# オウミア　No.36

琵琶湖研究所ニュース

1991年　6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



当事者の環境学をホタルダス、雪ダスから

地球の温暖化と琵琶湖の雪　－　琵琶湖研究所　伏見硯二

科学技術庁振興調整費による地域流動研究

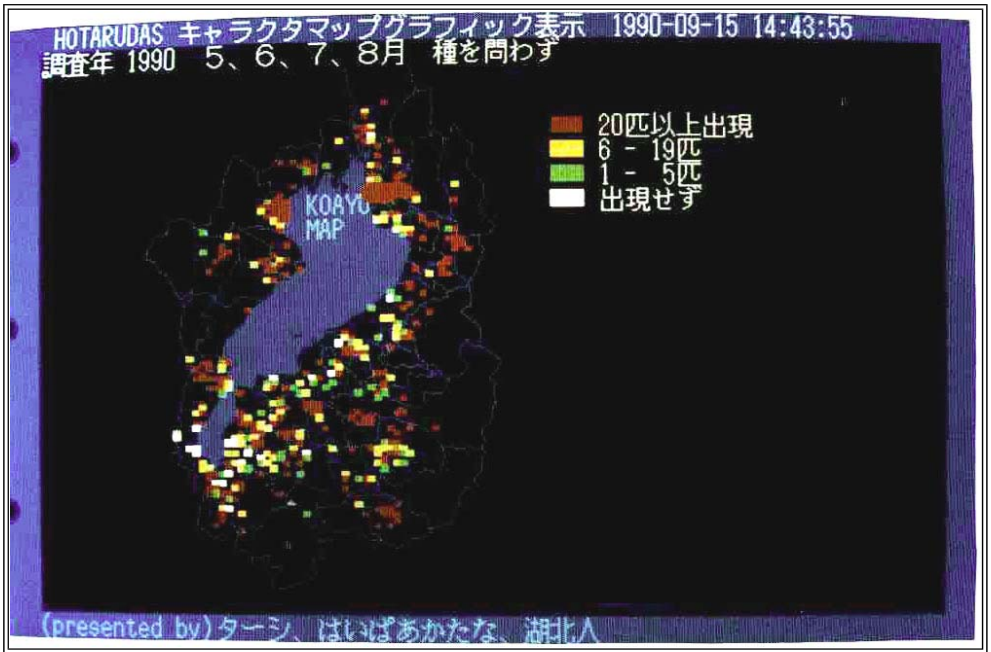
「琵琶湖を場とする湖沼環境観測および水質改善技術の高度化に関する研究」

－ 琵琶湖研究所　　熊谷　道夫

お知らせ・トピックス

世界の湖(31) － ツクルイ・ダム湖(ブラジル)


## 当事者の環境学を




1,298人の観察結果を持ち寄ってみました。
（1990年5月から7月までの観察記録集計結果より）

参加者の方のスケッチ便りから

地域の環境を理解し、保全するのは地域の住民です。その基礎調査として、夏はホタル、冬は雪という、滋賀県下全域にわたる環境調査が、住民参加ですすめられています。

# 当事者の環境学をホタルダス、雪ダスから

琵琶湖研究所では、1989年度から3年計画で、「水と文化研究会」（高谷好一会長）に委託をして、地域住民の方たちに呼びかけて身近な環境調査をはじめました。この調査では、これまであまり調査されることのなかった環境項目についての調査データを集めるという目的とあわせて、調査活動を行うことにとって地域の方がたにそれぞれの身のまわりの環境のありさまを知ってもらい、地元当事者による環境学をうち立ててほしいという望みもこめられています。

## 観察地点全体の86%でホタルを確認

表1　ホタルダス参加状況

| 年 | 参加人数 | 調査地点数 | のべ調査日数 | 1地点あたり平均観察日数 |
|---|---|---|---|---|
| 1989年 | 510人 | 519ケ所 | 4，532日 | 8．7日 |
| 1990年 | 1，298人 | 1，265ケ所 | 21，620日 | 17．1日 |

