

# 水質にみる濃尾平野の陸水環境

日比野 雅俊

## I はじめに

水や大気に含まれる成分の濃度単位として ppm (part per million の略で、100万分率ともいう) が用いられることは既によく知られているところであるが、水の場合にはもう一方で、mg/l (ミリグラム・パー・リッター) という濃度表示をすることが多い。言うまでもなく純粋 1 l は 1 kg として扱って差し支えないので、1 kg の水に含まれる 1 mg の成分量は 100 万分の 1 kg の割合となり、ppm と同義となる。

1 mg/l の成分量を、もう少し分かり易く理解するために、今この分母の 1 l を 1 m<sup>3</sup> とすると、1 mg は 1 g に相当する。つまり、1 m<sup>3</sup> の容積の水の中に小さめの角砂糖大の物質を 1 個解かしたときの濃度が 1 mg/l あるいは 1 ppm となる。もちろん比重 4.0 以上の重金属が溶解、すなわち液体中で均一に分散している状態の場合には、これを集めたときの容積は角砂糖のひとつかけら分程度でしかなくなる。そして幸い覚え易いことに、水質を構成する主な化学成分は 8 種類ほどしかなく、そのいずれもがわが国の陸水では 1~20 ppm 程度しか含まれていない。つまり、それ以外の化学成分の濃度は 1 ppm 以下、しかも大抵はそれよりはるかに少ない量しか含まれないので、それが多い場合には自然的にせよ人為的にせよ何か特殊な原因が作用した結果とみることができる。

さて、河川や湖沼をはじめとするわが国の陸水は、世界的にみても本来化学成分の含量が少ない方であったが、近年種々の人間活動の増大によって本来の水質像を大きく変えるに至った。そこで、どのような人間活動がその原因となっているのか、またそれは同時に、水界の生態系にどのような変化を促しているのかといっ

たことを調べる必要が出てくる。これが現在の水質研究の重要な課題であり、その第 1 歩が濃度の変化を探ることにある。しかし、現実には違いや変化の興味にのみ終始する傾向もあり、あるいは水の中を見ている、その周囲の人間活動にまで目が注がれない傾向もあり、この研究がなお十分な体系化に至っていないことを指摘できる。

さらに河川と湖沼を取り上げた場合、水利や土木工学を別とすると、河川をフィールドとする研究者が湖沼のそれより少なく思われることである。湖沼以上に人間の影響を大きく受け、しかも変化に富む流水を研究対象とすることは厳密には極めて困難なことである。しかし濃尾平野は霞ヶ浦や琵琶湖を控えた東西の平野と異なり、木曾 3 川に代表される地域である。その意味でも、当域では河川研究がもっと重視されてよく、なかでも身近かな自然環境を保全し、同時に有効に活用する目的からも都市河川の研究を進めていくことが必要と考えられる。そうした中小河川をはじめとする河川研究の蓄積は、個々の河川や池沼に対する地域住民の関心を徐々に高めていくはずである。本稿は今後とくに個別河川や池沼の研究の必要性を念頭におきながら、不十分ではあるが、これまでの筆者の調査研究を軸に濃尾平野の陸水水質の一端を紹介しようとするものである。

## II 多様な水質

水質 (Water Quality) というと、一般には水に含まれる化学的成分がまず想起されるようである。しかし、例えば水温や味なども水質の重要な一部であり、外観も水質を構成する。つまり、水質は広くは図 1 に示したように、物理的、

物理的水質	水温, SS (懸濁物), 水色
化学的水質	
溶存ガス	DO (溶存酸素), CO <sub>2</sub> (炭酸ガス), H <sub>2</sub> S (硫化水素)
無機成分	Na <sup>+</sup> (ナトリウムイオン), Ca <sup>2+</sup> (カルシウムイオン), Cl <sup>-</sup> (塩化物イオン), HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (炭酸イオン), SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (硫酸イオン), SiO <sub>2</sub> (ケイ酸), NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (硝酸イオン), PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (リン酸イオン) 等
有機成分	BOD (生物化学的酸素要求量), COD (化学的酸素要求量), TOC (全有機炭素), 有機態窒素, 有機態リン等
生物的水質	微生物, 藻類, 昆虫, 魚等
感覚的水質	味, 臭い, 外観

図1 水質分類

化学的, 生物のおよび感覚的という4つのカテゴリーに分類される。それぞれを少し以下に説明する。

### 1 物理的水質

水温は重要な水の属性であり, それだけで熱汚染 (Thermal Pollution) のような現象を生み出す。つまり, 水は熱を吸収・放出し, また移送するのにすぐれた媒体であるため, 今日大量の冷却用水が広く用いられている。そのため水温の高い水が環境中に大量に放出される場合には, 周辺水域の水温をも高めることになり, 熱汚染を招くことになる。

水温に関して, 4℃の水がもっとも重いことはよく知られている。これは4℃の水の密度が0.99997g/cm<sup>3</sup>であるのに対して, 0℃の水の密度は0.99984g/cm<sup>3</sup>, 10℃の水であれば0.99970, 30℃のときは0.99564であるため, 静水域において4℃より暖かい水は上部に集まることになる。ただ, 海水の密度は1.025g/cm<sup>3</sup>と重いため, 淡水と接するときには常に下層に入ることになる。この結果, 河口域などでは上に淡水, 下に海水という2層流が形成され易い。

懸濁物 (SS, Solid Suspension) は水中の不溶解性物質で, 水をこしたろ紙の上に残るような物質である。大きさとしては大体1ミクロンより大きな物質で, 粘土やプランクトン, 各種廃水中の細粒物質がこれにあたる。

### 2 化学的水質

これはふつう, さらに溶存ガス成分, 無機成分そして有機成分に分けられる。

#### 1) 溶存ガス

酸素 (DO, Dissolved Oxygen), 炭酸ガス (CO<sub>2</sub>), 硫化水素 (H<sub>2</sub>S) が主たるところで, なかでも DO は水界生物にとって極めて重要である。水中の酸素量は大気中と異なり, 微量といってよい。つまり, 大気中の酸素が単位容積の約21% (210,000 ppm) を占めるのに対して, 水中の酸素は1気圧4℃の水で9.19cc/1 (0.009%) が飽和量である。しかも, この値は水温によって大きく変化し, 水温が高くなるにつれて減少するため, 例えば20℃の水では6.42cc/1 が飽和量となる。したがって, 魚類にとっては低水温の方が酸素条件に恵まれているが, 餌の成育が悪くなるため, 食餌のための行動は大きくなる。さらに水中の酸素は飽立つ流れのようなところでは, 大気中の酸素が飽和量まで溶け込むことができるが, それ以外では主として水中の植物やバクテリアの活動によって変動する。すなわち, 植物の多いところでは, その光合成作用によって酸素が水中に放出される一方, バクテリアは呼吸作用によってこれを消費する。

水中の炭酸ガスも酸素との関係が深い, 酸素の溶解量に比べるとさらに微量であり, また炭酸ガスとしてだけでなく, 環境条件によって複雑な形態や反応を示す。

#### 2) 無機成分

先に述べた主要8種類はいずれも無機成分で, 陽イオン状態で溶けているナトリウム (Na<sup>+</sup>), カリウム (K<sup>+</sup>), カルシウム (Ca<sup>2+</sup>), マグネシウム (Mg<sup>2+</sup>) と陰イオン状態の塩化物 (Cl<sup>-</sup>), 炭酸 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 硫酸 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) として

中性のケイ酸 ( $\text{SiO}_2$ ) である。このうちナトリウムと塩化物は海水に、また炭酸は大気炭酸ガスに由来するところが大きで、これらを除く他の成分は主として岩石や鉱物に由来する。この他、鉄やアルミニウムも陸水には比較的多く含まれるが、近年問題になっているのは窒素とリンである。無機成分としての窒素は、水中ではアンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) の形で存在し、生活排水の影響を受けた河川などでは一般にアンモニア態窒素の割合が大きい。また無機のリンはリン酸態 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) の形で存在し、植物プランクトンの増殖には必須の成分となっている。このため、かつて合成洗剤の助剤として用いられたリン酸塩の使用が規制されたことは周知のとおりである。

### 3) 有機成分

有機成分には生物起源のものと化学合成された工業起源のものに大別することができ、前者はバクテリアの活動などで次第に分解され無機化していく。しかし後者は農薬や溶剤のように、もともと生物的分解が進まない性格をもつようにつくられたものであるから、環境中での残留性は高く、そのため生物的な濃縮も生じ易い。ただ、一般に後者の存在量は前者に比べて微量である。

そこで生物起源の有機物を対象とすると、その主成分は炭水化物、たんぱく質、脂肪などであり、これらの有機物量を測定する方法として用いられているのが COD (化学的酸素要求量, Chemical Oxygen Demand) と BOD (生物化学的酸素要求量, Biochemical Oxygen Demand) である。COD は過マンガン酸カリウムのような強力な酸化剤を用い、一定の条件で試水の中にどの程度酸化される物質があるかを示したもので、この方法でかなりの有機物は酸化される。しかし、プランクトンや汚水に含まれる未分解の大型の有機物 (例えば、ごはん粒など) は COD の値にあまり関係しないといわれる (半谷, 1960)。一方、還元状態の試水で鉄やマンガンを含むときは、これらの無機成分が酸化されるため、COD の値をいく分高めること

になる。

BOD はバクテリアが有機物を分解する際、それが消費する水中の酸素量である。定められた条件としては、好氣的条件で  $20^\circ\text{C}$  の水温に設定し、5日間放置したときの酸素消費量を測定する。したがって、バクテリアが死滅することのない条件を留意する必要がある。以上のように、COD や BOD は有機物が酸化・分解されるのに必要な酸素量を表わしているのであって、有機物そのものの量ではない。そこで最近では水中の有機物を燃焼し、発生する炭酸ガスをもとに有機物が含む炭素量を測定する方法も用いられている。これが TOC (全有機炭素量, Total Organic Carbon) である。なお、試水として COD は  $20\sim 50\text{ cc}$ 、BOD では  $100\sim 300\text{ cc}$  を用いるのに対して、TOC は僅か  $5\text{ cc}$  のサンプルを用いるだけであるので、サンプルとして濃すぎたり薄すぎたりしないよう、つまり代表値を得るようにサンプルをとる注意が必要とされる (中島, 1983)。

次に、窒素やリンを含む有機物は生物的分解を受けると、水中では懸濁態 (Particulate) さらに溶存態 (Dissolved) の有機態窒素 (Organic Nitrogen) あるいは有機態リン (Organic Phosphorus) となり、やがてこれらは無機態の窒素やリンとなる。実は1982年12月に公布された、いわゆる「湖沼法」では窒素とリンを規制することを目的としているが、この基準項目として全窒素 (T-N, Total Nitrogen) と全リン (T-P, Total Phosphorus) とが採用されている (表1参照)。そこで今、これらを簡単に説明すると;

$$\text{T-N} = \text{PON} + \text{DON} + \text{DIN} (\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$$

となる。つまり、全窒素は懸濁態有機窒素、溶存態有機窒素および無機態窒素の総和ということになる。また、全リンについては;

$$\text{T-P} = \text{POP} + \text{DOP} + \text{DIP} (\text{PO}_4\text{-P})$$

となり、懸濁態有機性リン、溶存態有機性リンおよびリン酸態リンの総和である。

表1 湖沼の全窒素及び全リンに関する環境基準

項目 類型	利用目的の適応性	基準値	
		全窒素	全リン
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの	0.1 ppm 以下	0.005 ppm 以下
II	水道1, 2, 3級 水産1級 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの	0.2 ppm 以下	0.01 ppm 以下
III	水道3級及びIV以下の欄に掲げるもの	0.4 ppm 以下	0.03 ppm 以下
IV	水産2級及びVの欄に掲げるもの	0.6 ppm 以下	0.05 ppm 以下
V	水産3級 工業用水 農業用水 環境保全	1 ppm 以下	0.1 ppm 以下

