

琵琶湖の水質および水象の長期変動

岡村貴司

Long-term changes in the water quality of Lake Biwa

Takasi Okamura

The Shiga Prefecture Fisheries Experiment Station has continuously monitored the water quality and appearance of Lake Biwa since 1915, in order to gain an understanding of the environment of the lake's fishing grounds. The following phenomena have been observed: 1) transparency began to fall in the 1930s and reached a minimum between the late 1970s and the early 1990s; 2) plankton biomass increased in the 1950s but has been maintained at the same level since the 1960s; 3) both the surface and bottom water temperatures have risen about 1°C over the past 20 years; and 4) The concentrations of both surface and bottom nutrients have been rising since the 1960s, and they have been accumulating in Lake Biwa.

キーワード：琵琶湖、水質、長期変動

琵琶湖は400万年という歴史を持つ湖で、日本のほぼ中心に位置し、表面積670km²、最深部が103mの日本最大の湖である。夏季には水深20m付近に水温躍層が形成されるが、冬季にはそれが崩壊し表層水と底層水が年に1回循環する。そのため、沖合深層域にも充分な溶存酸素が供給され、湖全域に魚介類が豊かに生息している。そして、琵琶湖固有種を中心に、それら魚介類を対象として古くから漁業が営まれてきた。このため、滋賀県水産試験場では琵琶湖の漁場環境を把握するため、1915年から水質および水象の観測を行っている。

現在では琵琶湖における水質調査が多く実施されているが、これほど長期で行われている調査は本調査のみである。ここでは本調査結果から得られた琵琶湖の水質と水象の長期変動について取りまとめた。

なお、本論文は2007年10月28日から11月2日にインドのジャイプールで開催された第12回世界湖沼会議で発表した論文に加筆したものである。

方 法

滋賀県水産試験場業務功程^②、滋賀県水産試験場事業報告^③、滋賀県水産試験場研究報告^④によった。

調査地点および時期 現在は東岸(彦根港沖)から西岸(舟木崎沖)にかけて5定点を設け(図1、表1)、毎月1回、中旬に調査を行っている。1915年から

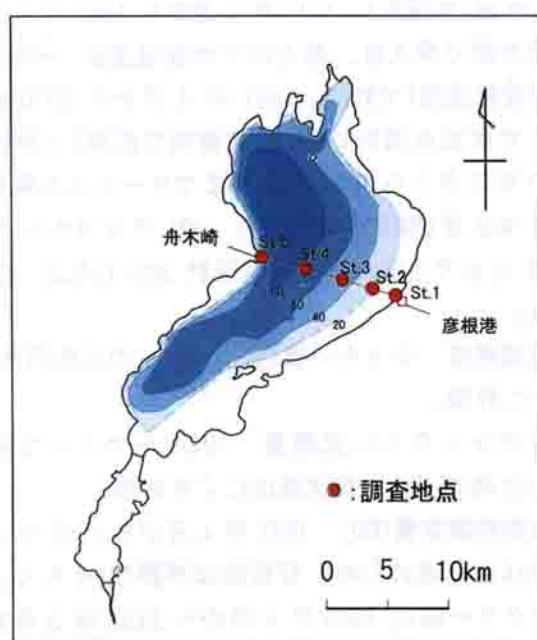


図1. 調査地点図(琵琶湖)

本論文に用いたデータは滋賀県水産試験場報告^①、

表1. 調査地点の位置および水深

地点名	緯度・経度*	湖岸からの距離	水深
St.1	北緯 35°16.932' 東経136°14.701'	彦根港口から約400m	約7m
St.2	北緯 35°17.290' 東経136°12.800'	彦根港口から約3200m	約22m
St.3	北緯 35°17.671' 東経136°10.795'	彦根港口から約6200m	約46m
St.4	北緯 35°18.378' 東経136°07.490'	舟木崎から約4400m	約77m
St.5	北緯 35°19.085' 東経136°04.980'	舟木崎から約140m	約10m

* : 日本測地系(東京)

1930年までは調査地点の変更があり、現在の定点とほぼ同じになったのは1931年以降である。また、調査は可能な限り毎月中旬に1回の頻度で行っているが、幾らかの欠測が存在する。

調査項目および分析方法 各調査項目の開始した年を表2に示す。1915年は水温のみの調査であり、順次、調査項目が追加されていった。各項目の使用機器および分析方法は以下の通り。

1)採水(採水器) 1915年4月から1959年3月まで未記述のため、不詳(北原式B号採水器と思われる)。1959年4月から1976年4月まで北原式B号採水器、1L容(株鶴見精機製)を使用。1976年5月から現在までバンドーン採水器、6L容(株離合社製)を使用。

2)水温(水温計) 1915年4月から1961年3月まで採水器で採水後、船上にて水銀温度計(一時、転倒寒暖計使用)で計測。1961年4月から1970年6月まで電気水温計(株村山電機製作所製)で計測。1970年7月から1994年5月までサーミスタ電気水温計MGB III(株芝浦電子製)。1994年6月から2006年3月まで自記録式電気水温計ABT-1(ALEC製)で計測。

