

オウミア No.37

琵琶湖研究所ニュース

1991年 9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

[生活排水処理対策の費用と便益](#)

[ドイツにおける湖沼環境研究 - 琵琶湖研究所 前田 広人](#)

[琵琶湖・淀川水系における化学物質リスク研究の展望 - 岐阜大学 東海 明宏](#)

[お知らせ・トピックス](#)

[世界の湖\(32\) - トバ湖\(インドネシア\)](#)

生活排水処理対策の費用と便益

琵琶湖に流れ込む生活排水の汚濁負荷を減らすためのとりくみの中心となっているのは下水道の整備です。

便所を水洗にし、たれ流されていた生活雑排水をし尿と一緒に集めて処理をして、公共用水域に放流するという機能をもつ施設をすべて、ここでは「下水道」と呼ぼうと思いますが、その「下水道」が、制度上はいろいろな種類に分かれており、それらを管轄する省庁も、補助金などの体系も異なっています。そのために、必ずしも全体として整合的で効率的な下水道の整備が行われていない可能性があります。そこで、彦根・長浜を中心とする2市17町からなる地域を例にとって、いくつかの下水道整備の代替案を、費用と便益の観点から比較するという研究を行いました。

現在の計画では、この地域の生活排水の大部分は、「琵琶湖流域下水道彦根長浜処理区」として処理されることになっています。



東北部浄化センター流入管渠

この計画は、各市町の「公共下水道」が各戸の生活排水を集め、それを、県が建設する「流域下水道」の幹線管渠で、「東北部浄化センター」に運び、そこで処理をして琵琶湖に放流するというものです。1990年度末時点で、幹線管渠は、総延長(計画)139kmのうち16.4%ができ、今年度、一部で供用が始まっています。

ところが、このような大規模な下水道の建設には大変お金がかかり、流域幹線管渠の末端に近い地域にまで下水道が到達するのは、何年も先になります。そこで、そうした地域を中心にして、「農業集落排水事業」の名で、集落単位の小規模な下水道(農村下水道)の整備が行われています。農村下水道は、この地域で現在約9,400人の汚水を処理しており、今後、この数字は増えていきます。こうして農村下水道で生活排水が処理されるようになった地域に、公共下水道の整備が進んできたとき、すでにある農村下水道がどうなるのかは、はっきりしていません。二重投資を避けるべきであるなら、流域・公共下水道を整備する地域と、将来にわたって農村下水道のような小規模施設で処理をする地域とをはっきり分ける必要があります。ここでは、それをどのように決めるかという問題を、費用便益分析によって考えてみました。

処理システムの優劣とその比較方法

農村下水道が、規模の大きい流域・公共下水道と比べてまざっている点は、費用が少ないということです。これに対して、流域・公共下水道がまざっているのは、汚濁負荷の除去能力です。それらの優劣の概要を表1にまとめておきます。便所の水洗化を可能にするという機能においては、2つの下水道に差はありません。ただし、農村下水道は建設費が安いので、同じ費用をかけるなら、流域・公共下水道よりも早く使用を始めることができます。この「早さ」は、汚濁負荷の除去にも効いてきます。

理想的な費用便益分析では、これらの利点や欠点をすべて貨幣額の便益と費用で表わして、便益から費用を差し引いたものが最も大きくなる案を選ぶという考え方をします。しかし、下水道の貨幣価値での便益を求めるのは容易ではありません。そこで、ここでは、貨幣価値に還元されない物的な効果の指標値を費用で割った値を比較することで代用しました。ただし、水洗化の効果だけは、その貨幣的便益を計算し、それを費用から控除することによって、残りの「純費用」に対する、3つの項目(COD・窒素・りん)の汚濁負荷の削減の効果を比較できるものと見なしました。効果や費用の現われる「早さ」は、将来の効果・費用を年率7%で「現在価値」に割り引くことによって考慮しました。また、費用は、下水道の建設費・維持管理費を含めた総費用から、下水道の供用によって節約される、汲み取り便所の収集処理費、および浄化槽によって水洗化していた分の処理費用を差し引いたものとし、汚濁負荷削減効果も、下水道によって除去される各汚濁負荷のトン数から、汲み取りし尿処理または浄化槽による処理をやめることによって増加する各汚濁負荷のトン数を差し引いたものとしています。