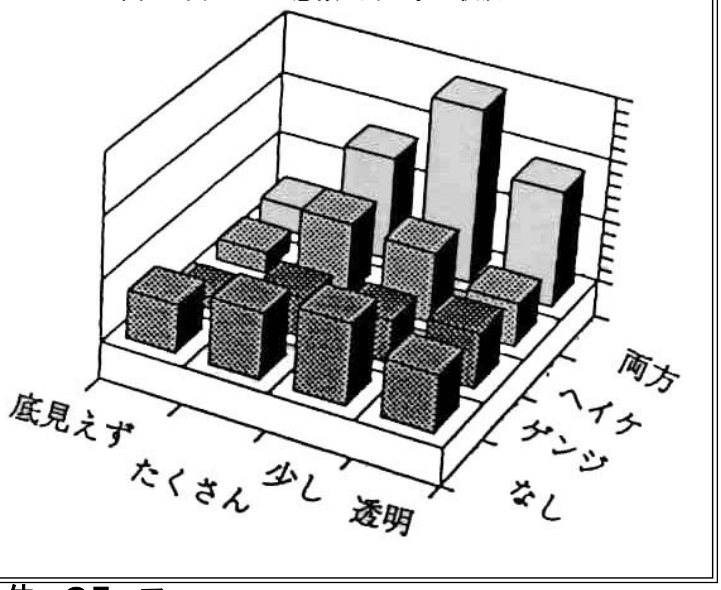
夏はホタル、冬は雪という“蛍雪作戦”は、アメダスにちなんで「ホタルダス」「雪ダス」と名づけました。表1には、過去2年間のホタルダスへの参加状況を示しています。2年間で約1,800人の方が参加して下さいました。少ない人でも2～3日、多い人では60日間以上もホタルの観察を継続して下さいました。表紙の地図は、ひとりひとりの参加者の方の地道な観察努力が凝縮されたものです。

この地図によると、ホタルが20匹以上観察された地点は湖北や湖西に多く、それに反して湖南や湖東部では観察されない地点が多くなっています。地点数でみると、観察地点の86%のところで少なくとも1匹以上のホタルが観察されています。また初ホタルの発生時期を詳細に分析してみると、近接地点であっても、発生時期は数日からそれ以上のバラつきがあることがわかりました。

## ホタルには適度の栄養分が必要？

観察場所の水の状況とホタルの発生状況との関係を見てみると、図1に示されているように、底が見えないほど水が汚れている地点ではホタルはほとんど観察されていません。かといって、かならずしも透明な水のところにいるとはかぎりません。「水ワタがたくさんある」「水ワタが少しある」という状況のところでもたくさんのホタルが発見されています。ホタルは単純に「きれいな水の象徴」とはいえないようです。でも、具体的にどのような環境がホタルにとって望ましいのか、詳細な調査は今後の課題です。

図1　ホタルの生息数と川の水の状況




## ホタルダスから水環境全体へのテーマ

ホタルダス調査の何よりの贈り物は、これだけたくさんの県民の方が、自主的にホタル探しをする中で、さまざまな発見や経験をしてくださったことです。「身近なところにこんなにホタルがいたなんて、長い間忘れていました」「ホタルは水の環境だけでなく、街灯ついたりするといなくなってしまうんですね」「子どもと手をつないでホタル探しをしてとてもうれしかったです。」1990年度の参加者の皆さんのご意見をまとめた報告書『私たちのホタル第2号』は300ページを越えるほどの大冊になりました。ひとりでは見えないことがたくさんの人の意思と努力によって見えるということを改めて教えてくれたホタルダスでした。ホタルを通じて、広い意味での水環境に興味をもってくれる住民の方たちが増えてくれたことは心強いかぎりです。

この調査が所期の期待以上の成果を残してくれたのは、ひとりひとりの参加者の方の　主体的意思とともに、多くの団体が組織としてご参加くださったことのおかげです。下記の参加団体関係者の方がたに深く感謝いたします。

水と文化研究会、琵琶湖地域環境教育研究会、県環境教育実践推進校（小・中・高）、琵琶湖会議、ガールスカウト日本連盟滋賀県支部、滋賀県自然観察指導者連絡会、県消費生活グループ連絡会、環境生協、湖南生協、琵琶COMネット、藏ネット近江、あどりぶネット、湖鮎ネット

