

広沢池におけるアオコ形成藻類の消長 — 4年間の調査報告 —

奥田正三¹, 吉川俊一¹, 田崎和子¹, 中川和子¹, 吉田宏三¹, 稲田眞之助², 橋本和平¹

Waterbloom of blue-green algae in the Hirosawanoike pond — Four years' survey —

Shouzou OKUDA, Shunichi YOSHIKAWA, Kazuko TAZAKI, Kazuko NAKAGAWA,
Kouzou YOSHIDA, Shinnosuke INADA, Kazuhei HASHIMOTO

Abstract : We surveyed green-blue algae in the Hirosawanoike pond in order to reveal the process of waterbloom forming during the past 4 years.

In the Hirosawanoike pond, *Anabaena*, *Microcystis* and *Oscillatoria* grow alternatively or overlappingly. The growth patterns of these algae were similar in four years, but the first growth of *Anabaena* in spring took place earlier year by year.

The concentration changes in dissolved phosphorus and nitrogen did not affect on the growth of blue-green algae.

Key words : アオコ waterbloom, 藍藻 blue-green algae, クロロフィル a chlorophyll-a, 溶存態窒素 dissolved nitrogen, 溶存態りん dissolved phosphorus

I はじめに

京都嵯峨野の東部に位置する広沢池は、面積14ha、水深1.5mの正方形に近い池で、京都100景に選ばれている景勝地である。しかし、鯉の養殖がおこなわれ多量の米ぬかが飼料として投入されてきたために、富栄養化が進み、毎年春から秋にかけてアオコが持続的に発生して、景観を損ねたり悪臭を発生して問題となっている。

当所環境部門では、1998年以来広沢池におけるアオコ発生の実態と、その要因を明らかにする目的で、水質測定とプランクトン相の観察を継続し、随時報告してきた^{1~3)}。

今回、表層水に関する4年間の結果を比較検討して報告する。

II 調査方法

1. 調査期間

1998年は5月～10月、1999年及び2000年は4月～11月、2001年は3月～11月に実施した。

2. 試料の採取間隔

アオコが発生している期間（通例4月下旬～5月中旬、7月下旬～8月中旬）は2～4日毎に、その他の時期には1週毎（1998年は2～4週毎）に採取した。

3. 試料の採取方法

原則として、午後1時30分頃に池の中央部において、ボート上から水面直下の表層水をポリエチレン製容器に採取した。天候等の理由でボートを使用できない時は、西岸の小島（弁天島）から表層を採取して代替とした。

