

びわ湖・みらい

滋賀県琵琶湖・環境科学研究センターニュース

研究最前線

びわ湖流域の水・物質循環を再現する

1. びわ湖流域の水質シミュレーション

びわ湖を取り巻く流域の水環境を把握し、びわ湖の水質の変化を精度良く予測するためには、陸域での水や物質の循環、湖内の流れ、またそれらが湖内のプランクトンや汚濁物質に及ぼす影響を再現することが必要です。

私たちは、びわ湖流域の陸域から湖内までの水と物質の流れや水質を再現し、びわ湖の水質を予測できる水質シミュレーションモデル（琵琶湖流域統合管理モデル）を構築しました。

この水質シミュレーションモデルは、陸域における水・物質循環を扱う「陸域モデル」、湖内の流れを扱う「湖内流動モデル」、湖内の生態系や水質を扱う「湖内生態系モデル」の3つのモデルから構成されており、モデル間でデータをやりとりして、びわ湖の水質を再現・予測します（図1）。

2. モデルの概要

シミュレーションでは、びわ湖流域全体を「メッシュ」と呼ばれる小さな網目状に分割し、メッシュごとにデータを整備し、時系列的に解析を行います。それにより、任意の場所の任意の時

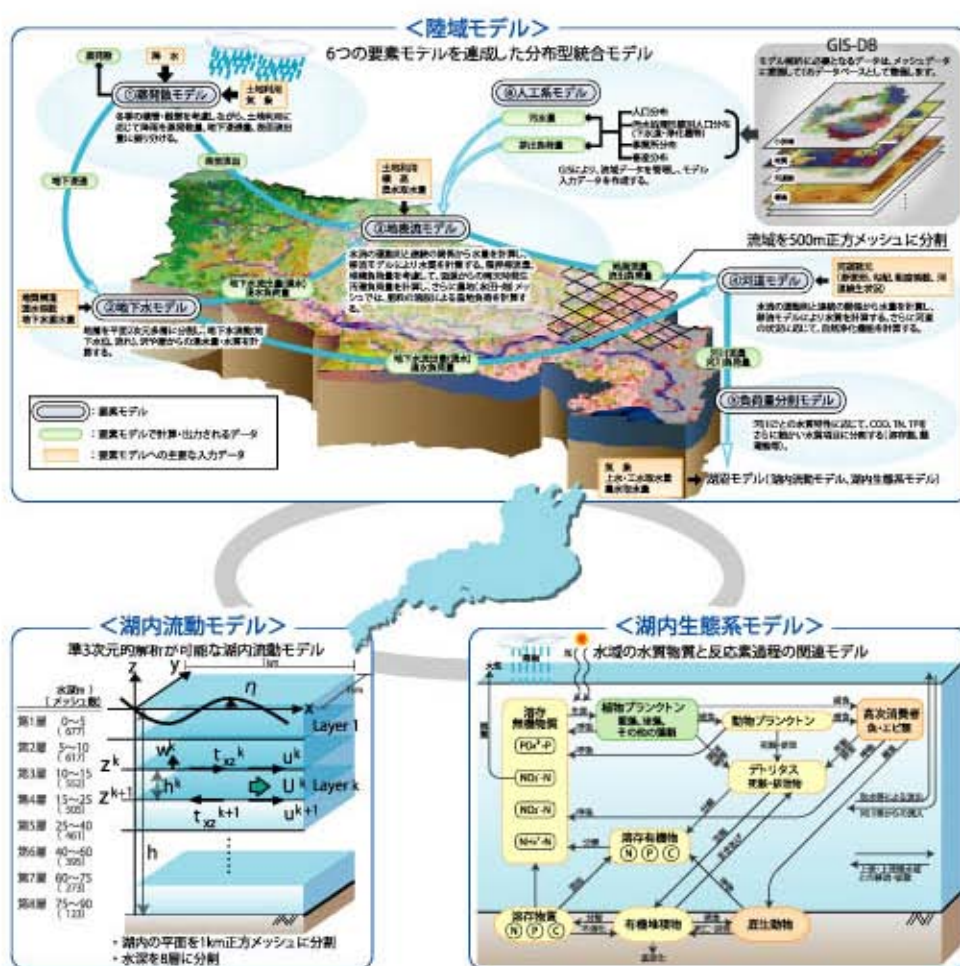


図1 びわ湖流域の水質シミュレーションモデルの概要

研究最前線

間での水の動きや汚濁物質の状況を再現することができます。

