

水草のある湖

琵琶湖の環境はよくなっているのでしょうか？みなさんからこのような質問をいただくことがあります。

しかし、琵琶湖の水質一つをとってみても、よくなっているのか、そうではないのかを端的に表現するのは難しいことです。このセンターで行っている調査の一つに、琵琶湖の定期調査がありますが、これまでの調査結果からは、次のようなことがいわれています。

- ①北湖と南湖での透明度、有機汚濁の指標 BOD（生物化学的酸素要求量）や南湖での全窒素、全リンといった、改善傾向にある項目と、同じ有機汚濁の指標でも、COD（化学的酸素要求量）のように、北湖・南湖ともに長期的な改善傾向がみられない項目がある。
- ②植物プランクトンの出現種類数が減少し、量（細胞容積）は横ばい傾向である。
- ③夏季に南湖で水草（沈水植物）が繁茂しているが、その水域で透明度がよくなる傾向がある。
- ④北湖深層部での低酸素化の進行が懸念される。

このような琵琶湖で起きている現象を客観的に捉えることが必要となりますが、そのために、日本や世界の湖沼の情報を収集し、比較するというのも一つの方法です。いわば、「琵琶湖と他の湖のカルテを見比べる」とでもいえるかもしれません。

③を例にとると、南湖などでは、夏に大量に繁茂した水草が、船舶の航行を妨げ、また湖岸に打ち上げられた水草が腐敗して異臭を放つことなどが問題となっています。



写真：琵琶湖南湖（2002.8）滋賀県立琵琶湖博物館 芳賀 裕樹 氏 撮影



写真：中国雲南省エルハイ（2005.12）滋賀県立大学 濱端 悦治 氏 撮影

しかし、そもそも水草がなぜ増えてきたのか、増えた水草をどうすればよいのか、という課題については、類似の事例がなく、情報が非常に限られていました。そんな中、比較対象として注目された湖があります。中国・雲南省西部にある湖、エルハイ（洱海）です。エルハイは、琵琶湖と同じように、水草の大量繁茂という現象がみられた湖です。この湖では、繁茂した水草が養魚の餌として利用され、そのために大規模な水草の刈り取りが行われるようになりました。しかし、そのことが問題視されるようになります。水草が減少し、かわりにアオコが発生するようになったことから、刈り取りとの関連が注目されたのです。

琵琶湖でも、水質との関連では、南湖など比較的浅い水域で透明度がよくなっているのは、水草が繁茂することによって、植物プランクトンの増殖や浮遊物質の拡散、湖底からの巻き上げなどが抑制されているからだという見方があります。エルハイで起こった現象は、私たちが、湖岸の生態系をどう管理していけばよいのかを考えるときに、水草を刈り取った後の湖がどうなるのかを想定しなければならないということの重要性を示しているようです。

このような情報をより多く収集するとともに、6月に開催された研究会「琵琶湖の水草問題の現状と課題」をはじめとして、琵琶湖の水草についての情報と認識を共有するところから、琵琶湖の将来についての模索が続いています。

琵琶湖では、水草（沈水植物）の異常繁茂による航行障害や景観の悪化、また腐った水草の悪臭などの苦情が出ており、いわゆる「水草問題」が政策課題の一つとなっています。この課題への対応を検討するため、琵琶湖と中国・雲南省の湖、エルハイとの比較研究を行いました。エルハイは、琵琶湖と同じ断層湖で、地形的にも類似し、水草の共通種が多いなど、比較湖沼としてまたとない湖です。

1 琵琶湖とエルハイにおける水位低下および沈水植物帯の回復

琵琶湖では、1930年代には多くの種類の水草が生育していましたが、1960年からの湖水の富栄養化に伴い、植物プランクトンが増殖したことなどから、水草の種類数は減少してしました。1980年代の南湖では、水深の浅い、湖岸にごく近い部分にしか水草の生育がみられませんでした。

