

1 印旛沼の水を汚す道筋

湖沼は、流入する河川からいろいろの物質が流れ込みます。一つは水に溶けない土砂などが流入して水底に堆積し、一つは水溶性の有機物や栄養塩類の流入によって水を汚します。これらの水質汚濁物質の多くは、集水域のいろいろのところから発生したものと思われます。印旛沼は、特に集水域の都市化などによって、後者の影響を強く受けて水質汚濁・富栄養化の課題を抱えています。

千葉県では、集水域における水質汚濁物質の発生量を発生源別に細かく集計して公表しています。また流入河川の水質汚濁状況を調査して、これも公表しています。これらのデータを活用して、発生源の水質汚濁物質がそのまま河川を流れて沼に流入すると仮定すれば、集水域で発生した水質汚濁物質に起因する河川や印旛沼の水質濃度が計算できるはずです。実際には途中で沈殿・分解等の物理化学的作用や生物的作用を受けているので、河川や沼の水質汚濁濃度は、計算値と実測値の間に違いが生じるでしょう。両者の差は、河川や印旛沼の中で行われている物理化学的・生物的作用などによって発生または消失した水質汚濁の部分と考えられます。

そこで、まず集水域における水質汚濁物質の発生源から排出される状況を調べ、その汚濁物質がそのまま河川を流れるとして河川の水質汚濁濃度を計算し、その計算値と河川の水質汚濁濃度の実測値とを比較することにしましょう。

次に、印旛沼の水は、単に流入河川の水が混合したものと仮定して、河川を通過して印旛沼に流入する水質汚濁物質質量から印旛沼の水質汚濁濃度を計算し、実際に測定した印旛沼の水質汚濁濃度と比較すれば、両者の差は印旛沼内で何らかの物理化学的・生物的作用等によって生じた水質汚濁とみることができるとでしょう。

このような操作によって、印旛沼の水質汚濁のうち、発生源から河川を通過して沼に流入する水質汚濁物質に起因する部分と、河川・沼内の物理化学的・生物的作用に起因する部分とに分ければ、印旛沼の水質汚濁を引き起こす道筋に一步近づくことができるでしょう。

2 水質汚濁物質の発生源の様子

(1) 発生源の種類

水質汚濁物質の発生源は、普通、生活系・産業系・面源系に大別しています。

生活系とは、人の生活するところから発生するもので、家庭に設置された各種の浄化槽をはじめ、下水処理場・し尿処理場などの排水、それに水浄化施設を持たない家庭の台所の排水や自家用車などの洗浄水のような未処理の排水のことです。したがって、生活系の水質汚濁物質発生量は、人口と生活排水の処理形態（[参考 9]）などに左右されます。

産業系とは、法で定められた一定以上の規模をもつ事業所、畜産などを発生源とするものです。その排水の水質は、法によって排水基準を設けて規制されています。印旛沼流域にあっては、他の地域より厳しく規制する「上乘せ基準」を設けています。

面源系とは、雨水、市街地の側溝を流れる水、散乱ごみ、道路粉塵などをはじめ、林地、農耕地から流れる水など、面的に広がる発生源のことです。

【参考 9】生活排水処理方法とその推移

生活排水は、台所、風呂、洗濯、トイレ等々から排出されています。その内、トイレ排水（水洗トイレ）を除くすべての排水を合わせて生活雑排水（略して雑排水）と呼んでいます。BOD・COD 等で示される有機質汚濁は、雑排水の方に多く、窒素・リンはトイレ排水の方に多く含まれています。

個々の家庭に設置されている生活排水の浄化処理施設は、大別して単独処理浄化槽・合併処理浄化槽・高度型合併処理浄化槽の 3 種類があり、いずれも主として微生物の働きを応用しています。この他に、個々の家の排水を下水道で集めて終末処理場で一括処理する下水道処理があります。

〔単独処理浄化槽〕 水洗トイレの排水だけを浄化処理する装置であり、雑排水は処理されずにそのまま放流されます。現在は、古い装置が残っている程度です。

〔合併処理浄化槽〕 水洗トイレ排水と雑排水を一緒に浄化処理する装置です。有機汚濁物質の処理に重点を置かれ、窒素・リンの浄化能力は高くありません。現在の家庭に広く普及しています。

