びわ湖みらい
LBERI NEWS
センターニュース No.13 2010/3
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
Lake Biwa Environmental Research Institute

トピックス

琵琶湖の色

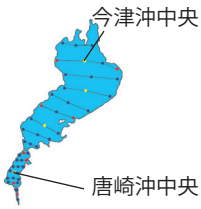
私たちが琵琶湖の水を「きれい」、「汚れている」などと感じる要因の一つとして、湖面の「色」から受ける印象があげられるのではないでしょうか。今回は琵琶湖の色に焦点をあてたいと思います。

そもそも物の色はどのように決まるのでしょうか。私たちが普段目にする昼間の太陽光で考えてみましょう。太陽光には、目に見える波長の光がほぼ均等に含まれています。虹の７色と言われるように、一般的には波長の短い方から、紫・藍・青・緑・黄・橙・赤などと表現されます。この光がある物にあたったときに、特定の波長の光が反射し、それ以外の波長の光は透過・吸収されるという現象が起きます。このとき、反射した光が見ている人の目に届くため、その波長によって判断される色がその物の色として見えます。これが物に色がついて見えるメカニズムです。純粋な水の場合、水分子が赤色の光を吸収するため、赤色以外の残りの光が見えることにより、青色に見えると言われています。コップに水を注いだ程度では分かりませんが、水深が深くなってくると青みがかってくることが分かります。

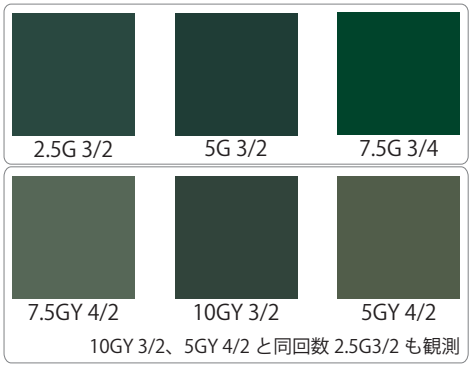
ところで、琵琶湖の水は純粋な水ではありません。様々な物質が溶けていたり、土壌粒子や動植物プランクトンなどが水中に漂っています。一般に、湖沼の水面の色は、（１）前述の水分子による光の吸収や散乱（２）水中の物質（水中の懸濁物質やプランクトン、溶存物質）による光の吸収や反射、散乱（３）水深の浅いところでは、湖底や水中の水草などによる光の吸収や反射、散乱（４）周囲の景観、太陽光の直接反射などにより決まると言われています。

琵琶湖の湖面の色も、上記のように様々な要因が影響して決まっており、琵琶湖の状態を知る一つの目安になります。もちろん色だけで琵琶湖の状態が分かるということではありませんが、当センターでは琵琶湖の水質調査の一項目として、1976 年頃から、琵琶湖の水色（湖面色）を観測しています。

調査は、調査船を用いて、日中の太陽高度が高い時間帯に行います。湖上から、周囲の景観等に左右されないよう、また、太陽光の直接反射を受けないよう水面近くで色見本のカード（琵琶湖で見られる約 60 色）と湖面の色を肉眼で見比べて色を決定します。普段あまり見ることのできない船上から見た琵琶湖の水色（北湖の今津沖中央と南湖の唐崎沖中央において、2004 ～ 2008 年度の間で観測数の多かった上位３色）についてご紹介します。



下記 1).2) を参照



では、こうして長期間にわたり測定された琵琶湖の水色はどのように変化してきたのでしょうか。下の図は、今津沖中央での水色（色相）の過去からの変化です。この図を見る限り、今津沖中央の水色について、色相が変わるような大きな変化は表れていません。しかし、１つのデータだけで考えるのではなく、異なった測定方法や場所でのデータ、さらに過去からのデータなどを集めて解析することで新たな知見が得られる場合もあります。次頁からの研究最前線ではこうした観点から琵琶湖の色についてご報告します。

