



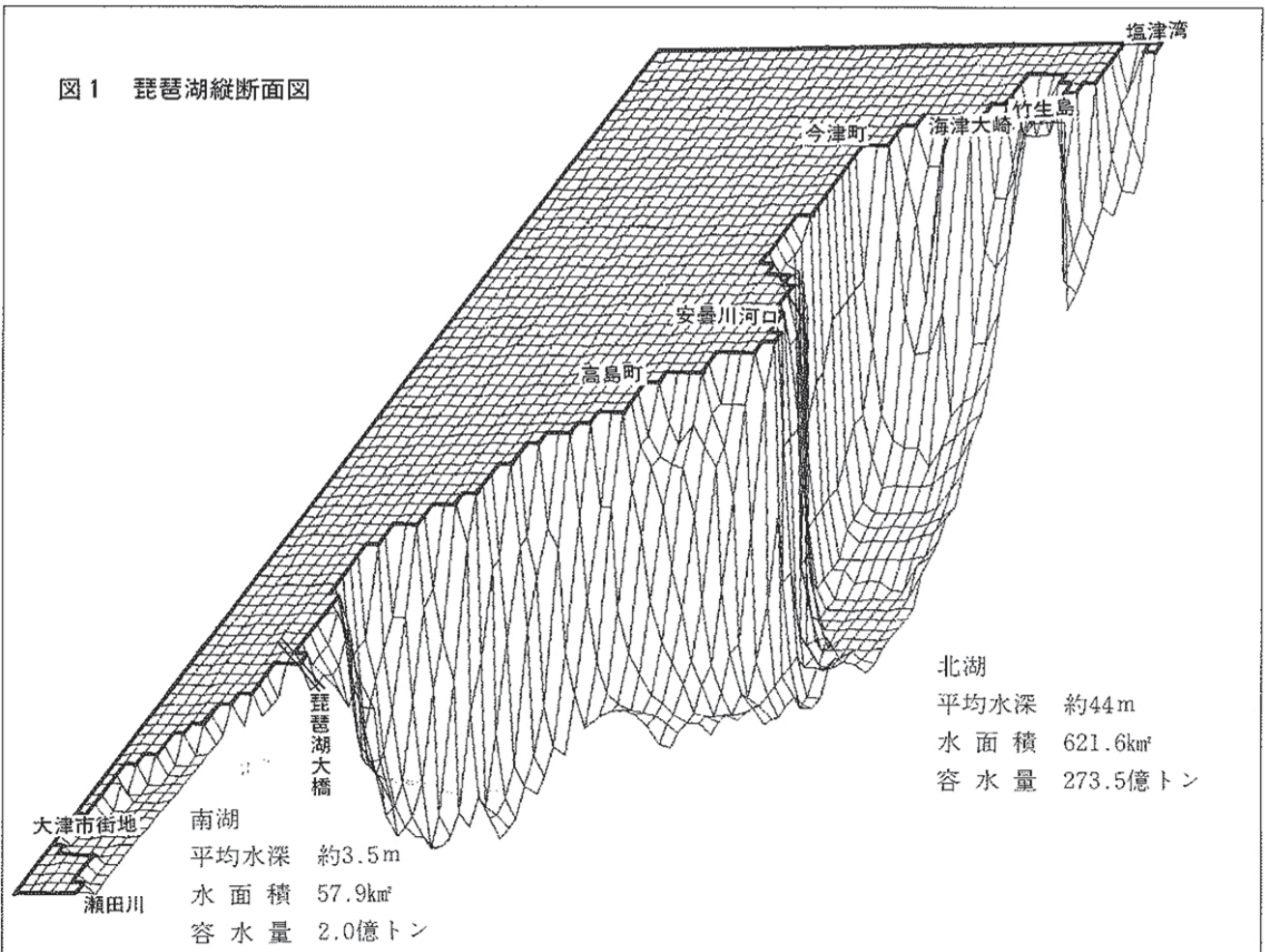
びわ湖の深さと水質の垂直分布

びわ湖は我が国最大の湖です。びわ湖の自然環境（水質、生物、地形など）については多くのことがいろいろな本に書かれていますが、湖の内部のありさまについて書かれたものは意外と少ないようです。今回はびわ湖について、ふだんとは少し変わった切り口からみてみたいと思います。それは、一口で言って湖の深さと水質との関連という切り口です。

