

精進湖の水質汚濁について (その1)

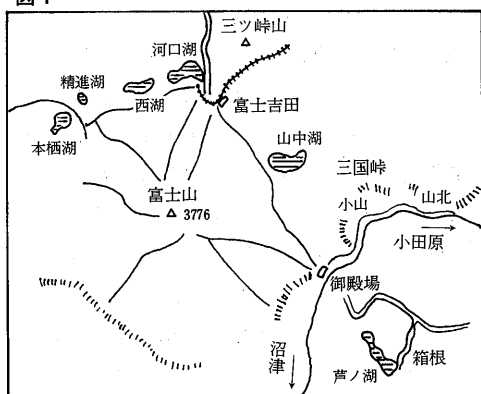
高橋 恒夫

はじめに

どんな湖沼でも永い年月の間には富栄養化の現象が徐々に進行していることは、湖沼の宿命である。最近湖の水を発電や農工業用水としての利用で水位がいちじるしく低下したり、交通機関の発達で、観光客は増加し、湖周辺にはレジャー施設やホテルが乱立して建設されている現状である。このため湖水の汚濁現象がいたるところで現れるようになった。しかもこうした現象は、我が国ばかりでなくカナダ、北アメリカ、ヨーロッパ、アフリカなどの諸国の湖でも汚濁が進行している。

筆者は、すでに山中湖、河口湖の水質調査を、おのおの過去4年間費してその結論を発表しているが、今回は富士五湖中の精進湖について調査を試みた。

図1



この湖は五湖中で一番小さくて、古くから河口湖とともに水質が汚染されているといわれる。

湖盆形態がふくごつな閉鎖された湖で、水の流入はわずかで流出は全くない。五湖中で最も人にかえり見られない湖である。

研究結果を記載するにあたって、この湖に関する学術研究の資料が乏しいため、過去において印刷発表されているいくつかの観測値を利用して比較検討を加えて調査結果を書くことにした。

精進湖の現状

精進湖は山梨県西八代郡上九一色村にあって、水面海拔高度896.2m、面積0.65km²、湖岸線7.0km、最大深度11.2m、平均深度3.7mの小さい湖である。

紀元864年に富士山からの青木ヶ原熔岩流によって分離された結果、現在の西湖、精進湖、本栖湖の3湖が形成されたといわれる。周囲の人口は過疎化のためきわめて少なく、49年4月現在404人にすぎない。甲府精進有料道路のゲート左側の精進区に過半数の住民が集中している。

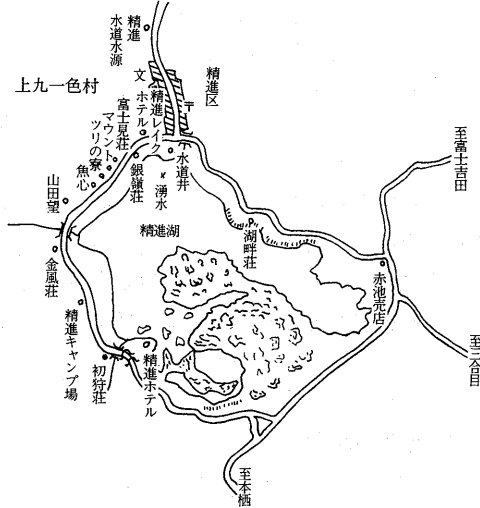
周辺のホテル、旅館などの施設は規模が小さくて、他の湖の周辺と比べて数も少ない。図2参照。

観光客の数は毎年50万人前後で、8月の15万人をピークにして1月には7千~8千人程度である。

また、五湖中の山中湖と精進湖は浅い湖のため寒冷の冬季には結氷しやすく、1月から2月末ごろまでの期間が凍結して、スケートやワカサギ釣りの恰好の場所となっている。

年間を通して、こい、ふな、ワカサギなどのフィッシングも盛んであったり、精進区には可成り大規模のこい養殖用の生簀があるため餌や魚の排泄物が汚濁の原因でもある。

図2 精進湖および周辺施設の概略



かつて、本栖湖での水の発電利用によって水位の低下が10mぐらい下がったときに、すぐ隣の精進湖の水位がみるみるうちに低下し、やはり10mぐらい下がってしまい、もともと水深が25mぐらいしかないこの湖が10mも低下し現在でもその影響が続いているとされている。むかし、湖の底にあった熔岩が今は荒々しく露出しているのもこのためであって、水容量の極端の減少も汚濁の原因に結びついている。