「陸域モデル」では、河川の流量や水質を500mのメッシュごとに再現・予測し、最終的に、びわ湖に流入する河川の流量や水質を再現します。陸域に降り注いだ雨や雪は、蒸発や地下浸透、表面流出（雪の場合は積雪）します。また地下に浸透した水は地層中を移動しながら湧水し、表面流出水とともに河川に合流します。河川には、さらに家庭や工場、農地などからの排水も流入し、高度を下げながらびわ湖に流入します。また流量とともに、家庭・工場などからの排水や、路面や農地、森林などからの排水に含まれる汚濁物質の水質への影響を求めます。

「湖内流動モデル」では、まず、びわ湖を水平方向に1kmごとのメッシュに区切り、さらに鉛直方向に8層に分けます。そうすると、びわ湖は約4,000個のボックスとなります。陸域モデルで計算した流入河川流量や、瀬田川およびびわ湖疎水からの流出量、気温、風向風速、日射量などの気象データをもとに、各ボックスにおける湖内の水温や水の流れを計算して、びわ湖全体を再現していきます。

「湖内生態系モデル」では、びわ湖を湖内流動モデルと同じようにボックスに区切り、陸域モデルや湖内流動モデルの結果を受けて、びわ湖内の汚濁物質やプランクトンなどの動態を再現します。陸域から流入した汚濁物質の一部は、細菌などの分解者によって無機物質まで分解されます。次いで、無機物質は植物プランクトンに取り込まれ、植物プランクトンは動物プランクトンに、植物プランクトンと動物プランクトンは魚などの高次消費者に捕食されます。捕食の残りかすや動植物の排泄物、死骸は、分解者によって無機化され、無機物質は再び植物プランクトンに取り込まれます。またプランクトンや汚濁物質は、湖内流動モデルで計算した流れなどによってボックス間を移動します。こうした一連の食物連鎖を再現することで、湖内に存在する汚濁物質の量（水質）を計算します。