最初の図は一体何を表わしているように見えますか。びわ湖を東西に二つに割って、長浜と大津を両端として西半分を空からながめたものに見えるでしょうか？あなたが地図な

どでよくみかけるびわ湖の形を思いおこしながら、目をこらしてみてください。この図は、陸域での標高は無視して平らにならし、湖底が直接にみえるように描かれています。図に印をしてあるところがびわ湖大橋で、そこを境にびわ湖は南湖と北湖に分かれています。南湖に比べて、北湖はずいぶん深いということがよくわかると思います。もちろんこの図は実際の湖底の傾斜を誇張して描かれています。

湖の南北の長さが約64kmに対して、びわ湖の一番深いところの水深が約100mですから、



湖は実際にはもっと紙のように平らな形です。

南湖の水面積は北湖の水面積の約10分の1ですが、平均の水深についてみると、北湖の平均水深が約45m、南湖のそれが約3.5mですから、水容積からみたらびわ湖全体の容積275.5億Lのうち南湖がしめるのは、1割以下2億L余りだけで、残り99割の水は北湖にたまっているといえます。

さて、一言でいって、北湖は深い湖というてよいのでしょうか。深いとか浅いというときには何かの基準をもうけなければならないのですが、以下に述べるように湖の水質分布を考えるならば、図1があながち誇張だと言えないくらい北湖は深い湖だと言えるのです。

“北湖に比べて、南湖の水質は汚染が進んでいる”ということは比較的ひろく知られていることのようにですが、同じ北湖や南湖の内部でも水質は場所によって異なり、けっして均質ではありません。特に北湖は広く大きいので、場所による水質の差は大きいのですが、最初にのべたように、ここでは、湖の表面近くの水と、深い所の水の違いに焦点をしばってみましょう。普通には湖の深い所の水が表面と違うことを実感するチャンスはほとんどないことですが、びわ湖を調査する我々がその違いを痛感するのは、夏に深部の採水を行うときです。夏のびわ湖の調査船の上は、炎天下では隠れる場所もなく、暑いことこの上なしですが、深さ40mから汲みあげた水は頭からかぶれば心臓マヒでも起こしそうなくらいに冷たいのです。その水温は冷蔵庫の中と同じくらいで約7℃、そして表面の水は真夏だと30℃に近くなっているわけですから20℃以上の温度差があります。調査には、サンプル持ち帰り用の冷蔵庫がつきものなのですが、もし冷蔵庫を忘れていても、缶ビールを冷やすことぐらいはできます。調査船の我々の足元わずか40m下に全く異質の世界があることを痛感します。

深さによって温度がどのように分布してい

るのか、さらにその温度分布が、春から夏、夏から秋という時間の経過とともにどのように変化しているのかを同時に示してしまう方法があります。図2がそれですが、これはコンピューターの画像装置を使ってかかせたものです。ちょっと見たところこの図も何のことかわからないと思います。けれど一度理解してしまうと多くの情報を一度に伝える便利な図なのです。まず、図のみかたを説明しておきましょう。まず図3をみてください。

原理は魚群探知機と同じなのですが、横の軸が時間を表わしていて、縦の軸が深度を表わしているので、水中で何か（魚群でもいいし、潜水艦でもいい）が落下しているときには、図の左側の斜め下向きの矢印のような線で表現されます。逆に、上昇しているときは斜め上向きの矢印のような線になります。つまり、物体の移動は斜めの線で表現されるわけです。水中に溶けている物質の濃度（たとえば水の1%中に含まれるものの量）についてはどうなるでしょうか。溶けている物質は、水が動いて混合すると希釈して拡がります。このことを拡散といいます。拡散は図3の右側のように表現されます。普通の場合には、魚群探知機と同じで、濃度が高いところを濃い色で表現

