝辞

本研究は文部科学省からの「特別電源所在地県科学技術振興事業補助金」の交付を受けて実施された。また、植物プランクトン群集の光合成測定において茨城県水産試験場内水面支場の施設を利用させて頂いた。ここに、謝意を表す。

## 春から夏における刺網への藻類等の付着現象と付着物組成

\*大前信輔、森田尚、太田滋規、大山明彦（滋賀県水産試験場）

### 1. はじめに

近年、琵琶湖北湖ではコアユ等を対象とした刺網への藻類等による付着現象が発生している。漁労作業の重労働化等の漁業被害が生じており、漁業者からは原因解明と対策が望まれている。

そこで、本研究では、春から夏における付着現象の現状把握と付着物の定量、定性を行った。

### 2. 方法

操業網への付着現象の発生状況を把握するため、操業刺網調査を2010年の4月から8月にかけて今津地先、菅浦地先、湖東水域（沖島南西水域～松原地先）の3水域で行った。調査は漁業者による刺網汚損日誌への網汚損度等の記録により行った。網汚損度は同一基準により0～4の5段階とした。

付着物の定量、定性を目的とした試験刺網調査は2010年の6月から8月にかけて計5回、彦根市三津屋地先の2地点（地点S：水深6m、地点D：水深15m）で行った。試験刺網（30cm×30cmの枠に刺網地（0.3号、22節、ナイロン）を固定して作成したもの）を3深度（図1参照）に1晩設置してから回収し、網の付着物について付着量（乾燥重量とクロロフィルa量）と藻類組成を調べた。また、湖水中の植物プランクトン組成と付着藻類組成を比較し付着特性を調べた。

### 3. 結果

操業刺網への付着現象は4月から7月にかけて発生し8月にはほとんどみられなくなった。

試験刺網への付着量は同じ地点、深度でも日によって異なった（図1）。網地重量あたりの平均付着乾燥重量は  $56.7 \pm 49.5 \text{ mg/網地 g}$ 、網地重量あたりの平均付着クロロフィルa量は  $54.9 \pm 46.2 \mu \text{ g/網地 g}$  であった。

試験刺網へ付着した藻類を細胞数で評価した場合

*Mougeotia* spp.、*Fragilaria crotonesis*、*Klebsormidium* sp.といった紐状、帯状の群体を形成する植物プランクトンが優占する傾向がみられた。また、ボリウムで評価した場合、ほとんどの地点、深度で *Mougeotia* spp.が第1優占種となった。

一方、湖水中の植物プランクトン組成をボリウムで評価した場合、第1優占種として半分の地点、深度で *Ceratium hirundinella* 等がみられ、必ずしも *Mougeotia* spp.が第1優占種となるわけではなかった。

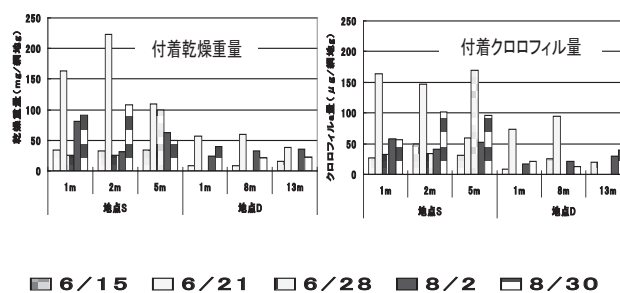


図1 試験刺網への地点別、深度別の網地あたりの付着乾燥重量とクロロフィルa量  
X軸は網設置深度と地点、Y軸は網地あたりの付着量を示す。地点Dの6月28日は欠測。

### 4. 考察

湖水中の植物プランクトン組成と付着藻類組成の結果から、特に *Mougeotia* spp.が付着しやすいと考えられた。

今後は刺網付着現象のモニタリングを継続していくと同時に、流況や波浪もふまえて付着現象を把握する予定である。

本研究を行うにあたって助言等いただいた滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの諸氏に感謝する。

なお、本研究は環境省環境研究総合推進費（D-1004）の支援により実施された。

片岡剛文<sup>1\*</sup>・本間隆満<sup>1†</sup>・中野伸一<sup>2</sup>・近藤竜二<sup>1</sup><sup>1</sup>福井県立大学・海洋生物資源、<sup>2</sup>京都大学・生態学研究センター、†現所属 (株) 建設環境研究所

## 【はじめに】

世界各地の富栄養化した河川・湖沼において、アオコと呼ばれる微細藻類の大量発生が深刻な問題となっている。*Microcystis* 属はアオコを形成する主要な藍藻 (シアノバクテリア) であり、肝臓毒であるマイクロシスチンを生産するため、注目すべき種類である。*Microcystis* 属が形成する集合体の形態形質は、*Microcystis* 属内変異を識別する指標とされてきたが、培養条件により変化する場合があるため、形態形質による *Microcystis* 属内変異の識別は困難である。一方で、原核微生物の分類指標である 16S rRNA 遺伝子塩基配列の属内の相同性は 97%以上と高く、形態形質との対応が不明瞭である。近年では、16S rRNA 遺伝子よりも変異速度の速い 16S-23S rRNA 遺伝子間の Internal Transcribed Spacer (ITS) 領域の変異による遺伝子型と、形態形質や肝臓毒であるマイクロシスチンの有無との対応が報告されており、*Microcystis* 属内変異を識別する遺伝子マーカーとなりうると考えられている。本研究では 16S-23S rRNA 遺伝子 ITS 領域の塩基配列に基づいた遺伝子型と形態形質を吟味し、PCR プライマーを作成することで、SYBR Green I アッセイリアルタイム PCR 法による定量 PCR 法を用いた *Microcystis* 属内グループの識別計数法の確立を行った。

## 【方法】

DNA データベースから選出した 16S-23S rRNA 遺伝子 ITS 領域の塩基配列を用いて近隣接合法により系統樹を作成し、遺伝子型グループを分けた。Clustal W による塩基配列多重アラインメントにより遺伝子型グループごとに特異的な領域を特定し、Primer3plus プログラムを用いて PCR 用プライマーを作成した。各遺伝子型グループから代表株を 4 株ずつ選出し、CB 培地を用いて培養し、XS 法によりゲノム DNA を抽出した。これらを PCR の鋳型として、作成した PCR 用プライマーの遺伝子型グループへの特異性を検査した。リアルタイム PCR については、SYBR Green I 蛍光が検出される PCR サイクル数 (Ct 値) と遺伝子コピー数、Ct 値と細胞密度の検量線を作成し、その定量性を評価した。

## 【結果と考察】

DNA データベースから 71 種類の塩基配列を選び、3 つの遺伝子型グループを形成した。グループ 1 の内、56.3% (18/32) は *M. aeruginosa* であり、毒素遺伝子を有する株と有さない株が含まれていた。グループ 3 の 90.0% (9/10) が *M. wesenbergii* であり、無毒株のみで構成された。グループ 4 は 71.4% (10/14) が *M. viridis* で構成され、全てが有毒株であった。各遺伝子型グループに特異的なプライマーを G1、G3、G4 として作成したところ、G1 がグループ 4 に含まれる株 (TAC17) 由来の DNA を非特異的に増幅する他は、各遺伝子型グループに特異的であった。リアルタイム PCR による定量性を評価するため、遺伝子コピー数が既知の PCR 増幅断片溶液を 10 倍ずつ段階的に希釈し、標準溶液としたところ、全てのプライマーにおいて、遺伝子コピー数と Ct 値に直線関係が認められた。すなわち、精製した PCR 増幅断片を用いた場合、 $10^2 \sim 10^8$  程度のコピー数の定量が可能であった。次に、*Microcystis* 属細胞の計数方法について検討した。グループ 1、3 及び 4 にそれぞれ含まれる単離株、NIES298、NIES111 および NIES102 を培養し、 $10^1 \sim 10^7$  細胞の範囲で約 10 倍ずつ段階的に細胞を回収した後、XS 法でゲノム DNA を抽出した。この抽出した DNA を鋳型にリアルタイム PCR に共したところ、NIES298 株は  $10^2 \sim 10^5$  細胞の範囲で直線関係が得られた。NIES111 株では  $10^2 \sim 10^4$  細胞の範囲、NIES102 株では  $10^3 \sim 10^5$  細胞の範囲で直線関係が得られた。すなわち、ゲノム DNA を用いた場合、プライマー G1 と G3 では  $2 \sim 5 \times 10^1$  以上の *Microcystis* 属細胞を回収すればリアルタイム PCR によって検出可能であった。一方、プライマー G4 を用いた場合では、 $10^3$  程度の *Microcystis* 属細胞が必要であった。XS 法で *Microcystis* 属細胞から DNA を抽出する場合、細胞を遠心分離で濃縮することが可能で、現場の水試料 1L を用いると仮定すると、検出感度が最も低かったグループ 4 の *Microcystis* 属でも  $1.2 \times 10^2$  cells/mL 程度の細胞密度で検出可能であり、アオコを形成する以前の *Microcystis* 属を検出できることが示された。

\*野原精一（国立環境研究所）・安類智仁（尾瀬保護財団）・SPP 生徒（千葉県立国府台高校）

## 1. はじめに

日本を代表する湿原である尾瀬ヶ原は、年間数十万人の登山者・観光客が訪れる自然の宝庫であり、その豊かな自然には多くの都市生活者が何度も訪れている。都市域の高校生にとって初めて触れる「大自然」である。

尾瀬ヶ原に分布する池とうに関しては、1950～1953年の総合調査において詳細な調査が行われ（尾瀬ヶ原総合学術調査団, 1957）、池とうの分布様式と形態、水生植物の分布、水質、プランクトン等が明らかにされた。また、その後1977～1979年の第2次総合調査において多くの池とうの比較研究がなされた（坂本 1981; Sakamoto, 1982）。さらに 1800 余りある池とうの形態と水生植物の分布が詳細に明らかにされた（金井, 1981; Kanai, 1982）。1995～1996年に尾瀬ヶ原中田代において池とうの浮葉植物の分布・生産と生育環境との関係を調べられた（野原ら, 1998）<sup>1)</sup>。特別保護地域、天然記念物である尾瀬ヶ原での調査は監督官庁等の特別許可が必要なために、最近の池とうの変化については継続的な調査は少ない。

そこで、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP）では立ち入り許認可の必要がない木道から届く範囲の池とうの水質調査を行った。調査地点は生徒に興味をもたせるように、担当する池とうを「My 池とう」とし、現地での調査の際に大きな動機付けとした。採水した試料については、現地でパックテストや濁度計による簡易分析を生徒が実施し現地での分析や考察を行った。日本有数の自然の中で実際の環境調査をもとに自然保護の問題を考えていくことは、高校生にとって自然や科学に対する大きな興味や関心を持つことになり、自然保護の実践をすることで将来の自然と人間の共生を考える上でも大きなきっかけとなる。

更に、SPP を通じて最近の池とうの変化について継続的な池とうの水質及び水生生物調査を行い、尾瀬ヶ原池とうの変容をモニタリングすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 尾瀬ヶ原の池とう・河川の水質モニタリング

2009～2011年の夏季に尾瀬ヶ原に流入する河川や池とう 25ヶ所において調査を行った。採水は1Lのアイスピッチャーにポリプロピレンのロープを付けて、木道から池とうの中心表層水を採水し、270mlのポリスチレンフラスコ（IWAKI）で保存した。現地での水温、pH、電気伝導度を測定し、水深は簡易魚探（ワイヤレスフィッシ

ュファインダー FC60X）やメジャーで行った。ラコムテスター濁度計（TN-100）で原水の濁度とGF/Fフィルター濾過後の濁度を測定した。

### 2.2 池とうでの水生植物相調査

池とうの優占種である、ヒツジグサ、オゼコウホネ、ミツガシワ等の水生植物の被度を推定した。

### 2.3 池とうにおける一般生菌数

2011年7月25-27日及び8月7日には採水して簡易平板法（コンパクトドライ）による生菌数調査を行い48時間後に一般生菌数を調べた。

### 2.4 精密水質分析及び水の酸素安定同位体比分析

GF/Fフィルターでろ過した水は冷蔵搬送し、水質分析を行った。全炭酸（TIC）、溶存態有機炭素（DOC）の分析はTOC5000A（島津KK）で、窒素（NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N）、リン（PO<sub>4</sub>-P）はオートアナライザーで行った。溶存態元素は0.2μmで濾過し硝酸を添加しICP（ICAP-750）によって分析した。酸素安定同位体比は平衡装置による前処理後に安定同位体比分析計（MAT-252）によって分析した。

## 3. 結果及び考察

水温、電気伝導度の測定結果から河川と池とうの違いが明確になった。近年まれに見る河川大氾濫が2011年7月末～8月初めにあり、指紋状池とうに濁水が入り電気伝導度や濁度が上昇した。上田代、中田代の約20の池とうにはヒツジグサが優占し増加していたが、オゼコウホネは減少傾向にあると考えられた。濁水の入った池とうではヒツジグサが紅葉現象を示していた。尾瀬ヶ原の池とうの一般細菌数は200～300（個/ml）、大腸菌群数は50（個/ml）、大腸菌数は0（個/ml）、酵母・カビ類は3（個/ml）であった。やや停滞している沢で、一般細菌数は1200（個/ml）、大腸菌群数は1000（個/ml）、大腸菌数は10（個/ml）、酵母・カビ類は0（個/ml）であった。洪水による濁水の混入で、池とうの微生物相にやや変化があり、大腸菌群や酵母・カビ類がやや増えていた。水の酸素安定同位体比分析で、河川や竜宮出口水の同位体比（-14‰）は高地由来の水で軽く、池とうの値（-8‰）は雨水起源の水とその後の蒸発によって重くなっていた。

**キーワード：**浮葉植物、池とう、河川水、湿原、酸素安定同位体比、環境教育

**引用文献** 1) 野原ら(1998)：尾瀬ヶ原池とうの水質と水生植物の一次生産。尾瀬の総合研究。尾瀬総合学術調査団 493-500。



\*木内伸洋（北海道工業大学）、橋 治国（環境クリエイト、HIHC）  
辰巳健一（ドーコン）、村元正巳（天北塾）

## 1. はじめに

北海道の北部サロベツ湿原の西側の稚咲内湖沼群の陸水的視点の水質調査は始まったばかりである。湖沼は、砂丘に沿って発達し 100 以上に達する。本地域の最近の降水量が少なく、また農業活動の影響で、湖沼の水位が低くなり、富栄養化の兆候も見られるが、その観測例はほとんど無い。筆者らは、湖沼群が全国的にも珍しい貧栄養湖群であること、また水質組成に対し海水の影響が強いこと、そして農業開発影響を受け、一部の湖沼で栄養塩濃度増加の傾向にあることを明らかにした。今回は、これら過去の調査をまとめるとともに、湿原湖沼群のプランクトンやヨシ生育などの生態の、水質との関係について報告する。

## 2. 対象地域について

稚咲内砂丘林は、日本海に沿って北北西に辿り、延長 16.5km で、3 列の砂丘に沿って構成されている。砂丘の高さは、内陸側に高く、最高 20m 前後である。この地域に、各種レベルの湿原や 100 以上の湖沼が分布する。（図 1）

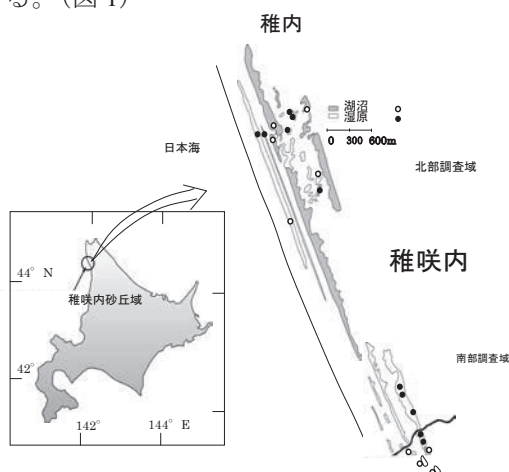


図 1. 稚咲内砂丘林

## 3. 調査方法

湖沼群の調査は、1998 年に開始し、現在も継続している。昨年と本年は、通常の調査のほか、プラン

クトン相を、bbe Moldaenke Gmb 社 Fluoro-Probe を用いて観測した。ヨシなどは、肉眼と写真による観察である。調査は、夏季を中心に、晴天時に行った。現地調査を主体に、試料は持ち帰り、栄養塩を中心に分析を行った。

## 4. 結果の要約

### 4.1 水質調査の総括

多くの湖沼は、無機態栄養塩濃度が低く、貧栄養的環境にある。特に  $\text{SiO}_2$  が低濃度であり、貧栄養型珪藻を主体とした湖水環境であり、湖沼周囲環境もヨシを主体とした生態環境にあることがわかった。農地付近では栄養塩濃度が高く、農業に由来した人為的富栄養化の環境にある。また乾燥化による湖水減少の影響も考えられ、鉄分濃度が高く、底質の影響も考えられた。このような湖沼では、底棲生物の寄与が大きくなる。

### 4.2 プランクトン相について

通称、メガネ沼における蛍光光度計 Fluoro-Probe の観測結果を図 2 に示す。本湖沼は、水質分析からは  $\text{SiO}_2$  はほとんどなく、珪藻類が主体であることから、地下からの珪酸はヨシとこれら藻類が消費し、特異な生態を呈していることがわかった。人為的影響が強くなると、水質と対応して一般的な生態系になるものと考えられた。

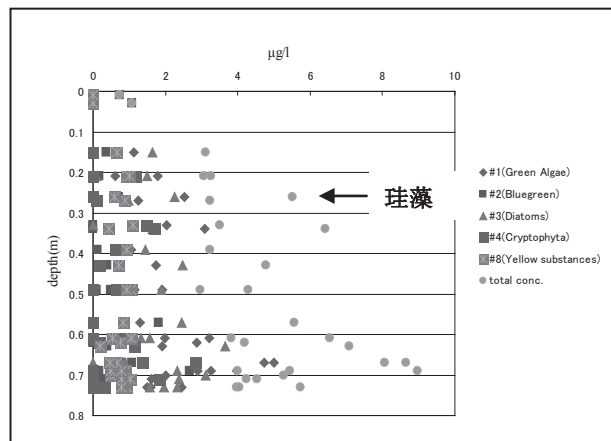


図 2. プランクトン相の観測

### 1. はじめに

本邦における主要な湖沼のリスト、いわゆる堀江リストには 626 が掲載されているが、このうち成因が記載されているのは 449 湖沼である。それらの中で成因が砂丘湖とされているのは青森県に 10 湖沼、新潟県に 9 湖沼で合計で 19 湖沼 (約 2.5%) である。

砂丘湖の定義はかならずしも確定していない。Horie (1962) は Hutchinson(1957)の分類体系にもとづきこれらを Type 62 (Lakes between well-oriented sand dune) としている。ここでは「砂丘からの湧水により涵養される砂丘列間または砂丘列の背後に形成された水体」(福原ら, 2008) とする。砂丘湖は多くの場合、スイカやダイコンなどの砂丘農業地帯に囲まれており、砂質土壌のため多肥料による地下水を通じての富栄養化の可能性や砂の採取による水体の破壊などの問題が挙げられ、緊急の現状調査の必要性があると考えられる。

演者らは 2005 年より新潟県、青森県の砂丘湖についてそれぞれで 25, 40 湖沼、合計 65 湖沼 (一部溜池、湧水池を含む) について陸水生態学的な調査を行ってきたのでその概要を紹介する。

### 2. 新潟県、青森県における砂丘湖の分布

新潟県の砂丘湖は大きく新潟砂丘湖沼群と潟町砂丘湖沼群に分けられる。新潟砂丘湖沼群には、角田山麓から村上市の三面川河口まで続く約 70km の新潟砂丘に、佐潟、鳥屋野潟をはじめ、県北の村上市近くの海岸よりの 2 湖沼(御幕場大池、御幕場金池)を含め、計 17 湖沼がある。また、潟町砂丘湖沼群には、潟町砂丘上の約 5 km の範囲内に長峰池、朝日池など計 9 湖沼が比較的密集してある。