このモデルの開発により、びわ湖についての陸域から湖内までつづく水の流れや水質を一体のモデルとして初めて解析し、再現できるようになり

ました。図2、3はその再現例を示しています。

また、流域での水質保全の取り組みをモデルの中で数値的に設定すると、それに応じた流入河川やびわ湖の水質の変化を予測することもできます。

（総合解析室 研究員 佐藤祐一
研究員 金 再奎）

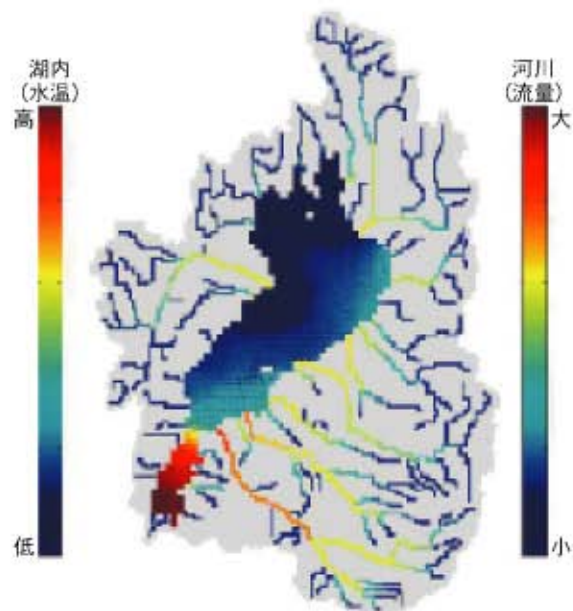


図2 河川流量と湖内水温の再現結果例

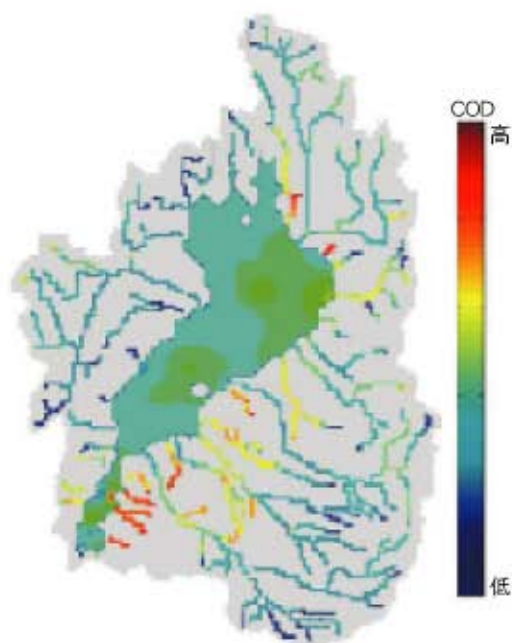


図3 河川および湖内の水質(COD)の再現結果例

新たな外来種フロリダマミズヨコエビの侵入

1. 西の湖ヨシ群落で発見

2006年5月25日、安土町の西の湖でフロリダマミズヨコエビ *Crangonyx floridanus* (写真) を見つけました。これは、びわ湖周辺での初記録です。採集地点は西の湖北部で、調査した10地点のうち、ヨシ群落内の6地点からのべ34個体が採集されました。抱卵している雌が5個体あり、ふ化直後と思われる幼個体も混じっていることから、本種は西の湖にすでに定着していると考えられます。

フロリダマミズヨコエビは、1989年、日本で初めて千葉県古利根沼で確認されました。その後、2004年までに利根川、江戸川、荒川、多摩川、鶴見川、帷子川、相模川など関東一円の河川や池沼、また東海地方の大井川、矢作川、長崎県の福江島でも採集されています (Morino *et al.*, 2004)。京都大学の竹門康弘氏によると、1993～1994年頃に揖斐川で、また宇治川でも2002年～2006年に本種の分布が確認されているとのことでした。

2. 北米から侵入

フロリダマミズヨコエビは、淡水の湖や川の底で一生活を過ごします。原産地は北米で、現在、フロリダ州、ルイジアナ州、コロラド州、オレゴン州、カリフォルニア州に広く分布しています。しかし北米西部の個体群は、原産地と考えられる北米東部からの侵入であると推測されています (Zhang and Holsinger, 2003)。

北米東部から西部へは、魚類の放流に混じったり、また、ヨコエビ類は隠れ場となるものにくっつく性質があることから、船底や水草などに付着しての移動など、さまざまな経路で侵入したと考えられています。

本種は、1980年代の終わりに日本で発見され、その後急速に日本各地に分布が広がっており、北米から侵入したと考えて間違いありません。関東、東海近辺、びわ湖周辺のほか、地理的に大きく離れた長崎県福江島からも発見されていることから、海外から輸入された淡水水草などにくっついて侵入したと考えられています (Morino *et al.*, 2004)。



写真 西の湖で採集されたフロリダマミズヨコエビ
(上：雄(×11.0) 下：抱卵雌(×7.2))

3. びわ湖へも？

びわ湖には、固有種のアナンデルヨコエビ (*Jesogammarus Annanogammarus annanalei*) とナリタヨコエビ (*J. A. naritai*) の2種のヨコエビが生息しています。いずれも成体の体長は15mm前後、雌雄はよく似た大きさです。一方、フロリダマミズヨコエビの体長は雌雄で異なり、成体雌で6～8mmと前2種の半分、成体雄はさらに小さく4～4.5mmです。また本種は第1アンテナの形や腹節背側に刺や剛毛がない点、第3腹肢の長さでも区別できます (Morino *et al.*, 2004)。

フロリダマミズヨコエビは現在、西の湖からしか見つかっていませんが、その生態から考えて、びわ湖に侵入するのは時間の問題でしょう。この外来種が、固有ヨコエビ類にとって脅威となるかどうか、今後、注意深く見守っていく必要があります。

びわ湖とその周辺からは、本種を始め、これまで見たこともない外来生物がここ20年の間に次々とみつかっています。この背景には、海外の珍しい魚介類や水草を眺めて心を癒すアクアリウム・ブームがあります。「心の癒し」ブームが、海外の珍しい動植物を生きたまま輸入・販売するという経済活動を通じて、日本の自然生態系に大きな影響を与えているのです。