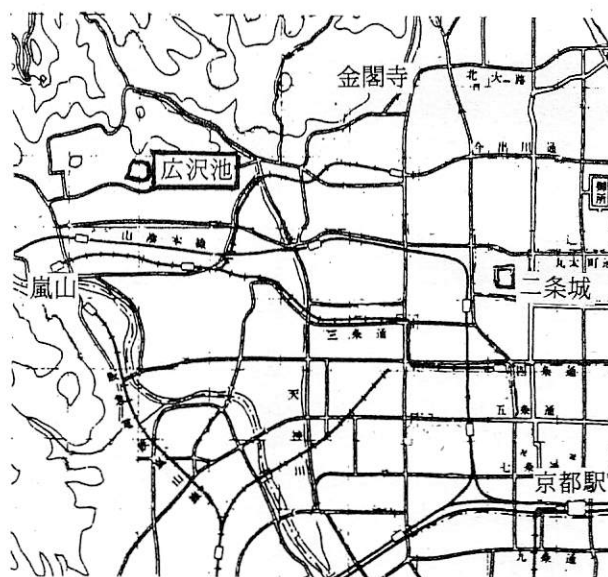


図1 広沢池の位置

¹ 京都市衛生公害研究所 環境部門

² 京都市衛生公害研究所 生活衛生部門

4. 調査項目及び測定方法

- 1) 気温及び水温は現地で測定した。
- 2) pH, 電気伝導度及び溶存酸素は実験室に帰還後速やかに, それぞれ pH メーター (堀場製作所製), 電気伝導度計 (堀場製作所製), 酸素メーター (YSI 製) にて測定した。
- 3) COD は冷蔵庫に保管し, 翌日 JIS K 0102 により測定した。
- 4) 溶存態窒素及び溶存態りんは, 速やかにガラスフィルター (Watman GF/C) にてろ過後, 冷蔵庫に保管し, できるだけ早く窒素は全窒素自動分析装置 (柳本製作所製) により, りんは JIS K 0102 により測定した。
- 5) クロロフィル a 濃度は, 速やかにガラスフィルター (ADVANTEC GS 25) でろ過し, 凍結保存したる紙を SCOR/UNESCO 法により測定した。
- 6) 陰イオン (Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 及び陽イオン (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) 濃度は HPLC (島津製作所 SCL-10A) により, それぞれ Shodex I521A (昭和電工) カラム及び Shim-pack IC-C3 (島津製作所) カラムを用いて測定した。
- 7) プランクトン類は試験水 0.5ml を計数用スライドガラス (20mm × 50mm) に乗せて顕微鏡 (OLYMPUS BX-50) により 200 倍で計数した。

III 調査結果

1. 水質の推移

4 年間の水質指標を表 1 に示す。透明度の低下と COD

の上昇が認められる。pH 及び溶存酸素の上昇傾向と併せると, プランクトン類が増加して光合成が活発化したことを示唆している。また, 導電率の上昇と主要なイオンである硫酸イオン, ナトリウムイオン及びカルシウムイオンの上昇から無機塩類の増加も推測される。

しかし, 溶存態の全窒素及び全りん濃度は, 2001 年に大きく低下しているが, 全窒素は年ごとの変動が大きい。

2. アオコ形成プランクトンの消長

広沢池で見られるアオコ形成藍藻類は *Anabaena* 属, *Microcystis* 属及び *Oscillatoria* 属の 3 種類であった。これら 3 種の消長を 1 年ごとに比較して図 2 に示す。

最も特徴的なのは *Anabaena* 属の激しい変動である。調査の着手が遅れた 1998 年以外の 3 年間は, 必ず 4 月中旬から 5 月上旬に他の藻類に先立って爆発的に増殖した後, 急速に消失する。その後約 2 ヶ月の密度の低い期間を経て, 7 月下旬から 8 月上旬にかけて再び大増殖と急激な消失が起こる。この盛夏期の増殖は 1998 年にも認められる。

なお, 春期大増殖の発生時期が年を追って早くなる傾向が認められる。

Microcystis 属は, 春期の *Anabaena* 属の大増殖と消失の後から徐々に増殖を開始して, *Anabaena* 属と競合しながらも比較的高密度で持続する。この様子は *Anabaena* 属と対照的である。なお, 2000 年以降個体数の増大が認められる。

Oscillatoria 属は個体数は少ないが, 8 月下旬から 10 月上旬にかけて発生している。しかし, 2001 年はほとんど発生を認めなかった。

表 1 調査期間中の水質指標の年別平均値

項目 (単位)	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年
水温 (°C)	26.7	24.8	22.6	24.4
透明度 (cm)	32	24	24	19
pH	9.50	9.66	9.90	10.06
導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	108.2	131.4	130.3	140.2
溶存酸素 (mg/l)		11.4	13.4	13.7
COD (mg/l)	16.6	22.9	25.6	29.6
全りん (溶存態) (mg/l)		0.103	0.100	0.079
全窒素 (溶存態) (mg/l)		0.627	1.041	0.580
Cl^- (mg/l)	6.55	5.80	6.51	5.92
SO_4^{2-} (mg/l)	11.94	11.68	11.64	13.48
Na^+ (mg/l)	3.63	3.49	3.81	3.91
K^+ (mg/l)	2.22	2.41	2.24	1.60
Mg^{2+} (mg/l)	1.76	2.05	1.95	1.93
Ca^{2+} (mg/l)	8.98	9.73	11.30	11.57