青森県には津軽半島と下北半島に砂丘湖が分布する。津軽半島の西側、南北約 30km にわたって屏風山砂丘があり、この中に明神沼、平滝沼、冷水沼などの屏風山湖沼群が点在する。1970 年代までは地図上約 130 湖沼が存在したとされる (石

川, 1970) が現在では激減している。本調査では 32 湖沼を対象とした。下北半島北東部に位置する下北湖沼群は、下北郡東通村の尻労から小田野沢までの太平洋岸の南北 15 km におよぶ猿ヶ森砂丘地帯に分布する大小 22 の湖沼から構成される。下北湖沼群一帯は 1959 年から防衛省 (庁) 下北試験場として立ち入りが制限されており、左京沼以外の湖沼の性状や生物相に関する知見は極めて限られている。

### 3. 砂丘湖の特徴と問題点

砂丘湖の特徴と問題点を以下にまとめる。砂丘湖の貴重種の現状、特徴的な生物についても述べる。

- 1) 砂丘湖は基本的に湧水により涵養されるため、地下水を通じて周囲の農業の影響を受けやすく、富栄養化した湖沼(御幕場大池、御手洗潟、本佐潟、朝日池など、雁沼など)がみられる。
- 2) 浅いため、貴重な水生植物が保存されている湖沼も多い(特に、下北湖沼群)。
- 3) 周囲にヨシなどの抽水植物帯による湖岸が残っている湖沼も多く、2) とともに貴重水生動物を擁している。
- 4) 他方で、溜池として利用されている湖沼も多く、これらでは一部がコンクリート湖岸となっており湖岸植生が貧弱となっている。
- 5) 砂丘地の砂の建築資材への利用や直接的な湖底の浚渫による大規模な砂採取が行われ、水生植物が壊滅的な打撃を受けている砂丘湖が多くある(特にソリ沼など屏風山湖沼群)。
- 6)

(謝辞) 本研究は科学研究費補助金「急務となっている砂丘湖の生物多様性保全に関する研究」をまとめた。分担者の戸田任重 (信州大学)、野原精一 (独立行政法人国立環境研究所)、研究協力者の小岩直人 (弘前大学)、木村 啓 (津軽植物の会会長)、木村直哉 (KKグリーンシグマ)、樋口伸介 (当時神戸大学大学院)、根本富美子 (当時新潟大学大学院) の各氏及び下北湖沼群の調査にご協力いただいた防衛省下北試験場に感謝いたします。

\* 西川潮（新潟大学・超域）、今田美穂、中川恵、赤坂宗光、高村典子（国立環境研究所）

### 1. はじめに

全国に20万個以上あるため池は、かつては氾濫原湿地に生息していたさまざまな動植物に避難場所を提供することにより、生物多様性の宝庫となっている。ため池の伝統的な管理方法のひとつに池干しがあり、これは、ため池の水質の改善と水棲外来動物の駆除に効果的であると信じられている。一方、池干しは、移動性の低い希少水棲動物に壊滅的な影響を与えることが想定される。しかしながら、池干しがため池の生物多様性や水質に及ぼす効果はこれまで検証されていない。

ため池の生物相に大きく影響を与えるもうひとつの要因として、周囲の土地利用があげられる。なかでも、ため池の周囲に広葉樹が多い池では、落葉資源がため池の食物網構造に大きく影響することが想定される。

本研究では、ため池周辺の土地利用の違いに着目しながら、池干しが、ため池の生物多様性と水質に及ぼす影響を評価した。

### 2. 方法

2006年から2007年にかけて、兵庫県西部の加古川流域にある64のため池において、野外調査を行った。各池において小型定置網とカゴ網を設置し、大型水棲動物（カメ類、両生類、魚類および甲殻類）の捕獲を行った。また、ため池の沿岸域において、エクマンバージ・サンプラーおよびD型網を用いて、底棲無脊椎動物の採集を行った。水質分析のために、各池から水を容器に入れて持ち帰り、光学顕微鏡下でアオコのバイオボリュームを求めた。ため池の管理者を対象とした電話での聞き取り調査を行い、各池における前年冬の池干しの有無および程度を明らかにした。さらに、地理情報システム（GIS）を用いて、半径10mから7000mの計10段階のバッファーを発生させ、ため池周辺の各土地利用面積を求めた。

### 3. 結果と考察

本発表では、生物多様性指標として底棲無脊椎動物の生息個体数、重量および種数を、水質の指標としてアオコのバイオボリュームを用いる。

野外調査、聞き取り調査、およびGIS解析の結果、池干しは、1) 水棲外来動物の駆除や水質の改善に必ずしも効果的ではないこと、2) 周辺に広葉樹が多いため池では、レッドリスト掲載種（特に巻貝）の生息個体数を大きく減少させること、が示された。これらのことから、ため池の池干しは生物多様性保全にも水質改善にもあまり効果がないものと考えられる。生物多様性と生態系サービスの視点に基づく、効果的なため池の管理方法の開発が望まれる。

\*中田聡史（京都大学・理）・石川洋一（京都大学・理）・淡路敏之（京都大学・理）

印貞治（海洋財団）・中山智治（海洋財団）・島茂樹（海洋財団）・齊藤誠一（北海道大学・水産）

## 1. はじめに

沿岸域の漁場環境予測のためには河川流量を精度よく把握することは、特に好漁場となる陸水影響海域では不可欠である。例えば噴火湾では、各河川の流量( $\sim 10 \text{ m}^3/\text{s}$ )は小さいが、淡水を湾内に供給して時計回りの水平循環場を駆動し(佐藤ら 2003)、塩分や溶存酸素濃度の水平分布に影響を与える(Nakayama et al., 2005)。また河川は夏季に枯渇傾向にある栄養塩を補給して湾内生物生産を支える(芳村・工藤 2005)。4月の雪解け水による全河川流量は  $230 \text{ m}^3/\text{s}$  であり(長谷川・磯田, 1997)、大阪湾の淀川( $278 \text{ m}^3/\text{s}$ )などの大河川の流量に匹敵する。

河川流量データを予報業務として使用する場合には即時性が求められる。ところが、小集水域(特に二級水系)の河川流量データが利用可能となるまで遅延があり、流量観測データが全くない小河川も多い。噴火湾では、観測が頻繁な一級水系は無く、4つの二級水系の河川でのみ流量観測がある。

本研究では、噴火湾を例に、沿岸海洋予測のために可能な限り計算コストを抑えた小集水域用マルチ河川モデルによって、全河川の日平均流量推定法を提案する。次にマルチ河川モデルと海洋大循環モデル(OGCM)と結合させ、漁海況に差異があった 2008年と 2009年を例に、貧酸素水塊形成期の 3~9月における流動場の差異とその要因を調べ、2009年のホタテ不漁に関連した夏季の貧酸素水塊の未解消の要因を考察する。

## 2. モデル

海洋モデルは自由海表面、 $\sigma-z$  混合座標系の京都大学 OGCM を使用した。青森県の太平洋側と日高湾を含む領域を水平解像度約  $1.5 \text{ km}$ 、鉛直 78 層で分解した。4次元変分法を用いた北西北太平洋の海況再解析データ(Ishikawa et al., 2009)と 2段階の Nesting 手法によって側面開境界条件を決定した。海面境界には GPV-MSM の風応力と NCEP-NCAR の熱・水フラックスを与えた。

マルチ河川モデルは、全河川の集水域の植生・熱・水収支が考慮され、 $500 \text{ m}$  格子に配置された分布型タンクモデルで構成される。外力は GPV-MSM データを与えた。この手法により計算コストを抑えながら相

関係数約 0.8、誤差 3%以内で流量を推定できた(例えば長万部川、図 1)。

## 3. 計算結果

図 2 左は河川水流入を考慮した噴火湾における再現結果である。風の穏やかな 7 月には、時計回りの循環場が確認された。モデルの水平分解能の向上に応じて、半径  $5 \text{ km}$  程度の小規模な反時計回りの循環場が湾南岸で確認された。2008、2009 年の表層流動場の差をとると(図 2 右)、2009 年は時計回りの循環場が強いことがわかった。

## 4. 考察

積雪が多い 2009 年は、雪解け水による春季(3~7月)平均全河川流量( $145 \text{ m}^3/\text{s}$ )が 2008 年( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ )より多く時計回りの循環が強化された。同時に湾内平均湧昇流は  $4 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  だけ増加し、夏季に低塩であった湾外水が多く引き込まれ、底層貧酸素水塊が持ち上げられた可能性がある。湾南岸の小規模な反時計回りの循環は、底層では湾外水を引き込み、貧酸素水塊を湾外排出する一因を担っている。

## 謝辞

本研究は文部科学省地域クラスター創成事業(函館マリンバイオクラスター)の一環として実施された。

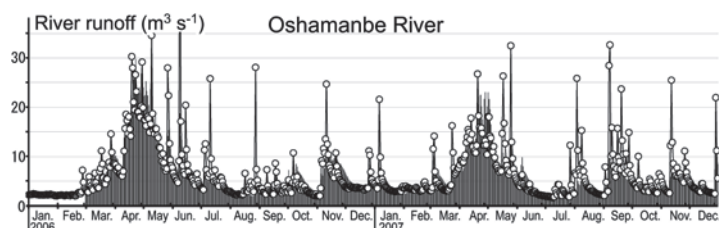


図 1 長万部川流量の観測値(丸印)と計算値(バー)の比較

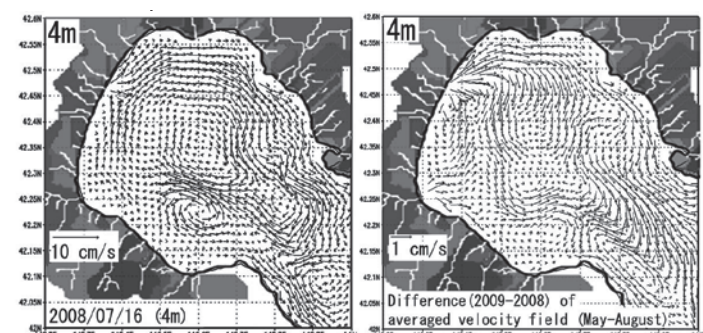


図 2(左)夏季表層流動場の瞬間値、(右)夏季平均流動場の差異(2009-2008年)

一般公演

口頭発表

D会場

教養2号棟 3階 604講義室

日時 : 9月23日(金) 10:00~12:00 1D01~1D08  
15:00~17:00 1D09~1D16



\*藤井智康（奈良教育大・教育）・奥田節夫（奥田水圏環境研究所）

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した M9.0 の東北地方太平洋沖地震により発生した津波による被害については記憶に新しい。日本沿岸で発生する津波についての到達時間・振幅についての研究は数多くされている。しかしながら、津波の影響は、沿岸部のみに限られ、感潮河川や連結した湖沼における津波の伝播についての研究や情報が少ない。日本海を伝播する津波は、太平洋側で発生する津波と比較してこれまでの記録も少ない。中海・宍道湖は図 1 に示すように、境水道（7.5 km）を通じて日本海と、また大橋川（7.5 km）を通じて宍道湖につながる連系汽水水域を構成している。本研究では、このような連系汽水水域に、日本海を伝播した津波が境水道を通じて遡上した場合、中海・宍道湖の水位変動に大きな影響を及ぼすと考えられ、その影響について検討する。

2. 方法及び解析

表 1 に示すように、日本海を遡上した津波については、以下の通りである。

表 1 境検潮所の検潮記録

年月日	地震名	最大振幅(cm)	周期(分)
1960年5月25日	チリ	50	80
1964年6月16日	新潟	76	25
1983年5月26日	日本海中部	62	22
1993年7月13日	北海道南西沖	66	25

本報告では、1993 年 7 月 12 日 22 時 17 分に発生した M7.8 の北海道南西沖地震 (N42°47', E139°12') により発生した津波の伝播による中海・宍道湖の水位変動に着目した。中海・宍道湖の水位は、図 1 に示す St.S 及び St.N に設置したフロート式水位計の 5 分間隔データを用い、境水道 (St.SA) の水位は気象庁の境検潮所のデータを提供して頂き、解析に用いた。また、境の水位は 1 時間間隔のデータとしては公表されるが、表 1 に示すとおり境の津波の記録は、チリ地震津波を除き、周期は 20 分程度と短いために、津波発生時の自記記録紙より 2.5 分～5 分間隔でその潮位を読みとり、解析に用いた。



図 1 水位観測地点図

3. 結果及び考察

図 2 は境検潮所の津波到達時の自記記録を示す。1993 年 7 月 12 日 22 時 17 分に発生した津波が、境水道には約 2 時間後の 13 日 0 時 38 分に第 1 波が到

達している。また、図 3 に示すように、境水道に第 1 波が到達後、約 1 時間 30 分後に大橋川東端に、さらに 1 時間 30 分後に宍道湖まで到達していることが分かる。境水道の最大振幅は 66 cm に対して、中海・宍道湖の振幅は 25 cm 程度と小さいが、第 1 波到達後に水位が 20cm 程度上昇している。このように、境水道より振幅は減衰しているが、津波による振動が宍道湖まで伝播していることが分かる。図 4 にスペクトル解析結果を示す。中海・宍道湖の静振は 60 分、30 分程度であり、津波の周期と近いために、両湖では共振現象を起こす可能性もある。

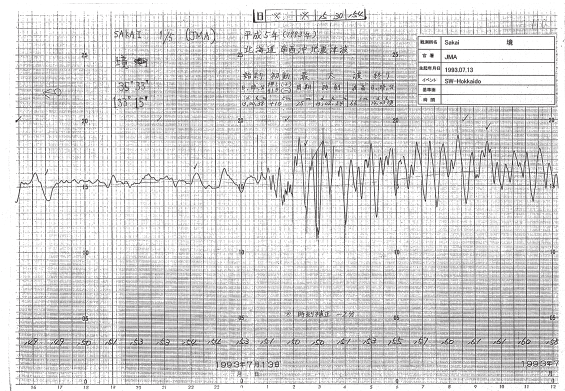


図 2 境検潮所の津波波形

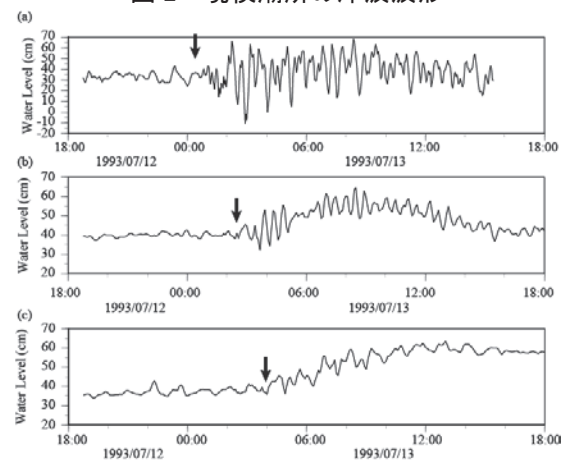


図 3 境水道 (a)、中海 (b)、宍道湖 (c) の水位変動

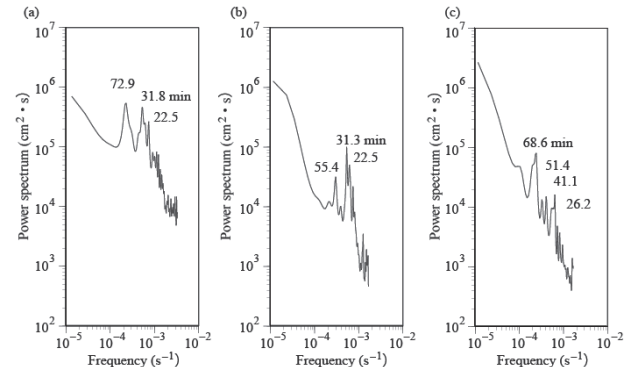


図 4 スペクトル解析結果 (a) St. SA, (b) St. N, (c) St. S

\*宮廻隆洋、小山維尊、中島結衣、野尻由香里  
崎幸子、神谷宏（島根県保健環境科学研究所）

### 1. はじめに

斐伊川は宍道湖西部に位置し、宍道湖集水域の約70%を占め、その流入負荷は宍道湖・中海の水質に多大な影響を及ぼしている。このため、定期的に斐伊川の汚濁負荷量を追跡することは宍道湖・中海の水質改善状況を把握するうえでとても重要である。

当所ではこれまでに斐伊川の連続負荷量調査を1983年～1984年及び2001年～2002年の過去2回実施しており、18年の間でTNはほぼ横ばい、TPは減少したことが分かっている。

前回の調査から約10年が経ち、これまでの水質保全対策の結果、斐伊川の水質・負荷量にどのような変化があったかを確認するために、更なる追跡調査を行い過去2回の調査との比較を行った。

### 2. 実施方法

斐伊川河口から約12km上流に位置する神立橋で2010年7月1日～2011年6月30日までの1年間毎日採水した。各項目の水質分析を行い、それぞれの年間負荷量を斐伊川流量から計算し、負荷量（Load）と流量（Flow）との関係式（L-Q式）を求めた。

なお、採水期間の流量については、確定値が発表されていないため、国土交通省の大津観測所の水位データと平成20年度の水位－流量曲線（H-Q式）を用いて推定した。

### 3. 結果と考察

2010年7月1日～2011年6月31日までの年間総流量は15.1億 $m^3$ で、過去の調査時（14.1億 $m^3$ 、14.3億 $m^3$ ）に比べ総流量は若干多めだった。各項目の年間負荷量はTN:957トン、TP:61.7トン、TOC:1,878トン、NO<sub>3</sub>-N:768トン、PO<sub>4</sub>-P:16.6トンで、TOC以外は前回調査時よりも増加した。負荷量は大雨等による増水の影響が大きく、また流域内の降雨量も多かったため、その分斐伊川への流入負荷が増加したと考えられる。特に、NO<sub>3</sub>-N負荷量の増加が顕著

で、TNに占めるNO<sub>3</sub>-Nの割合が10%ほど上昇した。冬～春季のNO<sub>3</sub>-N濃度は前回調査時よりも明らかに増加しており、この時期の大气降下物が大きく影響したものと考えられる。一方、TOC負荷量が減少したことについては、斐伊川流域における排水処理整備が進んだことが要因だと思われる。

表：各項目のL-Q式（2010～2011年）

	L-Q式	r
TN	$\log(\text{Load}) = 1.0899 \times \log(\text{Flow}) - 3.3716$	0.9615
TP	$\log(\text{Load}) = 1.2680 \times \log(\text{Flow}) - 4.9152$	0.9356
TOC	$\log(\text{Load}) = 1.1852 \times \log(\text{Flow}) - 3.2657$	0.9710
NO <sub>3</sub> -N	$\log(\text{Load}) = 1.0818 \times \log(\text{Flow}) - 3.4516$	0.9398
PO <sub>4</sub> -P	$\log(\text{Load}) = 1.0791 \times \log(\text{Flow}) - 5.1124$	0.9139

L-Q式は上表のとおりで、いずれの項目も非常に良い相関を示した。また、過去調査分のL-Q式と比較したところ、いずれも過去調査分に比べて今回の傾きが小さくなった（図1）。このことから、大雨時の斐伊川への流入負荷量が以前よりも減少したものと考えられる。