### 3 生物的水質

水中の微生物や動植物の種や量から判定されるのが生物的水質であり、従来広く用いられているのが大腸菌群の試験である。大腸菌は温血動物の腸内に存在するので、水中に大腸菌群が検出されることは、それがふん便で汚染されていることを意味する。

また河床に付着している藻類や水生昆虫をはじめとする底生動物の優占種からも水質状態を知ることができる。しかも、それは比較的同じ条件が継続していることを示す。しかし、化学的水質が機械的に分析できたり、また細かな数値で表現できるのに対して、生物的試験は人手と同時にある程度の熟練をも要するため、大腸菌試験を除くと、わが国では公的にはほとんど採用されていない。とはいえ、生物的水質は生物を対象としているだけに、ある期間の水質状態をだれしもが理解することができる。化学的な測定による数値的扱いも必要ではあるが、基本的にはまず視覚的に理解できることが大切で、この方法はもっと普及されてよい。これは今日の教育においても欠落した部分といえる。

### 4 感覚的水質

上水の水質試験では臭いや味といった感覚的要素が重視される。しかし河川や湖沼などの公共用水域においては、今日直接その水を飲んだりすることがないため、臭いや外観の色を経験的に記載することはあっても活用される例はほとんどない。確かに定量的に扱いにくいという

難点があるが、この評価はだれでも簡単にできるので、例えば複数の試験者がいれば、かなり客観性の高い資料を得ることができる。その意味で、今後小・中学校の理科教育などでは検討してもよい問題であろう。

## III 公共機関による水質測定

### 1 環境基準項目

かつて水質といえば、地球化学や淡水生物学関係の研究者とか上水や農工業用水に関する施設がそれぞれの目的に合った水質項目を対象に調べてきたが、今日では国をはじめ都道府県や市の環境行政機関が河川、湖沼、内湾などに測定箇所を定め、一定の水質項目を定期的に調べている。このような運びとなったのは周知のように、戦後の経済復興期を通して、わが国の種々の水域が著しく汚濁され、それによって人の生命までもが脅かされる事態を経験したからに他ならない。その間、公共用水域（河川、湖沼、内湾等）への排水に対する法的規制もなされたが、もっとも効を上げるに至ったのは1971（昭46）年に施行された「水質汚濁防止法」である。ここでは旧法体系の反省の上に立って、排水基準の規制強化、公共用水域の定期的監視体制の整備、さらに無過失賠償責任の制度などが導入された。そして1972年末には全国の公共用水域を対象として表2にみる「生活環境の保全に関する環境基準」及び表3の「人の健康の保護に関する環境基準」が公布された。多くの

水質にみる濃尾平野の陸水環境（日比野）

行政体ではこの頃から法令に従って管内水域に測定点を設け、月1回の測定を開始するとともに、改善の目標値を定め、現状の適否を判定するようになった。したがって、過去に遡って全国的な水質値が得られるのは、大体1972(昭47)年頃までである。

そこで、こうした一律的な測定は、どのような水質を眺めようとしているのか、それについて少し述べておきたい。

先に「人の健康の保護に関する環境基準」において対象となっているカドミウム(Cd)、シアン(-CN)、有機リン、鉛(Pb)、6価クロム(Cr<sup>6+</sup>)、ヒ素(As)、総水銀(T-Hg)、アルキル水銀、PCB(ポリ塩化ビフェニル)の9項目

はいずれも有害成分であり、それぞれがわが国の公害史に残る毒性を発揮してきた。このうち有機リンは主に農業に由来するもので、今日有機リン系農薬は大部分が使用禁止となっている。他は主として鉱工業排水に由来するが、これらの排水基準規制の強化によって、今日環境基準を超えて検出される例は稀れである。しかし、この多くは生物体内に蓄積し、濃縮される性格をもつので、環境基準に達していないからといって、いつも安心して済まされるものではなく、水底の泥中での定期的測定なども必要である。

なお参考までに述べると、水道用水の水質基準では上記の物質に加えて、フッ素(0.8 ppm

表2 生活環境の保全に関する環境基準（海域は省略）

(1) 河 川

項目 類型	利用目的の 適 応 性	基 準 値				
		水素イオン 濃度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 自然環境保全 およびA以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 ppm以下	25ppm以下	7.5ppm以上	50MPN/100ml以下
A	水道2級 水産1級 およびB以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2 ppm以下	25ppm以下	7.5ppm以上	1,000MPN/100ml 以下
B	水道3級 水産2級 およびC以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 ppm以下	25ppm以下	5 ppm以上	5,000MPN/100ml 以下
C	水産3級 工業用水1級 およびD以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5 ppm以下	50ppm以下	5 ppm以上	—
D	工業用水2級 農業用水および Eの欄に掲げる もの	6.0以上 8.5以下	8 ppm以下	100ppm以下	2 ppm以上	—
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10 ppm以下	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと	2 ppm以上	—

- (注) 1 自然環境保全：自然探勝等の環境の保全  
 2 水道1級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの  
 水道2、3級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作、または、前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの  
 3 水産1級：ヒメマス等貧栄養湖型の水域の水産生物用ならびに水産2級および水産3級の水産生物用  
 水産2級：サケ科魚類およびアユ等貧栄養湖型の水域の水産生物用ならびに水産3級の水産生物用  
 水産3級：コイ、フナ等富栄養湖型の水域の水産生物用  
 4 工業用水1級：沈澱等による通常の浄水操作を行うもの  
 工業用水2級：薬品注入等による高度の浄水操作、または、特殊な浄水操作を行うもの  
 5 環境保全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む）において不快感を感じない限度

(2) 湖 沼  
(天然湖沼および貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖)

項目 類型	利用目的の 適 応 性	基 準 値				
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的酸素 要求量 (COD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全 およびA以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 ppm以下	1 ppm以下	7.5ppm以上	50MPN/100ml以下
A	水道2,3級 水産2級 およびB以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 ppm以下	5 ppm以下	7.5ppm以上	1,000 MPN/100ml 以下
B	水産3級 工業用水1級 農業用水1級 およびCの欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5 ppm以下	15ppm以下	(5ppm以上)	—
C	工業用水2級 環境保全	6.0以上 8.5以下	8 ppm以下	ゴミ等の浮 遊が認めら れないこと	2 ppm以上	—

表3 人の健康の保護に関する環境基準

項 目	カドミウム	シアン	有機リン	鉛	クロム (6価)	ヒ素	総水銀	アルキル 水銀	P C B
基準値	0.01ppm 以下	検出され ないこと	検出され ないこと	0.1 ppm 以下	0.05ppm 以下	0.05ppm 以下	0.0005 ppm以下	検出され ないこと	検出され ないこと

以下), フェノール類 (0.005 ppm 以下), 陰イオン界面活性剤 (0.5 ppm 以下), 鉄 (0.3 ppm 以下), 銅 (1.0 ppm 以下) などを測定対象としていることから, 行政機関でもこれらを一部ではあるが, 定期的に測定している箇所がある。また最近, 主に電子機器工業において脱脂剤や溶剤として用いられているトリクロロエチレン (環境基準0.3 ppm 以下, 水道水暫定基準0.03 ppm 以下) やテトラクロロエチレン (環境基準0.1 ppm 以下, 水道水暫定基準0.01 ppm 以下) などの有害性が認められたことから, これもやはり一部で測定が開始されている。

次に, 河川や湖沼の環境状態を評価するための測定項目は, 表1でみた pH, BOD (河川について), COD (湖沼について), SS, DO および大腸菌群数の6項目で, 主に化学的水質の項目である。このうち, これまで説明を加えなかつ

た pH と大腸菌群数について簡単に説明すると, 以下のとおりである。

pH (exponent of hydrogen ion concentration) は, 水素イオン濃度指数ともいい, 酸性, 中性, アルカリ性 (塩基性) といった水の化学性を示す値である。値は0から14までで, 7を中性とし, 7より小さい値は酸性, 7より大きい値はアルカリ性となる。ふつうの水は6~8程度の値の範囲にあり, 生物的には6.7~8.6程度の値が適とされている (木村, 1971)。例えば, 海水表面の pH は8.3くらいであるし, 酸性雨は5.6以下の降水をいう。

大腸菌群数は生物的な汚染指標であるが, これが代表的に扱われる理由は, (1)人間の排泄物中に常に存在し, 病原微生物が存在するときは必ず共存する。(2)病原微生物より多数存在する。(3)自然環境や水処理のプロセスにおいて病原微

生物と挙動を同じくする。(4)分離, 同定, 定量が容易といった指標微生物の条件をよく備えているからである(萩原, 1985)。群数というのは, 一定時間内で大腸菌の1菌体が分裂増殖して形成するコロニー数を数えたものであり, 一定容量の試水から生じる最多確立数 (MPN, Most Probable Number) をもって単位としている。

## 2 環境基準以外の測定項目

上記の項目以外に, 公共機関が定期的に測定している項目がいくつかある。水温, 電気伝導度 (EC), 塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>), MBAS (メチレンブルー活性物質) などがそうであるが, これらは環境行政の上で必ずしも測定を必要とする項目ではないので, 水温を除くと, 全測定点でこれらの値が得られるわけではない。行政機関によっても測定はまちまちである。しかし電気伝導度などは, だれでも手軽に, しかも連続的に測定できるので, その意義は十分ある。そこで今少し, 電気伝導度と塩化物イオン, MBAS についての説明を加える。

電気伝導度 (EC, Electric Conductivity. 導伝率ともいう) は, 液中での電気の伝わり易さを示す尺度で, 実際には水中に置いた断面積 1 cm<sup>2</sup>, 距離 1 cm の電極間を電気が流れるときに生じる比抵抗の逆数で示すことになっている。また, 電気伝導度は水温が 1℃上がるごとに 2% だけ値が高まるため, ふつう 18℃とか 25℃の状態の値に換算して示すことにもなっている。筆者はこれまで半谷氏 (1960) に従い, 18℃を標準水温としてきたが, 環境や水道関係では 25℃

を標準としている。そこで, ある任意の水温  $t$  で測定された電気伝導度  $\lambda_t$  を 25℃の  $\lambda_{25}$  に換算する場合に次式を用いる。

$$\lambda_{25} = \lambda_t \{ 1 + 0.022 (t - 25) \}$$

電気伝導度が反応するのは, 水中のイオン状の物質に対してである。したがって, 電気伝導度を測定することによって, 水中の溶存イオン量を比較することができる。一方, 有機物やケイ酸などはほとんど電荷をもたないので, どれだけ多く水に溶けていても電気伝導度を高めることがない。しかし, 有機物が分解して生成したアンモニア (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) や硝酸 (NO<sub>3</sub><sup>+</sup>) は荷電しているので, 他のイオンが少なければ, 有機物量を探ることも可能である。なお, これまで電気伝導度は水中の蒸発残留物との相関が高いとされ, 電気伝導度の値の 60% 程度 (半谷, 1960) とか 75% 程度 (小島・相沢, 1975) が蒸発残留物量に相当するといわれている。筆者が愛知県環境部の測定資料をもとに犬山市の小河川において計算した電気伝導度と他の成分との相関は, 塩化物イオンがもっとも高く  $r = 0.97$ , 全リンとは  $r = 0.58$ , 全窒素とは  $r = 0.55$ , COD とは  $r = 0.41$ , BOD とは  $r = 0.36$  また SS とは  $r = 0.01$  となり有機物や懸濁物質とは相関の低いことが確認された (日比野, 1987)。

河川水中にみられる塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) は表 4 に示したように, 降水や降下物に由来するところが大きい, 工業製品の消費によるところも大きい。後者はわれわれが日常使用する食塩や肥料などであり, ナトリウム (Na<sup>+</sup>) の行動も塩化物イオンの行動に似ていることがわかる。

表 4 わが国の河川水中の元素含有量を規定する因子 (mg l<sup>-1</sup>)