表1 流域・公共下水道と農村下水道との比較

	建設費	維持管理費	排水水質(mg/l)			
			BOD	COD	窒素	りん
流域・公共下水道 1)	113万円/人	66円/t	1.3	5.3	5.9	0.07
農村下水道 2)	73万円/人	47円/t	11.9	11.8	16.1	2.3

1)湖南中部・湖西の実績から。ただし、建設費はそれをもとに当地域について試算

2)維持管理費は当地域の実施地区での実績から。建設費は滋賀県下の実績をもとに当地域について試算。排水水質は滋賀県下の実績からの平均値

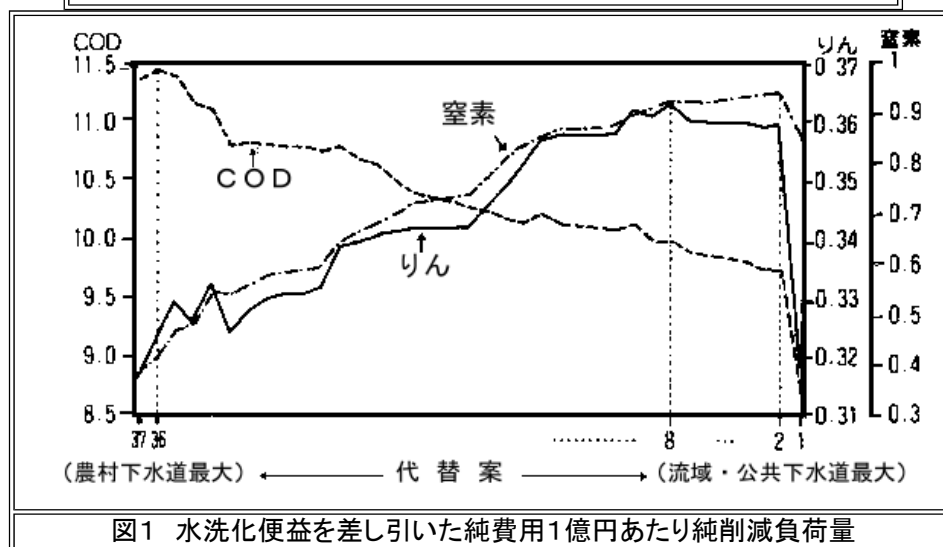


図1 水洗化便益を差し引いた純費用1億円あたり純削減負荷量

代替案とその評価

比較の対象となる代替案は、流域・公共下水道と農村下水道とのさまざまな地域的な組合せからなります。現在の計画どおり流域・公共下水道を整備する案を1案とします。次に、整備地域は現在の計画のとおりですが、見込まれる流入汚水量に合わせて、2条の管渠が計画されている流域幹線の2本目の管渠をつくらないというのを2案とします。そして、流域幹線管渠を、末端から、見込まれる水量の小さい順にすそ切りしていき、幹線が到達した処理分区分まで公共下水道を整備し、残る地域は農村下水道で処理するという案を次々につくっていき、これらを3案、4案等々とします。すでに幹線管渠の建設が進んでいることを考慮して、終末処理場を中心として28個の処理分区分までは必ず公共下水道を整備することになると、公共下水道整備地域が最小になるのは37番目の案ということになります。どの案についても、農村下水道は、その処理地域に公共下水道の整備が及んだ時点で処理をやめるものと仮定しています。

このようにしてつくった代替案について、効果の現在価値を費用の現在価値で割ったものを比較した結果を示したのが図1です。これによると、例えばりんについては、図の8案(65の流域下水道処理分区分のうち57ヶ所まで流域・公共下水道を整備するという案—前ページの地図も参照—)が、水洗化便益と効果の現れる時期の違いを考慮した上で、1万円当たり最も効率よくその負荷を削減するといえることが言えます。窒素については2案が、CODについては36案がそれぞれ最も効率的です。

ここから先の評価は、負荷の各項目が琵琶湖にとってどれほど重要かということに依存します。しかし、そのことが琵琶湖の水質形成の研究の最大の課題のようです。また、ここでは、各施設の汚水処理能力と費用はすべて滋賀県下での実績をもとに計算し、かつ、限られた選択肢しか前提にしていません。もっといろいろな処理施設を組み合わせたり、維持管理費の中に現れていない負担の部分や技術の変化の可能性を考慮に入れたりした場合にどうなるかということは、今後の課題として残されています。(岡 敏弘)