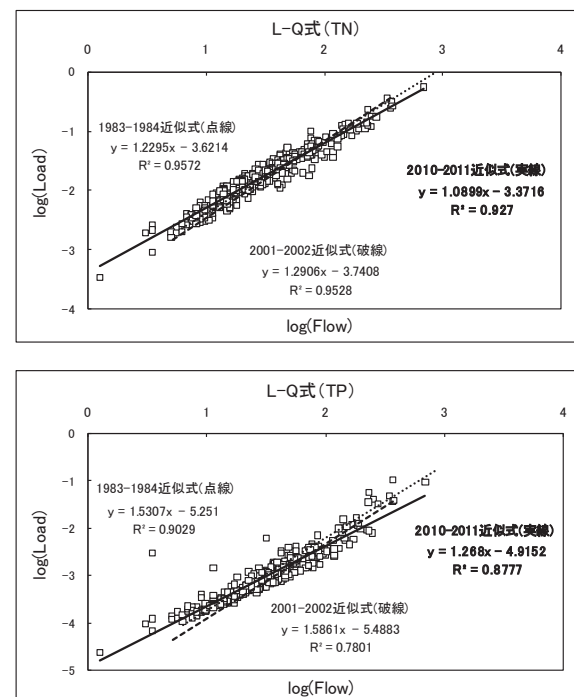


図1 過去調査分とのL-Q式比較（上段：TN、下段：TP）



## 宍道湖調査の結果から

## -植物プランクトンの種変化と増殖速度-

\*崎幸子、小山維尊、中島結衣、野尻由香里、宮廻隆洋、  
神谷宏（島根県保健環境科学研究所）大谷修司（島根大学教育学部）

## 1. はじめに

当研究所では環境基準調査の一環として、宍道湖の植物プランクトン調査を 1974 年から継続的に実施している。しかし、月 1 回の調査では植物プランクトンの細かな挙動を把握することが難しい。そこで今回、1 年間毎週採水を行うことにより、植物プランクトンがどのように変化・増殖しているのかを把握するための調査を行った。

## 2. 方法

調査は平成 22 年 7 月から平成 23 年 6 月にかけて約 1 週間に 1 回行った。採水は宍道湖の湖心(水深約 5.7m)において、船上からバケツにより採取し、ただちに 200ml を分取してグルタルアルデヒド 2.5% 溶液 200ml で固定した。約 1 ヶ月後冷蔵保管していた固定試料を直径 47mm、孔径 0.45 $\mu$ m メンブレンフィルターで吸引濾過した。その後、フィルター表面に集積した植物プランクトンをミクロスパチュラを用いてかきとり濃縮後、5%ホルマリンを用いて全量が 2ml になるように調整し、100 倍濃縮試料を作製した。濃縮試料を均一になるようによく攪拌し、その一部を微分干渉光学顕微鏡(OLYMPUS BX51)で観察し、種の同定を行った。

細胞数は非常に多い(cc)、多い(c)、普通(+)、少ない(r)、非常に少ない(rr)の 5 段階の相対出現頻度で表した。また出現した種類について、トーマの血球計算盤を用いて細胞数を計 3 回計測し、その平均値を細胞密度とした。細胞が約 2 $\mu$ m 以下の小型の種類については細胞数の計測が困難なため、前出の 5 段階相対出現頻度で示した。細胞群を形成する種類(*Scenedesmus* 属、*Oocystis* 属など)は群体数を計測した。細胞密度が  $1 \times 10^7 L^{-1}$  以上、相対出現頻度で表した種類については多い(c)以上の種類を優占種として表現した。

また藻類ごとの増殖特性を比較するために、細胞密度から比増殖速度  $\mu$ (/日)を算出した。

## 3. 結果及び考察

平成 22 年 11 月下旬から平成 23 年 1 月中旬にかけては優占種が無く、平成 22 年 8 月中旬から藍藻綱の *Microcystis ichthyoblabe* を相対出現頻度(+)から(r)程度で継続的に確認した。1 年を通じて藍藻綱(*Synechocystis* sp.、*Aphanocapsa holosatica*、*Coelosphaerium kuetzingianum*、*Merismopedia* sp.)や珪藻綱(*Chaetoceros* sp.、*Skeletonema*

*costatum*、*Thalassiosira pseudonana*、*Cyclotella* spp.)、緑藻綱(*Pseudodictyosphaerium minusculum*、*Lobocystis* sp.、*Amphikrikos nanus*、cf. *Coccomyxa* sp.)などが様々に推移しながら優占することが多かった。週ごとに優占種が変わることも多く、月 1 回の調査では必ずしも優占種の変化を捉えられていないことがわかった。

Table 1 に藍藻綱・渦鞭毛藻綱・珪藻綱・緑藻綱において、今回の調査で頻繁に出現した属について、最大比増殖速度 $\mu_1$ を示した。渦鞭毛藻綱の *Prorocentrum minimum* のうち、本庄については定期調査の結果から、中海各層については当研究所で 1 週間ごとに行った 1985 年の調査結果からそれぞれ値を算出した。同表より、緑藻綱の *Pseudodictyosphaerium minusculum* が  $\mu_1=0.08\sim 0.09(1/day)$  程度であるのに対して、藍藻綱の *Coelosphaerium kuetzingianum* は  $\mu_2=0.22(1/day)$ 、渦鞭毛藻綱の *Prorocentrum minimum* は  $\mu_3=0.12\sim 0.26(1/day)$ 、珪藻綱の *Cyclotella* 属は  $\mu_4=0.17(1/day)$ 、*Skeletonema costatum* は  $\mu_5=0.42(1/day)$  であった。倍加時間について見てみると、藍藻綱で約 3 日、渦鞭毛藻綱で 3~6 日、珪藻綱で約 2~4 日であったのに対して、緑藻綱は 1 週間以上であることから、他の藻類と比較して増殖に時間がかかることがわかった。またこれまでの室内実験の報告との結果と比較すると、藍藻綱・珪藻綱ともに今回の調査結果から算出した値の方が低かった。

Table 1 Maximum specific growth rate from the references

Species	採取地点	高頻度採水調査		室内実験	
		Specific growth rate(1/day)	Water temperature(°C)	Specific growth rate(1/day)	Water temperature(°C)
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	宍道湖湖心	0.22	21	0.72	30
<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	宍道湖湖心			0.54 <sup>1)</sup>	25
<i>Prorocentrum minimum</i>	本庄	0.26	19		
	中海上層	0.15	19		
	中海中層	0.18	17		
	中海下層	0.12	14		
<i>Cyclotella</i> spp.	宍道湖湖心	0.17	16	1.10 <sup>2)</sup>	20
<i>Skeletonema costatum</i>	宍道湖湖心	0.42	22	1.25 <sup>3)</sup>	15 $\pm$ 1
<i>Pseudodictyosphaerium minusculum</i>	宍道湖湖心	0.09	5		
		0.08	12		

## 参考文献

- [1]神門利之 宍道湖産アオコの塩分・水温耐性等に関する報告書、島根県保健環境科学研究所、2011  
 [2]手塚泰彦 訳：陸水学、243-284、京都大学学術出版会、1999  
 [3]樽谷賢治・山本民次、広島県産 *Skeletonema costatum* のリン酸塩取り込みおよび増殖の動力学、60-61、1994

## 宍道湖湖心における光合成色素からみた

### 植物プランクトンの季節変動

\*谷 幸則・松本 祐里奈・内藤 博敬（静岡県大・環境）  
神谷 宏・宮廻 隆洋（島根県保環研）

#### 1. はじめに

沿岸や汽水域は、豊富な栄養によって生物生産性が高く、水産対象種の漁獲も盛んな水域である。一方、集水域からの人為的に負荷された栄養塩が集積し富栄養化を受けやすい。これに加えて、地球規模での温暖化によって、沿岸・汽水域において高水温に有利な藍藻類の優占<sup>1-2)</sup>が懸念されている。藍藻類の優占は、その有毒性のみならず、食物連鎖を通じた生態系の破綻との関連が問題視されている<sup>3)</sup>。よって、藍藻類と他の植物プランクトン類の定量的なデータの集積が不可欠となってきた。本研究では、島根県・宍道湖を対象湖沼とし、カロテノイドを中心とした光合成色素濃度を指標として植物プランクトン量を種別ごとに見積もり、植物プランクトンにおける藍藻の寄与を明らかにした。

#### 2. 方法

本研究では、汽水湖である島根県・宍道湖の湖心から湖水を採取し、GF/Fガラス繊維フィルターで植物プランクトンを含む懸濁物を捕集した。捕集した懸濁物からアセトンでクロロフィル色素及びカロテノイドを抽出し、フォトダイオードアレイ検出器付の高速液体クロマトグラフィーで分析した<sup>4)</sup>。

#### 3. 結果と考察

2008年6月から2010年3月までに月1回程度の行った湖心表層の色素分析から宍道湖において、6月から10月まで、藍藻に由来するZeaxanthin、 $\beta$ -caroteneが有意に検出された。これらのカロテノイドの全カロテノイドに対する相対割合は、最大で80%（2009年8月）であった。この時の試料の顕微鏡観察によってピコシアノバクテリアの*Synechocystis* sp.の優占が見出されている。全カロテノイドに対する藍藻由来カロテノイドの相対割合を湖水温度のプロットしたところ、有意な正の相関( $R^2 = 0.482$ ;  $P = 0.000479$ )が得られ、夏季の高水温下において藍藻の相対割合が増加することが明らかとなった。

2010年7月から11月まで週1回の頻度で色素類を測定した結果、7月8月においては、藍藻と珪藻

(Fucoxanthin, 19'-Hexanoyloxyfucoxanthin, diadinoxanthin が主カロテノイド)の優占が頻繁に入れ替わることが明らかとなった。9月は藍藻の優占で安定し、藍藻由来カロテノイドは全カロテノイドの90%以上を占める場合があった。2010年の9月は、藍藻の*Aphanocapsa holosatica*が優占種であり、2009年度とは異なった。10月になると、藍藻由来カロテノイドの割合は漸減し、11月には検出されなくなった。宍道湖では、その年ごとに藍藻の優占種や藍藻由来カロテノイド相対割合の程度が異なることが明らかとなった。

#### 4. まとめ

宍道湖において夏季の高水温期に、藍藻由来カロテノイド相対割合が高くなる傾向がみられた。2010年の9月には、藍藻由来カロテノイド相対割合が90%以上に達することから、他の植物プランクトンが相対的に減少していることを意味している。藍藻類は、不飽和脂肪酸、ステロール類の含有率が低い<sup>5)</sup>ため、「エサの質」として低い<sup>5)</sup>。このことから藍藻が単独的な優占が食物連鎖を通じて生態系に影響を及ぼすことが危惧され、今後のモニタリングが必要と考えられた。

#### 参考文献

1. H. W. Paerl and J. Huisman, "Climate - Blooms like it hot", *Science*, **320**, 57-58 (2008)
2. H. W. Paerl and J. Huisman, "Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms", *Environ. Microbiol. Rep.*, **1**, 27-37 (2009)
3. D. Martin-Creuzburg and E. von Elert, "Good food versus bad food: the role of sterols and polyunsaturated fatty acids in determining growth and reproduction of *Daphnia magna*", *Aquat. Ecol.*, **43**, 943-950 (2009)
4. Y. Tani, et al., "Photosynthetic pigments in sediment core HDP-04 from Lake Hovsgol, Mongolia, and their implication for changes in algal productivity and lake environment for the last 1 Ma", *Quat. Int.*, **205**, 74-83 (2009)
5. D. C. Muller-Navarra, "Food Web Paradigms: The Biochemical View on Trophic Interactions", *Int. Rev. Hydrobiol.*, **93**, 489-505 (2008)

## 宍道湖毎週調査の結果から — 貧酸素化に伴う堆積物からの窒素の溶出はあるのか —

\* 神谷 宏、小山維尊、中島結衣、野尻由香里、宮廻隆洋、崎 幸子（島根県保健環境科学研究所）

### 1. はじめに

宍道湖においては、水温が上昇し、かつ塩分成層が発生した場合、塩分成層内部は SRP およびアンモニア態窒素が蓄積する。状況的に把握した場合、蓄積する栄養塩は堆積物から溶出したものと考えられている。しかし、我々は成層内部に蓄積するリン酸に関しては堆積物直上の貧酸素化による溶出であると考えられるが、アンモニア態窒素に関しては水中懸濁物からの分解無機化がほとんどであることを示した（神谷ら、1996）。そこで今回、宍道湖の窒素・リンの現存量がどのように変化するかを把握するため、1年間毎週採水・分析を行い、その結果を用いて解析を行ったので報告する。

### 2. 方法

調査は2010年7月1日に開始し、2011年6月27日まで、週一回ずつできる限り月曜日に行った。宍道湖湖心において、水温・電気伝導度・溶存酸素濃度の鉛直測定を行った。採水は表層から1mピッチで湖底から0.5mまで行った。分析は通常行う項目をすべて行った。現存量の計算は水深0.5mまでを表層、水深0.5mから1.5mまでを1m、水深1.5mから2.5mまでを2m、2.5mから3.5mまでを3m、3.5mから4.5mまでを4m、4.5mから湖底上0.5mまでを5m、それ以下を湖底上0.5mの採水・分析結果を用いて計算を行った。これらの結果と宍道湖の表面積から現存量を計算した。よって、実際は水深の浅い部分もあるので正確な現存量ではなく、あくまでも相対的な現存量の変化を見るものである。

### 3. 結果及び考察

夏季においては塩分成層の発生に伴い堆積物直上が貧酸素化していた。それに伴い、成層内部には SRP 及びアンモニア態窒素の高濃度の蓄積が見られ、堆積物からの溶出があるように見受けられた。TP の現存量は8月2日から増加が始まり、9月27日ま

ではほぼ直線的に増加が観測され（図1）、その後次第に減少して行き11月には平常に戻っている。夏季における TP 現存量の増加は斐伊川からの TP 供給量よりもはるかに多いことから、この増加は堆積物直上の成層とそれに伴う貧酸素化によって溶出した SRP の蓄積が原因であると考えられた。TN 現存量については年間をとおして見ると冬季に増加している（図2）。冬季における TN 現存量の増加は斐伊川から流入する高濃度の窒素が原因であると考えられた。図から明らかのように、TP に見られたような堆積物直上の貧酸素化に伴う溶出は見られていない。脱窒については、基質である硝酸態窒素濃度が極端に少ないことからわずかであったと考えられた。故に一般的に言われているような堆積物の貧酸素化に伴うアンモニア態窒素の溶出は宍道湖では観測されなかったことが今回の詳細な調査で明らかとなった。

参考文献  
神谷ら（1996）夏季の宍道湖の底層水に蓄積する栄養塩の起源、陸水学雑誌、57 313-326

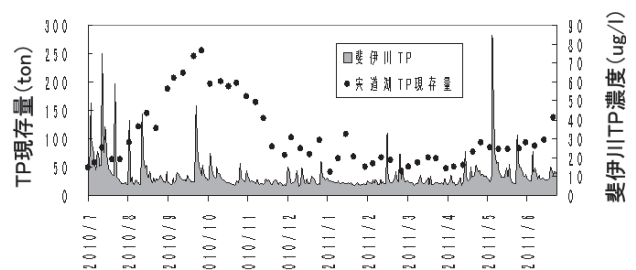


図1 宍道湖のTP現存量と斐伊川のTP濃度の変化

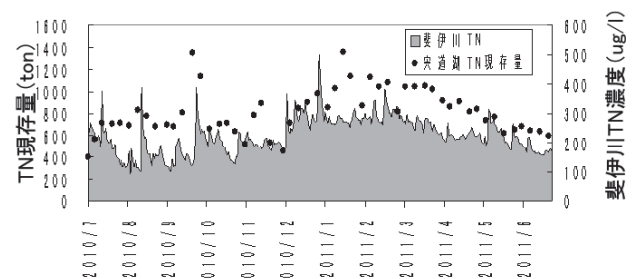


図2 宍道湖のTN現存量と斐伊川のTN濃度の変化

# 1D06 WEPシステムによる高濃度酸素水の拡散状況について -中海浚渫地を例として-

\* 増木 新吾<sup>1)</sup>・戸島 邦哲<sup>2)</sup>・若林 健一<sup>2)</sup>・清家 泰<sup>3)</sup>

1) 鳥取大学大学院連合農学研究科, 2) 松江土建株式会社, 3) 島根大学総合理工学部

## 1. はじめに

閉鎖性の強い海域での底層部貧酸素化に伴い、底泥からの栄養塩や有害な金属イオンの溶出、硫化水素の発生、また多くの生物の生息場所を奪うことなど、多くの問題が報告されている(環境省, 2005)。近年、機能性覆砂材による覆砂や、浅場造成、流域の下水道整備など、様々な観点から改善方法が試されているものの、問題の抜本的な解決には至っていない。底層部の貧酸素化については1960年ごろから研究が行われ、いくつかの酸素供給技術が報告されている(Singleton et al. 2006)。しかしながら、これまでの報告は湖沼等で実験的に行われたものが多く、海域においては実証レベルでの実験例はほとんど無いことから、これらの技術は確立には至っていないといえる。今回、我々は新型の底層酸素供給装置【WEP system: 松江土建(株)】を用い、中海(米子湾)で実証レベルでの酸素供給実験を行い、その拡散状況について調査を行ったので報告する。

## 2. 方法

酸素供給はWEP system(気液溶解装置と酸素精製装置から構成される)を用いた。気液溶解装置の設置方法は高濃度酸素水を任意の水深で吐出できるようウインチを取り付けたフロート船から吊り下げた。2007年には120m<sup>3</sup>/h, 2008年, 2009年は120, 150m<sup>3</sup>/hの処理能力を持つものをそれぞれ用いた。気液溶解装置に送り込む酸素ガス(92%)はフロート船上の酸素精製装置からエアホース用いて送り込み、電源は海底ケーブルを用いて供給した。2007年は8月~10月, 2008年は5月~10月, 2009年は4月~10月まで稼働させた。実験場所は、周辺水深が7m程度から水深15m程度まで掘り込まれている安来港沖の浚渫窪地(約600m×300m)で行った(Fig.1)。窪地内の南西部で酸素供給を行い、窪地内の北東部を対照区として比較した。

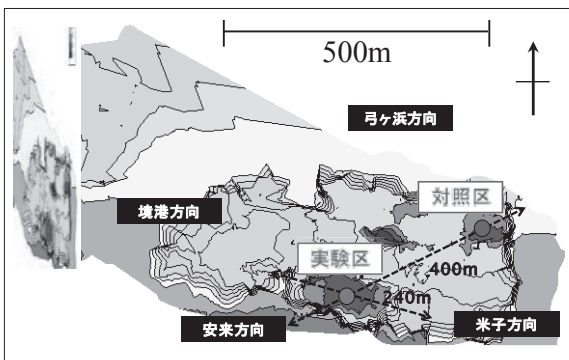


Fig.1 安来港沖浚渫窪地地形

## 3. 結果と考察

酸素供給を行った窪地の溶存酸素(DO)の濃度分布を境港-米子断面と安来-弓ヶ浜断面で示す。2008年の5月15日(酸素供給前)ではDOは0~2mg/l程度であったのに対し(Fig.2), 酸素供給開始3日後には装置を中心として100m程度がった(Fig.3)。この状態は、時折、大きな潮流の影響を受け流失することがあったものの、ほぼ10月まで継続された。酸素供給が行われた面積としては20,000m<sup>2</sup>であり、改善した窪地内の体積は100,800m<sup>3</sup>と見積もられた。

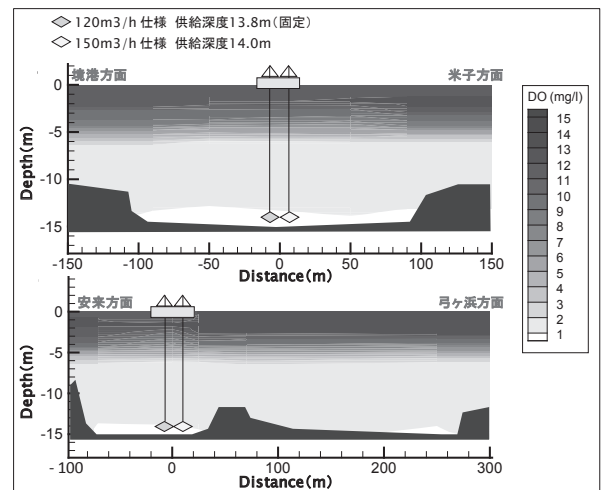


Fig.2 溶存酸素濃度分布図(酸素供給前)