し、濃度が低くなると薄い色で表現します。時間が経過するにつれて、希釈されながら拡がっていく現象が図3の右側のように表現できることは理解できる



びわ湖での採水調査風景

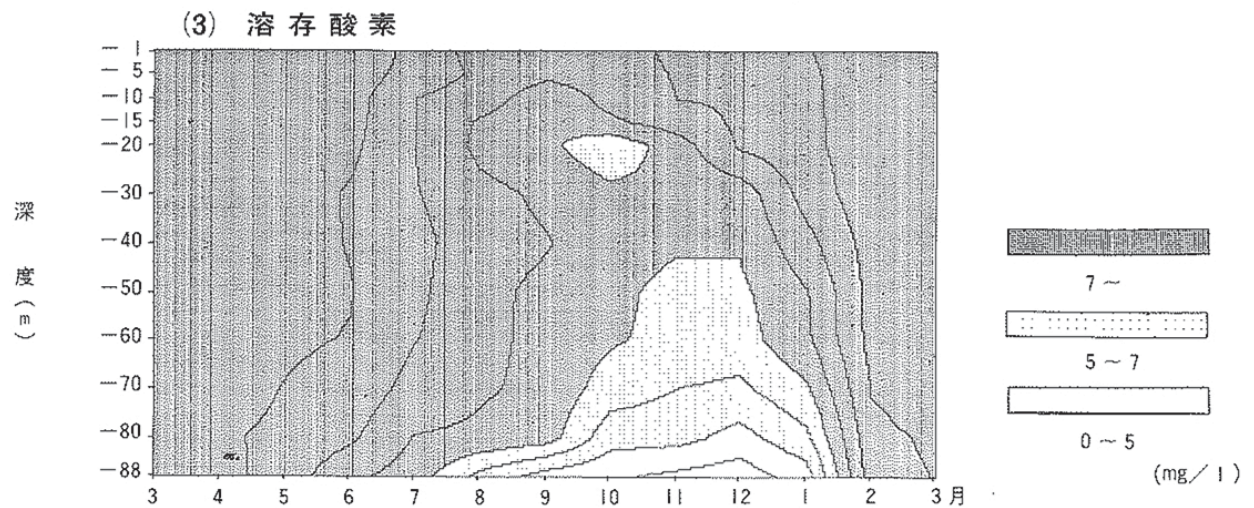
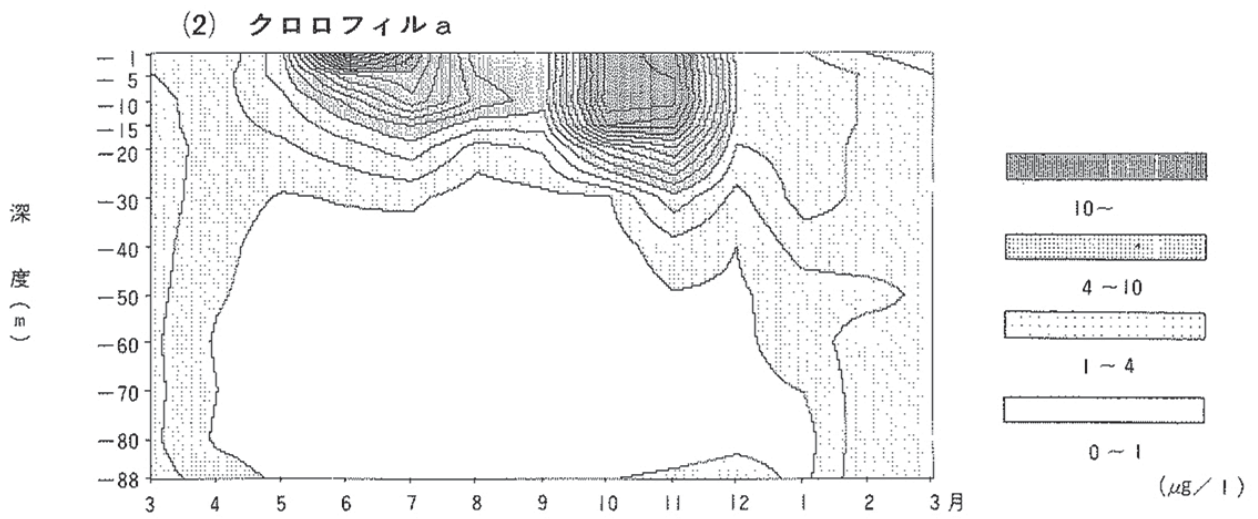
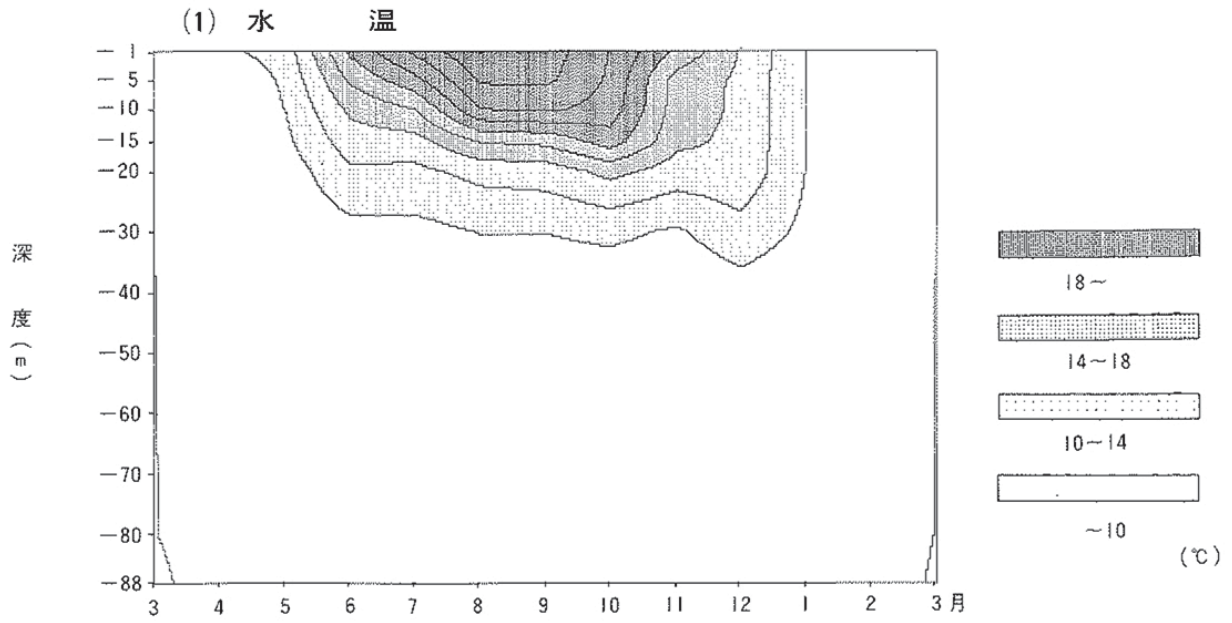


