

# 東郷池の汚濁機構調査（塩化物イオン濃度とCOD）

## 【水質調査第一科】

南條吉之・中村仁志・道上隆文・池田亮一

The mechanism of the water pollution at Lake Togoike  
(relationship between the concentration of chloride ion and COD)

Yoshiyuki NANJO, Hitosi NAKAMURA, Takafumi MICHIE, Ryoiti IKEDA

### Abstract

We examined the relationship between COD and chloride ion concentration in the water of Lake Togoike. We measured it every month. It was determined that the dilution effect can be expected due to the sea water coming into the lake. However the halocline is formed and the nutrient salts returns in the lower layer water. The result of our study was that the COD value was high in the year, with over 2,580 mg/l at the annual average chloride ion concentration. Red tide occurred in the years in which the chloride ion concentration was high. The COD value was also high when the chloride ion concentration was low with a concentration of 1,270mg/l or less. The growth of the freshwater phytoplankton is considered to be the reason.

## 1 はじめに

東郷池は、従来湖山池や中海と比較して汚濁の少ない湖沼であった。流域下水道も完備されたことから、水質の改善が見られるはずであったが、近年汚濁の進行が見られ、他の2湖沼より汚濁の進んだ湖沼となっている。

そこで、汚濁の原因解明の手始めとして1982年～2001年までの20年間の塩化物イオン濃度とCODの調査結果から、それらの関係を明らかにする事を試みた。塩化物イオン濃度の高い時は、海水の流入があった時であり、低い時は物理的に流入しにくい時と考えられる。きれいな海水が逆流することにより湖水は希釈されCODは低値となるが、比重の大きな海水は湖底にたまり容易に攪拌されない。そのために、湖底は還元状態となり、窒素、リン等の栄養塩が溶出しやすく、結果として富栄養化に拍車がかかることとなる。また、内部生産の主原因である植物プランクトンの増殖も塩化物イオン濃度と関わりが深い<sup>1)</sup>。塩化物イ

オン濃度が低ければ淡水性のプランクトンが増殖し、高ければ海洋性のプランクトンが優占することとなる。この様に複雑に様々な因子が関与しており、いきなりこれらを解析することは難しい。

そこで、2001年度は塩化物イオン濃度、植物プランクトン及びCODに限定して解析をした。次年度以降、解析項目を増やすことを計画している。

## 2 調査方法

東郷池の水質調査は毎月中旬に実施している。

1982年度から2001年度までの湖心の調査結果があるので、COD、塩化物イオン濃度、Chl-a及び植物プランクトンの同定・計数結果を中心に考察をおこなった。

CODはJIS K 0102の17 (COD<sub>Mn</sub>) によった。

塩化物イオン濃度はJIS K 0102の35.1の硝酸銀滴定法によった。

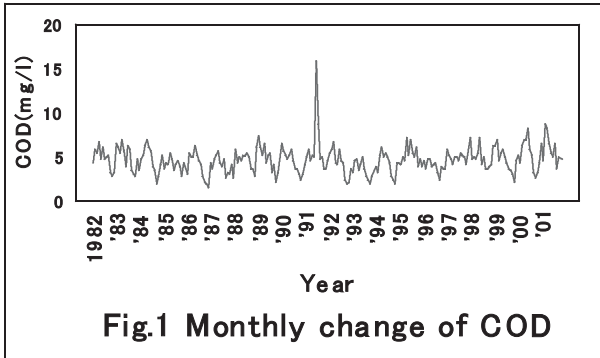
Chl-aは環境測定分析参考資料3.3.19 1の吸光度法により測定した。

植物プランクトンは生物顕微鏡で同定・計数した。

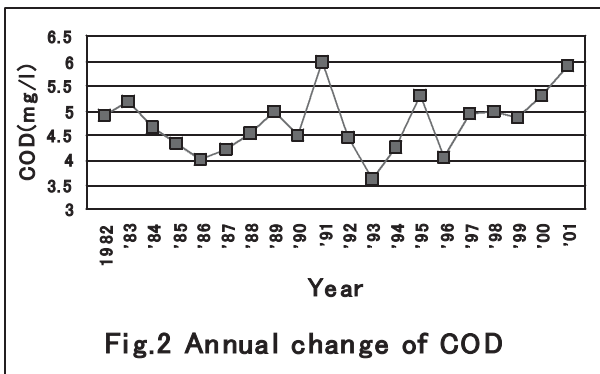
### 3 調査結果

#### 3-1 CODの推移

CODの調査は毎月実施しているので、Fig.1に1982年度～'01年度の推移を示した。



'91年度に高い値が見られる。これは10月を



中心に赤潮が発生し、10月にはCOD16mg/lに達していた。その他の年については、差異が見てとれないので、Fig.2に年度平均値を示した。5.0mg/lを超えたのは'83年度、'91、'95、'00、'01年度であった。4.2mg/l以下の年は'86、'87年度、'93、'94、'96年度であった。'93年度以降を見れば、暫増しており'01年度は赤潮が発生し、以前に強い赤潮が観測された'91年度(6.0mg/l)と同程度の値(5.9mg/l)を示している。

