



## トピックス

### 琵琶湖の水質を探る

近年、地球規模での環境問題が深刻化してきており、世界の約2割(11億人)の人達が安全な飲み水が利用できない状態におかれています。人口増大や地球温暖化によって、水不足・水汚染が深刻化し、21世紀は水をめぐる争いの世紀になるとも言われています。

琵琶湖は、国土の約1/6の面積を占める日本最大の湖であり、近畿1,400万人の水道水源として利用されています。琵琶湖の水は私たちの命を支える貴重な水資源なのです。もし、琵琶湖の水が利用できなくなったら、私たちの生活はどうなるのでしょうか。

このような中、琵琶湖の保全対策を今後どのようにしていくべきかについて、平成20年6月に実施された滋賀県政世論調査の中で、県内の約1,700人がアンケートに回答され、今後力を入れるべき保全対策として「水質改善」が「非常に重要」と答えた県民が6割強と最も高い結果となりました。

それでは、現在、琵琶湖の水質状況はどうなっているのでしょうか。琵琶湖を船の上から一見すると、水が澄んで、きれいな水に見えます。確かに、水質を示す代表的な指標である「透明度」は、1990年代前半から上昇傾向にあり(図参照)、



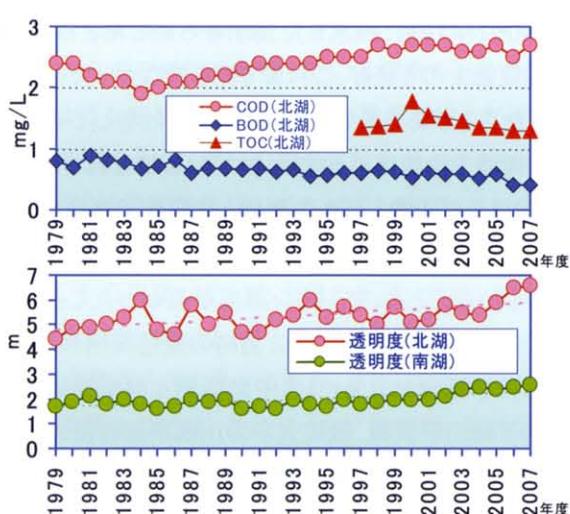
写真：近年の琵琶湖の状況（2006年6月5日、左：北湖南部東岸、右：北湖北部沖帯）

水質調査の時期が同じであっても、調査ポイントによって、透明度が違うことがわかる。

また、水深0.5mにおける窒素や全リン濃度の長期モニタリングの結果を見ても、水質が回復しているように思われます。しかし、その一方で、いくつかの新たな課題もわかつてきました。例えば、化学的酸素要求量(COD)の改善が見られていないことがあげられます(図参照)。CODは、水中の汚濁物質(有機物)が化学的に酸化されるとき必要とする酸素の量をいい、数値が大きいほど水が汚れていることを示します。一方、生物により分解される有機物(BOD)は減っています。このことは、琵琶湖の水中にバクテリアで容易に分解されない物質の増加が要因のひとつであることがわかつてきています。また、北湖の水深90mを超える湖底付近では溶存酸素の低下が顕著になっていることもわかつてきました。

「透明度」は、琵琶湖の表層部の水質を判定するには簡易で有効な手法ですが、CODなどの水中に溶けている物質や、深水層の水質を示す指標には成り得ないのであります。つまり、琵琶湖の水質を知るには、様々な水質項目を広範囲に測定し、総合的に判断していく必要があります。

センターでは、琵琶湖の定期的かつ継続的な水質のモニタリングを実施するとともに、新たな課題に対応するモニタリングの実施および手法開発についても努めています。



図：COD等有機物(上図)と透明度(下図)の経年変動  
(表層平均値)

データ提供：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、  
(独)水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

# 研究最前線

RESEARCH FRONT LINE

## 水質調査船上から見た琵琶湖

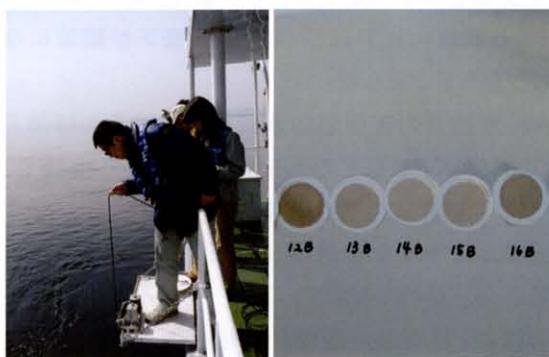
琵琶湖環境科学センターにおける琵琶湖の定期調査には、旧建設省の委託を受けて、1966年から開始した琵琶湖水質調査と、琵琶湖が直面する課題に対応するためのモニタリングがあります。いずれの調査においても、過去からの長期にわたるデータは、今の琵琶湖の状況に至った経過を知る上で、大変貴重なものとなっています。