# 地球の温暖化と琵琶湖の雪

－琵琶湖研究所　伏見　硯二－

地球の温暖化がすすみ、2030年には年平均気温が1.5～3.5°C上昇すると、気象庁は予測しています。そうしますと、彦根の年平均気温は14.1°Cですので、彦根が大分（年平均気温15.6°C）から鹿児島（同じく17.3°C）のようになるというのです。
原因は、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加です。二酸化炭素のほかにもオゾン層を破壊するフロンや、水田や家畜の糞などからでるメタン、さらに亜酸化窒素などが温室のガラスのような作用をして、入ってくる太陽光は通しますが、地表面からでてくる放射熱を吸収し、大気を暖めてしまうのです。
それでは、地球の温暖化の概要と、滑暖化がすすんだ場合、水資源としても重要な琵琶湖の雪はどうなるのかについて報告します。

琵琶湖からの雪の比良山

## 地球の温暖化

今年は、地球の温暖化についての会議がたくさん開かれています。1月には京都の国際フォーラム「地球環境の保全をめざして」と筑波の国際会議「気候変動による環境と社会への影響」などがありました。3月には琵琶湖研究所でも「地球の温暖化とその影響」についての研究会を行い、山元龍三郎京都大学教授には「地球温暖化について」、内嶋善兵衛お茶の水女子大教授には「温暖化が植物・農業に与える影響」、熊谷道夫琵琶湖研究所主任研究員には「温暖化が琵琶湖にあたえる影響」について報告していただきました。

地球温暖化の主な問題は3つあります。まず①、本当にそうなるのか。そして②、そうなったらどうなるか。それでは③、どうするか、です。

まず①ほんとうにそうなるのかについては、これまでの資料やモデルによって予測されてきました。その結果、地球全体としては温暖化に向かっていることを多くの研究者が認めるようになってきています。問題は、温暖化がすすむなかで、世界のそれぞれの地域がどうなるかです。山元龍三郎教授によると、北緯40度付近では、冬が4°C、夏は2°C程度の温暖化で、冬のほうが温暖化の影響が大きくでるとのことです。不確定なことが多い各地域の予測精度を高めるのが、現在のおもな課題です。

そして②、そうなったらどうなるかについては、内嶋善兵衛教授によると、日本の稲や小麦などの栽培帯が北上し、収量は増えるが、新しい栽培技術や高温用の品種が必要になるとのことです。琵琶湖への影響に関しては、表層水温が上昇して、暖候期の成層期間が長くなるため水質が悪化し、湖流・生物相の変化も起こる、と熊谷主任研究員はみています。温暖化問題については、とくに海水面上昇の影響を直接うける国々の人たちが深刻にうけとめています。例えば、バングラデッシュは最近もサイクロンの洪水被害をうけていますが、温暖化で海面上昇がおこると、洪水被害をうける可能性がさらに高まるものと心配されています。

それでは③、どうするかについては、数年前から世界各国で会議が開かれ、政治問題としてもとりあげられています。問題は二酸化炭素などの温室効果ガスをいかに削減するかです。削減策に積極的なヨーロッパなどの国にたいして、温室効果ガスの排出大国であるアメリカなどが消極的なため、どうするかについての結論は1992年のブラジルの会議にもちこされました。問題は、国ごとに排出量やこれまでの対策がことなっているなかで、温室効果ガス削減の全体目標を設定し、それを具体的にいつまでに実現するかについて、国際的な共通理解がえられるかどうかです。

いずれにしても、地球の温暖化の影響がでてしまってからでは遅すぎます。温暖化の影響を評価して、その対策を考えておく必要があります。

## 琵琶湖の雪への影響

温暖化がすすんだ場合の雪の総量（総降雪水量、ここでは積雪水量と呼ぶ）を見積もる場合は、雪の積もる平均的な下限高度（雪線）が温暖化にともない上昇すること、また同時に、温暖化によって大気中の水蒸気量が増えますので、降水量が増大することを検討する必要があります。つまり、積雪水量を減少させる雪線高度の上昇と積雪水量を増加させる降水量増加の2つの相反する要因を評価しなければなりません。