3)透明度 セッキー板(直径30cmの白色円板)を用いて計測。

4)プランクトン沈殿量 10%ホルマリンで固定後、24時間自然沈降沈殿法により計測。

5)溶存酸素量(DO) 1931年4月から1940年3月までは未記述のため、分析法は不詳(おそらく、ウインクラー法)。1940年4月から1981年3月までウインクラー法⁵⁾。1982年4月から現在までウインクラー-アジ化ナトリウム変法⁶⁾により測定。

表2. 分析項目および開始年度

開始年度	項目
1915	水温
1921	透明度
1931	pH、DO、プランクトン沈殿量
1932	水色
1950	NH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N、PO ₄ -P
1977	SiO ₂
1981	COD、T-P、有機態窒素
1987	Cl ⁻
1989	クロロフィル-a

6)栄養塩(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P、T-P、SiO₂、Cl⁻) 付表.1を参照⁵⁾⁻⁸⁾。

結 果

透明度 沿岸の影響を排除するため、沖合(St.2, 3, 4の平均)の透明度の年間平均値を示す(図2)。1953年、1959年、1960年の値は台風や豪雨の影響により透明度の低下が幾月にわたってみられたとの報告があるために除外した。透明度は1920年代後半に8mを超えていたが、1930年代にはすでに低下している。その後1970年代後半から1990年代前半にかけて最も低下し、年平均値が6mを下回った。その後、1990年代後半から透明度は回復傾向にあり、現在は透明度の年間平均値は7m程度となっている。

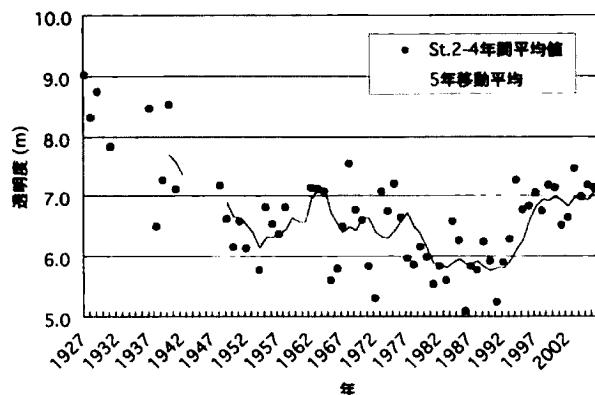


図2. 透明度(St.2-4)の年間平均値の経年変化。

1927年から1929年のSt.2, 4は現在の地点と異なるため、St.2, 4に近い地点のデータを用いている。

プランクトン沈殿量 透明度と同地点における表層(採集水層 0-10m)のプランクトン沈殿量を示す(図 3)。プランクトン沈殿量は 1950 年代に増加し、1960 年代以降は 10ml/m³ 前後で推移している。1970 年代には 16 ~ 24ml/m³ と突出して多くみられる年がある。特に、1972 年に多くみられたプランクトンは、*Closterium aciculare* と *Staurastrum dorsidentiferum* であったと報告されている⁹⁾。現在、本調査においてこれらの大量発生はみられていない。

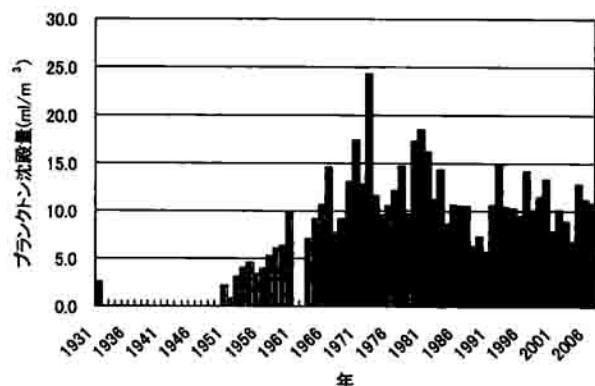


図 3. プランクトン沈殿量(St. 2-4, 採集水層 0-10m)の年間平均値の経年変化。1932 年から 1949 年、1961 年は欠測および報告書へのデータ未記載。

湖水温 1961 年 3 月以前は採水器で湖水を採水後、船上で水銀水温計を用いて計測していた。このため、1961 年 4 月以降に各深度で電気水温計を用いて計測した水温と誤差が大きく生じている可能性がある。底層水温について、1961 年 3 月以前と同型の採水器を用いた上記の手法と電気水温計 COMPACT-CTD(ALEC 製)との誤差を確認したところ、直接水中で計測する電気水温計と比べて 0.8 ~ 2.6 °C 高い値を示した(測定時条件: 表層水温 26.9 °C、水深 75m 水温 8.2 °C、気温 26.5 °C [COMPACT-CTD による計測])。このことから、1961 年 3 月以前のデータには誤差が生じている可能性が大きいため、底層水温については 1961 年以降のデータを用いた。

表層水温は、1940 年代後半から 1950 年代は平均 16.1 °C(誤差が生じている可能性はある)、1960 年代から 1980 年代は平均 15.7 °C、1990 年代から現在までの平均は 16.5 °C であった。1990 年代以降は

1960 年代から 1980 年代に比べ、表層水温が 0.8 °C 上昇しており(図 4)、有意差がみられた(二標本 t 検定 1963-1989, 1990-2006: P<0.01)。また、彦根気象台における気温¹⁰⁾をみると 1930 年以降上昇がみられており、表層水温との間に相関が見られ(1931-2006: ピアソンの積率相関係数 r=0.75、1963-2006: r=0.86)、気温の上昇とともに湖水温が上昇している。