### 1 水質・プランクトンの定期調査

当センターでは、水質汚濁防止法に規定する、滋賀県環境審議会の審議と国との協議を経て毎年県知事が作成する「滋賀県公共用海域・地下水測定計画」に基づき、琵琶湖の水質変動の把握と環境基準監視のための、水質調査を実施しています。調査の種類としては、図1に示す、①47地点の表層0.5mにおける国土交通省と独立行政法人水資源機構と共同で行う月1回の定期調査、②今津沖中央をはじめ3地点での表層～湖底上1mまでの5～10層における鉛直(水深)方向の水質に関する月2回の水深別調査、③これらの地点の一部で月2回行うプランクトン調査があります。



図1：水質調査地点



写真左：水質調査船上で、センサーを用いた水温・溶存酸素の調査を行っている様子

写真右：水質調査船上で、各調査地点（湖底から1m）の湖水をろ過したろ紙

8月にも関わらず、メタロゲニウム粒子による着色が見られた。ろ紙の色が濃いほど、メタロゲニウムが多く見られる。

(12B：南比良沖中央～16B：外ヶ浜沖中央)

### 2 調査結果の評価と解析

これらの調査結果を整理・集計することによって、

- ① 湖表層の水質の状況や変化
- ② 環境基準の達成状況
- ③ 水深別の水質の状況や変化
- ④ 琵琶湖の生態系を形成する基礎的な生物である植物・動物プランクトンの状況

を把握することができます。さらに、この結果から琵琶湖全体の水質がどのように変化しているかを解析し、琵琶湖の水質保全計画等の環境保全に関わる計画の策定や評価に利用しています。

### 3 水質調査船上で直面する現象

近年、このような水質調査は、分析機器やデータ処理技術の急速な発達に伴い、効率化が図られ、調査結果のデータベース化やホームページでの情報発信も可能になりました。水質調査というと、どうしても調査結果の数値だけを見てしまいがちですが、実際に水質調査船上で観測しているとさまざまな現象に直面します。現場では、数値だけでは見えない、その時々の臭いや色などの変化を人の五感も駆使しながら注意深く見てわかることがあります。

例えば、2002年10月、採水した湖水をろ過したところ、水深90mの湖底直上のろ紙が、これまで見られなかったこげ茶色に変色したことがあります。調査員で手分けをしてろ過物について顕微鏡や染色による確認、性状分析等を行ったところ、酸には溶けるが染色しても生物体とは特定できないことがわかりました。さらに、溶存酸素濃度が0.9mg/lと極めて低い値を示していたことと、マンガン濃度が高かったことがわかりました。これらの結果をもとに、当時の琵琶湖研究所(現琵琶湖環境科学センター)の中島拓男上席総括研究員や西野麻知子総括研究員、滋賀大学の川嶋宗継教授の助言を得て、同年12月末に東京大学海洋研究所の宮島利宏助手のもとへ持ち込んだ結果、宮島助手が以前見出したものと



写真：水質調査船上から望む琵琶湖（2009年1月14日、長浜沖にて）

同じく、微生物によって形成されるマンガン酸化物構造体「*Metallogenium*（メタロゲニウム）」であることがわかりました。

また、最近の定期調査では、2007年冬季、北湖での循環が大幅に遅れたことがわかりました。このため寒風にあおられながら船が調査地点から離れないように操船し、北湖の水深別調査(水深90m)の地点数を4倍に増やし、また、調査頻度も増やして関係機関と連携しながら調査したところ、例年1月下旬から2月上旬に湖水の循環が湖底に到達する時期が3月まで遅れ、1979年度の当調査開始以来、循環開始時期が最も遅れたことがわかりました。

さらに、昨年は淡水赤潮の発生はなかったものの、2008年5月の大変穏やかな天気の日、北湖の沖合(水深70～90m付近)で、水深4～5m付近にウログレナ・アメリカーナをはじめとする黄色い色素を多く含む植物プランクトンの分類群が集積していました。湖面に赤潮は見えなくても、ウログレナのような鞭毛を有する植物プランクトンは、光や水温に敏感に反応して水中で増殖や集積している場合もあるのです。

このような定期調査の現場での発見をきっかけに、さらに詳しい調査を行い、過去の蓄積されたデータとも比較しながら、要因解析や課題解決につなげています。

琵琶湖の状況を把握するためには、まず現場での異変に気づき、その異変が生じた水域の範囲・水深・時間変化の状況を早急に調べること、そして季節や天候によって現場での調査は過酷なときもありますが、こうした観測をつみ重ねることが重要なことです。モニタリング調査は、琵琶湖の全体像を把握するための基本であり、琵琶湖に関わる施策や研究を支えています。

#### 4 琵琶湖をどう見していくか ～今後のモニタリング～

調査結果から得られた新たな現象については、そのメカニズムを解明するため、研究を進めているところです。現在、琵琶湖には、メタロゲニウムの発生や北湖深層部の低酸素化、CODが減少しない、植物プランクトン種の優占種の変化などの現象があります。これらの現象が、琵琶湖においてどのように発生し、またどのような影響を生じるか、そのメカニズムを解明し、解決すべき課題を見極め、琵琶湖の保全を効果的に進めていかねばなりません。