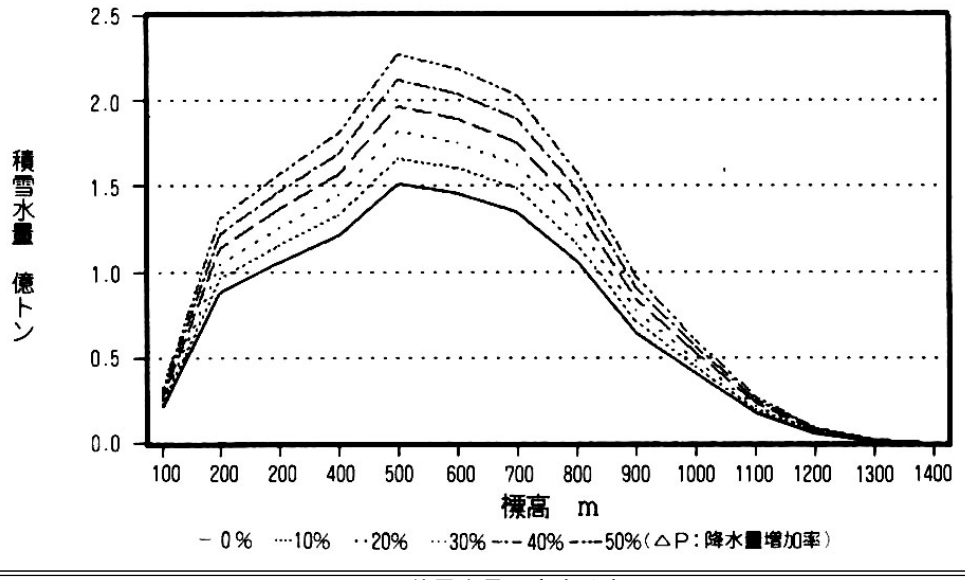



図1 積雪水量の高度分布

図1の実線のカーブが1968年以来の平均的な積雪水量（降水量増加率、△P＝0%）の高度分布で、琵琶湖集水域全体の年平均積雪水量は10億トン程度です。他の線は降水量が10～50%増加したときの積雪水量の高度分布を示します。積雪水量の高度分布の特徴は雪の降りかたと地形分布の影響をうけ、琵琶湖集水域では高度400～800mに雪雪が大量に蓄えられています。温暖化したときの雪線高度の上昇量は、1968～1990年の彦根（標高90m）と伊吹山頂（標高1,377m）の冬期平均気温差から求めた気温減率（0．67°C／100m）で温暖化の程度に応じて推定し、温暖化した場合の積雪水量は降水量増加率の各ケースごとに見積もりました。

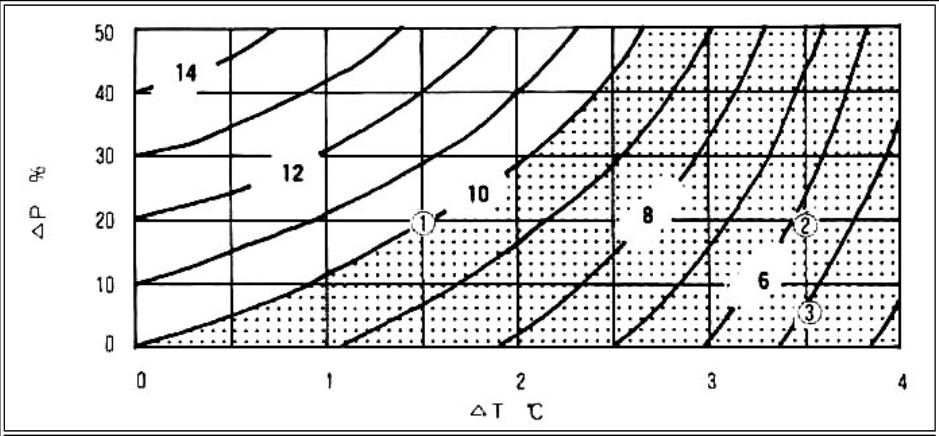



図2 積雪水量と年平均気温上昇量（△T）、降水量増加率（△P）の関係

図2では、温暖化による年平均気温上昇量と降水量増加率の変化から積雪水量を見積もっています。ハッチの部分は、積雪水量が平均積雪水量10億トン程度より少ない領域を示します。2030年代には、年平均気温が1.5～3.5°C上昇すると予測されますので、1.5°Cと3.5°C上昇する場合の積雪水量をまず検討してみましょう。

年平均気温が1.5°C上昇の場合は、降水量が20%以上増加しないかぎり、琵琶湖集水域の年平均積雪水量である10億トン程度以上にはなりません（図中の①）。また、3.5°C上昇の場合だと、降水量が20%増加しても、積雪水量は6億トン程度にまで減少してしまいます（図中の②）。