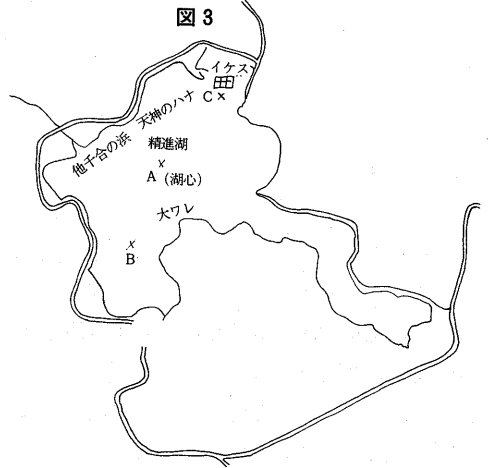
自然環境の中の湖の水は降雨や周囲の森林やその他の植物によって永い間維持されてきたはずである。また水の中の生物は水との調和のとれた生き方をしていた。湖水の水容量もこのための大切な要因である。湖水の採水利用、湖辺の森林伐採、湖岸工事、造成などは自然との調和の上から環境への影響を深重に考慮しなければならない。

本調査にあたって、湖が小さいので、湖心と他の2ヶ所について行った。

調査

採水箇所を選択については、図3のように湖心A、広い砂浜のB、こい養殖場の生簀付近Cの3ヶ所を選んでみた。

図3



調査の第1回は観光シーズン中の真夏の8月17日(快晴)と第2回目はシーズンの終り頃と湖水の循環期を考えて10月8日(曇, 強風)に行った。

この調査で幸なことには、モーターボートではなくて、手こぎボートのみであるため、採水や計測は楽に行うことができた。

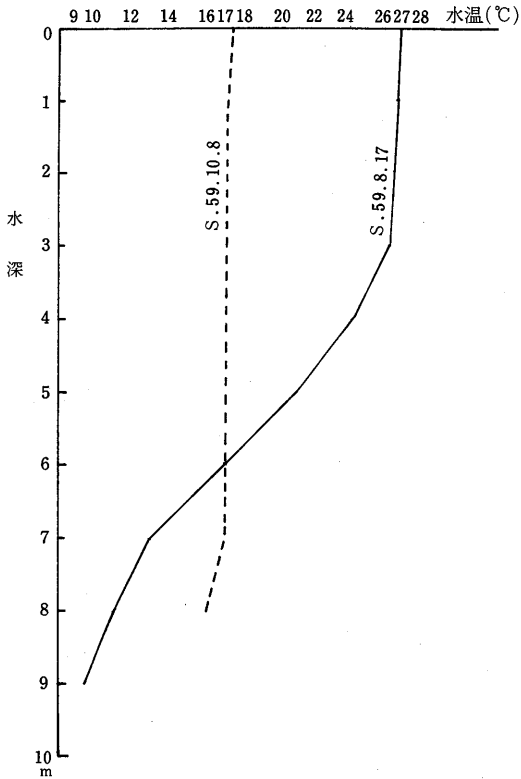
調査の対象は、図4の水温の垂直分布、日光や水中の植物プランクトン、水草などで影響を受けやすいDO(溶存酸素)、PH(水素イオン濃度)、汚染に直接関係のある窒素(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)と富栄養化の指標となっているリン(PO₄-P)、ならびにCOD(化学的酸素要求量)について計測を行った。

方法としては、水温、PH、DOについてはボート上で採水後ただちに計り、NH₄-N、NO₂-Nについては、ボートより降りたのち、岸辺にて計った。その他は500mlのポリタンに入れ、アイスパックの中で5℃の温度に保って翌日本学研究室で測定した。