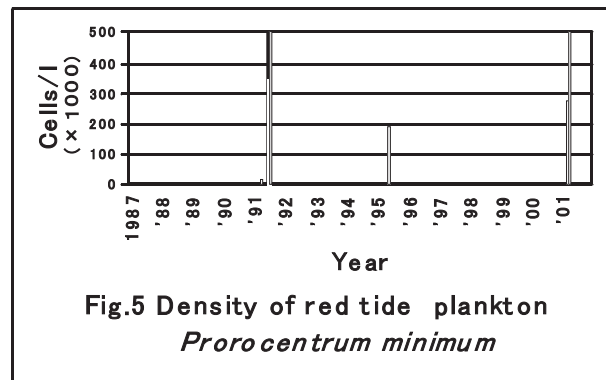
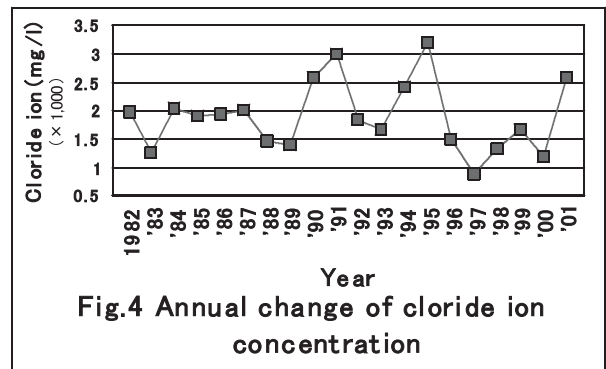
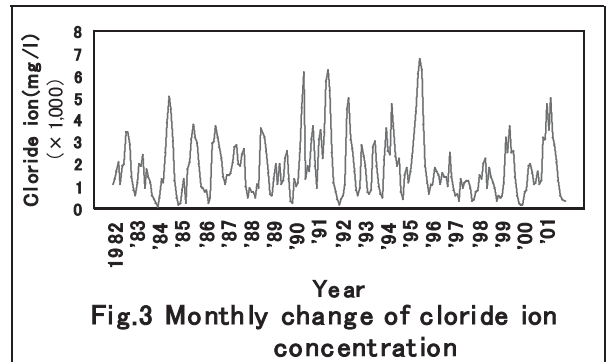
#### 3-2 塩化物イオン濃度の推移

Fig.3に湖心上層の塩化物イオン濃度の推移(月変化)を示した。'90、'91年度と'95年度に高いピークが見られ、'96、'97、'98年度は低く推移していた。CODと同様に年度平均値をとりFig.4に示

した。'91、'95、'01年度は2,500mg/lを超えていた。

#### 3-3 赤潮プランクトンの発生状況

東郷池で赤潮を形成したことがあるプランクト



は*Prorocentrum minimum*の一種である。その発生状況をFig.5に示した。'91、'95、'01年度に発生しており、3-2で説明した平均塩化物イオン濃度が2,500mg/l以上と一致する。*Prorocentrum minimum*は汽水性のプランクトンであり、塩化物イオン濃度が低下すると増殖できない。

#### 3-4 CODと塩化物イオン濃度の関係

年度平均CODが5.0mg/lを超えたのは'83年度、'91、'95、'00、'01年度であり、4.2mg/l以下の年は'86、'87、'93、'94、'96年度であったと3-1で示した。