図2 琵琶湖北湖における水温、クロロフィル、溶存酸素量

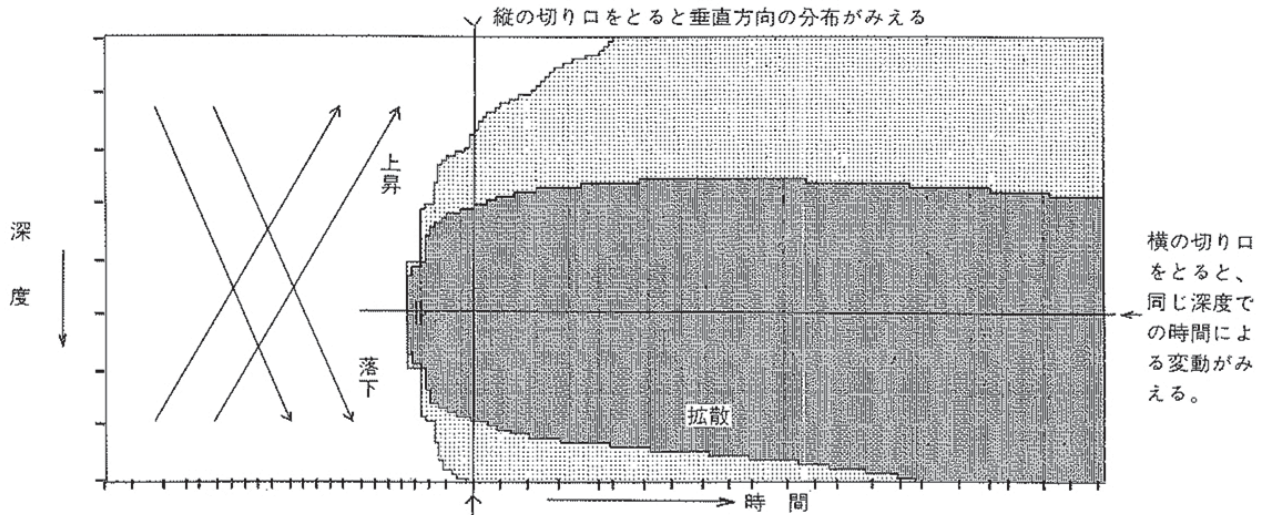


図3 移動と拡散の図式表現のみかた

でしょうか。水中に溶けている物質や、浮遊している粒子状態の物質は拡散しながら同時に上下に移動します。そのような場合にはどのような形の図が現われることになるのか、図2も参考にして、考えて下さい。

話を水温の分布に戻しましょう。図2-1)が上に述べた方法で水温の分布を示したものです。場所はびわ湖の北湖で、春から翌年の春に至る丸一年間の典型的な変化の様子が示されています。この図では、水温が高いところは濃い色に、低いところは淡い色で表現されています。湖の表面近くでは、冬には水温が下がり、夏に上昇するというありふれた変化をするのに対して、深いところの水温は夏も冬も変化していないことがわかんと思います。特に、深度が30位よりも下では、水温は年間を通じて10℃以下（実際には深いところでは先に述べたように7℃ぐらい）になっています。実際には年度によって気象条件が少しずつ異なるので、水温の分布も少し異なりますが、大体同じことが繰り返されていると考えてください。

湖が蓄えている熱は、湖の表面を通じて出たり入ったりします。日射やそのほかの原因で熱が入り、蒸発やそのほかの原因で熱を失うのですが、深いところまでは熱が伝わらないことを図2-1)は示しているわけです。この図でもう一つ注意しておきたいのは、冬の

水面付近の温度と湖の深部の温度とが一致していることです。なぜでしょうか。次のように説明されています。春になって気候が暖かくなってくると、湖の温度は水面から少しずつ上っていきます。けれども暖められた水は、膨張して軽いので水面に浮いていて、簡単には深い方へ拡散していきません。ちょうど風呂をわかしても、表面だけが暖かくなって、かきまぜなければ、底の方は冷たいままのと全く同じ現象なのです。かきまぜるということは、湖の場合には強い風が吹くことに対応します。春から夏にかけては、長時間にわたって強い風が吹くことが少ないということも、暖かい水が表面に浮かんでいられる理由の一つです。

暖かい水が表面に浮かんで簡単には下の方へ拡散しないことは水温だけではなく他の水質成分にも大きな影響を与えます。なにしろ、湖の水の一部が、水面近くでは、深い所の水とは性格の違うかたまりとなって浮かんでいるわけですから、他の水質成分も下部までは拡がっていけないわけです。いいかえれば、夏には、湖の表面近くの水と、深いところの水とは全くの別世界として存在しているのにちかいわけです。この2つの世界をつなぐ「メッセンジャー」は、水と比重の異なるプランクトンやその他の粒子状物質だけです。粒子状の物体は比重が重ければ、水の中を通り

抜けて深部へ落下していくことができるからです。

秋になると、水温も下がりますし、台風などで強い風が吹くようになります。まず、強い風で、湖の表面に浮いていた水のかたまりは少しずつ深い方へと拡散を始めていきます。また、冷やされた水は比重が大きくなるので、下の方へと沈んでいきます。つまり、暖めるといふことと、冷やすといふことは鏡のように対称なできごとではないわけです。暖められた水は軽いので浮かんでいなければならないのに対して、冷やされた水は重いので下へ“拡散”することができるからです。秋から冬にかけて冷却は進行し、冬には強い季節風も吹くので、湖の水の上下拡散は進行し、春の直前、すなわち2月の下旬から3月の月上旬にかけて、湖の水はほとんど、上下で均質な分布になります。

