

1 佐鳴湖は本当に汚いのか

1 研究の動機

佐鳴湖は2002年、2003年、2004年にCOD評価で全国ワースト1位にランクされ、「汚い」というイメージが定着し佐鳴湖を訪れたことのない人でも汚いと思ひ込み、佐鳴湖の魚は食べられないと思っている。汚く見えるのは夏は緑色、冬は茶褐色に着色するからで、その原因が植物プランクトンの増殖によるものであることを理解している人は少ない。一方、市民の憩いの場として、散歩、ジョギング、釣り、バードウォッチングなどに利用され、漁業も営まれ経済的な価値もある。佐鳴湖の水質や底質の現状がどうなっているのか、正しく理解したうえで改善策を考える必要があり、1999年から水質調査を継続し、その結果をまとめることにした。

2 調査内容と方法

- (1) 潮汐が新川、佐鳴湖の水質にどのような影響を及ぼしているのか塩分を中心に調査する。図1の調査地点で2004年8月2日（大潮）に満潮と干潮の2回、表層、中層、底層から採水し、水温、塩分、COD、DO、クロロフィル、窒素、リンを分析した。
- (2) 佐鳴湖で24時間調査を実施し、昼夜と潮汐変化を2004年8月13日、14日（大潮）に実施した。方法は上と同じ。
- (3) 底質の調査 エグマンバージ式採泥器で全域にわたり、外観、強熱減量、硫化水素、低生生物を2003年、2004年に調査した。

3 結果と考察

(1) 潮汐の影響 図2

①塩分 上げ潮で塩水楔が30%。ラインがst.2まで、20%ラインがst.7まで侵入し、佐鳴湖の底層st.10で16%。と高く浜名湖からの塩水の影響が及んでいることがわかる。



図1 調査地点

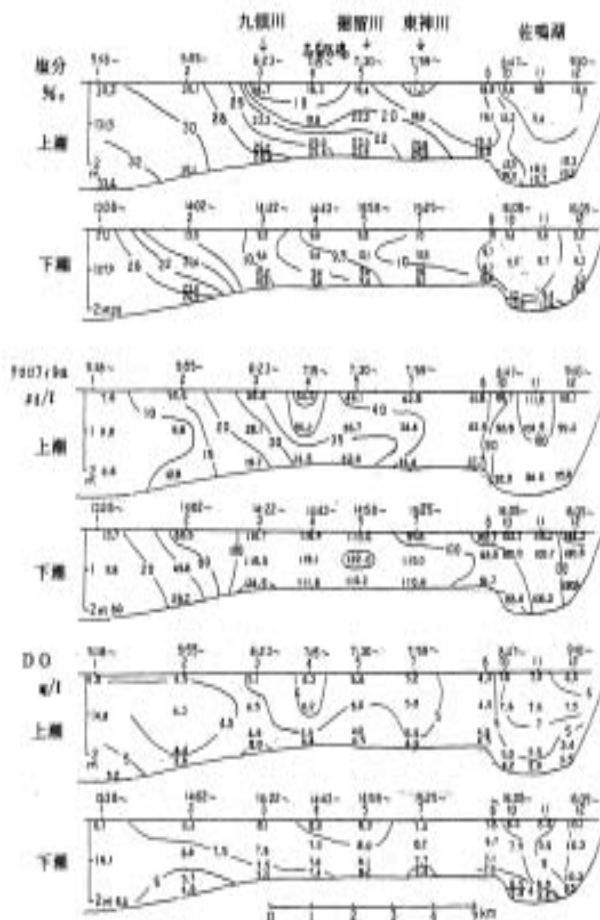


図2 潮汐による水質変化 2004年8月2日

下げ潮では20%。ラインがst.2まで下がり、ほぼ全域が10%以下になり表層と底層の差もほとんどなく佐鳴湖からの流出の影響がはっきり現れている。

- ②クロロフィルa 上げ潮で浜名湖よりの30 $\mu\text{g}/\ell$ 以下、新川の30～60 $\mu\text{g}/\ell$ 、佐鳴湖の90 $\mu\text{g}/\ell$ 以上に区分できる。下げ潮では新川は100 $\mu\text{g}/\ell$ 以上と大きく、佐鳴湖とほぼ同じで佐鳴湖から植物プランクトンの豊富な水が流出していることがわかる。
- ③DO 新川では上げ潮、下げ潮ともに底層でも貧酸素水は形成されることはなく最小値は4.0mg/ ℓ である。佐鳴湖の底泥直上水が3.0mg/ ℓ と小さくなっているが、酸素飽和度は40%以上あり底生生物が生存できないほどの貧酸素水ではない。