ドイツにおける湖沼環境研究

琵琶湖研究所 前田 広人

1. いまドイツでは



右から2つめの箱が腐葉土用ゴミ箱[Bio-Tonne(バイオトーン)]と書いてある



Bio-Tonneの中身

絵本から飛び出したような町並み、周りの豊かな自然とマッチした風景など、ドイツは人々を引きつける魅力に事欠きません。これだけの素晴らしい環境を築きあげてくるためには、たゆまぬ努力とそのための研究が長年に渡って積み重ねられてきたことは誰にでも想像がつくでしょう。これまでドイツでは「環境心理学」という一風変わった学問がとてもしかんに行われるとともに、その成果が現場の環境問題に活かされてきました。この学問では、景観保護やゴミ問題等が主要なテーマとしてとりあげられてきました。景観保護では、住民一人一人の心がけもさることながら、町が一体となって取り組むと同時に法律によって厳しく規定されています。景観にそぐわないものを法律で完璧に規制できることは、ある種の窮屈さを感じるかもしれませんが、町全体のためには必要なこととされています。この法律を作るにあたっては、環境心理学からの意見が広く取り入れられることは言うまでもありません。ゴミ問題は最近特に激化してきました。環境心理学者の調べたところによると、ゴミ処理に関しては、環境教育を受けた若者たちより、毎日ゴミに接する年輩の人の方がよりの確に仕分けする能力があるとの報告が出されています。また、これまでドイツの人々は可燃性ゴミと金属ならびにガラスゴミは区別して処理していましたが、さらにこの可燃性ゴミのなかで生ものは区別して回収し、それを腐葉土として土に還元しようという運動がおきています。つい先日行われたある町のゴミ処理方法をめぐる住民投票ではこの試みをするに決まったようです。それにしてもゴミの処理法を住民投票で決めて法律化していくやり方は日本では考えられないことです。住民みずからが主体となって、環境問題に取り組む姿には一種の感動を覚えます。きつと投票まえには環境心理学者をまじえて、喧々ごうごうの議論がなされたことでしょう。

ドイツ最大の湖、ボーデン湖の周辺住民にとっても、湖を取り巻く環境問題は我々滋賀県民と同様に最大の関心事です。環境心理学者などのアドバイスをもとに、どこよりも先んじて、生ゴミの腐葉土還元運動にも取り組んでいます。

2. ボーデン湖の将来

ボーデン湖は表面積が琵琶湖の3分の2で、体積が2倍の氷河のあとにできた湖で、ドイツを代表する湖です。毎年多くの観光客が訪れ、湖水は水道水として広く利用される点など、琵琶湖によく似た湖の一つといえるでしょう。湖の透明度は、最大で16m程度と琵琶湖の2倍にも達しますが、春と夏には植物プランクトンの大増殖がいつでも毎年起こっています。ボーデン湖も琵琶湖と同様、戦後の高度成長期にはかなり富栄養化した経緯をもっていますが、下水処理などを徹底したために湖に流入するリンは確実に減少してきました。図1はボーデン湖のリンの濃度変化を示しています。1950年から1975年にかけては増加していましたが、1980年からは年々約9%の割合で減少してきています。環境施策の成果が実際に目に見える形として現れてきた典型的な事例としてよく取り上げられるのは言うまでもありません。



コンスタンツ大学からみたボーデン湖(左手奥のマイナウ島および
リツェルステテン湾は最近、自然環境保護地域に指定された。
ヨシ原をはじめすべての動植物が対象となる。
モーターボートの乗り入れも禁止される。)

しかし、現実はあるようにいかないものです。図2に示すように、確かにリンの濃度はここ10年間で減少してきていますが、湖の栄養レベルの指標となる年間の基礎生産量(植物プランクトンが光合成を行う量)は減少していません。この予想もされなかった結果については、いまのところ植物プランクトンがリンなどの栄養塩よりもその捕食者によって、コントロールされるためだと考えられていますが、詳細についてはまだ分かっていません。