底層水温(水深約 80m)は、1960 年代から 1980 年代は平均 6.8 °C、1990 年代から現在までの平均が 7.7 °C であり、1960 年代から 1980 年代と 1990 年代以降を比べると、表層と同様に水温が 0.9 °C 上昇している(図 5)(二標本 t 検定 1963-1989, 1990-2006: P<0.01)。また、底層の年間最低水温も上昇しており、底層水温が過去のように下がりきらなくなっている(図 5)。さらに、底層水温の上昇は 1980 年代後半に顕著にみられる。1980 年代後半以降は平均

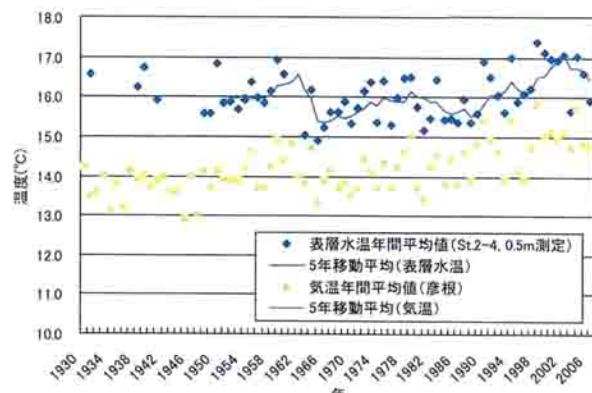


図 4. 表層水温(St. 2-4)の年間平均値と気温(彦根)の年間平均値の経年変化。

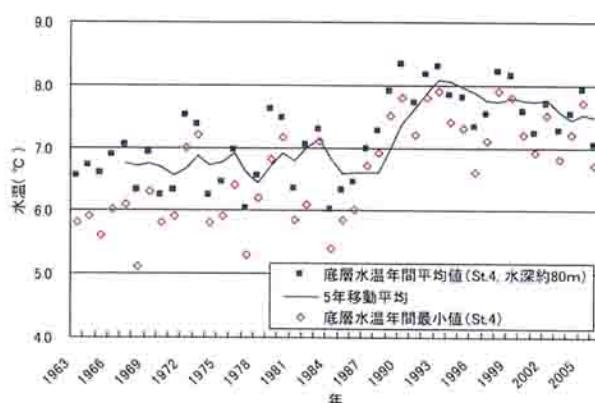


図 5. 底層水温(St. 4, 水深約 80m)の年間平均値と年間最小値の経年変化。

気温が上昇していることに加え、最低気温の高い年が続き、降雪量が少なくなっている(降雪と底層水温 1963-2006: ピアソンの積率相関係数 $r=-0.69$) (図 4, 6, 7)¹⁰⁾。

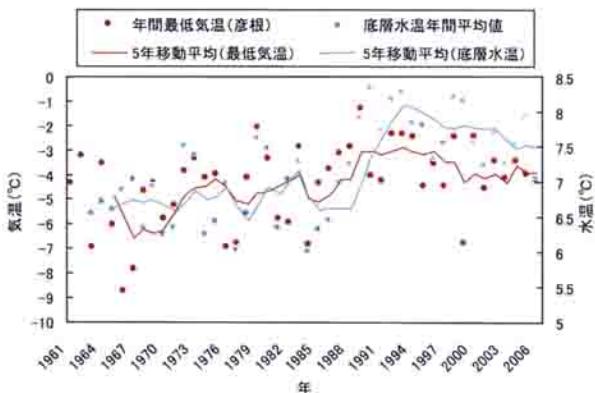


図 6. 年間最低気温(彦根)と底層水温の経年変化。

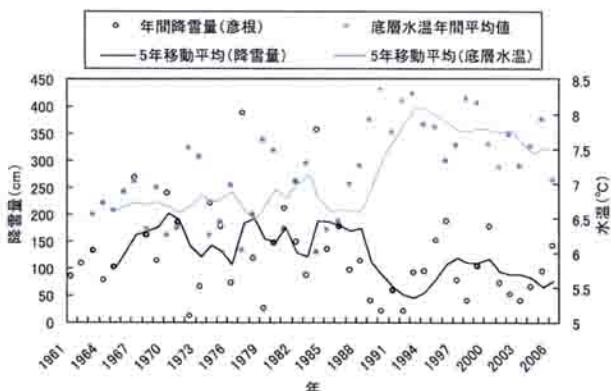


図 7. 年間降雪量(彦根)と底層水温の経年変化。

溶存酸素 琵琶湖の深層部では溶存酸素量の年間最小値が小さくなっている。St.4 における底層(水深約 80m、一部 70m のデータを含む)の溶存酸素量を示す(図 8)。1955 年以降、年間平均値は 8mg/l 程度で推移しているが、年間最小値は観測以来、下降傾向にある。さらに、1992 年および 2002 年には年間最低値が 2mg/l となり、琵琶湖の湖底の貧酸素化が進行している。

