

# 精進湖で発生した赤潮について

吉澤一家 有泉和紀 渡辺由香里

Studies on a Freshwater Red Tide in Lake Shoji

Kazuya YOSHIKAWA, Kazunori ARIIZUMI  
and Yukari WATANABE

富士五湖の一つである精進湖において、湖水が例年になく赤くなっているという情報が、1999年10月頃から地元漁業関係者により寄せられた。本湖については、山梨県により毎年4回、富士五湖補足調査として水質の水平調査が実施されており、1999年度からは調査頻度を増やし、湖心で毎月調査を行ってきた。今回この情報を受けて、赤水現象の原因及び実態の把握を目的として、補足調査を含めて適宜現地調査を行ったのでその結果を報告する。

## 調査方法

精進湖は富士五湖の中では最も小さな湖で、湖面積は0.5km<sup>2</sup>、平均深度は7.0mであるが、特異な形のため、湖岸線の屈曲の程度を示す肢節量は2.4と五湖の中で最も多い。また山中湖を除く他の湖と同様に、常時流出・入する河川はなく、湖底からの湧出水等で水位が保たれている。さらにヘラブナやブラックバスの釣客が多く訪れ、富士五湖の中では最も富栄養度が高い湖でもある。調査は、図1に示した湖心(St.1)にて1999年5月～2000年3月の間毎月、また水色に変化した後の11月～3月にはさらに6地点を加えて、水温、溶存酸素濃度、栄養塩類等の理化学的項目<sup>1)</sup>と顕微鏡による植物プランクトン観察を併せて行った。またプランクトンの観察についてのみ、西側湖岸部(St.7)で1～2週間の間隔で行った。

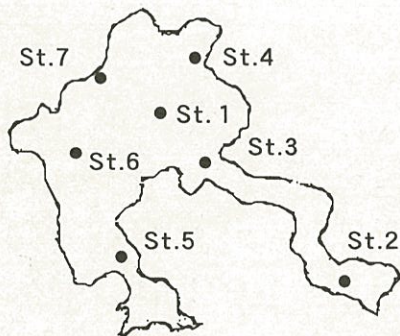


図1 精進湖調査地点図

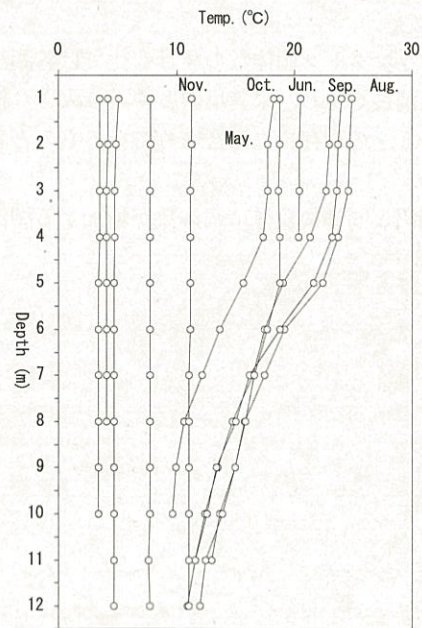


図2 湖心での水温垂直分布 (1999.5～2000.3)

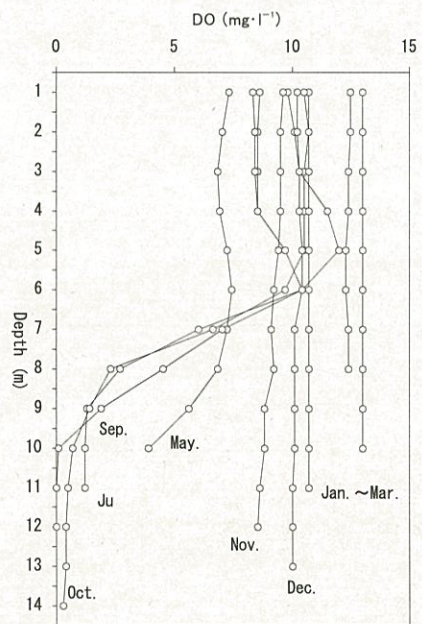


図3 湖心での溶存酸素垂直分布 (1999.5～2000.3)



