

## 地球温暖化と琵琶湖

「琵琶湖にも地球温暖化の影響が現実のものとして現れたのではないか。」

外からは一見、いつもと変わらないようにみえた琵琶湖の内部で、実は、上下循環という琵琶湖にとって非常に重要な現象が、暖冬の影響を受けて、不完全にしか起こっていないのではないかと、いうのです。

地球温暖化の影響についてよくいわれるのは、例えば、気候変化による気温の上昇等をもたらす氷河の後退や海水の膨張による海面水位の上昇、洪水と干ばつの激化などによる陸地・海洋・淡水の生き物、人間生活への影響などです。

しかし、琵琶湖への影響は、こういった目に見えるかたちだけではないようです。

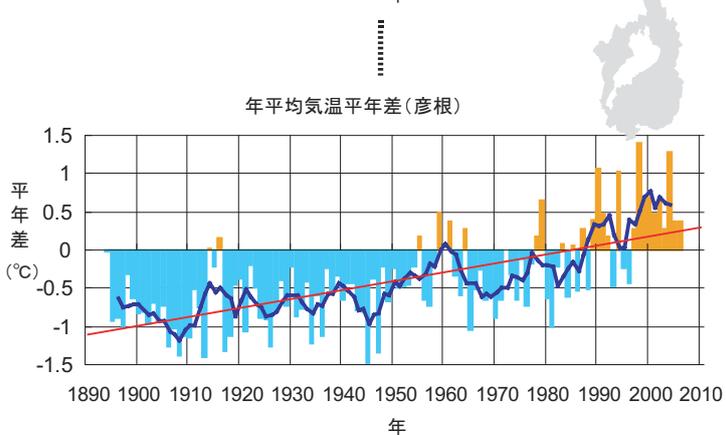
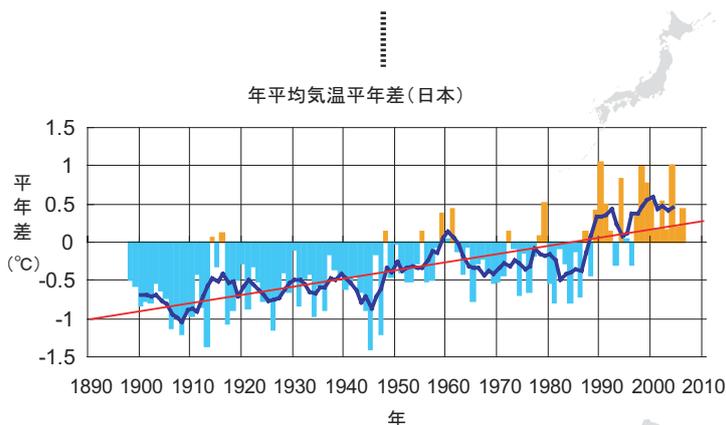
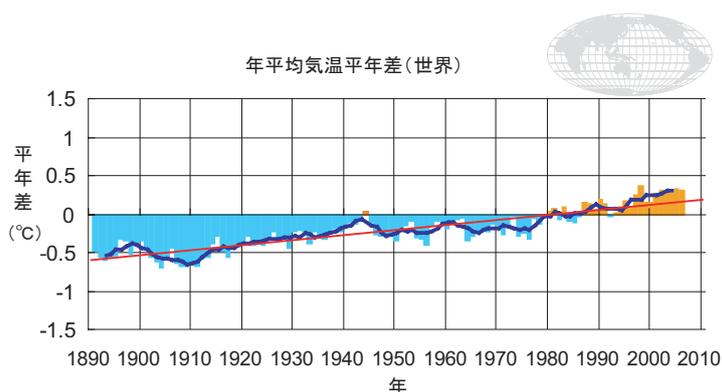
それは、水の循環への影響だといいます。地球温暖化は、海洋の深層循環（水の密度の違いで起きる循環で、表層と深層の水を混合させる働きがあるとされています。）を減衰させるといわれています。

研究者の間で最も懸念されたのは、これと同様の上下循環の変化が琵琶湖でも起きているのではないかと、湖が本来もっている1年のリズム、サイクルがうまく回らなくなっているのではないかと、いうことでした。

この上下循環が、なぜ湖にとって重要なのか。研究者がこのことに注目しているのは、この循環こそが、琵琶湖の生物の生存や水質保全の上で欠かせない酸素を、表層から深層まで湖全体に供給する働きをしているからなのだといいます。

世界各地でも、日本海のような海洋のほか、中央アジアのカスピ海、北アメリカのエリー湖、ヨーロッパのレマン湖、中国の撫仙湖、日本の池田湖といった大小の湖でも、同じような上下循環の減衰に起因する溶存酸素濃度の低下という事例が報告されているとのことでした。

