特集 変わりつつある海

琵琶湖南湖で見られる沈水植物の増加について

芳 賀 裕 樹

滋賀県立琵琶湖博物館

Massive expansion of submerged macrophytes in the southern basin of Lake Biwa

HIROKI HAGA

Lake Biwa Museum, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan

1. はじめに

海洋沿岸域では、魚類の仔稚魚の成育の場として藻場が重要視されているが、湖沼などの内水面で藻場に相当するのが水草帯である。沈水植物は水草帯の主要な構成要素であり、コイ科魚類の産卵基盤、あるいは仔稚魚の採餌場としての機能があることが知られている。¹⁻³⁾ 日本の多くの湖沼では沈水植物は衰退の傾向にあり、富栄養化に伴う濁度の上昇、護岸工事などによる底質のかく乱と水のにごり、除草剤の影響などがその原因として疑われている。^{4,5)}

健全な湖沼生態系を成立させ、内水面の水産、特にコイ科魚類を中心とした漁業が維持されるには、沈水植物群落がある程度発達しているほうが望ましいと考えられる。ところが、突如として沈水植物が増加し、かつ、過去に経験のないレベルに達してしまったらどうなるだろうか。琵琶湖の副湖盆（通称「南湖」以下、この表記を用いる）がいま、そのような状況にある。少なくとも国内では非常にまれな事例であるので、南湖の状況や経過について報告したい。

2. 南湖の沈水植物の繁茂状況

南湖は水面面積 51.6 km²、最大水深 7 m、平均水深 4 m の浅く広い水域である。琵琶湖の名前の由来となった楽器の「琵琶」でいえば首部に相当し、琵琶湖全体に対する面積は 1/12 しかない。しかし沈水植物が生えるような水深 7 m 以浅の水域で比較すると、南湖は琵琶湖全体の約半分に相当し、⁶⁾ まとまった面積を持つ琵琶湖で最大の沿岸帯と位置づけられる。

図 1 は 2006 年 9 月の南湖の沈水植物の繁茂状況を示した模型の写真である。魚群探知機を用いて横断観測を行い、その画面を PC で画像処理して観測ラインごとに帯状にプリントアウトして組んでいる。西岸沿いの一帯と、東岸の南部と北部の広い範囲には水面近くまで伸びた沈水植物の群落が見られる。また南湖の南西部には、

図 1 魚群探知機で観測された南湖の沈水植物の繁茂状況

2006 年 9 月 12 日観測。水平方向に対して鉛直方向は約 200 倍に強調されている。模型を斜めから撮影したので、方位とスケールは記入していない。

沖 1 km ほどのところに長い大きな帯状の大群落が見られる。これらの群落の高さは湖底から約 2~4 m である。西岸沿いの帯状群落の岸側と沖側の両方に、湖底が黒い太い線のように見えるところがあるが、これは主に背丈が 1 m 程度のセンニンモの群落で、魚群探知機で見ると隙間なく湖底を覆っている。これらのデータから、植被率の分布を平面で示すと図 2 のようになる。沈水植物が生えていた範囲の面積は 44 km² で南湖の全水面面積の約 80% に相当する。南湖全体での平均植被率は 81% だが、沈水植物が生えている範囲に限ればこの値はもっと大きく、たいていの場所では上から湖底を見ることはできない。沈水植物群落を立体とみなし、水柱に占める容積の比率を求めた PVI (Percent Volume Infestation) は沈水植物が水質や生態系に与える影響の指標として用いられる。^{7,8)} PVI が 30% を越えると植物

図2 2006年9月12日の南湖の植被率の分布
図1と同じ観測のデータ解析を行って得られた。

プランクトンの現存量を有意に減らす効果がある⁷⁾が、2006年9月のPVIは33%で、そのレベルに達していた。より日常的な理解としては、南湖の容積の1/3が水草群落で占められていたということである。このような水草の繁茂状況を見ると、漁船の航行が妨げられたり、刺し網やタツベなどの漁具が設置し難いといった漁労上の問題が容易に理解できるだろう。

