

1983年12月

編集・発行／滋賀県琵琶湖研究所
〒520-0806 大津市打出浜1-10
TEL 077-526-4800

- 琵琶湖集水域の降水量分布の研究
- 湖水の運動と堆積環境の研究
- 植物および植生分布試料のデータベース化
- 琵琶湖研究所に期待する
- 特集・琵琶湖の物理学への道
- 世界の湖4 ポージェ湖(フランス)
- 研究サロン

[琵琶湖集水域の降水量分布の研究]



初冬の松ノ木内湖

前回にひきつづき、1982年度のプロジェクト研究の成果を紹介します。研究報告の本編は研究所情報室で閲覧できます。

「奥伊吹の隠れ雨といって、ほかよりもミノカサがよけいにいるんです」と、伊吹町甲津原の人たちが話しているように、琵琶湖周辺の山地では、土也形の影響をうけて雨が多くふるところがある。

ところが、気象台などの観測点のほとんどは平野部や高度の低い谷間にしかないので、山地や琵琶湖面上の降水量分布はよくわからないのが実状である。

これまでは、琵琶湖集水域の降水量を見積る場合、山地と湖面上の値は主として平野部での実測値から経験的に推定している。その結果、集水域の年平均降水量は1,900mmになるといわれる。その値に集水域の面積(3,848km²)をかけると、年降水量は73億トンとなり、これが琵琶湖の水収支における収入の値となっている。一方、支出の値は瀬田川などからの流出量と湖面・陸地面からの蒸発・蒸散量で、それぞれ52億トンおよび21億トンとなっている。降水量分布の研究は琵琶湖の水源にとって重要であるばかりか、降水量分布の変動は気候変化と関連して植生や土地利用などの人間活動にも影響をあたえる。

琵琶湖集水域の降水量分布への地形条件の影響はこれまで十分に考慮されていなかったもので、本研究ではその点に注目して、集水域全体の降水量分布をつぎのようにもとめている。

まず、1890年代からの膨大な地点別月降水量原簿を作成する。そして、1941～1970年の30年間に欠測のある地点の月降水量は、連続的資料がそろっている近くの観測点との相関を求めることによって推定し、琵琶湖集水域内の46地点の30年平均気候値を計算した。

つぎに琵琶湖集水域を2km×2kmごとのメッシュ(ごぼん目)に分ける。琵琶湖集水域は、中央部の湖から平野をへて県境の山地へと変化する地形条件をもち、また降水量分布も地形条件に対応して湖から山地へと増大する同心円的ともいえる構造をもっている。集水域のほぼ中心にあたる彦根付近に各メッシュの降水量を求めるための原点を設ける。そこで、琵琶湖集水域内の各メッシュの月平均降水量は、原点からの距離・標高・南北方向の傾斜の3つの項をもつ1次式であらわされるものとして計算した。

そのようにして求めた琵琶湖集水域北東部の7月の平均降水量分布を図1に示す。そこには、「奥伊吹の隠れ雨」の分布と考えられる雨の集中域があらわれている。また、伊吹山や横山岳周辺にも雨がふることを示す。これまで発表されている7月の平均降水量分布(図2)と比較すると、両者の違いがわかる。本研究による降水量分布には、地形条件の影響がよく反映されているといえよう。なお、湖面上の降水量はこれまでの値より小さくなるものとみられる。琵琶湖集水域の降水量分布を精度高く明らかにするためには、本研究のようなメッシュデータ化をすすめるとともに、資料の乏しい山地や湖面上での観測が必要である。そこで、琵琶湖集水域の気候特性調査の一環として、奥伊吹・中河内・在原などの山地と沖の白石・多景島の湖内での降水量観測が本年度からすすめられている。

