

[プロジェクト研究紹介「琵琶湖に注ぐ太陽エネルギー」](#)
[研究トピックス「琵琶湖湖水に含まれる微量化学物質」](#)
[研究トピックス「新研究員の自己紹介」](#)
[「琵琶湖セミナー開催のご案内」](#)

琵琶湖未来環境実験計画

淡探(たんたん)による赤潮調査

1977年5月、琵琶湖では黄色鞭毛藻類ウログレナ・アメリカーナ(Uroglena americana)による淡水赤潮が初めて大規模に発生し、大きな社会問題となりました。そして、このことがきっかけとなり、1979年に「琵琶湖富栄養化防止条例」が制定され、翌1980年に施行されました。1982年には、滋賀県民の、そして日本人の“心のふるさと”である琵琶湖の美しい自然とその水資源の保全を目標として、滋賀県琵琶湖研究所が設立されました。

1983年には琵琶湖南湖にアオコが発生し、さらに10年後には北湖でもアオコの発生が確認され、今日にいたっています。赤潮にしてもアオコにしても、いっこうにおさまる気配がないのが現状です。もちろん、琵琶湖研究所はこの間、手をこまねいていたわけではありません。このような湖における異変を解明するための布石として、1993年3月に実験調査船「はっけん号」、2000年3月に自律型潜水ロボット「淡探」の建造を行いました。そして、琵琶湖でいまだに解決できていない諸問題の解明と、それらの克服に向けて精力的な調査研究を行っています。

淡探(たんたん)は、ふたつのミッションをもって誕生しました。ひとつは、赤潮やアオコを形成する有害・有毒植物プランクトンの空間分布の解明であり、もうひとつは低酸素化が懸念されている湖底環境の調査です。

琵琶湖研究所では、淡探を利用して2001年より赤潮、2003年よりアオコの調査を行っています。自律型潜水ロボットの利点は、ケーブルがついていないので、コンピュータの指示に従って任意の場所や深さを自由に潜航できることです。例えば、ある一定の水域を設定し、決まった水深ごとにジグザグ潜航します。そして、淡探に取り付けた水中顕微鏡でウログレナ・アメリカーナなどの植物プランクトンをビデオ

撮影し、コンピュータを用いた画像解析によって群体数を数えます。

その結果、上図のように、ウログレナが水面下4m付近の水深で水平方向に分布していることがわかりました。その後、場所ごとに微妙な相違はありますが、このように赤潮が密集した層が、琵琶湖全域に広がっていることが、多くの調査によって明らかになってきています。

私達が赤潮として目で確認できるのは、水の物理的な運動によって湖面に現れたプランクトン群集を見つけたときです。目で見える部分だけを見ていると、事実を見誤る可能性があります。なぜなら、湖は立体構造をしており、目で見えない部分が圧倒的に多いからです。医療におけるCTやMRIと同じように、見えない部分を見えるように表現し、正しい診断を下すことが、私達の使命であると考えています。

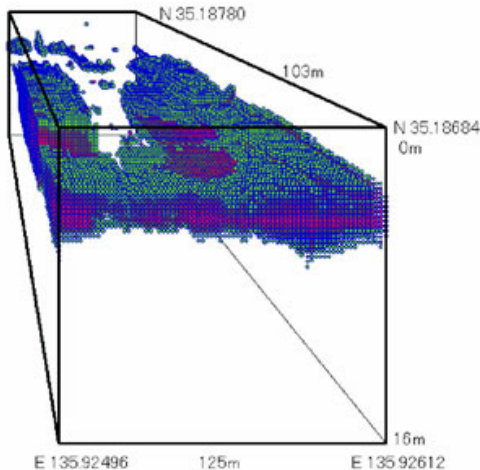


図 ウログレナ・アメリカーナの3次元分布



【プロジェクト研究】

琵琶湖に注ぐ太陽エネルギー

赤潮やアオコの発生は、富栄養化に伴う植物プランクトンの異常増殖と考えられています。湖の周辺から、大量の窒素やリンが流入し、特定の植物プランクトンを急激に増殖させるのです。赤潮やアオコを形成する植物プランクトンは、有害・有毒藻類といわれていますが、植物プランクトン自体は、湖の生態系を支える重要な役割を果たしています。それは、太陽エネルギーと、水、二酸化炭素を利用して光合成を行い、湖内に多くの有機物を作り出しているからです。そのおかげで、自分で体を作ることができない動物プランクトンや魚類が生存できるのです。では、琵琶湖に降り注がれる太陽エネルギーについて簡単に考えてみましょう。

