

# 佐鳴湖はなぜきれいにならないのか

## - 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

### 研究概要

#### 1. 目的

佐鳴湖は富栄養化（全国ワ - スト2～5位）の進んだ湖で、浄化のために下水道整備などの対策が進められていますが、水質は改善されていません。その理由を、佐鳴湖は新川で浜名湖とつながっているため、潮汐による上げ潮で佐鳴湖から流出した水が再び戻ってくるためであると推定し、これを実証するために 佐鳴湖から流出する新川の水の移動、新川の水質の特徴、佐鳴湖への負荷と水質を調査し、浄化のために何が重要か提案することを目的にしました。

#### 2. 手法と資材

道具の製作、調査実験は全て自分たちで行い、他から借用したデ - タはなく、実験器具と設備は科学部所有のものと学校の備品を利用して行いました。調査、研究方法の詳細は本文に記載しました。

#### 3. 所見と結論

- (1) ブイによる新川の水の移動の調査から、下げ潮で流出した水は新川河口まで流下し、その後、上げ潮で壅上し再び佐鳴湖に戻っていき、佐鳴湖は水の交換が悪いことがわかりました。
- (2) 新川は、上げ潮では塩分が高く、クロロフィルaが小さくなり浜名湖の影響があらわれ、下げ潮では塩分が低下し、クロロフィルaが大きくなり佐鳴湖の影響があらわれます。PO<sub>4</sub> - Pはいつも高い状態が続き、下流の排水溝から新川に流入し佐鳴湖に負荷がかかっています。
- (3) 佐鳴湖の出口の新川で一潮汐の間、下げ潮での佐鳴湖からの流出量と上げ潮での流入量を測定すると、流出量の81.5%の水は再び戻ってくることで、栄養塩類の負荷量はPO<sub>4</sub> - Pの実流出量（流出量 - 流入量）は14.7%で85.3%は戻

ってくることで、DINの実流出量は26.5%で73.5%は戻ってくることで、CODは流入量の方が流出量よりも147.3kg多く排出の役割を果たしていないこと、クロロフィルaの実流出量は2.9%で97.1%は戻ってくる結果となり、新川は流出河川としての役割をしていないことがわかりました。

- (4) 夏の佐鳴湖は成層構造をしており、底層で高塩分、貧酸素水、高いPO<sub>4</sub> - P、高いNH<sub>4</sub> - Nで富栄養湖の特徴をもちクロロフィルaは底層でも高くなっています。流入水の佐鳴湖への影響調査では、一潮汐の間、底層水に変化が見られ、特に南部の新川に近い地点での水質の変化が大きく、上げ潮では新川からの流入水が影響し（NO<sub>3</sub> - Nの増加）、下げ潮では佐鳴湖の北部から南部に水が移動し影響（PO<sub>4</sub> - PとNH<sub>4</sub> - Nの増加）を与えていることがわかりました。
- (5) 浜松市は佐鳴湖流域を「流入河川地域」のみとし、下水道の整備を進めてきました。新川は流出河川とみなし佐鳴湖には負荷を与えていないと判断し、佐鳴湖流域には含めていません。そのため下水道整備は全く進められていません。私たちは「新川を佐鳴湖流域に含めて、下水道整備を早急に推進すること」を提案します。

#### 4. 生活の質の向上に役立つ点

浜松市の人口は57万で佐鳴湖は都市中心近くに位置し、多くの市民が散歩、ジョギング、釣り、炭焼きなどに利用し憩いの場になっています。水質汚濁防止のため市民活動も活発ですが、水質の現状を科学的に説明し、浄化策を提案しているところはまだありません。本報告は行政にも影響を与えており本文で提案しているように下水道整備が進めば、佐鳴湖のCODは低下し、市民にとっても誇りのある湖に復活することが期待できます。

## 5. 調査研究への支援

調査地への移動は顧問の自家用車に同乗し、新川、佐鳴湖での船外機の操縦は顧問が行いました。ブイの製作は顧問と相談し、実験の方法は顧問から指導を受けました。父兄や他の研究者からの支援は特にありません。

### はじめに

佐鳴湖は静岡県の西部の浜松市にあり、長さ2.3km、幅0.6km、平均水深約2.0mの湖です(図1)。流入河川は段子川、新(西)川の2本、排水路が1本流入しています。流出河川は、旧新川と放水路(新新川)が合流し新川となっています。CODでは全国ワ - スト2~5位で、富栄養化が進み透明度は20~50cmと低く常に赤潮状態です。50~60年前は湖底からの湧き水が豊富でワカサギやエビなど魚種も多く、漁師の生活が成り立つほど豊かな湖でしたが、今では昔の面影はありません。市や県は浄化対策として、流入河川の流域の下水道整備率を90%以上にし、湖底の底泥を50cm浚渫しました。また、湖岸に浄化施設を建設し、水生植物の植栽などいろいろな対策を行ってきました。下水道整備により流入河川(段子川)のCODは8mg/l(昭和58年)から5mg/l(平成7年)に減少し河川の水質は改善しています。しかし、佐鳴湖のCODは13~11mg/l(昭和58年~平成7年)で高い値が続いています。なぜ、水質が改善されないのか、この理由を明らかにし対策を提案するために調査、研究を始めることにしました。

### 動機と目的

佐鳴湖から流出する新川は、約3.6km下り浜名湖に流入しています。浜名湖には太平洋の外海水が流入し、新川は浜名湖の影響を受け、潮汐による上げ潮では新川の水は壅上し佐鳴湖に流入するの

が観察されます。地元の人は「現在は新川下流の汚れた水が逆流して佐鳴湖に入っていきのできれいにならない」といいます。そこで、潮汐が新川の流れにどのような影響を与え、佐鳴湖に負荷を与えるような逆流が生じているのか、佐鳴湖にどのような影響を与えているのか調査し、浄化対策を提言することを目的としました。

### 新川の状況と河川改修(図1)

放水路(新新川)の状況 自然の河川ではなく人工河川です。佐鳴湖南部の入野町は豪雨により浸水することがあり、佐鳴湖の水位を下げ、浸水防止のために造られました。川幅は36mで水深は約1.0~1.3m、距離は1,330mで、コンクリート護岸の二面張りとは自然石を利用した護岸で東神田川に合流しています。完成は平成12年7月で、それまでは旧新川のみが流出河川でした。また、旧新川の佐鳴湖橋に水門が造られ、工事期間(平成13年7月から平成14年10月)中は堰き止められ、その間は放水路(新新川)のみが流出河川となっていました。

旧新川の状況 佐鳴湖橋から東神田川への合流点までは川幅約24m、水深は1.0~1.5m、距離は1,600mで、周辺は住宅地、商業地でコンクリート護岸の二面張りになっています。この間、排水溝

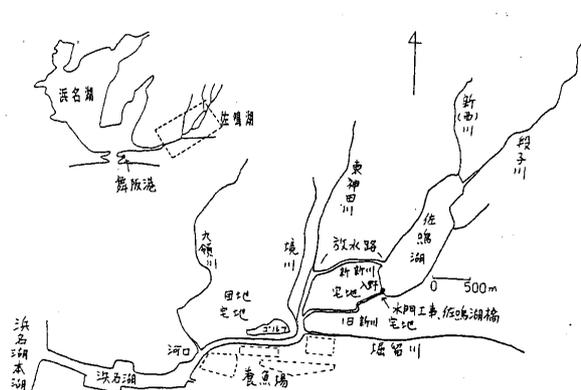


図1 調査地の概況

## 佐鳴湖はなぜきれいにならないのか - 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

があり家庭雑排水が流入しています。東神田川と掘留川が合流し、その下流は、川幅約80m、水深は約1.5mで浜名湖までの距離は2000mで、コンクリート護岸の二面張りになっています。周辺には養鰻池、田畑、ゴルフ場などがあり排水の流入が見られます。