## 調査結果と考察

### 1. 水温及び溶存酸素濃度の垂直分布

図2, 3に1999年5月～2000年3月までの、湖心における水温及び溶存酸素濃度の垂直分布の経月変化を示した。同図から、5月には緩やかな水温躍層の形成が始まり、6月～10月にかけて水深5～6mを水温躍層とする成層状態が観察された。さらに同図から、貧酸素層は数m存在したことが分かり、ここ数年行った夏季の補足調査で観察された貧酸素層の量と比較すると、多かったものと考えられた。これはここ数年間低下していた水位が本年は回復したことにより、躍層ができる水深は例年とほぼ同じであったにもかかわらず、それより深部の水層が豊富であったことと、気象月報<sup>2)</sup>によれば河口湖測候所での平均気温が7月を除いて平年よりやや高く、特に9, 10月はかなり高い(+1.9～2.9℃)ことから、躍層の形成期間が長かったことによると考えられた。

漁業関係者によれば9月末の台風以降に赤色に変化したとのことであり、恐らく9月21日の低気圧通過と24日の台風18号により、水温躍層が一時的に攪拌された可能性があり、これにより例年より大量の貧酸素層中の栄養塩等が湖水に供給された可能性があった。

### 2. 透明度(Tr)及び水色の経月変化

図4には湖心において補足調査時に測定された、透明度(m)と水色の経月変化を示した。水色はFOREL及びULEの水色計を用いて1～21の数字で図中に示した。この図から、8月には4m以上あった透明度が、10月以降急激に悪化し、1.5m前後となった。これに伴い、水色も緑色系から褐色へと変化し、特に11～12月は水色計で計測不可能な赤色へと変化し、これにより透明度も低下したのと考えられた。

### 3. 栄養塩濃度の経月変化

図5-1～3には全窒素(TN)溶存態全窒素(DTN), 全りん(TP)溶存態全りん(DTP), 浮遊懸濁物質(SS), COD, クロロフィルa(Chl-a)の各濃度の経月変化を示した。また図5-1, 2には8月に行った、湖底より約

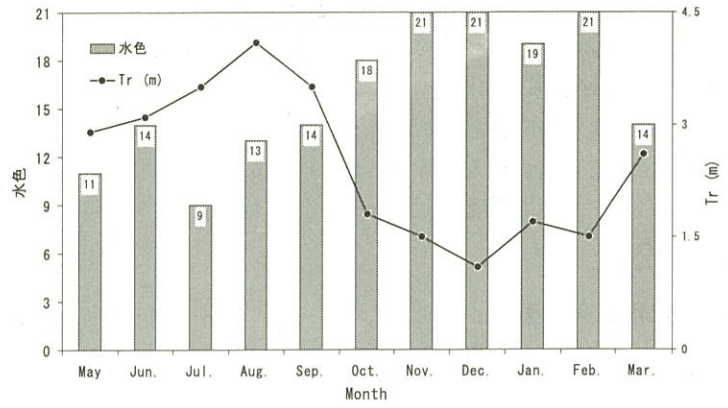


図4 水色・透明度の経月変化 (1999.5～2000.3)

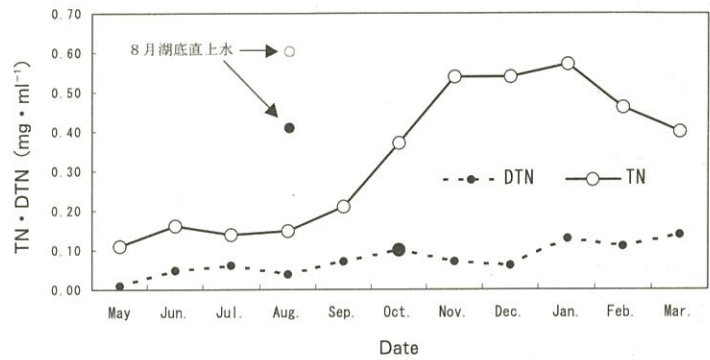


図5-1 栄養塩(全窒素・溶存態窒素)濃度の経月変化 (1999.5～2000.3)