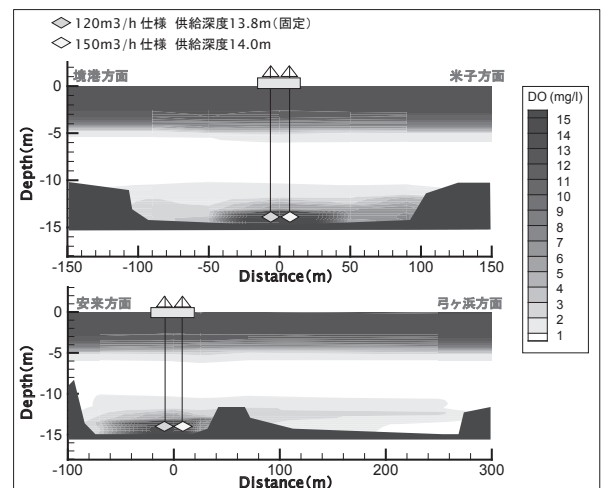


Fig.3 溶存酸素濃度分布図(酸素供給3日後)

(参考文献)

- ・ 環境省 平成16年度公共用水域水質測定結果(2005)
- ・ V.L.Singleton et al. Environ. Sci. Technol. 40, 7512-7520. (2006)

「はじめに」

島根県, 鳥取県の中間に位置する中海は, 86km<sup>2</sup>の面積を持つ大きな汽水湖である。平均水深 5.4m 程度の中海形状は複雑であり, 斐伊川, 宍道湖方面からの河川水, 境水道からの海水が混合するほか, 数多くの浚渫窪地が今もなお残されている。

我々は, 中海平均水深 8 m 程度のなか, 周辺護岸整備に為掘り下げられた水深 15m と特異的な米子湾, 安来港沖の窪地において, 2007 年 7 月より約 3 年間連続水質観測を行った。

成層強固な夏期に無酸素化し, 冬期においては, 中層水温の低下, 底層塩分の低下で成層が弱まることによる上下混合がみられ, これらは継続して底層まで溶存酸素を供給し底泥の改善をも行う。これらは汽水湖内に存在する内湾の水環境を考える上で興味深い現象といえる。

「実験機材と方法」

調査期間, 2007 年 7 月 ~ 2010 年 11 月において, 島根県安来港沖 (Lot 35.43835, Lat133.27441) 周辺平均水深 7 m, 計測窪地最大水深 15.5m で, 航路よりもわずかに離れた閉鎖性が強いと思われる窪地での連続計測を行った。

使用機材は米国ハイドロラボ社 多項目水質計 Minisonde5 (水温, 塩分, pH, ORP, DO) 30 分間隔で計測した。その間約 30 日毎に清掃と校正を行ったが, 無酸素期間が多く, 付着生物等はほとんどみられなかった。

海底面微地形については, Lowrance 社 LMS520C 魚探により取得した。

「結果と考察」

Fig-1 には 2009 年度各水深における水温変化(平均値), Fig-2, Fig-3 には, 2009 年度の水深 11m, 15m における酸化還元電位, 及び比重を示す。

底層水温が 18°C を超える 7 月中旬から ORP は急激に還元状態を呈した。

2009 年度夏期は, 特に大きな台風は通過せず, 10 月 7 日に台風 18 号が太平洋沖を通過した際, 数日間強風が続いた。そのため, 11m 層の ORP は改善されたが, 窪地底層部(15m)のそれは改善されていない。

その後, 2 回の大潮期において, 11m 層, 15m 層の密度差は減少し, それと共に, 15m 層の酸化還元電位の改善が見られた。

15m 層での N, P は, 還元状態であった時期において (2009 年 10 月 5 日) NH<sub>4</sub>-N, 2453 μgNL<sup>-1</sup>, NO<sub>3</sub>-N, 1 μgNL<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P, 536 μgPL<sup>-1</sup> に対し, 11 月 19 日には, NH<sub>4</sub>-N, 663 μgNL<sup>-1</sup>, NO<sub>3</sub>-N, 26 μgNL<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 224, μgPL<sup>-1</sup> と, 底層水が酸化し, 消化が進んだことを示唆した。

汽水域における浚渫窪地という特殊な環境下での水質連続観測を通じて, 成層期, 窪地内の水交換が外的要因に対しても水の交換が困難であり, 閉鎖されていること, また, 冬期における水交換の様子を時系列で得られた。

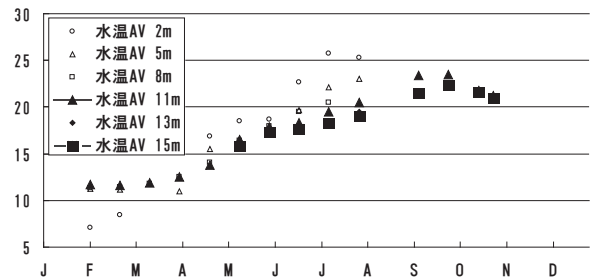


Fig-1 対象窪地における水深別水温時系列結果(°C)

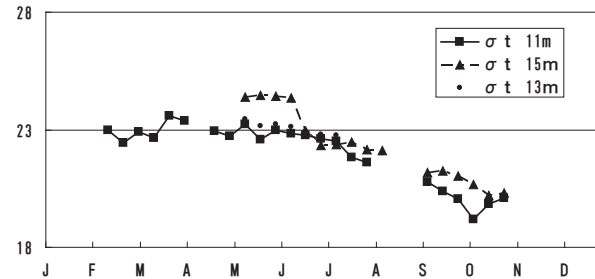


Fig-2 対象窪地における水深別比重時系列結果(σ<sub>t</sub>)

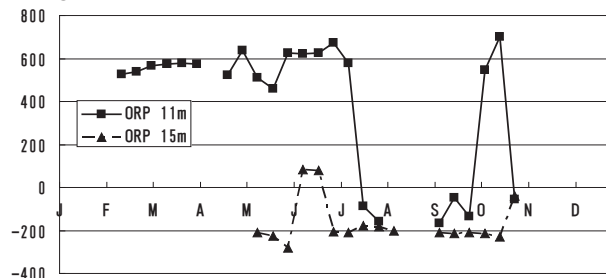


Fig-3 対象窪地における水深別 ORP 時系列結果(mv)

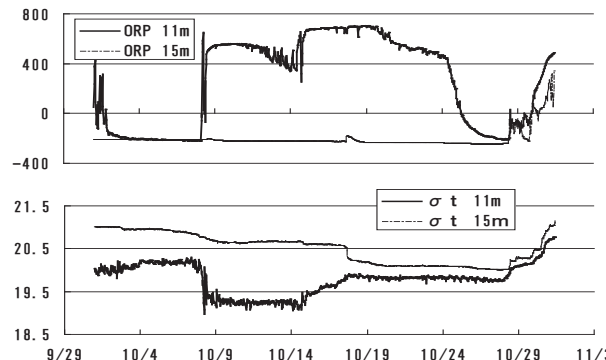


Fig-4 2011 年 10 月における ORP(mv), 比重(σ<sub>t</sub>)の連続計測結果

## 高濃度酸素水導入による中海浚渫窪地の脱窒・脱リン効果について

清家泰・中根大・小道綾香・緒方秀輔・菅原庄吾・鮎川和泰（島根大 総理工）・千賀有希子（東邦大 理）・奥村稔（島根大 総理工）

### 1. はじめに

汽水湖中海の米子湾から彦名沖にかけての水域には浚渫窪地（水深 13～15m）が多数存在し、窪地の底には有機質に富む汚濁物質が大量に集積している。バクテリアがその有機物を分解する際、水中の酸素を消費するため、冬期を除く長期間に渡り塩分躍層（3～5m）以深では無酸素状態を呈する。さらに湖底堆積物からは硫化水素やメタンが発生する等の劣悪な状態を呈し、貝類など底生生物が生息できない環境となっている。また、湖底からの栄養塩（窒素・リン）の供給も著しく、赤潮発生の重大な要因になることが指摘されている。そこで、このような水質悪化をきたす窪地内の酸欠問題を解消する方策を見出すことを第一の目的として調査研究を進めた。

本研究の特色は、不足している酸素を補給するという自然への手助けのみで、あとは自然が本来有する自浄作用に任せて、底層水の水質改善及び湖底泥の底質改善を図ろうとする点にある。本手法には、生態系へのリスクが極めて少なく、かつ酸欠状態の解消を起点とする波及効果によって正常な生態系への変遷が期待できる。本研究の最大のねらいがそこにあり、多様な波及効果について調査研究を行った。

### 2. 方法

本研究では、高濃度酸素水を導入するための有用なツールとして、気液溶解装置（松江土建(株)と(独)土木研究所が共同開発）を使用した。この装置は、従来のマイクロバブル方式とは異なり、水圧を利用して高濃度の酸素を溶解し、かつ気泡を生じないように設計されている点に特徴がある。この高濃度酸素水は水平方向に同心円状に吐出され、上下混合を引き起こさない。したがって、本装置は、無酸素化の進行する層にのみ酸素を供給することが可能なため、上層の生態系に悪影響を及ぼさない点で画期

的なものと云える。

本装置を安来沖の窪地（300×600 m<sup>2</sup>）中央部（水深 15 m）の湖底上約 1mの深度に設置し、主に底層水の水質改善及び湖底の底質改善を目的に実施した。2007 年には装置 1 基の使用であったが、2008 年及び 2009 年には装置 2 基を使用した。装置の稼働期間は、それぞれ 8 月 5 日～10 月 1 日（2007 年）、5 月 16 日～10 月 22 日（2008 年）及び 4 月 16～10 月 1 日（2009 年）であった。

### 3. 結果と考察

実験区（高濃度酸素水導入窪地）の他に、対照区（高濃度酸素水導入の影響の及ばない窪地）を設け、比較検討した。ここでは、湖底直上への高濃度酸素水の導入による脱窒・脱リン効果について報告する。

- 1) 対照区では底層水中の溶存酸素（DO）濃度が無酸素に近い状態で推移したのに対し、実験区では窪地全域の DO が増大した。
- 2) 対照区に比べ実験区では、底層水中 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> に明瞭な減少傾向が観られた。実験区の湖底泥表面に酸化膜の形成が観られたことから、湖底泥界面における共沈現象及び湖底からの PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> の溶出抑制が示唆される。
- 3) 対照区に比べて実験区では、底層水中の総無機態窒素（TIN: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）に減少傾向が観られた。酸素導入により、湖底泥界面における窒素除去機能（硝化・脱窒）が活性化したことを示唆する。
- 4) 湖底堆積物の深度別脱窒活性を観ると、対照区では表層部のみ活性を示したのに対し、実験区では表層から 5cm 程度の深度まで顕著な活性を示した。この結果は、高濃度酸素水の供給により、脱窒部位が大きく拡大したことを示唆する。

\*千賀有希子<sup>1</sup>, 渡辺泰徳, 清家泰<sup>2</sup>

1: 東邦大・理, 2: 島根大・理工

## 1. はじめに

これまでに貧酸素化した水域を改善する試みがいくつも提案されており、バブリングすることによって空気や純酸素を供給する方法 (Huttunen et al. 2001; Tsukada et al. 2006; Gantzer et al. 2009) や湖水の躍層の破壊を避けるために酸素が飽和している表層水を送り込む方法 (Ashiley 1988) などが開発され実施されてきた。近年、圧力をかけて多量の酸素を水に溶解させた高圧酸素水を、無酸素化した底層に送り込む方法 (WEP システム, 松江土建株式会社) が開発され注目されている。この方法は、水圧を利用するため酸素の溶解効率が非常に高い、高濃度の DO を含んだ水を水平に拡散できる、底泥を巻き上げる水泡を発生しないなど多くの利点を持つ。低下した DO についても比較的短時間で回復できると報告されている。しかしながら、供給される DO は、非常に高濃度 (大気平衡時の 2~3 倍) である。このような高溶存酸素環境下が底層の生物や物質循環にどのような影響を与えるかは十分に検討されていない。

本研究は、2007-2009 年科学研究費補助金 [基盤研究(A)] 「高酸素水生成装置を用いる汽水湖貧酸素水塊の水質改善及び湖底の底質改善」研究分担者 (研究課題番号: 19201016, 研究代表者: 清家泰) に参加した成果の一部である。2008, 2009 年度陸水学会において、演者らは、高溶存酸素環境が微生物、有機物分解、窒素循環に与える影響について報告した。本講演では、窒素循環中の硝化に関して、新しい知見が得られたので報告する。

## 2. 方法

水サンプルとして、中海安来沖の窪地水深 15m から採水した底層水およびパドマ池の水を用いた。中海安来沖の底層は夏になると非常に還元的となり H<sub>2</sub>S など還元性物質が蓄積する地点である。パドマ池は、下水が大学寮から直接流入する有機汚濁化が進行している浅い池である。これらの水サ

ンプルに NH<sub>4</sub><sup>+</sup> が既知濃度となるように NH<sub>4</sub>Cl を添加した。約 1.8L ずつポリビンに分注し、エアポンプで空気を供給したサンプル、酸素ガス発生装置 (オージネーター 600, 近畿酸素) で >90% 酸素供給を行ったサンプル、99.99% ヘリウムガスを供給したサンプル、何もバブリングしなかったサンプル (コントロール) を調製した。気体の供給は全てガラスストーンを経て約 1L min<sup>-1</sup> で行った。水中の TN, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度を経時的に測定した。同時に DO, pH についても測定を行った。実験は、25°C, 暗条件下で行った。サンプルの繰り返しは 3 本とした。

また、中海の水サンプルについては、実験終了後、硝化細菌を PCR-DEEG によって同定した。

## 3. 結果と考察

中海およびパドマ池における空気供給とコントロールの NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 濃度は時間を追って減少していき、それに伴って NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 濃度と NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度が増加し、順調に硝化が進行する様子が観られた。ヘリウム供給の NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 濃度は、緩やかに減少した。空気供給やコントロールと比べるとヘリウム供給の硝化は、ゆっくり進行した。中海の酸素供給では、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 濃度は減少したが NO<sub>2</sub><sup>-</sup> や NO<sub>3</sub><sup>-</sup> は増加せず、硝化の進行が観られなかった。酸素を直接水に供給することにより、pH が上昇し NH<sub>4</sub><sup>+</sup> が揮発することが知られている (McQueen and Lean 1986)。NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の回収実験によって、酸素供給によって NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は大気中へ揮発することが確認された。一方、パドマ池の酸素供給では、硝化がゆっくり進行する様子が観られた。中海とパドマ池の酸素供給に対する硝化の応答性の違いについては現在検討中である。

また、実験終了後、中海の水サンプル中の硝化細菌の同定を試みた。酸素供給は他と比べて違う硝化細菌が出現し、現在解析中である。

## 高濃度酸素水導入による硫化水素とメタンの挙動について

\*管原 庄吾<sup>1)</sup>・鮎川 和泰<sup>1)</sup>・千賀 有希子<sup>2)</sup>・奥村 稔<sup>1)</sup>・清家 泰<sup>1)</sup>

1) 島根大総合理工, 2) 東邦大学理学部

### 1. はじめに

中海（汽水湖）の東部（米子湾沖）には、干拓事業に伴い形成された浚渫窪地が数多く存在する。中海の平均水深は約 6m だが、窪地の水深は深いところで約 16m である。窪地の底層は、水が滞留しやすい環境になっており、さらに水の交換がほとんど起こらない。従って、ほぼ一年を通して還元的な環境になっており、底層には硫化水素や地球温暖化ガスの一つであるメタンが高濃度で蓄積している。

この窪地の底層に対して高濃度酸素水を導入し、水質改善と底質改善効果の検討を行った。本研究で用いた高濃度酸素水導入装置：WEP システムは、気液分離された水が吐出されるため、躍層を壊すことなく高濃度酸素水を供給できる。また、水圧を利用して酸素を溶解させるため、溶解効率が非常に良い。

本研究では、高濃度酸素水導入時の硫化水素とメタンの挙動を追い、改善効果の検討を行った。

### 2. 方法

2008 年 5 月から約 5 ヶ月間、中海彦名沖の窪地に対して高濃度酸素水を湖底直上の 13.8m に導入した。底泥直上には、多項目水質計（Hach-Environmental 社製 Hydrolab Minisonde5）を設置し、長期間の水質連続観測を行った。また、KK 式簡易コア採泥器（橋本科学）を用いて堆積物を柱状採取し、層状に分取した。その堆積物の一部を著者らが開発した手法（管原ら、2010）を用いて間隙水中溶存硫化物を定量した。さらに同試料の一部をバイアル便につめ、脱気

後気相を窒素で置換し、2 時間培養前後の変化率からメタンの生成速度を求めた。

### 3. 結果と考察

WEP システム稼動直後から底泥直上水の DO が上昇した (Fig. 1)。直上水の硫化水素は、装置稼動期間中一度も検出されることは無かった。直上水のメタンは、対照区では最大で約  $400 \mu\text{LL}^{-1}$  検出されたのに対し、実験区では約  $20 \mu\text{LL}^{-1}$  だった。間隙水中 Free- $\text{H}_2\text{S}$  は、稼動直後はほとんど変化が無かったが、約 2 ヶ月後に大きく減少した (Fig. 2)。メタン生成速度も対照区に比べると半分程度だったことから、湖底直上への高濃度酸素水導入は、水質改善のみならず底質改善にもつながることが示唆された。

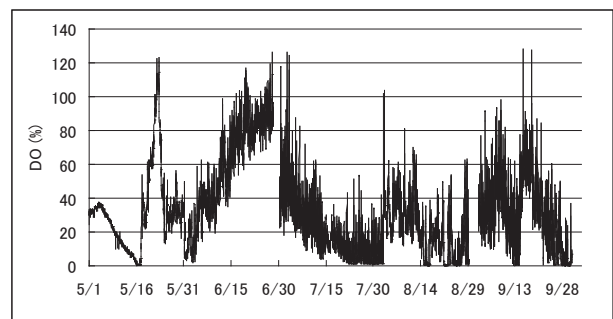


Fig.1 底泥直上水における DO の経月変化

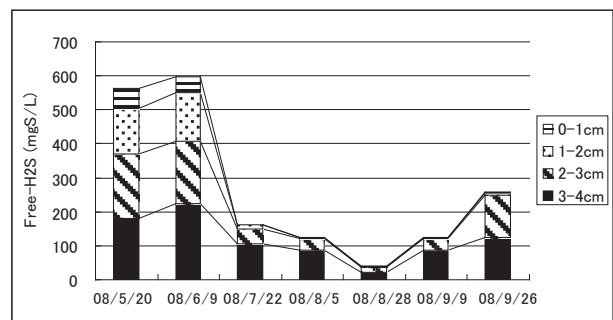


Fig.2 底泥間隙水中 Free- $\text{H}_2\text{S}$  の鉛直分布及び経月変化



## 水圏におけるメタンの生成・挙動に関する研究

\* 松原大悟<sup>1)</sup>・管原庄吾<sup>1)</sup>・奥村稔<sup>2)</sup>・清家泰<sup>2)</sup>

1) 島根大 総合理工学研究科

2) 島根大 総合理工

## 1. はじめに

メタンはメタン生成菌によって生成される。メタン生成菌（絶対嫌気性細菌）は、酸素がない環境下で活性を持つことから、自然界のメタン生成起源は、湿地、水田及び湖沼にあり、その嫌気的環境下で発生する。したがって湖沼におけるメタンの生成挙動を知ることは、特に湖底環境の現況を知る上で極めて重要である。また、メタンは、二酸化炭素の約 25 倍のポテンシャルをもつ温室効果ガスであり、京都議定書の削減対象物質としても知られている。この観点からも、メタンの生成挙動を知ることは重要である。一方、硫酸還元細菌は、海水由来の硫酸イオンと有機物を利用して硫酸イオンを硫化水素へ還元する。メタン生成菌は硫酸還元細菌と拮抗関係にあり、一般に、硫酸還元細菌の方が優勢であるため、汽水や海水などの硫酸イオンが豊富に存在する環境では、メタンは生成されにくいとされている。