3. 南湖の沈水植物の変遷

詳しい変遷については、芳賀らが2006年に公表した論文⁹⁾があるので、ここでは要点を記す。

南湖で沈水植物が広範囲に分布するようになったのは1995年以降のことで、それ以前の沈水植物はむしろ衰退状況にあった。具体的に数字を挙げると、1964～1994年の沈水植物の分布面積は0.6～7.1 km²であり、2006年の44 km²に較べると1/6以下に過ぎない。ところが1953年の分布面積は24 km²であり、⁹⁾ 1936年

図3 2002年と1936年の主要な沈水植物の現存量の比較
陸学雑誌 67 巻 p. 77, Table 5 のデータを基に作成した。

は27 km²と、1964～1994年より明らかに大きい。つまり、南湖の沈水植物はいったん衰退し、30年後に再び増加したのである。

1995年以降の沈水植物の増加は、オオカナダモやコカナダモなどの外来植物による異常増殖ではない。2002年9月の沈水植物の現存量の8割強は4種の在来種(センニンモ、クロモ、マツモ、ホザキノフサモ)で占められ、オオカナダモは全体の10%、コカナダモは0.3%を占めるに過ぎなかった。⁹⁾ 複数の在来種が同時に増加しているため、1995年以降の沈水植物の増加は生息環境の好転が原因と考えられている。⁹⁾

ただし、最近の沈水植物の繁茂状況が1936～53年の衰退前のそれと同一ではない点に注意する必要がある。2002年の沈水植物の分布面積と現存量は1936年の1.6倍と2.7倍で、⁹⁾ 1936年当時を正常とするなら2002年は過剰繁茂である。種別の現存量組成も異なる(図3)。センニンモ、クロモ、マツモ、ホザキノフサモの現存量は1936年に較べて2002年の方が著しく大きい。これに対し、1936年に主要な沈水植物だったネジレモ、コウガイモ、イバラモは2002年に著しく減少、または消失した。外来種のオオカナダモの存在も変化のひとつである。また、従来の記録になかった糸状藻類が、2002年には現存量でホザキノフサモに次ぐ量で出現した点も異なる。現存量が減った在来種は短い茎に舌状の葉をもつ、背が低くあまり密生しないタイプである。これに対し、現存量が増加した在来種や新参のオオカナダモは茎が長く密生する。2002年の水中景観は長く密生した沈水植物の上を糸状藻類が覆うというものである。おそらくその姿は1936年とはまったく異なったものになっているだろう。

4. 沈水植物による低酸素水塊形成の可能性

2002年9月に湖の86地点で湖底直上の溶存酸素濃度が観測され、約4割の地点で溶存酸素の飽和度が50

%未満であることが明らかにされた。¹⁰⁾ この結果と、同時期に行われた沈水植物の現存量調査⁸⁾の結果から、オオカナダモ、センニンモ、ホザキノフサモの現存量が湖底直上の溶存酸素濃度に対してマイナスに作用することが明らかにされた。¹⁰⁾ 湖底直上の溶存酸素濃度は上記3種の沈水植物の現存量と水深を説明変数とする重回帰式で予測されるが、水深だけでは溶存酸素飽和度が50%未満にならない。観測では1 mgO₂l⁻¹未満の地点も8地点見られ、沈水植物の影響が大きいことが示されている。ここで低酸素の目安とされた溶存酸素飽和度50%は、ヤマトシジミの健全な漁場が形成されるための条件¹¹⁾である。南湖はかつてセタシジミの重要な漁場だったが、現在は漁獲が極めて少ない。滋賀県水産試験場が資源量回復のための稚貝放流を行っているが、沈水植物の繁茂は、そうした資源回復の妨げとなる可能性がある。

5. 今後の研究課題

これまで南湖の沈水植物の繁茂状況と過去からの経緯、低酸素水塊形成の可能性について紹介した。状況を見る限り、南湖の沈水植物の増加は水産面でプラスに働かず、むしろマイナス面の方が顕在化しているように見える。

沈水植物がなぜ増加に転じたのか、なぜ過去と違い過剰ともいえる状況になったのかについての研究はまだ端緒についたばかりである。沈水植物が増加に転じた原因としては、1994年9月の琵琶湖基準水位-123 cmに達する水位低下の影響が挙げられている。¹²⁾ 筆者らは別の仮説を提唱しているが、投稿論文が審査中なので、残念ながらここで紹介することはできない。沈水植物が増えすぎた理由、あるいは組成が過去(1936年)と大きく異なる理由については、まだほとんど研究がおこなわれておらず、今後の進展を待つばかりである。