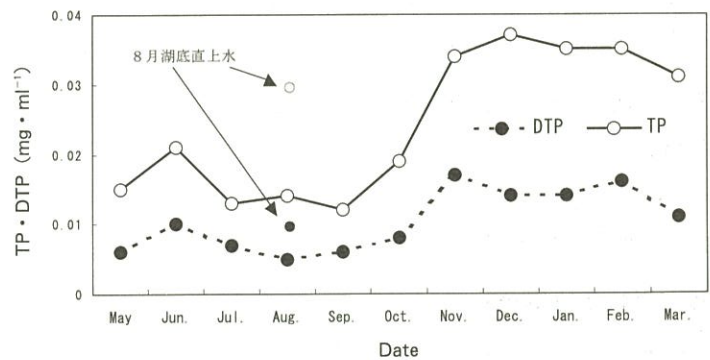


図5-2 栄養塩(全りん・溶存態りん)濃度の経月変化 (1999.5～2000.3)

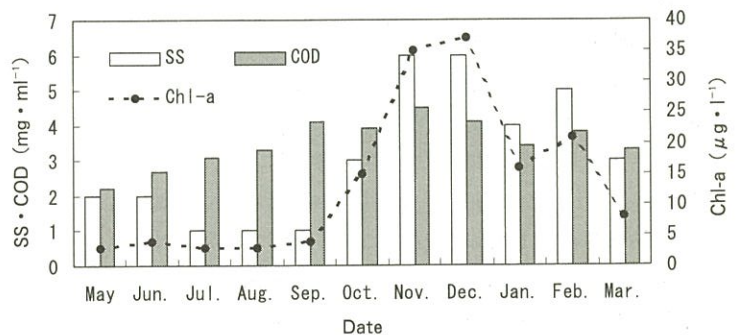


図5-3 水質(SS・COD・Chl-a)の経月変化 (1999.5～2000.3)



1 m直上の底層水の測定結果を○及び●で併せて示した。これらの図から DTN を除く栄養塩は 10 月に急増し、2000 年になり減少傾向となった。また 8 月には前述のとおり貧酸素層が形成されており、このため直上水の栄養塩濃度は表層の 2～3 倍高く、上下の循環があった場合には湖水の栄養塩濃度を上げうる可能性は十分にあったと思われた。

#### 4. 生物観察結果

湖水およびそのフィルター濃縮・フクシン染色処理したプレパラートを光学顕微鏡観察した結果、湖水が赤色化した 10 月以降に幅約  $1\mu\text{m}$ 、長さ約  $10\mu\text{m}$  の微小物質が数万個体・ $\text{ml}^{-1}$ ～数十万個体・ $\text{ml}^{-1}$ 見られた。この形態はほとんど針状で群体を形成せず、寒天質等で覆われることはなかった。また落射蛍光顕微鏡下では、G 励起でオレンジ色を呈し、フィコビルン系の色素の存在が示唆された。これに該当するプランクトンとして、藍藻 *Synechococcus* 属と推定された<sup>3,4)</sup>。

St. 7 でのプランクトン個体数の経月変化を図 6 に示したが、12 月に最高値の  $9 \times 10^5$  (cells・ $\text{ml}^{-1}$ ) から減少傾向を示しはじめたが、2 月初めに再度増加し、その後は  $2 \times 10^5$  (cells・ $\text{ml}^{-1}$ ) 程度へ減少した。琵琶湖の調査によれば個体数が  $10 \times 10^5$  (cells・ $\text{ml}^{-1}$ ) 程度になると透明度等に影響を及ぼす可能性があるとしており<sup>5-8)</sup>、本湖沼において最も増殖した時にはこれと同程度になったことから、透明度の低下等の影響が見られたと考えられた。

#### 5. *Synechococcus* 属の水平分布調査

図 7 には水平調査の結果を示したが、*Synechococcus* は全地点で  $8 \sim 10 \times 10^5$  (cells・ $\text{ml}^{-1}$ ) の密度で観察され、増殖は湖水の全面で起こっていたと考えられた。