また一方で、私たちの暮らしの変化に伴い、今後、様々な視点から琵琶湖を見ることが求められており、県民の暮らしを映す鏡である「琵琶湖」の見方（どうあるべきか）が検討されています。水質調査においても、化学分析だけでなく、それに関する物理・生物環境を含めた多面的なモニタリングの重要性が明らかになってきました。

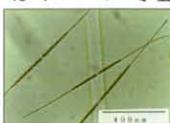
世界に誇る歴史と生態系、人とのつながりを維持してきた「琵琶湖」。今後のモニタリングは、これまで30年以上にわたり継続的に行ってきました調査結果と経験を十分に活用しながら、新しいニーズにも応えられるように、さらに検討していく必要があります。

環境監視部門 岡本 高弘  
総合解析部門 石川 可奈子

# びわ湖 視点 論 点

## 琵琶湖におけるプランクトン異常発生の記録

琵琶湖では、それまで見られなかったプランクトンが急に大発生することがしばしば見られてきました。これまで報告されていない種が突然出現してきた例は数え切れないほどありますが、それらの中で、とりわけ大きな増加があった例や異常発生により注目された例のいくつかについて整理してみました。



### ◆クロステリウム アキクラーレ（昭和33年）

この種はミカヅキモと呼ばれ、昭和33年以前から少数見られてきました。昭和34年の増殖の最盛期には湖底に積もり、ある紡績会社では製品にこのプランクトンの緑色がつく事件が起こりました。



### ◆ウログレナ アメリカーナ（昭和52年）

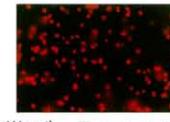
球形や橢円形の群体を作るプランクトンで、集まると細胞の色で湖水が赤く見え、淡水赤潮となります。昭和52年に起きた淡水赤潮は、琵琶湖の汚濁を象徴する出来事として県民の大きな関心を呼び、富栄養化防止条例が制定されるきっかけとなりました。



### ◆アナベナ/ミクロキスティス（昭和58年）/オシラトリア カワムラエ（平成10年～）

琵琶湖南湖でのアオコの発生は、昭和58年9月にアナベナとミクロキスティスが混合して発生し、湖面が緑色になったのが最初でした。この出来事も、琵琶湖の富栄養化の進行を示す現象として注目されましたが、その後も毎年南湖で発生が見られてきました。大渴水が起きた平成6年の夏はアオコの発生も大規模で、北湖でも発生が見られました。

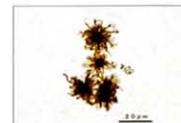
平成10年以降はオシラトリア カワムラエがアオコ発生の中心となっています。この種は、肉眼で認められるほど超大型で、湖面は黒ずんだ状態になります。



### ◆ピコ植物プランクトン（平成元年）

平成元年の7月始め、北湖で湖水が黒みを帯び、且つアユの死が見られました。蛍光顕微鏡で見ると、視野全体に橙色の星のように輝く小さなもののが認められました。この小さなものがピコ植物プランクトンでした。昭和55年頃から報告され始めましたが、ヨーロッパや北アメリカ中心としたも

ので、日本での報告例はまだありませんでした。なお、同時に見られたアユの死は湖中の細菌によるものでした。



### ◆メタロゲニウム（平成14年）

メタロゲニウムは琵琶湖のプランクトンとしては異色の生物です。顕微鏡で見ると茶色の糸くずの様に見えますが、これは酸化マンガンという無機物であり、本体はマンガンを酸化してエネルギーを得ている細菌と推測されています。はじめ南湖の浚渫跡地に出現しましたが、その後平成14年に北湖の湖底表面で大量に発見されました。これをきっかけにして、当センターでも研究がなされています。

\*\*\*\*\*

これらは、これまで琵琶湖で起きたプランクトンの異常発生の主な事例です。これら以外にも水の色が変わったり、水道水が臭くなったりとプランクトンにまつわる数多くの異変がありました。この様な異常発生に直面したそのときには、天変地異の様に見え、原因など見当もつかないよう思えたものです。

湖水中で光合成により、栄養塩類である窒素やリンを利用し、有機物を生産しているのは、植物プランクトンです。水質がプランクトンの盛衰に影響すると同時に、透明度やBODをはじめとした琵琶湖の水質は、プランクトンが重要な形成要素となります。水質とプランクトンの変遷は、最大の研究テーマであります。長い間プランクトンの調査研究に従事してきた者として、多くの資料を得ることができましたが、これから微妙な水質の変化や気候の影響などが、一つずつ解明されることを今後の研究に期待しているところです。

若林 徹哉

〔編集：環境監視部門〕

石黒 寛

一瀬 諭

※本稿は、約33年間琵琶湖のプランクトンの調査研究を続け、昨年11月に逝去された若林徹哉さんの原稿を編集したものです。若林さんの長年の功績を称えるとともに、謹んでお悔やみ申し上げます。



### ■編集・発行

滋賀県琵琶湖環境科学研究所  
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

センターニュースの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.htm>