

河口湖の水質特性

(1987～1997年度)

小林 浩 有泉和紀 渡辺由香里 小林規矩夫

Water Quality of Lake Kawaguchi in 1987-1997

Hiroshi KOBAYASHI, Kazunori ARIIZUMI, Yukari WATANABE and Kikuo KOBAYASHI

1970 (昭和45)年に制定された水質汚濁防止法を受け、山梨県では富士五湖の水質調査を毎月1回実施している。またこの調査に並行して、1980 (昭和55)年から河口湖、山中湖、精進湖において5, 7, 8, 11月の年4回、湖の水平方向及び垂直方向の水質状況を把握するため調査を行なっている (以下この調査を「補足調査」と記す)。

この補足調査の中で、河口湖については清水ら¹⁾が1980年度から1989年度間の調査結果を解析し、湖東部においての水質悪化を報告している。今回、我々は河口湖の1987年度から1997年度までの水質調査について全窒素、全りん、CODなどの項目を中心に解析したので報告する。

調査方法

調査地点、項目及び試料採取時期

調査地点を図1に示した。湖西部で5地点(1～5)、湖中央部で6地点(6～11)、湖東部で3地点(12～14)の計14地点で調査を行った。

また、試料採取時期は循環期～水温躍層形成初期の5月、成層期の7月、8月及び循環期の11月に実施した。

調査項目は表層水について、水深、水温、水色、透明度(Tr)、電気伝導度、pH、溶存酸素(DO)、化学的酸素要求量(COD)、浮遊物質(SS)、クロロフィルa(Chl-a)、全窒素(TN)、溶存態全窒素(DTN)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、全りん(TP)、溶存態全りん(DTP)、リン酸態りん(PO₄-P)の18項目である。測定及び分析方法は常法²⁻⁴⁾によった。また、湖水水質の富栄養化指標としてTr、TP、Chl-aから算出される修正カルソン指数(TSI)⁵⁾の平均値を用い、水質状況の把握を行なった。なお、計算式は次のとおりである。

$$TSI = \{TSI(Tr) + TSI(TP) + TSI(Chl-a)\} / 3$$

$$TSI(Tr) = 24.6 + \{36.9 - 15.3 \cdot \ln(Tr)\} / \ln 2.5$$

Tr: 透明度(m)

$$TSI(TP) = 24.6 + \{67.1 + 11.5 \cdot \ln(TP)\} / \ln 2.5$$

TP: 全りん濃度(mg/l)

$$TSI(Chl-a) = 24.6 + \{10 \cdot \ln(Chl-a)\} / \ln 2.5$$

Chl-a: クロロフィル-a濃度(mg/l)



図1 河口湖調査地点

表1 河口湖における各項目の相関 (87~97年度)

(n = 580)

| | Chl-a | COD | pH | SS | TN | TP | Tr |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Chl-a | 1.000 | | | | | | |
| COD | 0.659 | 1.000 | | | | | |
| pH | 0.159 | 0.297 | 1.000 | | | | |
| SS | 0.676 | 0.579 | 0.243 | 1.000 | | | |
| TN | 0.242 | 0.140 | -0.152 | 0.161 | 1.000 | | |
| TP | 0.628 | 0.534 | 0.187 | 0.678 | 0.215 | 1.000 | |
| Tr | -0.540 | -0.342 | 0.128 | -0.603 | -0.192 | -0.501 | 1.000 |

結果及び考察

1. 調査項目間の相関

87年度から97年度まで、延べ580地点について湖沼の富栄養化に関する項目、Chl-a、COD、pH、SS、TN、TP、Trの間の相関を求め表1に示した。これら項目間で0.7以上の相関を示す項目は見られなかった。しかし、Chl-aとの関係ではTP、SS、CODとの間に0.6以上の相関が見られた。また、SSとの間ではTPとの間にプラスの、またTrとの間にはマイナスの各々0.6以上の相関が見られた。

富栄養化した湖沼ではTNやTP等の栄養塩とChl-aが高い正の相関を示すことが知られている。しかし、河口湖についてはこれら項目間の相関はいずれも0.7以下であった。

2. 各月別・地点別の水質変動

次にTN、TP、COD、Tr、Chl-a、TSIの同期間の月別・地点別平均値を図2~7に示した。

1) TN、TPについて

TN、TPについて月ごとの変化をみると、循環期にあたる11月に高い値を示す傾向があった。また水温躍層が完全に形成され、表層の高水温期が持続している8月には最も低い値となった。区域ごとの比較では湖西部(1~5)で値が低く、湖中部(6~11)で高く、湖東部(12~14)でやや低下した。