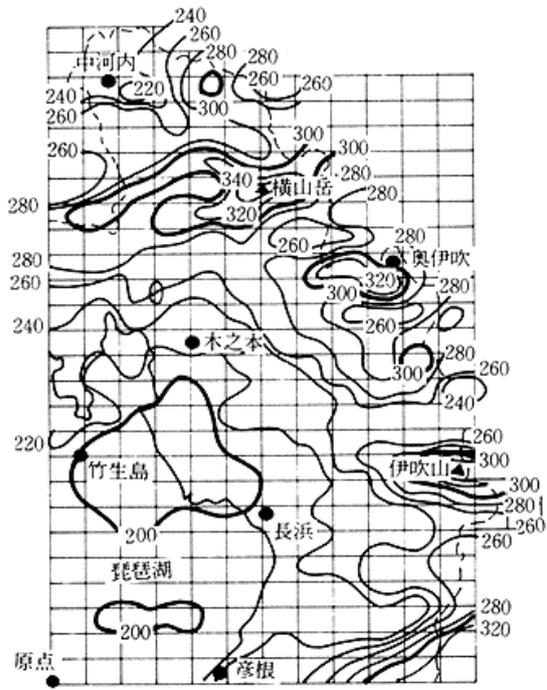


図1 琵琶湖集水域北東部の7月の降水量分布

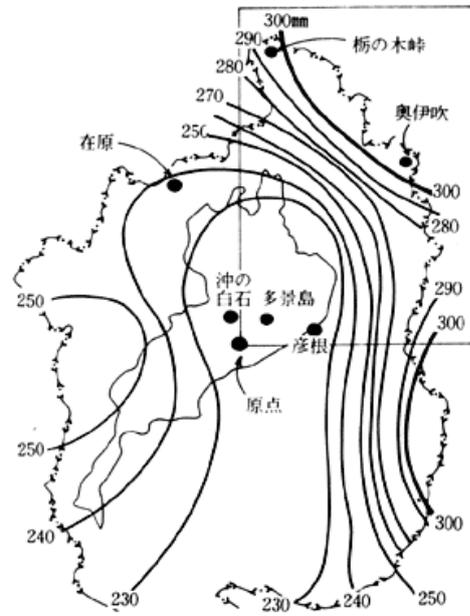


図2 従来の降水量(7月)分布。(彦根地方気象台資料)右上の範囲が図1にあたる。

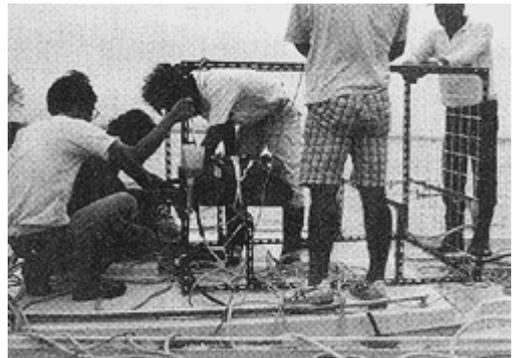
[湖水の運動と堆積環境の研究]

これまでの湖沼の諸問題の研究では、化学や物理学などそれぞれ独自の分野の研究のみが先行して、分野間の隔たりをのり越えた、いわゆる学際性のある研究はあまり行われてこなかった。本プロジェクトは、そのような障壁をのり越えて、化学と物理学の両分野の協力によって、琵琶湖の水質変動を決定している機構を明らかにすることを目的としている。

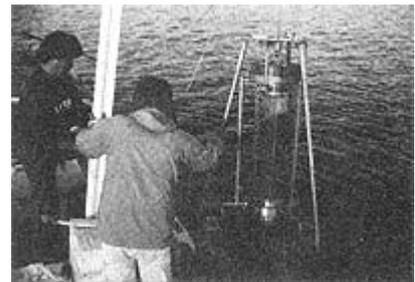
琵琶湖のように、夏期に上下に水温の不連続な層(水温躍層)を形成するような深い湖では、水にとけている(溶存性の)物質は、水温躍層を境に上層と下層で、きわめて混りにくいが、粒状物質のほうはたやすくこの層を通過し底泥に堆積し、そこで分解されて溶存性となり、低層水に溶け出してくる。このことから琵琶湖では、水質に影響をおよぼす因子として、物質の鉛直的な動き、すなわち水中における化学成分の“拡散”と“枕降”が特に重要であると考えられる。

本年度の研究では、“拡散”については、湖水中の溶存性物質や水中を浮遊したり枕降したりする粒状物質(プランクトンなど)の上下の動きに大きな影響を与える、水の乱れによる拡がり(鉛直乱流拡散係数)を測定する手法を開発することに重点を置いている。その測定には、水温分布や直接に湖中の流れの変動を流速計により測定する方法、および染料の拡散状態を水中ビデオカメラで直接撮影する方法(写真1)を採用している。これらの観測データは、コンピュータによって解析されており、同時に測定された化学成分の変動と比較した場合、化学成分の挙動がこの鉛直乱流拡散係数にかなり大きく支配されることが明らかになっている。

“沈降”については、現場水域での、沈降過程を把握するために、沈降物を正確に捕集する装置の開発を急ぐとともに、底泥中での生化学的過程を研究する上で不可欠な大型採泥器(写真2)の開発を行っている。また、この採泥器を用いて採取した底泥中のセシウムの放射性同位元素(^{137}Cs)の分布を測定することによって、底泥の堆積速度を算定している。 ^{137}Cs は従来地球上にはなかったが、1958年頃から原水爆実験にともなって地球上に落下するようになった人工の物質で、それが検出される泥の層の深さから、過去約25年間の堆積の進行状態を割り出すことができる。得られた堆積速度は、南湖心で2mm/年、北湖心で1.2~1.6mm/年であり、これらのデータをもとに、底泥中での有機物の分解速度や栄養塩などの溶出速度の算定を行っている。



写1 水中ビデオ撮影準備風景



写2 新しく開発された採泥作業

第2回琵琶湖研究シンポジウム

●趣旨

琵琶湖集水域の環境と地域経済の構造を実態に即して、近畿圏というマクロな枠組と琵琶湖集水域の生態系という二つの視点から把握し、琵琶湖集水域における人間活動の望ましい姿を探るために開催します。