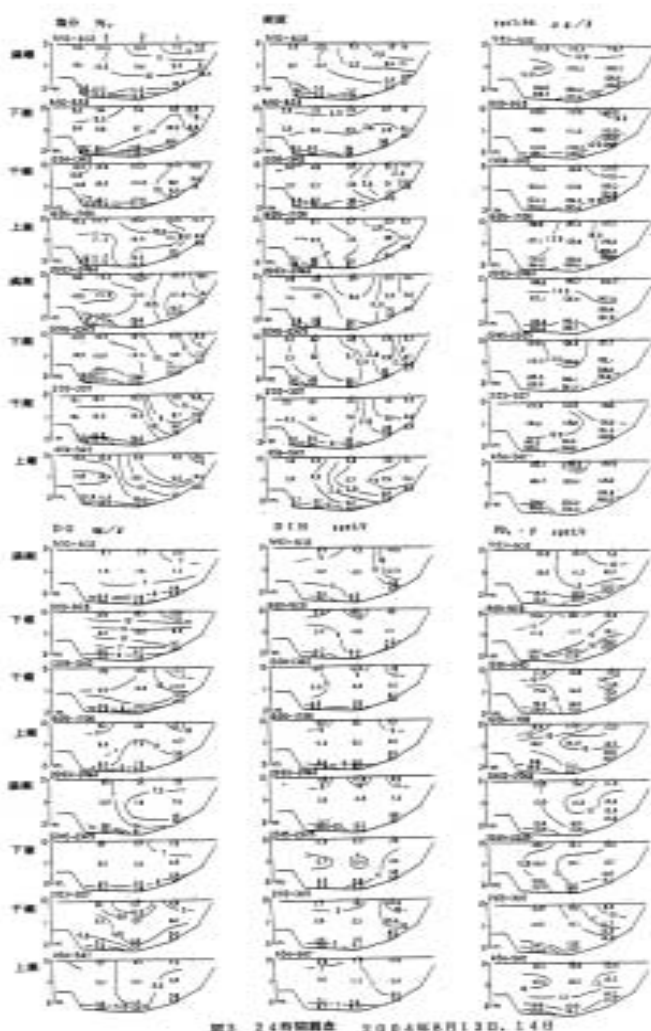


図3 24時間調査結果（塩分、クロロフィルa、DO、アンモニア態窒素）

(2) 24時間調査 図3

- ①塩分 早朝は北部から中央の表層は9%以下で流入河川の影響を示す。下げ潮で北部の中層が10%に上昇している。これは下げ潮で表層が流出し、これを補うように底層から湧昇流が上昇していることを示している。底泥直上水は10.2‰から14.5‰の範囲で潮汐により底層を高塩分水が北部まで流入し、湧昇流として上昇し、下げ潮で流出するという循環が生じていることを推定させる。

- ②密度 塩分分布とよく対応している。等密度線は午前中は水平方向で成層構造を形成しているが、午後になると成層構造は弱くなり、夜間では等密度線は鉛直方向に近くなり、垂直循環による水の混合が起きやすくなっていると推定できる。

- ③クロロフィルa 全層で100 $\mu\text{g}/\ell$ と大きく午後高くなっているのは活発な光合成による。底泥直上水が表層よりも大きくなっているがこれは、表層から沈降し底層に集積するため、底泥に有機物が堆積しやすくなっている。

- ④DO 成層構造の発達する午前中の表層で10mg/ ℓ 以上、酸素飽和度は140%以上で、光合成による酸素放出のためである。夜間の表層で小さくなるのは呼吸のためである。底泥直上水は底泥から2～3 cm上を採水したもので、最小値は3.6mg/ ℓ で、酸素飽和度は50%あり低酸素状態になっているが、貧酸素水は形成されていない。