3. コンスタンツ大学では

これまで湖の富栄養化をくいとめるにはリンの流入を制限することが最優先課題とされてきましたが、上の結果が示すように、それだけでは必ずしもこの問題は解決されないのではないかと考えられるようになってきました。そのためボーデン湖畔にあるコンスタンツ大学陸水学研究所では、「ボーデン湖における物質の循環」という、プロジェクト研究を開始しました。この研究のねらいは主に生物を介した物質の循環機構を詳細に解明することによって先の疑問に答えていこうとするものです。そのため、生物学や化学者をはじめとする数十名の研究者が15のテーマにわかれて研究しています。私が滞在していた期間中はこのうち微小生物間の相互作用というテーマで研究を行ってきました。これは植物プランクトンとそれを取り巻く他の生物との捕食や共生といった問題を主に扱う部門で、先のプロジェクトの中で最も重要な位置を占める研究テーマとされており、その研究成果が先の疑問にこたえてくれるものと期待されています。

琵琶湖においても今後このような研究はますます重要になってくると思われます。それにしても、ドイツの人々は自分達の湖を美しく保とうとする意識がとて旺盛です。そしてまた湖の環境を守るための法律も実によく整備されています。これらの法律を作成するにあたっては湖沼学者や先に述べた環境心理学者などの意見が十分に取り入れられることは言うまでもありません。今度、滋賀県からボーデン湖に向かうヨシ条例の視察団一つをとってみても、ボーデン湖に学ぶべき点は数多くあると思います。

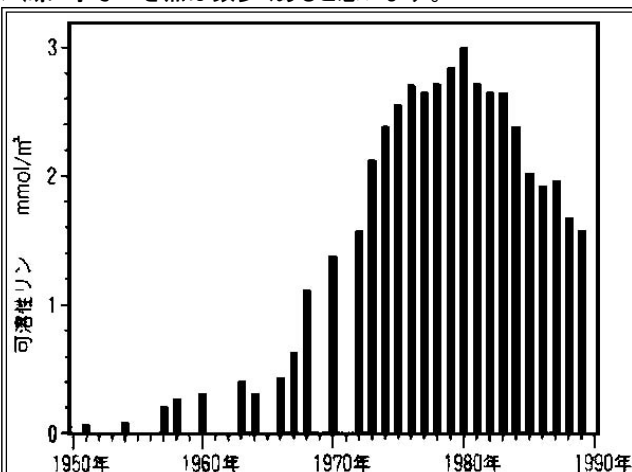


図1 ボーデン湖における冬の可溶性リンの濃度変化
(1980年から減少してきている)

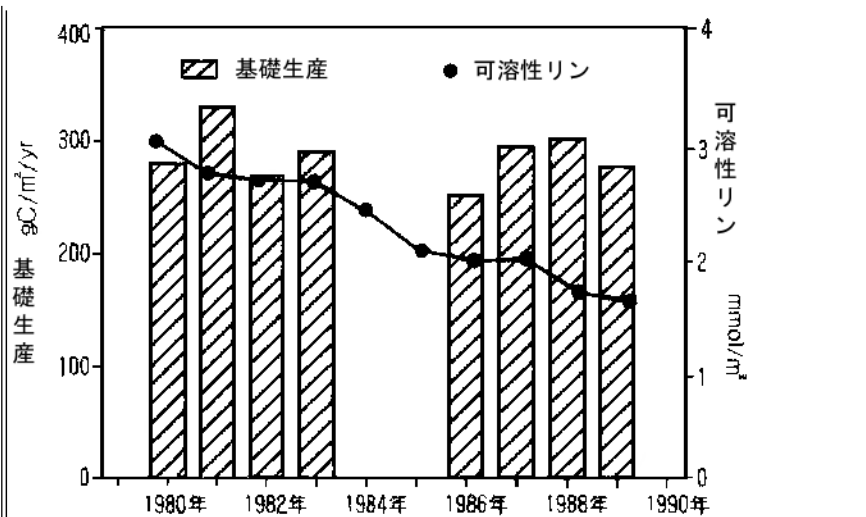


図2 ボーデ
 ン湖におけ
 る冬期の可
 溶性リンの
 濃度変化と
 年間の基礎
 生産量の変
 化(可溶性リ
 ンの濃度が
 減少しても
 基礎生産量
 は減少して
 いない)