地球温暖化の影響だと考えられるこの上下循環の減衰、それは、未来の琵琶湖にとって何を意味するのでしょうか。



図：世界・日本・滋賀県（彦根）での気温の上昇傾向

棒グラフ：各年の平均気温と平年値との差(平年値は1971年～2000年の平均値)  
太線(青)：平年差の5年移動平均  
直線(赤)：長期的な変化傾向 (データ出典：気象庁ホームページ気象統計情報)

## 1 記録的な暖冬だった2007年

2006年の暮れから2007年春の3月ごろまで、全国的に「暖冬」のニュースが多く取り上げられました。滋賀県内でも、この冬の降雪量が少なく、予定より早い2月に営業終了したスキー場があったと報道されました。

彦根地方気象台の観測によると、2006年の10月から2007年3月半ばまで例年より高い気温が続きました(図1)。同気象台の月報によりますと、2月の平均気温が観測史上(1894年から)2番目に高く、記録的な暖冬といえます。さらに、2月の月間日照時間は観測史上最も長く、晴れた日が続いた冬でした。

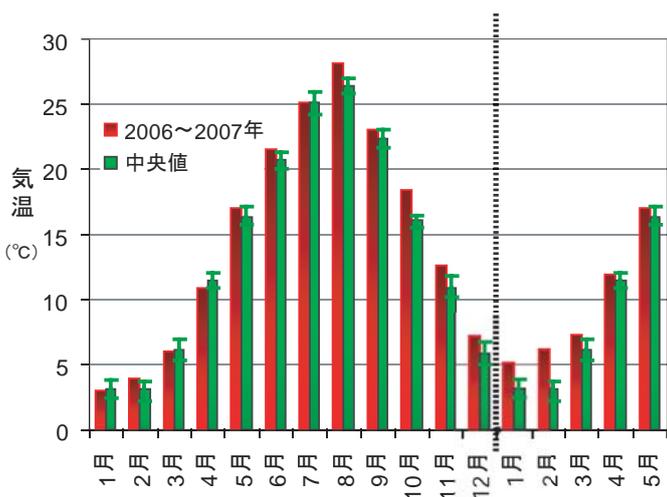


図1 彦根気象台による気温平均値

緑色の棒グラフは、1894年から2006年までの中央値(エラーバーは、25%点と75%点)を示す。2006年10月以降、気温が高かったことがわかる。(データ出典:気象庁ホームページ気象統計情報)

## 2 高かった透明度

気温や日照時間といった気象観測で記録的な値がみられた冬ですが、琵琶湖でも記録的な現象が見られました。

まず、この冬は琵琶湖の水の透明度が非常に高くなりました。滋賀県水産試験場の調査では、2月の透明度が12.7mを記録しました。これは、1931年から継続している定点観測史上、2月では最も高い値です。

1979年から当センターが国土交通省と行っている共同観測でも、観測史上第1位と高い透明度(2月:11.0m、3月:11.8m、今津沖水深90m定点)でした。私たちは、定期観測以外にも研究のための調査を行っていますが、3月15日の透明度は16.8mにも達しました(海津大崎付近水深80m地点)。このときは、透明度板を水中におろすためのロープが足りず、急遽長いロープを付け加えたほどでした。

## 3 溶存酸素の回復の遅れ

琵琶湖でみられたもう一つの記録的な現象として、湖底の溶存酸素濃度の回復の遅れがあります。これは、ニュースなどでも「琵琶湖の深呼吸の異常」として紹介され、目にされた方もおられるのではないのでしょうか。

琵琶湖では、春から夏にかけて表層の水が温められますが、深層の水は冷たいままです。ちょうどお風呂を沸かした時のように、上の水は温かいのに下の水は冷たいのと同じ原理です。

また、表層では大気から酸素がとけ込み、水中でも植物プランクトンが光合成することで酸素が作られます。しかし、この時期深層にはほとんど光が届かないため、酸素の供給源がありません。それどころか、表層のプランクトンなどの死骸が深層にたまるため、その分解にともない酸素は消費される一方です。

幸い、冬になって表層の水が冷たくなると上下の水が表層から深層まで混ざるようになり、湖底の溶存酸素濃度は一気に回復します。これが「琵琶湖の深呼吸」と呼ばれている現象です。

図2は、2006年から2007年にかけての、水深90mの定点における湖底直上1mの溶存酸素の変化です。例年ならば2月ごろには溶存酸素濃度が十分回復していますが、今年がこれが3月半ばまで遅れました。琵琶湖の深呼吸に「異常」が生じたのです。