### 潮汐による河川水の移動

#### (1) 調査方法

ブイを製作し(図2)、ブイの追跡により水の移動を調査しました。ブイはトタンを横40cm、縦20cmの大きさに切り、水の抵抗を受けやすいように十字型に組み、針金で固定し、上部を風糸で発泡スチロールをつけ浮きとしました。調査は放水路が未完成の時期と、放水路が通水し旧新川が閉鎖されている時期に実施しました。ブイの投入は、佐鳴湖の出口にあたる地点の表層に、下げ潮の開始時に投入し、一潮汐によりどこまで流れ下り、その後どこまで壅上するか調べました。ブイの追跡は船外機で行い途中で杭などにひっかからないように注意し、移動途中の何箇所かで時刻と位置を地図上に記入し、移動距離と時間から流速を計算しました。また、浮きと抵抗板を1.0mの風糸でつなぎ、水深1.0m付近の底層を5.0m流し、底層水の流速も測定しました。

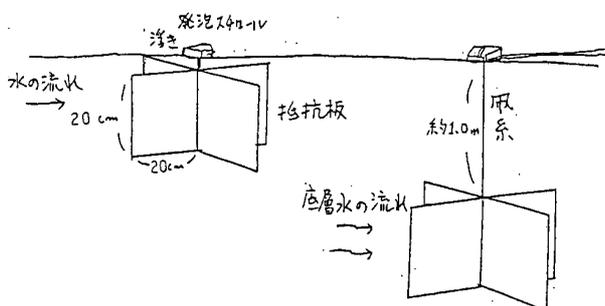


図2 ブイの製作

調査日 1999年 6月12日 大潮  
旧新川（放水路未完成）

2000年 4月29日 長潮

旧新川（放水路未完成）小潮の翌日

2000年 8月18日 中潮

旧新川（放水路通水）

2000年11月11日 大潮

放水路（旧新川水門工事中）

#### (2) 結果と考察

（図3にブイの動きと流速を示しました。）

1999年6月12日 大潮 旧新川

下げ潮の流出開始は8時57分で、下流の志都呂橋には11時52分、さらに13時35分には浜名湖近くまで流下し停滞しました。流下時間は4時間38分でした。潮止まりのため約30分停滞し、14時4分に上げ潮により壅上を始め、18時50分には佐鳴湖に流入しました。壅上時間は4時間46分で流下時間と同じでした。佐鳴湖から流出した水は、上げ潮で9時間24分後には、再び佐鳴湖に戻っていくことが分かりました。これは、佐鳴湖の水の「入れ換わり」が悪いことを示しています。流速は川幅の狭いところで0.4~0.5m/sと速く、下流では0.2m/sと小さくなっています。底層水の流速も表層に近く、水深が浅いためあまり差は生じないと思われます。

2000年4月29日 長潮（小潮の翌日）旧新川

下げ潮の流出開始は6時57分で、下流の志都呂橋には10時33分、さらにその下流に11時57分に達し停滞しました。流下時間は5時間でした。12時17分に壅上を始めましたが、合流点に達する前に16時43分には壅上が止まり停滞しました。壅上時間は4時間27分で、流速は0.1m/sと下げ潮に比べて大変小さく、長潮では上げ潮が弱い結果となりました。

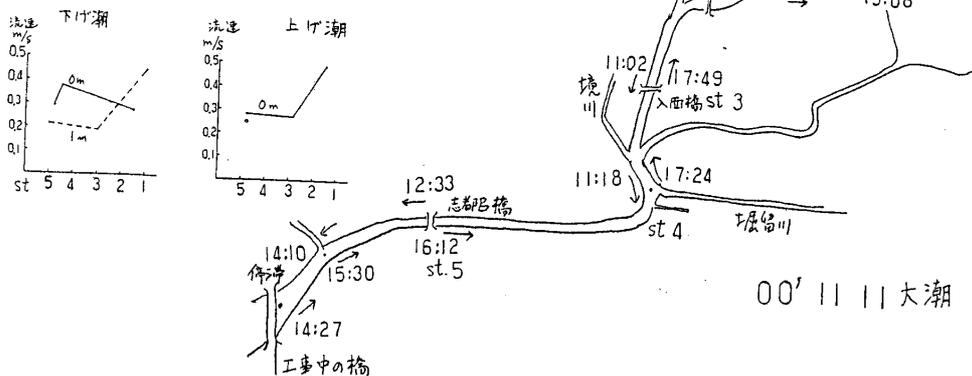
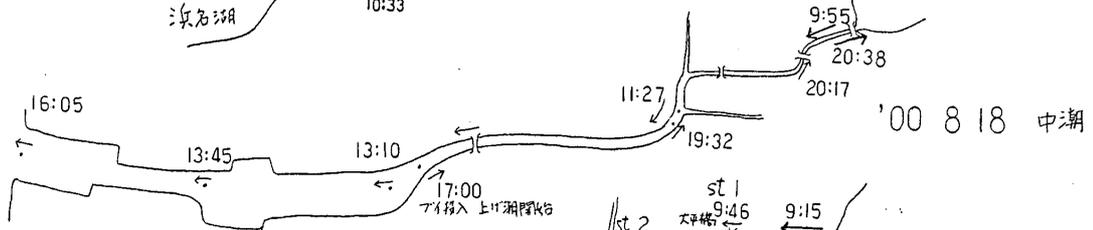
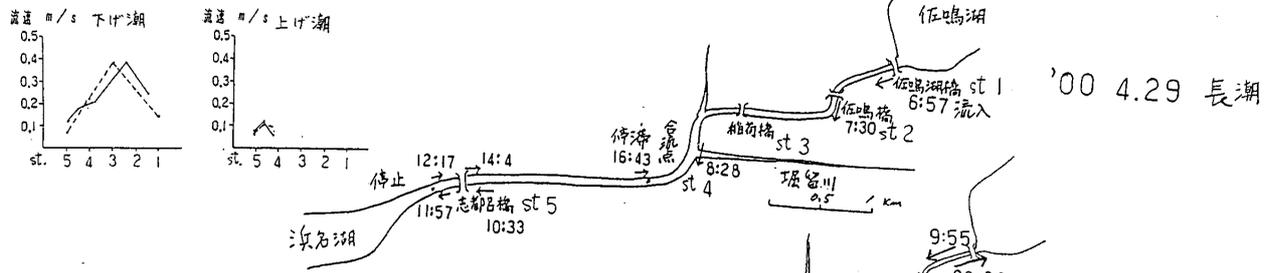
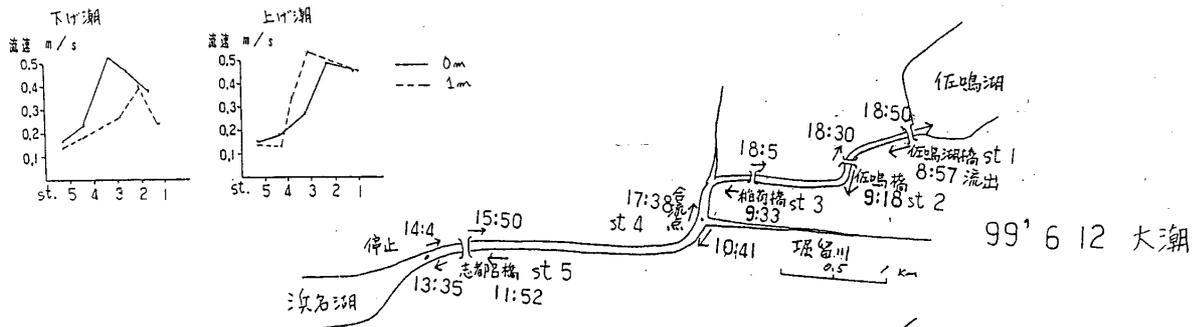