詳細はTable1とTable2に示した。

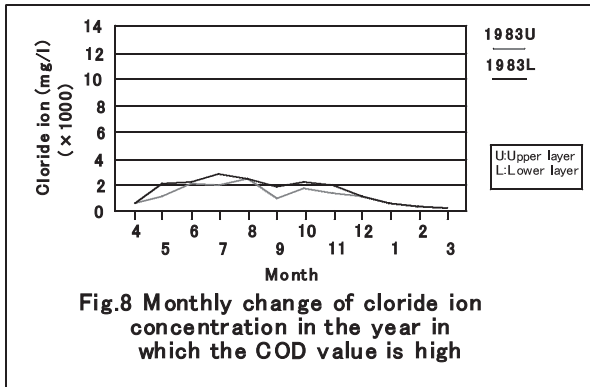
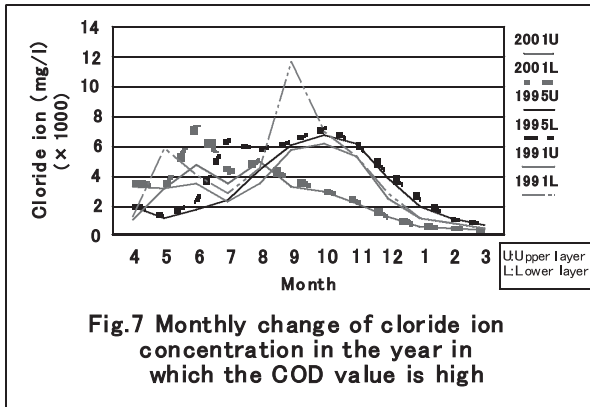
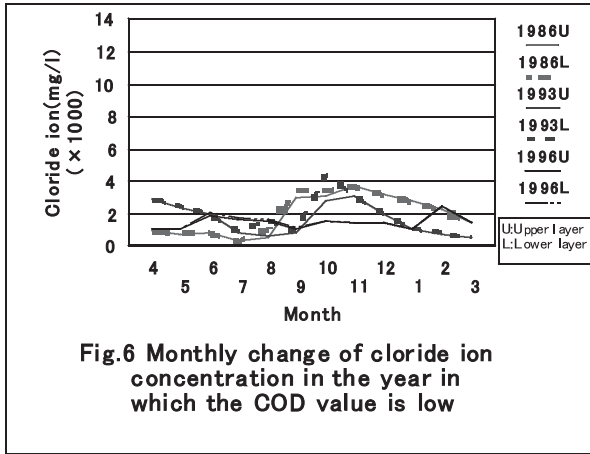
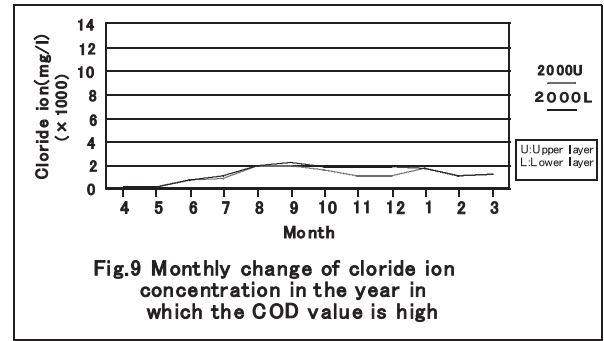


Fig.6に水質が良い年（4.2mg/l以下の年）の塩化物イオン濃度の推移を図示した。'86年度の塩化物イオン濃度は330～3,750mg/l、'93年度は530～3,100mg/l、'96年度は1,100～2,500mg/lであった。

Fig.7、Fig.8、Fig.9に水質の悪かった年度の塩化物イオン濃度の推移を図示した。Fig.7は塩化物イオン濃度が高くて悪かった年度を示した。



強い赤潮を形成した'91年度の塩化物イオン濃度は470～6,260mg/l、'95年度は700～6,770 mg/l、'01年度は340～5,000mg/lであった。下層はさらに高い値を示している。

一方、塩化物イオン濃度が低くて水質が悪かった'83年度と'00年度をFig.8とFig.9に図示した。'83年度の塩化物イオン濃度は280～2,450mg/l、'00年度は170～2,080mg/lであった。下層においても低値で推移していた。

ここでCOD（年度平均値）と塩化物イオン濃度（年度平均値）との関係をまとめるとCODの良い年の平均塩化物イオン濃度は1,500～2,410mg/lの間であった。

Table1 Monthly change of chloride ion concentration in the year in which the COD value is low

Year	Cloride ion concentration (Annual average)	
1986	1,930mg/l	From 1,500mg/l to 2,410mg/l
1987	2,010mg/l	
1993	1,670mg/l	
1994	2,410mg/l	
1996	1,500mg/l	

Table2 Monthly change of chloride ion concentration in the year in which the COD value is high

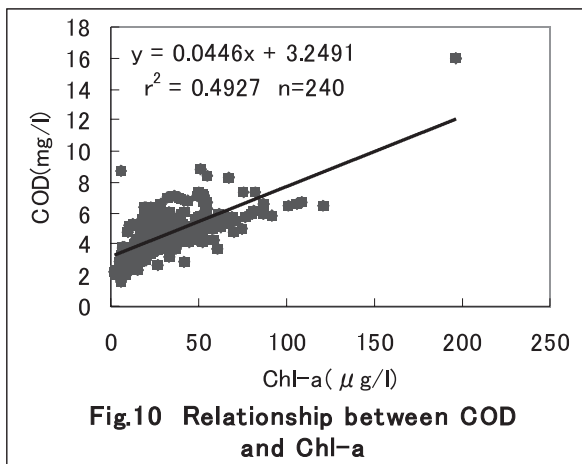
Year	Cloride ion concentration (Annual average)	
1983	1,270mg/l	Under 1,270mg/l or over 2,580mg/l
1991	2,990mg/l	
1995	3,210mg/l	
2000	1,190mg/l	
2001	2,580mg/l	