ただ、注意しないといけないのは、この2月、3月の値は過去最低値であったものの、年間を通じてみるとそれほど低い値ではないということです。ですから、この冬に「琵琶湖の湖底の低酸素化が進んだ」という表現は誤りです。

しかし、この時期の溶存酸素濃度は、その年の「初期値」になります。

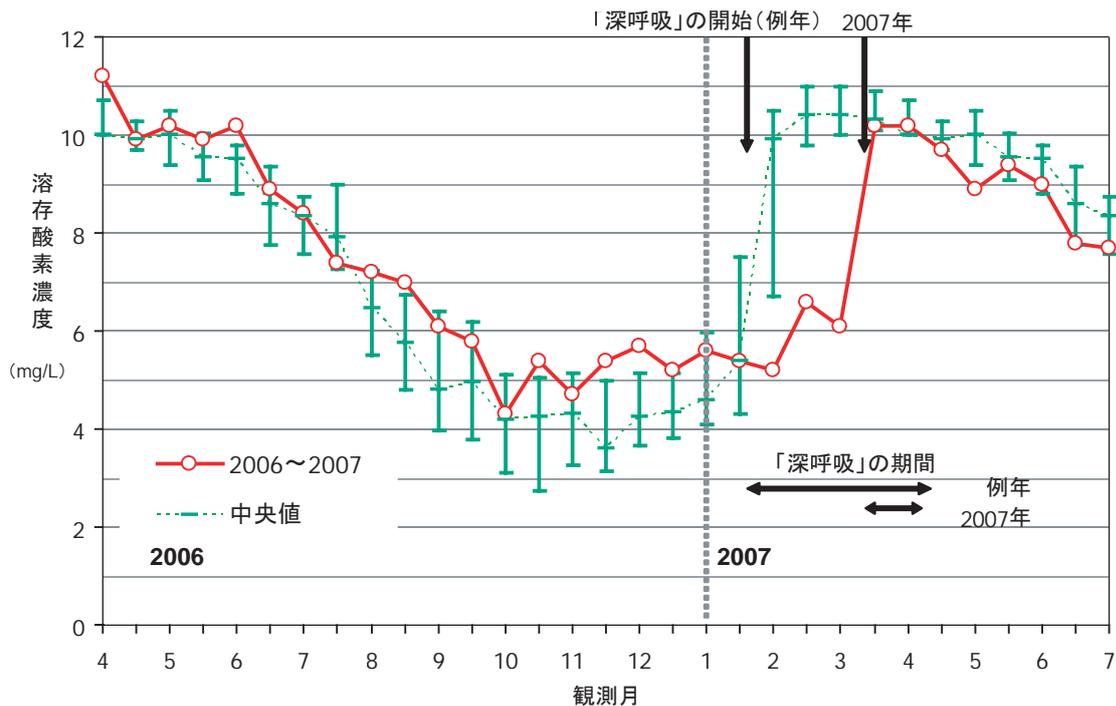


図2 今津沖中央（水深 90 m）の観測地点における湖底直上 1 m の溶存酸素濃度の推移

緑色のグラフは 1980 年から 2006 年までの中央値（エラーバーは 25% 点と 75% 点）を示す。2007 年は例年に比べ約 2 ヶ月も琵琶湖の「深呼吸」が遅れ、その期間も短かった。

もし、3月上旬の状態のまま春になっていたとしたら、琵琶湖の深層は「深呼吸」しないまま春を迎え、秋のおわりには「窒息状態」に陥る可能性があります。

幸い、3月半ばに急に寒くなり、かろうじて琵琶湖は「深呼吸」できました。しかし、深呼吸のタイミングが遅れ、その期間が短かったため、今年の琵琶湖深層の環境が、秋、冬に向かって「息苦しく」なっていくのではないかと危惧されます。

#### 4 冬らしくない水の動き

「琵琶湖の環流」も、例年とは違う姿を見せました。「琵琶湖の環流」とは、広い琵琶湖の水が渦のように回りながら流れている現象です。これまで、冬には環流は余り発達しないことが普通で、環流が形成された場合でも夏とは逆向きであると考えられていました。ところが、今年の冬は夏と同じ向きの環流が複数回観測されました。

どうも、暖冬が琵琶湖の水の循環に影響を与え、これが溶存酸素回復の遅れに関連していたのではないかと考えられます。

#### 5 琵琶湖の「異変」が意味するもの

この冬に透明度が高かったことは、水中で光を遮る物質、例えば植物プランクトンや土壌粒子などが少なかったことが原因と考えられます。特に植物プランクトンにとって、湖水の混ざり方が例年と違ったために、栄養塩の供給が変化していた可能性や、水温が高かったために動物プランクトンや魚類との関係が変化していた可能性が指摘されています。