図3 プイによる河川水の動き

2000年8月18日 中潮 旧新川

下げ潮の流出開始は9時55分で、志都呂橋には12時14分、さらに流下し浜名湖に入り、湖南高校北側を14時35分通過し、16時15分には浜名湖本湖に流出しました。流出時間は6時間10分でした。流出したプイを回収し、上げ潮での壅上を調査す

るために、新川の河口に投入しました。17時に上げ潮が始まり壅上し、20時38分には佐鳴湖に流入していきました。この間の流入時間は3時間38分でした。この日の調査では、下げ潮の流出が強く、浜名湖まで流出しましたが、上げ潮も強く新川河口の水が佐鳴湖まで戻るとなりました。

佐鳴湖はなぜきれいにならないのか  
- 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

2000年11月11日 大潮 放水路

臨江橋から9時15分に流出が始まり、10時25分には東神田川との合流点に、掘留川との合流点には11時18分に、志都呂橋には12時33分に達し、新川河口の橋脚（工事中）には14時10分に達し停滞しました。その後14時27分に上げ潮による遡上が始まり、掘留川との合流点を17時49分通過し、放水路に入り、佐鳴湖には19時6分に流入しました。放水路から流出した水も新川河口まで流下し、上げ潮で壅上し佐鳴湖まで戻っていきました。

以上のように大潮では流出した水は再び佐鳴湖まで戻っていくことが分かりました。しかし、長潮ではなぜ上げ潮が弱く、佐鳴湖までは遡上しないのか。その理由を潮位変動から考察しました。浜名湖南部の舞阪港（図1）の潮位変動を浜松測候所で観測しています。佐鳴湖の潮汐変化は、私たちの調査で舞阪港より約3時間30分遅れることが分かっています。舞阪港での潮位変動は新川にも及んでいるので、舞阪港の潮位変動から新川の水の動

きのちがいを推定しました。（図4）

1999年6月12日の大潮では、水位は下げ潮で116cm低下し、上げ潮で117cm上昇し変動幅は同じでした。2000年8月18日の中潮でも下げ潮で94cm低下し、上げ潮で92cm上昇変動幅は同じでした。しかし、ブイが佐鳴湖に戻らなかった長潮では下げ潮で42cm低下し、上げ潮では28cmしか上昇せず、押し上げが弱いことが分かりました。佐鳴湖から流出した水が上げ潮で戻りにくくなるのは、上げ潮が下げ潮よりも弱いときで、押し上げが弱いためと考えられます。この考えに立ち、潮候により、佐鳴湖から流出した水が上げ潮で戻るときと、戻らないときを、2000年8月の舞阪港の1ヶ月間の潮位変動から推定し図4に示しました。潮位変動は大潮、中潮、小潮、長潮、若潮と続き、変動幅が小さくなり、2週間周期で繰り返されています。明らかに上げ潮が下げ潮よりも変動幅が小さいのは、中潮で3回、小潮で5回、長潮で2回、合計10回です。1日2回の潮汐の合計は8月は62回な

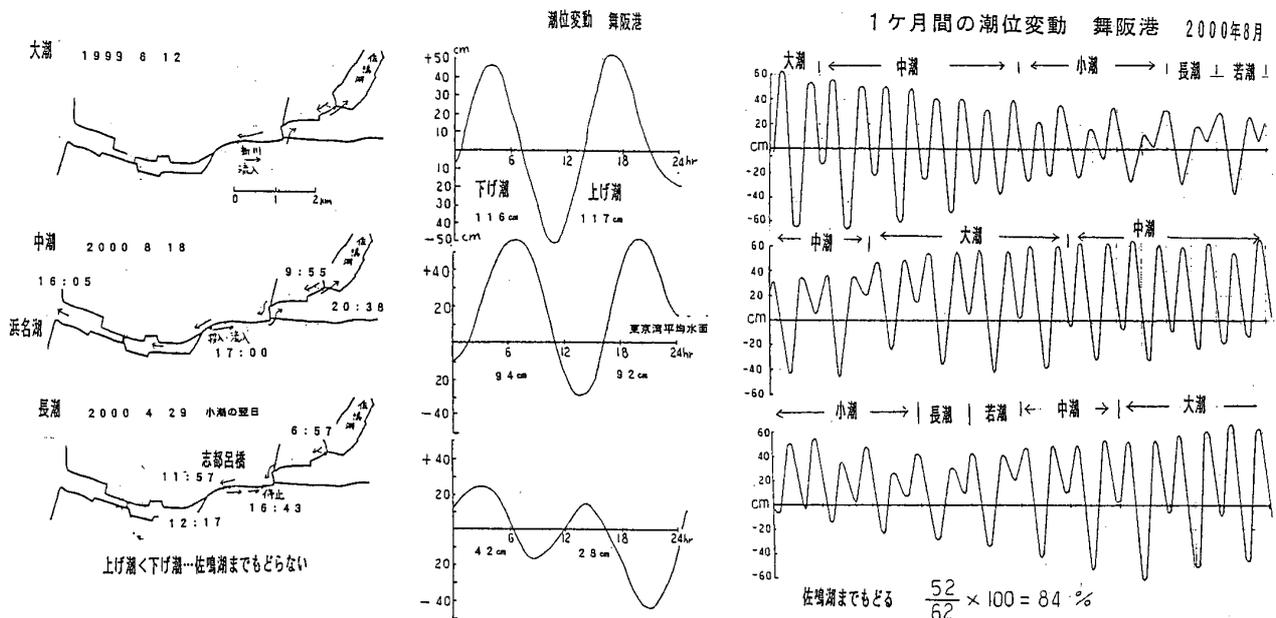


図4 潮位変動

ので、佐鳴湖から流出した水が上げ潮で戻らないのは全体の16%で、残りの84%は佐鳴湖に水は戻ることになります。以上のことから佐鳴湖から流出した水は、再び佐鳴湖に戻っていき、佐鳴湖の水の入れ替わりは大変悪いと考えられます。

### 新川の潮汐による水質の変動

新川の水質について、1998年より佐鳴湖の出口の佐鳴湖橋から志都呂橋まで定点を設け汚濁の状況を調査しています。

#### (1) 方法と調査地点

表層は直接採水ピンで、底層水はガラスピンに重りとゴム栓をつけた採水器を作り、採水の際にはガラスピンの上部の水を捨て底層水のみを採水しました。現場で水温、PH、透明度、溶存酸素の固定を行い、水は実験室に持ち帰り、直ちにワットマンGF/Cで濾過し分析まで凍結保存しました。濾紙はクロロフィル分析用に用いました。分析項目は、溶存酸素、COD、塩分、無機態窒素、リン酸態リン、クロロフィルです。

- 水温.....水銀温度計
- PH .....PHメータ - 計
- 塩素量.....硝酸銀滴定法
- 塩分.....塩素量 × 1.80655
- 溶存酸素.....ウィンクラ - 法
- COD .....アルカリ性過マンガン酸カリウム法 (懸濁態と溶存態)
- NH<sub>4</sub> - N.....インドフェノール法
- NO<sub>2</sub> - N.....N - 1ナフチルエチレンジアミン法
- NO<sub>3</sub> - N.....カドミウム - 銅カラム法
- PO<sub>4</sub> - P .....アスコルビン酸法
- クロロフィル...アセトン抽出法