しかし、琵琶湖の観測史上最低水位の-1.23mを記録した1994年の大湯水がきっかけとなり、琵琶湖の南湖では、急激に沈水植物帯が回復しました。2000年には分布面積が南湖の50%に達し、その後も増加は続き、現在では、80%以上に水草が生育し、しかもほとんどが在来種であると確認されています。

一方、エルハイでは1970年代半ばに、流出河川での水力発電能力を高めるために、流出口が掘り下げられ、湖面水位が3mほど低下し（図参照）、それに伴って水草が増加を始めました。水草の最大分布水深は、1950年代に3mでしたが、1970年代後半には7m、1980年代には10mにまで拡大しました。

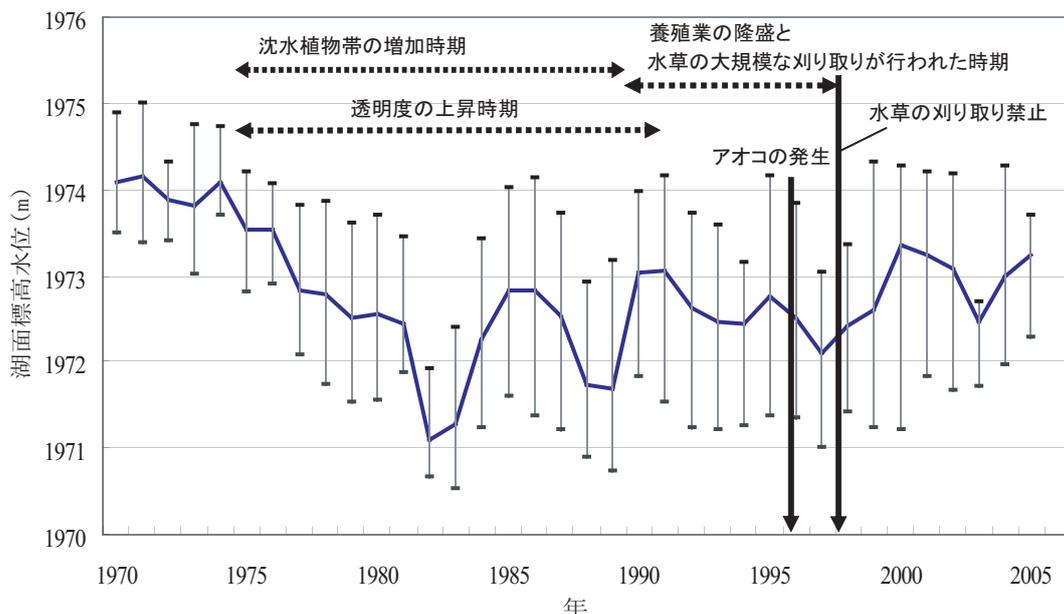
こうした水位低下に伴う沈水植物帯の回復は、2つの湖では非常に類似しています。これは、水位が低下することで、水草に光がよく届くようになり、光環境が改善されたことで、沈水植物帯の回復に有利な環境がつけられたためと考えられます。

2 琵琶湖とエルハイにおける沈水植物帯の回復による水質の改善

琵琶湖の南湖では、沈水植物帯の回復に伴い、水質の改善がみられるようになってきました。

湯水以降、特に南湖の透明度の改善傾向が著しく、また、植物プランクトン量を示すクロロフィルaは、南湖全域で低くなる傾向もみられています。

一方、エルハイでも、沈水植物帯の回復に伴い、透明度をはじめとする水質が改善され、この状態は、その後1990年代前半まで維持されていました。これは、水草が根を張り巡らすことで湖底が安定化し、湖底からの堆積物の巻き上げによる水中への栄養塩の放出を抑制する効果があったためと考えられます。ここでも、2つの湖沼では類似した現象がみられたのです。



図：エルハイにおける水位変動（年最高水位、年平均水位、年最低水位）と水質・水草に関する事象の経過
（注：エルハイの水位については、湖面標高水位（海拔0mからの高さ）で測定されている。）