栄養塩類 まず、硝酸態窒素の年変動を示す(図 9)。1960 年以前は分析手法の問題上、分析値が安定していないので、除外した(他項目についても同

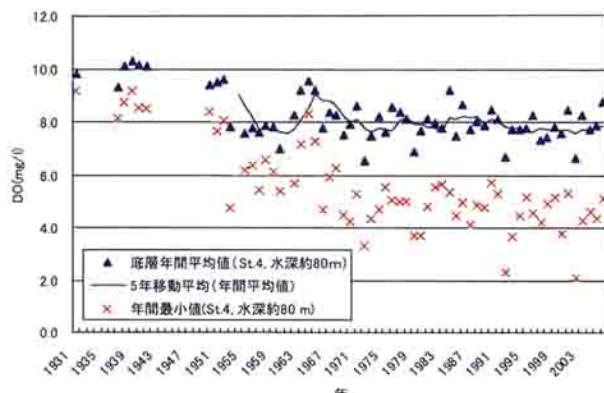


図 8. 底層(St.4、水深約 80m)における溶存酸素量の年間平均値および年間最小値の経年変化。1940 年から 1959 年までは水深 80m 層の調査を行っていないため、水深 70m の値を用いた。

様)。表層は沖合の定点 St.2 ~ 4 の平均値、底層は St.4 の水深 80m 層の値を用いた。1960 年以降、表層および底層ともに上昇しており、琵琶湖内全体への蓄積が進行している。亜硝酸態窒素は 1960 年以降上昇傾向にあるが、1999 年にピークに達した後は、変動幅が大きいながらも減少傾向がみられる(図 10)。アンモニア態窒素は硝酸態窒素と同様の傾向がみられ、濃度が上昇している(図 11)。

図 12 にリン酸態リンの変動を示す。表層では 1970 年代に濃度が上昇し、1970 年代後半から 1980 年代に連続して高い値を示している。1989 年および 1990 年には低い濃度を示したが、1991 年以降、幾年かの高い値を除き 1970 年代後半から 1980 年代と同じレベルで安定しつつある。底層は表層よりも高い濃度で、表層と同様の傾向を示している。

全リンの値をみると(図 13)、1987 年から 1990 年まで 0.006 ~ 0.007mg/l(底層) であったものが、1991 年以降は 0.012 ~ 0.023mg/l(底層) となり、1991 年以降はそれ以前に比べ、高い値のままである。ただ、本調査のリン分析は塩化スズ還元によるモリブデン青吸光光度法¹¹⁾であるが、同サンプルをアスコルビン酸還元によるモリブデン青吸光光度法¹²⁾で行ったところ、分析値と一致しない事例がみられる。この点については今後、検討していく必要がある。

このほか、ケイ酸や塩化物イオンも表層、底層とともに濃度が上昇している(図 14, 15)。

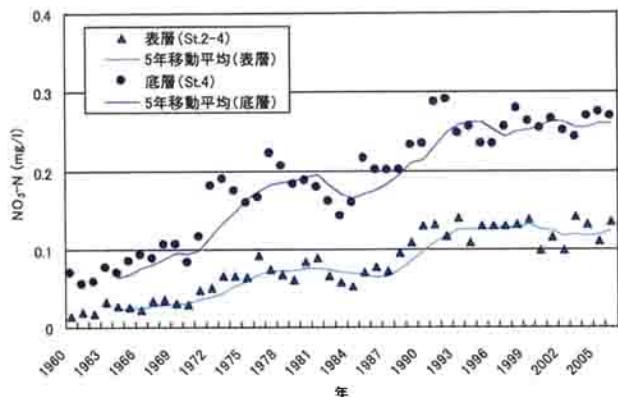


図9. 表層(St.2-4)および底層(St.4)における硝酸態窒素濃度の年間平均値の経年変化.

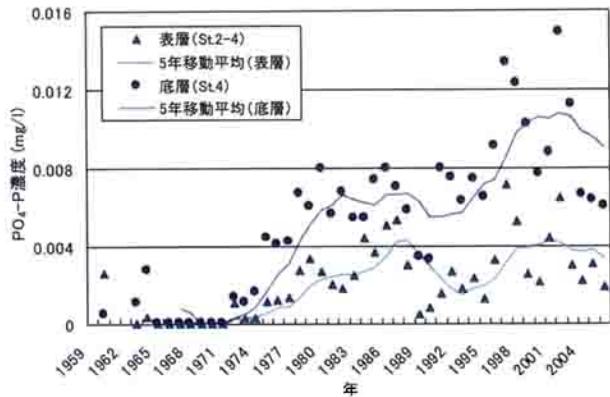


図12. 表層(St.2-4)および底層(St.4)におけるリン酸態リン濃度の年間平均値の経年変化

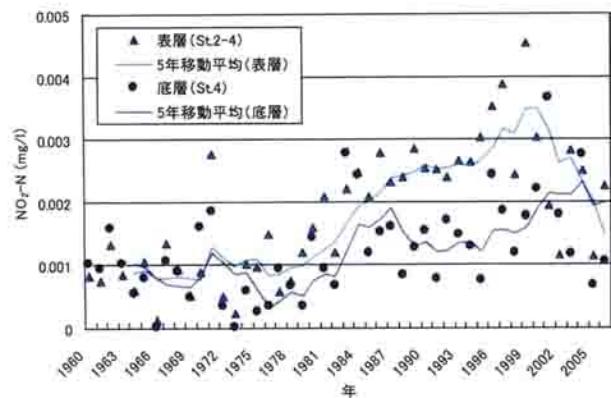


図10. 表層(St.2-4)および底層(St.4)における亜硝酸態窒素濃度の年間平均値の経年変化.