1999年7月27日 大潮 下げ潮

結果を図5に示しました。塩分は下流の志都呂橋の底層で15.18‰と高く、浜名湖の塩分の影響がよくあらわれています。CODは下流で高く他からの負荷が推定できます。PO<sub>4</sub> - Pも下流の志都呂橋で高く他からの負荷が推定できます。無機態窒素は全域で高くほぼ同じでした。クロロフィルaも全域で高く、下げ潮で佐鳴湖から植物プランクトンの多い水が流下してくることが考えられます。溶存酸素は底層でも高く貧酸素水は形成されていませんでした。2000年8月までの調査では、PO<sub>4</sub> - P、CODが下流で高いことが多く、排水溝からの流入負荷が推定できました。

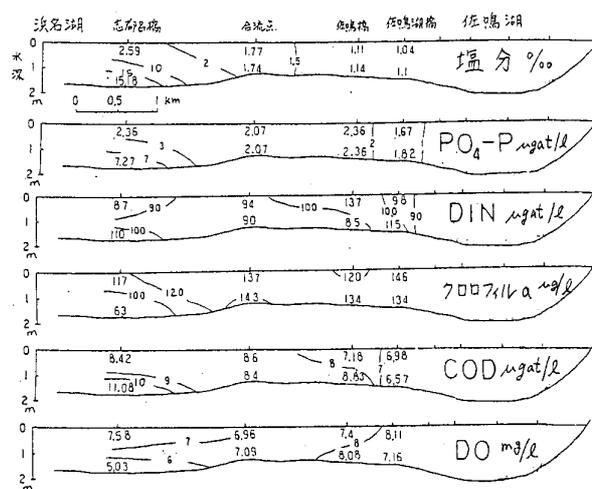


図5 新川の水質 1999年7月27日 大潮(下げ潮)

・新川への排水溝からの負荷 2000年8月24日 下げ潮

新川への排水溝からの流入負荷が推定できるので、排水溝の水質を調べました。調査は2000年8月24日の下げ潮で、新川からの排水溝への逆流がないことを確認し、新川に流入する境川、掘留川も調査し、結果を図6に示しました。PO<sub>4</sub> - Pは志都呂橋付近で高く、窒素はNH<sub>4</sub> - Nが高く、CODも志都呂橋付近で高い結果となりました。志都呂橋

佐鳴湖はなぜきれいにならないのか  
- 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

周囲には養鰻場があり、排水溝に排水が流入し、そのために高い値になることが考えられます。上げ潮のときには、排水溝からの汚水が新川に流入し、壟上していくのが観察されます。

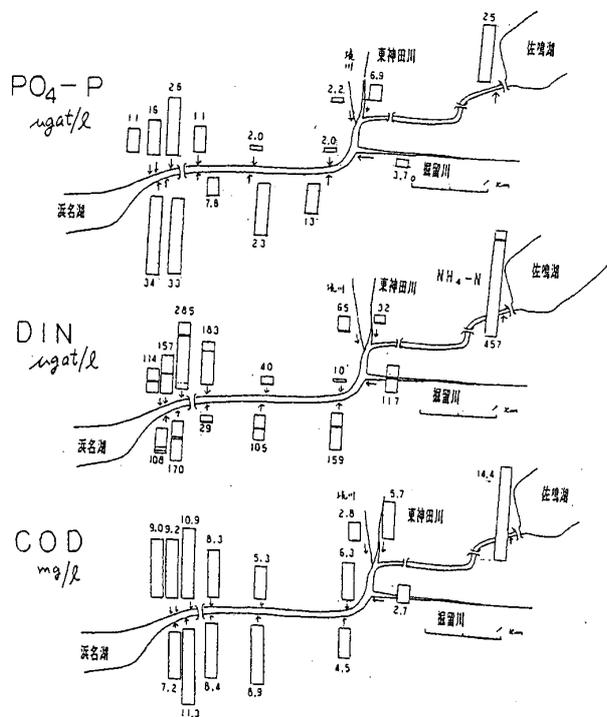


図6 新川への排水溝 河川からの負荷 200年8月24日(下げ潮)

・一潮汐の水質の変動 2002年8月24日 大潮

新川は佐鳴湖と浜名湖の影響を受け、潮汐により水質も変化することが予想されるので、一潮汐の水質を調査しました。調査地点は、志都呂橋(st.1)、合流点下流(st.2)、東神田川流末(st.3)、臨江橋(st.4)の4地点で満潮 干潮 満潮の一潮汐(7時30分~22時30分)調査しました。

結果を図7に示しました。水深はロープに錘をつけて測定しました。水深の変化は、st.1が0.88mと大きく(舞阪港の約75%の変動幅)、st.4は0.43m(舞阪港の約36%の変動幅)でst.1の半分の変動幅です。塩分は各地点満潮で高く、下げ潮で低下しています。干潮の値が各地点8~9%とほぼ同じで

下げ潮により佐鳴湖から流出した水が志都呂橋まで流下し、このような結果になったと考えられます。st.3とst.4の2回目の満潮の表層の値が干潮とあまり差がないのは、st.4の臨江橋ではまだ下げ潮で、佐鳴湖から流出しておりそのため低い値であったと考えられます。底層が高くなっていることから、上げ潮では底層の壟上の影響が早くあらわれることを示しています。PO4 - Pははじめの満潮から徐々に増加していき高い値が続いています。これは下げ潮で上流からPO4 - Pの高い水が流下してくることを示し、st.4は佐鳴湖の出口で下げ潮で増加していることから、この日は佐鳴湖のPO4 - Pが高いことを示しています。16時の干潮後の上げ潮でさらに増加しているのは、下流で排水溝からPO4 - Pが流入し、その水が壟上するため高くなると考えられます。また、st.1の志都呂橋の底層水が2回の満潮で低くなるのは、浜名湖からのPO4 - Pの少ない水が上げ潮で壟上してくることを示すと考えられます。DIN(無機態窒素)のうちNH4 - Nが約半分を占め高い値になっていますが、高いNH4 - Nは富栄養化、有機汚濁の進んだ水域に見られる現象でもあります。NH4 - NはPO4 - Pと似た傾向であるため、PO4 - Pと同様に佐鳴湖と排水溝からの流入が考えられます。クロロフィルaは満潮で小さく、干潮で高くなっています。これは、上げ潮では浜名湖からクロロフィルaの小さい水が壟上し、下げ潮で佐鳴湖からクロロフィルaの多い水が流下してくることをよく示しています。CODも似た傾向にあります。佐鳴湖の8月の水質は、これまでの調査で底層が高塩分(12%)で密度が高く成層構造をつくり、底層のNH4 - NとPO4 - Pが高く、DOが小さく富栄養化の特徴が現れた状態になっており、新川の水質は、下げ潮による佐鳴湖からの流出と上げ潮による下流からの汚濁物質の流入の影響があらわれていると考えられます。

