

# 湖山池における水質特性

## Characteristics of Water Quality in Koyama Lake

道上 正規\*・檜谷 治\*\*

By Masanori MICHIE and Osamu HINOKIDANI

In Koyama lake, phytoplankton blooms appear in summer season. This phenomenon might be influenced by the water quality. Therefore in this paper, in order to investigate the mechanism of phytoplankton bloom, the water qualities in Koyama lake such as pH, Do, turbidity, nitrogen and phosphorous were observed from 1991 to 1993. And characteristics of these water qualities were also discussed.

Keywords : lake, water quality, nutrients, observation

### 1 はじめに

鳥取市西部に位置する湖山池は、市民の生活の場あるいは憩いの場として貴重な水資源となっているが、古くから夏期から秋期にかけてアオコが発生する富栄養湖としても有名である。そこで、近年この湖山池の水質浄化に関する研究が盛んに行われており<sup>1)・2)</sup>、鳥取県による浚渫事業も実施されている。しかしながら、下水道が未整備で、しかも湖山池周辺の市街化が急速に進んでいる現在、水質が改善されている様子は見受けられない。

本研究では、この湖山池に発生するアオコの発生メカニズムを解明するための基礎調査として行った1991年から1993年の3年間の水質観測結果を示し、湖山池における水質特性を検討する。

### 2 調査方法および測定器具

水質調査は、1991年から1993年の4月から11月にかけて、流入河川の影響が少ないと考えられる、図-1に示す湖岸の測点1～4において、水深約50cmの湖水を採水し行った。調査項目は、pH、

---

\* 正会員 工博 鳥取大学教授 工学部土木工学科  
(〒680 鳥取市湖山町南4-101)

\*\* 正会員 工博 鳥取大学助教授 工学部土木工学科  
(〒680 鳥取市湖山町南4-101)

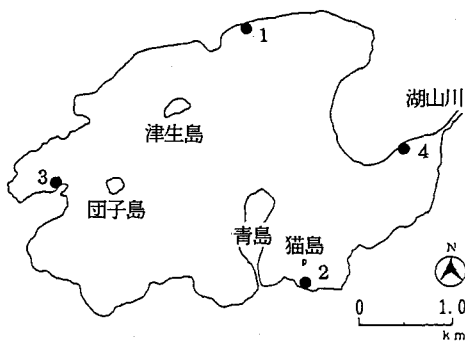


図-1 観測点の位置

DO、濁度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{T-N}$ 、 $\text{T-P}$ およびCODであり、その内のpH、DOおよび濁度は毎週2回、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{T-N}$ 、 $\text{T-P}$ およびCODは毎週1回測定した。

上記の調査項目の内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の無機栄養塩については、 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過した試料を用いて測定を行った。測定器具および測定方法を表-1に示す。

表-1 水質測定装置・方法

| 測定項目                   | 測定器具              | 備考               |
|------------------------|-------------------|------------------|
| 水温                     | 柏木デジタル塩分計<br>S-31 |                  |
| 気温                     |                   |                  |
| 塩分濃度                   |                   |                  |
| pH                     | セイメイ pH-2CN       |                  |
| DO                     | SIBATA DO-3       |                  |
| 濁度                     | セイメイ UC-61型       | 後方散乱光強度測定法       |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ | セイメイ HC-1000型     | 発光試薬による<br>吸光光度法 |
| $\text{NO}_2\text{-N}$ |                   |                  |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ |                   |                  |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ | TNP88M型           |                  |
| $\text{T-N}$           |                   |                  |
| $\text{T-P}$           |                   |                  |
| COD                    | セイメイ HC-407型      | JIS K-0101 準拠    |

### 3 湖山池の水質特性

ここでは水質汚濁に直接関与すると思われるpH、DO、濁度、COD、栄養塩（ $\text{DIN}$ 、 $\text{T-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{T-P}$ ）の観測結果に基づいて、湖山池における水質状況について述べる。ただし、以下の図では測定日の4測点中の最大値と、最小値のみを図で示している。