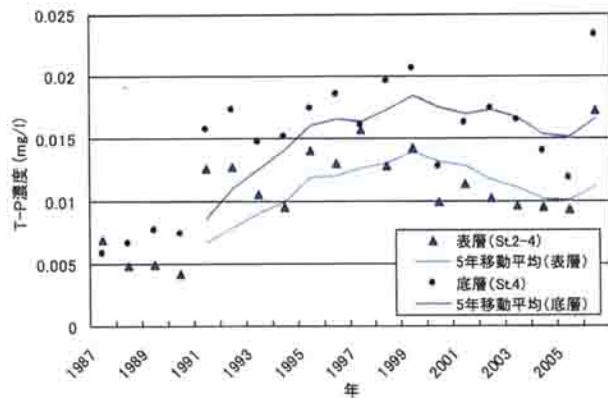


図13. 表層(St.2-4)および底層(St.4)における全リン濃度の年間平均値の経年変化.

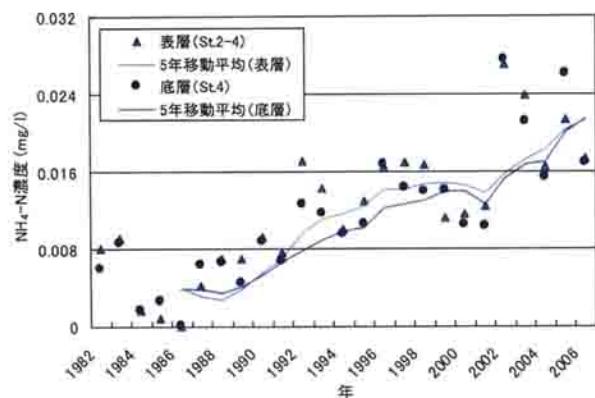


図11. 表層(St.2-4)および底層(St.4)におけるアンモニア態窒素濃度の年間平均値の経年変化.

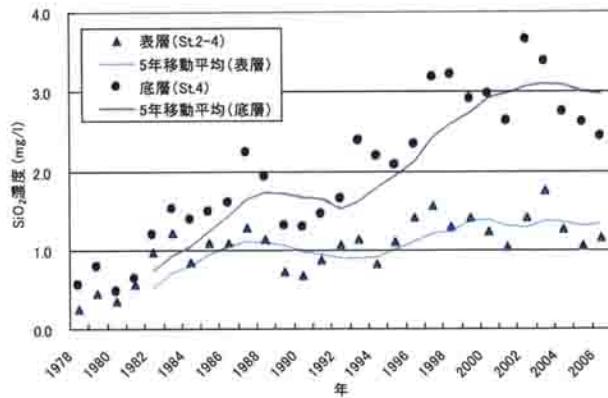


図14. 表層(St.2-4)および底層(St.4)におけるケイ酸濃度の年間平均値の経年変化.

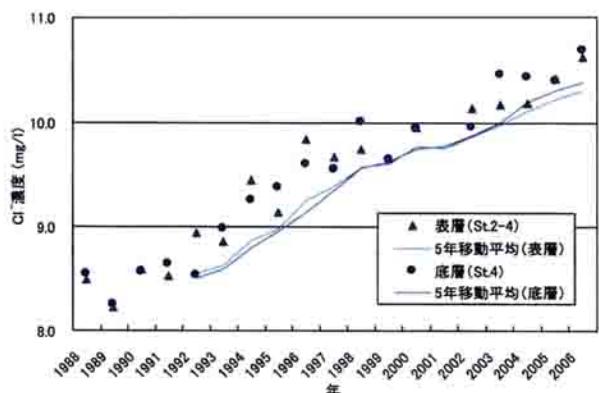


図 15. 表層(St. 2-4)および底層(St. 4)における塩化物イオン濃度の年間平均値の経年変化。

考 察

透明度の変動 透明度は 1930 年代にはすでに低下がみられており、1970 年代から 1990 年代前半にかけて最も低下した。特に、1977 年から 1986 年まではウログレナによる淡水赤潮が毎年発生しており（特に 1977 年から 1979 年は発生日数や発生水域が多い）、本調査の透明度が低下した時期と一致している。その後、1990 年代後半から回復傾向にあり、現在に至っている。このことは芳賀ら¹³⁾の見解と一致している。

淡水赤潮の原因であるウログレナの増殖については 1972 年の 5 月および 6 月に出水等の渦り以外の影響により水色が黄色みを帯びていたとの記載⁹⁾があるほか、同年（1972 年）には局部的に赤潮現象がみられたことから¹²⁾、このころにはすでにウログレナが増殖していたことがわかる。透明度だけでもみると、琵琶湖は 1970 年代から 1990 年代前半にかけて最も富栄養化していたといえる。

プランクトン種組成の変化 透明度は 1990 年代後半から回復傾向にあるが、プランクトン沈殿量は 1970 年代を除いて同水準で推移している。プランクトン沈殿量が最も多い 1972 年などは明らかに透明度が低下するなど、相関がみられる年もあるが、本調査の透明度とプランクトン沈殿量の変動には明確な相関関係はみられない（ピアソンの積率相関係数 $r=-0.29$ ）。このため、透明度の変化には、プランクトンの種組成の変化や本調査では採集できない小型プランクトンの増減や微細な泥粒子の有無が示