管理部　木戸　賢志

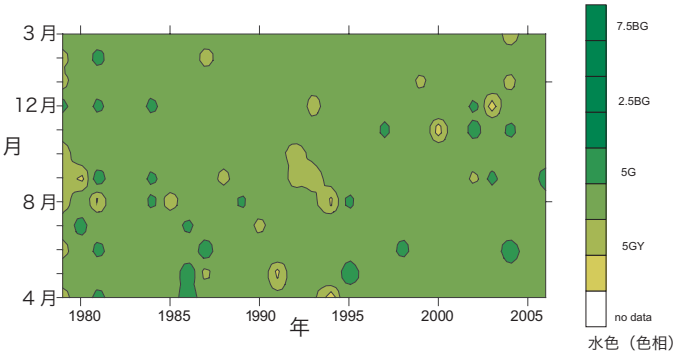


図　北湖今津沖中央における JIS 法による水色の変動
（滋賀県環境白書より作成）
描画色はマンセル表色系に近似していますが、 印刷の都合上同じではありません。

1)　水色は修正マンセル表色系により、「色相（緑(G)や黄(Y)といった色そのもの）」「明度（色の明るさ）」/「彩度（色の鮮やかさ）」で表現しています。
2)　色は印刷の都合上、マンセル表色系で表す色とは若干異なります。また、モニター等で表示した場合も、ご覧になる環境により色が異なって見えることがあります。

研究最前線
RESEARCH FRONT LINE

湖の色の長期変化

1　はじめに

センターの政策課題４「内部負荷による湖内水質変動の解析および生態系保全に向けた水質管理に関する政策課題研究」では、琵琶湖の水質について長期的な視野から見直す研究をしています。過去の水質データを吟味して、過去から現在にかけての水質の変動を解析して、将来の水質の予測や今後の水質保全に生かされる情報や政策提案を検討しています。これまでにも過去の水質を振り返る作業は多くの研究者が行っていますが、私たちはセンターに蓄積されてきた琵琶湖の研究情報をコンピュータの検索システムでもらさず拾い上げ、データや情報をじっくりと吟味しながら解析することを試みました。

2　湖の色の変化

前頁に示されたのは、滋賀県・国交省の定期水質調査が行ってきた水色（湖面色）のデータです。水色は、水に溶けている物質の色や水中の懸濁粒子のほか、光の反射や湖底の状態も反映します。データの取得は容易ですが、色の形成にはいくつもの要素がからんでいることから解釈には注意を要します。琵琶湖の水色についての変遷についてみてみましょう。

滋賀県水産試験場が安曇川―彦根ライン中央付近で観測したフォーレル水色データの長期変動をみると、北湖では1960年代、1970年代と徐々に色が青緑から緑に変わっています（図 1）。水色が緑色を帯びるのは、植物プランクトンの現存量が増えたことによると考えられます。そのような変化は、同試験場が観測した透明度やプランクトン沈殿量の変化とほぼ対応していました。測定法がフォーレル法からJIS 法に変わり、1990年代から現在にかけては、さらに緑色が濃くなっています（図２）。 しかし、同時期に滋賀県が行った今津沖中央の観測では、そのような変化はみられませんでした（前頁図）。北湖では1980年代よりクロロフィルａ濃度が減少傾向であることから、1990年代の水産試験場データの変化は、植物プランクトンの増加ではなくプランクトンの種類の変化を反映しているものと思われます。

このように１つのデータで結論を出すのではなく、データを多角的に検討することが真実を探る上で重要です。水色の変化は数十年という長い間にしては変化がとても小さいものでした。したがって、水色から湖の変化を見るのは難しいことだと思われます。

3　別の視点－濁度、色度

それでは、湖の色の変化は本当に小さなものだったのでしょうか？私たちは、さらに古い時代からのデータを収集して、見過ごされていたデータに着目しました。琵琶湖で近代的な水質分析がなされるようになったのは、近代水道のはじまりによってです。私たちのデータ収集では、1919 年（大正 8 年）から京都市によって琵琶湖疏水付近で調査がなされたものがもっとも古い定期調査データでした。この水質データの中で、昔から測定方法が変わっていない濁度、色度について着目しました。