琵琶湖・淀川水系における化学物質リスク研究の展望

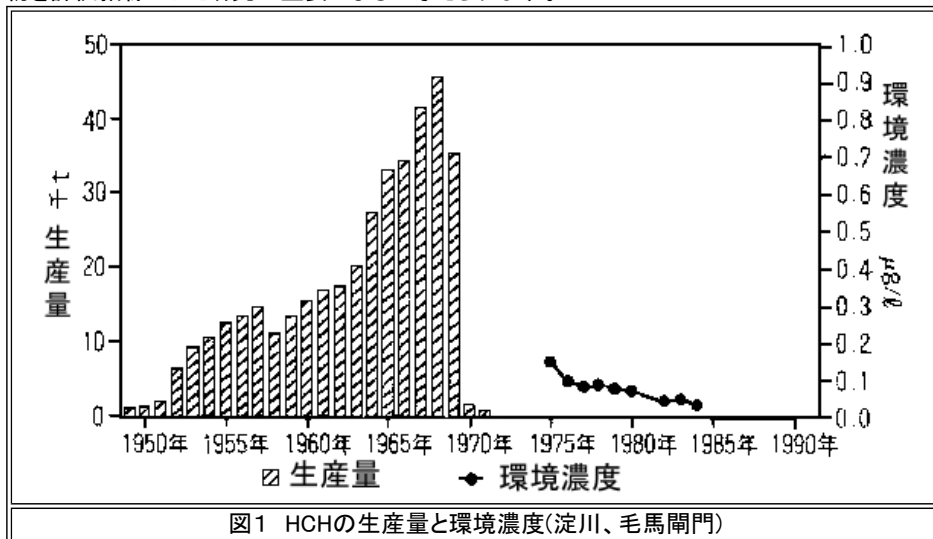
一岐阜大学 東海 明宏一

利用することによってうける恩恵も大きな反面、同時に何らかの被害(負の恩恵)も受ける可能性がある物質を利用する際、対応を前もって考えておく必要があります。

その際に用いられる概念としてリスクという考え方があります。自分の保有する物に対する被害または自分に原因のあることがあらかじめわかる事故などに対しては、社会的な制度として保険など救済措置があります。しかし水、大気など環境そのものが人間活動の結果でかかえてしまうリスクは、発生源で減らすか利用直前に浄化するかという2通りの対応に限定されがちになってしまいます。本稿では、化学物質を例にとり、集水域管理とリスク管理の接点について関連研究を整理しながら展望を述べてみたいと思います。