〔高度型合併処理浄化槽〕 窒素・リンの浄化機能を高めた合併処理浄化槽です。窒素の処理は、脱窒作用（第 16 章 3 参照）を応用しています。現在は、この型の浄化槽の普及に力を入れています。

〔下水道処理〕 個々の家庭ごとに設置される浄化施設より効率の良い浄化処理ができます。印旛沼流域の下水道は、その殆どが「印旛沼流域下水道」であり、終末処理場は東京湾岸にあって、処理水は東京湾へ放流しています。

雑排水の浄化処理は、単独処理浄化槽の家庭やトイレの汲み取り・自家処理をしている家庭では行われていません。これが生活排水による水質汚濁の大きな原因となっています。雑排水を処理しないで放流する人口を、雑排水人口と呼んでいます。

近年における生活排水処理形態の推移は図 14-1 のように、雑排水人口の減少と下水道人口の増加が顕著に見られます。現在（2010）の雑排水人口・下水道人口は、全流域人口のおよそ 10%、77% です。

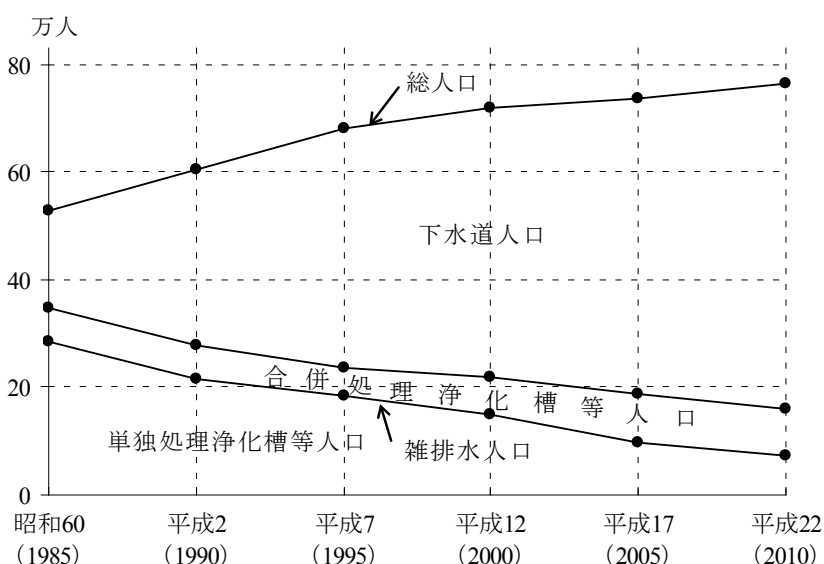


図 14-1 生活排水処理形態の推移¹⁾（千葉県水質保全課資料より作図）

注) 下水道：流域下水道+公共下水道
合併等：農業集落排水+通常合併浄化槽+高原合併浄化槽
単独等：単独浄化槽+くみ取り+自家処理

(2) 発生源別汚濁負荷量（COD）の推移

印旛沼流域の於ける水質汚濁物質（COD）の発生源負荷量¹⁾は、図 14-2の通り、昭和後期から年々減少しています。特に、生活系の発生源負荷量は、人口の増加（図 14-1）にもかかわらず急速に減少しています。その主な理由は、人口増加を上回る速さで下水道の普及が進み、処理水は東京湾岸の終末処理場から東京湾に放流されるので、印旛沼に対する汚濁負荷量はゼロとなっていることです。その反面、面源系の発生源負荷量は増加しています。