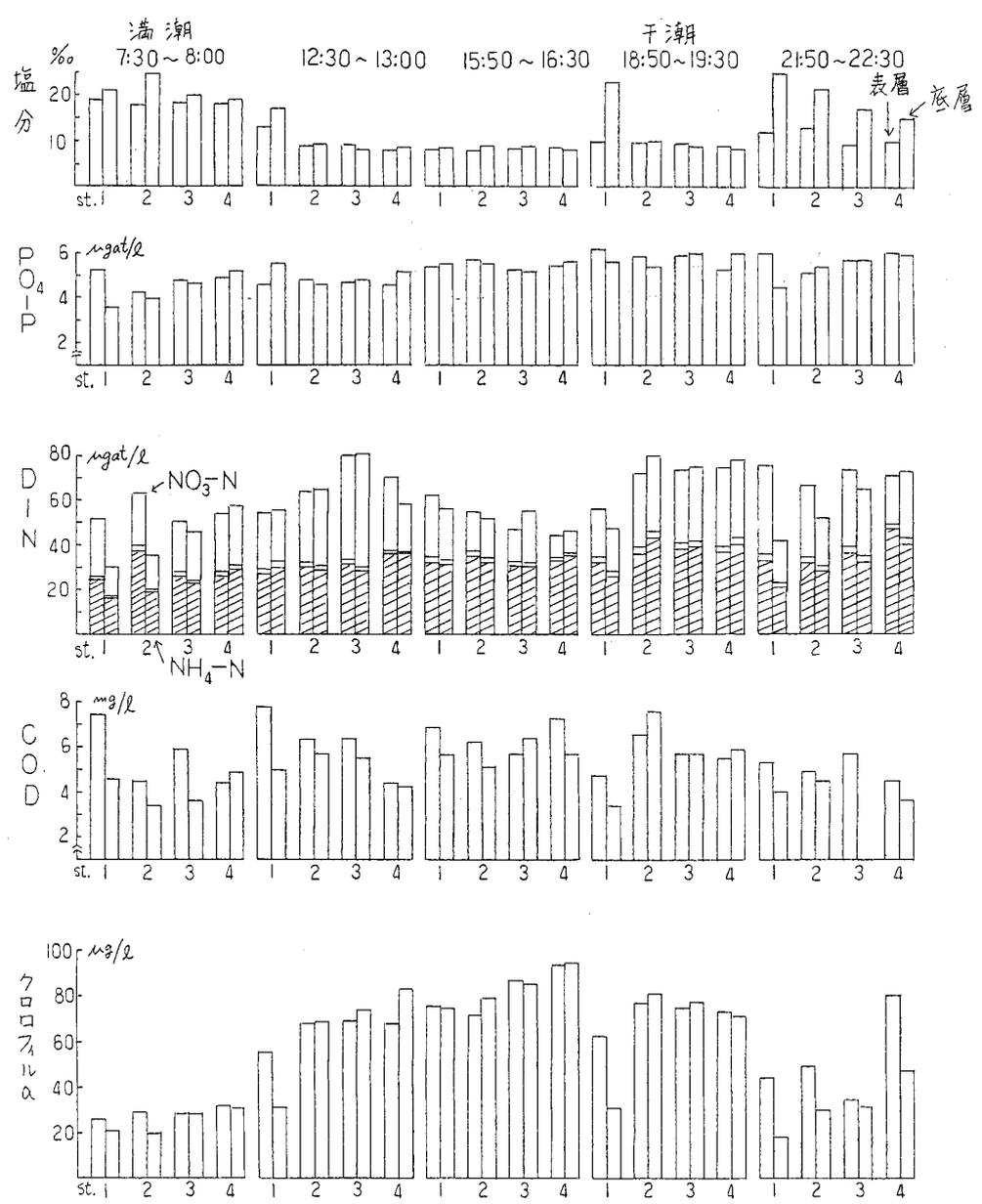
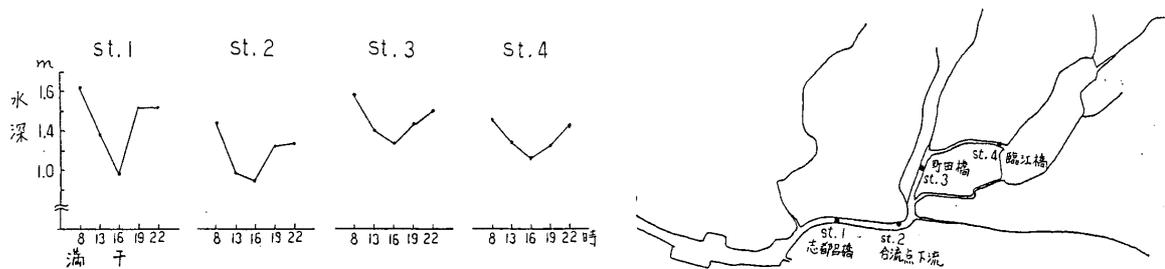
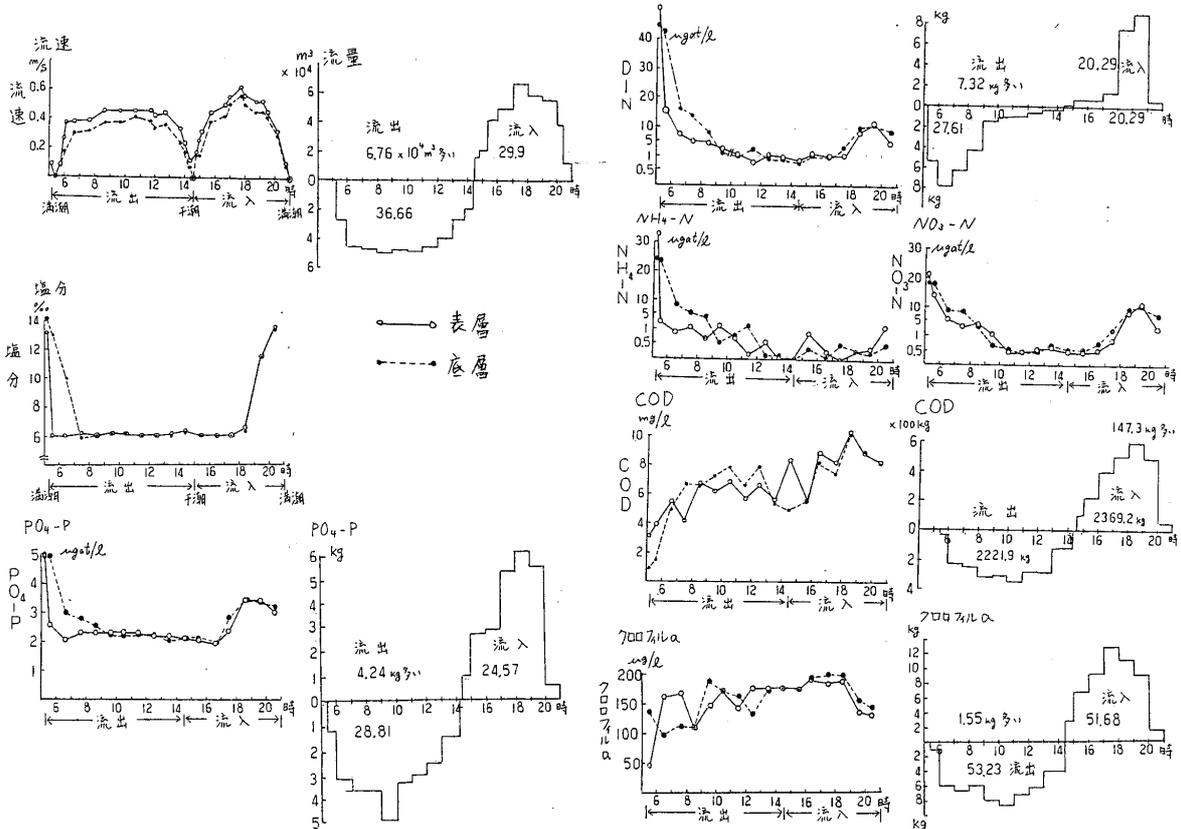
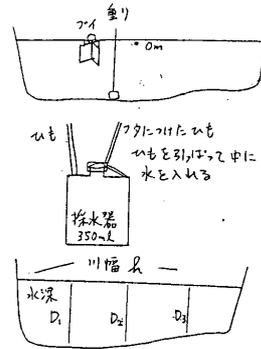
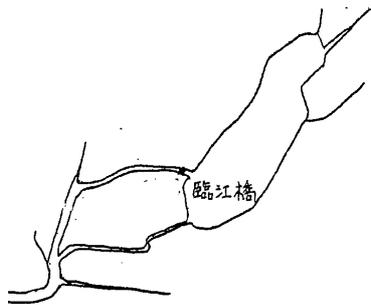