彦根気象台によれば、過去10年間において、琵琶湖北湖に注がれた太陽の年平均全天日射量は、約 6.8×10^{14} Kcalでした。これは、電力量に直すと約 7.9×10^{11} KWhとなり、滋賀県で年間に使用する電力量 1.25×10^{10} KWh(2002年実績)の約60倍にもなります。

また、わが国における全発電力量の約78%にも達します。驚くほど多くのエネルギーが、太陽から琵琶湖に注がれていることとなります。ただ、このエネルギーのすべてが湖に吸収されるのではなく、湖面で反射されて大気中に逸散するものもあります。また、いったん湖水に吸収されたエネルギーも、水の蒸発(潜熱)や大気乱流による熱交換(顕熱)などによって空気の運動(対流)を生じ、降水現象や風などといった天気の変化を引き起こします。

琵琶湖に取り込まれる太陽エネルギーのほとんどは、湖水を暖めるために使われます。春から夏にかけて、湖は暖められ水中に熱が蓄積されます。水温の非均質な分布や、局所的に生じる風(湖陸風)は、水平的な循環流を引き起こし、やがて環流や吹送流を駆動します。一方、秋から冬にかけて、冷却によって湖の熱は大気へと伝わり、水温は低下します。暖まった大気は、逆に、琵琶湖周辺の気候を穏やかに保つこととなります。滋賀県でもっとも寒いのは、県南部に位置する信楽地方です。例えば2004年2月11日の最低気温は信楽でマイナス8.0℃でしたが、琵琶湖北西部に位置する今津ではマイナス3.6℃でした。

滋賀県立衛生環境センターが、琵琶湖北湖の中心で1978年から2002年の25年間に測定しました水温データを用いて、湖面を通して交換した熱エネルギーを計算しました。それによると、大気から湖水に入った年平均熱エネルギーは 3.05×10^{14} Kcal、湖水から大気へ出た年平均熱エネルギーは 3.03×10^{14} Kcalでした。したがって、琵琶湖に注がれる全日射量の約45%が正味の水温上昇として使われたこととなります。

加熱と冷却の間に差があるのは、湖が少しずつ暖まってきていることを示しています。実際、25年間で琵琶湖内に蓄積した熱量は 5.5×10^{13} Kcalであり、水温は約2.0℃上昇しています。これは過去25年間における滋賀県の平均気温上昇とほとんど同じであり、琵琶湖の水温変化が地球温暖化傾向と同調していることを裏付けています。

先にも述べましたように、湖に入る光エネルギーは、熱だけでなく植物プランクトンや水草などの光合成にも利用されます。琵琶湖北湖における植物プランクトンの年平均基礎生産量は約 1.8×10^{12} Kcalであり、先に求めた年平均全日射量の約0.27%となります。これは水稲の光エネルギー利用率の20%程度ですが、急激に光が減衰する水中を浮遊する植物プランクトンの生産量としては、妥当な数値と言えるで

しょう。食物連鎖における栄養段階を考慮して魚類の生産量を推定すると、約 1.7×10^9 Kcalとなります。一方、漁獲量をエネルギー換算すると約 3.3×10^7 Kcalなので、琵琶湖では全魚類生産量の約2%を有用魚種として捕獲している計算となります。