冬期の平均気温上昇量は年平均気温のそれよりも大きいと予測されていること、および降水量増加率が20%に達する可能性は少なく、5%程度との報告があり、これらはいずれも積雪水量を減少させる要因になります。つまり、上記の推定積雪水量では過大な見積といえるでしょう。降水量増加率5%、年平均気温3.5°C上昇の場合、積雪水量は5億トン（図中の③）と、平均値の半分程度になってしまうのです。

したがって、温暖化がすすむと予測される2030年代の積雪水量はかなり減少し、これまでの平均積雪水量の半分程度になる可能性が高いので、琵琶湖の水資源の有効利用にとって新たな対応が求められてくる、と考えます。

# 科学技術庁振興調査費による地域流動研究
# 「琵琶湖を場とする湖沼環境観測および水質改善技術の高度化に関する研究」

－琵琶湖研究所　熊谷　道夫－

## 地域流動研究とは

地域流動研究とは、「我が国の科学技術会議の方針に沿い、科学技術振興調査費を活用し、地域の研究ポテンシャル、地域の特殊な自然環境等地域の特性を活かした基礎的・先導的研究の推進を図ることとし、もって我が国の科学技術水準の向上と地域の活性化に資する」ことを目的として、1990年度から毎年3課題ずつ実施されています。平たく言えば、各都道府県で核となる研究機関（公設試験研究機関、大学、民間研究機関等）を設定し、国の試験研究機関や大学、民間等の研究機関・研究者がより集まって技術や知恵を出し合い、地域全体の基礎科学技術の活性化を図ろうというものです。

1990年度には、山形県・福岡県・沖縄県の研究課題が採択されています。1991年度には、滋賀県・大阪府・鳥取県が選ばれました。おおまかな分類としては、医療技術（山形県）、工学技術（福岡県、大阪府）、環境技術（沖縄県、滋賀県、鳥取県）と分けることが出来ます。最近の地球環境問題を反映して、環境問題に関連した研究課題がおおいのも特徴と言えるでしょう。

## 滋賀県の研究課題

滋賀県では、「琵琶湖を場とする湖沼環境観測および水質改善技術の高度化に関する研究」という研究課題を提案し、科学技術庁研究調査小委員会および政策委員会の審査を経て1991年3月に採択されました。本研究課題は、1991年度から1993年度まで3カ年継続し、総額で2億円程度の研究費が投入されます。

本研究は、中核オーガナイザー（研究・運営の統括を行う人）である琵琶湖研究所の吉良所長を中心として、工業技術院電子技術総合研究所、中国工業試験所、国立環境研究所、京都大学生態学研究センター、滋賀工業会、滋賀県琵琶湖研究所の6つの研究機関と多くの外部研究者の参加を得て実施されます。

大きな研究テーマとしては、①水生生物センシングの高度化、②水況観測手法の精密化、③富栄養化の基本機構の解明、④地球規模の気候変動が湖沼に及ぼす影響の評価、⑤水質改善手法への応用があげられます。また、これらの成果を踏まえて、取得データのデータベース化、新しい計測手法についての情報交換や計測の標準化を目指した国際共同観測の実施も予定されています。