悪い年は1,270mg/l以下と2,580mg/l以上であった。

しかし、'82年度は平均塩化物イオン濃度が1,980mg/lと良い年の平均塩化物イオン濃度の範疇に入るが平均CODは4.9mg/lと良くない。'97年度の塩化物イオン濃度は890mg/lと良くない年の範疇に入るが平均CODは4.9mg/lと「5.0mg/lを超える」に入らなかったため表には載せなかったが、悪い年の範疇に入る。

### 3-5 内部生産CODと外部汚濁COD<sup>2)</sup>

'82年度～'00年度のCODとChl-aの値 (n=240)



を用いて内部生産CODと外部汚濁CODを算出した。その結果をFig.10に示した。CODとChl-aの間に良い相関があり $COD = 0.0446 (Chl-a) + 3.2491$ の回帰直線が得られた。この式から、Chl-aが0の時、つまり植物プランクトンの発生していない時の値を外部汚濁とすると3.25mg/lが外部汚濁CODとなる。内部生産CODは平均CODから外部汚濁CODを差し引くことにより求められ、1.51mg/lが内部生産CODとなる。したがって、東郷池の汚濁は68.27% (3.25mg/l) が外部汚濁であり、31.72% (1.51mg/l) が内部生産となる。

## 4 まとめ

1) CODは毎月測定しており、そのデータを図示すると、'91年度に大きなピクがある。これは強い赤潮が発生しCODを押し上げたものと考えられる。その他の年度は高低が良く判らないので、年度平均で見ると、'91年度が最高で6.0mg/lと高値であった。'95年度 5.3mg/l、'00

年度 5.3mg/l、'01年度5.9mg/lであり、'01年度は'91年度と同程度であった。

2) 海水が湖内に入ることにより希釈効果が期待できると言われている一方で、比重の重い海水が入ることにより塩分躍層ができ、上下混合しにくくなることにより、下層が還元状態になり窒素、リン等の栄養塩が回帰してくるとも言われている。

そこで水質の悪い年（年度平均CODが5mg/lを超える年）を見ると、年度平均塩化物イオン濃度2,580mg/l以上または1,270mg/l以下であった。年度平均塩化物イオン濃度2,580mg/l以上の範疇に含まれる'91、'95、'01年度は赤潮形成プランクトンの*Prorocentrum minimum*が発生しており、栄養塩の回帰と*Prorocentrum minimum*の増殖に都合の良い塩化物イオン濃度となるため、赤潮が発生しCODを押し上げるものと考えられた。年度平均塩化物イオン濃度が1,270mg/l以下の'83年度と'00年度を見るとほとんどの月で塩化物イオン濃度2,000mg/l以下で推移しており、顕著な塩分躍層も形成されていない。

このことは物理的に海水の出入りが少なく希釈効果の期待ができなかったものと考えられる。また、春期～秋期にかけて塩化物イオン濃度が1,000mg/l以下となれば淡水性のプランクトンの増殖（アオコ）も危惧される。

3) 水質の良い年（年度平均CODが4.2mg/l以下）を見ると年度平均塩化物イオン濃度は1,500～2,410mg/lであった。

4) '82年度～'01年度の20年間のCODとChl-a（データ数240）を基に内部生産及び外部汚濁CODを算出したところ、内部生産CODは1.51mg/l（31.72%）、外部汚濁CODは3.25mg/l（68.27%）であった。湖山池の内部生産が約50%であるのと比べ東郷池の場合31.72%と低値である。この原因はアオコや赤潮の発生頻度の高い湖山池や中海では高く、あまり発生しない東郷池では低いものと考えられる<sup>3,4)</sup>。東郷池の水質汚濁を考える場合、内部生産CODの削減も重要ではあ

るが外部汚濁CODも視野に入れて考えなければならぬ。

### 参考文献

- 1) 南條吉之, 福田明彦, 矢木修身, 細井由彦(1998) 汽水湖におけるアオコ及び赤潮発生制御に関する基礎的研究, 水環境学会誌, 21, 530-535 .
- 2) 福島武彦, 天野耕二, 村岡浩爾(1986)湖沼水質簡易な予測モデル, 水質汚濁研究, 9, 775-785 .
- 3) 安田満夫, 南條吉之, 田中賢之介, 箕一郎, 坂田裕子(1989)淡水湖と汽水湖における湖沼の内部生産について, 全国公害研誌, 14, 122-126 .
- 4) 福田明彦, 南條吉之, 若林健二, 九鬼貴弘(1996) 湖山池、東郷池の内部生産と窒素、リンについて, 鳥取県衛生研究所報, 36,49-56 .