具体的には、琵琶湖集水域の地域資源の活用を柱とした地域振興と環境保全の調整を図る方策を探ることを目的とします。

●テーマ

「琵琶湖集水域の環境保全と地域経済」

●日時

昭和59年1月11日(水) 午前9時30分~午後5時

●会場

滋賀県琵琶湖研究所ホール 大津市打出浜1-10 TEL(0775)26-4800

●内容

1.あいさつ(9:30~9:40) 琵琶湖研究所長 吉良 竜夫

2.基調講演「環境問題の推移と環境政策」

〈1〉行政制度・法・住民の動向から(9:40~10:40) 名古屋大学法学部 森島 昭夫

〈2〉経済学の立場から(10:45~11:45) 国立公害研究所 北畠 能房

3.パネルディスカッション「琵琶湖集水域の動向」

〈1〉琵琶湖集水域の生態系(13:00~13:30) 琵琶湖研究所長 吉良 竜夫

〈2〉琵琶湖集水域の土地利用(13:30~14:00) 滋賀大学教育学部 小林健太郎

- 〈3〉滋賀県の地域経済(14:00～14:30) 琵琶湖研究所 秋山道雄
- 〈4〉琵琶湖集水域の環境管理(14:30～15:00) 大阪大学工学部 盛岡 通
- 〈5〉総合討論(15:10～16:10)
座 長:川島哲郎(大阪市立大学名誉教授・阪南大学)
パネラー:森島昭夫、北畠能房、吉良 竜夫、小林健太郎、秋山道雄、盛岡 通
- 〈6〉質 疑(16:10～16:40)
- 〈7〉まとめ(16:40～17:00)

[植物および植生分布資料のデータベース化]

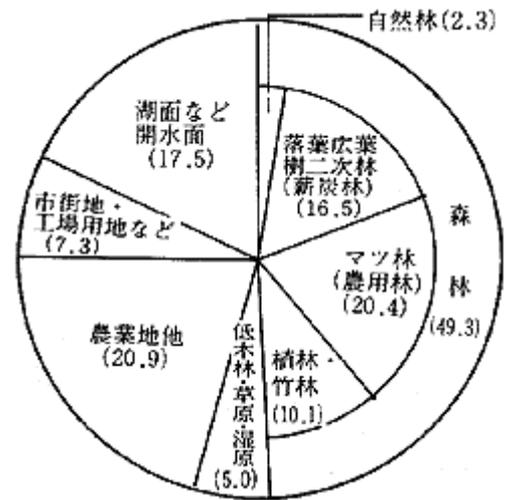
私たちの生活の場であるこの滋賀県は、その50%が森林によってわおわれ、水田を主とする農耕作地や琵琶湖などの開放水域を合わせると、実に90%以上の面積がそれら比較的自然性の高い状態によってしめられていることがわかる。逆にいうならば、人工化の進んだ市街地や工場地などは10%未満にすぎない。滋賀県には、まだ自然が豊富に残っていると感じられるのは、そのせいであろう。

しかし、もう少し詳細にみってみると、あまり人手の加わっていない自然林に代表される自然植生は、比較的寒い冷温帯地域(ブナ・クラス域)でも2%に満たず、また温暖で古くから人間の主要な生活域であった暖温帯地域(ヤブツバキ・クラス域)では、1%にも達していないことがわかる。つまり滋賀県の場合、森林が大きな割合をしめるといっても、そのほとんどは、スギ・ヒノキの植林地や、薪炭林・農用林として古くから人間に利用されてきた二次林となっているのが実状である(図参照)。人手の入った二次林は、自然林にくらべて、高さの低い細い樹木からなり、林の構造も異なっている。また、自然林の安定した環境に固有な種類が失われやすいので、種(しゅ)保存という立場からみると、このような自然林面積の低下は危機的な状況といわざるをえない。

どのような植物群落が、どれくらいの面積をしめているかをあらわすこの集計結果は、本プロジェクト研究の成果の1つである。これは、滋賀県立短大の小林圭介教授を中心に滋賀自然環境研究会の方々が、1981年に作成された滋賀県現存植生図(1/50,000)を、電算機で処理できるように磁気テープ(MT)化し、その一次処理として各植生タイプの面積を集積した結果である。

この例が示すように、本プロジェクトでは、新たな野外調査は原則として行わず、既存の研究成果や資料を取集し、それらを別の視点から整理・解析することに重点をおく。1982年から'84年までの3年間の研究期間中に、比較的整理しやすい前述の植生図の分析と、その図の基礎資料となった植生調査票を整理しMT化することを目標にしている。すでに植生図のMT収録が終り、本年度中に1,000地点分の植生調査票の入力が完了する予定である。今後さらに1,000~1,500地点の調査票の整理・入力を予定しているが、それと平行して、調査票に対応する野外調査地点を5万分の1の地形図上で確定し、座標データも入力する予定である。