本研究では、汽水湖の中海と淡水のダム湖である布部ダムのメタン生成について比較するとともに、メタンの生成に影響を及ぼす因子について検討を行った。

## 2. 方法

堆積物中のメタン生成活性は、まず空の 70mL のバイアル瓶に湖底堆積物を深度別に 5mL 注入し、脱気した後に N<sub>2</sub> ガスを注入し、気相部分を定量した。2 時間培養した後に再び定量し、1 回目と 2 回目の濃度変化から、乾燥重量あたりの生成活性を算出した。現存量は、70mL のバイアル瓶にホルマリン 5mL と堆積物 5mL 注入し、よく攪拌した後に気相部分を定量した。測定はすべて FID 付きガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-14B) で行った。

硫酸イオン実測値は CLB 変法で測定し、理論値は Mohr 法で求めた塩素量を基準に算出した。

PC (懸濁態炭素) は乾燥した堆積物をすり潰し、CHN コーダー (Yanaco MT-5) によって測定した。

## 3. 結果と考察

本研究では、海水由来の硫酸イオンが豊富に存在する中海の浚渫窪地と、硫酸イオンがほとんど存在しない布部ダムについて比較検討した。Fig. 1 に中海浚渫窪地における湖底堆積物中のメタンの生成活性と現存量、硫化水素、硫酸イオンおよび PC の鉛直分布を、Fig. 2 に布部ダムにおけるそれらの鉛直分布を示す。

中海浚渫窪地では、海水由来の硫酸イオンが存在するため、硫酸還元による高濃度の硫化水素が検出され、堆積物深度 5cm 付近でピークを示した。一方、メタンは硫酸イオンの減少する堆積物深度の 15cm 以深で高い活性を示し、硫化水素のピーク位置と異なっていた。これらの結果から、中海浚渫窪地では、先に硫酸還元が起こり、硫酸イオンが減少した後、メタン生成が起こると考えられた。

布部ダムでは、淡水湖であるため硫酸イオンはほとんど存在しておらず、硫化水素の存在も確認できなかった。一方、メタン生成活性は、堆積物表層付近 (2~6cm) で高く、中海の約 4 倍ほどであった。さらに、中海より有機物量 (PC) の高いことも、より高い生成活性を示した一因と考えられる。

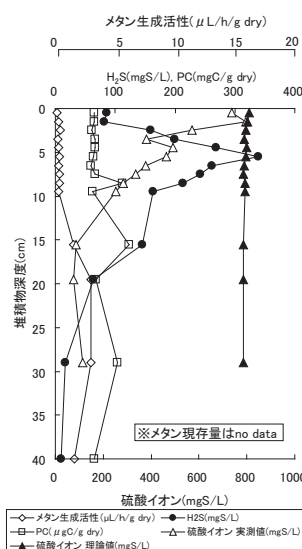


Fig. 1 中海浚渫窪地のメタン生成活性、硫酸イオン、硫化水素、PC の鉛直分布 (2010 年 8 月 18 日)

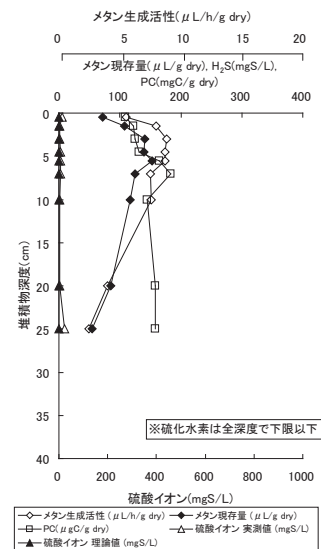


Fig. 2 布部ダムのメタン生成活性、硫酸イオン、硫化水素、PC の鉛直分布 (2011 年 6 月 14 日)

## 大橋川の沈水植物について

\*石飛 裕<sup>1)</sup>・阿部国広<sup>2)</sup>・桑原正樹<sup>3)</sup>  
 (自然と人間研<sup>1)</sup>・JpGU教育問題検討委<sup>2)</sup>・宍道湖漁協<sup>3)</sup>)

## 1. はじめに

ここ数年、宍道湖・中海水域では沈水植物の増加が見られる。2009年11月には、宍道湖の沿岸一帯で、シジミ漁業に影響するほどインドオオイシソウが繁茂し、また、2010年には、宍道湖でササバモなどの群落が出現し、中海ではオゴノリなどが繁茂した。

宍道湖・中海の水質は改善が見られず横這いとされていたが、2011年に中海の米子湾で状況が好転したとの見方が出されている。水質改善のもたらす透明度の上昇は、沈水植物を増加させると考えられる。

沈水植物の増加は、稚仔魚の保護、生態系の多様化など好ましい面と、打ち寄せられて腐敗悪臭、シジミ漁業の妨げなどの好ましくない面もあり、実態把握とともに除去方法など将来的な対応も求められている。

中海に続き水質改善の効果が現れると考えられ、また、ヤマトシジミの漁場となっている大橋川で、沈水植物の生育状況の調査を行ったので報告する。

## 2. 材料と方法

宍道湖と中海をむすぶ大橋川の上流部から下流部の4定点と4補足地点で、2010年6月～9月までの4ヶ月間と、2011年6月～7月までの2ヶ月間、月1回の生育状況の目視観測を行った。必要に応じて沈水植物を採取した。各6月には3定点で潜水し、岸から沖に向けて生育状況を確認し、0.5m×0.5mのコドラート採取を行った。採取試料は種毎に分別し、それぞれの湿重量を計測した。

2011年6月には、地下茎の伸長可能部分として、ピンポールをコドラート採取時に差し込み、砂泥部分の深度を測定した。砂泥地では深さ10cmまでの底質を採取し、2mm、0.5mm、0.075mmメッシュの3種の篩いを用いて粒度分析を行った。

大橋川は中海水と宍道湖水が遡上流下する。上流部と下流部の水温、電気伝導度の状況は、島根県保健環境科学研究所の中海大橋川河口沖(N-1)と宍道湖東部(S-1)の上層の観測結果を参照した。

## 3. 結果および考察

大橋川全域の水深1～1.5m以浅の水域には、オゴノリなどの藻類、コアマモなどの水草類が生育していた。2010年6月には、上流部でシオグサ類やアオノリ類が水底を覆うほど繁茂していたが、これらは7月に枯死し、枯死したシオグサ類を除けば水底の砂泥が直接見えていた。しかし、8月にはシオグサ類が再び出

現し、9月には消滅した。2011年にも同様な変化が見られ、上流部で6月にはシオグサ類やアオノリ類が繁茂していたが、7月には消滅した。

水草類の生育状況は時期と場所により異なっていた。大橋川の上流部、中流部、下流部の代表地点における主要な沈水植物の出現状況を表に示す(流れ藻を除く)。オゴノリは下流部では調査各月で認められたが、上流部では1回だけであった。コアマモは全地点で毎回認められた。イトクズモは中流部では毎回認められたが、下流部では全く見られなかった。リュウノヒゲモは中流部で、2011年6、7月に認められ、剣先川の1補足定点でも同年6月に認められた。

大橋川では現在、松江市や宍道湖沿岸地域の洪水を排除するための改修事業が進行中で、改修による環境影響を減らす努力がなされている。しかし、コアマモは大橋川全域の砂泥部に多く生育しており、河川改修に当たって一時移植など特段の保護を行わなくても、群落維持は容易と考えられる。レッドデータブックの絶滅危惧種イトクズモと準絶滅危惧種リュウノヒゲモは、特に、前者は広範囲に生育している。これらの種が大橋川のどのような環境要因によって広く生息できているのかを解明することが、自然群落としてのこれらの植物の真の保全につながると考える。

表. 沈水植物の地点別出現状況

	期日 (年月)	上流部 (新大橋)	中流部 (矢田)	下流部 (八幡)
オゴノリ	10.6	+	+	+
	7	-	+	+
	8	-	+	+
	9	-	+	+
	11.6	-	-	+
	7	-	-	+
コアマモ	10.6	+	+	+
	7	+	+	+
	8	+	+	+
	9	+	+	+
	11.6	+	+	+
7	+	+	+	
イトクズモ	10.6	+	+	-
	7	-	+	-
	8	+	+	-
	9	-	+	-
	11.6	-	+	-
7	+	+	-	
リュウノヒゲモ	11.6	-	+	-
	7	-	+	-

\*程木義邦・大林夏湖（京都大・生態研）・

田中法生（国立科学博物館）・國井秀伸（島根大・汽水研）

### 1. はじめに

コアマモ (*Zostera japonica*) は汽水域に生育する多年生の海草の一種で、日本の河口域や汽水湖に広く分布している。地方版レッドデータブックでは準絶滅危惧より上位のカテゴリとする都道府県が多く、地域個体群レベルでは生育地の消失や生育環境の悪化などの理由により絶滅のリスクが高いことが示唆される。そこで本研究では、汽水域の保全や海草藻場の再生を視野に入れ、斐伊川水系のコアマモ局所個体群の遺伝的多様性の評価を行なった。マイクロサテライトマーカーを用い、各局所個体群内および個体群間で現在生じている遺伝的問題を集団遺伝学的観点から明らかとし、保全遺伝学的観点から、現在の問題点や今後の保全の目標について検討を行った。

### 2. 調査地点と方法

2008年10月から11月の大潮干潮時に中海および大橋川に点在する生育地の踏査を行い、中海6地点、大橋川の9地点でコアマモの生育を確認した。個体群の規模をおおむね把握した後、個体群サイズに対応して端から等間隔に5~60カ所で葉茎部を解析に用いるサンプルとして採取した。遺伝的多様性の解析にはコアマモと同属の *Z. noltii* で開発されている6つの遺伝子座を用いた。PCRにより各遺伝子座のDNAの増幅を行った後、ABI PRISM 310 ジェネティックアナライザを用いフラグメントサイズの解析を行った。ヘテロ接合度、アレル多様度を求め、ハーディ-ワインベルグ平衡からの逸脱の有無、個体群間の固定指数( $F_{st}$ )とその有意性について検定を行った。

### 3. 結果

大橋川の局所個体群では、ほぼ全てのサンプル

が異なる遺伝子型に分離できた。一方、中海のコアマモ局所個体群では、3局所個体群で検出された遺伝子型数が3以下であり、少数の遺伝子型(ジェネット)の栄養繁殖によって形成されている個体群が多かった。有効アレル数は大橋川の局所個体群で高く(平均4.7)、中海の局所個体群で低い(平均2.6)傾向が見られた。近交係数は、大橋川上流の1局所個体群と中海の3局所個体群で高い傾向が見られた。

各局所個体群間の固定指数( $F_{st}$ )を求めたところ、大橋川内部では全ての組み合わせで  $F_{st} < 0.05$  であったのに対し、中海の局所個体群間の固定指数は  $F_{st} > 0.27$  と高かった。また、中海の2局所個体群については、大橋川の局所個体群に対し、局所個体群間の距離と  $F_{st}$  の間に有意な正の相関が見られた。

### 4. 考察

大橋川は、上流から下流にかけての遺伝子流動が維持されており、各局所個体群内の遺伝的多様性も高い傾向が見られた。また、局所個体群が連続的に分布していることが、遺伝的交流や空間的遺伝構造に大きく影響していると考えられた。一方、中海の局所個体群は遺伝的多様性が低く近交係数も高いことから、局所個体群間の遺伝的交流の頻度も低いことが示唆された。中海の局所個体群は群落のサイズが小さいことに加え、局所個体群間の距離は4 km以上離れていることと、潮汐による流動も小さいため、個体群の分断化により遺伝子流動の低下が生じやすいことも推測された。

\*大林夏湖, 程木義邦 (京都大学・生態学研究センター)  
 國井秀伸 (島根大学・汽水域研究センター)

### 1. はじめに

近年、沿岸域や河川感潮域の人為的改変により、河口域の砂州が減少し、そこを生育の場とする動植物の減少が報告されている。本研究の対象とするオオクグ *Carex rugulosa* は、主として河川感潮域(汽水域)の砂州に生育する塩性湿地植物であり、国内では、日本海および太平洋沿岸に分布するが、近年その個体数が減少している(純絶滅危惧種 NT)。本研究では、現在でもオオクグの局所個体群が複数点在している島根県斐伊川水系の下流域において、個体群内の遺伝子型多様度と個体群間の遺伝子流動の検証を行った。またこの種の保全単位の検討のために、北日本の個体群の踏査を行い、各個体群の遺伝的組成と個体群間の遺伝子流動の有無、また日本国内の保全単位の検討を行った。

### 2. 材料と方法

島根県斐伊川水系の個体群は2008年、日本国内の個体群は2009年に、花茎が観察される5-6月に個体群の特定を行った。DNA解析用のサンプルは花茎の葉、数センチを採集し解析に使用した。オオクグに特有のマイクロサテライトマーカー遺伝子座を用いて解析を行い、個体群内と個体群間の遺伝的組成・遺伝子流動について解析を行った。解析にはGeneclone, Cervus, Genepop, Structureを使用し、遺伝子型数、遺伝子型多様度(genotypic richness)、アレル多様度、有効アレル数、Hardy-Weinberg平衡からの逸脱、固定指数、近交係数、個体群の遺伝構造(G値)求めた。

### 3. 結果と考察

同一水系内で複数の局所個体群が観察されたのは、島根県の斐伊川水系の下流域で、宍道湖(来待)か

ら中海(下宇部尾)の広範囲に13個体群が点在した。斐伊川水系下流域における分布の中心は大橋川で、ここに大規模な個体群が集中していた。遺伝子型多様度は、大橋川及び大根島南西個体群で高く、分布の両端に位置する個体群は、1つもしくは数個の遺伝子型で構成され栄養繁殖により個体群が維持されていた。また、個体群サイズは大橋川河口砂州が最も大きく、遺伝子型多様度も最大であった。個体群間の固定指数( $F_{st}$ )の解析結果から、現在遺伝子流動があるのは、大橋川個体群と大根島南西の個体群間のみ( $F_{st} < 0.05$ )で、その他の個体群では遺伝的分化が進んでいた( $F_{st} > 0.05$ )。一方で、大橋川個体群と大根島南西個体群では、近交係数( $F_{IS}$ )が高かった。このことから、両個体群間での遺伝子流動はあるものの、近親交配が進んでいることが明らかとなった。

日本全国の個体群では、数個の遺伝子型から成り立つ小規模のパッチと、河口域・汽水湖で比較的大規模な個体群(青森県・天ヶ森、宮城県・北上川河口、福島県・松川浦)がみられ、後者は遺伝子型多様度も高く、近交係数( $F_{IS}$ )も低かった。このことから、大規模個体群では種子繁殖による新規個体の加入がおきていると考えられた。Structureを用いた個体群の遺伝構造解析から、オオクグの日本国内の遺伝的グループは、島根県斐伊川水系、北西日本海側及び北東太平洋側個体群の3つに分類された。以上の結果から、今後は、これらの遺伝的グループを考慮したうえで保全策を検討する必要性が示唆された。

\* 中村雅子（国環研/島根大・汽水研セ），矢部 徹（国環研）

牛山克巳（宮島沼水鳥・湿地センター）

神谷 要（(財)中海水鳥国際交流基金財団）

石井裕一（都環研），相崎守弘（島根大）

## はじめに

日本に飛来するガンカモ類（ハクチョウ類・ガン類・カモ類）は夏にロシア等で繁殖し，秋から南下し中継地を経由して越冬地で冬を過ごす。日本は主に越冬地として利用されているが，一部，中継地として利用されている池沼がある。越冬地では秋から春にかけて長期間，1回の滞在，中継地では秋と春の短期間，2回の滞在となる。また，ガンカモ類は田んぼなどの採食場と池沼などのネグラを往復する生活を送ることから，ネグラ池沼に負荷を持ち込むため，水質に大きな影響を及ぼすことが報告されている。

そこで，ガンカモ類の滞在が異なる小規模な越冬池と中継池において，水質季節変化を調査し，その違いを明らかにすることを目的とした。

## 方法

調査は，鳥取県米子市の米子水鳥公園内の池，北海道美唄市の宮島沼で行なった。米子水鳥公園は越冬池，宮島沼は中継池である。両池沼とも主にガンカモ類が飛来するラムサール条約登録湿地である。採水は2004年7月から2005年11月まで毎月2回の頻度で行い，栄養塩濃度等を測定した。水質調査と合わせて，ガンカモ類飛来数のカウントを行った。飛来数は平均個体重を乗じ「総体重」を算出し，体重を排泄物量の指標とした。

## 結果と考察

Fig.にガンカモ類総体重および栄養塩濃度の季節変化を示す。月平均値を用い，最大値を100とする相対値で表してある。ガンカモ類越冬池と中継池の水質季節変化について，越冬池は1山のパターンであったのに対し，中継池は2山パターンで

あり，ガンカモ類の飛来回数を反映していた。越冬池と中継池で水質変化のパターンが異なることが明らかとなった。総体重と水質のピークのずれは越冬池で大きく，中継池で小さかった。また，測定項目によりブレ幅は異なり，TP濃度でそれは顕著であった。

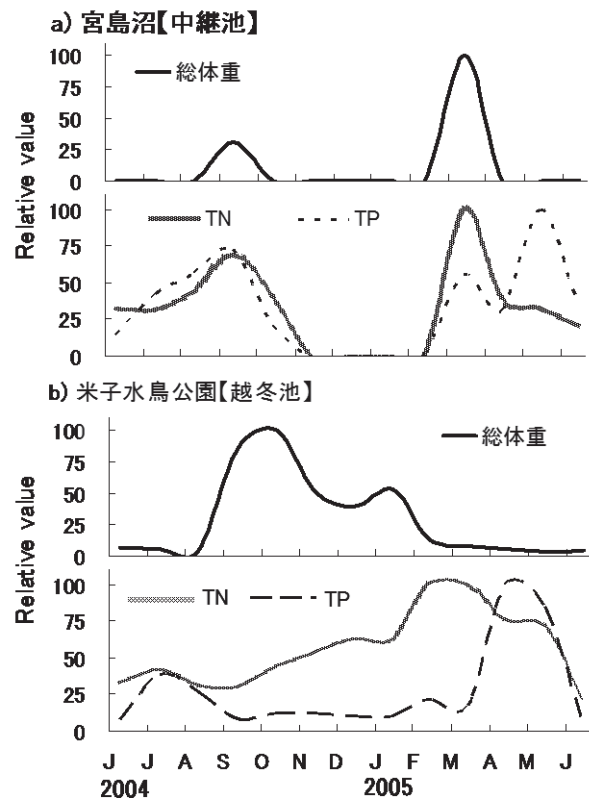


Fig. ガンカモ類生息地にける総体重と栄養塩濃度の季節変化

謝辞 本研究の一部は文部科学省から「平成16～18年度科学研究費補助金〔基盤研究(C)〕課題番号16580273」の交付を受けて実施された研究であります。感謝するとともに心から御礼申し上げます。調査実施に際し，米子水鳥公園および宮島沼水鳥・湿地センターの皆様にご配慮頂きました。心から御礼申し上げます。

## 底質を利用した中海におけるサルボウガイの生息適地判定

山口啓子\* (島根大・生物資源)・鈴木秀幸 (島根大院・生物資源)・  
宮本康 (鳥取県衛生環境研究所)・瀬戸浩二 (島根大・汽水域研究センター)

### はじめに

日本の内湾や汽水域では、近年、人為改変や富栄養化の進行による水産資源の減少が問題化している。島根県と鳥取県の間に位置する中海もまた、富栄養化に代表される環境悪化が問題化した強内湾性の潟湖である。現在の中海は、人為的改変により海水の流入経路が変化し、より閉鎖性が強い水域となっている。かつて中海ではサルボウガイ *Scapharca kagoshimensis* が主要な水産物として豊富に漁獲されていたが、干拓堤防建設により貧酸素化など湖底環境の悪化が進行し、サルボウガイの漁獲はゼロとなり現在に至っている。近年、一部で僅かにサルボウガイの生息が確認され、中海の干拓淡水化中止・自然再生への転換とともに、復活が強く期待され、現在、島根大学・島根県・鳥取県が共同してサルボウガイ復活事業を進めている。これまで、幼生の出現時期・分布の把握から、大量採苗が可能となっており、これを元に地撒き養殖を行うための適切な場所の選定が求められている。そこで本研究では、主に底質の分析により、サルボウガイの生息適地選定手法を検討した。