写真：エルハイにおける網生け簀の様子および飼料として船に積み上げた水草（1990.9）滋賀県立大学 濱端 悦治 氏 撮影

3 エルハイのその後の展開

エルハイでは、沈水植物帯の回復に伴って、水草を利用した養魚が盛んになり、網生け簀でのソウギョやハクレンの飼料として、水草が大量に刈り取られるようになりました。湖の水草現存量の半分以上が刈り取られた1996年には、アオコが大発生し、水質も悪化しました。水草の刈り取りは禁止されましたが、それにもかかわらず、水草は減少し続け、アオコの発生も続いています。

これは、水草が優占し、透明度が高く、安定していた生態系が、水草の刈り取りによって不安定になり、別の状態（植物プランクトンが優占する水の濁った系）に移行したためと考えられます。エルハイは、それまで澄んで良好だった湖が突然、濁った湖になってしまいました。このように、ある状態（系）から別の状態（系）へ、突発的かつ不連続的に起こる生態系の変化をレジームシフトと呼びます。

一旦レジームシフトが起きてしまうと、ほとんどの場合、水質の改善は難しくなり、富栄養化の原因である湖外からのリンなどの負荷量を抑制しても、もとの状態（系）に戻すことが非常に困難になります。

4 水草の役割

琵琶湖では、水草の異常繁茂によって、航行障害や景観、腐敗に伴う悪臭といったいくつかの問題が生じています。

しかし、水草の繁茂は、アオコの発生と同じような環境問題として考えることができるでしょうか？

琵琶湖とエルハイを比較したときにみえる類似の現象からは、沈水植物帯の回復が、透明度の上昇や植物プランクトンの減少などの点で、水質の改善にかなり寄与していると考えられます。1994年の大湖水をきっかけに起こった琵琶湖での沈水植物帯の回復には、恩恵をもたらした側面もあるということ十分に評価する必要があります。

5 水草管理と今後の課題

しかし、私たちが生活していく上では、水草の異常繁茂による被害を解消するため、流れ藻の回収や水草を部分的に刈り取ることも必要になってきています。また、閉鎖性水域では、繁茂した水草を刈り取って湖水の滞留を防ぐことが、アオコの発生抑制に有効であるという南湖での実験結果もあります。

流域での社会経済活動、負荷削減対策等が異なるため、琵琶湖とエルハイを単純に比較することはできませんが、水草を過度に刈り取ることは、予測できない水質の変化をもたらす可能性があります。南湖の水質を良好な状態に保つためには、刈り取りの方法、地域や規模について、今後、十分な検討が必要です。

このほかにも、エルハイでは2000年代以後、外来種のおオカナダモの侵入を特徴とする沈水植物帯の種組成の急速な変化もみられるようになってきました。琵琶湖においても、現在は、在来種であるセンニンモなどが優占していますが、外来種であるおオカナダモやコカナダモに続く、新たな外来種としてナガエツルノゲイトウやミズヒマワリの侵入が近年確認されており、根絶対策が求められています。

びわ湖 視点 論 点

水質保全と生態系保全の関係

大規模な赤潮が初めて琵琶湖で発生したのは1977年であり、それから30年が経過した。

当時を実体験として知らない筆者には想像することしかできないが、赤潮発生の衝撃は、質のよい水資源を提供する琵琶湖のみならず、多様な生物が生息し、豊かな自然を与えてくれる琵琶湖が危機

に直面していることを実感させるに十分な現象であったのであろう。その意味において、その後の富栄養化問題を中心とした水質保全に向けた様々な取り組みは、利水のためよりむしろ生態系保全を意図して実施されてきたと位置づけられるのかもしれない。

2007年3月に策定された「第5期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画」では、琵琶湖の水質の現状認識として、窒素については北湖で横這い状態、南湖では改善されてきており、リンについては南湖、北湖とも改善されてきているとしている。