*1998 年は 5 月～10 月, 1999 年～2001 年は 4 月～11 月
各月ごとの平均値の平均値を示す

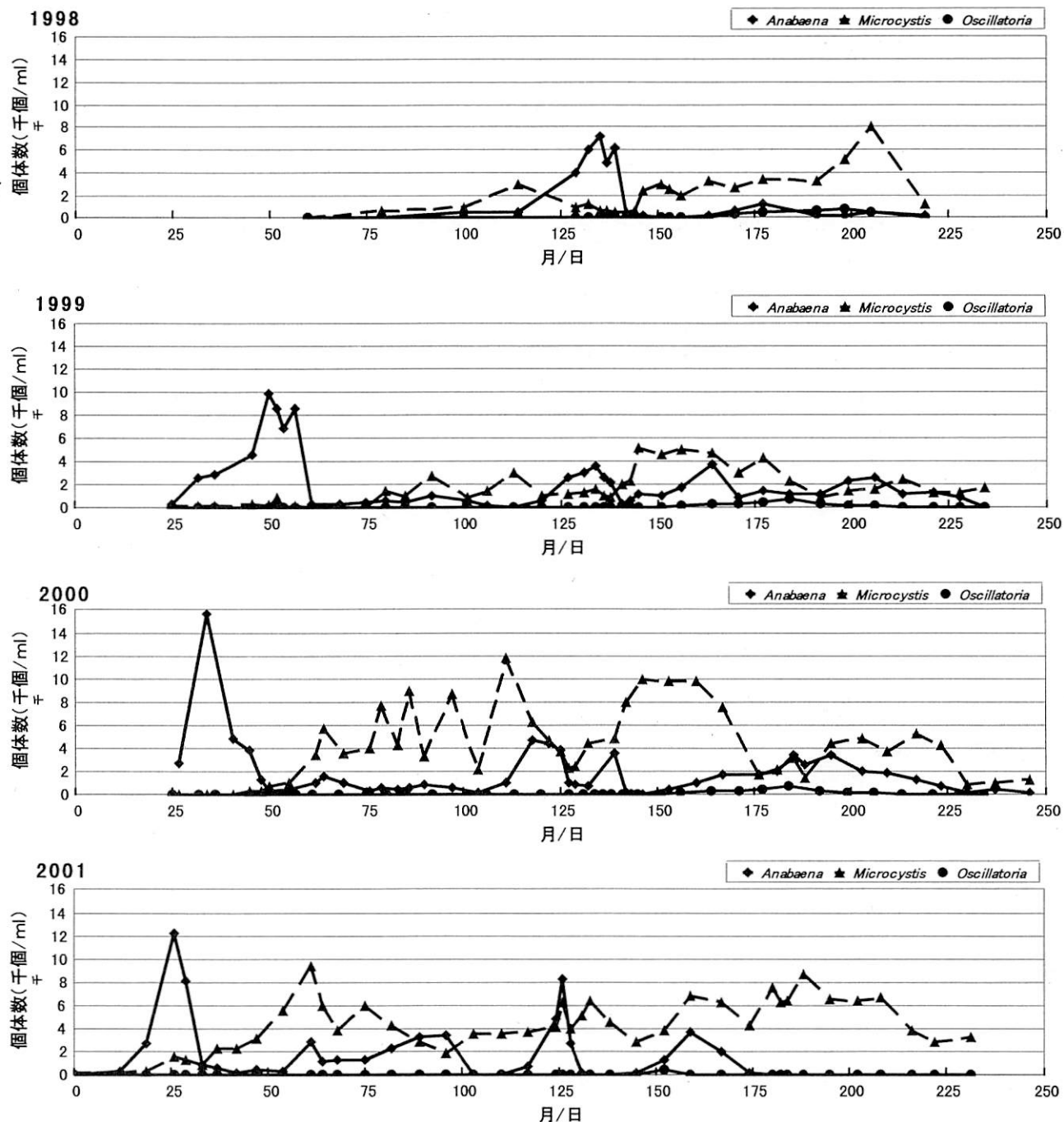


図2 アオコ形成藍藻類の消長（4年間の比較）

3. 水温の推移

図3より3月と11月が13～14℃、盛夏は最高で35℃である。表層水温は調査当日の天候に大きく左右されることから、断定的には言えないが、4年間の平均的な動向と比べ、1999年は夏期に低く、秋期に高いことと、2001年は4月が高いことが特徴である。