イオン	降水	降下物	蒸発による濃縮	温鉱泉水	工業製品の消費	左の合計	河川水	差 (岩石・土壌による部分)
Na <sup>+</sup>	1.1	2.0	0.66	0.16	1.1	5.0	6.7	+ 1.7
K <sup>+</sup>	0.26	0.47	0.16	0.0009	0.42	1.3	1.19	- 0.1
Mg <sup>2+</sup>	0.36	0.65	0.22	0.0012	0	1.2	1.9	+ 0.7
Ca <sup>2+</sup>	0.97	1.75	0.58	0.0046	0.45	3.8	8.8	+ 5.0
Cl <sup>-</sup>	1.1	2.0	0.66	0.26	1.7	5.7	5.8	+ 0.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.5	2.7	0.90	0.2	0.90	6.2	3.5	- 2.7
溶存 SiO <sub>2</sub> - Si	0	0	0	0.0016	0	0	8.9	+ 8.9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>							31	+ 31

北野・松野編 (1980): 「地球と環境の化学」による

実際、量の多少を別にすれば、塩化物イオンはあらゆる陸水中から検出することができ、しかもそのどれだけかは人為的な排水と関係する場合が多い。その意味で塩化物イオンは人為的汚染の指標物質となり、またナトリウムに比べると分析が容易であることから、一般にこれが採用される。なお、害作用の少ない塩化物イオンに対して、水道水で200ppmを許容値としているのは、この値を超えると敏感な人は味に変化を感じるためとされる（小島，1985）。

MBAS（メチレンブルー活性物質，Methylene Blue Activated Surfactants）は陰イオン界面活性剤と同義で、合成洗剤の主成分であるLAS（Linear Alkylbenzene Sulfonate）あるいはABS（Alkylbenzene Sulfonate）の濃度を表わす。LASはソフト洗剤ともいわれるように、最近の合成洗剤の主流ともなっており、ABSに比べて分解も速いため、環境中での発泡問題も少なくなっている。

以上、今日公共機関が実施している水質項目について、それぞれの性格や測定の意義を略述した。これらの項目から、今日の陸水環境をど

のように把えることができるのか、濃尾平野の河川や池沼を主な事例として以下に考察してみたい。

#### IV 河川環境

##### 1 陶土汚濁から蘇った川——矢田川

庄内川の支流の一つである矢田川は流長約24kmで、その上流は瀬戸市にある。この上流域一帯には新第3紀の良質な粘土層や珪砂が豊富に存在し、これが窯業都市瀬戸を築き上げてきた。しかし陶土の精製や珪砂の採取に関する排水は多量のSSを含み、久しく矢田川を「白い川」として特徴づけてきた。

図2は庄内川に合流する手前の矢田川下流部におけるSSの経年変化で、1965（昭40）年からの測定値を得た。これは定点・定期観測としては長期の部類で、天神橋以外ではこれだけ長期の測値が得られない。この図から、1972（昭47）年までは2,000ppm以上の高濃度のSSが毎年測定されているが、同年末に公布された環境基準の適用により汚濁は急速に改善され、

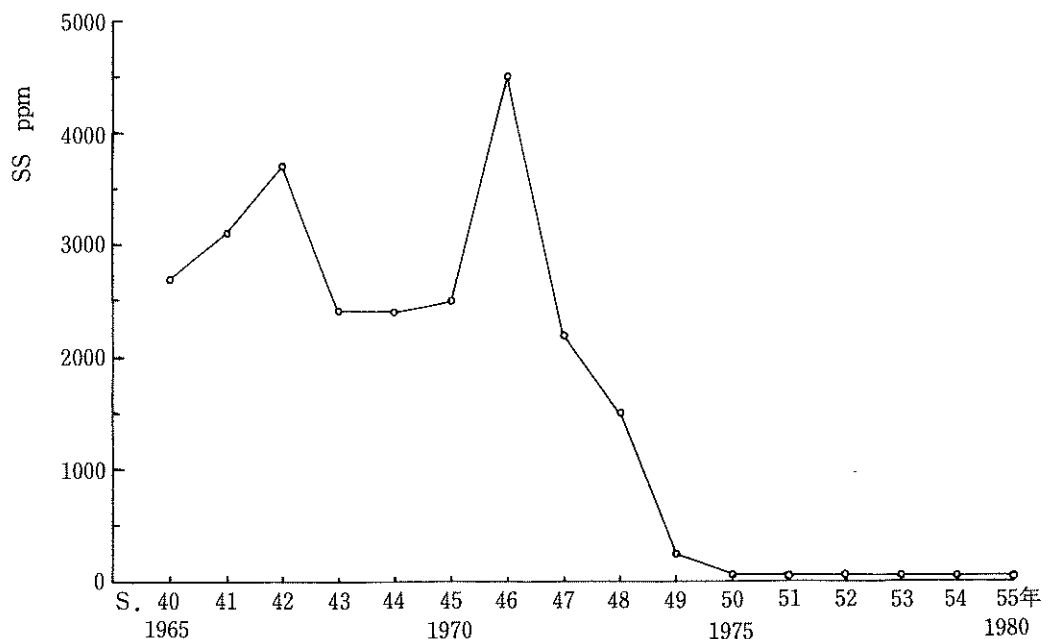


図2 矢田川下流（天神橋）にみるSS年平均値経年変化（建設省資料より作成）



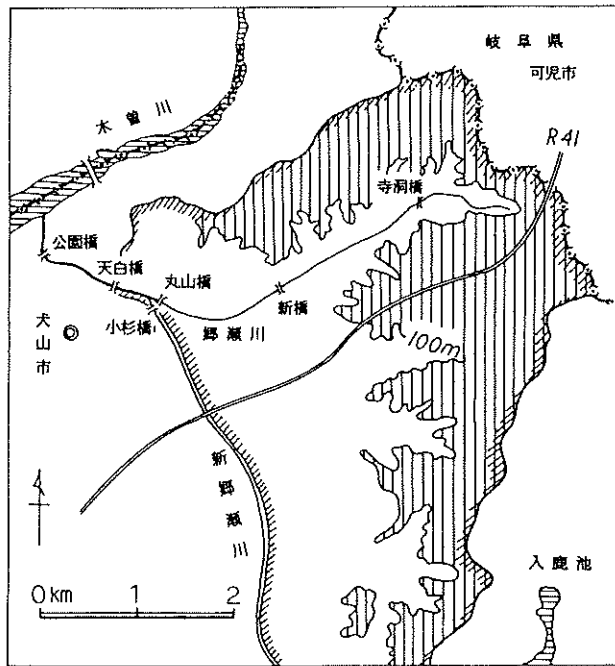


図3 郷瀬川の流域と採水地点

1975（昭50）年以降現在に至るまで毎年の平均値は10～20 ppmにまで低下した様子がわかる。また最大値については、1971年に8,000 ppmが測定されており、この年、さらに上流瀬戸市寄りの大森橋では実に130,000 ppmであった。法適用直前に現われた高汚濁である。

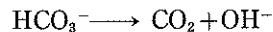
一方、瀬戸市の人口は1965年の8万6千人から1990年には12万6千人へと増加した。しかし、有機性汚濁指標のBODは、この間年平均8 ppmから5 ppmに減じており、この理由は簡単に見出せない。排水の共同処理施設を有する団地の増加が、一因ではないかと考える。

## 2 塩基性（アルカリ）化する河川——

### 犬山市郷瀬川

先に述べたように、河川や湖沼のpH値は、ふつう中性の7を中心に6～8ぐらいの範囲で出現するが、最近木曾川の1支流である郷瀬川（図3）において、pHが年々アルカリ性を強くしている現象が認められた（図4）。この河川における愛知県環境部の測定点は下流の公園橋の1点であるので、これを起点として上流方向へ

pHの測定を数回繰り返したところ、興味深い事実が得られた。つまり、pHが上昇するのは中流や下流でもなく、上流のごく短い区間で生じていることがわかった。図5に示した約350m程の区間がそれで、この間でpHは7.3から9.2まで上昇する。実は郷瀬川ではこの区間だけがコンクリートの3面張りとなっており、pHの上昇はコンクリート床に密生した藻類の光合成活動の結果生じたものである。つまり、日光がよく透過する浅い河川において付着藻類が多くなると、日中その光合成活動によって水中の炭酸ガスが消費される。このとき水中の炭酸イオン（ $\text{HCO}_3^-$ ）の一部が化学平衡を保つために分解し、以下のように不足した炭酸ガスを補充するという反応が進行する。



この結果生じる水酸イオンが水をアルカリ化する。逆に、炭酸ガスあるいは遊離炭酸（ $\text{H}_2\text{CO}_3$ ）を多く含む水は酸性を示す（山県・水野，1980）。したがって夜間、藻類の光合成活動が停止すれば炭酸ガスの消費はなくなるので、pHは中性付近にもどる。夜間のpHは7.2であった

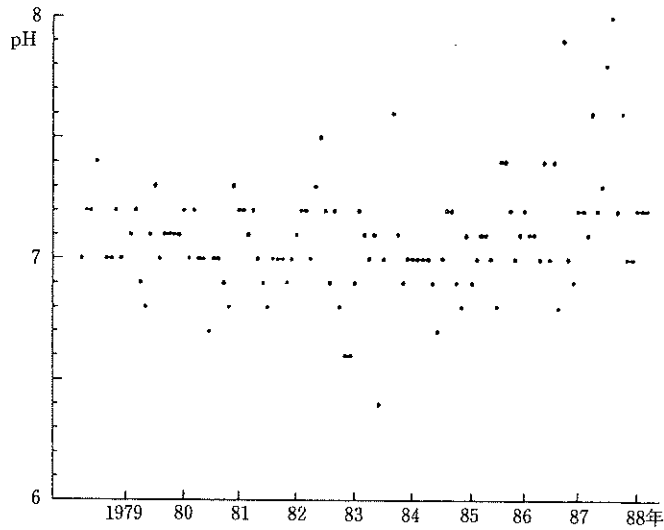


図4 公園橋における pH の測定値

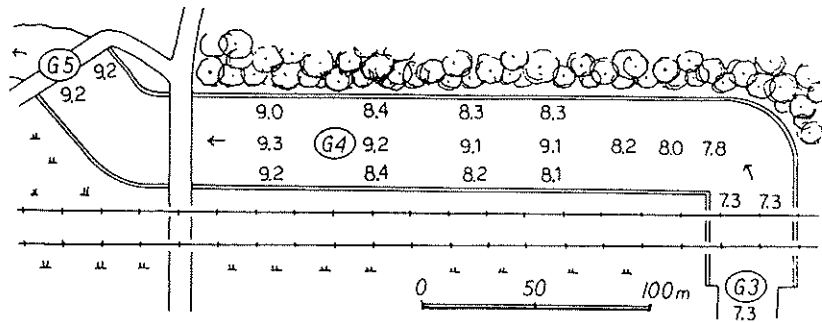


図5 G3・G5間における流水の pH 値 (水路幅は拡大図示)

(日比野, 1989)。

濃尾平野の中小河川のうち、目立ってアルカリ傾向を示す河川はなく、大体7.0前後の中性である。アルカリ化しているのは、むしろ木曽川のような大きな河川であり、下流の犬山橋における最近の pH の変化は図6にみるとおりである。各値は年間24回の測定値によるもので、夜間測定値はない。つまり、かつては年平均値が大体7.0で一定していたのが、1987(昭62)年には7.4となった。また、最大値は7.4~7.5で大きな変化はないが、最少値が上っており、僅かではあるがアルカリ化の傾向があるとみてよい。

これはどのような理由によるのであろうか。毎回ほぼ決まった時刻の測定であれば問題は少ないが、そうでない可能性もあって即断はできない。しかし、やはり本支川がアルカリ化しつ

つあることは確かであり、藻類の増殖の結果と推定される。とくに木曽川水系においては上流から中流にかけてダム湖が連続しているので、ダム湖の富栄養化にともなって pH が上昇した可能性がある。

それでは長良川のようにダム湖のない河川では pH の上昇はないかという点、長良大橋の1981年以降9年間にみる限り、pH の年平均値は僅かながら上昇している(図7)。この原因が本支川における付着藻類の増殖ということであれば、それは長良川の富栄養化の表われである。この問題については、また機会をあらためて考察してみたい。