筆者もそのような受け止め方をしているが、この認識自体に異論のある方もいらっしゃるだろう。また、現状をその通りだと認識している方たちの間でも、その評価については様々な見方がある。すなわち、高度処理を含む流域下水道の整備などの汚濁負荷量削減努力により富栄養化の進行がうまく抑制できているとの肯定的な意見もあれば、これほどの出費を伴う努力をしているのに十分な改善がみられないのは何故か？といった厳しい見方もある。

水質改善が不十分とされる根拠としては、誰がみても明らかと思えるほどには窒素、リン濃度が低下していないことに加え、COD、窒素、リンに関して環境基準を達成しているのは北湖の全リン濃度のみであり、他は未達成のままであることがあげられる。また、富栄養化の象徴とみなされるアオコの発生は、南湖で1983年から、北湖では1994年から起きており、現在でも毎年夏～秋に継続して発生していることは、昔の琵琶湖に戻っていないことを認識させる原因の一つと思われる。

外部負荷削減対策の効果が琵琶湖の水質になかなか現れてこない要因の一つとして、琵琶湖の滞留時間を考慮しておく必要がある。琵琶湖の場合、単純に貯水量を流出量で割った平均滞留時間で5.5年程度、実際の水の入替わりには20年近くはかかるだろうとされる。

これまでの負荷削減努力の成果が今後現れてくるかもしれないことはさておき、実際のところ、琵琶湖の水質として、どのような状態になるまで負荷対策を頑張っ続けていく必要があるのだろうか？環境基準が未達成であることは、引き続き負荷削減対策を継続する根拠になるのかもしれない。

しかし、現行の環境基準は必ずしも琵琶湖固有の生態系を考慮して設定されたわけではないことは、考えておく必要がある。負荷削減対策を進める上では、一般的に窒素に比べてリンの方が削減しやすいため、実現するかどうかはともかく、環境基準値レベルまで窒素濃度が低くなった時には、湖内のリン濃度は相当低いレベルになるものと思われる。その時、アオコ・赤潮の発生件数はゼロになるかもしれないが、植物プランクトンによる一次生産力がどうなるのか十分検討されてきたわけではない。いうまでもなく、植物プランクトンによる一次生産は、食物網を通して湖内生態系全体を支える基盤となっており、水産資源である魚介類の生産量にも大きな影響を与える。

結局、利水面で障害がそれほど起きない水質レベルにおいての水質保全目標は、生態系保全を第一とした上で、そのための水質がどうであるかによって判断すればよいのではないかと思う。

もちろんアオコの発生が継続している現状は好ましいものではない。実際、水道局ではアオコの原因藻アナベナの産生するカビ臭対策で苦勞されており、利水面においてアオコ発生による悪影響が解決したわけではない。しかし、局所的に発生するアオコ対策と琵琶湖全体の水質のあり方とは、分けて考えた方がよいと思う。

現在、生態系保全あるいは生物多様性の確保といったテーマは、水質保全と並ぶ環境行政の主要な柱となっている。在来魚類の減少については、オオクチバス、ブルーギルなど外来生物の影響に加えて、人工護岸化、ヨシ帯・内湖の減少といった生息環境の悪化の見地から検討されている。生息環境の整備が生態系保全の上で重要な役割を果たすとしても、多様で豊かな生物相が維持される琵琶湖を目指す上では、栄養と生物量の関係について改めて考えてみることも必要である。つまり、栄養を介した食物網・物質循環の視点から水質保全と生態系保全の接点を考えていくことがいよいよ重要になってくると考える。

琵琶湖環境研究部門 辻村 茂男



■ 編集・発行

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
Lake Biwa Environmental Research Institute

〒520-0022 滋賀県大津市柳が崎 5-34 TEL : 077-526-4800 / FAX : 077-526-4803 / E-mail : info@lberi.jp / URL : http://www.lberi.jp

センターニュースのバックナンバーは下記のアドレスからご覧いただけます。

<http://www.lberi.jp/root/jp/05seika/bkjhcenternews.htm>