### 材料と方法

本研究では、サルボウガイの分布調査と環境調査を行い、各環境項目について生息可能な閾値を検討した。①桁引きによるサルボウガイの生息域の把握、②中海 174 地点における湖底堆積物の酸揮発性硫化物 (AVS)・強熱減量・TOC・平均粒径・含水率・色度・間隙水の硫化水素濃度などを測定し全域の底質マップを作成、③それらと生息状況との関係性を検討した。環境分析のための調査期間は、湖底環境が最も悪化する時期として 2010 年 8 月、サルボウ分布

調査は貧酸素期を生残した個体を把握するため、9 月から 12 月に行った。

### 結果と考察

長期的な貧酸素を反映する底質の還元状態の指標として注目した AVS・硫化水素濃度などの項目や有機汚染度を示す強熱減量・TOCなどの項目は、海水が流入する北東で低く、奥部 (南～南西部) になるに従い高い傾向を示した。また、干拓堤防の一部開削により、本庄水域の底質浄化が進みつつあることも推察された。サルボウガイの生息域から判断して、生息条件としては AVS で 0.8mg/g 未満、硫化水素濃度で 200~300ppb 以下であることが必要であった。色度中の明度 ( $L^*$ ) は還元状態を示す AVS・硫化水素濃度と比較的高い相関がみられ、サルボウガイの生息にとって明瞭な閾値が認められ、簡便な適地選定方法として有望と考えられた。

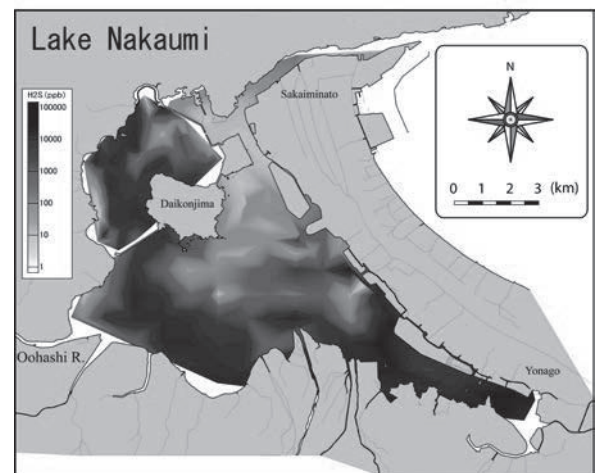


図.底質間隙水中の硫化水素濃度の分布 (2010 年 8 月末)

## 発表者 一覧

要旨の内容を基本に作成しました。

表の作成にあたりましては、十分注意を払いましたが、御芳名の読み誤りや、欠落、誤字脱字等の不備がありました場合には、御容赦ください。





氏名 発表番号

A-Z

Andrew L. Rose 3A11  
 B. Matsushita P76  
 GILBERT Daniel 1A10  
 Helmut Hillebrand 1A13  
 Helmut Hillebrand P31  
 K. Yoshimura P76  
 Leena Finer 2K01  
 Li Renhui S2-3\*  
 M. Jake Vander Zanden 1A13  
 MAGNY Michel 1A10  
 Patrick Hatcher 3A07  
 Pirkko Kortelainen 2K01  
 Rachel Sleighter 3A07  
 Sergey K. Krivonogov P82  
 Sirpa Piirainen 2K01  
 SPP生徒(千葉県立国府台高) 3C06  
 T. Terrel P76\*  
 T. David Waite 3A11  
 T. Fukushima P76  
 Valentin V. Drucker 3A07  
 Vladimir A. Fialkov 3A07  
 W. Yang P76  
 WALL Adeline A.J. 1A10\*  
 Xu Yao S2-3  
 Zhenghai FU P26

氏名 発表番号

あ

相崎守弘 1D15  
 青木真一 1B04 P59\*  
 青山隼人 P24  
 赤坂宗光 3C09  
 赤塚敦 P46  
 赤塚徹志 P51 P61  
 赤松史一 1A05 1A03\*  
 秋山吉寛 P21  
 秋田進哉 P66  
 浅枝隆 1B12  
 浅岡聡 3K05 3K06  
 3K07\*  
 安積寿幸 P51 P61  
 安倍将浩 P65  
 安部信之 P23\*  
 阿部国広 1D12  
 天橋望 P51 P61\*  
 天沼翔太 P78  
 天野敦子 3K02 3K03  
 天野一葉 S2-6  
 天野 邦彦 1A05  
 鮎川和泰 1D07\* 1D10  
 1D08 3A04  
 荒居博之 P77\*  
 荒木悟 P41\*  
 有田康一 P35\*  
 淡路敏之 3C10  
 安類智仁 3C06

氏名 発表番号

い

五十嵐聖貴 P9\*  
 池田将平 P6 P7  
 伊澤智博 1A08\*  
 石井裕一 1D15 P3  
 石川可奈子 1B07 P5\*  
 P60  
 石川俊之 1A12 1B02  
 1B07 P5  
 P11 P78  
 石川尚人 1B09\*  
 石川隼人 3B05  
 石川聖 P24\*  
 石川洋一 3C10  
 石飛 裕 1D12\* S1-6\*  
 石丸俊太郎 3B03  
 泉敏彦 3A01  
 磯川茂克 3B02  
 一瀬諭 1B11 1B14\*  
 3C02 P6  
 P7 P57  
 一柳英隆 P13 P14  
 伊藤健 P36  
 伊藤章 P23  
 伊藤正一 P23  
 伊藤雅之 P55\*  
 伊藤八十男 3A01  
 伊藤優子 2K02\* 2K03  
 伊藤涼平 P65 P66  
 稲垣昌宏 2K03  
 稲垣善之 2K03  
 稲葉一穂 P63  
 井上栄壮 P29\*  
 井上徹教 3A04\*  
 井内国光 P75\*  
 今井章雄 3B04 P3  
 P57 P63  
 S3-5  
 今岡亮 3A06\*  
 今田美穂 3C09  
 今林博道 P25 P33  
 伊村智 P69  
 印貞治 3C10  
 岩木真穂 1B01 1B06  
 岩田智也 P24 P56  
 岩船敬 P28

う

上原和也 P65  
 上野隆平 P27\*  
 牛山克巳 1D15  
 内田昌男 1B09  
 内田雅己 P39  
 占部城太郎 P56

え

江口定夫 2K06  
 江成敬次郎 P35  
 海老瀬潜一 3B11  
 遠藤修一 1B02\* P78  
 閻百興 2K13\*

氏名 発表番号

お

王徳宣 2K13  
 大久保卓也 1B06\* 1B08\*  
 S1-4\*  
 大嶋俊一 P54  
 大園享司 P39  
 大谷絵利佳 3A05  
 大谷修司 1D03 S2-2  
 大手信人 P55  
 大高明史 3C08 P28  
 大西健夫 2K13  
 大西晃輝 2K05\* 2K11  
 大橋瑞江 2K01  
 大林夏湖 1D13 1D14\*  
 3C01 S2-6  
 P12 P19  
 S3-5\*  
 大原利真 3C04  
 大前信輔 3B07  
 大森浩二 1A12 P80  
 2K10  
 大八木英夫 P67\*  
 3C04  
 岡崎裕子 P81  
 岡崎友輔 1B10\*  
 岡田久子 1A01\*  
 緒方秀輔 1D08  
 岡村嵩彦 1A11\*  
 岡本高弘 P57\* P58  
 P60  
 岡本怜 P47  
 小川隆文 P20\*  
 冲野外輝夫 S1-2  
 奥川光治 P37  
 奥田昇 3C01 S2-6  
 P12 P30\*  
 奥田節夫 1D01  
 奥村康昭 1B02 P78  
 奥村稔 1D07 1D10  
 1D08 1D11  
 奥村陽子 1B04 P57  
 P59  
 奥村亮二 P60  
 鴛海智佳 P36\*  
 尾関徹 P54  
 小田恭裕 P54  
 小野田貴光 P65 P66  
 小野田幸生 1A02 3B10  
 小野寺真一 2K05 2K06  
 2K09 2K11  
 2K12\* 2K15  
 3K02 3K03  
 3K04  
 小畑元 3A03  
 尾花まき子 2K14  
 小浜暁子 1A14 P35  
 折本かおり 3K05

氏名 発表番号

か

郭新宇 2K11  
 郭英玉 2K13  
 風間ふたば 3B03\* P26  
 P32  
 片岡弘貴 1B02 P78  
 片岡剛文 3C05 S2-6  
 P16  
 片谷千恵子 P52\*  
 片野泉 P31\*  
 片野俊也 3A07  
 片山幸士 3B01  
 片山美祐子 3B06\*  
 加藤愛彬 2K12  
 加藤義和 P42\*  
 金澤光 P44\* P45  
 壁谷直記 2K03  
 鎌内宏光 1A06\*  
 神澤真一 P60  
 上地里佳枝 P15  
 神谷要 1D15  
 神谷宏 1D02 1D03  
 1D04 1D05\*  
 S1-5 S1-6\*  
 S2-2  
 神松幸弘 P50  
 賀茂裕樹 3B01  
 萱場祐一 1A02 3B10\*  
 苜部甚一 P30  
 河合幸一郎 P25 P33\*  
 川崎伸之 3B04  
 川瀬撰 S3-3\*  
 川田知史 P78  
 川村裕紀 3B11  
 咸泳植 3B02\*

き

木内伸洋 3C07\*  
 岸本直之 1B11  
 3C02\*  
 岸本直之 P6  
 岸本直之 P7  
 北岡豪一 P70 P71  
 P72 P73  
 P74 3K04  
 北村恭陪 P34  
 北村立実 3A10\* 3C03  
 P3  
 木村成子 P15\*  
 木邑奈美 1B13  
 木持謙 P44\* P45  
 キム・キョンヘ 3K05  
 金廣哲 2K11 3K03

氏名 発表番号

く

工藤栄 P38\* P68  
 久保秀敏 P70\*  
 久野草太郎 P15  
 熊谷哲 3A07 P60  
 2K01  
 熊谷道夫 1B01 1B07  
 P11 S3-6\*  
 倉本直 1A01  
 黒田久雄 3A10 S1-3\*  
 桑原正樹 1D12  
 郡司房子 P6 P7  
 國井秀伸 1D13 1D14  
 P41  
 國弘忠生 P2

こ

小岩直人 P56  
 神門利之 S2-2\*  
 河野英一 P34  
 河野理也 3B07  
 小神野豊 P49  
 越川昌美 3B05 P63\*  
 小島永裕 3B01\*  
 小島久弥 P1 P4  
 P5  
 小島礼慈 P60\*  
 輿水達司 2K04\*  
 小寺浩二 P79\*  
 後藤宗彦 S2-2  
 後藤直成 P10 P11  
 小林草平 1A05\*  
 小林拓 P9  
 小林浩 2K04  
 小林政広 2K02 2K03\*  
 小林由紀 3C01 S2-6  
 P12  
 小堀洋美 3B02  
 小松一弘 3B04  
 P63 S3-5  
 小松英司 P57  
 小松崎将一 3A10  
 小松伸行 P3  
 小松優 P54  
 小道綾香 1D08  
 小室隆 P82\*  
 小山維尊 1D02 1D03  
 1D05  
 近藤邦男 P54  
 今藤夏子 P27  
 近藤竜二 1A11 3C05  
 P16 S2-6

氏名 発表番号

さ

齊藤紫保 P78\*  
 齊藤誠一 3C10  
 斎藤梨絵 P22\*  
 齊藤肇 P21  
 齊藤光代 2K05 2K12  
 2K11\* 3K03  
 境優 P17  
 酒井陽一郎 P30  
 榊原豊 P44 P45  
 坂本充 1B03  
 坂本正樹 P37 P48  
 崎 幸子 1D05 1D02  
 1D03 S2-2  
 左子芳彦 P15  
 佐藤貴之 3B04 P3  
 P64\*  
 佐藤高晴 3K02\* 3K03  
 佐藤豊 P23  
 佐藤祐一 1B08 P57  
 P58\*  
 佐貫方城 1A03  
 澤田英樹 P21

し

篠原隆一郎 3B04  
 柴田英昭 P56  
 柴田康行 1B09  
 島茂樹 3C10  
 島田賢治 3A02  
 嶋田哲郎 P35  
 清水敬太 P71\*  
 清水源治 3B03  
 清水貴範 2K03  
 清水裕太 2K05 2K11  
 2K12 2K15  
 3K03 3K04  
 下條耕司 P47  
 下妻史乃 3B09\*  
 下中邦俊 P52  
 焦春萌 1B01 1B04\*  
 1B07 P59  
 正田武則 P44 P45  
 辛賢善 P51\* P61  
 申基澈 3A09  
 新家正宏 P66  
 進東健太郎 P35

氏名 発表番号

す

菅原庄吾 1D07 1D10\*  
 3A04 1D08  
 1D11  
 杉浦佳保里 P46  
 杉山雅人 1B05 1B13\*  
 3A07 3B09  
 S3-4  
 杉山裕子 3A07\* 2K01  
 P60  
 鈴木恵 1B11\* 3C02  
 鈴木健大 1A15  
 鈴木孝男 P56  
 鈴木孝志 P66  
 鈴木秀幸 1D16  
 鈴木千彰 P34  
 鈴木智代 3A07  
 須田互 3A12

せ

清家泰 1D06 1D07  
 1D09 1D10  
 3A04 1D08\*  
 1D11  
 関根正人 P44 P45  
 瀬戸浩二 1D16 P69  
 P81 3K01\*  
 3K02  
 千賀有希子 1D08 1D09\*  
 1D10

そ

宗宮麗 P46  
 宗村広昭 2K16\*

氏名	発表番号
<b>た</b>	
陀安一郎	1B09 P11 P30 P55 P62
平祥和	1A04*
高尾祥文	S2-6
高木正博	P19
高巢裕之	P2*
高津文人	3A12 3B04 3B05 S3-5
高野敬志	3A01*
高橋暁	3K08*3K09
高橋和也	1B12
高橋英博	2K06
高橋勝利	2K01
高橋清孝	P35
高橋明代	P78
高原輝彦	P50*
高松武次郎	3B05 P63
高村健二	P27
高村典子	3C09 P13 P14 P53
高柳敦	P17
瀧本翔太	3A09*
武井是樹	P75
武内章記	P9
竹内徹	P70 P71 P72 P74 3K04*
武田育郎	2K16
竹中明夫	3A12
武藤栄	P65
武山智博	P30
田代 喬	2K14*P20
太田滋規	3C04
多田満	P49*
太田洋平	P10*
橋治国	3C07
辰巳健一	3C07
田中 敦	S3-5*P9
田中拓弥	S2-6
田中仁志	P6 P7*
田中法生	1D13
田辺雄彦	S2-4*
田邊優真子	P39* P68
谷幸則	1D04*
谷口真人	2K10
谷口智雅	P80* 2K10
谷田一三	1A04
田林 雄	3B06
玉井幸治	2K03

氏名	発表番号
<b>ち</b>	
千葉真弘	3A01
知花武佳	1A01
知北和久	2K07*
<b>つ</b>	
佃 為成	S3-2*
塚脇真二	1A12
辻彰洋	P13 P14*
辻村茂男	1B07
辻本哲郎	P20 2K14
土井妙子	S3-5
土居秀幸	1A13*P31 P50
都筑俊樹	P79
堤正純	P1*
常田聡	P44 P45
坪山良夫	2K03
對馬孝治	P34

氏名	発表番号
<b>て</b>	
手計太一	P37
寺井久慈	P46 P47

氏名	発表番号
<b>と</b>	
東城幸治	P22
富樫博幸	P56
富樫繁春	P23
徳地直子	P17
徳増 実	2K11
戸島邦哲	1D06
戸田三津夫	P65* P66*
戸田祐嗣	2K14
富岡典子	3B04
豊田晃弘	S3-5

氏名	発表番号
<b>な</b>	
内藤博敬	1D04
長井正博	3B01
仲岡雅裕	1A06
中川惠	3C09 P53*
永坂正夫	P43*
長澤和也	P32
中島拓男	P5
中島広海	P69
中島結衣	1D02 1D03 1D05 S2-2 3C10*
中田聡史	P11 P30
永田俊	P62 P37
永田貴丸	3A09
中野孝教	3B08
中野孝教	1A11 1B10 3A07 3C01 3C05 S2-6* P2 P12 P16 1A10
中野伸一	1A09* 1A05 1A03 1D08
永野真理子	P73*
中西哲	3B03
中根大	3A08 3A10 3C03*
中松経水	1D15*
中村高志	P36
中村剛也	3A04 3C10 P52
中村雅子	P13* P14
中村幹雄	1B01
中村由行	P42
中山智治	P17
南部浩孝	3C09* 2K08
新山優子	P5 P29
西勝也	P80
西廣淳	P25*
西岡裕平	P48*
西川潮	P72*
西川博章	
西野麻知子	
西部めぐみ	
西村心太郎	
西元宏樹	
新田美咲	

氏名	発表番号
<b>ね</b>	
根本富美子	P4

氏名	発表番号
<b>の</b>	
野崎健太郎	3B08
野尻由香里	1D02 1D03 1D05
野原精一	P28 3C06*

氏名	発表番号
<b>は</b>	
芳賀裕樹	P40*
朴虎東	S2-1*
長谷川直子	1B06
長谷川敦史	P17
花里孝幸	1A08
花町優次	3A08*3A10 3C03
馬場大哉	1B14 P6 P7
濱田浩美	2K08*P9
早川和秀	1B04 1B07 P57 P58 P60
林誠二	3A12 3B04 3B05*P3
林裕美子	P19
林秀明	1A14
原都	2K01*
春川翔平	P34
伴修平	P10 P11*
濱岡秀樹	3B07

氏名	発表番号
<b>ひ</b>	
樋口万純	P46
久川和彦	3A02*
平賀由紀	3B03
人見翔太	P78
平野譲	P23
平林公男	P26* P28 P32
平本祐貴	P73
廣石伸互	S2-6

氏名 発表番号

ふ

深澤達矢 P9  
 福井学 P1 P4  
 P5  
 福岡正人 2K12  
 福島慶太郎 P17  
 福島武彦 P8 P77  
 福田竜也 3B08\*  
 福原晴夫 3C08\* P28  
 藤井智康 1B02 1D01\*  
 藤井弘明 P17  
 藤井学 3A05 3A06  
 3A11\*  
 藤井芳一 3B01  
 藤江晋 P9  
 藤田将成 1B02  
 藤永薫 P54\*  
 藤原直樹 P6 P7  
 藤原学 P60  
 藤本泰文 P35  
 船橋亨 P34  
 古田世子 1B11 1B14  
 3C02 P6\*  
 P7 P57

ほ

帆苺信夫 P23  
 星川和夫 P36  
 細田直彦 P15  
 程木義邦 1D13\* 1D14  
 3C01\* P12\*  
 P19 S2-6  
 本田貴史 P15  
 堀誠 P68\*  
 堀智孝 1B13  
 本間義治 P23 3C05  
 P16 S2-6

氏名 発表番号

ま

真下敏明 P44 P45  
 増木新吾 1D06\*  
 増田久徳 P34  
 増渕拓未 P77  
 榎本和義 S3-5  
 松隈淳 3B02  
 松崎慎一郎 P53  
 松下文経 P8  
 松原大悟 1D11\*  
 松本史郎 P23  
 松本祐里奈 1D04  
 丸尾雅啓 3A03\* P60  
 丸山誠史 3B08

み

三浦真吾 3B04\* 3B05  
 三島康史 3K08 3K09  
 水谷佳加理 P74\*  
 溝口晃之 P80  
 三田村緒佐武 3A07 P51  
 P61  
 南尚嗣 P9  
 南真紀 P57  
 宮岡 邦任 2K09 P80\*  
 2K10  
 宮原裕一 S1-2\*  
 宮廻隆洋 1D04 1D02\*  
 1D03 1D05  
 宮本康 1D16  
 三好順也 3K08 3K09\*  
 三輪 準二 1A05 1A03  
 三和伸彦 P57