図7 新川 一潮汐の水質変動 2002年8月24日 大潮

佐鳴湖はなぜきれいにならないのか  
- 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣



× 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>		× kg						
流量	COD	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DIN	PO <sub>4</sub> -P	Chl a	
下げ潮 36.66	2221.9	10.94	1.60	15.09	27.61	28.81	53.23	
上げ潮 29.90	2369.2	1.29	0.87	18.23	20.29	24.57	51.68	
実流出量 +6.76	-147.3	+9.65	+0.73	-3.14	+7.32	+4.24	+1.55	

実流出量 = 流出量 - 流入量

図8 放水路（臨江橋）からの新川への負荷 2001年8月30日（中潮）

## 新川から佐鳴湖への負荷量

一潮汐のブイの移動調査と水質調査から、上げ潮で水が壱上し佐鳴湖にPO<sub>4</sub>-PやDIN(無機態窒素)が流入し負荷を与えていることが推定されます。そこで、潮汐による佐鳴湖からの富栄養化物質の流出量と流入量を測定し、佐鳴湖への負荷量を考察しました。

### 方法

調査は2000年5月3日(大潮)に、放水路が未完成のときの佐鳴湖橋(旧新川)で、2001年8月30日(中潮)には臨江橋(放水路)で2回実施しました。一潮汐の間、船外機より1時間毎に表層と底層から採水し、水深、表層と底層の流速をブイを5.0m流して測定しました。平均水深と川幅から断面積を、断面積と表層と底層の平均流速から毎時間の流水量を計算しました。臨江橋には橋脚がなく流速には影響がありません。分析項目は河川の場合と同じです。各物質の流量は流水量に分析値をかけて求めました。

### 結果と考察 2001年8月30日(中潮)

臨江橋(放水路)での結果を図8に示しました。流出は5時18分から14時30分で9時間12分でした。潮止まりの後、すぐに上げ潮による流入が始まり14時30分から21時3分までの6時間33分が流入でした。

#### (1) 流入量と流出量

満潮時の5時16分の中央の水深は1.2mで岸よりでは1.1m、川幅は35.6mでコンクリート護岸で長方形の形状をしています。干潮時の14時30分の中央の水深は0.83mで潮位差は0.37mです。21時3分の満潮時の水深は1.1mでした。断面積は5時16分の満潮で40.35m<sup>2</sup>、21時3分の満潮では36.79m<sup>2</sup>、

干潮で27.17m<sup>2</sup>でした。流速は下げ潮時の表層で最大0.45m/s、上げ潮の表層の最大で0.63m/sで上げ潮の流速が大きくなりました。総流出量は3.67×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>、総流入量は2.99×10<sup>5</sup>で流出量の方が0.68×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>多く、実流出量(流出量-流入量)は18.5%でした。

#### (2) 塩分

2回の満潮で表層、底層とも13~14%と大きく、上げ潮で浜名湖から高塩分水が壱上してくることをよく示しています。干潮後の上げ潮で低塩分状態が続くのは、ブイの調査で明らかになったように、佐鳴湖から流出した水が再び戻るためであり、その後、浜名湖からの高塩分水が流入することを示しています。

#### (3) 栄養塩類と有機汚濁物質

PO<sub>4</sub>-Pの変化は塩分の変化と対応しており、下流からPO<sub>4</sub>-Pの高い水が流入してくることを示しています。総流出量は28.81kg、総流入量は24.57kgで流出量が4.24kg多くなりました。これは、下げ潮での流出量の14.7%が実際の流出量であり、85.3%は流出されず、流出量が大変小さいことを示しています。無機態窒素のうちNO<sub>3</sub>-NがPO<sub>4</sub>-Pの変化とよく似ており、下流からNO<sub>3</sub>-Nの高い水が流入してくることを示しています。無機態窒素の総流出量は27.61kg、総流入量は20.29kgで流出量が7.32kg多くなりましたが、実流出量は、26.5%で、流出量の73.5%は再び戻ってくることとなります。CODは徐々に増加しており、下流からCODの高い汚水が流入し、流入量が流出量より147.3kg多く、排水としての役割を果たしていない結果となりました。クロロフィルaは満潮時を除き150µg/l以上と高く、流出量が1.55kgだけ多いだけで、実流出量はわずかに2.9%で、97.1%は戻

## 佐鳴湖はなぜきれいにならないのか - 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

りほとんど流出していない結果となりました。

以上のように、一潮汐の流量変動から佐鳴湖への負荷が高く、佐鳴湖のCODが低下しない理由として、上げ潮の影響が大きいことが分かりました。窒素、リンは植物プランクトンの増殖を促し、クロロフィルaの値が高くなり、その結果としてCODが高くなっていきます。クロロフィルaがほとんど流出していないことからCODが高いままになっています。

### 潮汐が佐鳴湖の水質におよぼす影響

放水路（新新川）からの流入水が佐鳴湖にどのような影響を及ぼしているのか調査しました。2002年5月5日（小潮）には、ブイによる上げ潮での流入方向の調査をしました。2002年8月9日（大潮）には放水路に近いst. 3で8時から21時まで毎時間採水し、2002年9月7日（大潮）にはst.1、st.2、st.3で9時～21時まで4回、表層、1.0m層、底層から採水しました。分析方法は河川調査と同じです。

#### (1) 放水路からの流入方向の調査 2002年5月5日 小潮 上げ潮

放水路から佐鳴湖に上げ潮が始まる10時43分に表層にブイを4本投入し、船外機で追跡しブイの位置は携帯型のGPSで測定し、結果を図9に示しました。対岸の南東方向に移動し12時21分には東湖岸近くに移動しました。1時間48分で600m移動し、

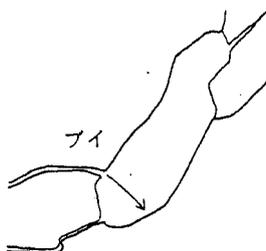


図9 放水路からの流水水 2002年5月5日（小潮）

流速はおよそ0.09m/sでした。この調査では、底層水の動きと風速の調査をしていませんが、表層水は対岸に達することが分かりました。北部への影響は調査していません。

#### (2) st. 3の結果 2002年8月9日（大潮）

結果を図10に示しました。満潮後の下げ潮から干潮、上げ潮にかけて調査しました。水深から潮位変動をみると満潮（9時）の水深2.2mから干潮（17時）の1.8mに低下し、変動幅は0.4mで放水路の臨江橋での変動と同じでした。塩分は表層と1.0m層は7.0‰前後でほとんど変化ありませんでしたが、底層水は11‰から20時まで低下していき、表層との差がなくなりました。これは北部に低塩分水があり下げ潮で南下してくることが推定できます。また、20時、21時の調査では、底層水の採水のとき採水ピンが放水路からの上げ潮に流されるほど流入水の勢いは強いものでした。無機態窒素のうちNO<sub>3</sub>-Nは17時以後の上げ潮で急に高くなり、放水路から高いNO<sub>3</sub>-Nが流入し、表層と底層の差が小さくなったと考えられます。NH<sub>4</sub>-Nの変化は、北部のNH<sub>4</sub>-Nの高い底層水が下げ潮で南下してくること、20時、21時で小さくなるのは放水路からの流入水の影響を受けているためと考えられます。PO<sub>4</sub>-Pは徐々に増加し、CODはほぼ横ばいです。20時から21時にかけて採水地点を鰻の死骸が多数放水路から東湖岸に向かって流れていくのが観察されました。先に記したように新川の下流には養鰻場があり、これまでも排水に混入して捨てられるのを見てきました。鰻の死骸が流入してくるのを見ても下流の影響が佐鳴湖に現れているのが分かりました。ブイの動きと水質の調査から放水路からの流入水が佐鳴湖に負荷を与えていることが考えられます。

