

琵琶湖河川事務所 河川環境課 水質調査係長 白井 義幸
 八千代エンジニアリング株式会社 大阪支店 技術第 3 部 ○渡辺 肇

1 はじめに

琵琶湖では、春にはウログレナ
 アメリカーナ（以下ウログレナと
 いう）による淡水赤潮が、夏には
 アナベナ属・ミクロキスティス属
 などの藍藻類植物プランクトンを
 優占種とするアオコが発生し、そ
 の発生メカニズムの把握と対策方
 法の確立が求められている。この
 ような状況を踏まえ、国土交通省
 は琵琶湖において淡水赤潮・アオ
 コの調査を継続的に行ってきた。
 本論は、この調査の結果を用いて
 ①既に文献等で明らかになっている
 事項の検証と②新たに把握でき
 た現象を明らかにすることにより、
 琵琶湖の淡水赤潮・アオコの発生
 メカニズム解明と対策方法の確立
 に資することを目的としている。

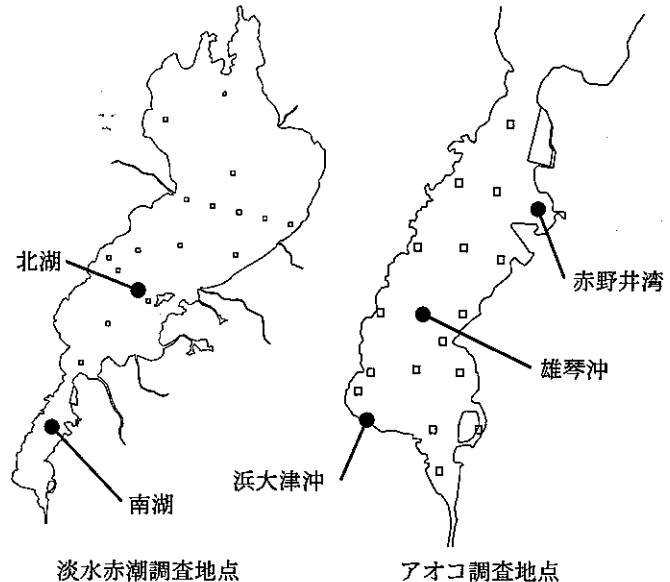


図-1 調査対象地域及び代表的な調査地点名

表-1 調査項目

現地観測	透明度、気温、水温、水色、風向・風速、湖内状況
水質分析	pH、電気伝導度、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、全窒素、リン酸態リン、全リン
プランクトン同定	ウログレナ、藍藻類植物プランクトン

2 方法

図-1 に示すとおり、淡水赤潮調査は南湖の 1 地点を含む琵琶湖全体で、アオコ調査は南湖の全域で行われてきた。調査項目は、表-1 に示すとおりである。本論ではこれら調査結果の過去 16 年間分（昭和 63～平成 15 年度）のデータについて発生時期・水温・水質（窒素、リン濃度）・風の影響に着目して整理を行った。アオコについては発生の状態を定性的に判断する「見た目アオコ指標」が示されているが、本論では発生状況を客観的に考察するため、定量的な値（細胞数あるいは群体数）に基づいて整理を行った。