- ⑤無機態窒素 10 $\mu\text{g}/\ell$ 以下のときが多く、アンモニウム態窒素の割合が70～90%と高く、硝酸態窒素は少ない。これは植物プランクトンに吸収されているためと考えられる。

- ⑥リン酸態リン 全層で10 $\mu\text{g}/\ell$ と極めて大きい。底泥直上水は最大21.6 $\mu\text{g}/\ell$ あり、これは底泥からの溶出と考えられる。南部で大きな値を示すことが多いが、これは上げ潮による逆流でリンの多い水が流入してくるためと考えられる。午前中、北部の中層、底層で大きくなっているが、これは塩分が大きくなっている部分と一致している。

湧昇流により底層から巻き上げられたためと考えられる。湖内へのリンの供給は、調査前は降雨はなく河川からの供給とは考えにくく、上げ潮による新川からの逆流と底泥からの溶出が湖内の循環流により全体に広がっていくものと考えられる。無機態窒素が少なく、リン酸態リンが多いことから、植物プランクトンの増殖は窒素が制限因子になっていると推定できる。

色の還元層で硫化水素臭がする。夏の底泥直上水でも無酸素水になることはないので底泥表層は酸化状態の色を呈していると考えられる。

②強熱減量 全域で10%～12%同じ程度の有機物が堆積し均一な底質になっている。

③硫化水素 中央部から北部にかけて3.0mg/g南部には9.1mg/gのところもある。低質の汚染域の基準は硫化物1.0mg/g以上とされ、全域が汚染の進んだ底質と判断される。

④底生生物 生物の生存が確認できたのは2003年8月が7地点、2004年2月が8地点のみで、夏はイトミミズ、ユスリカ、冬はゴカイ、イトミミズ、ユスリカが出現した。底生生物は極めて少ないと判断できる。

まとめ

佐鳴湖は浜名湖と新川でつながっており、潮汐による上げ潮で塩水が逆流し佐鳴湖に流入している。夏の調査では塩水楔は佐鳴湖に達し、底層を佐鳴湖の北部まで流入し、湧昇流として上昇する。夏は年間を通し最も潮位が高くなる時期で、上げ潮による押し上げが強くなるためと考えられる。9月以降は降雨の影響もあり急激に塩分は低下し5%以下になる。高い塩分の影響は生物にも現れ、以前は見られなかったアオノリが全域に分布し、フナムシが成育し、アメリカフジツボが付着している。この変化は治水のために造られた幅36mの放水路により逆流が強くなったためと考えられる。佐鳴湖の平均水深は2.0mで、中央部では大潮の満潮では2.5m、干潮では2.0mになる。水位差は0.5mで上げ潮での流入水量は単純計算で全容量の1/5が流入することになる。潮汐による河川水の移動を調査すると、大潮では下げ潮で佐鳴湖から流出した水は新川下流まで流下し、上げ潮で再び佐鳴湖に戻ってくることがわかっている。上げ潮で新川下流に流入する汚濁物質も流入し佐鳴湖の汚濁を進めることになる。

無機態窒素、リン酸態リンの分布は季節による変動が大きく、無機態窒素のうち硝酸態窒素の占める割合が大きく、冬に大きな値で夏は小さい。リン酸態リンは逆に冬は小さな値で夏は