湖の深部の水温が、冬の水面付近の水温とほとんど同じである理由がおわかりいただけでしょうか。一年中冷たい深部の水は、びわ湖の底に永久にとじこめられた水ではないのです。冬に上下はほぼ均質にかきまぜられて新しくつくられた混合水が、夏には表面に上がってくることができずにとり残されたもの、それが深部の冷たい水の正体だったわけです。

ずっと水温のことを述べてきたのですが、他の水質成分についても述べておきましょう。一つはクロロフィル（葉緑素）です。湖水中のクロロフィルは植物、プランクトンやその死骸に含まれています。したがって、クロロフィルの量を測定することは、植物プランクトンの種類や活性を問わずに概略としての植物プランクトンの総量を推定する指標になっています。

図2-2は、水温と同じ方法でクロロフィルの分布を示したものです。図の特徴を読みとることができるでしょうか。この図から読みとって欲しいのは次のことです。まず、春

と秋の2回、水面付近（最大20m深度まで）にクロロフィルの増大があること、これは春と秋に植物プランクトンがよく成長することに対応しています。次に春から秋にかけて湖の上下が別世界を形成している時期でも図2-1の暖かい水のかたまりよりも、クロロフィルの分布の方がもう少し深い所まで到達していることです。そして、その最下端は右下がりの線を描きながら冬のおわりまでには、上下均質となっているのです。図2-2だけからいえることではなくて、他のデータをもあわせていえることなのですが、この現象は、水面付近で増殖したプランクトンの一部が活性を失って比重を増し、ゆっくり沈みながら拡散していくことをあらわしています。つまり前に述べたように、夏に湖が上下に切り離されたときですら、活性を失ったプランクトンという“沈降性粒子”はメッセンジャーとしてかすかに2つの世界をつないでいるわけです。

沈降性粒子が果しているメッセンジャーとしての役割は、その存在の結果としてひきおこされるできごとの一つ、酸素量の分布をみることによってもっと明らかな形で提示されます。図2-3は、水中に溶け込んでいる気体酸素の濃度を示したものです。11、12、1月頃の湖の深部では、酸素の量が著しく減少していることがわかります。水中の酸素は湖の表面を通じて空気から直接に補給されるほか、植物プランクトンの増殖（光合成）によって作り出されますが、活性を失ったプランクトンなどの有機物が存在すると、その分解（腐敗）によって消費されます。つまり図2-3にみられる酸素量の著しい減少は次の2つの原因によると考えてよいわけです。1つは、湖の水が上下に切り離されるため、下部では上からの酸素の供給が絶たれてしまうこと。もう1つは、上部からのメッセンジャー、すなわち活性を失ったプランクトンが下部で分解されるとき、酸素を消費してしまう

ということですが。

上で述べてきたことを図式に示してみせたのが図4です。述べてきたことから、水温、クロロフィルそして溶存酸素に因果関係の連鎖がありそうだということはおわかりいただけたでしょうか。さらに論をすすめると、水温の値そのものが、プランクトンの増殖や分解にどう影響するのか、分解されなかった残りは湖底にまで到達して、その後はどうなるのか、プランクトンの増殖に必要な窒素やリンはこの因果の連鎖にどのようにからみあっているのか、この鎖はどこまでも続き、少したぐってみれば、たちまち現在未解明の第一線の研究テーマにぶつかってしまいます。ここでは、これらの因果関係の基本的現象すなわち水温の分布を形成するのは、北湖が深い湖であるからだということに話を戻して、とりあえずこの鎖を切っておきたいと思います。南湖では一部の例外を除いてこのようなことはみられません。さて以上の説明によってびわ湖の内部について、ふだんとは少し変わった切り口を使って序章を書くということに成功しているのでしょうか？

最後に、“北湖に比べて南湖の水質は汚染

プランクトンの増殖 (クロロフィルの増大)