(琵琶湖研究部門 総括研究員 西野麻知子)

淡水赤潮が2006年に発生しなかったのは？

○淡水赤潮の発生

1977年、びわ湖で初めて大規模な淡水赤潮が発生しました。黄色鞭毛藻のウログレナ・アメリカーナ（写真1）が異常に増殖して表層に集まり、湖面が茶褐色になるという現象が起きたのです。その後の淡水赤潮は、規模は小さくなり、日数も少なくなってきていますが、ほぼ毎年のように発生し、景観を悪化したり、上水道で生ぐさ臭を引き起こしたりするため、さまざまな研究をおこなっています。

センターでは、ウログレナが最も増殖しやすい4～6月頃にかけて、びわ湖の16地点（南湖3地点、北湖13地点）で調査してきています。ウログレナは、例年、4月下旬頃に水深の浅い南湖から増殖し始め、その後は北湖へと広がり、5～6月にはびわ湖全域でみられるようになります。

ここ数年は、淡水赤潮の発生日数およびウログレナの総群体数（16地点で10回採取してきた検体に含まれていた群体の総数）とも少なくなってきています。

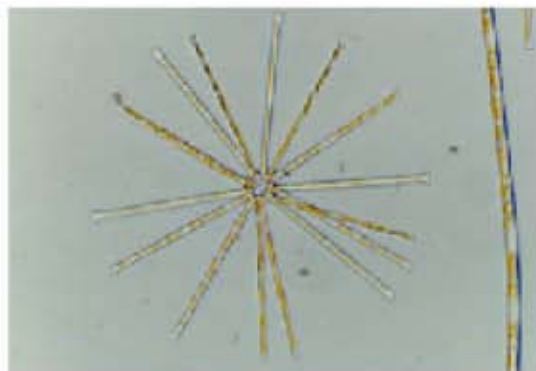
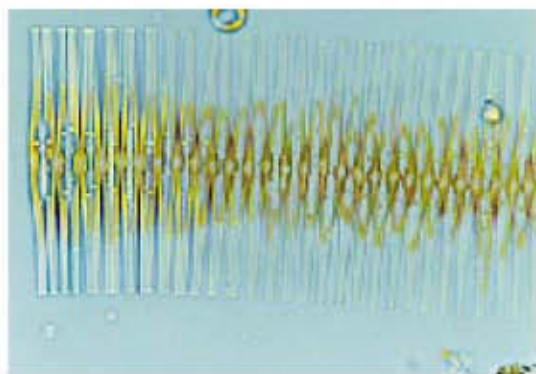


写真2 フラギラリア(上) アステリオネラ(下)

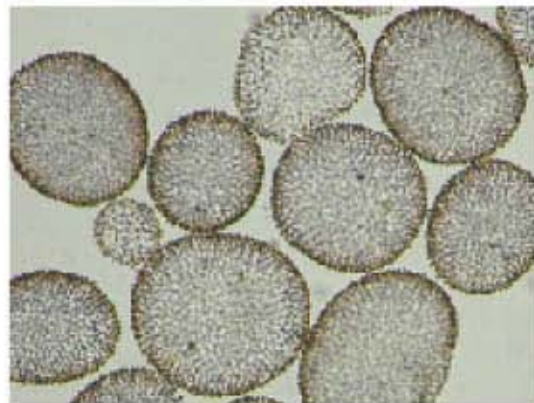


写真1 ウログレナ・アメリカーナ

○2006年に発生しなかったのは？

2006年には、淡水赤潮は発生しませんでした。その原因となるウログレナについてみてみましょう。例年は4月頃から調査でも確認されますが、この年は5月中旬までまったく確認されず、この年の総群体数はモニタリング開始以来、最も少なくなりました。