とくに、8月17日採水のときには、こい養殖場の生簀の木や竹の枠に、河口湖と同様に球型

をした寒天状のクラゲコケムシの群体がびっしりと付着しているのが見られた。

図4 水温の垂直分布 (湖心A)



ここで、8月17日に採水のとき、採水器(北原式)のおもりが外れ落下してしまって採水不能のため、表面水と水深1mの水について調査をした。

この調査結果は表1の通りである。

第2回の10月8日の調査では図4から明らかに水温が上層、下層ともほぼ垂直線で一定温度で、循環期を示している、湖水が対流によって、水温や水質の化学組成が上下一様になるときに測定を試みた。

温度、DOは測定場所A、B、Cともに表面の水から1mごとに計り、その他の栄養塩類については2m~4mごとに計った。その結果は表2、表3、表4で示した。

測定にあたって、使用器具はアンモニア、亜硝酸、硝酸中の窒素とリン酸中のリン成分は、セントラル科学の富栄養計 HC 1000を使用した。

考 察

精進湖についての水質に関する過去の資料は極めて少なく、五湖中の代表的な富栄養湖として古くから云い伝えられているので、この調

表1

8月17日調査

項目 場所	水 温 (°C)	透明度 (m)	PH	DO (ppm)	NH ₄ -N' (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₄ -P (mg/l)	COD (mg/l)
A	表面	2.6	8.9	9.3	0.00	0.00	0.01	1.1
	水深 1m		8.9	8.3	0.00	0.00	0.09	2.3
B	表面	2.6	8.9	8.4	0.00	0.00	0.09	1.2
C	表面	2.8	8.9	7.9	0.00	0.00	0.09	1.4
	水深 1m		26.5	8.9	6.8	0.00	0.00	0.09

査結果を考察するにあたって、いくつかの過去の調査資料を参考として検討してみた。

(イ) 水温、DOについては、1930年(昭和5

年)7月8日の宮地氏の測定値と今回の値との差はなかった。とくに、夏季においては、底層でDOがゼロとなる深度は1929年(昭和4年)

表2 測定場所A (湖心) 透明度2.2m

10月8日調査

項目 水深m	水温 (°C)	DO (mg/l)	PH	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	COD (mg/l)
0	17.8	7.5	7.2	0.03	0.003	0.00	0.06	1.9
1	17.4	7.3						
2	17.3	7.2	7.7	0.02	0.003	0.00	0.05	1.6
3	17.2	7.4						
4	17.2	7.6	7.7	0.03	0.003	0.00	0.08	2.0
5	17.2	7.7						
6	17.2	7.7	7.6	0.02	0.003	0.00	0.03	1.6
7	17.1	7.7						
8	16.0	2.5	7.4	0.09	0.005	0.00	0.04	2.9

8.5mで低土浮上混入

表3 測定場所B 透明度2.2m

10月8日調査

項目 水深m	水温 (°C)	DO (mg/l)	PH	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	COD (mg/l)
0	17.5	7.6	7.5	0.03	0.003	0.01	0.07	2.0
1	17.4	7.4						
2	17.3	7.6						
3	17.2	7.7						
4	17.1	7.7	7.6	0.05	0.002	0.01	0.02	2.3
5	17.1	7.7						

表4 測定場所C 透明度2.3m

10月8日調査

項目 水深m	水温 (°C)	DO (mg/l)	PH	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	COD (mg/l)
0	17.6	8.7	7.6	0.04	0.003	0.01	0.02	2.1
1	17.5	8.6						
2	17.5	8.3						
3	17.5	8.3						
4	17.5	8.3	7.6	0.04	0.004	0.01	0.08	2.2
5	17.4	8.3						
6	17.4	8.2						
7 (7.5)	17.3 (16.9)	8.2 (6.6)	7.5	0.04	0.004	0.01	0.02	2.2