4. 溶存態総りん濃度

図3の溶存態総りん濃度のグラフより、水温が20℃以下

の早春と晩秋では0.03～0.07mg/lであるが、水温が30℃を越える盛夏には0.2mg/l程度まで上昇する。また、春期と秋期には、周辺の田畑で、代掻きや施肥が行われ、強い降雨により栄養塩が池に流入するために、突発的に急上昇する現象が認められる。

5. 溶存態総窒素濃度

図3より溶存態総窒素濃度は、6～8月の夏期には0.5～1.0mg/lで比較的安定しているが、春期と秋期には高いピ

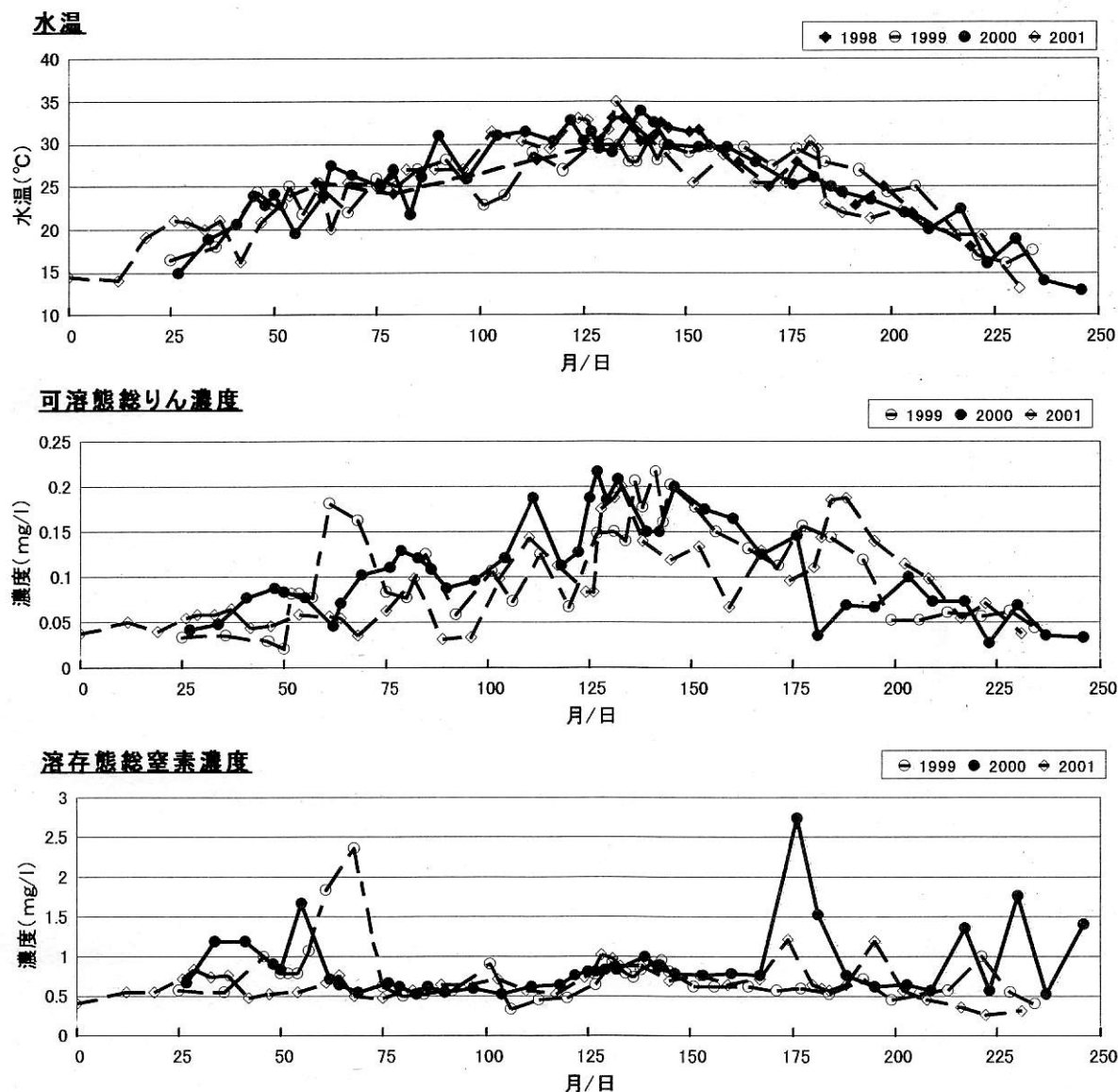


図3 水温、溶存態総りん濃度及び溶存態総窒素濃度の推移（3年間または4年間の比較）

ークが幾本も存在する。これは、りんと同じ原因によるものと思われ、さらに、*Anabaena* 属の急激な消失時にも見られることがある。2000年は上記のピークが他の年に比して大きく、先述したように年間平均値を押し上げたと考えられる。