ではなぜ、こんなにウログレナの総群体数は少なかったのでしょうか。ウログレナは水温12～20℃が最も増殖しやすいのですが、この年は例年にくらべて4月の平均気温が2℃ほど低く、水温の上昇が約1か月ほど遅くなりました。また、4月下旬から5月下旬にかけて、珪藻のフラギラリアやアステリオネラ（写真2）が優占し、この時期にみられた植物プランクトンの総細胞容積量（種類ごとに細胞数と平均細胞容積を積算したもの）の90%以上を占めていました。植物プランクトンの増殖に必要な栄養塩の奪い合いなどにより、ウログレナの増殖を抑えたのではないかと考えられます。ウログレナの増殖は、それ以前に分布している他の植物プランクトンの量に関わっているのかもしれない。

この4月中頃からウログレナを調査し、淡水赤潮を監視します。その結果の速報や過去のデータはセンターホームページでご覧いただけます。

（環境科学研究部門 主任技師 吉田美紀）

びわ湖の生物多様性保全の新たな視点

種の遺伝的多様性保全にむけて

2007年3月5日、当センターのエコホワイエで第2回びわ湖フォーラム「びわ湖の生物多様性保全の新たな視点—種の遺伝的多様性保全にむけて—」を開催しました。市民や行政関係者など、のべ155名が参加し、生物多様性のなかで、これまであまり考慮されることのなかった「種の遺伝的多様性」保全の重要性について議論しました。主な講演内容を紹介します。

●特別講演「生物多様性とその保全の視点」

○東京大学大学院農学生命科学研究科・

鷲谷いづみ教授

「生物多様性とは、単なる生物学用語ではなく、自然、地球環境、地域の環境と、人の関係を今後どうしていけばよいかを考える上での手懸かりを与えてくれるものと言ってよい。生物多様性は、人の暮らしに必要な資源の提供や気候の制御、土壌の形成など、『生態系サービス』と呼ばれるさまざまな利益をわたしたちにもたらしてくれる。私たちの生活は『生態系サービス』を前提としており、それが安定的に提供され、後の世代にも末永く提供されるよう、生態系を管理していく必要がある。『生態系サービス』のバランスよい利用のための指標、いわば行司役が生物多様性だと考えている。」

●パネルディスカッション

「びわ湖の生物多様性保全の新たな視点—種の遺伝的多様性保全にむけて—」

○近畿大学大学院農学研究科・細谷和海教授

「固有性の保全を考えると、その進化的背景を重視すべきである。生物の多様性には、生態系、種、遺伝子の3つのレベルがあるが、私たちは、種に目がいてしまい、遺伝子のレベルまで目がむけられていない。しかし多様性の基本的な階層構造は遺伝子を底辺としている。例えば、ニゴロブナは少なくとも遺伝的に3つの集団があるが、その特性を十分に考慮した種苗放流を行わないと遺伝的固有性が失われ、種苗放流が逆効果になる可能性もある。私たちがやらなければならないことは、生物が自律的に増えられるような環境を整備することだと理解すること。これによって、びわ湖の淡水魚も同時に保全されるだろう。」

○センター・金子有子主任研究員

「種内の遺伝的多様性には離れた集団間に見られる遺伝的変異と一集団内に見られる遺伝的変異がある。集団内の遺伝的多様性はヨシ群落保全区域内の集団よりも指定区域外の集団で高く、びわ湖本湖の集団よりも内湖の集団で高く、びわ湖地域集団よりも他の国内主要ヨシ集団で高かった。びわ湖のヨシを自己持続的に長期存続させるには、有性繁殖の条件整備や少数親由来の苗によらない植栽とそのため制度作りが望まれる。また、異なる倍数体の混在や地理的に近いびわ湖・宇治間の交配でも結実率の低下が見られたことなどから、地理的距離を指標とした遺伝系統の判断は必ずしも妥当でないと考えられる。」

○びわ湖自然環境ネットワーク・寺川庄蔵代表

「2003年より市民によるびわ湖の水辺回復の取り組みを大津市中浜(旧志賀町)で始めた。自然素材を活用してヨシを植えてきた。ヨシ苗は現地産のものとし、遺伝的系統を尊重している。始めは現地のそばのヨシを掘り起こし、その後は現地のヨシ種子から苗を育てた。まず、ヨシ生育への波の影響を押さえるために間伐材と柴で消波堤を築き、ヨシ苗を竹筒に入れて湖岸に植えた。はじめは消波堤が冬の嵐などで壊されたためにヨシは全く根付かなかったが、消波堤を頑丈にしていくことでヨシも徐々に根付きはじめてきている。2005年からは水資源機構とともに東近江市栗見新田(旧能登川町)でヨシの植栽に取り組み、成果が出ている。」