3 文献等で明らかになっている事項の検証

3.1 発生の時期

ウログレナは図-2 に示すように、4 月下旬から 6 月上旬にその発生時期の中心があり、この時期の水温は 15～20℃であった。この数値は「ウログレナの出現温

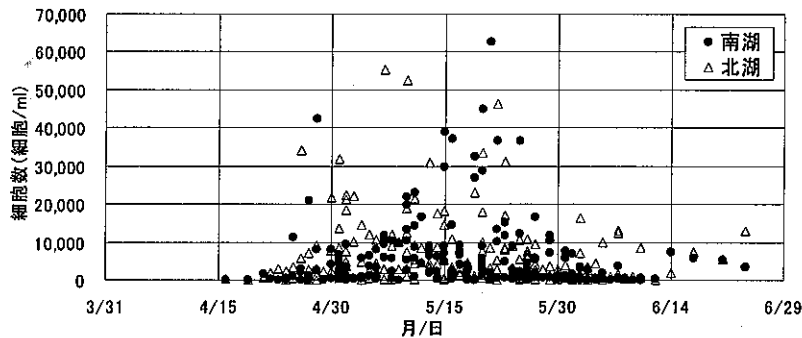


図-2 ウログレナアメリカーナの発生時期別細胞数の関係

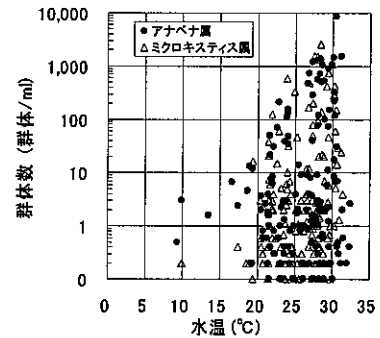


図-3 藍藻類植物プランクトンの水温と群体数の関係

度は 11~25 度、赤潮の形成は 13~21°C である¹⁾ という報告に一致する結果であった。

藍藻類植物プランクトンは 7 月下旬から 9 月上旬が発生の中心であり、図-3 に示すように、水温が 20°C を超えると出現数が急増する。藍藻植物プランクトンは他の藍藻類よりも最適水温が高く、「20°C 以上が最適である²⁾」という報告に一致する。

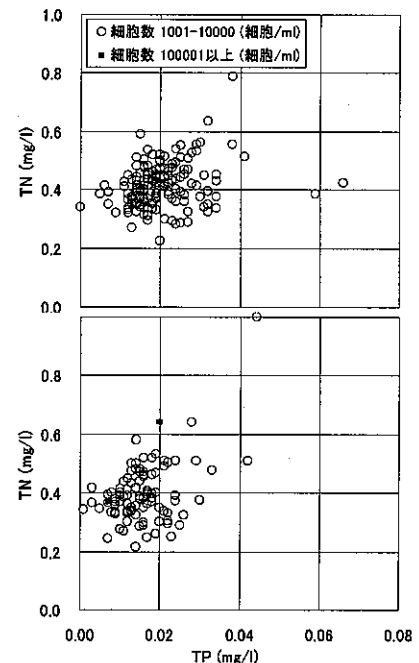
3. 2 水質との関係

近年では淡水赤潮が琵琶湖南湖でも観測されているが、発生水域の中心は依然として北湖である。図-4-a に示すとおり、北湖の水質は窒素濃度に関しては南湖と同程度であるが、全リン濃度が南湖に比べやや低い傾向にある。このような環境下においてもウログレナは大量発生し、また全リン濃度が 0.01mg/l という非常に低い場合であっても出現が確認された。これらのことから、ウログレナの発生と全リン濃度の関係は、必ずしも正の相関があるとは言えないと考えられる。

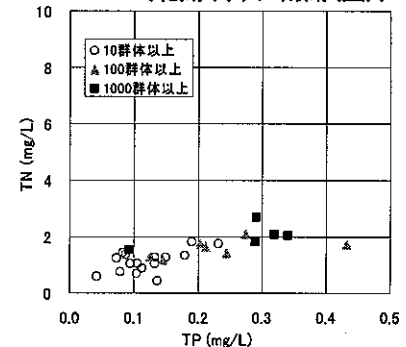
一方、アオコが多く発生する赤野井湾では、図-4-b に示すように、発生群体数が多い場合は全リン濃度が非常に高い傾向にあった。藍藻類植物プランクトンのうち、「ミクロキスティス属の存在には全リンが 0.07mg/l 以上必要である³⁾」という報告もあり、藍藻類植物プランクトンとリン濃度には正の相関関係があると考えられる。

3. 3 風との関連

図-5 に示すウログレナ細胞数、藍藻類植物プランクトン群体数と観測日の午前 7~10 時の平均風速の関係によると、ウログレナは風速が 2m 程度の場合にも多く出現しているのに対し、藍藻類植物プラ



(a) ウログレナ (北湖(下)、南湖(上))