2) CODについて

CODは月ごとの変化がTN、TPほど明瞭ではない。しかし、地点別ではTN、TPと同様に湖西部での値が低く、湖中部で高く、湖東部でやや低下した。

3) Trについて

Trについては、11月に低下し8月に最も大きな値を示した。また地点別では先のTN、TP、CODと同様な傾向を示し、湖西部では大きく、湖中部で低下し、湖東部

でやや大きくなった。

4) Chl-aについて

Chl-aの月ごとに変化では8月に最も低く、11月に最も高い値を示した。植物プランクトンは水面付近での光が強すぎると、強光阻害により活性が低下する傾向にある⁴⁾。8月の場合、強光阻害により表層水でのプランクトンの増殖が阻害されたためと考えられた。また11月にはケイ藻の増殖により⁶⁾Chl-aが増加したものと推定された。地点別では先のTN、TP、CODと同様な傾向を示した。

5) TSIについて

水質評価指数として修正 Carlson's TSIを用い、Tr、TP、Chl-a、から計算される数値の平均値を元に、水質評価を行なった。月ごとの変化では先のChl-aやTN、TPと同様な傾向がみられた。また、地点別では湖西部の1~5地点での数値は約40±2と低く、湖中部~湖東部では約45±3と高くなった。

これらの数値を、TSIと富栄養度の関連を示した吉澤らの報告⁷⁾に照らすと、湖西部は貧栄養~中栄養湖に該当し、他の区域は中栄養湖に相当した。

以上6つの項目から、月別では8月にTN、TP、Chl-aの数値が低く、11月に値が増加した。この原因として8月には水温躍層が形成され、湖底からの栄養塩類の供給、沈殿物や有機物等の巻き上げが阻止され、さらに表層水での強光阻害によりプランクトンの増殖が阻止されるためと推定された。また、11月には深層水と表層水が循環し、湖底堆積物や有機物等により各項目の数値が上昇したと考えられた。

各地点別では湖西部での水質が良好であった。その理由として、東京電力放水路によりきれいな西湖水が流入し、湖東部から桂川に放流されていることも一因と考えられるが、詳細についてはさらに検討中である。