唆される。ネットで採集した表層の植物プランクトンでも、1950 年代に多くみられたと記載されている *Attheya spp.*、*Closterium spp.*、*Oedogonium spp.*、*Pediastrum spp.* などは現在あまりみられていない。また、琵琶湖の固有種であるプランクトンのビワツボカムリについては絶滅が危惧されるほど減少している¹³⁾。逆に、近年は *Urogrena americana* や *Microcystis spp.* がみられるなど種組成に変化がみられている。

1997 年頃からは春先に漁網の網目が詰まるほどの多量の付着物が付着し、現在でも漁業障害となっている。これらの主な原因は糸状性藍藻や付着珪藻であるが、年によって優占種が大きく変化している。2000 年にはカビ臭を放つ糸状性藍藻が付着しており、それを食したと思われるアユからカビ臭を発したことがあった。これらが多量に付着し始めた原因については不詳であるが、今後もこのようにある種の消長や種組成の変化が起こると考えられ、それにより食物連鎖が変化し、魚類相まで変化する可能性もある。

水温上昇、底層の DO 低下 水温上昇は、気温上昇による湖水の熱量增加、融雪水の流入量の減少など地球温暖化による影響と推察される。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第 4 次評価報告書では気温が上昇することが想定されており^{14), 15)}、湖水温の上昇は避けられない。また、表層水温が上昇することにより冬季においても水温躍層が解消せず表層と底層の循環がなくなること、湖面から溶け込む酸素量が減少すること、降雪の減少により溶存酸素を含有した融雪水の流入が減少することで底層への酸素供給が減少することや栄養塩類が循環しなくなることが想定される。現在の琵琶湖では深層部において貧酸素化が進行しているが、このことは 1973 年に中が指摘しており¹⁶⁾、その頃にはすでに湖底の貧酸素化が問題視されていた。現在ではさらに貧酸素化が進行し、琵琶湖の湖底が無酸素化していくことも想定されている。

深層部の貧酸素化が進行している近年、今まで確認されなかった現象がみられている。1991 年には硫化水素を利用する糸状性細菌であるチオプローカーが出現し¹⁷⁾、2002 年にはメタロゲニウムと呼ばれるマンガン構造体が出現した¹⁸⁾（南湖の浚渫窪地では 1991 年に確認されている¹⁹⁾）。このように、すで

に琵琶湖では今までに確認されていない現象が起こっており、このまま地球温暖化が進み、水温の上昇や栄養塩類が蓄積されていくことで琵琶湖の性状は明らかに変化し、今までにない現象がさらに起こり得る。これらを防ぐことは今のところ困難であるが、琵琶湖の変化を捉えるためには継続して調査を行っていくことが必要となる。

栄養塩類の蓄積 近年、赤潮の発生日数が減少し、また、透明度が上昇傾向にあるため、富栄養化が改善したようにみえるが、栄養塩濃度は低下していない。結果にも記したとおり、硝酸態窒素やアンモニア態窒素、塩化物イオンなどの濃度は上昇しており、旧衛生環境センター(現在の琵琶湖環境科学研究所)が行った水質調査結果(調査地点:安曇川沖中央)とも一致している²⁰⁾。栄養塩蓄積の一因としては、流入負荷が続いていることがある。塩化物イオンの濃度をみると、沿岸の調査地点St.1は他の定点に比べ濃度が高くなっている(図16)。St.1は彦根市(人口11万人 2007年8月末現在)から排出される生活排水や工業排水などの影響を強く受けており、硝酸態窒素でも同様にSt.1の方が濃度が高くなっている。現在では下水道が整備され、環境に配慮した農業などの取り組みがなされるなど、琵琶湖へ流入する栄養塩負荷が削減されているとのことであるが²¹⁾、琵琶湖沿岸各地から生活排水、農業排水および工業排水によって栄養塩負荷が続いているのが現状である。

また、近年は漁獲量が減少しており、1955年には10,616トンであった漁獲量が2006年には2,033トンにまで減少しており^{22,23)}、栄養塩類が琵琶湖の系外へ取り出される機会が減っていることも一因ではないかと考えられる。その他、深層部や水草の異常繁茂水域でみられる貧酸素化によって栄養塩が溶出したり、水草の異常繁茂により水草が今まで以上に栄養塩を取り込み、湖内で循環することで系外へ流出しにくくなっているかもしれない。

出現プランクトン種の変化や漁網の付着生物の増加などは、栄養塩濃度の上昇、栄養塩バランスの変化が一因として影響していると考えられる。現在、栄養塩の蓄積が進行しており、プランクトンが発生しやすい状況にあると考えられるが、近年、プランクトンの異常発生はみられていない。しかし、今後、プランクトンの異常発生や水草の異常繁茂水域の拡