上記の計算は、あくまで既存の利用可能なデータに基づいた平均値的な推定に過ぎません。実際には、エネルギーと生態系の関係は、動的バランスの上に成り立っているため、これらを裏付けるための詳細な調査研究が必要となります。このことを可能とするために、琵琶湖研究所では琵琶湖未来環境実験計画を推進しています。その目的は、新しい計測手法を積極的に導入して、生物資源量や生産速度を正しく評価し、栄養やエネルギーの流入とバランスした、望ましい琵琶湖の未来環境を実現するための最適解を見出すことです。

現在、地球温暖化によって、世界にある琵琶湖のように深く大きい湖沼のいくつかでは、急激な環境変化が起こっています。従来、湖沼の環境問題といえば、富栄養化という地域的な現象のみを取り扱っていました。しかし、最近ではそれだけではなく、地球規模のエネルギーによって支配される気候の変化が、各地に洪水や渇水を引き起こし、湖沼の植物プランクトンなどの生物相を大きく変えたりしています。つま

り、地域という小さなエネルギーと、地球という大きなエネルギーの相互作用に関する研究が重要となってきています。

このことは、化石燃料利用に代表される浪費型エネルギー社会を、環境に負荷を与えない新しい高効率型エネルギー社会にどう転換するか、という普遍的な課題解決への挑戦でもあります。

(総括研究員 熊谷道夫)

【研究トピックス】

琵琶湖湖水に含まれる微量化学物質

現在、国内で流通する化学物質は5万を越すといわれ、日常生活の衣食住すべてにおいて化学物質が使われています。化学物質によって、私たちの生活は豊かで快適なものになっている反面、化学物質の使用もしくは使用後の廃棄を通じて、化学物質が環境中に放出され、ときには人の健康や生態系を損なう問題が起こっています。このため、化学物質の管理、取扱いには様々な法律によって規制されているだけでなく、行政は化学物質の環境中での残留レベルを監視しています。

しかしそのような監視されている化学物質は、健康への被害がはっきりわかっている一部だけです。多くは私たちの知らないところで環境中に放出されている可能性があります。

そこで琵琶湖にもそういう物質が本当にあるのかどうか調べてみました。ターゲットとしたのは、洗剤や衣類、紙に含まれる蛍光増白剤です。蛍光増白剤は、製品を白く鮮やかに見せるために合成洗剤や衣類、紙などに使われています。この物質には今のところ、発ガン性や内分泌攪乱性は報告されていませんが、皮膚刺激性などがあり、食品衛生法では使用が制限されています。この物質は、環境水中では光反応により分解が進みますが、微生物分解に対しては耐性があるので、比較的長期にわたり滞留します。そこで、この物質を琵琶湖やその周りの河川水中で測定しました。その結果を表にまとめました。

結果としては、蛍光増白剤が河川水や下水処理水に含まれ、琵琶湖まで到達していることが明らかになりました。公共下水の普及率が低い地域の河川水で蛍光増白剤の濃度が高かったことから、蛍光増白剤の主な起源は生活排水に由来することは間違いありません。たぶん洗剤などに含まれるものです。琵琶湖水中では低濃度ですが、一部は琵琶湖湖底まで到達していました。本研究で検出された蛍光増白剤

の濃度は、現在わかっている毒性に関して危険性はほとんどありません。

蛍光増白剤のように、私たちが日常生活の中で知らず知らずのうちに放出している化学物質は他にも

あるはず。しかも化学物質は今後も私たちの生活に欠かすことはできないものになっています。そうであるとするなら、私たちは化学物質をどう取り扱い、化学物質とどうつきあっていくのか考える必要があるでしょう。

現在、行政や研究者の間では、環境中の化学物質に対する議論が活発化しています。これまでの化学物質への対応は、化学物質による人の健康等への影響を防止するために、個別の物質について安全基準を設け、排出等の規制措置が講じられてきました。しかし、社会に存在する化学物質の数に比べ、人の健康や生態系への影響が検討されている化学物質の数が極めて限られていること、複数の化学物質による複合的な影響も考慮する必要があることから、これからは化学物質に対する新たな影響評価、対策が必要とされています。それは現在、環境リスクという考え方で対応が考えられています。ここでは紙面の都合で環境リスクの内容について触れることができませんが、それを紹介する書籍などが出版されているので、ご興味のある方はご覧になられてはいかがでしょうか。