7.5mで低土浮上混入

では14m, 1935年~1941年には12m, 1953年(昭和28年)は9.5m, そして1968年には8.5mと上昇し, 無酸素層が上昇し厚くなってきてい

るのは, 富栄養化の進行によるものとして記載している。

(ロ) 昭和45年8月20日に調査した山梨県公舎

精進湖の水質汚濁について（その1）

課の水質検査報告による数値は次の表5に示した。ただし湖心付近である。

(イ) 昭和55年、山梨県の公共用水域水質測定結果によれば、湖心についての資料は表6の通りであった。

(ニ) (イ)と同様な資料として、昭和48年から57年までに湖心における調査結果を表7で示した。

以上は過去の貴重な資料を参考にして、今回調査した数値から次のおのおのの項目の検討をした。

表5 山梨県公害課水質検査報告書

45年8月4日調査

項目 場所	水温 (°C)	透明度 (m)	PH	DO (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Cl イオン (mg/l)	COD (mg/l)
湖心	25	2.0	5.6	7.6	(-)	(+)	(+)	11.0	1.9

表6 山梨県公共用水域水質測定表

項目 調査日	水温 (°C)	透明度 (m)	PH	DO (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	P (全リン) (mg/l)	COD (mg/l)
55. 8. 23	27.8	1.9	7.2	6.8	0.140	0.016	0.183	0.038	3.4
55. 10. 2	19.0	1.0	7.3	7.0	0.189	0.016	0.239	0.033	3.6

表7 山梨県公共用水域水質測定による昭和48年～57年までの年平均値

年度 項目	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
透明度 (m)	2.1	2.2	2.2	2.5	2.2	2.7	2.0	1.8	1.4	1.9
PH	7.4	7.3	7.7	7.4	7.7	8.3	7.3	7.8	7.7	7.5
DO (mg/l)	9.6	9.5	9.3	9.0	9.8	7.7	8.8	9.2	9.9	9.6
COD (mg/l)	3.7	3.5	3.4	3.3	2.8	2.8	3.0	3.6	5.2	4.0
SS (mg/l)	3.3	3.9	3.6	3.0	2.6	3.1	4.5	3.6	4.6	3.3

(A) PH (水素イオン濃度)

富栄養湖のPHは生物作用の影響をうけて大きく変化する。日中は光合成で、植物や植物プランクトンが水中で炭酸を消費すると、重炭酸塩(HCO₃⁻)は平衡を保つために一部が分解して炭酸を補充し、その際生ずる水酸イオンによって水はアルカリ性になりやすい。夏の日射の強い季節の昼間にPHが異常に高くなるのはこのためである。

8月の調査では、表層水で、平均8.9の値を

示していることは、強い日射によって植物プランクトンの活動が可成り活発に行われていることが考えられる。

とくに、この湖の夏季の水温は、五湖中のどの湖よりも高いので、秋季の急げきな水温の低下によって、プランクトンの活動が急におさえられて、平均7.5付近に落ちつくようである。

県の45年の同じ時季での調査表5ではPHが5.6と可成り強い酸性で示したのは、何か外部的影響が考えられる。

(B) DO (溶存酸素)

8月の調査では、1m深くなると1ppmの割合でDOは減少していく傾向にあったが、10月の湖心Aでは、水深3mまではDOの値は低下し、水深5m~7mではDOが7.7mg/lといういづかに高い値を示していた。水深8mではDOが2.5mg/lと急に減っているのが測定された。これは8.5mが湖底であるため、湖底の沈殿物の分解のために、バクテリアがDOを消費しているためである。

測定場所Bでは湖底が5.5mなので、水深3m~5mでDOは一様な7.7mg/lとなっていた。

C地点では上層では8.6mg/lの濃度、2m~7mでは8.3mg/lの値で、7.5mではDOは6.6mg/lであった。

C点での値が高いのは、こい養殖の生簀があって日中においては餌や排泄物などが植物プランクトンの活動を活発にしているためである。

ちっ素とリン

この二つの物質は、たん白質の構成成分であって、精進湖においては自然にこれらの物質が流入することはほんのわずかであって、生活排水や家畜や鳥類の排泄物、釣り人の餌や魚の養殖場の餌などで、これらの物質は補給されている。栄養塩として水中の植物や植物プランクトンの生産を高めて富栄養化現象を促進する代表的な物質である。