#### 3.1 pHおよびDO

図-2および図-3に示すのが、pHおよびDOの測定結果である。まず、pHについてみると、各年で春期は最大値と最小値がほぼ一致しており、ほぼ中性で湖山池内で一様となっている。しかしながら、夏期から秋期にかけて場所的にアルカリ性を示していることがわかる。このアルカリ性の出現はアオコの発生に起因していると考えられる。

一方、DOについてみると、全体的傾向は $10\text{ppm}$ 前後であるが、各年とも夏期から秋期にかけて場所的に低酸素濃度の個所がみられ、嫌気状態が生じていることがわかる。

#### 3.2 COD

図-4に示すのがCODの測定結果である。各年とも一時的に夏期から秋期にかけてアオコの異常発生などのために $10\text{ppm}$ 以上を観測する場合はあるが、場所的に変動はあるものの春期から秋期を通じて $4\text{ppm} \sim 8\text{ppm}$ 前後で比較的分動は少ない。

#### 3.3 濁度

湖山池においては、強風時の底泥からの巻き上げによって湖内の濁度が上昇する場合があるが、そのほとんどが冬期に発生するため、それ以外の期間では、濁度と植物プランクトン量すなわちアオコの発生状況は比例関係にあることが観測されている<sup>3)</sup>。

そこで、湖山池内の濁度の最大値と最小値の測定結果を図-5に示す。まず夏期から秋期にかけて最大値が数 $100\text{ppm}$ の高濃度を示すことがわかるが、最小値は $100\text{ppm}$ 以下である。このことは場所的に濁度が非常に変化していることを示している。このアオコの異常発生は、吹送時の風下にほとんど発生して