### 3 有機性高汚濁を体験した川——春日井市地

水質にみる濃尾平野の陸水環境（日比野）

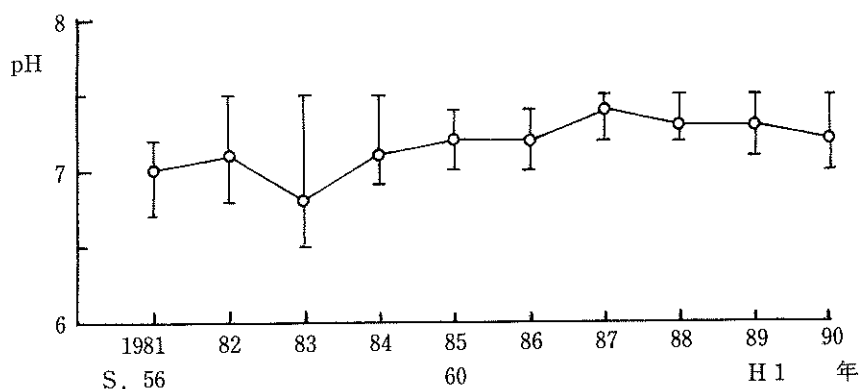


図6 木曾川下流（犬山橋）における pH の年最大値、年平均値、年最少値の経年変化（愛知県資料より作成）

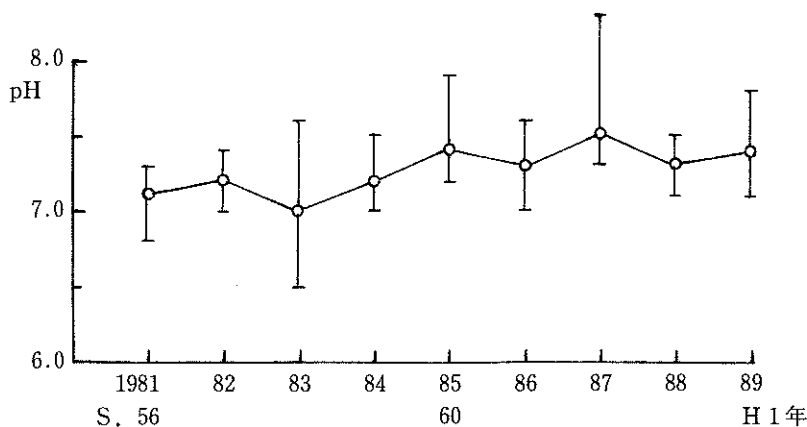


図7 長良川下流（長良大橋）における pH の年最大値、年平均値、年最少値の経年変化（岐阜県資料より作成）

蔵川

地蔵川は庄内川右岸の1支流で、流長7km、流域面積10.7km<sup>2</sup>という小河川であるが、それゆえ戦後、流域内の工場跡地に立地したパルプ工場から流出する大量の排水は、この川を全くの工場排水路に変えた。

筆者は1969（昭44）年に1度、この河川の上流から下流まで数箇所においてCODとDOを測定したことがある。その当時、工場排水が流入したあとの河水は暗褐色に濁り、パルプ排水特有の臭いを強く漂わせていた。このため、CODの測定値は排水流入点の上流側では4.5ppmであったのが、流入後は47ppmとなった。

一方、DOの飽和率は84%あったものが流入後は12%まで激減し、庄内川に合流する手前では無酸素に近い状態であった（日比野、1973）。

地蔵川の水質に関して愛知県環境部による測定値が得られるのは1972（昭47）年から76年までの5年間で、測定点は庄内川合流点に近い1地点（下条橋）だけである。ここではその間のBODとDOの年平均値を図8に示した。これからわかるように、1972年に80ppm近くあったBODは排水規制の翌々年からは急減し、76年には10ppm程度となっている。一方、4ppm程度であったDOは7ppmを超えるに至るまで回復している。先の矢田川の例と同じく、か

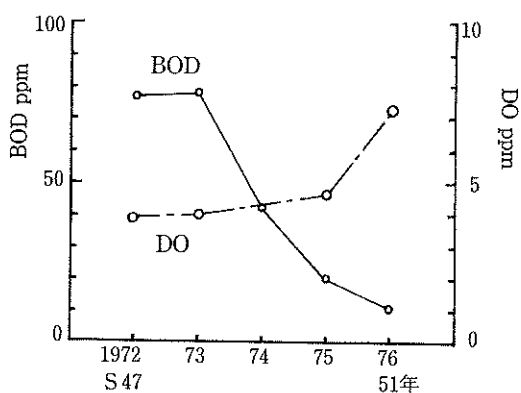


図8 地蔵川(下条橋)にみるBODとDOの経年変化(昭52年以降欠測。愛知県資料より作成)

つての汚濁河川は1972年から74年頃を境として次第に水質条件を改善しているが、それは主として産業排水の濃度規制の結果であり、最近みられる有機性の汚濁は生活排水によってもたらされるところが大きい。

#### 4 低酸素の河川——日光川

日光川は愛知県の西端を木曾川に沿って南流する中小河川の一つである。水源は犬山扇状地の北西端にあり、一宮市、尾西市さらに稲沢市や津島市などを流域としながら伊勢湾奥に流入する。その流長は約40kmである。

繊維工業が低落したとはいえ、一宮市や尾西市はわが国有数の繊維工業都市であり、かつてその排水はこの川をドブ川同然の汚濁河川としていた。その推移は図9からも明らかである。1971年に年平均で46 ppm あった BOD は以後年々低下し、1974年から85年までは15 ppm 前後で推移し、その後はさらに低下して最近では5 ppm 程度となっている。このように BOD にみる汚濁は過去15年程の間に確実に改善されてきたが、下流の酸素条件は年平均2 ppm を超えることなく、低酸素条件が続いている。観測が開始された1969年にしても、DO の年平均値は1.7 ppm であるが、0 ppm という無酸素状態を示す最小値は、この年から1974年まで続く。筆者は当時、同じく日光川の下流部で DO と COD の垂直分布を調べたことがあり、その結果は図10のとおりである。つまり、表層水において0.45 ppm であった DO は、-1.0mおよび-2.0mの中・低層水では0.3 ppm となり、著しい貧酸素状態にあった。この値を酸素飽和率で示すと、表層水6.2%、中層水4.0%、底層水3.9%となる。また、このときの COD は表層水が12.3 ppm であったのに対して、中層水17.8 ppm、底層水は15.1 ppm であり、よどみがちな水域では河水の上下混合のよくないことを認めた(日比野、未発表)。

次に、1990年における愛知県の測定資料を用

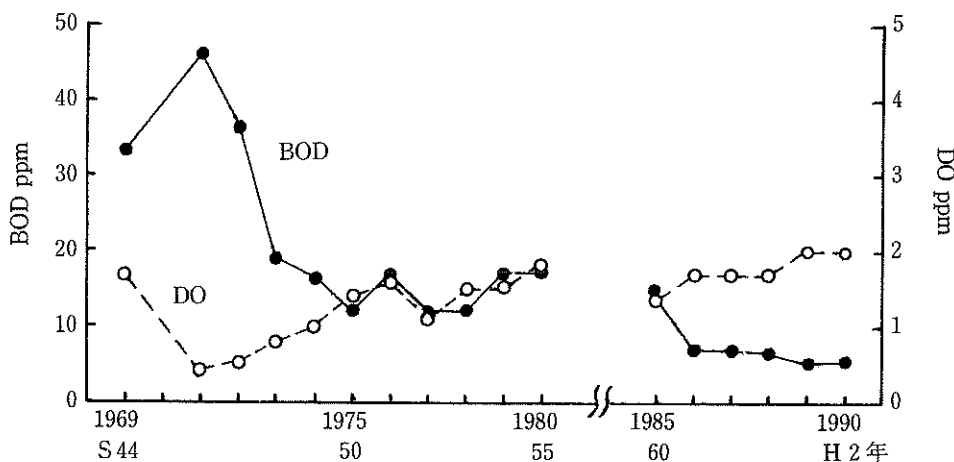


図9 日光川下流(日光大橋)における年平均BODおよびDOの推移(愛知県資料より作成)

水質にみる濃尾平野の陸水環境（日比野）

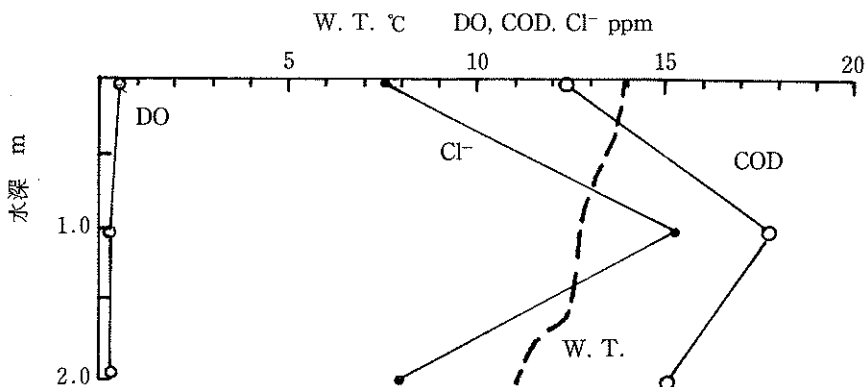


図10 日光川下流におけるDO, CODおよびCl<sup>-</sup>の垂直分布（津島市日光橋, 1972年12月26日）

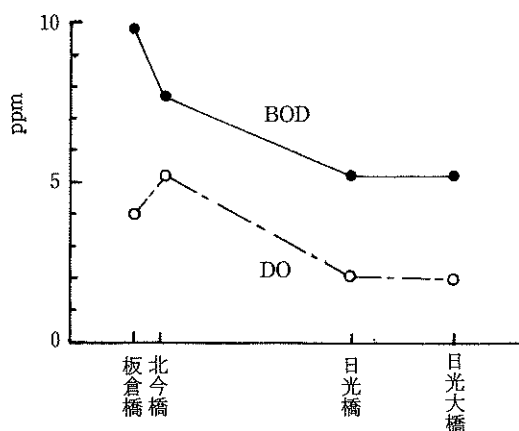


図11 日光川におけるBOD およびDOの年平均値の縦断的变化

い、BOD と DO の地点別年平均値を上流（板倉橋）から下流（日光大橋）方向に示したのが図11である。このうち板倉橋と北今橋は一宮市・尾西市境に、また日光橋は津島市近くに位置する。これからわかるように、日光川は上流で汚濁し、下流に向うにつれてBODが低下する。つまり、稀釈されたり、有機物が分解されたりするわけであるが、その間のDOの減少をみると、生物的分解がかなり進行すると推定される。ただ、日光橋と日光大橋との間では、DOはほとんど減じない。この理由としては、日光橋より上流で酸素が消費されるため、低酸素状態がバクテリアの増殖を制約しているのではないかと推察される。

ところで、窒素を含む有機物は生物的分解によって有機態窒素やアンモニア態窒素に変化することを先に述べたが、河水中の窒素成分の構成について愛知県環境部による分析例があるので、ここに紹介したい。図12がそれで、日光大橋における各態窒素の月別変化を示した。つまり、一般に酸素条件の良い河川では硝酸態窒素の割合が高いが、ここではアンモニア態窒素と有機態窒素の割合が高く、酸化が不十分なことがわかる。とくに冬から春にかけては全窒素濃度が高まると同時に、アンモニア態窒素の占める割合の大きいことが一つの特徴となっており、有機的な汚染が比較的新鮮であることを示す。6月から10月の間、全窒素濃度が低下することは、降水による流量増加に加えて灌漑排水の流入によって稀釈されるためであろう。いずれにしても、この川的全窒素濃度は木曾3川のその5倍から10倍に及び、また岐阜市周辺の中小河川と比べてみても2倍程高い値を有している。