(b) ミクロキスティス (赤野井湾)

図-4 観測時の全リンと全窒素の関係

ンクトンでは多く出現するのは風速 1m 以下の
 の場合が多いことが認められる。この原因と
 して、①「ウログレナは移動速度が非常に遅
 く、一定の場所に集積する作用が弱く、水深
 方向に広く分布する 4)」②「藍藻類植物プラ
 ンクTONは体内にガス胞を持っており、日光
 により光合成を始めると体内物質が消費され、
 細胞内の密度が低下してガス胞の体積が増加
 し、その浮力により水表面へ集積する 5)」と
 いうそれぞれの水深方向の分布構造の違いが
 考えられる。

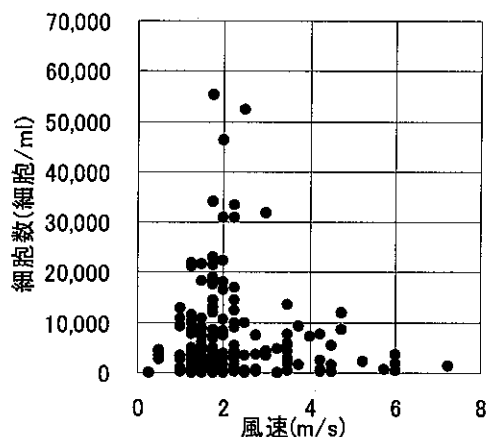
4 調査の検証により新たに把握された事項

調査結果の検証は発生時期・水温・水質・
 風の影響などについて行ったが、ここでは最
 も明確に関係性が示唆された積算水温との関
 係について述べる。

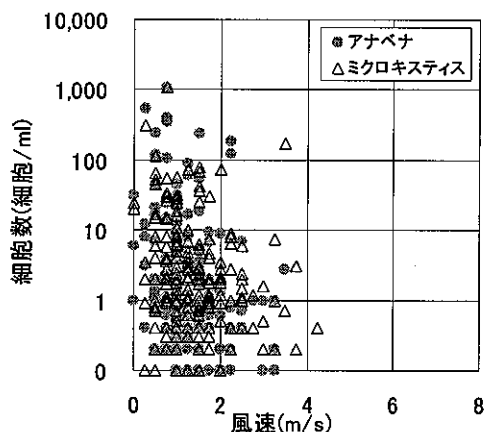
4.1 ウログレナと水温の関係

本論中で用いた積算水温とは、一定期間の
 日平均気温の累積合計値である。本論では、
 前7日間の平均水温が 10℃ (ウログレナのシ
 スト形成が始まる水温といわれている 4)) を
 超えた日を起算日として算出した積算気温を
 有効積算気温として用いた。水温の上昇パター
 ンが毎年同じであったと仮定すると、有効積
 算水温が低い年は、起算日が遅く、シストの
 形成開始が遅かったことになる。

図-6に各年度の5月20日頃の観測日のウログレナ細胞数と同一日の有効積算水温を示した。グラフから、有効積算水温が高い年は、ウログレナ細胞数が低くなるという傾向が認められ、特に1993年以降に関してはその傾向が顕著であることが分かる。水温の上昇パターンは年度によって大きな変動は見られないことから、有効積算水温が高い、つまり春先の水温が



(a) ウログレナ



(b) 藍藻類植物プランクトン

図-5 7~10時の平均風速と細胞数、群
 体数の関係 (風速は、彦根(ウログレ
 ウログレナ、大津(藍藻類))