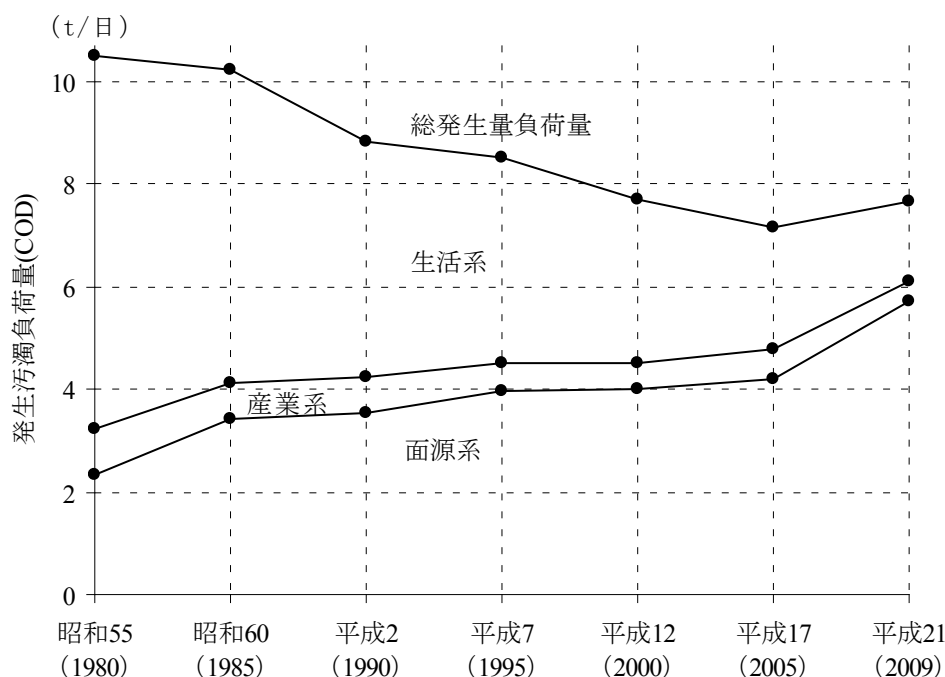


図 14-2 発生源別 COD 負荷量の推移¹⁾

（千葉県水質保全課資料より作図）

発生源における総水質汚濁物質排出負荷量（COD）は、昭和 55（1980）年に 10.5 t/日であったものが、平成 23（2011）年には 7.5 t/日にまで約 3/4 に減少しています。

発生源別の汚濁発生負荷量（COD）の割合をみると、昭和 55（1980）年には生活系の発生負荷量が全体の 69%を占めていたのに、平成 23（2011）年には 20%にまで低下し、代って面源系の発生負荷量が約 75%を占めるようになりました。産業系の発生負荷量は少なく、かつ、減少傾向にあります。

3 河川の水質汚濁の様子

(1) 河川の水質汚濁（BOD）分布

印旛沼流域の河川が現在より少し汚れていた平成 13 年度の水質汚濁（BOD）状況を見ると（データ省略）、各河川の上流部にあたる人口稠密な地域や下水道普及の遅れている地域で汚れていて、流れるにしたがってきれいになっていました。最近では生活排水対策が進んで、かつて汚れていた河川上流域の水質は次第に改善され、上流と下流の差は当時より縮小していますが、どの河川の水も きれいになりながら下流に流れています。

(2) 河川水質の経年変化

印旛沼流域河川の水質（BOD）は、年々きれいになっています。この傾向は、各河川の下流部水質（BOD）の経年変化を示した図 14-3のように、汚濁の著しい桑納川で顕著に改善され、水のきれいな鹿島川は、きれいなままあまり変わっていません。その中間の高崎川、手繰川は、次第にきれいな鹿島川の水質に近づいています。