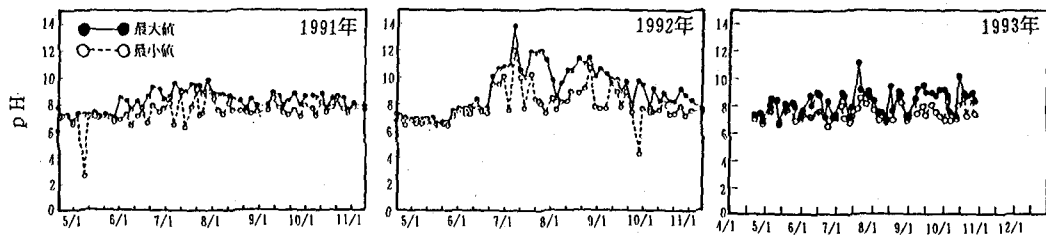


図-2 pHに関する観測結果

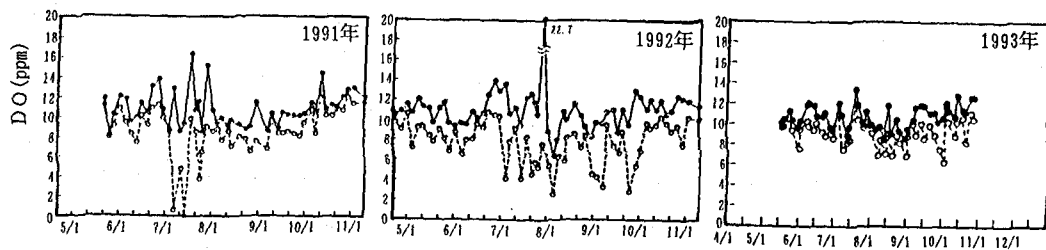


図-3 DOに関する観測結果

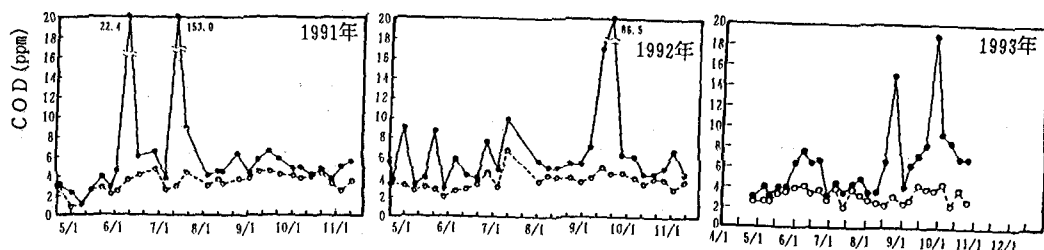


図-4 CODに関する観測結果

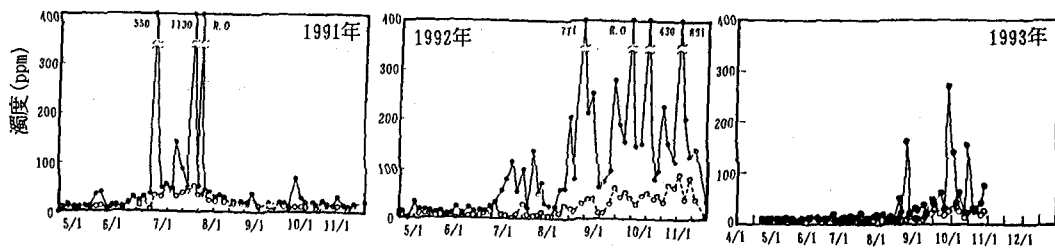


図-5 濁度に関する観測結果

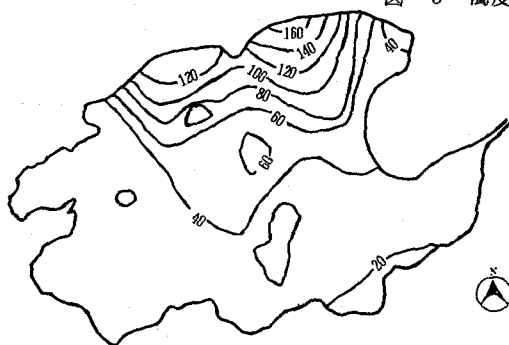


図-6 (a) 水面での濁度分布

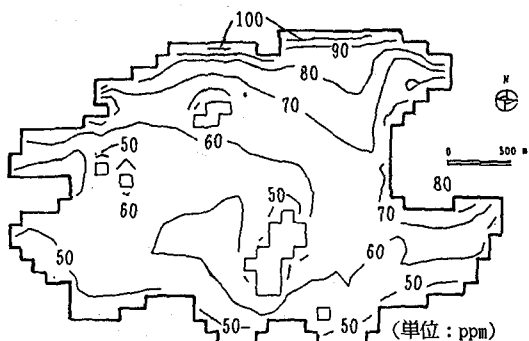


図-6 (b) 濁度分布の数値計算結果

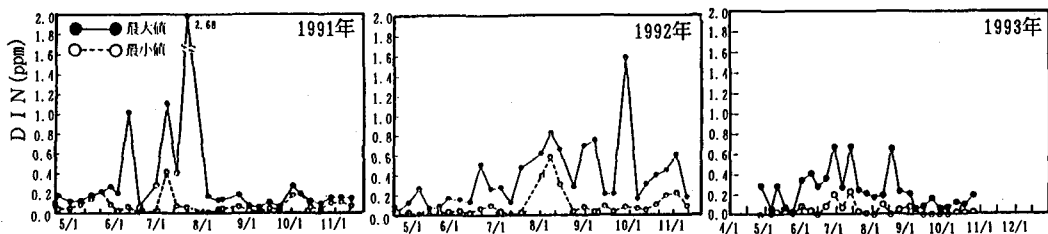


図-7 (a) DINに関する観測結果

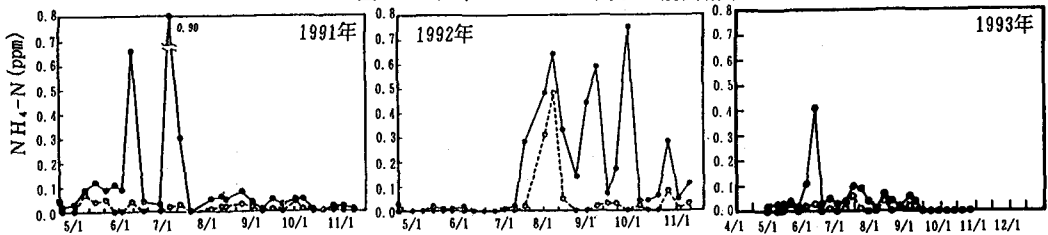


図-7 (b)  $\text{NH}_4\text{-N}$ に関する観測結果

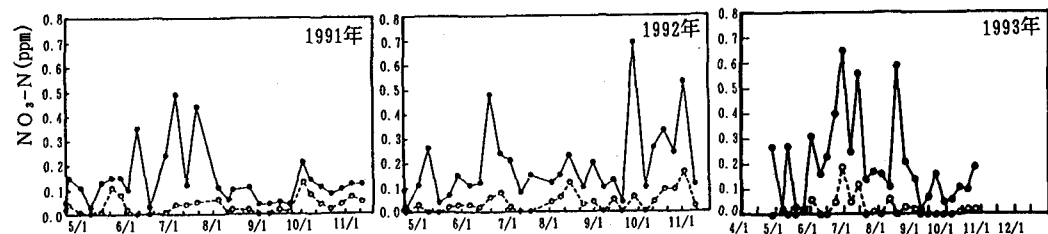


図-7 (c)  $\text{NO}_3\text{-N}$ に関する観測結果

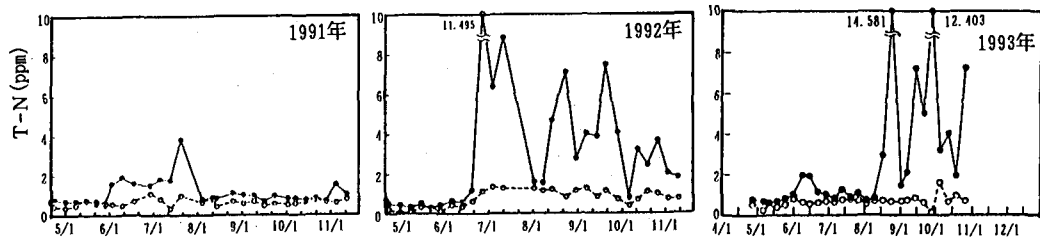


図-8 T-Nに関する観測結果

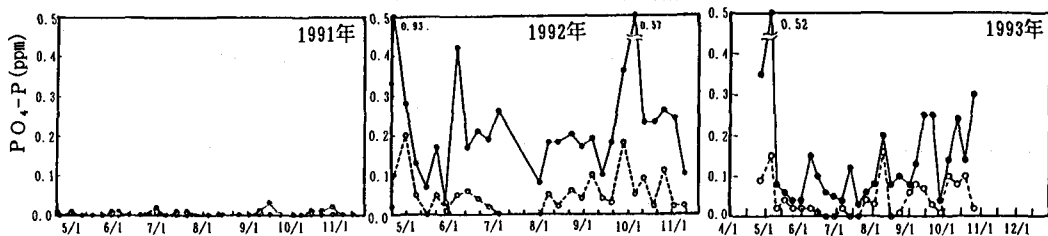


図-9  $\text{PO}_4\text{-P}$ に関する観測結果

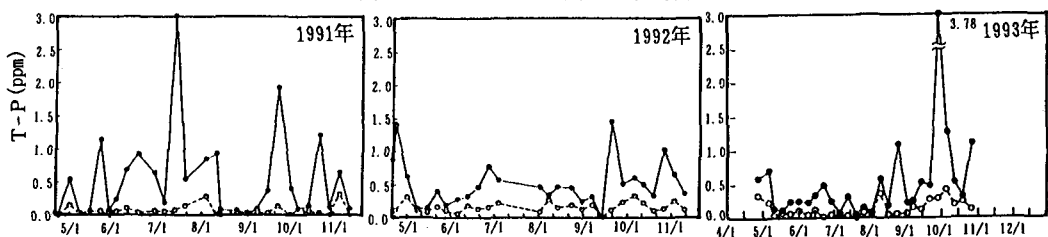


図-10 T-Pに関する観測結果