○東京大学・鷲谷いづみ教授(コメンテーター)

「日本では植えたり放流したりすることは環境を守ることに考えられて善意で行われてきたが、そのことが自然にとって逆効果となることもある。専門家と相談して進めてほしい。」

○センター・西野麻知子総括研究員(コーディネーター)

「びわ湖の固有種をはじめとした生態系をどう守っていくかを考える時、生物多様性保全という視点が重要で、今後、遺伝的多様性も視野に入れた保全のあり方を考えていかなければならない。センターを始め関係機関の専門家を活用して、活動を進めていくとよい。」

滋賀の環境パートナーシップを探る

○パートナーシップとは

びわ湖をはじめとした滋賀の環境を守り、また持続可能な地域社会を作り上げていくため、行政と住民、NPOなどさまざまな主体がパートナーシップのもとに課題解決に取り組むことが重要との声が広がりつつあります。

そのような取り組みは「環境パートナーシップ」と呼ばれています。センターでは、滋賀における環境パートナーシップについて事例を取り上げ、そこで顕在化しつつある、また、それぞれの主体が直面している実践的、制度的課題について研究を行っています。

○環境パートナーシップの現状と課題

滋賀県内でも、環境パートナーシップの試みは増えつつあり、中には全国的に知られているものもあります。

しかしその多くは、個々の施策レベル、あるいは単発的なものにとどまっています。長期的・総合的・戦略的な環境パートナーシップを各地に広げ、その効果を一層高めることが課題となっています。とりわけ、そのような環境パートナーシップを進めていくための仕組みを、今後どのように整備していくのが問われています。

また「仕組み」だけではなく、環境パートナーシップを担う「主体」が育っていくことも、同様に重要な課題となっています。県内には大津市の「おおつ環境フォーラム」、近江八幡市の「水と緑の市民環境会議」、彦根市の「環境パートナー委員会」などの試みがありますが、これらはこうした意識のもとに行われているものと考えられます。

ここで環境基本計画に関連してパートナーシップのあり方をみてみましょう。環境基本計画とは、地域の環境をめぐる課題、あるべき地域の姿、その実現のための取り組みなどをまとめた中長期的な計画のことです。通常の場合、環境基本計画は、まず行政が原案を作り、それを住民などの意見を踏まえて修正するという手順を経て完成されることになります。

しかし、環境パートナーシップの観点からは、計画の原案づくりの段階から一般公募を含めた住民の参画を取り入れることが必要だと言えます。またそれと同時に、策定時だけでなく実施時においてもそうした参画が重要になります。そういったことを可能にするための制度的な工夫と仕組みの整備が不可欠になると言えるでしょう。

例えば野洲市では環境パートナーシップの考えに基づいて計画策定が進められています。原案づくりの段階から公募委員を含む市民委員30名が参画しているほか、行政側からも関連部署の担当職員7名が参画して計画づくりに取り組まれています。また、計画の実施についてもパートナーシップを進めていこうと試みており、計画策定委員会の委員を中心として計画推進のための組織づくりも行われています。この委員会は計画策定の場であると同時に、推進組織を担う人が育つ場でもあるわけです。

今後も、県内各地でのこうした事例を取り上げ、長期的・総合的・戦略的な環境パートナーシップを築くための実践的、制度的課題を探っていきたいと考えています。

(琵琶湖研究部門 研究員 宮永健太郎)

発行 滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター
Lake Biwa Environmental Research Institute
〒520-0022 滋賀県大津市柳が崎5-34
TEL 077-526-4800 FAX 077-526-4803
E-mail info@lberi.jp URL <http://www.lberi.jp>

※バックナンバーは下記のアドレスからご覧いただけます。
<http://www.lberi.jp/root/jp/05seika/bkjhcenternews.html>

■バス：JR大津駅より江若バス
(浜大津線堅田行き)約15分、
柳が崎下車徒歩3分。

■J.R：西大津より徒歩約15分。

■京阪：近江神宮前下車より
徒歩約15分。