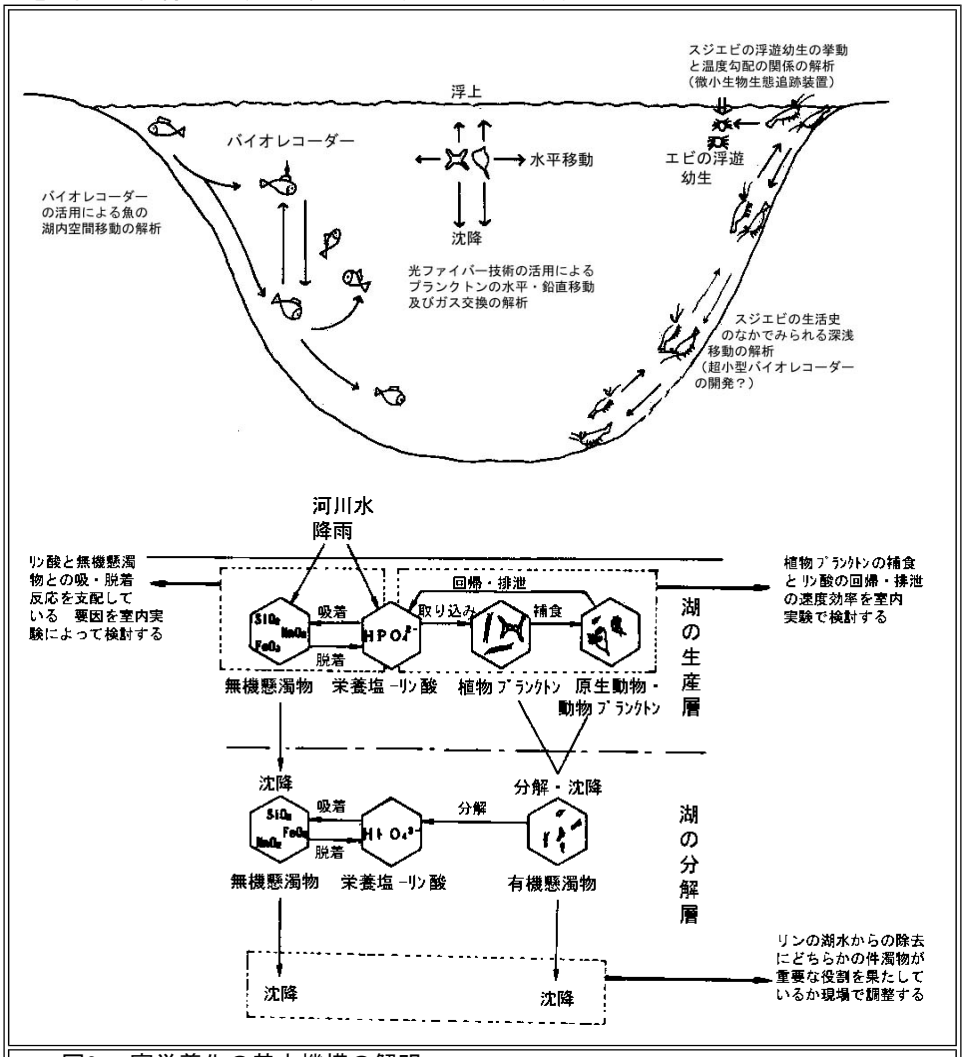



図2　富栄養化の基本機構の解明
（湖におけるリンの輸送と循環）

1. 水生生物センシングの高度化では、（A）微小生物センシング技術の開発と高度化、（B）バクテリア計数の画像解析処理手法の開発、（C）水 生生物生態追跡手法の開発（図1参照）の3つの研究テーマがあります。
2. 水況観測手法の精密化では、（A）波動および流動場にともなう懸濁粒子の分布と輸送過程、（B）水質のリモートセンシングと流動場の予報の2つの研究テーマがあげられています。
3. 富栄養化の基本機構の解明（図2参照）では、湖におけるリンの輸送と循環について最新の手法を用いた研

究を進めます。

4. 地球規模の気候変動が湖沼に及ぼす影響の評価では、酸性雨の自動測定化や炭酸ガスの計測、湖底付近の水の起源等について調べます。
5. 水質改善手法への応用では、(A)局地的水質改善手法の理論的・実験的検討と(B)沈水植物再利用の技術的検討が実施されます。

## 既存研究の接着剤としての役割

琵琶湖研究所のプロジェクト研究は、主にソフトを主体として実施してきました。すなわち研究者個々が所有しているアイデアやデータが琵琶湖研究の核となっているわけです。しかし、いかに有能な研究者でも、よい道具がなければ正しい結果を得ることが困難な場合があります。湖の中のデータを取得することは、陸上の場合の10～100倍も困難です。目でみることが制約されていますし、直接触れてみることも困難です。よく湖の富栄養化現象として、アオコや赤潮の発生があげられます。これらは人間で考えたら腫瘍のようなものです。この腫瘍が、外傷によるものか内臓の疾患によるものかはそれなりの測定機器を用いなければ正確な診断がくだせないでしょう。湖にしても同じです。

琵琶湖研究所では、湖の中で起こっているさまざまな現象を理解するために、1991年から湖中探査先端技術化計画(レイクシャトル計画)がスタートしました。これはプロジェクト研究がソフト主体なのに比べて、ハードに重きをおいた実験調査船の導入や、先端技術を利用した計測機器の実用化を目指しています。たとえば、光ファイバーを利用した湖の中の植物プランクトンの個体数を計数する機器や、水中で利用できる顕微鏡などです。また、水中に浮かべてリンなどの水質を計る機器や、ファジー理論を応用した水中ロボットも提案されています。まさに、各分野における先端技術が水中に投入されようとしてします。