これら河川の水質（BOD）は、各河川に当てはめられた水質環境基準に照らしても、ほぼ「きれい」といえるでしょう。

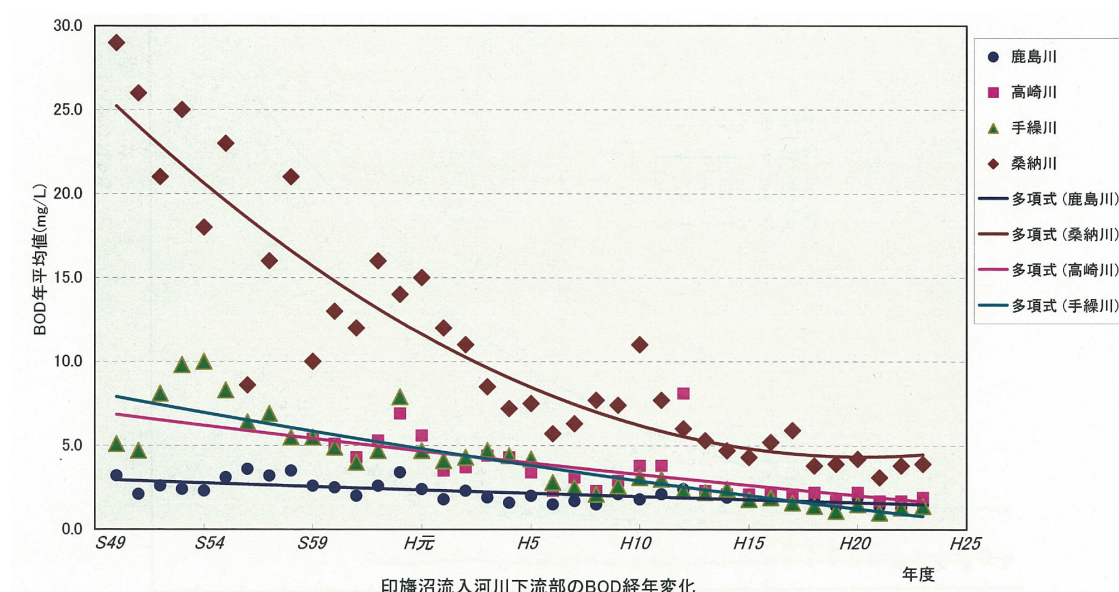


図 14-3 河川 BOD の経年変化

(千葉県水質保全課資料より作図)

4 発生源汚濁負荷量と河川の水質

以上のような印旛沼流域における発生源の水質汚濁物質負荷量と河川の水質汚濁濃度の推移を踏まえて、単純に集水域で発生した汚濁物質がそのまま河川を流れると仮定して、河川流域内で発生する汚濁負荷量（CODmg/日）と河川の流量（L/日）から河川の汚濁濃度（CODmg/L）を計算してみましょう。計算に用いたデータは、1986（昭 61）～2003（平 15）年度間のいずれも年平均値であり、河川の流量・COD はその河川の最下流測定点のものであります。その他に、いくつかの条件を加えてありますが、詳細は原報²⁾に譲るとして結論を申ししましょう。

図 14-4は、各河川の COD を実際に測定した濃度（COD 実測値）と、その河川流域内で発生した COD 総量と河川流量から計算して求めた COD 濃度（COD 計算値）との関係を示してあります。図の中で、 $Y=X$ の線は、COD の実測値と計算値が同じ、即ちこの線上の点は、その流域で発生した汚濁物質（COD）がそのまま流れて河川の COD 濃度になっていることを示します。 $Y=2X$ の線は、河川の COD 実測値の 2 倍に相当する COD 汚濁物質が流域内で発生している、つまり発生源から排出された COD は河川を流れる間に半分に減ったことを意味します。

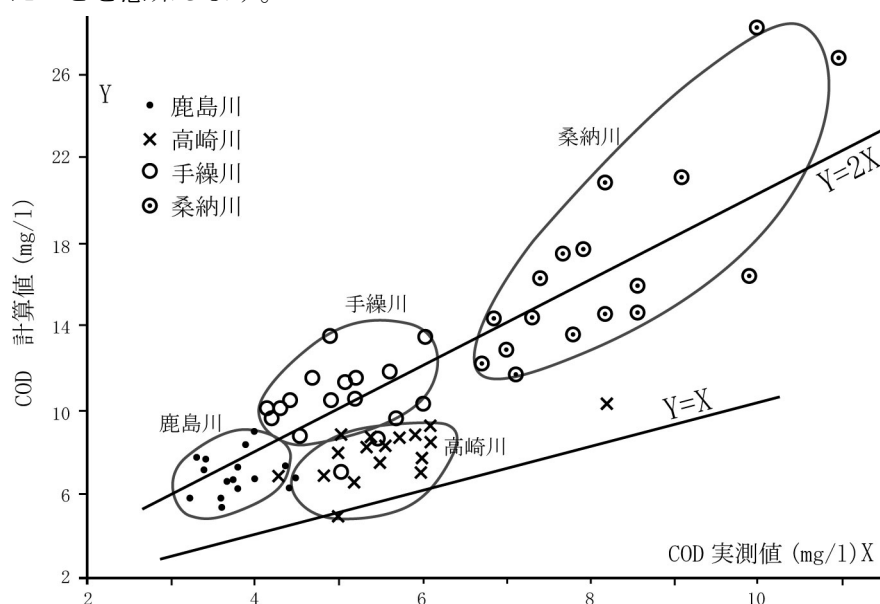


図 14-4 各河川 COD の実測値と計算値との関係²⁾

図 14-4から分かるように、桑納川、手繰川、鹿島川の流域で発生した COD は、流れる間に半分近く減り、高崎川の COD は半分にはならないけれども、かなり減っていることになります。