なお、古い測定値ではあるが、1972年12月25日から26日にかけて、上流板倉橋に近い古川橋において筆者が24時間観測をしたことがあるので、ここに紹介したい。図13がその結果であり、水温、COD、DOおよび塩化物イオンの測定値を経時変化として示した。

まず水温をみてみると、特徴は午前10時に14.3°Cであったのが10時半には17.9°Cまで急上昇し、異質な水が流入したことがわかる。これと

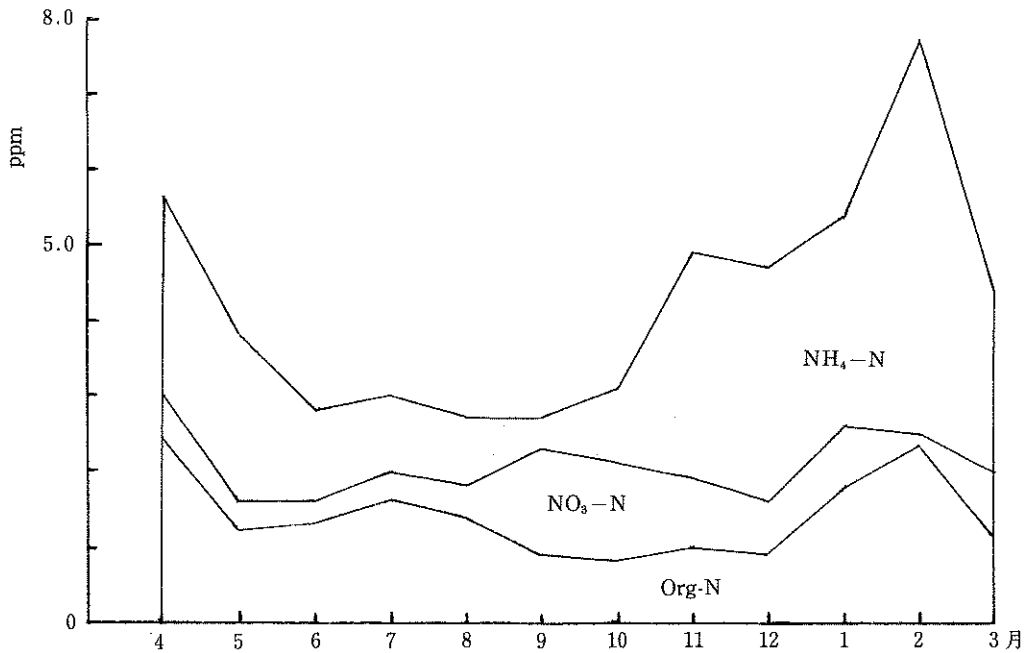


図12 日光大橋におけるT-N成分の月別変化(1990年)  
(愛知県資料より作成)

同時に、夜間6 ppm 前後に低下していたCOD値も15.4 ppm にはね上がり、排水をともなう工場の操業が開始したものとみることができる。特にCODは観測中、夜間8時に22.4 ppm という最高値となり、排水地点と観測地点との間に時間的なずれがあるにせよ、終業時近くに高濃度な排水を放出している様子がわかる。一方、DOは24時間中2 ppm を超えることがなく、酸素飽和率20%前後という低酸素状態にあり、工場が休止した夜間も回復することがなかった。

塩化物イオンは日中よりもむしろ夜間に高い傾向がみられ、しかもCODの挙動と一致しないことから、工場排水とは別の、主として生活排水が起因しているものと推察される。しかも塩化物イオンは凝集処理されにくい物質であるので、今日までCODやBODの濃度は全体に低下傾向にあるにもかかわらず、減じていないのがふつうである。例えば、板倉橋の下流北今橋での1972年の平均値が23.2 ppm であったのに対し、1985年のそれは24 ppm というようにほとんど変化していない。したがって塩化物イ

オンは、繊維工業の排水水質とは独立的といえる。

以上にみるように、日光川の水質は複雑な要素が多い。なかでも近年BODのような有機性汚濁は著しく減じたにもかかわらず、酸素条件が改善されないのは大きな問題である。このことは水中の有機物以外に、底泥の有機物の生物的分解や酸化に消費される酸素経済の問題でもあり、今後低流速の河川水質問題の一つとして考えてみたい。

### 5 高濃度のアンモニア態窒素汚濁——愛知県五条川

愛知県尾張平野部を流れる河川は前述の日光川と、もう一つはその西を南流する新川で、新川は庄内川の河口でこれと合流する。ここに述べる五条川は新川の最大支川で、濃尾丘陵にある大型人造湖入鹿池から流出する。その後犬山市南部を西流し、江南市・岩倉市など名古屋市の北の市町を南流し、西春日井郡新川町で新川に合流する。入鹿池から合流点までの流長は約33kmである。

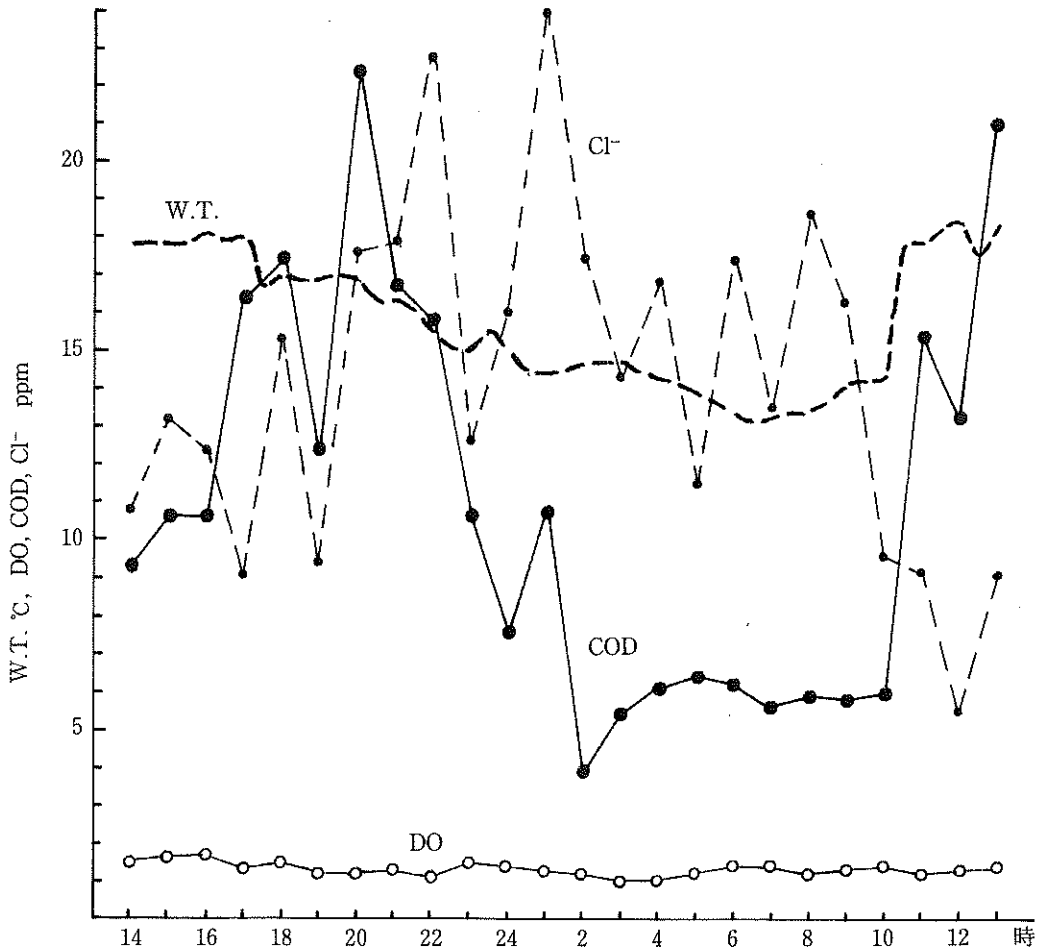


図13 日光川上流古川橋（一宮市）における水温，DO，COD および Cl<sup>-</sup>の経時変化（1972年12月25・26日）

近年、濃尾丘陵の住宅開発は活発であり、入鹿池周辺の五条川上流域でもそうした開発が進んでいる。そこで筆者は1990年12月29日から30日にかけて、団地からの生活排水が五条川の水質にどのような変化をもたらしているかを知るために24時間観測を実施し、アンモニア態窒素のほかカルシウム、マンガンおよび塩化物の各イオン濃度を測定した。その結果、図14にみるような著しい高濃度を測定した。とくにアンモニア態窒素は先の日光川の例と比べても10倍近く高く、カルシウムや塩化物イオンにしても都市域中小河川の4.5倍にはなる高濃度であった。また観測中、測定点の寺西橋から上流の入鹿池の

間（図15）でも採水し分析したところ、図16に示したように、この高汚濁は入鹿池の下手の採石場付近から発生していることがわかった。例えば、アンモニア態窒素は採石場の上流では僅か0.25 ppmであったが、そのすぐ下流では49.5 ppmまではね上がり、同じようにカルシウムイオンは12.4 ppmが57.1 ppmに、塩化物イオンは13.0 ppmから133.4 ppmに急上昇した。電気伝導度にしても60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ から570  $\mu\text{S}/\text{cm}$ に変化した。

そこで、この採石場が操業を完全に停止すると考えられる2日後の1991年1月1日に、採石場の上・下流で採水・分析した結果、アンモニ

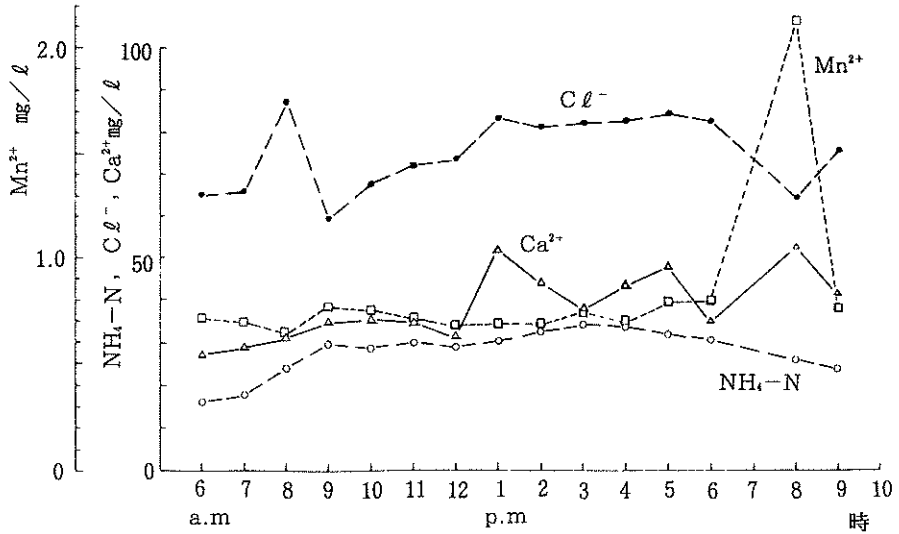


図14  $Cl^-$ ,  $NH_4-N$ ,  $Ca^{2+}$  および  $Mn^{2+}$  の経時変化 (1990年12月29日)

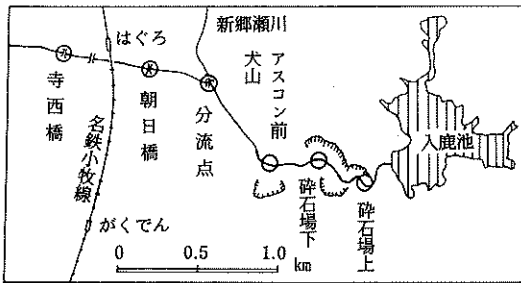


図15 五条川上流部における水質測定地点

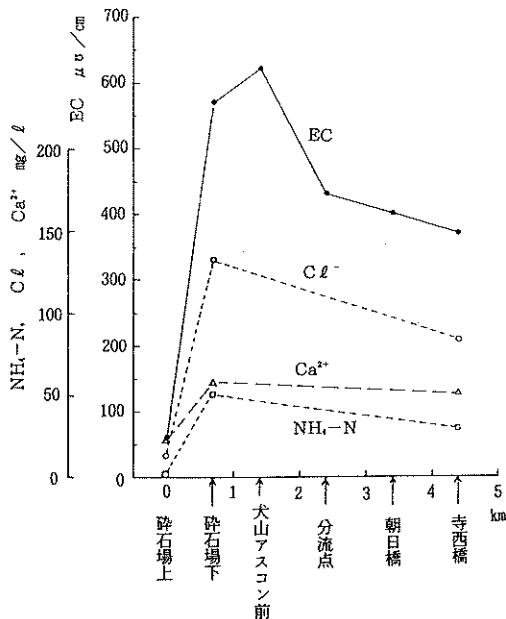


図16 流下に伴う水質の変化  
(1990年12月29日, 12~13時)