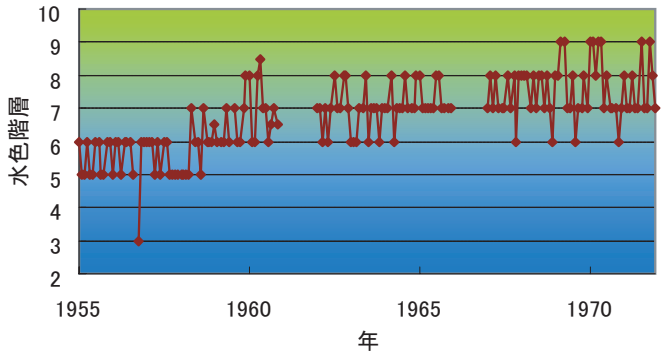


図１　北湖　安曇川－彦根ライン IV 地点におけるフォーレル水色の変動（滋賀県水産試験場報告より作成）
背景色は、フォーレル水色計の標準色に似せて描画。

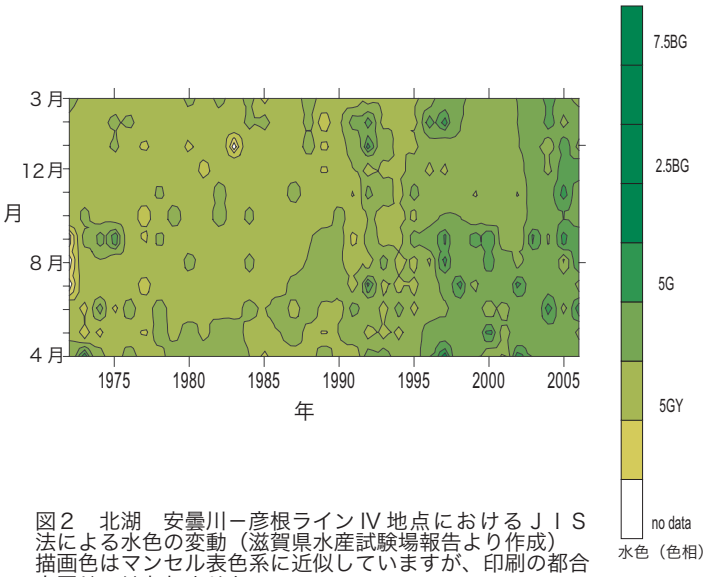


図２　北湖　安曇川－彦根ライン IV 地点におけるＪＩＳ法による水色の変動（滋賀県水産試験場報告より作成）
描画色はマンセル表色系に近似していますが、印刷の都合上同じではありません。

濁度は試験水を円筒管に入れて上から覗き込み、水中の懸濁物量を目視により測定します。その際、粘土粒子(カオリン)を標準として量を定めます（現在はポリスチレン粒子)。原理的には昔も今も同じ測定方法です。濁度が高いとは、植物プランクトンなどの懸濁粒子が多いことを意味します。大阪市による南湖三井寺沖、京都市による琵琶湖疏水口の過去からの変遷を図３に示します。いずれも 1960 年以前は濁度４未満で、1960 年以降に大きく増加していることが分かります。一方、1940 年以前では、両機関で値が大きくずれています。測定場所はさほど違わないことから、両機関で測定方法が異なっていた可能性もありますが、理由はよくわかりません。いずれにせよ、濁度からみて、琵琶湖南湖では1960年代に汚濁が進行したと推定されます。

色度は、濁度と試験方法が似ていますが、茶褐色の溶液を標準として水の色の濃さを見ます。普通、河川水をコップにすくって白地を背景にみると茶色に見えますが、それを測定したものです。色度も過去から現在にかけて測定方法は変わっていません。大阪市と京都市のデータ（図３）では、やはり両機関で1940年以前の値が異なっています。ただ、当時の報告書には分析の詳しい記載がないので理由は分かりません。色度も、1940年以前のことはともかく、1960年以降で値が高くなっていて、この頃から三井寺沖や疏水付近で汚濁が進行したことを示しています。