ところが、いくらソフトやハードが整ってもそれだけでは不十分です。どんなによい機器でも、使いこなす研究者がいなければただの箱に過ぎません。どんなに完備したソフトでも、研究者の用途に合致していなければ、なにもないのと同じです。このことを解決するためには、機器を開発する人が、湖沼研究者と共同で議論が出来る場を設定する必要があります。つまり、ソフトとハードをつなぐ中間的なものが必要です。一種のファームウエア的なものです。地域流動研究は、琵琶湖研究においてまさにこの役目を担っています。これまでのソフトとハードといった対峠した概念から、もう一つの中間的な役割をもった場の設定という概念を導入することによって、研究体制の硬直化をふせぎ、柔軟な取り組みを可能にすることができます。なぜ、このような考えが必要かといえば、湖の研究は人間も含めた生態系の研究に帰着するからです。

たとえば、さきに述べた水生生物センシングの高度化という研究ではレーザー光を用いて植物プランクトンが持つクロロフィルを直接湖内で計るという機器の開発がなされます。その時、植物プランクトンがどの波長帯で蛍光を発生するのかという基礎情報が研究者から提供されます。機器の開発だけならこの段階で話は終わります。しかし、もう一つの大切なことは、研究者のニーズは何かということなのです。研究目的に合致しない機器は利用されませんが、逆に、新しい計測機器が新しい研究目的を作ったりもします。これらの情報をうまく交換する場が必要です。

## 新しい研究体制の確立を求めて

機器開発という主にハードに携わる人と、基礎研究という主にソフトに携わる人とのコミュニケーションを促進させ、有効な成果を上げるために、地域流動研究ではソフト、ハード、両者の連結形態という3者の間でトライアングル・コミュニケーションを模索します。なぜなら、多くの人々の知識と技術を集約して、みんなで少しづつ前進することが、かけがえのない琵琶湖をまもる上で必要だからです。

## トピックス　－ ユリカモメ －

去る3月1日、大津市は「市の鳥」としてユリカモメを選定しました。市民からの公募で決定されたとのことであり、人気の高さをあらわしているといえるでしょう。ここで、ユリカモメとはどんな鳥なのか、その特徴などについて日本鳥類学会員の須川恒氏にうかがってみました。

桟橋でひと休み

ユリカモメは、カモメ科の鳥で、ユーラシア大陸、ヨーロッパ、極東にかけて広く繁殖し、琵琶湖には10月ごろから4月頃まで生息しています。しかし、琵琶湖に来るユリカモメはどこから来ているか、これまでよくわかっていませんでした。近年、ユリカモメの中に、ソ連製の足環をつけたものが琵琶湖岸　や日本各地で発見されたのをきっかけに、カムチャッカで標識されたものであることがわかりました。どうやらカムチャッカあたりが琵琶湖に来るユリカモメの主な繁殖地のようです。

浅瀬でエサをとり、水生昆虫や小魚、川に流れている食べ残しのゴミなど何でも食べる雑食性です。体の大きさは、ハトと同じぐらいで、赤いくちばし、赤い足が白い体によくはえます。しかも目は黒く、つぶらな瞳のかわいい顔をしています。

英語ではユリカモメのことを、black　headed　gullと呼んでいます。琵琶湖のユリカモメは、冬は白い体をしていますが、夏になると頭部が黒色に変わっているのは意外と知られていません。

フライ　キャッチング

琵琶湖のユリカモメの中には、昼間は鴨川など京都市内の川に出向き、夕方また琵琶湖に帰って眠るものが多数います。夕方、何百羽、何千羽と群をなして、比叡山を越えて帰ってくる姿は壮観です。これは「通勤カモメ」ですね。鴨川では、1974年からユリカモメが冬をすごすようになりました。その数は年々増え、現在では多いときには約1万羽にもなります。