貧栄養湖と富栄養湖を区別するのは、この二つの物質の多少によって決定されるといってもよい。1939年に湖沼学者吉村信吉はちっ素0.15ppm以下、リン0.02ppm以下の湖が貧栄養湖であるとしている。今でも、これらの値に妥当性がある数値として信じられ、湖沼を論ずるときに利用されている。

8月の調査では、ちっその存在はABCの3箇所とも認められなかったが、リンについては0.09mg/lの値で存在し、また10月には湖底の

近くの水を除いては、ちっその存在は0.04mg/l以下で予想外に少なく、逆にリンは場所によって異なっていたが0.02~0.08mg/lの程度で富栄養湖として認めざるを得ない数値であった。

ここで、一般に湖沼の富栄養化の現象はちっ素とリンの共存によって進行するものと考えられているが、8月と10月の調査ではちっ素は少くともリン成分が多い場合でも富栄養化は進むものと思われる。これはちっ素を含有している物質は自然からリン成分に比べて容易に補給されるためではないかと推察される。

COD (化学的酸素要求量)

湖沼や海の汚れはCODの値で表わすことになっている。これは湖沼や海の水に含まれる被酸化物を酸化剤で酸化するとき消費する酸素の量 (mg/l = 重量 ppm) をCODといって、この値を測ることで水の汚濁の程度を知ることができる。

8月での調査はA, B, Cの3箇所CODは1.1~2.4mg/l (表1)の値で、10月では湖心Aの垂直分布からも1.6~2.0mg/l (表2), B箇所では2.3mg/l (表3), C箇所では2.1~2.2mg/l (表4)の値であった。

これらの値は何れも生活環境を守る湖沼の環境基準のA類型, COD 3 ppm以下であることを満していることになるが、類型AA型の1 ppm以下を望みたい。

表7によると、昭和47年~57年の10年間の平均値は3.5ppmであり、最近の56年の5.2ppm, 57年の4.0ppmの値と、今回の測定結果を比べてみると、CODに関する限り、良好の方向に進んでいる。

クラゲコケムシ *Pectinatella magnifica* (Leidy)

8月17日採水のとき、C箇所のこい養殖場の生簀の木や竹枠の水面下に、直径15~20cmのぶ

よぶよした寒天状の球型の群体が珠数つなぎに付着していた。北アメリカ産のコケムシの一種で「大玉コケムシ」「クラゲコケムシ」などの名で呼ばれている。日本産のコケムシに群体が似ているが、この体芽のまわりには碇型の棘を10数本もっていることで区別されている。たいへん特異で面倒な生物で、本種の体腔液は人体には直接の被害はないが、魚貝類にはかなり強い毒性をもっているといわれる。このコケムシは、昭和47年10月に河口湖と同時に発見されている。現在は、この外柴山瀉、印旛沼に生息している。

夏季の水温が高く、汚濁が進んでいる浅い湖や沼に発生する傾向がある。

このコケムシの体腔液はアンモニアイオンで15mg/l、亜硝酸で0.2mg/l、リン酸で0.77mg/lの高濃度の液で、川魚特有の強い魚臭が極めて強い。

ま と め

精進湖は水のはけ口の全くない湖水で、水位が一番あがるのは秋季の降雨にともなうことが多く、降雨、蒸散のくり返しの中で水位がづねに変化している。

富士五湖の中でも、とくに西湖、精進湖、本栖湖の水位はいちじるしい変化がある。例えば、西湖では1911年9月から1927年8月までの16年間に16.9mも水位が低下し、これに加えて発電利用に水がとられるためさらに減少し、この後遺症は現在まで続いている。本栖湖の水の発電利用で減水してからその影響が精進湖にあらわれて、かつては最大深度が25mもあったが現在ではその半分以下の11.2mとなっている。しかも昭和10年ごろの透明度は5.0mもあったが今は2.2~2.6mと低下している。