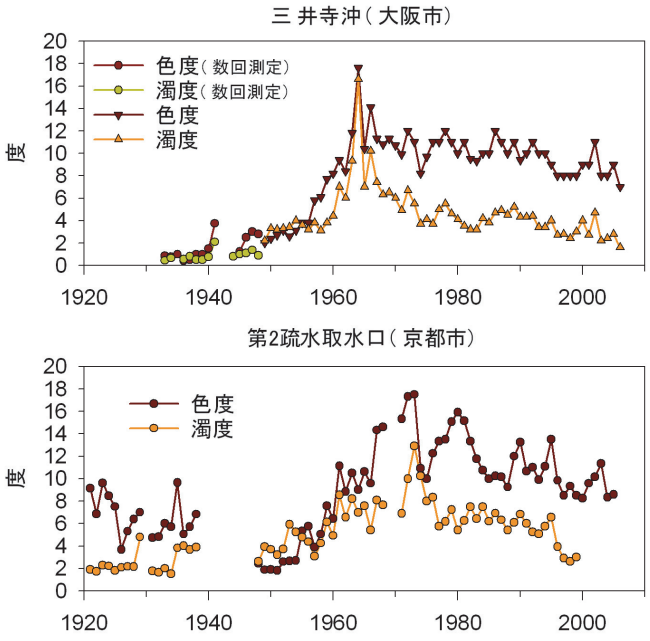


図３　南湖　三井寺沖と第２疏水取水口における濁度と色度の変動（大阪市衛生試験所および水道局の水質試験報告、京都市衛生試験所および水道局の水質試験報告より作成）

4　色からみた現在の状態

当時の調査資料では、濁度や色度の増加要因は、南湖湖岸の埋立て、生活排水や工場排水の流入、そして植物プランクトンの増加だと指摘されています。汚濁排水の流入や植物プランクトンの増加は、湖の富栄養化と置き換えてみてもよいでしょう。問題は現在の状況です。濁度は 1970 年代後半から減少傾向になり、現在は 1960 年代以前の濁度 4 未満の水準にまで下がっています。ところが、色度は 1990 年代に入ると減少傾向にあるものの、濁度のように 1960 年以前の水準にまで戻っていません。南湖では 1990 年代後半から水草の繁茂が顕著になり、植物プランクトンが減って濁度は低下しています。しかし色度は下がっていないのです。琵琶湖の水が（昔に比べて）きれいになっていないという声をよく耳にしますが、もし南湖の水に清澄さを感じられないとするなら、それは色度が昔のレベルまで下がっていないことが原因の１つかもしれません。

5　基準だけにとらわれない水質の見方

湖沼の生活排水にかかる水質基準には、富栄養化を示す指標である窒素、りん、ＣＯＤが用いられています。北湖や南湖での全りん濃度は、1980年代から現在にかけて横ばいから減少傾向にあります。一方、全窒素やＣＯＤは増加傾向または横ばい傾向にあります。各水質項目間の非調和的な変動は、現在の水質解釈や将来の予測に混乱をまねく恐れがあります。１つのデータ源や１つの水質項目からデータを解釈するのでなく、多角的にデータを見ることが重要です。また、水質基準だけでなく、様々な水質項目の解析も加えながら、今後に望ましい水質とそれを示す指標を表現していくことが大事なのではないでしょうか。今回の解析から、濁度、色度は、湖の色や水の清澄さを解釈するのに有効な指標であることが見えてきました。このような解析を通じて、将来に望ましい琵琶湖の水質のあり方、またはその指標を提案していきたいと考えています。