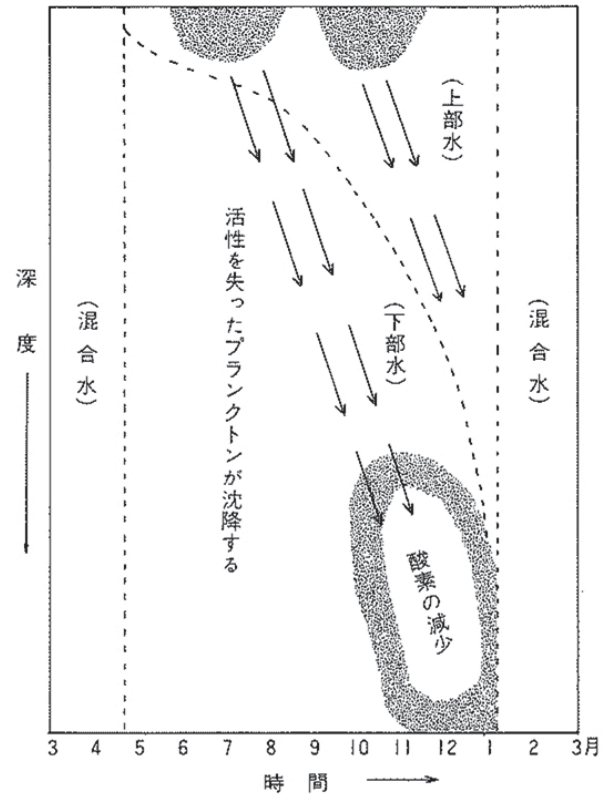


図4 水温、クロロフィル、そして酸素量の変動についての図式

が進んでいる”とされていますが、湖底の泥の状態に関しては、この関係はむしろ逆であることを示す図5を紹介しておきましょう。北湖の深部の泥は南湖の泥に比べて、多量の有機質や窒素、リンなどを含み、また酸素量も少ないので、泥中の物質が水中へ回帰しやすい状態になっています。湖の底の泥はコーサンプラーという道具で形を乱さずに採取することができます。採取泥を深さによって薄くスライスして分析をするのですが、泥の汚れを示す有機炭素量では北湖と南湖とで同程度、もっと汚濁が進行したときに発生する硫化物量では北湖の泥の方が大きくあらわれています。このこと自身が直ちに問題だというのはありませんが、ここにも常識と異なる断面が一つ見うけられるわけです。最後に、図2のデータはびわ湖北湖において典型的と思われるパターンをコンピュータによるシミュレーションで作成したものであることをお断りしておきます。(大西行雄氏提供)

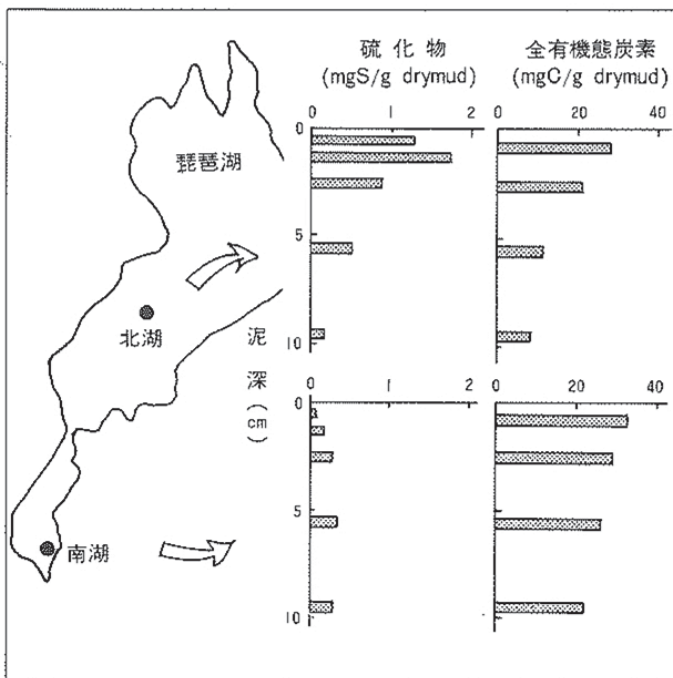


図5 北湖と南湖の湖底泥における硫化物と全有機炭素の鉛直分布(1981.11.18)(前田：未発表資料による)