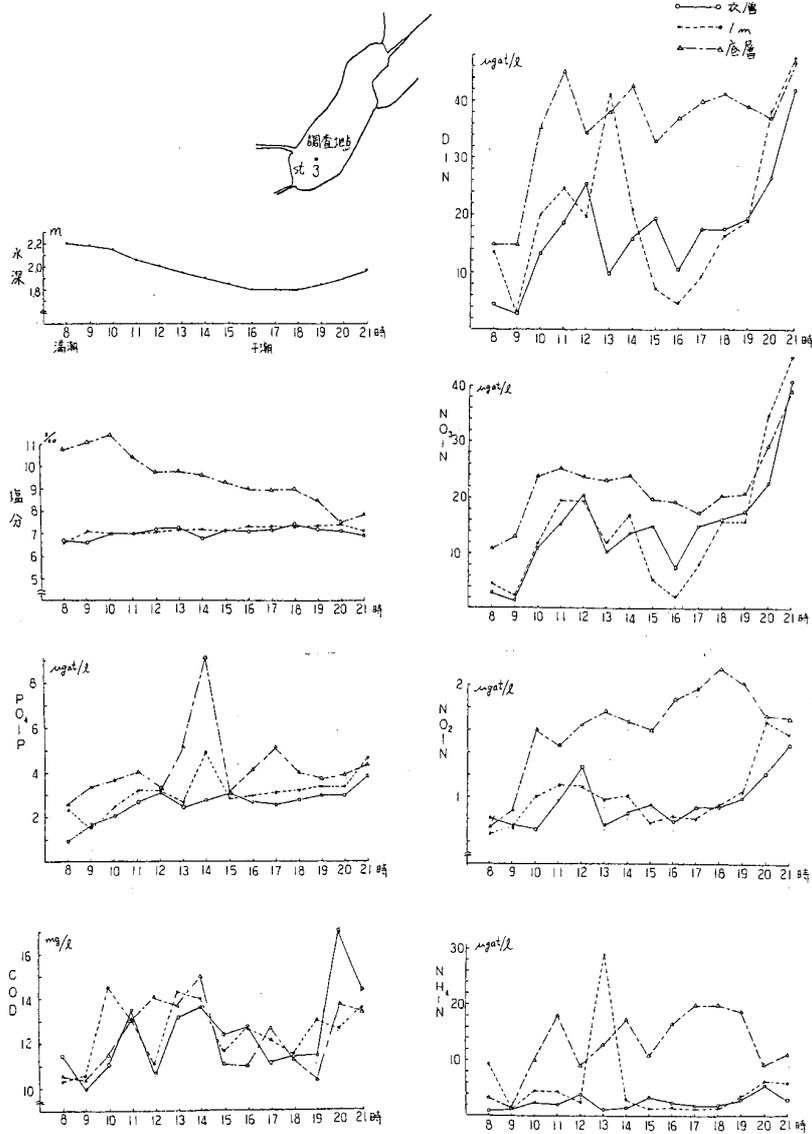


図10 南部 (st.3) の潮汐による水質の変動 2002年8月9日 (大潮)

(3) 2002年9月7日 (大潮) 佐鳴湖 (st.1, st.2, st.3)

採水は8時40分～9時20分 (満潮) 12時～12時40分 (下げ潮) 15時50分～16時30分 (干潮) 21時～21時40分 (上げ潮) で、南部から北部にかけて行いました。溶存酸素はDOメータで測定しました。その結果を図11に示しました。

塩分 表層で10‰、底層で14‰あり成層構造を形成し、放水路から塩分の高い水が底層を流入し

ていることをよくあらわしています。なかでも南部のst.3の底層の値が高く、放水路からの流入水の影響がわかります。干潮では表層よりも中層の値が小さく北部からの低塩分水が中層を南部に移動するようすがみられます。放水路の水深は1.2mで佐鳴湖の水深は2.0mあり、佐鳴湖の中層水が下げ潮で北部から南部に移動するのが考えられます。

溶存酸素 表層で高く、底層は1.0mg/l以下で貧

佐鳴湖はなぜきれいにならないのか  
- 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

酸素水が形成されています。st.3の底層の変化が大きく、満潮では4.2mg/lあり、下げ潮で下がり、干潮では1.42mg/lと低下し、満潮で8.3mg/lと高く

なっています。この変化は下げ潮で中央付近の貧酸素水が南下し、上げ潮で放水路から酸素の多い水が流入してくることを示しています。

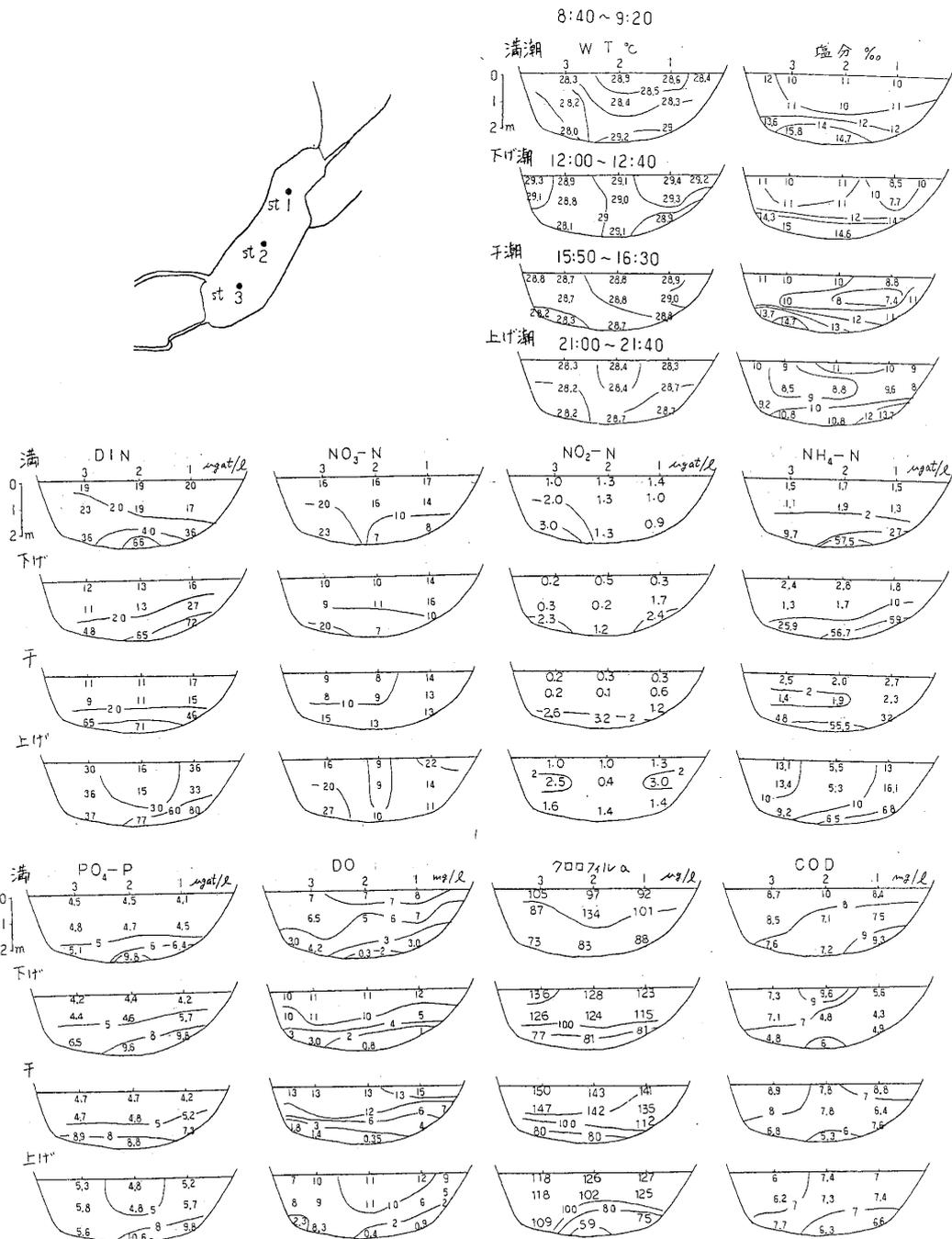


図11 佐鳴湖の潮汐による水質の変動 2002年9月7日(大潮)