総合解析部門　早川和秀

びわ湖 視点 論点

琵琶湖流域の水の動きと環境

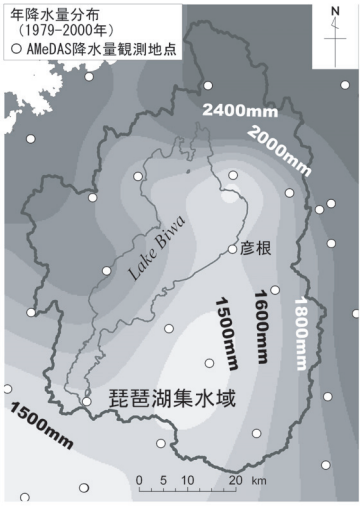
日本付近は、地球上の中緯度帯の中でも有数の多降水帯の一つに位置し、琵琶湖流域も、初夏の梅雨前線に伴う降雨、初秋の秋雨・台風に伴う降雨、冬季北西季節風にともなう降雪など、一年を通じて比較的安定した降水がもたらされる気候特性をもつ地域です。滋賀県では、その流域にもたらされる降水は、琵琶湖周辺の地形の影響を受けています。琵琶湖を中心として沖積平野、丘陵地および山地が順序よく同心円的に広がった「近江盆地」と呼ばれる地形分布に対応して、年降水量分布は、琵琶湖を取り囲むように北部、西部および東部の山間部で降水量が大きく、北部山間部などでは年平均で 2,000mm 以上の地域もあります(図)。これらの水が河川を通じて琵琶湖に注ぎ込み、琵琶湖の水の源となっています。この琵琶湖の豊かな水資源は、下流の京阪神地域における社会・経済活動を支える文字どおり「命の水」となっています。

しかしながら、琵琶湖流域内では、この豊かな水の利用が、地域によっては必ずしも容易ではありませんでした。それは、先に述べたように琵琶湖周辺が盆地地形を呈するため、比較的伏流しやすく、平水時は、下流における琵琶湖流入河川の表流水が、必ずしも多くないためです。そのため、これまでに、取水方法の工夫や地下水利用などによって生活用水、農業用水、工業用水が確保され、地域産業の発展を支えてきました。

一方、世界を見わたすと水不足が深刻な地域が少なくありません。例えば、中国の大河である黄河では、その流れが長期間にわたって干上がる現象が 1990 年代以降顕著に見られるようになり、「黄河の断流」と呼ばれていることは有名な例の一つです。黄河断流の原因は、気候変動と過剰な水利用の両方によると考えられています。そこで、中国政府は、水量管理の対策を進め、2000 年からは断流が発生しなくなったようですが、下流の流量は、依然として少ないようです。また、黄河流域を含む北部地域の慢性的な水不足解消の対策として、豊富な水量をもつ南部の長江（揚子江）の水を延々と北部へ送水する「南水北調」事業も進められています。つまり、長江の水を何百本という大小の河川を横断して北方へ導こうとするもので、北部での水不足問題の解決が期待される一方で、生態系など環境への影響も懸念されています。

琵琶湖流域は、年平均降水量が 300mm ～ 400mm の黄河上流域のような乾燥地域ではないため、水利用量の増大にともなって河川の流れが恒常的に干上がったりすることはまずないと言ってよいでしょう。しかしながら、琵琶湖流域においても、流域を横断して相当の水が利用されており、水利用の仕方が、平水時流量が減少する河川での生態系への影響や排水が集中する河川での汚濁負荷の増大問題などを生じさせる可能性があります。また、かつては町なかの小河川や水路を流れ、生活と密着していた水が、下水道整備によって水質は改善する一方で目に見える水が減少するようになったため、せせらぎの回復を望む声が地域住民から聞こえてきています。さらに、地球温暖化は、総降水量は増えるものの、降水現象を極端化させ、洪水だけでなく渇水も起こりやすくなるという予測があります。今後は、水質改善という視点だけでなく、地域の水循環のバランスの変化による影響が懸念されます。

自然学的視点だけでなく、水利用等の詳細な状況も含めた地域の水循環は、意外と複雑であり、その把握は十分ではありません。私たちは、現在、地域の水循環のあり方を検討していくための一歩として、野洲川や日野川などの流域において、水利用も含めた水の動きを把握する調査研究を進めています。



琵琶湖流域の年降水量分布

総合解析部門　東　善広

■ 編集・発行
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
Lake Biwa Environmental Research Institute
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/31kankou/bkjhindex.htm
〒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
この印刷物は古紙パルプを配合しています。