3. 各地点間の類似度

COD、TN、TP、pH、Tr、SS、Chl-aの各項目を用い、

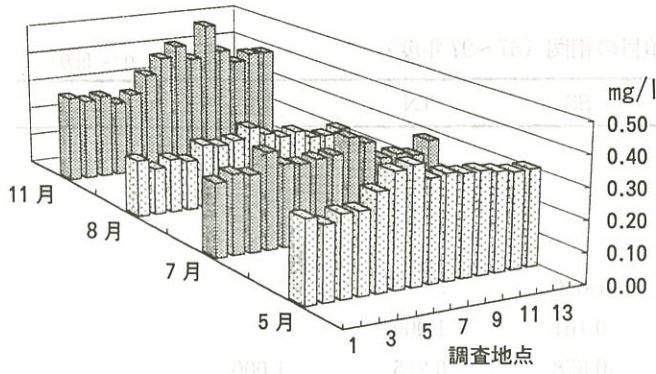


図2 TN

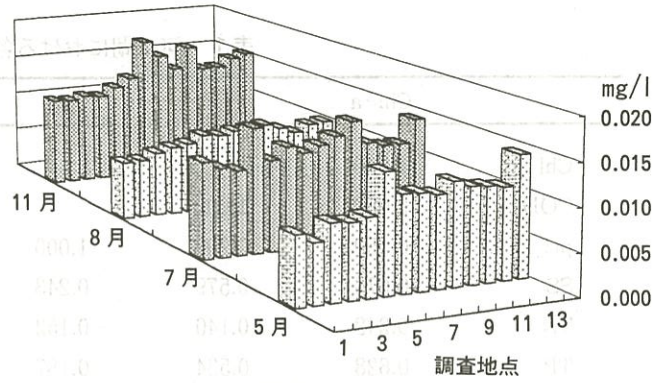


図3 TP

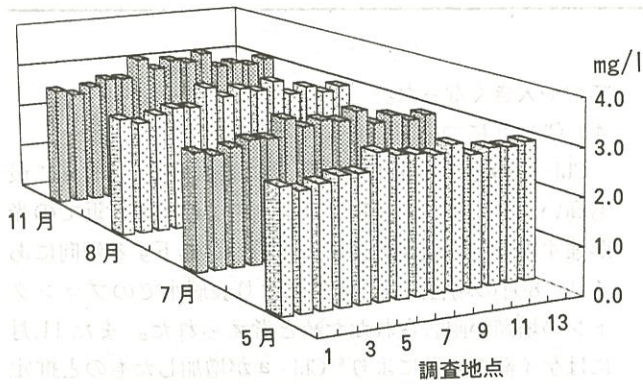


図4 COD

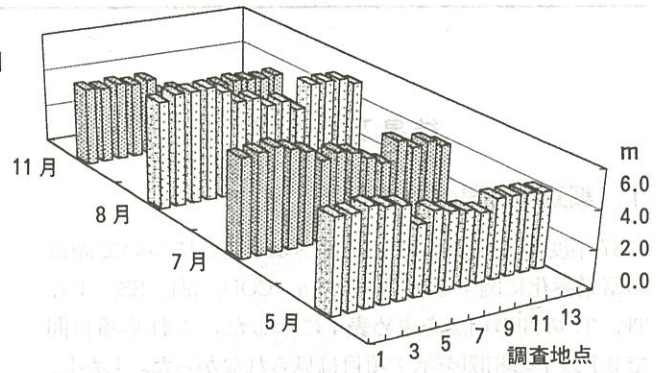


図5 Tr

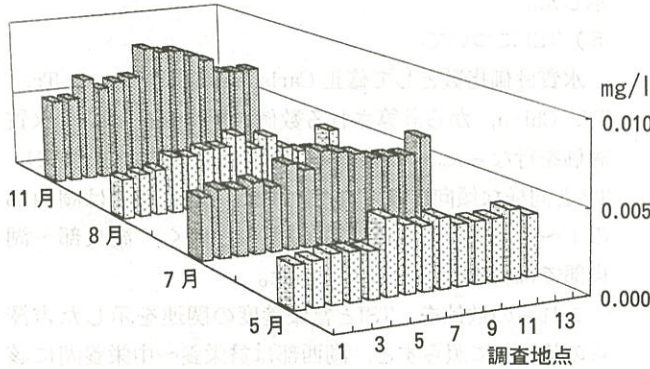


図6 Chl-a

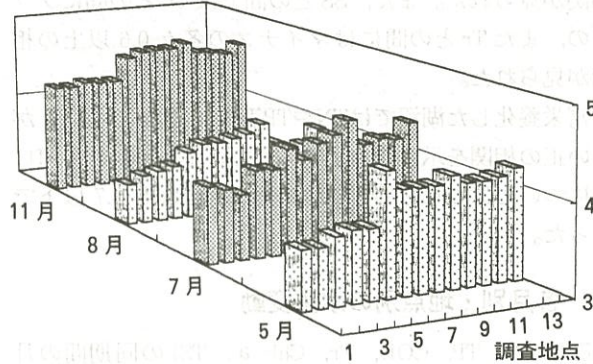


図7 TSI

地点ごとのクラスター解析による類似度を計算し図8に示した。この結果から14地点は、湖西部では「1～3」、「4と5」、湖中部では「6と7」、「8と9」、「10」、「11」、湖東部では「12と13」、「14」の計8つのグループに分けることができた。さらに、湖西部の「1～5」は他の地点からの隔たりが大きく、前述の結果とも考え合わせると、湖中部や湖東部より水質が良好な区域と考えられた。

以上の結果から、河口湖の水質調査は現在の14地点を8地点で代表させても湖水の水質状況の把握が可能であると考えられた。

4. 区域別経年変化

湖沼環境基準項目として一般的に議論されるTN、TP、CODについて区域ごとに年平均値を算出し、その経年変化を図9～11に示した。

TP、CODについて区域ごとの濃度を比較すると、90年ごろまで湖東部の値が湖中部より高いことが多かったが、その後湖中部と湖東部の値が逆転し、97年の結果では湖中部の値が高くなっている。

各項目の傾向では、CODは92年度にかけて減少傾向にあったが93、95年度に上昇し、96、97年度はやや減少が見られた。TNについては89年度をピークに減少傾向が続いている。しかしTPについては88年度以降上

地点番号

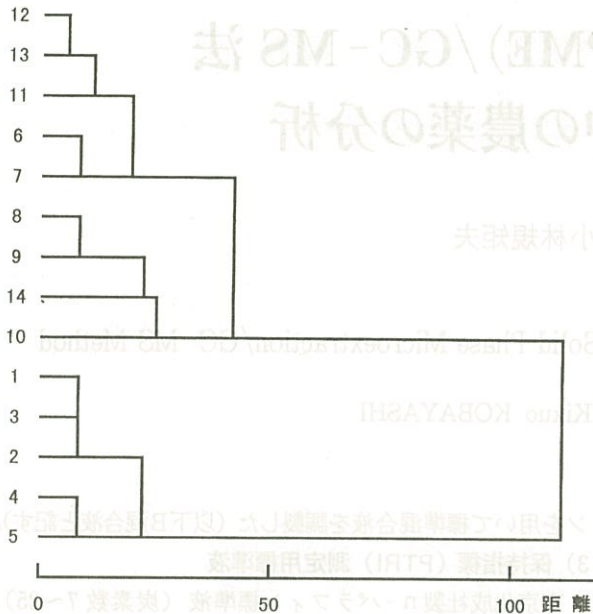


図8 クラスター解析によるデンドログラム

昇傾向が続いている。

全国の湖沼のかび臭発生の問題となるTN、TP濃度についてまとめた橋本の報告⁸⁾によれば、TP 0.02mg/l以上、TN 0.6 mg/l以上でかび臭発生率が高く、TP 0.04 mg/l以下、TN 0.3 mg/l以下では低くなると指摘している。河口湖の水質のTN、TP値はいずれもこの数値以下でありかび臭発生のおそれは少ないものと推定された。また、湖東部の水質改善の理由としては86年から供用が開始された富士北麓流域下水道の整備に一因があると推定される。しかし、近年のTP濃度は徐々に増加傾向が認められ、今後も継続した監視が必要と考えられた。