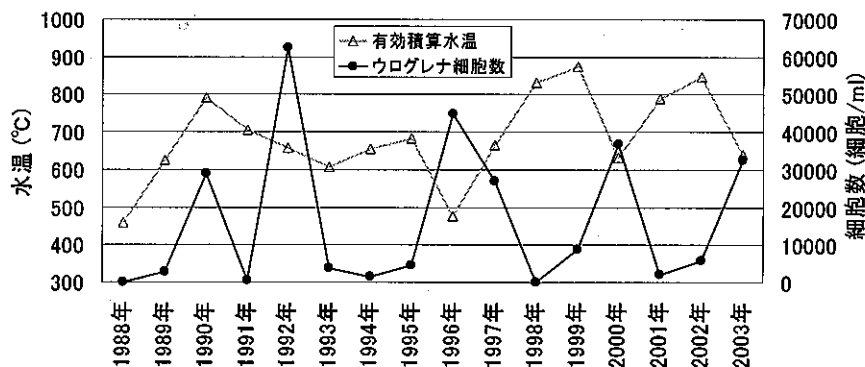


図-6 有効積算水温とウログレナ細胞数の関係
 (細胞数、有効積算水温は各年の5月20日頃のもの。水温デ
 ータは大津自動観測所のデータ(1999年のみ草津自動観測所
 のデータを使用)

高い年はウログレナの発生数が少なく、有効積算水温が低い、つまり春先の水温が低い年はウログレナの発生数が多くなる傾向にあると言える。

4.2 藍藻類植物プランクトンと水温の関係

図-7に各年度の藍藻類植物プランクトン（アナベナ属、ミクロキスティス属）の群体数の最大値（赤野井湾、雄琴沖、浜大津沖の平均）と6～8月の月平均水温を示した。グラフを見ると、水温と群体数は概略同じ傾向を示したことから、藍藻類植物プランクトンの生育は夏場の水温と関係していると考えられる。

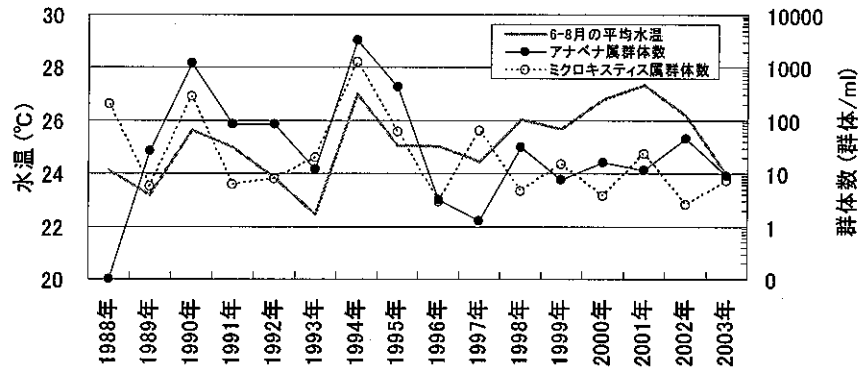


図-7 水温と藍藻類植物プランクトン群体数の関係
(水温データは天津自動観測所のデータ(1999年のみ草津自動観測所のデータを使用))

5 結論

調査の結果から、ウログレナの発生時期は水温が15度～20度になる4月下旬～6月頃、藍藻類は水温が20度以上となる7月下旬～9月頃であることが確認された。水質との関係では、琵琶湖はウログレナが大量発生するポテンシャルを十分に持つこと、赤野井湾などの半閉鎖性水域ではリン濃度が高く、藍藻類細胞数も多いことが確認できた。ウログレナの発生については、有効積算水温を用いて解析した結果、春先の気温が高い年には発生が抑えられ、春先の気温が低い年には発生が多くなる傾向が認められた。

調査では主に週1～2回の現地調査で得られたデータを用いて整理を行った。しかし、淡水赤潮、アオコは気象・水質・湖流など様々な環境要因が時間経過とともに複雑に変動した結果として発生する現象であるため、今後は琵琶湖で調査されている気象・水質等の様々な連続観測網とも関連づけた調査・解析が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 一瀬、若林：滋賀県衛生環境センター所報, 1993
- 2) 例えば国立環境研究所：アオコの計量と発生状況、発生機構, 1998
- 3) 坂本 充：淡水域の富栄養「水圏の富栄養化と水産増殖」, 1973
- 4) 門田 元 編：淡水赤潮, 恒星社厚生閣, 1987
- 5) 生島功編：水の華の発生機構, 東海大学出版会, 1987