過去の琵琶湖の研究事例を見ると、沈水植物を含む水草帯がコイ科の在来魚の繁殖の場として重要な機能を果たしていたことは明らかである。¹⁻³⁾ 南湖の沈水植物は過去に較べて明らかに過剰であるが、これを是正しようとする場合には、壊滅させるのではなく、繁殖の場としての機能が十分発揮されるような量や種類の目標を立てる必要があるだろう。しかし、どういう沈水植物が、どの程度あると機能するのかという情報は、残念ながら皆無に等しい。筆者が入手した文献で参考になる記述があるのは明治44年発行の「琵琶湖水産誌」¹³⁾のみである。この本では巻末の16ページが水草の紹介にあてられ、

沈水植物のうち、金魚藻、杉藻、ささば藻、えび藻、車軸藻が魚類の産卵に適すと記述されている(この5種の和名はマツモ、センニンモ、ササバモ、エビモ、シャジクモと思われる)。このような研究を定量的に進めることが、今後の研究の展開として重要だろう。

沈水植物の衰退が目立つ国内では、現存量を減らす手法に関する知見もごくわずかしかなないので、この方面の研究も進めていく必要がある。現在、滋賀県水産試験場が貝曳きによる湖底耕運や、在来草食魚のワタカの放流による沈水植物の制御実験を進めている。これらの研究の成果が待たれるところである。

文 献

- 1) 牧 岩男. びわ湖の内湾における魚類と餌生物の関係. 生理生態 1964; **12**: 259-271.
- 2) 平井賢一. びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態 2. 金沢大学教育学部紀要 1971; **20**: 59-71.
- 3) 千葉泰樹, 伊東正夫, 八木久則, 吉原利雄, 山中 治. 葭地・藻場帯の水産生物調査. 滋賀水試研報 1979; **31**: 57-77.
- 4) Takamura N, Kadono Y, Fukushima M, Nakagawa M, Kim B O. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecol. Res.* 2003; **18**: 381-39.
- 5) 石飛 裕, 平塚純一, 山室真澄. 沈水植物群落の衰退とその原因. 里湖 モク採り物語 50年前の水面下の世界. 平塚純一, 山室真澄, 石飛 裕 (著), 生物研究社, 東京. 2005; 104-108.
- 6) 生嶋 功, 古川 優, 池田准蔵. 琵琶湖の水生高等植物の現存量. 千葉大学文学部紀要 1962; **3**: 483-494.
- 7) Maceina M J, Shireman J V. The use of a recording fathometer for determination of distribution and biomass of *Hydrilla*. *J. Aquat. Plant Manag.* 1980; **18**: 34-39.
- 8) Canfield DE Jr., Shireman JV, Cole DE, Haller WT, Watkins CE, Maceina MJ. Prediction of chlorophyll a concentrations in Florida lakes: Importance of aquatic macrophytes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1984; **41**: 497-501.
- 9) 芳賀裕樹, 大塚泰介, 松田征也, 芦谷美奈子. 2002年夏の琵琶湖南湖における沈水植物の現存量と種組成の場所による違い. 陸水学雑誌 2006; **67**: 69-79.
- 10) 芳賀裕樹, 芦谷美奈子, 大塚泰介, 松田征也, 辻 彰洋, 馬場浩一, 沼畑里美, 山根 猛. 琵琶湖南湖における湖底直上の溶存酸素濃度と沈水植物群落現存量の関係について. 陸水学雑誌 2006; **67**: 23-27.
- 11) 中村幹雄. 宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME と環境との相互関係に関する生理生態学研究. 島根水試研報. 第9号, 島根県. 1998.
- 12) 浜端悦治. 琵琶湖の沈水植物群落. 滋賀琵琶湖研究所報 2005; **22**: 105-119.
- 13) 中川源吾, 饗庭喜代蔵. 琵琶湖水産誌. 滋賀県高島郡教育会. 1911.