最終的な目標としては、主要な植物の種の分布と環境要因との関係を明らかにし、多くの種の分布図を重ね合わせるなどの手法で、植物の側からみた滋賀県の環境地域区分を行いたい。同時に、研究期間が終了するころには、ある植物がどこに分布しているかとか、ある地域にはどのような植物が生育しているかといった問いに対して、比較的短時間で電算機から解答がえられるようにしたいと考えている。



滋賀県における植生配分

5万分の1の滋賀県現存植生図(小林, 1981)を100mメッシュで読み取り、植生タイプを統合し簡略した。()内は%。

[琵琶湖研究所に期待する]

中川太重(マキノ町知内・農業)



私は湖西の湖岸に生れ住んで喜寿を迎える年になりました。びわ湖の水をきれいにするにはとの問いかけを受ける事もしばしばです。そうした質問を受ける度にかつての湖の水を思い出します。湖岸の畑に行つての帰り道、のみほしたやかんには必ず湖の水を汲んで帰りました。何処の水でお茶を入れるよりも、湖の水で入れるのが一番うまかつたからです。最近湖の水は汚いもの、のめないものときめつけられていますが、湖の水はのめるもの、うまい水と云われる日のくる事を期待しています。

湖の再生について、家庭排水、下水道の問題更に圃場整備完了地域からの農業排水処理の見直し問題等は、行政的に莫大な予算の伴う問題だけに、私の様な年寄りはその様な基本問題にふれようとは思いません。せめて湖に流れる幾十の河川をきれいに守りたいものです。何処の川を見ても、木や草の株に発泡スチロールやビニール袋がひっかかっている、なれっこになって気にされない様です。湖を遠く離れた山間の部落の方には大した問題ではないかも知れませんが、古くからの習慣でポイと捨てたゴミも、降雨期に増水すれば川はきれいに掃除されてすべて湖に流されます。「よみがえらそう故里の小川」の立看板をよく見かけますが、故里の小川を蘇すため、上流の村々にまで堤や山野の空地を利用しゴミの焼却場所をきめて処理する習慣をつけてほしいものです。こうした運動のためには、地方自治体はじめ各種団体の協力により、金のかからない小さな運動を押しすすめる様協力していただいて、研究所設立の成果が県民の期待に一步一步近づく事を年寄りのささやかなお願いといたします。

【特集・琵琶湖の物理学への道】
 研究員 熊谷道夫

『琵琶湖の物理学』という題で原稿の依頼を受けましたが、テーマが大きすぎて私には的確に書ける自信がなかったので、高校の物理程度で理解してもらえようと思い、対話形式でまとめてみました。

春雄の訪問

12月初旬のある暖かな午後、大津市内の高校で科学クラブに所属している春雄君は、先生の紹介で打出浜に新しくできた滋賀県琵琶湖研究所のKさんを訪ねた。

「先生から電話で君が来るというのを聞いて待っていたんだよ」と、研究所の玄関で迎えてくれたKさんは笑顔でいった。

「お忙しいところお邪魔して申しわけありません。実は高校のクラブで琵琶湖の物理という特集を出すことになったんですが、本を読んでもよくわからないのでお話を聞きに来たんです」

「ずいぶん難しい話だね。物理学というのは自然現象を支配している普遍的法則を探求する学問だけど、琵琶湖の場合実に多くの要素が複雑にからみ合っていて、一般的な議論がしにくく、簡単に説明するのは不可能といってもいいでしょう。まあせっかく来たんだから、うまくできるかどうかはわからないけど、僕の知っている範囲で お手伝いするよ」そういって、Kさんは、先に歩き出し春雄を水理実験室へ案内した。

部屋に入って最初に春雄の目をひいたのは、中央に置かれた琵琶湖の模型だった。北湖から南湖の端までほぼ2mくらいの大きさだった。そばにメガネをかけた人が立っていた。

「Oさんを紹介するよ。あとで説明するけど彼はこの水構を使って密度流の実験をしているんだ。それから、こちらにあるのが研究所の計算機の端末でね。今日はこれを使って琵琶湖の物理を理解してもらおうと思うんだ。春雄君、その前の椅子に坐ってごらん」

春雄にはKさんのいうことがよくわからないが、いわれた通り端末機の前に坐った。

計算機との対話

Kさんがタイプライターのキーのようなものを打つと、目の前のテレビに琵琶湖の画像が浮かび上がった。

「さあ、計算機との対話を始めよう。これは、僕たちが開発している計算機による琵琶湖研究支援システムなんだ。このシステムには、今までの琵琶湖での研究結果も、この研究所で僕たちがやっている観測、実験、計算の結果も入力されていて、研究や教育に役立つように設計されている。ところで春雄君、琵琶湖に入ってくる物理的なエネルギーはどこからくると思う」「物理的なエネルギーというのは、位置エネルギー、運動エネルギー、熱エネルギーのことでしょう。そのほとんどは太陽のエネルギーではないんですか」