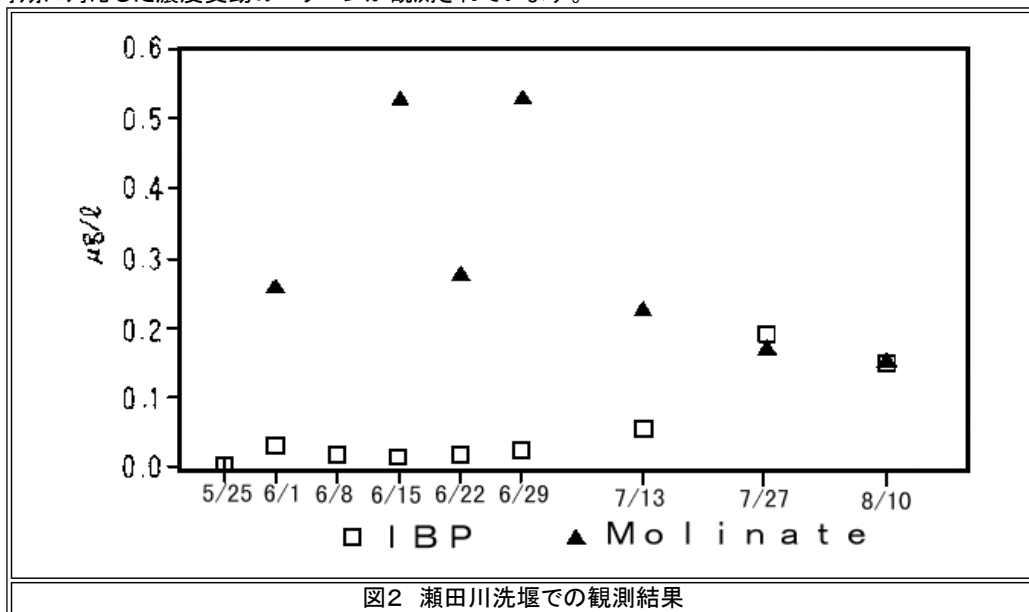
危害の可能性

琵琶湖、淀川水系でのHCH(Hexachlorocyclo-hexane)の濃度変動の推移と全国ベースでの生産量を図1に示しました。現在は使用はされてはおりませんが、淀川水中でいまでも検出されていることがわかります。梅雨時にやや濃度が高まるといった変動周期をもちながら徐々に低減していることが観測結果からわかります。この種の観測は労力と精密な分析のできる設備を必要とし、しかも継続的な息の長い努力が必要で、福島らの一連の研究が代表的です¹⁾。かれらの研究成果では、農地用農薬、都市・家庭用農薬といった使われ方の違いが環境濃度に反映されることも現地観測から明らかにしています。土砂のように目でみてわかる汚れの推移と同じようにこれらの化学物質も雨によって水系に流送されます。したがって行き着くところは沿岸の底泥ですので堆積、分解、溶出を解明し、底棲生物を評価指標とした研究が重要となると考えられます。



環境での運命

環境はその構成する相から気相、液相、固相に分けることができます。相間での移動、相内での変換、相を媒体とした輸送により濃度レベルは決まります。実際には雨天時とか、いつ使われたかとかなどの条件も大きく関与します。図2は'88年5月から1～2週間おきに瀬田川の洗堰で採取した水中でのIBP、Molinateの濃度の推移です。散布時期に対応した濃度変動のパターンが観測されています。



暴露解析

暴露解析とは飲料水、食品などを経由してどのくらいの量の化学物質を摂取するか推定することを意味します。環境中の水に含まれる化学物質の年間代表値としての観測値の75%値とADI(1日許容摂取量)の1%に相当する濃度との照合を行っておれば、その水についての一番簡単な判断になっているといえます。同時に6、12、24、48時間継続濃度の推定を行っておくと、別途、検討されているLC₅₀(水生生物への半数致死濃度)、MATC(最大許容

毒物濃度)との照合も可能となり、毒性評価に一段階近づくことになります。1986年におきたライン川上流での農薬工場の火災及びその際の農薬流出事故の経緯を通して淀川水系を見た場合、化学物質の水系への非意図的な進入、漏洩事故による進入、面源負荷の進入についての準備が必要に思われます。生活由来の様々な化学物質(生活系面源)、都市表面系由来面源とそれらを確率的に流送する推進力となる降雨事象との連動した解析が重要となります。したがって、個々の物質の浄水処理特性を明らかにしてゆくこともさることながら、むしろこれらの物質については基本的には用途・廃棄方法に関する発生源管理、水源水質維持を第一義としたうえで、水生生物、底泥を介した観測・評価が重要となってきます。すでに生物モニタリング・底質基準の策定等が試みられていますが、地域の条件、住む人の環境依存との関連にも言及するような観測、評価指標の関連がだいじになると考えられます。

研究展望

化学物質への対応は、代理指標型、主成分対応型、総括把握型の3つの場合にわけることができます。

今までは、開発・登録段階での環境安全性評価など製造者側の自主的な判断によるリスクの低減化がはかられてきたといっていますが、集水域での計測、評価、制御という流れで実際に使用される流域の条件を考慮した上で化学物質の評価がなされた例は多くありません。

代理指標型とは計測可能性を重要視したもので、現在、計測機器によって連続自動観測されている項目に代理させる考え方です。COD(化学的酸素消費量、化学酸化剤によって酸化可能な水中の有機物質)、TOC(全有機炭素)、分光光度計を利用した特定波長での吸光度などと、想定している化学物質との相関性の分析(両者に比例的な関係があれば化学物質濃度をもう一方の指標で代理させることができます)、または、極性の異なる有機溶媒に抽出した水試料(有機溶媒の性質に似ているものだけが抽出されます)の吸光度と、想定している化学物質濃度との回帰分析も、やや強引なやり方ですが検討の余地があると考えています。つまり、個々の化学物質の濃度を1つ1つ測定していくことは可能なのですが、もっと頻度を多くしなければ、もう一歩ふみこんだ水質管理も期待できないからなのです。