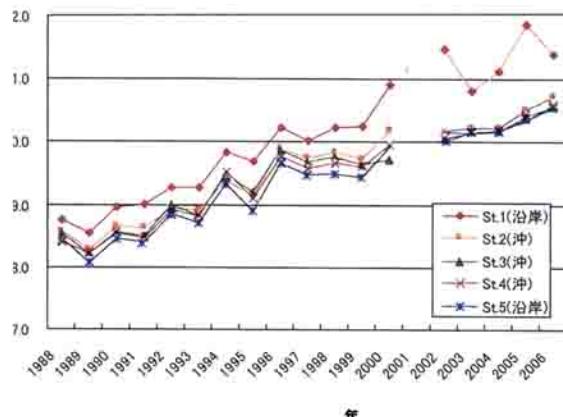


図16. 表層における塩化物イオン濃度の年間平均値の経年変化。

大なども懸念される。それにより、貧酸素水域が拡大することも考えられる。このことが、琵琶湖の変化を助長することになる。

栄養塩の適正レベルの検討 滋賀県では、琵琶湖の富栄養化に関する条例の制定や下水道処理などによる琵琶湖へ流入する栄養塩負荷の削減を行ってきた。本調査では栄養塩濃度の低下はみられないものの、透明度の上昇が確認され、赤潮の発生日数は減少している。ある視点からみれば、琵琶湖の環境は改善されている。環境面からみれば、環境基準などを達成すれば問題はないであろう。しかしながら、今後、豊かな生態系を持つ琵琶湖を取り戻すといった目標を達成していくには、栄養塩負荷を削減するとともに、栄養塩の適正レベルや適正バランスを考慮していくことが求められてくるのではないだろうか。

謝 詞

論文の作成にあたり、小谷博哉氏および琵琶湖博物館のDr. Mark.J.Grygier氏、滋賀県農政水産部水産課の幡野真隆氏に多大なるご協力、ご指導を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

摘 要

- 透明度は1920年代後半に年間平均値が8mを超えていたが、1930年代には低下し始め、1970年代後半から1990年代前半にかけて年間平均値が6mと最も低下した。

- 2)表層水温(0.5m)および底層水温(80m)とともに1960年から1990年までの30年間と1990年以降の約20年間を比較すると、表層では0.8℃、底層では0.9℃の上昇がみられた。また、表層水温と気温に相関関係が認められた。
- 3)水深80m層におけるDOの年間最低値は観測以来低下し続けており、1992年および2002年には年間最低値が2mg/lとなった。
- 4)硝酸態窒素やアンモニア態窒素は表層および底層とも湖内への蓄積が進行している。リンについても減少傾向はみられず、過去に比べ高い濃度を維持している。
- 5)透明度とプランクトン沈殿量の間には明確な相関関係はみられないため、プランクトンの種組成の変化やネットで採集されない微少プランクトンの増減が示唆される。ネットで採集した植物プランクトンでは過去にみられた種が現在ではあまりみられなくなっている。
- 6)琵琶湖の深層部ではチオプローカやメタロゲニウムの発生といった今までみられなかつた現象が確認された。水温上昇や湖底の貧酸素化がより進行することが予想されるため、今まで確認されなかつた現象がさらに生じ、琵琶湖の性状が大きく変化する可能性がある。
- 7)栄養塩負荷は依然として続いており、湖内への栄養塩類の蓄積も進行している。今後、プランクトンの異常発生や水草の繁茂水域の拡大などが懸念される。
- 8)今後、琵琶湖の栄養塩の適正レベルや適正バランスを把握していく必要があるのでないか。

文 献

- 1)滋賀県水産試験場(1910-1917)：滋賀県水産試験場報告
- 2)滋賀県水産試験場(1918-1927)：滋賀県水産試験場業務功程
- 3)滋賀県水産試験場(1928-1948)：滋賀県水産試験場事業報告
- 4)滋賀県水産試験場(1948-2006)：滋賀県水産試験場研究報告
- 5)吉村信吉(1937)：湖水の化学分析法。「湖沼学」，付録1-69，三省堂，東京。

- 6)日本規格協会(1998)：「工業用水試験方法 JIS K 0101」(坂倉省吾)，1-323，日本規格協会，東京。
- 7)日本水道協会(2001)：VI-2 非金属。「上水試験方法」，2001年版，192-289，日本水道協会，東京。
- 8)三宅泰雄・北野康(1960)：第11章-3 硝酸。「水質科学分析法」，116-122，地人書館，東京。
- 9)中 賢治(1976)：びわ湖定期観測(47年度)。滋賀県水産試験場研究報告，26，97-121。
- 10)気象庁(2007)：気象統計情報 過去の気象データ検索，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 11)芳賀裕樹・大塚泰介(2003)：琵琶湖北湖沖帯透明度の73年間の変遷。陸水学雑誌，64，133-139。
- 12)滋賀県(1990)：第2章富栄養化との闘い。「よみがえれ！碧い琵琶湖」(滋賀県生活環境部環境室)，28-39，滋賀県，滋賀。
- 13)一瀬諭・若林徹哉・森田尚・楠岡泰・西野麻知子(2004)：琵琶湖固有種ビワツボカムリ(*Diffugia biwae* Kawamura, 1918)の分布と消長について。滋賀県衛生環境センター所報，39，57-63。
- 14)IPCC(2007)：Climate Change 2007. 「IPCC Fourth Assessment Report」，<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>
- 15)気象庁(2007)：気候変動に関する政府間パネル第4次評価報告書，<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>
- 16)中 賢治(1973)：びわ湖深層の全循環前の溶存酸素量の永年変化について。陸水学雑誌，34，41-43。
- 17)西野麻知子(1998)：湖底の変化を探る -チオプローカの出現-. 湖国と分化，86，92-95。
- 18)一瀬諭，若林徹哉，岡本高弘，藤原直樹，井上健，加賀爪敏明，宮島利宏(2003)：琵琶湖北湖深層部における微生物由来のマンガン酸化物構造体-*Metallogenium* sp. の大量発生について(2002年)-，滋賀県衛生環境センター所報，38，100-105。
- 19)Miyajima, T. (1992): Biological manganese oxidation in a lake I: Occurrence and distribution of *Metallogenium* sp. and its kinetic properties. Arch. Hydrobiol., 124, 317-335.