「深呼吸」が遅れたことは、暖冬によって琵琶湖の水が十分冷やされず、表層と深層の水の混合が遅れたことが大きな要因でしょう。このように、暖冬が「高い透明度」や「深呼吸の遅れ」をもたらしたと考えられます。

いま、「地球温暖化」が引き金になっていると考えられる現象が世界各地で報告されています。地球温暖化が進むと暖冬の年が多くなると予測されています。

ですから、今年琵琶湖でみられた「異変」が、将来には頻繁におこる可能性があります。このような「異変」がなぜ起こったのか、今後「異変」が頻繁に起こるのか、もしそうになったら湖の生態系にどのような影響があるのか、科学的な裏付けをしっかりとするために、琵琶湖の研究をさらに進めていく必要があります。

琵琶湖環境研究部門 石川 俊之  
環境監視研究部門 岡本 高弘

# びわ湖 視点 論点

## 琵琶湖の生態系 —その現状とどう取り組むか

湖は、陸地に浮かぶ水の島ともいえる。

島をポジとすれば、湖はネガに相当する関係で、両者の自然・人間環境には、対応する共通点がある。生態系もそうだ。

湖や島の生態系は、まわりの異質の自然の障害をのりこえて偶然そこに到達した、限られた数の生物種から成り立っている。たまたま手に入った部品で組み立てた機器みたいなもので、安定性、持続性に乏しい。それまで存在しなかった新しい生物の侵入や無機環境の変化への抵抗性が弱く、そういう事態によってシステム全体が一変することもある。

水生生物にとっては、たとえ短い距離でも陸地の環境をこえて一つの水体から別の水体へと移住するのは容易ではない。

プランクトンや一部の水草などは、水鳥の体に付着して比較的たやすく運ばれるが、魚や貝類のような大型動物の移住はきわめて困難だろう。

大多数の浅い湖は、土砂の流入で数千年程度の寿命で消滅するが、地学的な条件にめぐまれて数十万年以上も生き延びてきた深い湖—いわゆる古代湖—では、長い年月をかけて相当数の生物種が到達し、そこに閉じこめられて変化・分化して、多くの固有種が生まれている。島でいえば、大洋島が古代湖に相当しよう。琵琶湖は、いまの深い水体になったのが比較的新しい古代湖だが、それでもすでに相当数の固有種ができています。

人間の活動は、こうした湖や島の自然史に根本的に介入しはじめた。新しい生物の追加は、もはや偶然の出来事ではなく、琵琶湖へのワカサギなどの導入のように、水産資源を増やすための人為的放流に置き代わった。導入種が増えず、在来種を駆逐してしまった湖の例は、少なくない。東アフリカの古代湖、ビクトリア湖に放流された肉食魚ナイルパーチは、水産収入の倍増と引き換えに、数百の固有魚種を絶滅させてしまった。

現在は、さらに時代が一変した。ヒトとモノの移動のグローバル化、自然利用の多様化にともなって、琵琶湖や小笠原諸島が代表的にその影響にさらされ、たえず動植物の新しい種の侵入に悩んでいる。侵入種の多くは住みつけずに姿を消して

いくが、なかには土着の在来種を押しつけて大増殖する種類もある。しかし、完全に住みついたといえるものは、まだ少ないのではないかと。

琵琶湖では、2種の外来水草（沈水植物）が戦後侵入して、1969年にはコカナダモが南湖の水草バイオマスの80%を、1974年にはオオカナダモが90%を占めた。いまは、在来種主体の群落が復活しているが、この2種はまだ在来種に混じて生き残っており、また増えてくるかもしれない。

魚では、オオクチバスとブルーギルが、この2種の水草のように、かなりこの湖の水系に住みついているように見える。

しかし、詳しい生活史や、より新しい侵入種との関係などの研究をみると、まだまだ安定した琵琶湖の住民とはいえないようだ。

生態系というのは、厳密に定義すれば、構成種の間にはバランスのとれた一定の動的関係が成立し、どれもが滅びることなく共存し、水質その他の無機環境をも極端に変化しないよう保っていくようなシステムを指す。

しかし、たえず新しい生物が運びこまれ、一方でたえず湖岸が改変されているような琵琶湖の現状では、そういう意味での生態系は成立できないし、また存在もしない。

われわれは、もっとおおらかにこのような事態を見守り、あまり神経質にその場しのぎの対応をしない方がいいのではないかと。

ヨシ帯が減ったからといって適地でないところに大規模な植栽をしたり、固有魚種があぶないからといって養殖した稚魚を放流したりといった、視野の狭い対応をしては、いまの混沌とした事態をますます強調し、安定したシステムから遠ざかるばかりではないだろうか。

吉良 龍夫  
(滋賀県顧問)