「そうだね。潮汐のように月の引力によるものもあるけど、琵琶湖の物理をおもに支配しているのは太陽のエネルギーなんだ。では、太陽のエネルギーがどんな形で湖の中へ入り、どんな現象をひき起こしているかを計算機に聞いてみよう。ほら、画面に図がでてくるよ」(図1参照)

「この図を見ると、まず太陽の熱エネルギーの一部が対流圏で運動エネルギーになるんですね。具体的には風ということなんですか。それが湖面に働いて吹送流と風波に分かれていますけど、こここのところをもう少しわしく説明してもらえませんか」

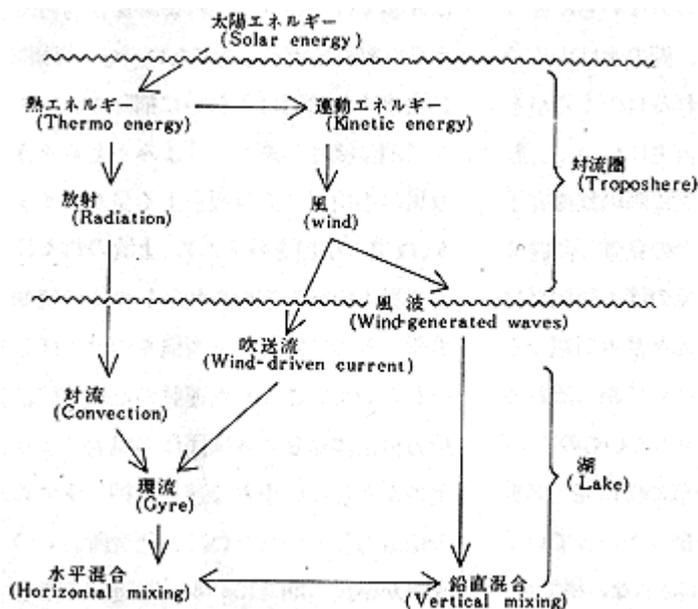
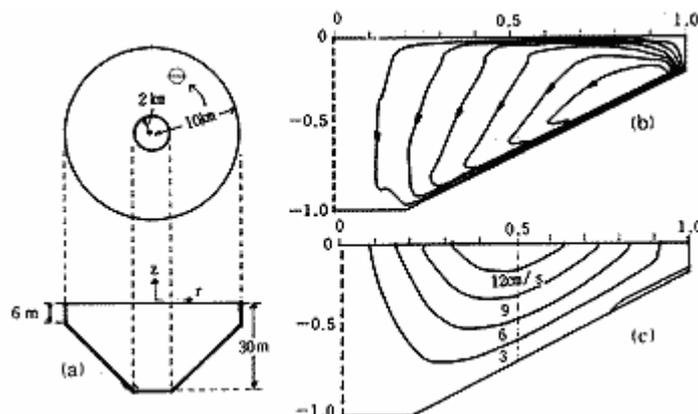


図1 太陽エネルギーの湖中の流れ



「風が高いところでは強くて、低いところでは弱くなることは、経験的に知っているね。それは、地上や水面の近くでは空気の粘性が働いているためなんだけど、こんな構造が安定に維持されるためには、上から下へ風の乱れとしての運動量が運ばなければならないのだ。物理用語ではそれをレイノルズ応力というんだが、この乱れが水面に風波を作る。一方、地面と違って水面は動くことができるから、平均風速も水面でゼロとはならない。こうして水面近くでゼロでない平均風速が、境界面の粘性の助けをかりて水中に吹送流を作るんだ。この辺の事情は、乱れ同士の相互作用とか、乱れと平均流の相互作用とか、いろいろ複雑なので、このくらいでやめておこう」

「何となくわかりました。次に放射として水中に入った熱エネルギーが対流をひきおこすとありますが、これも説明してもらえますか」

「琵琶湖で、この対流の重要性を指摘したのは、現在この研究所にいる大西さんです。では、彼の考えたモデルを計算機で再現してみよう」Kさんがそうやってキーを打つと、画面が変わって新しい像がでてきた(図2参照)。「大西さんは、北湖を(a)のような軸対称な湖盆に見たてたんだ。そして、水面に熱エネルギーが加えられるとき、湖水の運動がどうなるかを、計算機を使って解析した。すると(b)のように、陸から湖の中央に向かって水の流れができ、中央で沈んで岸へもどってくるという対流ができてきた。ところが、北半球ではまっすぐ進む物体は右方向に曲げられるという性質があるから……」