おり、風による吹き寄せとアオコの浮上特性によって発生していると考えられる。図-6(a)は平成4年8月7日に観測した水面での濁度の平面分布であり、ほぼ30~50ppmで一様分布をしていた状態から3時間後の状態を示したものである。この時間の風況は南南西の風約4m/sであり、風下の北岸付近にアオコが集中している。また、図-6(b)は、従来の3次元の吹送流および濃度の移流拡散に関する数値計算法を用いて、アオコが0.2mm/sの浮上速度持つものとして再現計算を試みたものであり、計算結果は観測結果をうまく再現できている<sup>4)</sup>。このことから、湖山池での濁度の場所的变化がアオコの風による吹き寄せ現象で生じていることがわかる。

このように、最大値に関してはその日の風況と大きく関係しており、むしろ最小値が湖山池全体の植物プランクトン量を反映していると考えられる。そこで、濁度の最小値に注目すると、水温の上昇にともなって夏期から秋期にかけて増加しており、しかも各年で増加期間・時期および値が大きく変化していることがわかる。特に、1992年では最小値は夏期から徐々に増加し、11月にピークを迎えている。

### 3.5 栄養塩類

#### (a) 無機態窒素

まず、無機態窒素の総量であるDINについて見ると、図-7(a)に示すように最小値については夏期にやや上昇する傾向にあるが、各年とも全体的には0.2ppm以下である。しかしながら、最大値についてみると各年で異なり、特に1993年は他の年に全体的に濃度が低い。

つぎに、DINの中身についてみる。まず、図-7(b)に示すNH<sub>4</sub>-Nについてみると、最小値は1992年の8月を除いて0.1ppm以下である。しかしながら、最高値に関しては各年で夏期から秋期の限られた期間のみ高濃度が観測されており、しかもこの高濃度の期間は各年で大きく異なっている。