IV 考察

広沢池におけるアオコ発生の実態把握と発生に影響する諸要因の解明を目的に4年間調査を行った。

1. 3種の藍藻類の消長の動向

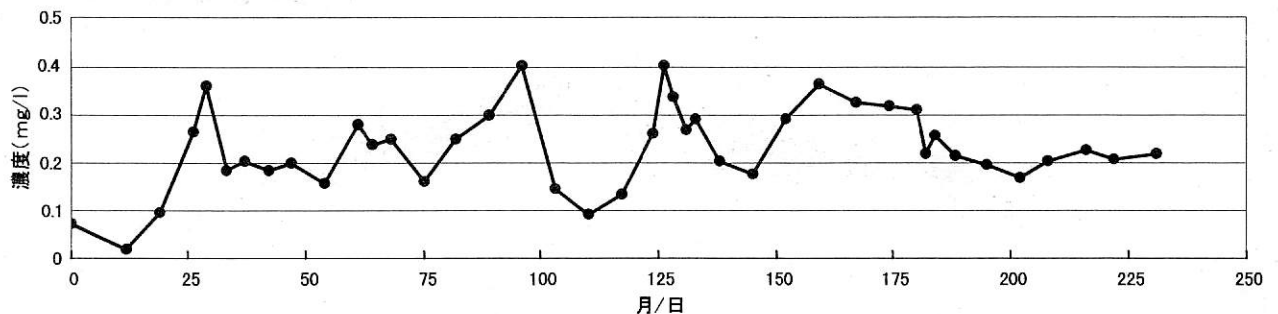
4年にわたって毎年類似した消長パターンを示すことを確認できた（図2）。1998年は調査着手が遅れたため、春

期の状況を把握できていないが、付近の住人からの聞き取りにより、4月末～5月初旬のアオコ発生を確認した。ここで注目すべき点は、春期の *Anabaena* 属の大増殖期が年を追って早まっていること、*Microcystis* 属の個体数が2000年と2001年で増加していること、2001年には *Oscillatoria* 属がほとんど見られなくなったことである。前二者については、池水の水質指標の悪化傾向（表1）と2001年4月の高水温（図3）との関連の可能性も考えられる。後者については、2001年の溶存性りん及び窒素濃度の低下（図3）が関係しているかもしれない。