「あ、コリオリ効果ですね。学校でフーコー振子のところで習いました」

「そうだ。結果として、(c)のように、湖の中に反時計まわりの環流ができるんだよ。これが、琵琶湖の第1環流だね」

「第1というのは、第2、第3もあるということなんですか」

「実はそうなんだ。全部で3つ環流があるといわれている。といっても、コリオリ効果によってできるのは第1と第3で、第2は両者の補償流で時計まわりに流れているらしい」

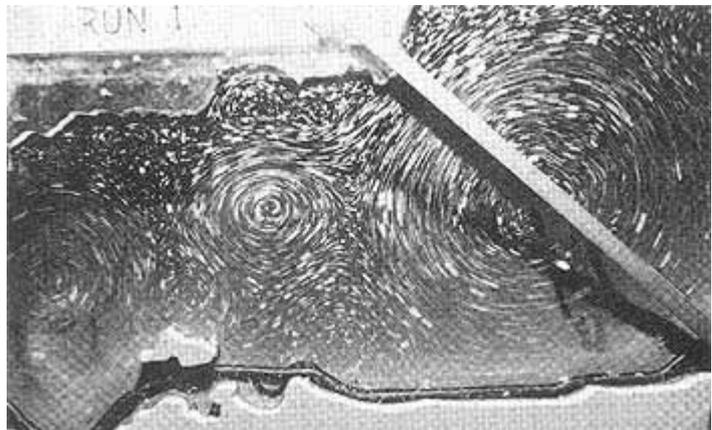
「まえのエネルギーの流れの図では、吹送流からも環流ができるように書いてありましたか……」

「なかなかよく覚えているね。コリオリ効果は動いている物体に作用するが、それがどうして動き始めたかは問題にしないんだよ。つまり、水の流れを作り出すエネルギーが、熱であろうと風であろうと関係ないんだ。ただコリオリ効果が働くためには、同じような流れが十分長い時間続く必要がある。そして、流れがゆっくりしていればしているほど、また、流れる距離が長ければ長いほど、コリオリ効果が重要になってくる。琵琶湖の夏の環流は、吹いたり止んだりする風よりも、太陽の一定加熱によって維持されているというのが大西さんの結論だね。もちろん、風が一定に吹けばその影響もあるんだが」

「話がだんだん面白くなってきました。それでまた、エネルギーの図に戻るんですが、環流は水平方向の流れだから水平混合に影響するというのは理解できるんですが、風波が鉛直混合にきいてくるのはなぜですか」

「その辺の所は、琵琶湖の水質予測モデルの作成というテーマで僕たちが研究しています。風波による水面の上下に伴って水中にできる乱れが、かなり鉛直混合にきいているという結果になった。乱れには、風波どうしの相互作用によって生じたものもあるが、水中の粘性のために生じた乱れもある。これらの乱れが、ある時には上から下へ、またある時には下から上へ運動量を運ぶわけだ。その結果、水面から風波の波長程度の深さまでよくかきまぜられた層ができる。夏には水面から熱も入ってくるので、このよくかきまぜられた層は、下のかきまぜられない層より温度が高いんだ。上の層と下の層の間には、水温が急激に変化する層ができる。これが、水温躍層と呼ばれる層なんだね。このように、水中の乱れが水温や水に溶けている物質の拡散に大きな影響をもつので、いまもっと詳しく調べようというプロジェクト研究を計画している。湖底には、あまり水中に溶けてきてほしくない化学物質が沈んでいるからね。それについては僕は専門でないので、いつか担当の人に聞いてみるといいよ。さて、Oさんの実験の準備ができたようだから、計

図2 日射加熱によって軸対称湖盆に生ずる流れ(大西、1974)
(a)用いられた軸対称湖盆の形
(b)鉛直面内の対流、図中の矢印をもった閉曲線は流線を示す。
(c)発生した円形水平循環流の鉛直構造、図中の曲線は等速度線で、流れは手前から紙背に向かう。



写1 回転水槽実験による琵琶湖環流の軌跡

算機との対話はこれくらいにしよう」

回転水槽の妙味

「では実験を始めます。水槽に水を入れて、あらかじめ十分長い時間回転させてあります。回転速度は琵琶湖でのコリオリ効果が表現できる程度に調節してあります。加熱する前に水をかきまぜて、染料を入れてみましょう」とOさんはいった。

「あ、染料がカーテンのように垂直に立ってゆらいでいます」

「これは、かきまぜによって生じた渦が、深さの方向に均質であろうとする性質によるものです。等深線にそってカーテンの壁ができているでしょう。これをテイラー・コラムといいます。密度が一定だからできるんですが。それでは加熱を始めます」

「この実験は、夏の琵琶湖の環流が、大西さんがいっているように、熱エネルギーによってできるものかどうかを確かめるための実験なんだよ」とKさんがいった。30分くらいたつと、湖面にばらまいたアルミニウムの粉がきれいな輪を描き始めた。それは、春雄には幻想的とも思える光景だった。確かに、第1、第2、第3の環流ができてきたのだ。この小さな水槽が、琵琶湖のイメージと重なって、何万倍にも大きく見えてきた。

「1つお聞きしたいんですが、湖岸で暖められた水が対流をおこし、コリオリ効果で水平的な環流に発達してゆくのはわかったんですが、それでは、湖岸の熱が環流の中心まで伝わらないことになりませんか」

「それがOさんの研究テーマなんだけど、よくアルミ粉の動きを見てごらん」春雄が目をこらして見ると、今までまるい円を描いているように見えたアルミ粉が、実は複雑に曲がりくねって流れているのに気づいた。ある時には楕円、三角、四角といったふうに。