DO、PH、ちっ素については今回の調査では特に強調するような結果は現れなかった。りんの含有量は可成り多かった。植物プランクト

ンの増殖で消費されるにもかかわらず、これだけ湖水中に溶解していることは、周囲から流れ込む生活排水やこいの養殖場の影響としか考えられない。

カナダ陸水センター研究員のJ. R. バレンタインによれば、エリー湖とオンタリオ湖から採取した水に富栄養化下水を加えたものと加えないものに分けて10日間と30日間にわたり培養した後の植物プランクトン増殖の様子について実験して、下水中のりんを除去すれば、エリー湖とオンタリオ湖から採取した水に対する下水の植物プランクトン増殖促進効果はみられないことと、除去されたりんを埋合せるためにりんを加えると下水の増殖促進効果が完全にもとにもどることを明らかにした。この研究も富栄養化を抑圧する重要な糸口となるかも知れない。

クラゲコケムシについては厄介な問題で、一部の学者は外来の生物は、一時的な環境の適応で繁殖しているのだから、そのうちに、減少するであろうとの見かたをしているが、実際に昭和49年から河口湖で観察を続けている人にとっては、一向に減少する気配はなく、むしろこのような生物が、水鳥や魚などに付着して他の湖や沼に移動し発生することを心配している。

COD については、1.6~2.4mg/lの範囲であって、河口湖を除く他の3つの湖と比べると満足すべき数値といえないが、昭和53年~57年までの年平均の値のみから見れば、1.6~2.4mg/lは湖がきれいになってきていると推察できると同時に湖辺住民のクリーンキャンペーンの努力をうかがうことができる。

私は今夏の8月27日~8月31日までの'84世界湖沼会議に参加した。国連環境計画局長のMostafa K. Tolba氏は、湖沼環境の悪化は、人々が自然の生態系の弾力性を十分に理解していないところから起こる。経済開発活動と環境との密接な関係を、人々が理解していないところに問題の根本があるといつてよい。つまり、

環境保全に心を用いることなくして、正しい意味での開発の成功はあり得ないし、また、開発なくして、われわれの生活の質的向上はあり得ないという事実である。と説いている。また湖沼と人間との絆は、人間の親子関係に似ている。地球上の資源は無限ではない。従って、もしわれわれが地球上の「人間」という「種」として生き残るとするならば、われわれの開発行為は、持続的に安定したものでなければならない。

真水の湖沼は、われわれが先祖から受け継いだ天然資源の重要な一つである。十分な注意のもとに賢明に管理をすれば、湖沼は人間の生活を末永く支え続けることができる。

しかし、湖沼がその生存の限界を超えた無謀な利用のされ方をすれば、親も子も等しく死滅の運命を辿ることになるであろうといましている。

そして、28ヶ国の世界の科学者が「湖沼再生」の目標に向かって手がかりをつかもうと、活発な報告や討議が行われた。

その中でも、破壊への道を進む湖に科学者、行政、湖辺住民がばらばらで取り組む問題ではなくて、研究室に閉じこもりがちだった科学者たちが、住民、行政の声に謙虚に耳を傾けよう

とする姿勢が欲しい。そして人類の生存と密接にかかわりのある環境保全の問題では、科学の成果が社会へ還元されなければ何の意味もないとの説明が印象的であった。

参考文献

- 1) 小泉清明：昭和56年 川と湖の生態 P. 20~30 共立出版KK.
- 2) 鈴木静夫：昭和50年 日本の湖沼 P. 137 内田老鶴剛新社
- 3) 津田松苗：昭和50年 日本湖沼の診断 P. 7 P. 8, P. 104~共立出版KK.
- 4) 富士急行KK.：昭和47年 創立45周年記念誌, 富士山周辺の湖沼 P. 191~197 富士急行KK.
- 5) 馬渡静夫：昭和48年 Proe. Jap. Soc. Syst. Zool. No. 9 動物分類学会
- 6) 山梨県：昭和45年 富士五湖の水質調査報告書 P. 13
- 7) 吉田保健所, 日本医科大学：昭和40年 河口湖水汚染環境調査報告書 P. 4
- 8) 吉村信吉：昭和51年 湖沼学 P. 56, P. 58, P. 93, P. 214, 生産技術センター
- 9) 高橋恒夫：昭和56年 汚染と環境 P. 104 鳳書房