む

村上哲生 P19  
 村上和仁 1A14\*  
 村元正巳 3C07

も

望月秀俊 2K06  
 望月陽人 1B05\* S3-4\*  
 森照貴 1A02\* 3B10  
 森 也寸志 2K16  
 森裕美 1A11  
 森田尚 3C04  
 森野 悠 S3-5  
 森本洋一 P79

氏名 発表番号

や

八木明彦 P67  
 八木岡敦 3A10  
 矢島 良紀 1A05 1A03  
 矢部徹 1D15 P35  
 山内悠司 1A15  
 山岡亮平 P50  
 山口啓子 3K01 1D16\*  
 山田佳裕 3A09 3B07\*  
 3B08  
 山村茂樹 3A12 3B05  
 P3  
 山室 真澄 3B06  
 山室真澄 P39 P68  
 P82  
 山本圭吾 P21  
 山本民次 3K05\* 3K06  
 3K07  
 山本千尋 3C02  
 山本裕規 3K05 3K06  
 山本鎔子 P28  
 藪内春香 P78

ゆ

由水千景 P11 P30  
 P55 P62\*

よ

楊 宗興 2K13\*  
 吉川省子 2K06\*  
 吉川昌志 2K09\* 2K05  
 2K10 2K11  
 吉澤一家 P26 P32  
 吉田雅彦 P26 P32\*  
 吉田丈人 1A09 1A15\*  
 P42  
 吉田天士 P15 S2-5\*  
 吉永秀一郎 2K02 2K03  
 吉村和也 P8\* P77  
 吉村千洋 3A05 3A06  
 吉村真由美 P18\*  
 ヨンオン・キム 2K07

氏名 発表番号

わ

若林健一 1D06  
 和田知之 2K07  
 和田千弦 3A07 P60  
 渡邊圭司 3A12 3B05  
 P3  
 渡辺泰徳 1D09 3A07  
 渡邊信 S2-4  
 渡邊未来 3A12 3B04\*  
 3B05 P3  
 P63  
 渡辺雄二郎 P54

# 日本陸水学会第 76 回松江大会

《協賛団体・企業御芳名》 50 音順

株式会社 朝倉書店

<http://www.asakura.co.jp>

株式会社 アムコ

<http://www.amco.co.jp>

環境システム株式会社

<http://www.hydrolab.co.jp>

株式会社共立理化学研究所

<http://www.kyoritsu-lab.co.jp>

株式会社 ケネック

<http://www.kenek-co.com>

株式会社 講談社

<http://www.kodansha.co.jp>

JFE アドバンテック株式会社

<http://www.jfe-advantech.co.jp>

スカイマップ株式会社

<http://www.skymap.co.jp>

日科機バイオス株式会社

<http://www.nikkaki-bios.jp>

株式会社ハイドロシステム開発

<http://www.hydro-sys.com>

パシコ貿易株式会社

<http://www.pacico.co.jp>

松江土建株式会社

<http://www.matsue-doken.co.jp>

ワイエスアイ・ナノテック株式会社

<http://www.nanotech.co.jp>

株式会社環境コミュニケーションズ

<http://www.kankyocom.co.jp>

有限会社 藤井洋書

<http://www.fujiibooks.com/>



# mini DO<sub>2</sub>T

簡易水温

溶存酸素データロガー

【希望販売価格 380,000(税別)】

- 蛍光式 DO センサー採用
- 10 分間隔 約 400 日動作
- 1 年に 1 回の校正作業
- SD カードに記録

発売記念キャンペーン

**¥330,000** (税別)

3 台まとめてオーダーすると

**¥900,000** (税別) ※1 台あたり 30 万円

購入直後から、設定を必要とせずに 10 分間隔の記録が行える miniDOT。

1 分間隔で電池寿命 200 日と驚きの省電力性能。10 分間隔で 475 日、68kb のファイル

サイズで記録します。蛍光式センサーは酸素隔膜の消耗品も必要なく、1 年に 1 回メーカー校正を行っていただくだけです。

(広告有効期限 2011 年 8 月 1 日～ 2011 年 12 月 31 日)

## HYDROLAB MS5-LDO<sup>2</sup>

鉛直計測用

水温・溶存酸素・水深

【含まれるもの】

MS5(キャパ-モデル)

水深・水温・蛍光 DO・塩分センサー

30m ケーブル・外付け乾電池ケース

ネット PC+ハイドロロガー PC ソフト

**¥780,000** (税別)

Hach LDO 蛍光式 DO センサーの 2 世代目 LDO<sup>2</sup> を搭載した最新モデル。

安定度、応答速度、耐久性が向上しました。

PC はネットブック以外に、防水型 PC などお手持ちのコンピューターに変更することが可能です。

※ キャンペーンモデル 2011



環境システム株式会社

兵庫県尼崎市道意町 7-1-3,624

TEL 06-6657-5130 FAX06-6657-5131

[www.hydrolab.co.jp/](http://www.hydrolab.co.jp/)

水循環を探る  
水からのメッセージをあなたへ

## 電磁流速計



VE20/VET-200-10P II

仕様 測定範囲：最大200cm/s  
重　　さ：350g（電池含めず・本体）  
          430g（検出部）  
水　　深：最低3cm～ 耐圧：200kPa  
外形寸法：約100W×195H×45Dmm（本体）  
          長さ約380mm 先端φ10mm（検出器）  
使用水質：水道水、工業用水、雨水



LP30/LPT-325

仕様 測定範囲：最大3m/s  
重　　さ：350g（電池含めず・本体）  
          200g（検出部 / オプション除く）  
水　　深：最低2.5cm～ 耐圧：200kPa  
外形寸法：約100W×195H×45D mm（本体）  
          先端φ25mm×95mm（検出器）  
使用水質：水道水、工業用水、雨水  
検　　定：公的検定対象機種

## プロペラ式流速計



VR-301/VR3T-2-20N

仕様 測定範囲：最大400cm/s（VR3T-4-20N）  
重　　さ：200g（電池含めず・本体）  
          300g（検出部）  
水　　深：最低3cm～ 耐圧：200kPa  
外形寸法：約83W×152D×34H mm（本体）  
          長さ約360mm プロペラφ2cm（検出器）



株式会社 ケネック

196-0021東京都昭島市武蔵野2丁目8番地1  
TEL 042-544-1011 FAX 042-544-4748  
URL <http://www.kenek-co.com>  
E-mail [sales@kenek-co.com](mailto:sales@kenek-co.com)



## ISCO 6712高性能サンプラー



- 確実な採水を約束
- Cache仕様で”水のフライトレコーダー”
- バッテリー駆動冷蔵庫タイプも用意
- 採水時ろ過システム取り付け可能
- 水質計と連動で水質異常時採水
- 水位計との連動で洪水時採水
- 雨量計と連動で降雨時採水
- 水場に最適な防水設計

## 2150断面流速流量計

- 水位・流速を測定する流量計
- 完全防水設計
- 電源は乾電池対応
- 流速を直接測定するドップラー式
- 水位センサーも小型センサーに一体化
- サンプラーとの連動で流量比例採水
- 水路形状のデータポイント入力可能



**ISCO**<sup>®</sup>  
Water is life. Protect it.

**日科機バイオス株式会社**

〒102-0082 東京都千代田区一番町22神田一番町ビル

TEL 03-3265-6571 Fax 03-3265-8177

<http://www.nikkaki-bios.jp> [info@nikkaki-bios.jp](mailto:info@nikkaki-bios.jp)

# 水温用データロガー



ホボ ウォーターテンプ プロ V2



ティドビットV2



ホボ ペンダントロガー

仕様	ホボ ウォーターテンプ プロ V2	ティドビットV2	ホボ ペンダントロガー
モデル	U22-001	UTBI-001	UA-001-08 (温度)   UA-002-08 (温度・照度)
耐圧深度 (水中)	120m	300m	30m
内蔵バッテリー寿命	6年 (米国工場にて交換可)	5年 (交換不可)	1年 (交換可能 CR2032)
メモリー容量	42,000サンプル	42,000サンプル	6,500サンプル
計測範囲	水中:0°C~+50°C 空気中:-20°C~+70°C	水中:-20°C~+30°C 空気中:-20°C~+70°C	温度:水中0~+50°C, 空気中-20°C~+70°C, 照度:0~約250,000lux
精度	±0.2°C (0°C~+50°C)	±0.2°C (0°C~+50°C)	温度:±0.47°C at 25°C, 照度:概略値取得用
計測間隔設定	1秒~18時間	1秒~18時間	1秒~18時間
専用ソフト (別売)	Windows/Mac対応		
寸法 (mm) / 重量 (g)	30φ×115mm / 43g	30×41×17mm / 23g	58×33×23mm / 18g
バッテリー残量チェック	○	○	○
分解能	12bit	12bit	10bit
通信ポート	USB	USB	USB
単価 (税込)	¥17,800	¥17,800	¥5,900 (52,000サンプルタイプ:¥7,400)

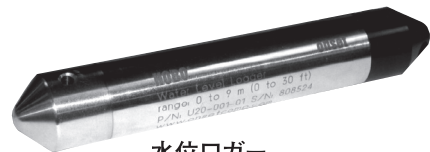
## 電気伝導率 (塩分濃度)



電気伝導率 (塩分濃度) ロガー

仕様	電気伝導率ロガー	
モデル	U24-001	U24-002 (海水対応)
計測範囲 (校正) - 導電率	① 0~1,000 μS/cm ② 0~10,000 μS/cm	① 100~10,000 μS/cm ② 5,000~65,000 μS/cm
〃 (〃) - 温度	5~35°C	5~35°C
精度 (校正範囲内) - 導電率	読値の3% 又は5 μS/cm (大きい方)	読値の3% 又は50 μS/cm (大きい方)
〃 (校正範囲内) - 温度	0.1°C	
記録容量 (導電率+温度セット)	1範囲指定:18,500 2範囲指定:11,800	
最大使用深度 / 動作温度	70m / 0~50°C	
寸法 / 重量	3.18cmφ×16.5cm長 / 193g	
内蔵バッテリー / 寿命	3.6V リチウム / 3年	
本体価格 (税込)	¥91,000	¥97,000

## 水位ロガー



水位ロガー

仕様	水位ロガー			
モデル	U20-001-01	U20-001-01-Ti (海水対応型)	U20-001-02	U20-001-03
計測範囲	9m; 0~207kPa	30m; 0~400kPa	76m; 0~850kPa	
精度	±0.5cm (±0.05%FS)	±1.5cm (±0.05%FS)	±3.8cm (±0.05%FS)	
分解能	0.21cm	0.41cm	0.87cm	
本体価格 (税込)	¥57,000	¥86,000	¥57,000	¥57,000
内蔵温度センサー仕様	全モデル共通			
計測範囲	-20°C~50°C			
精度	±0.37°C@20°C			
分解能	0.1°C@20°C			
記録容量	21,700サンプル (圧力+温度セット)			

4mモデルもあります

姉妹品:気温、湿度、照度、電圧、電流、光量子、日射、風向、風速、土壌水分、気圧、CO<sub>2</sub>、雨量、パルス他

製造者 米国オンセット コンピューター社

総代理店 **パシコ貿易株式会社**

〒113-0021 東京都文京区本駒込2丁目10番3号 ウェストワン・ビル

TEL:03-3946-5621(代) FAX:03-3946-5628

URL:<http://www.pacico.co.jp> E-mail:sales@pacico.co.jp

ハンディメータから AUV まで～YSI 社の技術の粋をご紹介します！

## ECOMAPPER AUV

## AUV (自律式水中航行体) Eco Mapper / Autonomous Underwater Vehicle



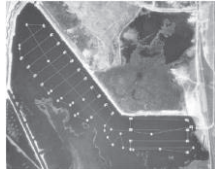
予め設定した航行プランで水中自律航行を行い、

- ・多項目水質マッピング
- ・高解像水底地形探査
- ・3D 流速分布プロファイル、デジタルビデオ映像 等

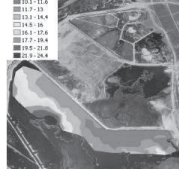
多くの情報を得ることができます。



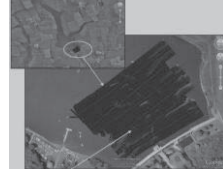
大変、小型です



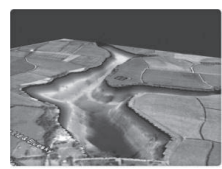
航路設定 PC 画



水質マッピング



サイドスキャン地形



マルチビームスキャン

### 3次元流向・流速/地形探査装置 River Surveyor

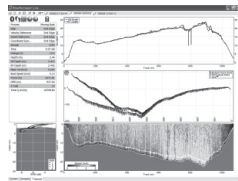


- ・3種の周波数(0.5/1/3MHz)超音波による、流速分布・地形探査の次世代メソッド
- ・RTKGPS とのシステム連動にて高精度な流速、地形、流量計測を実現します。

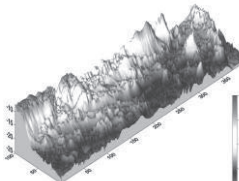
River Surveyor センサ部



トリマラン曳航計測



断面流速・地形データ



3D ボトム地形解析

### GPS 搭載・メモリ式 CTD 計 CastAway!

- ・ハンドサイズの超小型 CTD
- ・業界初！GPS をビルトイン
- ・Bluetooth データ転送



重量  
わずか 450g

スタイラスペンでスタート  
GPS 測位後、CastAway!

### ハンディ水質計 Professional Plus



ケーブル長最大 100m!



クアトロ多項目センサヘッド

水温・電導度  
塩分・DO  
pH・ORP  
NH4-N  
NO3-N  
CL-



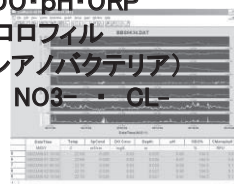
WIN データ解析ソフト

### 多項目水質計 6600 シリーズ

- ・メモリー観測、直読観測のハイブリッドな使用が可能!
- ・電極自動洗浄ワイパ搭載

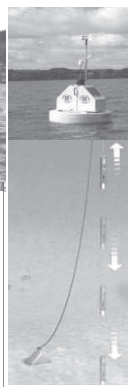
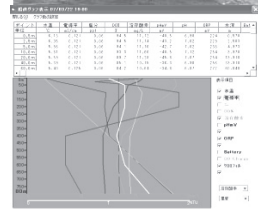


水温・電導度・塩分  
蛍光式 DO・pH・ORP  
濁度・クロロフィル  
アオコ(シアノバクテリア)  
NH4- ・ NO3- ・ CL-



### 鉛直水質プロファイラ VPS シリーズ

- ・多項目水質計を自動昇降し、リアルタイムにデータ伝送
- ・世界最小/最軽量クラス
- ・電源はソーラパネルで OK!



ワイエスアイ・ナノテック株式会社 [www.nanotech.co.jp](http://www.nanotech.co.jp)

〒210-0005 川崎市川崎区東田町8番地 TEL 044-222-0009 FAX 044-222-1102

# クロロフィル測定装置

**TURNER**  
**DESIGNS**  
Reliable Instruments for an Unreliable World

# Trilogy

## 小型軽量・低価格・タッチパネルで簡単操作

クロロフィル-a / シアノバクテリア / 栄養塩 (リン、珪酸) / -NH<sub>4</sub> / CDOM / 濁度

ターナーデザイン社の実験室用蛍光光度計トリロジーは、アプリケーション・モジュールを交換するだけで、抽出クロロフィル-a、In-Vivoクロロフィル、CDOM（溶存有色物質）、アンモニウム、シアノバクテリア（フィコビリル）などの蛍光測定のほか、ISO準拠の濁度

測定、また栄養塩（珪酸・リン酸）など比色測定が行える多目的・蛍光光度計です。12mmバイアル、12x75mmガラス・キュベット、プラスチック角キュベットを利用できます。



※なお、くわしい仕様に関しては科学機器部（03-3265-4265）までお問い合わせ下さい。



株式  
会社

未来にける技術の専門商社

**アムコ**

科学機器部

本社：〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4-8-7 TEL 03(3265)4265  
URL <http://www.amco.co.jp/> E-mail: [kagaku@amco.co.jp](mailto:kagaku@amco.co.jp)  
大阪支店：〒540-0035 大阪市中央区釣鐘町2-1-12 TEL 06(6942)5971  
名古屋支店：〒464-0075 名古屋市千種区内山3-17-11 TEL 052(741)6051  
福岡支店：〒812-0008 福岡市博多区東光2-6-15 TEL 092(441)7641  
札幌支店：〒060-0033 札幌市中央区北三条東2-2 TEL 011(241)4428

# 新型 ADCP を中心とした複

# 合計測システム

- ▶ 河川 / 湖沼の流量・流況・ボトム形状を同時に把握
- ▶ ADCP の反射強度データを用いて広範囲の濁度プロファイルを把握
- ▶ 小型ボートに搭載することにより、現場到着後即座に観測体制へ。

「遠隔操作装置：RemoADCP」  
 ・計測データを陸上へ転送  
 ・最大通信レンジ：1km（理論値）

「GPS：各種接続可」  
 ・RTK-GPS  
 ・D-GPS  
 ・計測位置を正確に把握  
 ・GGA 出力

「小型ボート：高速セーフティサーペイヤー」  
 ・対応流速：～6m/s  
 ・船体内部に各種制御部格納可能

「流速計：River0vserver」  
 ・測定レンジ：0.25m～40m  
 ・ボトムの誤認が少ない600kHz  
 ・層厚自動切替  
 ・層数自動切替  
 ・測定モード自動切替  
 ・強い濁度耐性

「音響測深機：HDS」  
 ・測定レンジ：0.4～1500m  
 ・測深精度：1.5%FS  
 ・分解能：1cm  
 ・テキスト（CSV）出力  
 ・二次元 / 三次元図描画

「Visual ADCP tools」  
 ・ADCP データ処理ソフトウェア  
 ・欲しかった機能があるデータ処理の強カツール  
 「ABT tools」  
 ・超音波濁度 ABT 算出ソフトウェア  
 ・ADCP の反射強度から濁度プロファイルを算出

## 水質計 / 水位計



### TROLL9500

多項目水質計 TROLL9500 は、直径 4.7cm のプローブ内にフィールドで交換可能なセンサーを最大 9 本まで取り付けることができるマルチプローブです。高精度なセンサー群のほか、長期設置に適したロガー・電源内蔵型で直読式から長期設置まで柔軟にこなします。汎用単 1 電池で稼働しますので、ランニングコストを抑えることができます。



### Rugged TROLL 100

Rugged TROLL 100 は小型低価格な絶対圧式水位計のスタンダード商品です。コンパクトなボディに In-Situ 社のハイテクノロジーを惜しみなく詰め込まれた高性能水位計です。上位機種には絶対圧式と差圧式もラインナップされており、海水や温泉地下水、腐食性排水などの計測でも安心してご利用いただけます。



## 株式会社 ハイドロシステム開発

<http://www.hydro-sys.com/>

### 大阪本店

住所：大阪府大阪市西区本田3-2-18  
 ハイドロ第一ビル  
 TEL：06-6581-8156  
 FAX：06-6581-8104

### 東京支店

住所：東京都江戸川区西瑞江3-19-10  
 ウェルズ21 パート1 D号室  
 TEL：03-5664-8156  
 FAX：03-5664-8106

※本社事務所移転に伴い、  
 電話及び FAX 番号が変わりました。

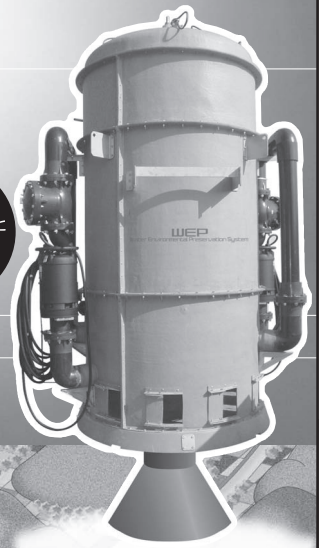
高濃度酸素水で「自然」が甦る!