2. クロロフィルa濃度と3種の藍藻類との関係

アオコ形成藍藻類の個体数の推移とクロロフィルa濃度との関係を検討したところ、興味深い事実が判明した。

クロロフィルa濃度の推移 2001



アオコ形成プランクトン個体数の推移 2001

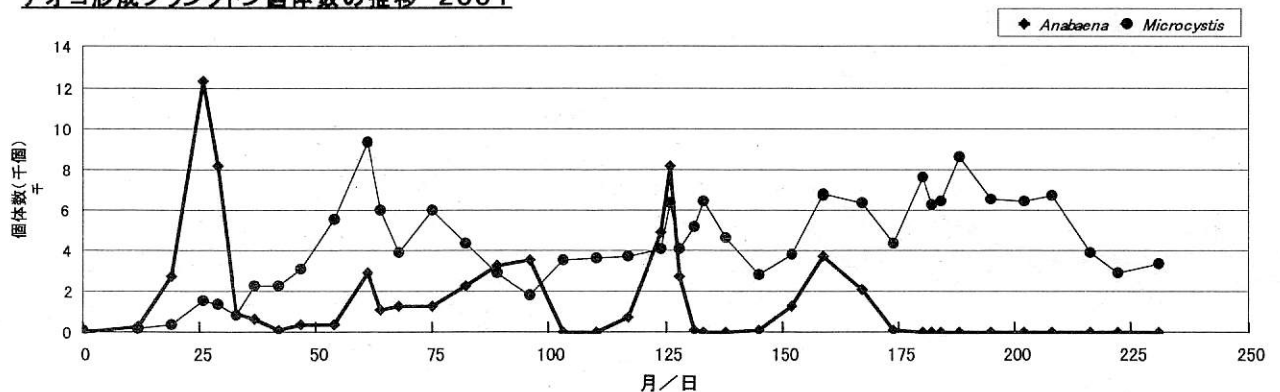


図4 クロロフィルa濃度の推移とアオコ形成プランクトン個体数推移との関連

図4に2001年の例を示す。*Anabaena* 属のピークがクロロフィルa濃度のピークと良く一致しているのに対して、*Microcystis* 属では個体数変化が*Anabaena* 属ほどには鋭敏にクロロフィルa濃度に反映せず、むしろ鈍感に反映している。したがって、外観的に池の水を眺めた場合、*Anabaena* 属の増減が目立つようである。また、広沢池ではクロロフィルa濃度の測定により、ある程度アオコ形成藍藻類の増減を推測することが可能と考えられる。

3. 溶存態総りん及び溶存態総窒素濃度の影響

一般的な水質測定では、池水をろ過せずに測定する総りん・総窒素を示すが、それではプランクトン体内のりん・窒素が含まれてしまう。今回のようにりん・窒素の濃度変化と藍藻類の増殖との関係を調べるためには、藍藻類が即利用可能な、水中に溶解した溶存態りん・窒素濃度との関係を検討の方が適切と考えた。今回の調査では、溶存態総りん濃度及び溶存態総窒素濃度の変化(図3)のアオコ形成藍藻類への影響を、把握出来なかった。その原因として、広沢池は既にりん・窒素濃度がアオコ発生下限値よりも遙かに高く、変動範囲が常にアオコ発生下限値よりも高濃度であったためと考えられる。

4. 日照時間の影響

一般的に、藻類の増殖には日照時間の影響が考えられる。

1999年と2000年に京都地方気象台発行の気象月報から5日毎の日照時間を求め、藍藻類の消長への影響を調べたが、影響は見られなかった。広沢池のように面積が広く、水深が浅い池では、*Anabaena* 属や *Microcystis* 属のような浮上性プランクトンでは十分な日光が得られるため、通常の気象条件では日照時間の影響は現れないのではないかと考えられる。

5. 米ぬか投入の影響

養殖鯉の飼料として、大量の米ぬかが投入されつづけてきた。これが原因で富栄養化が進みアオコ発生に繋がっているとも言われている。2001年には養殖業者が替わり、米ぬかの投入量を控えるようにしていると聞いている。2001年の溶存態総りん濃度及び溶存態総窒素濃度が前年と比べ大幅に低下しているが、米ぬか投入量変化との関連の検討が必要であろう。また、*Anabaena* 属、*Microcystis* 属の個体数については減少していないこと及び糖蜜がこれら藻類の増殖を促すとの報告⁴⁾から、米ぬか自体に増殖促進作用がある可能性も考えられる。

V まとめ

1. 広沢池におけるアオコ発生の実態と、その要因を明ら

かにする目的で、1998～2001年の4年間調査を実施した。

2. 広沢池では、*Anabaena* 属、*Microcystis* 属及び *Oscillatoria* 属の藍藻類が交互に、あるいは重複して増殖することによりアオコが発生することが判明した。

3. アオコ形成藍藻類の増減と溶存態りん・溶存態窒素の濃度変化及び日照時間との間には、関連を見いだせなかった。

4. 養殖鯉の餌として投入している米ぬかが、りん・窒素濃度の上昇以外に、アオコ形成藍藻類の増殖に対し、何らかの作用をしている可能性も考慮する必要があると思われる。

VI 文献

- 1) 京都市衛生公害研究所環境部門：同研究所年報（65），112－114（1999）
- 2) 奥田正三：全国公害研究所協議会 第14回東海・近畿・北陸支部研究会，2000年2月，奈良市
- 3) 奥田正三，他：第28回環境保全・公害防止研究発表会 2001年11月，仙台市
- 4) 南條吉之，他：水環境学会誌 23（11）690－696（2000）