アモニア態窒素は0.10 ppm が4.1 ppm になるという比較的低濃度の変化にとどまった。また、カルシウムイオンは9.7 ppm が13.9 ppm, 塩化物イオンは14.1 ppm が31.5 ppm に変化するという程度であった。

これは明らかに採石場の活動がもたらす汚濁である。しかし、一般には採石場からの排水量は少なく、しかもアンモニア態窒素や塩化物イオンを多量に含む排水は考えにくい。ただ、アンモニア態窒素に関して一つ考えられるのは、産業用に用いられるダイナマイトの主成分が硝酸であり、水に溶解した場合には硝酸とアンモニアが生じることである。果たして年末に硝酸ダイナマイトを水に溶かして流す必要があったのかどうか。この点は不明であるが、硝酸の分析を同時に行っていれば、この答えがもう少し明確になったことは事実である(日比野, 1991)。

## 6 昭和元年(1926年)の木曾川水質

名古屋市上水の給水開始は、大正3(1914)年9月からである。取水口は犬山橋の上流1.8kmの左岸に設けられ、名古屋市千種区の鍋屋上野浄水場まで水源水として導水された。名古屋市ではその後、昭和21(1946)年に大治浄水場、昭和44(1969)年に春日井浄水場とともに木曾川を水源として開設している(名古屋市, 1991)。



表4 昭和元年と平成元年における木曾川（犬山橋付近）水質の比較

成分		昭和元年 (1926)	平成元年 (1989)	平成2年 (1990)
COD	最高	1.68	2.9	3.2
	最低	1.04	1.5	1.8
	平均	1.27	2.5	2.5
Cl <sup>-</sup>	最高	2.7	7	8
	最低	1.4	2	4
	平均	1.8	5	6
NH <sub>4</sub> -N	平均	不検出	0.05	0.06
NO <sub>3</sub> -N	平均	痕跡	0.35	0.36

ここでは鍋屋上野浄水場で調べられている取水口での昭和元年の水質記録と平成元年のそれとを比べ、約60年前の木曾川水質がどのようなであったか、少し眺めてみたい。分析精度の差は

あるが、両者の違いは表4にみるとおりである。

昭和元年の資料にはカメレオン消費量という項目がある。これは今日のCODに相当するもので、使用する過マンガン酸カリウムの橙赤色が消えたり発色したりすることに由来し、ここではこれをCODに換算した。表からわかるようにCODの最高値と平均値はともに最近の方が2倍程高くなっており、塩化物イオンでは約3倍となっている。また、昭和元年には検出されなかったアンモニア態窒素が最近では検出されるようになり、硝酸態窒素濃度も高まったといえよう。実際、今ではアンモニア態窒素や硝酸態窒素の濃度が痕跡という河水を探すのはむずかしい。それでも揖斐川の上流や長良川支流の板取川などの水質は、昭和元年の木曾川の水質に近い状況にあるといえる。

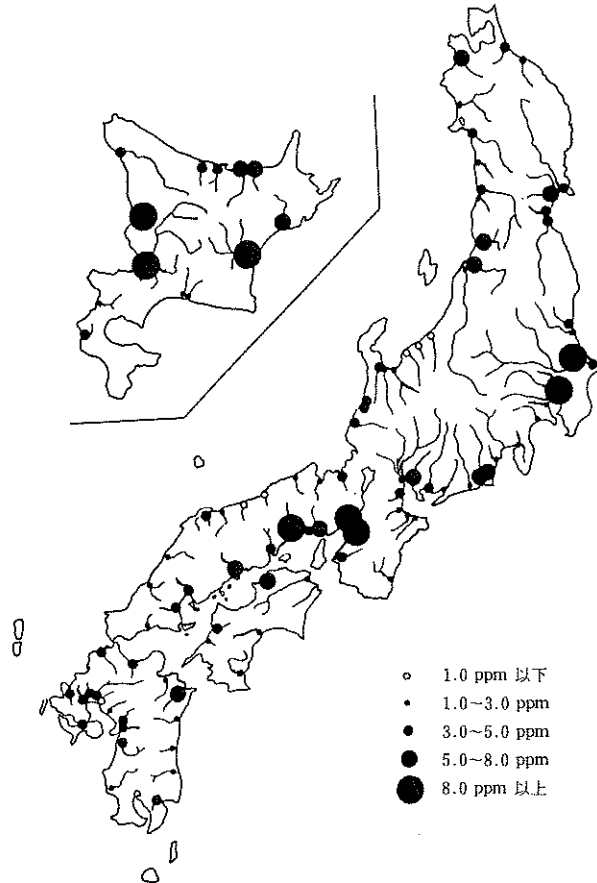


図17 主な川の河口域付近のCOD（森下郁子：河口の生態学, p.8, 山海堂 (1982)）

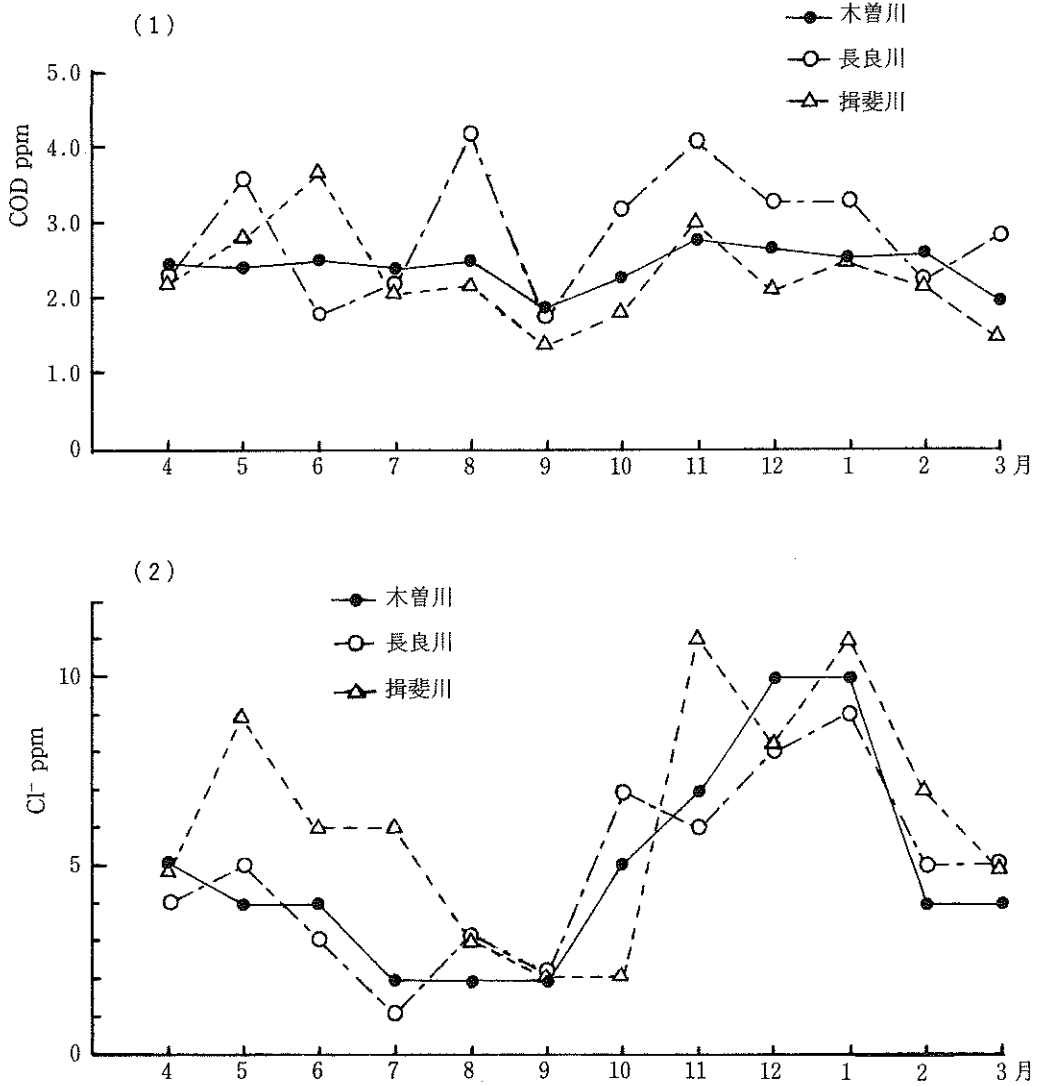


図18 木曾3川下流部にみるCOD(1)と塩化物イオン(2)の経月変化 (1989年, 愛知県・岐阜県の資料より作成)

7 最近の木曾3川(木曾川, 長良川, 揖斐川) 下流の水質

犬山付近の木曾川水質は上記のとおりであるが, より下流部における木曾3川の水質の現状はどうであるのか, まずCODと塩化物イオンについて眺めてみたい。ただ, 図17のCODからもわかるように, 全国的にみた場合の木曾3川水質は良好であり, 関東・近畿地域における河水の汚れと比較するとき, 今後木曾3川の水質保全がいかに必要かがよくわかる。ここでは

愛知・岐阜両県環境部の資料をもとに, 木曾川では東海大橋, 長良川もこれに続く東海大橋, 揖斐川は福岡大橋の各下流部の3地点を選び, 1989年におけるCODと塩化物イオン濃度の経月変化を図18に示した。

まず, この年のCODの年平均値についてみると, 木曾川2.4 ppm, 長良川2.9 ppm, 揖斐川2.3 ppmとなり, 長良川の汚濁がやや大きいが目立つ。とくに長良川の最大値は4 ppmを超え, 他の2河川に比べて下流部での汚濁が

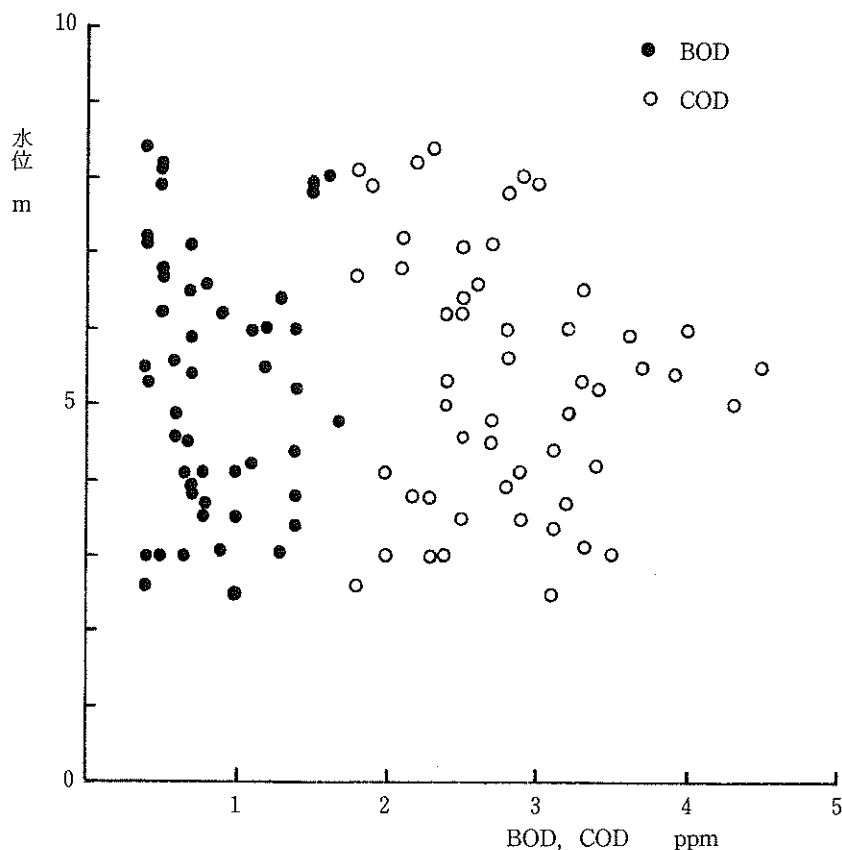


図19 木曾川下流（東海大橋）における水位とBOD，COD との関係

顯著である。一方、揖斐川も平均値としては低いですが、6月に3.7 ppmという高い値がみられ、長良川とともに人為的な汚濁のあることが推察される。これに対して木曾川のCODは、最大値（2.8 ppm）と最小値（1.9 ppm）の幅が小さく、もっとも安定している。