# WEP

NETIS登録技術  
CG-050013-A

(独) 土木研究所  
特許共同取得  
第3849986号

伊藤忠グループと  
共同販売



Water Environmental Preservation System

## 水環境保全システム

高濃度酸素水を供給する気液溶解装置



### 設置適用場所

- 湖沼、ダム
- 比較的流れのない河川、用水路
- 湾などの閉鎖系水域
- 養殖場

上記の他、底のヘドロ化や水の着色、臭気、生物のへい死などの問題が生じる場所

### 設置方式

設置場所、条件により各種方式をお選びいただけます

### WEPシステムとは

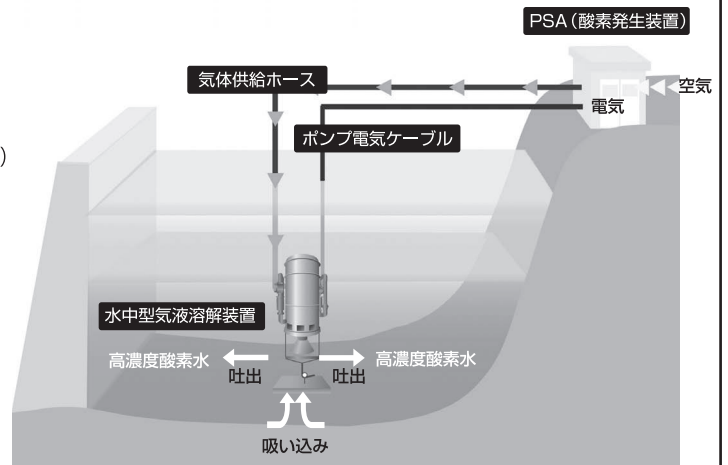
多くの湖沼やダムでは、有機物の分解により水中の酸素が消費されて底層部が貧酸素状態になり、栄養塩・金属類の溶出が起きて水質悪化の一因となっています。「WEPシステム」をこれらの現象を解消するために、松江土建(株)と(独)土木研究所で共同開発しました。

### WEPシステム概要

- ① 高濃度酸素を作ります (PSA)
- ② 高濃度酸素を供給します (気体供給ホース)
- ③ 水を吸い込み、装置内で高濃度酸素を溶かします (水中型気液溶解装置)
- ④ 溶けた高濃度酸素水を吐出します

### WEPシステム特徴

1. 水圧を利用した高効率・省エネルギー酸素溶解方式
2. 高濃度酸素水の水平拡散  
水温差の層を破壊せずに高濃度酸素水が広がります。  
**拡散スピードは半径約200m/日、厚み2m程度水平拡散です。**  
酸素を溶解した状態で吐出するため**発泡が起きません。**
3. スイッチひとつのシンプルなオペレーションを実現



販売:

ITCグリーン&ウォーター株式会社

開発・製造:

松江土建株式会社

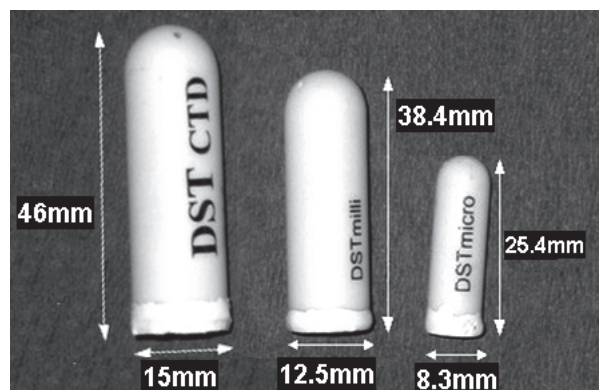
共同開発:

独立行政法人  
 土木研究所

詳しいデータはHPをご覧ください…… URL <http://www.matsue-doken.co.jp/>

# 小型口ガー

温度 圧力 電気伝導度



精度	解像度
温度 : $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	温度 : $0.032^{\circ}\text{C}$
圧力 : $\pm 0.4\% \text{ FS}$	圧力 : $0.03\% \text{ FS}$
塩分 : $\pm 0.08 \text{ S/cm}$	塩分 : $0.0015 \text{ S/cm}$

バッテリー持続 : 約15万データ収録

DST CTD ¥150,000-

# 溶存酸素センサー

光学式溶存酸素計 (made in ニュージーランド)

直読と内蔵記録の2モデル

- 水温計標準装備で自動温度補正
- 市販の9V アルカリ電池で186日
- 軽くて丈夫なエポキシボディ
- 使いやすいWindows ソフトウェア



¥498,000- 内蔵記録式

# 自律型・高精度・潮位モニタリングシステム



Tide Monitoring System with Optional Solar Charger

- 測定範囲 : 0 - 2.0m
- 測定精度 :  $\pm 0.03\%$
- 分解能 :  $0.002\% \text{ FS}$
- バッテリー性能 : 通常使用16日間
- サンプリングレート : 1 - 5Hz
- 内部メモリ : 256M
- 重量 : 7.5kg
- 寸法 : 28.4 x 19.1 x 14.2 [cm]

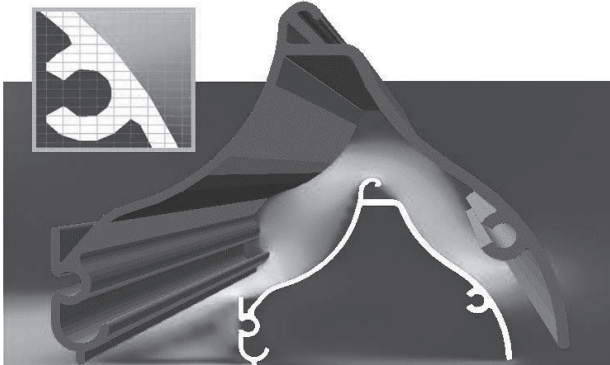
**SEA**  
www.seanet.co.jp

株式会社エス・イー・エイ 千葉県市川市塩浜2-23 IUビル4F  
TEL: 047-356-4661 FAX: 047-356-4822 E-mail: mailbox@seanet.co.jp

だれでも買える、だれでもできる流体解析ソフト  
3次元汎用熱流体解析ソフトウェア

# PHOENICS

流体解析の汎用コードとして世界で最初に開発・リリースされたPHOENICS。  
構造格子、CutCell手法の特徴を存分に生かして高精度なシミュレーションを実現。  
環境保全分野においても多くの解析実績と評価を得ています。



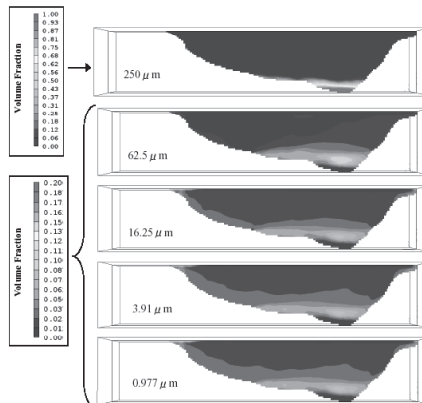
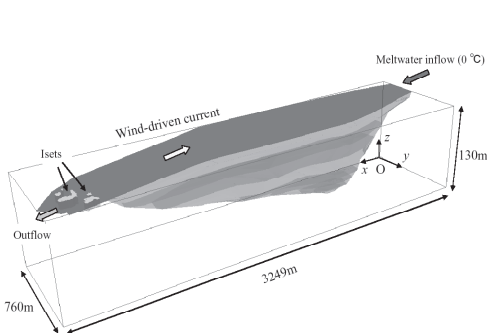
## ■PHOENICSの特徴

- ・複雑な形状でも格子作成する必要がない
- ・豊富な物理モデル

### << Cut-Cell法 >>

直交格子で曲面に沿った解析が可能！  
1つの格子の中で、固体/流体の2つの値を計算して表示

### ツォー・ロールパ氷河湖の湖流3次元数値実験



(懸濁粒子の縦断分布解析結果)

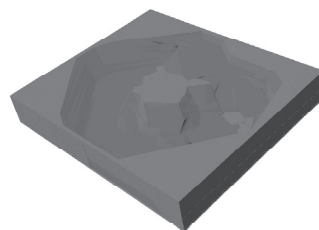
【データ提供: 北海道大学大学院  
理学研究院 知北和久先生】

アカデミック  
キャンペーン  
実施中！！

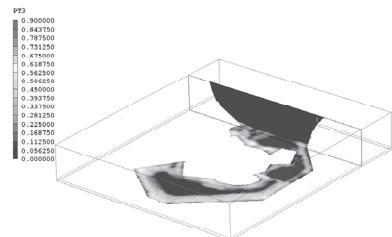
## ■PHOENICSの主な機能

- ・直交/円筒/一般座標系
- ・定常/非定常解析
- ・20種類の乱流モデル
- ・圧縮/非圧縮計算
- ・ニュートン/非ニュートン流れ
- ・多孔質体内の流れ
- ・輻射解析/熱連成解析
- ・化学反応/燃焼解析
- ・乱流燃焼モデル
- ・自由表面解析
- ・固体内応力解析
- ・柔軟なユーザーカスタマイズ機能
- ・並列計算機能

### 洞爺湖の泥流解析



(洞爺湖実寸モデル)



(懸濁物質の濃度分布解析結果)

【データ提供: 北海道大学大学院理学研究院 知北和久先生】

### 【お求めとお問合わせ】

Fax又はメールに、御連絡先(会社名、部署名、お名前、Tel、Fax、E-mail)を添えてお送り下さい。

Tel : 03 - 5210 - 9356

Fax : 03 - 5210 - 9359

E-mail : info@phoenics.co.jp

URL : http://www.phoenics.co.jp

コンセントレーション・ヒート・アンド・モーメンタム・リミテッド  
東京支店 技術営業部

〒102-0083 東京都千代田区麹町3-5-4 麹町インテリジェントビル





小型ヘリコプターに各種センサを搭載し、面的に水環境を把握する方法を提案しています  
藻類や水草・浮草など発生しましたらご連絡ください。即時に撮影に向かうとともに、  
GIS データとして納品致します。アマモ、コアマモ、アオサ、ボタンウキクサ・・・etc

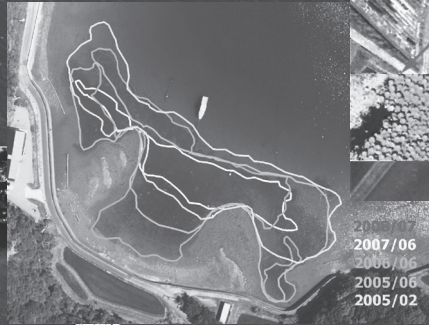
操縦・撮影・加工など全工程を自社の専門スタッフで行い、俊敏な機動力と低コストを  
実現しています。航空三次元計測、熱赤外撮影（サーモマップ<sup>®</sup>）なども行っています

## スカイマップ株式会社

ため池の浮き草調査



藻場分布の経年変化



水中の水草調査



URL : <http://www.skymap.co.jp>

E-mail : [skm@skymap.co.jp](mailto:skm@skymap.co.jp)

本 社 〒595-0072 大阪府泉大津市松之浜町 2-20-10  
TEL 0725-21-8000 FAX 0725-21-8881

関東営業所 〒270-1151 千葉県我孫子市本町 1-2-10-203  
TEL 04-7165-5050 FAX 04-7165-5051

誰でも、どこでもできる  
水質の簡易測定器

# パックテスト<sup>®</sup>

Al, Ca, COD, Fe, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>,  
pH-BCG(酸性雨用) 他、全 **65**項目以上

1.5 検水わずか1.5mLで **パックテスト** の測定結果がデジタルに!

## 単項目水質計

全40機種

手のひらサイズ

小型・軽量で現場測定向き

検水1.5mL

一部の項目では検水量が異なります

簡単操作

検量線入力済



デジタルパックテスト

## 多項目水質計

1台で60項目以上測定

カラー液晶

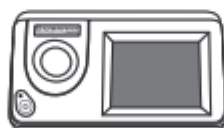
見やすい・わかりやすい

検水1.5mL

一部の項目では検水量が異なります

簡単操作

検量線入力済・タッチパネル



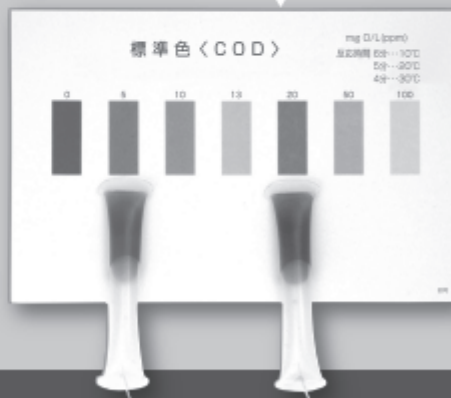
デジタルパックテストマルチ

### 測り方

調べたい水を  
吸い込み、  
標準色と比べるだけ



チューブの中  
に、調合された  
試薬が一回分ずつ  
封入されています



株式会社 共立理化学研究所

KYORITSU CHEMICAL-CHECK Lab., Corp.

〒145-0071 東京都大田区田園調布5-37-11

TEL:03-3721-9207 FAX:03-3721-0666

http://kyoritsu-lab.co.jp kyoritsu@kyoritsu-lab.co.jp

やってみよう! 環境教育 \* <http://www.iiej.org/wee21/>

# みんなで作る川の環境目標

日本水環境学会WEE21編集委員会 編・著 環境コミュニケーションズ 刊  
A4判 140頁 定価 ¥2,000+税

本書は日本水環境学会の環境教育活動グループWEE21 (Water Environmental Education 21世紀) が中心となってまとめた一冊丸ごと実践型の環境教育ガイドブック。

- 第1章 川を楽しむために/川の魅力/川の姿/安全のために/やってみようKY活動
- 第2章 川との新しいつきあい方/調査から行動へ/新河岸川の一斉調査の課題/市民環境基準をつくる/行動につなげよう/石沢にホテルを取り戻そう
- 第3章 「川」の活動/川に親しむ/川を知る/川を調べる/川の水質の簡易分析の一例/宮城県における五感を使った川の評価のこれまでと今後/調べたことを伝えよう-発表を次のスタートに-
- 第4章 さらに深く知りたい人のために/安全/水の七不思議/水質分析の歴史/水質に関する基準の現状と今後/公定法と簡易法/環境保全・環境教育推進法を「市民の法律」にしよう/問題を解決するための教育-批判的環境教育-/参加体験型の学びと環境保全活動

お申し込みはFAXで。03-3404-5716  
ホームページでも受け付けています。

株式会社環境コミュニケーションズ  
東京都港区赤坂9-1-7-244 ☎ 03-3404-5714  
URL <http://www.kankyocom.co.jp>

世界で初!!水環境にかかわる分野の人々のバイブル誕生

# 陸水の事典

日本陸水学会・編

A5・590頁・上製函入・定価10,500円(税込)

ISBN 978-4-06-155221-0

湖沼、河川、地下水など陸水域の物理学、化学、生物学、地球科学、環境科学ならびに関連応用科学にわたる広範囲な分野の用語の概念と簡潔かつ詳細な解説を世のニーズに応じて提供する。

日本陸水学会が総力を結集してまとめた集大成。項目は約5000項目を選択、五十音順で配列。付録には日本と外国の湖と河川リストを掲載。英語索引からの検索も可能にした。関連分野待望の必携事典。



## 最新 環境浄化のための微生物学

稲森 悠平・編

A5・350頁・定価5,880円(税込)

ISBN 978-4-06-155224-1

## 新編 湖沼調査法

西條 八束/三田村 緒佐武・著

A5・238頁・定価3,570円(税込) ISBN 978-4-06-153934-1



## 絵でわかる 生態系のしくみ

鷺谷 いづみ・著

A5・173頁・定価2,100円(税込)

ISBN 978-4-06-154758-2

## 地球環境学入門

山崎 友紀・著 B5・190頁・定価2,940円(税込)

ISBN 978-4-06-155227-2



## 水圏の環境微生物学

前田 昌調・著 A5・214頁・定価5,775円(税込)

ISBN 978-4-06-153720-0



東京都文京区音羽 2-12-21  
<http://www.kspub.co.jp/>

講談社

編集部 ☎03(3235)3701  
販売部 ☎03(5395)3622

## 図説 日本の河川

■ 小倉紀雄・島谷幸宏・谷田一三編

B5判 176頁 定価4515円(本体4300円) (18033-6)

日本全国の52河川を厳選しオールカラーで解説 [内容] 総説/標津川/釧路川/岩木川/奥入瀬川/利根川/多摩川/信濃川/黒部川/柿田川/木曾川/鴨川/紀ノ川/淀川/斐伊川/太田川/吉野川/四万十川/筑後川/屋久島/沖縄/他



## 身近な水の環境科学 一源流から干潟まで

■ 日本陸水学会東海支部会編

A5判 176頁 定価2730円(本体2600円) (18023-7)

川・海・湖など、私たちに身近な「水辺」をテーマに生態系や物質循環の仕組みをひもとき、環境問題に対峙する基礎力を養う好テキスト。[内容] 川(上流から下流へ)/湖とダム/地下水/都市・水田の水循環/干潟と内湾/環境問題と市民調査



## 水文・水資源ハンドブック

■ 水文・水資源学会編 池淵周一総編集

B5判 656頁 定価3675円(本体3500円) (26136-3)

多様な要素が関与する水文・水資源問題をシステム論的に把握し新しい学問体系を示す。[内容] 【水文編】 気象システム/水文システム/水環境システム/他 【水資源編】 水資源計画・管理のシステム/水防災システム/利水システム/水エネルギーシステム/他

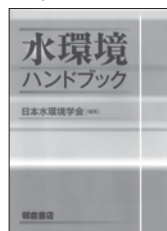


## 水環境ハンドブック

■ 日本水環境学会編

B5判 760頁 定価33600円(本体32000円) (26149-3)

「場」「技」「物」「知」の観点から幅広くとらえ、水環境の保全・創造に役立つ情報を一冊にまとめた。[内容] 「場」河川/湖沼/他 「技」浄水処理/下水・し尿処理/排出源対策・排水処理/用水処理/他 「物」有害化学物質/水界生物/他 「知」化学分析/バイオアッセイ/他



朝倉書店

〒162-8707 東京都新宿区新小川町6-29  
電話 営業部 (03) 3260-7631 FAX (03) 3260-0180  
<http://www.asakura.co.jp>

(ISBN)は 978-4-254- を省略

## 日本陸水学会76回松江大会 実行委員会

実行委員長 清家 泰（島根大学総合理工学部）  
事務局長 清家 泰（島根大学総合理工学部）  
副委員長 神谷 宏（島根県保健環境科学研究所）  
会計幹事 山口啓子（島根大学生物資源科学部）  
会計監事 石飛 裕（NPO法人 自然と人間環境研究機構）  
会計監事 奥村 稔（島根大学総合理工学部）  
実行委員 荒木 悟（島根大学汽水域研究センター）  
瀬戸浩二（島根大学汽水域研究センター）  
菅井隆吉（(社)中国建設弘済会）  
神門利之（島根県松江保健所）  
崎 幸子（島根県保健環境科学研究所）  
宮廻隆洋（島根県保健環境科学研究所）  
中島結衣（島根県保健環境科学研究所）  
小山維尊（島根県保健環境科学研究所）  
増木新吾（松江土建株式会社環境部）

鮎川和泰、穴手隆宏、管原庄吾、三上育英  
梶谷隆宏、坂田義則、松原大悟、牧尾武  
野々村和樹、山口貴之  
（島根大学総合理工学部 環境分析化学研究室）

---

## 日本陸水学会 第76回大会 講演要旨集

発行 2011年 9月 22日

編集・発行 日本陸水学会76回 松江大会実行委員会  
〒690-8504 松江市西川津1060  
島根大学総合理工学部  
日本陸水学会76回大会（松江大会）事務局:清家  
TEL 0852-32-6425 E-mail [jslim@riko.shimane-u.ac.jp](mailto:jslim@riko.shimane-u.ac.jp)  
大会HP: <http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/jslim76/>

---