表 琵琶湖およびその集水域における蛍光増白剤濃度

		DSEP	DAS1
琵琶湖水 $\mu\text{g/l}$	(n=84)	02045	1.144
琵琶湖湖底堆積物 ng/g	(n=23)	77294	38266
野洲川流域河川水 $\mu\text{g/l}$	(n=82)	61-1275	83-1502

DSEP, DAS1は蛍光増白剤の種類(省略名称)



野洲川

(主任研究員 早川和秀)

【研究トピックス】

新研究員の自己紹介



石川可奈子 研究員

1996年京都大学大学院農学研究科修士課程修了後、民間海洋環境コンサルタント会社にて3年間勤務、科学技術振興事業団計算科学技術研究員、カナダ国ケベック州ラバル大学客員研究研修員、京都大学大学院農学研究科産学官連携研究員、日本学術振興会特別研究員として湖沼における自然科学研究に従事しました。2002年11月、京都大学大学院農学研究科にて博士号(農学)を取得。専門は、応用陸水学。湖沼の富栄養化モニタリングや環境影響評価など、水圏生態系について学際的な研究を行っています。博士論文研究「琵琶湖におけるアオコの動態」では、近年増加してきたアオコの集積メカニズムについて詳細な調査を行い、北湖の第一環流の中心にアオコの高密度域ができる現象を発見しました。また、京都大学に在籍中は、淡水赤湖の原因種ウログレナの遺伝子配列にもとづく分子識別法を開発しました。これからは、琵琶湖研究所の自律型潜水路ポット「淡探(たんたん)」を用いて、有毒・有害プランクトンの増殖や、琵琶湖生態系の異変を注意深く監視し、そのメカニズムを明らかにしたいと考えています。



宮永健太郎 研究員

1976年千葉生まれ、横浜育ち。今春に京都大学大学院経済学研究科を学修認定。専門は環境NPO論、環境パートナーシップ論、環境政策論。大学院では、環境NPOの隆盛を環境政策の発展にどう生かしていくか、また環境政策において環境パートナーシップという仕組みをいかにして工夫していけるか、といった課題について研究。また、日本において「環境首都」の実現を目指す「日本の環境首都コンテスト」や、環境基本計画やローカルアジェンダ21の策定住民委員会のコーディネート作業にボランティアとして参加するなど実践活動にも従事。歴史と伝統ある琵琶湖研究所で、そして研究者にとって正に魅力的と言う他ないフィールドである琵琶湖地域で研究を行う機会を得たということで、大きな責任も同時に感じています。趣味は旅行(国内外)と、食べること。

琵琶湖セミナー開催のご案内

第41回の琵琶湖セミナーを下記のとおり開催します。ご関心のある方々のご参加をお待ちしています。また、来年2月28日(月)には、琵琶湖研究シンポジウムの開催を予定しています。なお、当琵琶湖研究所は、来年度から滋賀県立衛生環境センターの環境部門と統合し、新たな試験研究機関として発足することになっています。そこで、同シンポジウムではこれまでの研究所の研究成果をまとめてご報告する企画を考えています。詳しくは次号のオウミア、ポスター等でご案内いたします。

第41回 琵琶湖セミナー

テーマ「水源から森林を考える」

- 1. 日時 11月30日(火曜日) 午後1時30分～4時
- 2. 場所 琵琶湖研究所ホール

3. プログラム 講演1 「森林の水源涵養機能をどう捉えたらよいか」
ーその考え方の過去・現在・未来ー
塚本良則（東京農工大名誉教授）
講演2 「森林～河川・水利用～海をつなぐ流域政策を考える」
保屋野初子（ジャーナリスト）
コメンテーター 滋賀県琵琶湖環境部林務緑政課 廣瀬正明
4. 申込み 当日会場にて受け付けます。
5. 問い合わせ先 TEL 077-526-4800 担当 石川、大久保