まとめ

以上、河口湖の87年度から97年度の補足調査結果から次のことが明らかとなった。

1. Chl-a, SS, TN, TPには弱い相関が認められるが富栄養湖のような強い相関は見られない。
2. TN, TP, COD, Chl-aやTSIでは湖西部での値が低く、湖央部で高かった。
3. クラスター解析の結果、現在行なっている14地点は8つのグループに分けることができた。

(この報告の一部は1997年11月に山梨県石和町で行われた全国湖沼協議会セミナーにおいて発表した。)

文献

- 1) 清水源治ら：山梨衛公研年報，34，52～55 (1990)
- 2) 日本薬学会：衛生試験法・注解 1990 金原出版

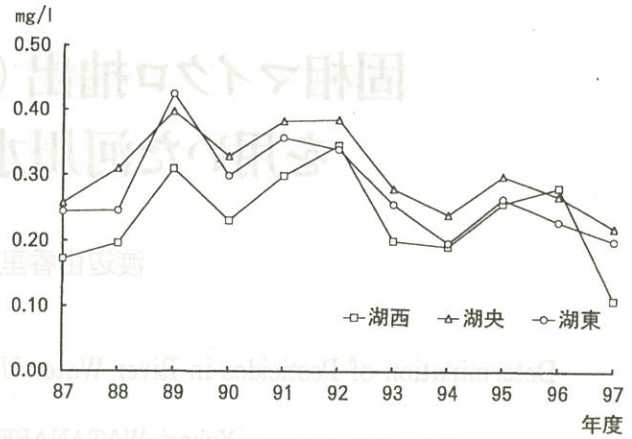


図9 区域別経年変化 (TN)

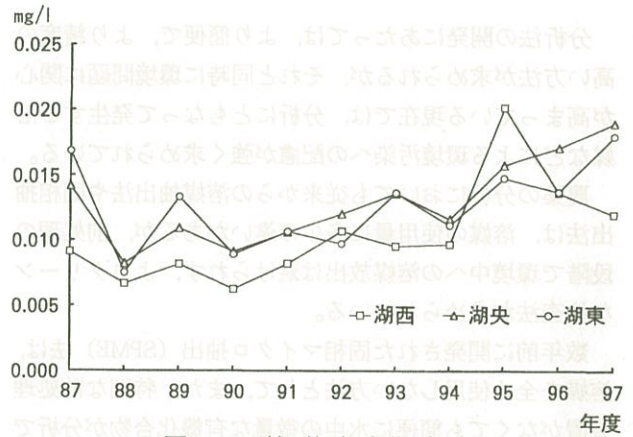


図10 区域別経年変化 (TP)

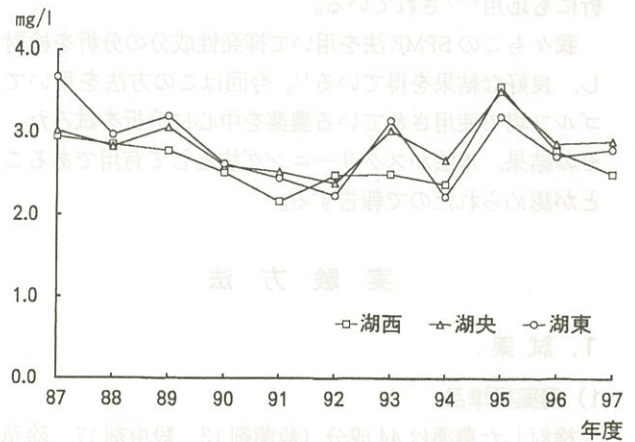


図11 区域別経年変化 (COD)

- 3) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験方法 [1985年版] 日本水道協会 (1985)
- 4) 西條八東，三田村緒佐武：新編 湖沼調査法 講談社サイエンティフィック (1995)
- 5) 相崎守弘ら：国立公害研報告，23，13～31 (1981)
- 6) 吉澤一家 未発表資料
- 7) 吉澤一家，中村文雄：日本水処理物学会誌，31(3) 175～184 (1995)
- 8) 橋本徳蔵：用水と排水，28，467～472 (1986)