「これは、湖岸の熱を湖心に効果的に伝えるための湖流のダンスさ。このダンスの形は湖岸と湖心の温度差によって決まるけど、もっと詳しい話はOさんが書く論文を読んでもらえれば理解できるよ。こういう地球上の流体に興味があったら、東大海洋研究所の木村竜治先生の書かれた『流れの科学』という本を読んでごらん。これで僕の話はおしまい。この他にも色々な物理現象があるけど、それは次の機会ということにしよう」

春雄はKさんとOさんにお礼をいって琵琶湖研究所をあとにした。手にはOさんからもらった回転水槽実験の写真(写1)を握りしめていた。なんということだ。計算機を通して琵琶湖の物理がわかるなんて。それに、あんな小さな水槽で、琵琶湖の物理現象が再現できるなんて。今日の午後はまるで魔法を見ているようだった。僕もあんな実験をやってみよう。そんなことを考えながら、春雄は暗くなりかけた家路を急いだ。

おわりに

本文中に書きました『計算機による琵琶湖研究支援システム』はまだアイデアの段階で、完成していないことをおことわりします。また、文章の構成、内容に関しては、前述の『流れの科学』を参考にしたことをつけ加えておきます。

世界の湖(4)

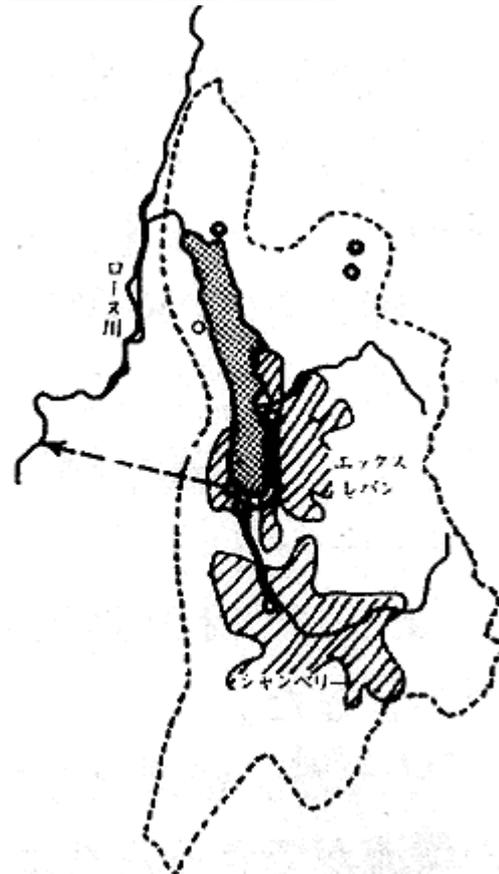
ボージェ湖(フランス)

フランス最大の湖(フランスとスイスの国境にあるレマン湖を除く)、ボージェ湖は、リヨンの東約80kmの地点にある。近くにアヌシー湖、80km東にモンブラン、80km北東にはレマン湖があり、この地方はフランスの有名な観光地となっている。

ボージェ湖は南北に細長い形をしており、表面積は琵琶湖の約1/15であるが、最大深度は150mと深い。湖水は北西から流出し、ローヌ川に注いでいる。北東の湖岸に沿っては鉄道が走っており、そのすぐ近くまで高い崖がせまっている。この崖の上は緑の急斜面が続いているが、山頂付近で再び高い崖となっている。崖は横に帯のように続き、その白さが印象的であった。一方、西側は、落葉広葉樹におおわれた山々の裾が急勾配で湖面に入っている。バルザックは、「水、空、そして大地が最高に調和している所」と称賛している。

そのように美しかった湖も、近年シャンベリーやエクスレバンなどの都市排水により汚濁が進んだ。そのため水質保全対策がたてられ、現在では1979年に完成したトンネルを通じて処理水を直接ローヌ川へ放流している。(図1)

観光基地となっているエクスレバンのヨットハーバーはかなり汚れているが、そこを出るとききれいな湖水であった。また、琵琶湖の景観を損ねているビニールなどのゴミは、ここでは湖岸に少し打ち寄せられている程度で、あまり目につかなかった。八の字の口をもったゴミ収集船“ペリカン”が活躍しており、この効果も大きいのであろう。ボージェ湖の美しさを守る努力が地道に行われていた。



ボージェ湖集水域と処理施設(o)

[研究サロン]

湖沼学入門(1)透明度について 研究員 高橋幹夫

湖水の澄みぐあいを示すのに、透明度という指標があります。測定方法は簡単で、直径25～30cmの白色の円板を水中に枕めて周囲の水と識別できなくなる深さを測ってmで表示します。澄んでいる湖ほど透明度が大きいわけです。この方法はイタリアのセッキーというお坊さんが19世紀中頃に考えだしたもので、単純なうえ測定精度が高く、その値から湖の性状をかなりよく知ることができると、現在でも湖沼観測の基本項目にかぞえられています。