現在は、収集された各種のデータをもとに主成分対応型、つまり消費量、環境への進入プロセス、毒性などの項目から(消費量が多く、環境に対し開放的な用途で使われており、毒性が高いなどの)優先的に対応すべき物質を決め、通年にわたる水中濃度の推定および運命解析をして各相での半減期(初期の濃度が半分になるまでに要する期間)などを調べて、発生源、伝播経路毎に対応の手段といつどのくらいの規模で実施するかということを検討することがいくつか試みられています。

総括把握型は、微生物などをもちいて、遺伝毒性を指標にまたは増殖率などを指標にして水質を調べる手法を応用することですが、定量的な評価ができる方法上の検討が必要であるといわれています。私もなんとか環境試料の測定を試みましたが、定性的な解釈にとどまっております。

おわりに

リスクという、だれが被災するかわからないが、長期間一定集団が暴露されることで生ずる被害の処理をめぐる、今後様々な角度からの議論が必要であることは明かです。その際、代謝過程の先端から末端までを見た場合、末端部分での処理だけにリスク低減のための代替案をしわよせしないような展望をもちたいものです。冒頭にも少し述べましたが、毒性が分かっている場合がむしろ少ないという見方にたって考えますと、現在のリスクを考慮した水質基準の設定にしても、合意手順としての意味あいが強くなっていくからです。つまり、これからのさまざまな分野での解明にしたがって手順自身が変わってゆく可能性もないとはいえないからです。したがって、極端な言い方ですが、運命予測をして暴露解析が必要な物質は使わない以外に積極的な制御はないという考え²⁾が成り立つ余地をも残しておくことが必要であると考えています。

¹⁾: 福島 実(1986)化学物質の環境中での挙動、第10回日本水質汚濁研究協会セミナー、pp.156-181

²⁾: 丹保憲仁(1986)資源循環と環境保全、第1回環境工学連合講演会、pp.57-60

お知らせ

水環境中の有害物質の評価と制御に関する国際シンポジウム

(1st IAWPRC International Symposium on Hazard Assessment and Control of Environmental Contaminants in Water)

日時: 91年11月25日(月)～28日(木)

受付: 25日 午前 8時20分より、9時開会

会場: 当研究所ホール 言語: 英語(通訳なし)

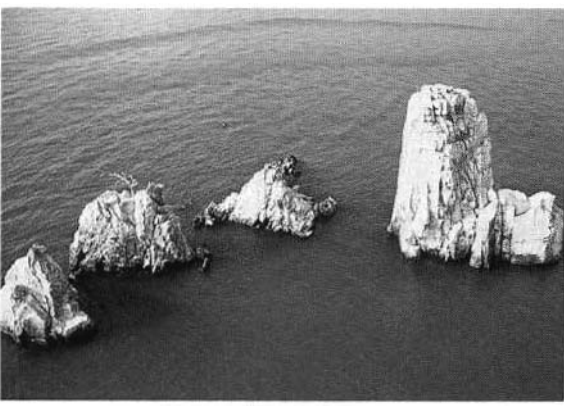
参加料: 4万円(26日のミシガンボートでのパーティ含む)

問合せ: 研究所まで

トピックス - 白石に潜る -

	北湖のほぼ真ん中に、白石という大きな岩が4個、湖から顔を出している。安曇川河口から約5kmのところにあるが、水深約85mの湖底からそそり立っている。最大のものは、湖面から約14mの高さがある。 湖の真ん中にあるため、水鳥の格好の休憩場だ。岩全体が鳥の糞で白くなっていることから、白石と名付けられた。 琵琶湖研究所では、底生動物の調査のため、時々潜水調査を行っている。ここは、一般の人ではなかなか行くことはできず、ましてや湖の中はほとんど知られていない世界だろう。一個何トンもあるような大きな石が水深20mくらいまでゴロゴロしていて、そこからは急に深くなる岩礁湖岸だ。潜水調査もかなり危険がともなう。調査は、7月17日に行ったが、透明度はあまりよくなかった。水深5mあたりから沈降物が急に多くなり、視界が悪くなる。まるで雪が降っているようだ。このあたりは、最もきれいな所のはずなのだが……。
---	---

白石の湖底では、淡水カイメンが多く目につく。カイメンは、岩に固着するブヨブヨとした緑色またはクリーム色の生き物だが、れっきとした動物だ。10cmくらいの突起状になったものや、藻類と共生して緑色をしているものもある。水の中に潜っていると、これがサンゴのように見えてくるから不思議だ。