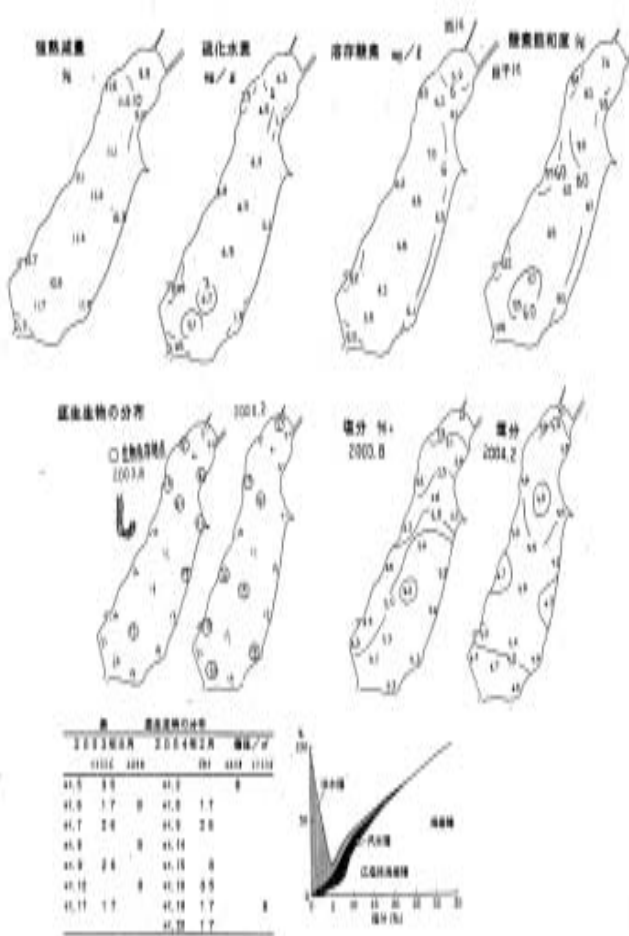


図4 底質の有機汚濁

(3) 底質の有機汚濁 図4

①底質の状態 北部の河口は砂礫質であるが、他の湖底全域はシルト質の底泥である。表層は夏でも厚さ0.5cm程度の灰緑色、薄茶色の酸化層となり、その下は灰黒色、黒

大きくなっている。硝酸態窒素が夏に小さくなるのは、植物プランクトンによる吸収が大きいと考えられる。リン酸態リンが夏に高いのは底泥からの溶出し、底層に停滞してるのではなく垂直循環により、全層に拡散すること、潮汐により下流から運搬されてくることが推定できる。冬のリン酸態リンが小さいのは、植物プランクトンによる吸収と考えられる。

クロロフィルaは年平均 $100 \mu\text{g}/\ell$ 以上あり、これが他の富栄養化が進んだ湖沼、印旛沼、手賀沼が $100 \mu\text{g}/\ell$ 、諏訪湖、霞ヶ浦が $100 \mu\text{g}/\ell$ 以下と比較しても大きな値である。佐鳴湖はCODで日本一汚染された湖と評価されているが、CODを大きくしている主要因は植物プランクトンの増殖であり、植物プランクトンの増殖を抑制できなければCODを小さくすることもできない。そのためには窒素、リンの負荷を小さくすることが重要である。新川下流からの負荷を小さくするためには下流域の下水道の整備、周辺の養鰻場の排水の管理、上流域では畑への施肥量の見直しなどが必要である。湖岸にヨシが植え付けられているところもあるが、西岸には大きな礫を敷き詰めて親水湖岸としてしているところもある。礫の上には砂を敷き詰めて底生生物の生存がしやすいような環境を造成することが大切である。底生生物は二枚貝のように水中の有機物を餌として取り込むものと、環形類のように泥中の有機物を餌として取り込むものがある。佐鳴湖は底生生物が乏しいことが特徴の一つといえる。植物プランクトンなどの有機物の遺骸は底に沈殿堆積し、底生生物が少ないので分解量も少なく底質の有機汚濁が進む原因になっていると考えられる。底層のDOが夏でも底生生物の生存には十分あるにもかかわらず、底生生物が乏しい理由はまだ明らかにはできないが、塩分の分布が5.0‰程度で生存種が最も少なくなるといわれ、現在の佐鳴湖の塩分濃度は適応できる生物種が少ないことが要因の一つと考えられる。また、底泥の硫化水素が多いことから、底泥直上に酸素があっても、底泥中は無酸素で硫化水素に暴露され生存ができないことも十分考えられる。生態系の回復により植物プランクトンの発生量を小さくしていくことを検討する必要がある。

参考文献

汽水域の科学—中海、穴道湖を例として—
湖水・海水の分析 講談社
海洋観測指針 日本気象協会
赤潮生物研究指針