純水の透明度は約95mですが、実測された湖での透明度の最大値は、1931年8月の摩周湖の41.6mです。このような湖は、神秘的な藍色を示します。それは、水面を透過した光がおもに水分子に吸収されて減衰するとき、水分子が赤色光などの長波長の光を吸収しやすいので、深くなるにつれて吸収されにくい青色光が相対的に増加するためです。しかし多くの湖では、透明度は10m以下です。たとえば琵琶湖北湖27地点で測定した1981年の年平均透明度は5mです。このような湖水では、おもに懸濁物—光合成色素をもつ植物プランクトン、その分解産物であるデトリタス、粘土鉱物などの無機物粒子に大別される—による吸収・散乱によって、光が減衰します。北湖27地点の透明度の月別平均値は、図の実線で示すように、植物プランクトンの増殖に適した春から秋にかけて、冬の値の約半分に低下しており、特に5月と10月には約3mまで減少しています。この時期は、春と秋の植物プランクトンの大増殖期に一致しています。このことから、北湖での透明度の変化は、主として植物プランクトン量の変化を反映していることがわかります。こういう湖では、透明度のみならずその水色も、植物プランクトンの量に応じて青色から緑色へと変化します。

一方南湖21地点での1981年の透明度の年平均は約2mで、その季節変化を図の点線で示しました。南湖の透明度は、北湖に比べて季節変化が小さいことが特徴です。南湖は浅いため、とくに冬に風波によって湖底泥が巻き上げられて、デトリタスや無機物粒子の濃度が高くなるので植物プランクトン量の季節変化に対応した透明度の変化が見られなくなると考えられます。デトリタスなどの濃度が高いと、水色は緑色から緑黄色へと変化し、視覚的にも湖が汚ないと感じられるようになります。水中照度計で水中の光の強さを測定すると、透明度のあらず深さでの光の強さは、水面での値の約15%に相当します。水中の光は深さに対して指数関数的に減衰するので、透明度のおよそ2倍の深度で表面光の1%になります。多くの水域での光合成測定の結果によると、植物プランクトンは、相対照度が1%になると有機物の合成反応である光合成と分解反応である呼吸の値が等しくなります。この状態まで光の減少する深度を補償深度といいます。補償深度以浅では、合成が分解を上まわり、植物プランクトンは成長することができます。この層を生産層といい、それ以深を分解層といいます。

透明度が5mである北湖では、わよそ10mまでが生産層になり、透明度が2mである南湖の生産層の下限は4mで、ほぼ南湖の平均水深と同じです。すなわち南湖では、全水層が生産層になっているわけです。

湖の物質代謝は、栄養塩、光、水温、水の流動・拡散など多くの要因が作用している現象なので、透明度だけからその機構を理解することはできませんが、多くの要因が複合された結果である湖の特性を把握するためには、透明度はかなり役に立つと考えてよいでしょう。

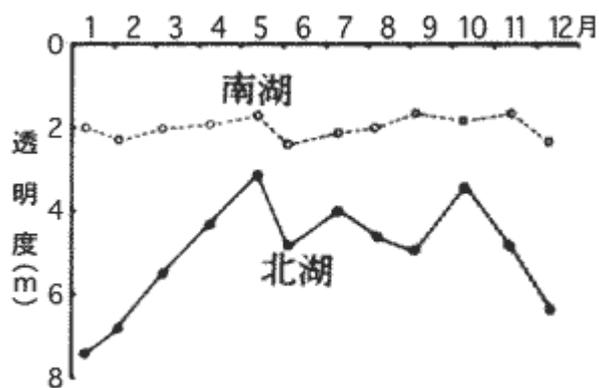


図 北湖と南湖の月別平均透明度(滋賀県衛生環境センター「琵琶湖水質調査報告書」より引用)。

●編集ノート

▲10月末の寒波で伊吹山に早くも初雪。「霜月」ともなると、湖北の山々は紅葉の季節から一気に冬のたたずまいとなった。シベリアから冬の使者コハクチョウの群れが訪れている。▲師走をむかえ、研究員一同もフィールド調査・資料解析で忙しい。吉良所長と秋山研究員は中国湖南省を視察(11/25～12/7) ▲ニュース第6号発行後の琵琶湖関連の主なでき事はつぎのとおり。▲アオコの大発生(9/21、10/9)は琵琶湖のうめきか。淀川の水質が2年続きの悪化(大阪府環境白書、9/29)など琵琶湖の環境変化に関するニュースが多い。▲来夏の'84世界湖沼環境会議の方向性を探る「プレ会議」開催(9/17)や琵琶湖・淀川環境会護(11/11)'83余呉湖シンポジウム(11/29)などと会議が続いた。▲だが、いわゆる湖沼法とアセスメント法はともに廃案(11/17)

▲ニルスにでもなればコハクチョウの話し声がきけるが、さて、琵琶湖の汚濁のうめき声をききとどけるにはどうすればよいだろうか……。 (伏見)