#### 6. 光合成色素分析

植物プランクトンの増殖による湖水の変色特に赤褐色化（いわゆる赤潮）は、その光合成色素により引き起こされるとされている。そこでクロロフィル分析時にアセトン抽出された光合成色素のスペクトル分析を行い、各波長での吸光度から、クロロフィル系（緑色）、フィコエリトリン系（暗～赤褐色系）等の色素組成を試算した<sup>9)</sup>。

図 8 には各色素の経月変化を示した。同図において右端には藍藻、緑藻及び珪藻などを主構成藻とし、水色も緑褐色系を示した、1999 年 6 月の山中湖平野沖の湖水の分析結果を併記した。これにより山中湖の結果と比較しても、11～12 月には赤褐色系の色素が多かったことが示唆された。藍藻はフィコビルン系のフィコシアニン含有量が高いのが一般的であり、この場合は水色は紫から暗褐色系へと変化するはずであるが、今回の色調とは

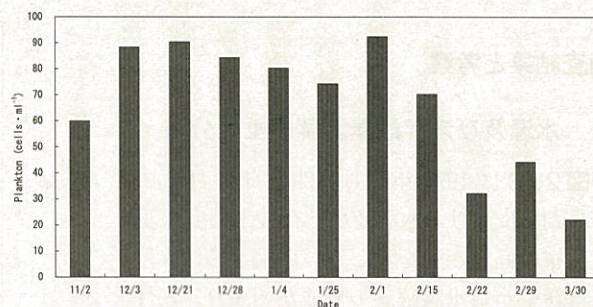


図 6 St. 7 におけるプランクトン個体数の変化 (1999.11～2000.3)

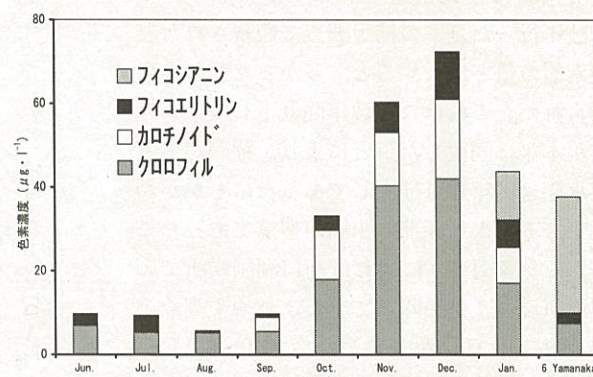


図 8 光合成色素濃度の経月変化 (1999.6～2000.1)

やや異なった。生育する環境条件によっては、フィコエリトリンが豊富になることも考えられるので、本属の色素合成についてさらに詳しく情報を得る必要があった。

#### ま と め

1999 年 9 月末から精進湖の湖水が赤色化した事例について調査を行ったところ、次の諸点について知見が得られた。

- 1) 湖水の成層期間及びその時の貧酸素水層が厚く、湖底泥からの栄養塩の溶出量も多かったものと思われた。
- 2) 赤色化が見られた期間に微小生物の増加が見られ、形態等から藍藻の *Synechococcus* 属と推定された。
- 3) 湖水中の光合成色素含有量は 11～12 月に増加をし、対照とした山中湖の湖水中には含まれなかった、フィコビルン系（暗～赤褐色系）の色素の存在が示唆された。
- 4) 以上から、精進湖の赤色化は藍藻の増殖による赤褐色系の色素の増加が原因であると考えられたが、同属に関する既知のデータが不足していることもあり、この藻が優占的に増殖した原因を明確にするには、今後さらに生育条件等の情報を蓄積する必要があった。