つぎに、図-7(c)に示すNO<sub>3</sub>-Nをみると、各年とも最小濃度と最大濃度に差があり、最高値をみると観測期間を通じて0.1ppm以上の比較的高い濃度の場所が存在していることがわかる。図-11はNO<sub>3</sub>-Nに関する4測点の値を比較したものであるが、値は場所的にばらついており、特に高濃度の個所は存在していない。この場所的傾向は上述したNH<sub>4</sub>-Nについても同様である。NO<sub>3</sub>-Nに関しては図示していないが、全体的にはNH<sub>4</sub>-NおよびNO<sub>3</sub>-Nに比べ1オーダー低い濃度となっており、全体的にはDINの傾向と同様な傾向を示した。

これらのことを総合すると、湖山池の無機態窒素に関しては、春期まではほとんどがNO<sub>3</sub>-Nであり、夏期から秋期のある期間にNH<sub>4</sub>-Nの占める割合が多くなる傾向にある。

#### (b) 全窒素(T-N)

無機態窒素と有機態窒素の合計であるT-Nについて示したものが図-8である。最小値に関しては夏期やや上昇する傾向にあるが、ほぼ1ppm前後であることがわかる。しかしながら、最大値に関しては各年で異なっている。この現象は、図-5の濁度と比較すると高濃度が観測される時期と濁度の高濃度時期が一致していることから、アオコの異常発生が原因と考えられる。また、DINの値と比較すると、最小値でDINのほぼ10倍となっており、湖山池では全窒素に占める有機態窒素の割合が非常に高いことがわかる。

#### (c) PO<sub>4</sub>-P

無機リンについて示したものが図-9である。原因は不明であるが1991年ではほとんど検出されていない。しかしながら、それ以外の年では比較的高濃度が観測されている。特に、最大値と最小値に開きが大きく、場所的に大きく変化していることがわかる。最大濃度に関しては、1991年以降は0.05ppm以上が期間を通じて観測されている。