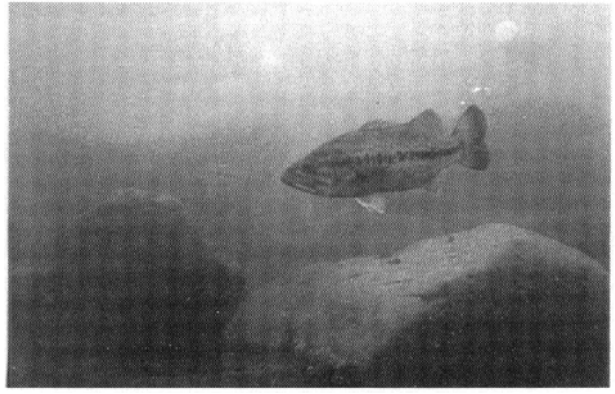
	
白石全景	潜水調査風景

よく見るとスジエビやチクブカワニナがカイメンを食べている。その周りにも、スジエビやヨシノボリがいて、湖底は結構賑やかだ。

また、ブラックバスとブルーギルが多いことにも驚かされる。我々の目の前を、彼らは平然と泳ぐ。物めずらしいのか、潜水服をチョンチョンとつつくやつもいる。「ブラックバスは白石にはおらんかったのに、こんなところまでやって来たんやなア」と漁師のMさんはこぼす。白石湖底の勢力地図も変わりつつある。



淡水カイメン



ブラックバス

世界の湖(32)ー トバ湖（インドネシア）

トバ湖はスマトラ(インドネシア)の赤道近く、標高905mに位置しています。この湖は火山活動の後に起こった陥没でできた大きなカルデラ湖であり、まわりを急峻な崖と崖上に広がる高原に囲まれた特異的な景観は、訪れる人がしばし呆然とみとれるほどです。中央部にある琵琶湖ほどのサモシール島をいれると、湖全体の表面積は琵琶湖の約3倍(1,740km²)になります。最も深い所は529mに達し、透明度が10mをこえる貧栄養湖です。

集水域面積は3,440km²あり、その中に30万人ほどの人々が住んでいます。昔から焼き畑が盛んに行われ森林が切り開かれてきました。焼き畑やその他の開発による森林伐採の影響は湖にも及んでいるようです。湖底泥の珪藻遺骸の分析からも森林伐採による土壌侵食の影響が大きかったことが指摘されています。1972年の土地利用調査によると、森林の面積は植林を含めても僅か25%までに減少してしまいました。このような状況下にあって森林回復の努力がはられ、松やユウカリの植林が行われています。



気温は年間を通じて20℃前後でほとんど変化しないのですが、湖の水温は常に気温より高い(24～26℃)のが特徴です。水温が一年中高いため有機物の分解が速く、その結果、溶存酸素が消費されます。貧栄養湖であるにもかかわらず、水の混合がおこらない停滞期には下層に低酸素層が形成されるのも熱帯湖の特徴の一つです。



1950年代から記録がありますが、トバ湖の水位は海拔905±1mの範囲で変化していました。しかし、電力供給を主目的とした発電所が建設され、1986年には902.7mまで低下しました。これは、計画管理水位内ではあったのですが、標準水位より2mも低下したことは初めての経験であったため、また、水位低下によってもたらされる影響が予測できないこともあり、周辺住民のみならず政府も水位低下に危機感をつのらせています。

透明度が高い美しい湖ですが、将来はかならずしも楽観をゆるさない状況にあります。最近、トバ湖の観光利用が盛んになってきていますが、廃水対策が不十分なため、比較的閉鎖性が高い水域を中心として湖の汚濁が問題となっています。また、貝類が全然みだせない地域もでてきており、これは観光船の廃油汚染が原因とされています。今後トバ湖を訪れる観光客が増加することは確実であり、汚濁問題に早急に取り組む必要があります。

熱帯を代表するような大湖沼であるにもかかわらず、1920年代に有名な陸水学者であるルトナーらが基礎的な調査を行って以来、調査・研究がそれほど進んでいないのが現状です。今後、総合的な研究が行われ、トバ湖の環境保全に貢献することが期待されています。(中島拓男)