ところが塩化物イオンの年平均値となると、木曾川4.9 ppm、長良川4.8 ppm、揖斐川6.3 ppmとなり、揖斐川が最高となる。また月別変化をみると、CODの変動が比較的小さいのに対して、塩化物イオンの濃度は3川とも共通して大きく変化する。つまり夏季に低く、冬季に高いという変動があり、これには河川流量の多少が関係していると考えられる。いうまでもなく、負荷量が一定しているとき、河川流量が大きくなれば濃度は低下し、流量が小さくなれば濃度は上昇する。したがって、塩化物イオンの変動

は流量との関係で説明されるとしても、CODの値が比較的安定しているのはどのように説明できるのであろうか。

県環境部の資料には流量の測定値はないが、水位の測定値がある。そこで東海大橋における木曾川のBODおよびCODと水位との関係を過去5・6年間の測定値の中から、水位に幅をもたせるように選んで示すと図19が得られる。これからわかるように、BODやCODの値は水位と関係なくばらついている。つまり、流量が増したときに必ずしも稀釈されるのでもなければ、流量が少ないときに常に濃縮効果があるわけでもない。従来この点に触れた研究はないが、原因の可能性としては、BODやCODとして表わされる有機物の中には河床に沈んでんしているものがあって、流量が増したときに浮遊するためと考えられる。

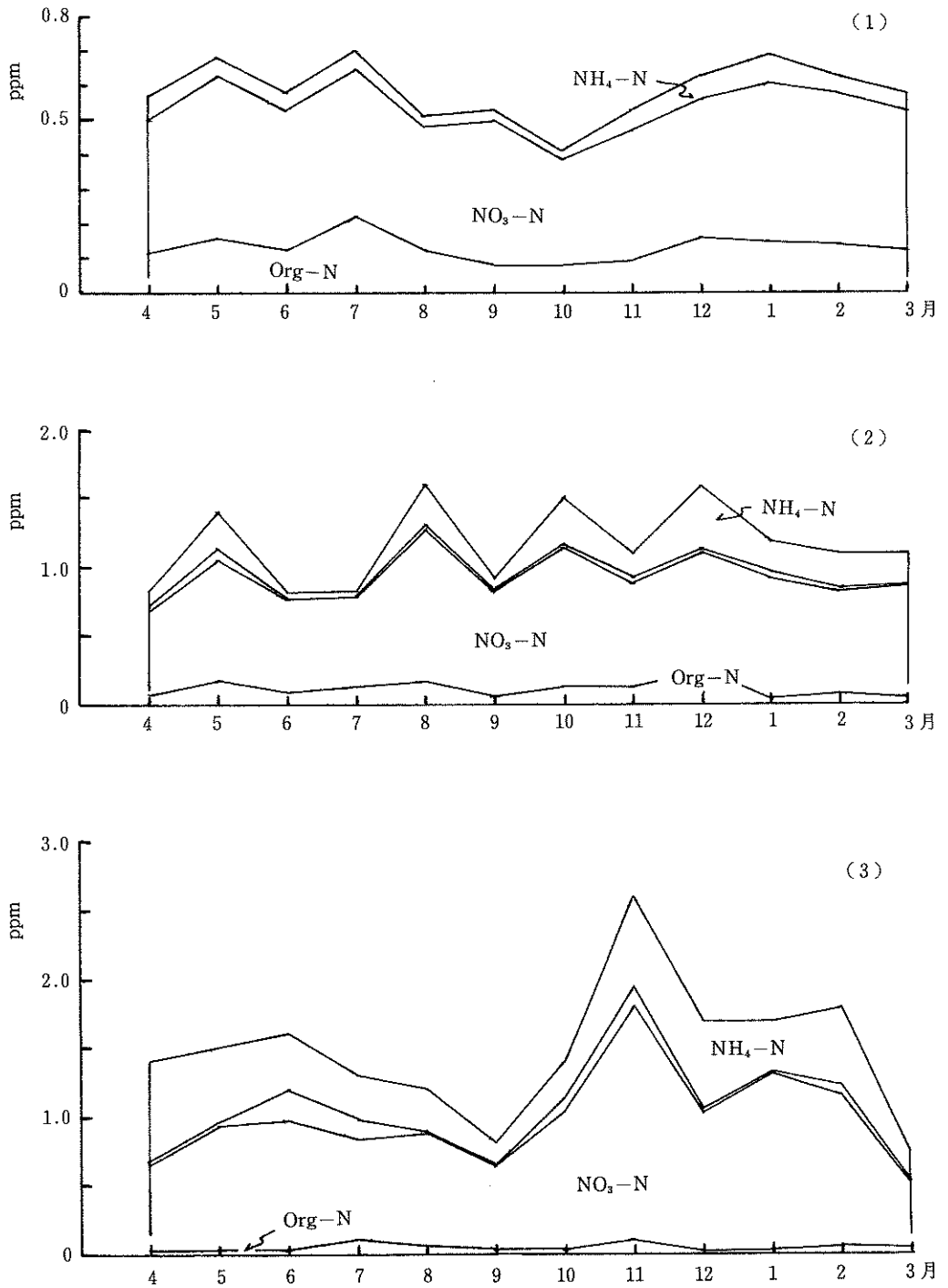


図20 木曾3川下流部にみるT-N構成の月別変化(1989年)(1)木曾川(東海大橋)(2)長良川(東海大橋)  
 (3)揖斐川(福岡大橋)(愛知県・岐阜県の資料より作成)  
 NH<sub>4</sub>-N とNO<sub>3</sub>-N との間の空白はNO<sub>2</sub>-N の割合を示す。

次に先述のアンモニア態や硝酸態などの窒素に関して、3川の現況を付記したい。図20は全窒素構成の月別変化を示したもので、年度や地点は前記と同じである。

この図で特徴となっているのは、3川ともに硝酸態窒素の割合が高いことで、先の日光川のようにアンモニア態窒素や有機態窒素が多いのとは対照的である。これはそれだけ有機物の無機化が進んでいることをよく表わし、3川の窒素に関しては硝酸態の測定が重要なことを示している。このほか、木曽川で有機態窒素の割合がやや高く(年平均約24%)、揖斐川ではアンモニア態窒素の割合が比較的高い(年平均約30%)ことも特徴である。

また全窒素量としてみると、この年の平均値は揖斐川で1.48 ppm、長良川1.17 ppm、木曽川0.59 ppmの順となり、揖斐川や長良川での窒素汚濁が明瞭である。とくに木曽川との差が大きいのは、長良川と揖斐川においては、測定地点より上流で岐阜市や大垣市の都市河川がそれぞれに流入するのに対して、木曽川では犬山市の下流で流入する河川がないことと関係している。したがって、長良川河口堰のような停滞水域が長良川や揖斐川河口に建設された場合は、淡水プランクトンが増殖するに十分な窒素が供給されることになり、水質の低下を招く可能性が強い。

## V 湖沼・池の環境

濃尾平野の外縁をなす山地・丘陵地には多数の灌漑用ため池が分布し、1633年に築造された入鹿池などは、その中でも古い方であろう。しかし、名の知れた天然の湖沼はなく、当域の湖沼や池に関する陸水学的研究はこれまでほとんど行われていない。そのような背景から、筆者らは今年の夏より湖沼研究を開始したので、一部の成果をここに紹介する。

### 1 河跡湖「温故井池」における夏季酸素の超過飽和

愛知県一宮市の北西部にある温故井池は犬山扇状地の末端に位置し、海拔高度は10mである。形状は図21に示したように曲玉状であり、長さ338m、幅は40mから50mである。池の南岸に沿って西流する日光川は、かつて木曽川が氾濫して流路となったこともあり、また、この池には堰堤構造もないことから、これを旧木曽川の河跡湖と判断することができる。しかしこれまで、この池の湖盆形態は明らかでなかったため、筆者らは1991年7月23日、池内の57点で測深し、図21にみる湖盆図を得た。この結果、水面面積1.46 ha、容積25,158m<sup>3</sup>、最大深度2.7mといった値を得るとともに、全体の形態は平均深度1.7mの舟底状であることがわかった。

池の東端寄りの最大水深地点で行った水質観測からは、溶存酸素の垂直分布において際立った上下差が認められた。すなわち図22に示した

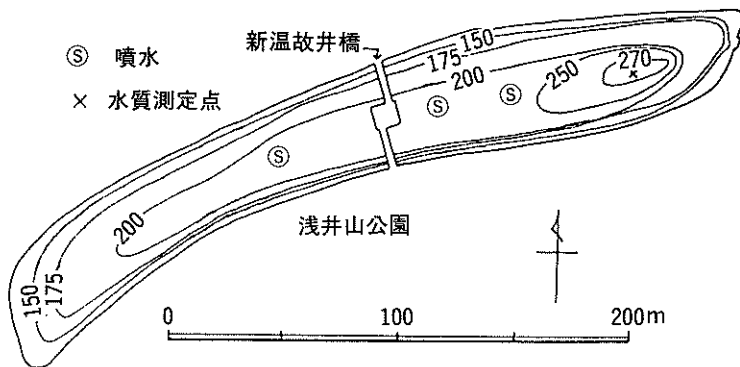


図21 温故井池の湖盆図（水深単位はcm）

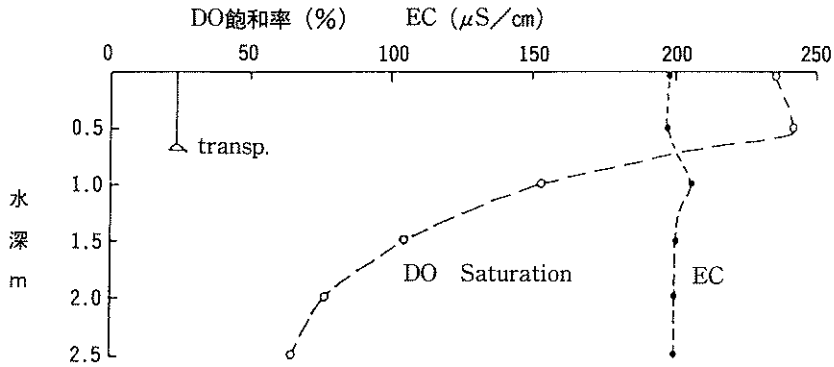


図22 DO飽和率とECの垂直分布

ように、酸素飽和率は水深0.5mで240%という著しい過飽和状態にあった。一方、それ以深では急減し、底層では65%となった。肉眼的にはアオコのような濃密な藻類は認められなかったが、表層部における光合成活動は極めて高いことがわかり、今後観測を継続すれば、ダイナミックな微生物活動が推察されると考える。また、これに応じてpHの値も表層で9.4、底層で7.5という大きな差となったが、ECの値や塩化物イオン濃度は上下ともほとんど同じで、生物系以外の、例えば地質に関するような特殊な化学的環境はないとみられた。