#### (d) T-P

全リンの測定結果を図-10に示す。最小値に関してみると、1992年がやや高いものの、0.1~0.2ppmであり、無機リンがほとんど検出されなかった1991年も他の年度と同様な傾向にある。また、

最大値に関しては1 ppm以上の高濃度も観測されているが、全窒素でみられたアオコの異常発生との相関は少なく、河川流入・底泥の巻上がり等の他の原因も関係しているものと考えられる。つぎに、無機リンとの関係を見ると、全リンに占める無機リンの割合は窒素場合の10%よりかなり多く20～50%であることがわかる。

#### 4 おわりに

本研究では、湖山池の水質状況を3年間観測し、以下のような結果を得た。

- 1) pH、DO、COD、T-Nはアオコの影響を強く受け、アオコの発生する夏期から秋期にかけて場所的に変動することがわかった。まず、pHに関しては、通常中性であるが、夏期にはややアルカリ性を示し、DOに関しては、平均的には10 ppm程度であるが、夏期から秋期にかけて嫌気状態状態が発生する。また、有機物の影響を受けるCOD、T-Nはアオコすなわち植物プランクトンの量が増加する時期に最大値を取り、CODで100 ppm以上、T-Nで10 ppm以上の値も観測されている。一方それ以外の期間では、CODに関しては4～8 ppm程度で、T-Nでは最小値が1 ppm程度である。
- 2) 夏期の植物プランクトン量と関連する濁度に関しては、アオコの吹き寄せによって場所的に高濃度になることが明らかになり、数値計算によってもこの現象が再現できることがわかった。また、湖全体の植物プランクトン量と関連する最低濁度に関しては、夏期から秋期にかけて上昇するものの、その期間は年毎に大きく変動していることがわかった。
- 3) 無機態窒素に関しては、最小値でみると0.2 ppm以下であるが、最大値は夏期から秋期にかけて高くなり、場所的変動が大きくなることがわかった。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は夏期から秋期にかけてのある期間のみに存在しており、その期間も年毎に大きく変動することがわかった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ に関しては、最大値が観測期間を通じて0.1 ppm以上が観測されており、常にある程度高濃度の場所が存在していることがわかった。
- 4) 無機リンおよび全リンは一般的な湖に対する窒素との比率が大きく、かなり高濃度である。値としては無機リンは観測期間を通じて最大濃度0.05 ppm以上で、全リンは1 ppm以上の値を観測した。
- 5) 全窒素に占める有機態窒素の割合は約90%と高いが、全リンに占める有機態窒素の割合は50%程度で窒素に比べて低い。

#### 参考文献

- 1) 道上正規・檜谷治・朴啓次：湖山池における栄養塩負荷量に関する研究、鳥取大学工学部研究報告、第23巻、第1号、pp.99～108、1992。
- 2) 道上正規・檜谷治・鈴木直人：湖山池における水生植物の特性と水質浄化、第45回土木学会中国四国支部研究発表会概要集、pp.132-133、1993。
- 3) 谷口文武：鳥取大学卒業論文、1993。
- 4) 檜谷治・道上正規・B. H. Othman：湖山池におけるアオコ移動の数値シミュレーション、第45回土木学会中国四国支部研究発表会概要集、pp.134～135、1993。

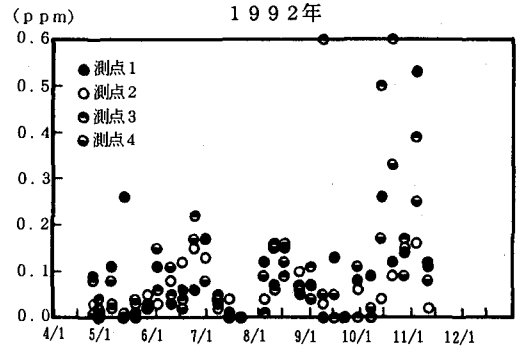


図-1 11 各測点における $\text{NO}_3\text{-N}$