- 20) 滋賀県(1982-2005)：「環境白書資料編」(滋賀県琵琶湖環境部水政課), 昭和 57-平成 16 年版, 滋賀県, 滋賀.
- 21) 滋賀県(2007)：5 健全な水環境の保全, 水質保全対策. 「滋賀の環境 2007」(滋賀県琵琶湖環境部水政課環境制作室), 22, 滋賀県, 滋賀.
- 22) 滋賀農林統計協会(1957)：V-I-1 内水面漁業. 「滋賀農林水産統計年報 昭和 31 年」(農林省滋賀統計調査事務所), 150-158, 滋賀農林統計協会, 滋賀.
- 23) 近畿農政局滋賀農政事務所(2007)：V-4 漁獲量. 「平成 17 年次滋賀農林水産統計年報」, 128-129, 近畿農政局滋賀農政事務所, 滋賀.

付表1. 分析手法および使用機器と変更年

項目	変更年	分析(発色)手法の変更				使用機器
		直接比色法 ⁵⁾	光電光度計 分光光度計	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
NH ₄ -N	1950.4-1958.4	直接比色法 ⁵⁾	同上	同上	日立 139型	
	1958.5-1971.12	同上	同上	同上	島津 UV-190	
	1972.1-1982.3	同上	同上	同上	JASCO V-550	
	1982.4-1983.6	インドフェノール法 ⁷⁾	同上	同上		
	1983.7-2004.11	同上	同上	同上		
	2004.12-present	同上	同上	同上		
NO ₂ -N	1950.4-1958.4	GR試薬による発色 ⁵⁾	GR試薬による発色 同上(1960年2月から粉末試薬を溶液試薬へ変更) 同上	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1958.5-1960.1	同上	同上	同上	日立 139型	
	1972.1-1982.3	同上	同上	同上	島津 UV-190	
	1982.4-1983.6	スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法 ⁷⁾	同上	同上	JASCO V-550	
	1983.7-2004.11	同上	同上	同上		
	2004.12-present	同上	同上	同上		
NO ₃ -N	1950.4-1958.4	GR試薬による発色	GR試薬による発色 同上	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1958.5-1960.1	同上	同上	同上	日立 139型	
	1960.2-1971.12	ヒドラジン還元後 ⁸⁾ 、GR試薬による発色	ヒドラジン還元後 ⁸⁾ 、GR試薬による発色 同上	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1972.1-1982.3	同上	同上	同上	島津 UV-190	
	1982.4-1983.6	ヒドラジン還元後 ⁸⁾ 、スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法 ⁷⁾	ヒドラジン還元後 ⁸⁾ 、スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法 ⁷⁾ 同上	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1983.7-2004.11	同上	同上	同上	JASCO V-550	
2004.12-present	同上	同上	同上	同上		
PO ₄ -P	1950.4-1958.4	モリブデン青法 ⁵⁾	モリブデン青法 ⁵⁾	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1958.5-1959.3	同上	モリブデン青法 ⁶⁾	同上	日立 139型	
	1959.4-1972.1	同上	同上	同上	島津 UV-190	
	1972.2-1983.6	同上	同上	同上	JASCO V-550	
	1983.7-2004.11	同上	同上	同上		
	2004.12-present	同上	同上	同上		
T-P	1981.4-1983.6	硫酸および過塩素酸による分解、アンモニアによる中和後、モリブデン青法 ⁶⁾	硫酸および過塩素酸による分解、アンモニアによる中和後、モリブデン青法 ⁶⁾	比色法 光電光度計 分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	1983.7-2004.11	同上	同上	同上	島津 UV-190	
	2004.12-present	同上	同上	同上	JASCO V-550	
SiO ₂	1950.4-1955.3	Dienert-Wandenbulcke法 ⁵⁾	欠測	比色法	エルマ比色計 ボシロム製	
	1955.4-1977.3	モリブデン青法 ⁷⁾	モリブデン青法 ⁷⁾	分光光度計	日立 139型	
	1977.4-1983.6	同上	同上	分光光度計	島津 UV-190	
	1983.7-2004.11	同上	同上	分光光度計	JASCO V-550	
	2004.12-present	同上	同上	分光光度計	島津 UV-190	
Cl	1987.12-2004.11	チオシアント酸水銀(II)法 ⁶⁾	チオシアント酸水銀(II)法 ⁶⁾	分光光度計	エルマ比色計 ボシロム製	
	2004.12-present	同上	同上	分光光度計	島津 UV-190	