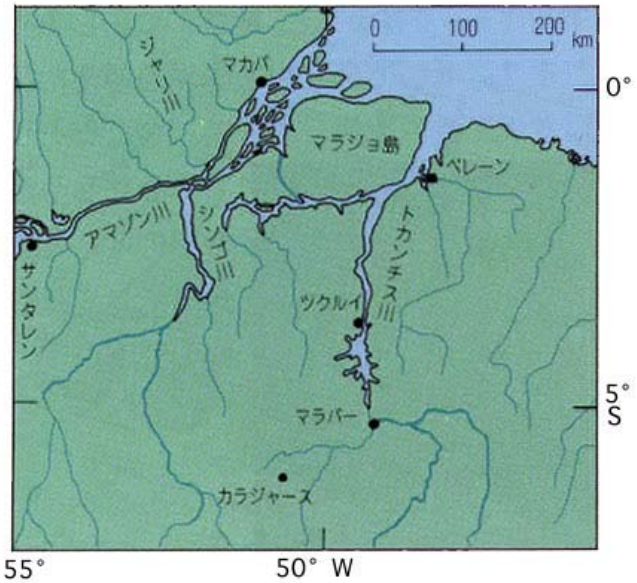
ユリカモメは、人に対する警戒心が弱く、パンくずなどと投げるとすぐ集まってきます。投げたパンを空中でキャッチするなど、観察のたのしみを与えてくれます。そして何よりも国境を越えた広がりを感じさせてくれる渡り鳥です。今ごろどうしているだろうか。今年の冬も元気で帰ってきてほしいものです。

# 世界の湖(31)　ーツクルイ・ダム湖(ブラジル)

トカンチス川は、アマゾン川の河口の南東で大西洋にそそぐ、アマゾン地方の大河のひとつです。その河口の港町ベレーンは、空からみると、水と密林のなかに浮かぶ白い文明の島のようでした。アマゾンの現状を象徴する眺めです。

ベレーンから埋蔵量世界最大のカラジャースの鉄鉱山へとぶ軽飛行機便の、最初の中継地がツクルイでした。トカンチス川をよこぎる長さ14kmの長大なダムがみえます。中央部のコンクリート部分には、3年前に琵琶湖研究所で開かれたワークショップでみた記憶のある「波返し」のついた放水路があり、さかんに水煙をあげていました。

1984年に完成したこのダムは、水面面積が2千km$^2$をこえ、あとでできたバルビノ湖とともに、稼働中のアマゾンのダム湖5つのうち最大のものです。4,000メガワット発電量は、カラジャース鉱山やベレーンのアルミニウル精錬所に供給して余りがあり、付近の豊富な鉱物資源を利用する巨大な工業化が計画されています。




ダム湖の長さは100kmあまり、湖の上端にあるマラバーの空港まで45分ほどの飛行でした。水深は浅く(平均19m)、湖内一面に枯れ木が林立しています。上流に向かって湖の半分くらいまでくると、急に黄緑色の浮遊植物が水面に目だちはじめました。ブラジル北部電力(エレクトロノルテ)の報告によればホテイアオイかオオサンショウモのはずですが、色からみるとボタンウキクサかもしれません　。複雑に屈曲した湖岸の入り江をうずめつくし、開水面まで進出しています。あと半分をうずめるのも、時間の問題かと思いました。

枯れ木の林立する湖面

熱帯林地帯のダム湖がおこす環境問題の筆頭は、湛水がおこす富栄養化です。ぼう大な森林のバイオマスが高温の水のなかで分解するので、湛水とほとんど同時に底水層が無酸素化し、発生する硫化水素が発電設備の金属を腐食したり、生物が酸素欠乏で死滅したりする一方で、表水層では水草やプランクトンが爆発的に増えるのです。

ツクルイ湖では、1986年ころは、深さ20m以下は一年の大半が酸素欠乏状態となり、ダムから下流の川でも、オーバーフローした水が通る右岸側を除いて、20km以上も無酸素水が流れていました。放水路の下流側で水を巻あがらせる波返しは、酸素の取りこみを促進するための設計ですが、十分な効果はなかったようです。

富栄養化は、バイオマスの消失とともに回復します。水の交替のおそいダム湖では20年も続いた例がありますが、幸いツクルイ湖の水の平均滞留時間はわずか51日ですから、比較的回復は早いようです。現在の水質は琵琶湖の南湖程度です。

ジャングルの海のなかにとつぜん高度な文明の島ができるのが、アマゾンの開発のすがたです。それが原住民の社会・経済におよぼす影響は、べつの大きな問題をおこしています。それについては、アメリカの女性ジャーナリスト、コーフィールドの「熱帯雨林で私がみたこと」(築地書館、1990)をご覧ください(吉良竜夫)