栄養塩類 PO<sub>4</sub> - Pは底層で高く表層で小さくなり、底泥からの溶出が見られます。南部のst.3の変化をみると下げ潮で5.12 μgat/lから8.86 μgat/lに増加し、上げ潮で再び5.61 μgat/lに減少しています。これは、下げ潮で中央付近の9.8 μgat/lの高い底層水が南下してくるため、上げ潮では押し上げられて再び小さくなると考えられます。この変化はNH<sub>4</sub> - Nでも同様で、下げ潮で9.7 μgat/lから48 μgat/lに増加し、上げ潮で再び9.2 μgat/lに減少し、潮汐により底層水が移動していることをあらわしています。NO<sub>3</sub> - Nの底層水の変化は逆で、st.3の満潮で23.3 μgat/lと大きく、干潮で14.5 μgat/lと小さくなっています。この変化も放水路からNO<sub>3</sub> - Nの大きい水が上げ潮で流入し、下げ潮で中央付近のNO<sub>3</sub> - Nの小さい底層水が南下してくることで説明できます。

有機物質 クロロフィルaは表層で特に高く、底層でも高いことから全域でプランクトンの増殖が活発であることを示しています。CODも同様に表層で高く底層で小さくなり、透明度は0.4mで有機汚濁の進んだ状態になっています。

## まとめ

ブイによる河川水の一潮汐の移動、排水溝からの新川下流への負荷、放水路から佐鳴湖への負荷、流入水の佐鳴湖への影響を調べてきました。本研究により佐鳴湖の浄化が進まない理由の一つに、上げ潮により佐鳴湖から流出した水が押し上げ再び佐鳴湖にもどっていくことが説明できたと思われます。新川には浜名湖からCOD、栄養塩類の少ない水が流入してくるわけですから、新川の水が現在より浄化されれば、佐鳴湖の水は混合希釈され現在より浄化されることが期待できます。はじめに述べたように行政は図12の佐鳴湖北部を流域とし、この地域の下水道整備を進め約90%の整備率にしました。しかし、佐鳴湖南部を佐鳴湖流域としていないため、ほとんど下水道の整備はされていません。新川周辺の下水道の整備状況を浜松市下水道部での資料で調べると、面積率でわずかに5.7%にすぎません。家庭雑排水、養鰻場からの排水が流入しています。これでは新川が汚濁し、佐鳴湖の浄化が進むはずがありません。そこで、佐鳴湖南部を佐鳴湖流域に含めて、新川下流の下水道整備を早く進めることを強く提案します。

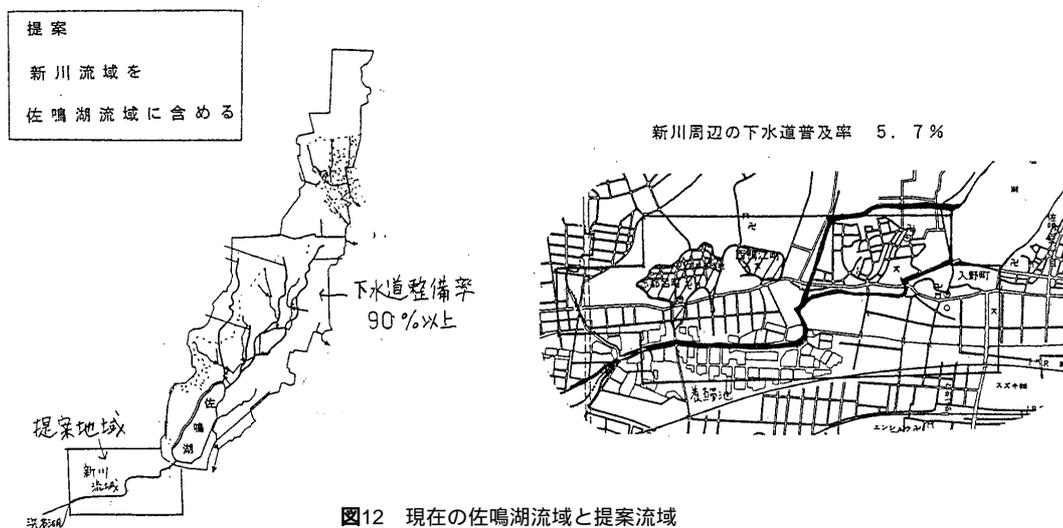


図12 現在の佐鳴湖流域と提案流域

## 佐鳴湖はなぜきれいにならないのか - 潮汐による逆流とその影響 -

静岡県立浜松湖南高等学校 自然科学部 小田木 勇人 安藤 崇人 野中 一臣

### 研究の成果

私たちの研究結果は、これまで佐鳴湖に関する「水フォラム」や懇談会などで報告し、市や県の関係者にも訴えてきました。県は学識経験者を新川に招き、視察の結果、新川の詳細な水流や水質の調査が必要であるとの指摘をうけ、2002年10月31日から2週間にわたり19地点に定点を設け調査を始めました。ここによりやく新川の浄化対策が始まりました。新川の浄化が進めばすぐに佐鳴湖の浄化が進むとは安易には考えていませんが、原因を一つひとつ科学的に明らかにし、一つひとつ取り除く政策を実施していく必要があると考えています。

私たちは、現在、本報告以外に「ヤマトシジミを佐鳴湖に復活させ、底生生物による浄化を実現する」こと、佐鳴湖の東湖岸に設置されている浄化施設「接触酸化槽の問題点とその対策」について、 $PO_4 - P$ を除去するためにアルミ缶を利用する方法を研究しています。

### 今後の課題

- (1) プイによる河川水の動き放水路と旧河川から同時にプイを投入し水の動きを追跡する。潮候の変動は2週間で一サイクルなので、一サイクルの大潮、中潮、小潮で調査する。
- (2) 佐鳴湖への負荷量の調査 放水路と旧河川で同時に、大潮、中潮、小潮で流出量と流入量を調査し負荷量を測定する。潮位変動を見ると下げ潮より上げ潮が強いときもあるので、このようなきも調査する。
- (3) 佐鳴湖の水の滞留日数を測定する。

### 参考文献

1. 新編水質汚濁調査指針 恒星社厚生閣(COD、DOの分析方法)
2. 湖水・海水の分析 講談社(窒素、リンの分析方法)
3. 海洋観測指針 日本気象協会(海水の密度)
4. 赤潮生物研究指針(クロロフィルの分析法)
5. はままつの環境(浜松市) 佐鳴湖(静岡県)
6. 浜名湖水の不思議 - 内湾の自然と海水の動き -