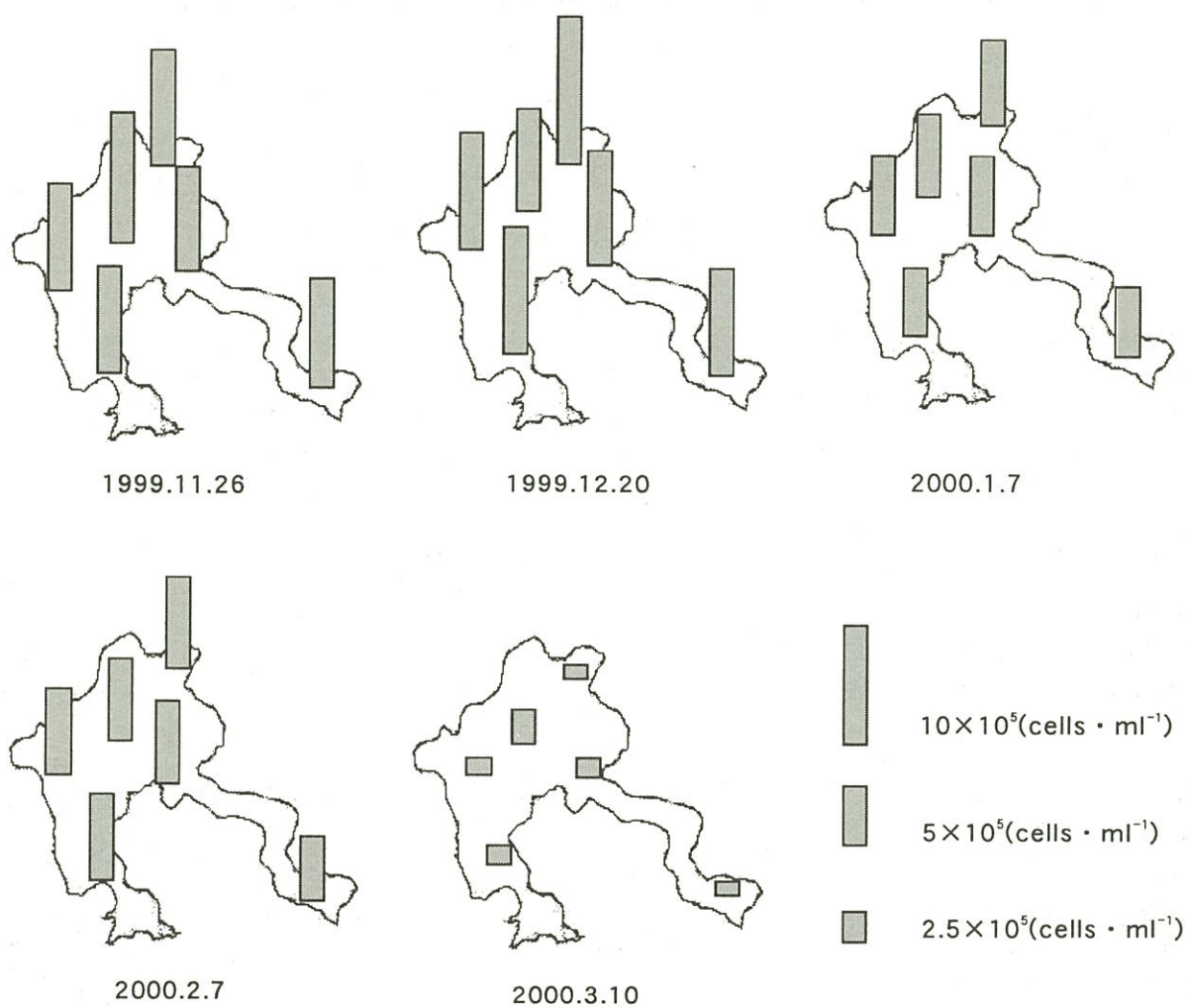


図7 *Synechococcus* 個体数の水平分布の経月変化

### 謝 辞

プランクトンの同定に際し貴重な情報を提供して戴きました，山梨県薬剤師会環境衛生検査センターの皆様へ深謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) 日本水道協会：上水試験法（1993）
- 2) 甲府地方気象台：山梨県気象月報（1999）
- 3) 廣瀬弘幸，山岸高旺：日本淡水藻類図鑑，8～9（1977）
- 4) 日本水道協会：日本の水道生物，17，（1993）
- 5) 一瀬 諭ら：滋賀衛環セ所報，26，138～147（1991）
- 6) 山中 直ら：滋賀衛環セ所報，26，148～155（1991）
- 7) 山中 直ら：滋賀衛環セ所報，27，25～32（1993）
- 8) 西澤一俊，千原光雄：藻類研究法，474～507（1979）
- 9) 若林徹哉ら：滋賀衛環セ所報，29，95～100（1994）