河川を流れる間に水質がきれいになることを「自浄作用」と呼んでいます。自浄作用は、水中の微生物による分解や昆虫・魚などによる摂食などによって有機物が分解消費されたり、沈殿したりするためです。自浄作用の程度は河川によって若干異なりますが、印旛沼流域の河川は、この自浄作用によって集水域で発生した COD が浄化されながら印旛沼に流れ込んでいることが分かります。

5 河川の水質と印旛沼の水質

次に、印旛沼の水質（COD）は、沼に流入する河川の水が単に混じり合った水質（COD）であると仮定して、印旛沼に流入する各河川の COD 濃度と流量から、流入河川の水が混合した時の COD 値（COD 計算値）を計算して、この値と印旛沼（西印旛沼上水道取水口下）の COD 実測値とを比較²⁾してみましょう。

その結果は図 14-5のように、COD 計算値は印旛沼の COD 実測値より大幅に低く、昭和末頃から大きな変動もなく、若干減少傾向を示しながら今日に至っています。これに対して印旛沼の COD 実測値は計算値より高い値を維持しながら、何回も高くなったり低くなったりを繰り返しています。丁度、印旛沼の COD 値は、流入河川の COD（計算値）に、沼内で発生するアオコのような年ごとに発生量を異にする別の COD 汚濁が加わった形になっています（図 15-3参照）。流入河川による汚濁（COD）を一次汚濁、それとは別の印旛沼内で発生したとみられる汚濁（COD）を二次汚濁または内部生産と呼んでいます。なお、内部生産 COD は、沼内で発生するアオコのような不溶性の COD で殆どを占めていることから、不溶性 COD を測定して、これを内部生産とすることがあります。

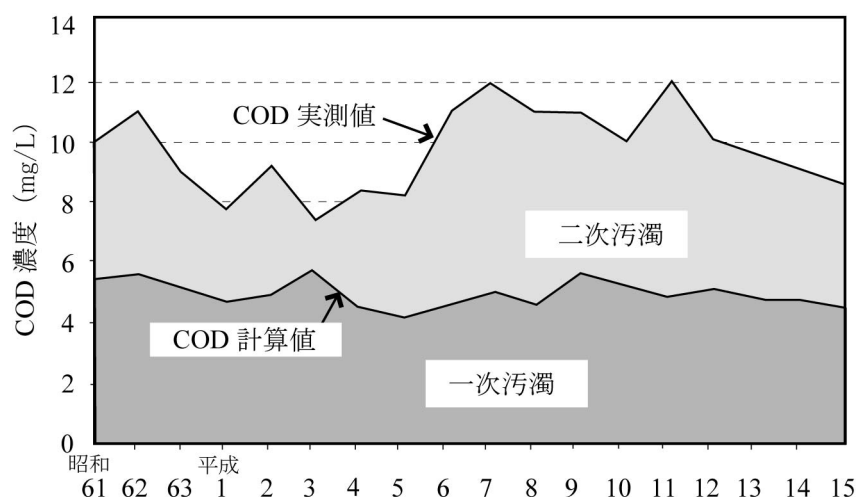


図 14-5 印旛沼 COD の実測値と計算値との関係²⁾

印旛沼の水質汚濁（COD）は、このように河川から流入する一次汚濁と沼内で生産される二次汚濁（内部生産）という原因を異にする二つの汚濁（COD）によって構成され、大雑把に両者は半分ずつを占めているとしてよいでしょう。

以上のような水質汚濁物質（COD）の発生源から印旛沼までの動向をみると、大雑把に言って、集水域で発生した汚濁物質（COD）は、半分に減って印旛沼に流入し、それが印旛沼の水質汚濁（COD）の約半分を占め、残りの半分は二次汚濁による、としてよいでしょう。

文献

¹⁾ 千葉県水質保全課資料

²⁾ 白鳥孝治（2005）：印旛沼の水質の現状と課題、NPO 法人水環境研究所年報No. 1