汚れた池といえはそれまでであるが、この池では釣り糸を垂れる人も多い。周囲には散策を楽しむ空間もある。身近かな自然環境としてこの河跡湖の保全を考えていく必要がある(日比野・宮田・細谷, 1992)。

## 2 入鹿池の酸素分布

入鹿池は犬山市の東部に位置する大型の灌漑用ため池である。ここでは日比野が化学的成分の測定、宮田が大腸菌、細谷が原生動物を担当し、1991年7月より11月の観測を開始したが、十分な成果を出すに至っていない。したがって、溶存酸素の垂直分布に関して観測結果の一部を紹介するとどめたい。

さて、前述のように入鹿池が造られたのは1633年であるが、江戸時代までに造られたため池の規模としては、わが国最大である(日比野, 1991)。その堤長は724m、堤高25.6m、満水貯水量は1,518万 $m^3$ である。もっとも、水深に関し

ては堤体保持のため、堤高の高さまで貯水されることはなく、したがって最大水深が20mを超えるようなことは稀である。筆者らが測定点としているのは堰堤から100m程沖合で、これまでのところ16m前後の水深であることが多い。

図23に示した水温、pH および溶存酸素の垂直分布は、7月と10月時の観測結果による。表面水温は7月に27.9 $^{\circ}C$ 、10月は18.0 $^{\circ}C$ というように約10 $^{\circ}C$ の差があるが、池底直上の水温は7月が12.5 $^{\circ}C$ 、10月が14.6 $^{\circ}C$ で、温度差としては小さい。池底付近の水温が10月の方が高いのは、水深が浅くなったことと関係しており、例えば7月の水深14mの水温をみると14.3 $^{\circ}C$ で、浅くなるということは湖底水温の上昇を促すことがわかる。

pHは7.0を超えることは少ないようであり、超えたのは7月時の表層部だけである。10月時は全層6.9以下であり、7月・10月ともに10m以深では6.3以下の微酸性を示した。

溶存酸素の分布はpHの値との関係が明らかで、pH 7.0以上の表層では飽和率が100%を超える。またpHが6.3となる水深10m付近の飽和率は50%まで低下し、これ以深では生物分解が優先することがわかる。とくに12m以深では7月・10月ともに飽和率は25%以下という低酸素状態になっている。つまり、10月には上下の水温差が小さく、水の上下混合が生じ易い条件にあるにもかかわらず、酸素は7月と同じような傾きをもって成層しており、少なくとも10月末時点においては循環期に入っていないことがわかる。いずれにしても、幸い入鹿池は最近冬季

水質にみる濃尾平野の陸水環境（日比野）

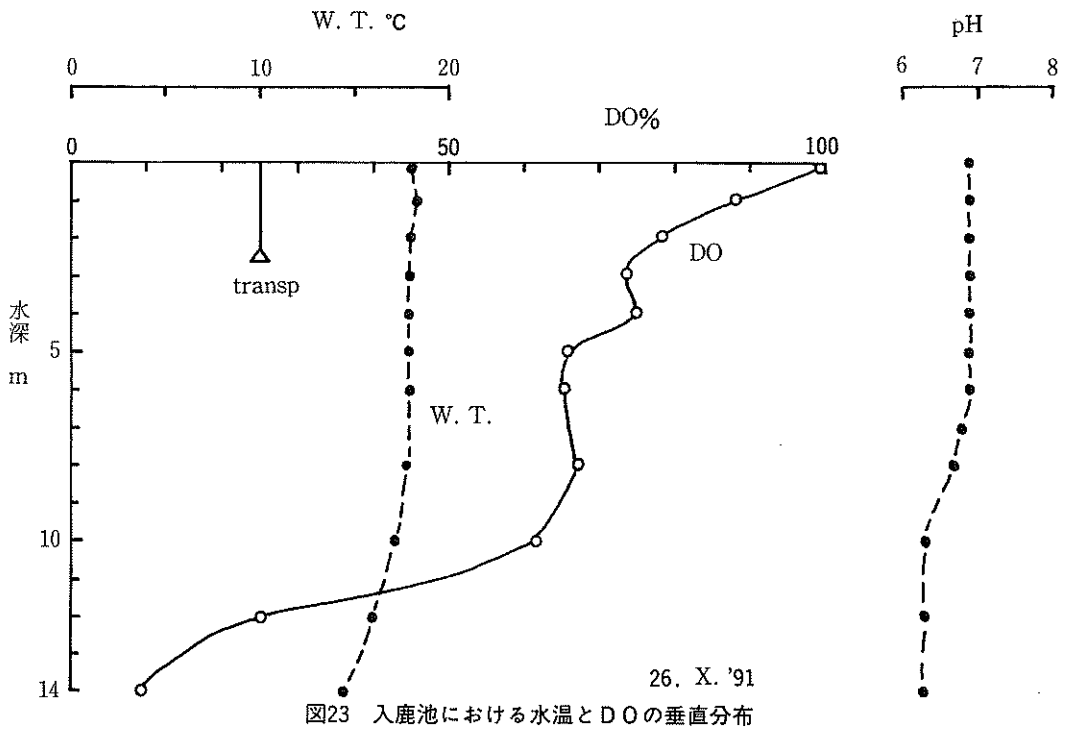
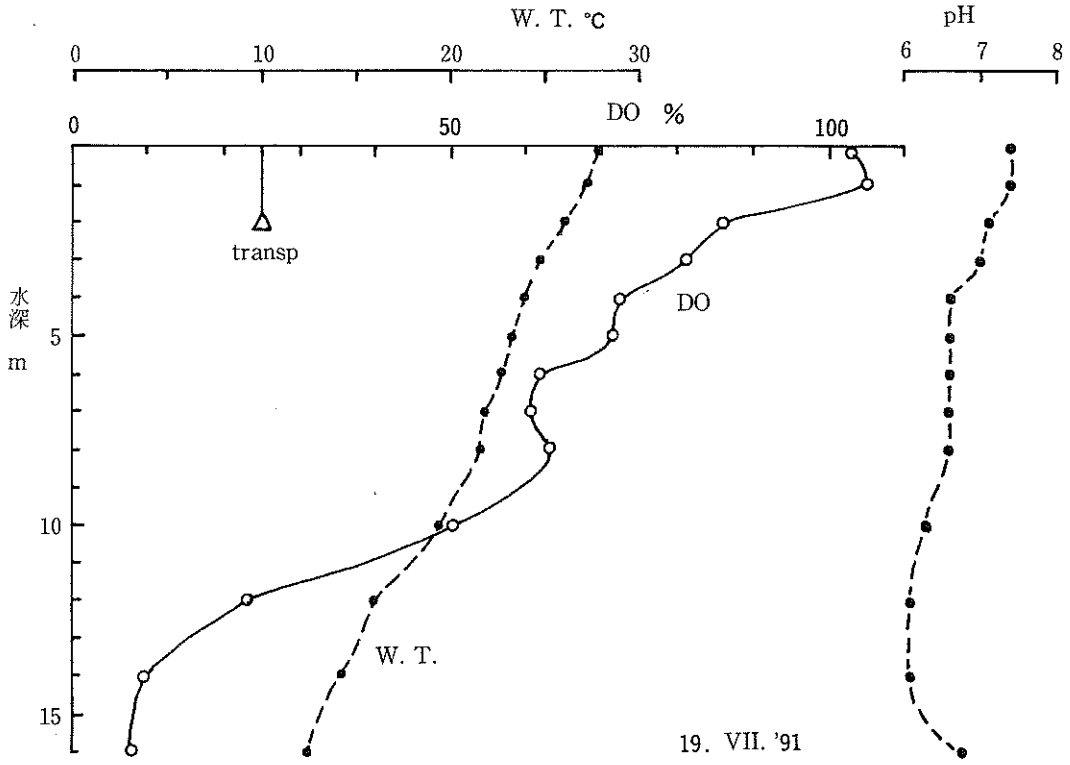


図23 入鹿池における水温とDOの垂直分布

においても落水することがなく、化学成分や微生物の垂直変化を知る上で十分な水深を保っているため、今後しばらく定期的な観測を継続し、当域の静水域の問題を考える際の基礎的なフィールドにしたいと考えている。

## VI おわりに

以上、これまで筆者の調査結果や公共機関の測定値を用い、濃尾平野の諸河川ならびに池沼について、水質の時間的な変化や現況を主として述べた。実際3大都市圏の中では、火山性の強酸性が流入する利根川や富栄養化が問題となっている琵琶湖・淀川水系と違って、これまで木曾3川の水質は大きな問題となったこともなく、名古屋市をはじめとする濃尾平野諸都市の上水は水質的にも恵まれてきた。しかし、それゆえ水質研究はあまりなされなかった地域でもあり、一般にも最近の長良川河口堰の問題を別にすると、当域の陸水への関心はうすいといえよう。

しかし、水質は上水や農工業用水源としての善し悪しだけでなく、環境の質の問題として考えていく必要がある。それは一つの時代的・社会的要請でもある。そのためには、身の回りの自然環境に関心をもつということが不可欠で、水質に関してもより一般的な理解を得ることが大切である。そこで本稿は濃尾平野の陸水というように対象を限って考察したわけであるが、資料的な制約や筆者自身の研究量の不足もあって、概説的であったり部分的な説明にとどまった。その意味で、本稿はむしろ濃尾平野の陸水研究の出発点であると考えており、本稿の中でも示したいいくつかの課題について今後研究を続けてみたいと考えている。

なお最後に、本稿をまとめる機会を与えて頂いた岐阜経済大学地域経済研究所の柿本国弘教授、鈴木誠講師をはじめとする諸先生方、また資料の面でお世話になった岐阜県衛生研究所の梶川正勝氏、愛知県環境部の田村栄一氏に記してお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 愛知県環境部(1947~1990):「公共用水域水質調査結果」。
- 2) 岡部昭二・日比野雅俊ほか(1984):「生活と環境」, 三共出版。
- 3) 沖野外輝夫編(1976):「富栄養化調査法」, 講談社。
- 4) 北野康・松野武雄(1980):「地球と環境の化学」, 岩波書店。
- 5) 岐阜県環境部(1981~1989):「公共用水域水質調査結果」。
- 6) 木村恒行(1971):「公害の理論」, 朝倉書店。
- 7) 小泉清明(1971):「川と湖の生態」, 共立出版。
- 8) 小島貞男(1985):「おいしい水の探求」, 日本放送出版協会。
- 9) 小島貞男・相沢金吾(1975):「新水質の常識」, 日本水道新聞社。
- 10) 田部彦八郎(1928):名古屋市上水水質試験十ヶ年(大正4年~大正13年)平均成=就テ。
- 11) 東海三県地盤調査会編(1985):「濃尾平野の地盤沈下と地下水」, 名古屋大学出版会。
- 12) 名古屋市(1991):「なごやの水道」, 名古屋市水道局。
- 13) 中島重旗(1983):「陸水環境調査法」, 森北出版。
- 14) 萩原耕一編(1985):「水質衛生学」, 光生館。
- 15) 半谷高久(1960):「水質調査法」, 丸善。
- 16) 日比野雅俊(1973):愛知県における中小河川の水質汚濁。地理学評論, 46, 795~810。
- 17) ——(1987):犬山市郷瀬川の水質について(1)。名古屋経済大学「地域社会」, No20, 1~13。
- 18) ——(1989):犬山市郷瀬川の水質について(2)——塩基性水の起源を追って, 同上, No23, 1~11。
- 19) ——(1991):愛知県五条川上流域における水質の経時変化ならびに縦断変化にみる特異性, 同上, No26, 14~25。
- 20) ——(1991):犬山市におけるため池群の規模と水質に関する予察的研究。同上, No26, 26~39。
- 21) 日比野雅俊・富田尚雄・細谷徳治(1993):愛知県一宮市の河跡湖「温故井池」について, 同上, No27(印刷中)。
- 22) 森下郁子(1982):「河口の生態学」, 山海堂。
- 23) 山県登・水野直治(1980):「フィールドの化学」, 産業図書。