

# 印 旛 沼

《第47号》



(北印旛沼のオニビシ繁茂の様子：成田市北須賀から北方向)

●印旛沼の水質に関する一考察 ..... 日浦 博昭 (p.2-7)

# 印旛沼の水質に関する 一考察

日浦 博昭

(公財) 印旛沼環境基金 上席研究員

## 1 はじめに

近年水環境問題は、グリーンインフラの活用（公園、緑地、河口、農地などの自然環境が持つ多様な機能を社会資本整備に活用し、防災・減災、ヒートアイランド対策、生物多様性の保全、地域経済の活性化など複数の目的を同時に達成する持続可能なまちづくりの手法）などの新たな観点から、流域対策に重点を置いた取組が積極的に行われるようになりました。

一方、「印旛沼（以下本文中では「沼」と記載）の水質」については一向に改善の兆しが見えないのが実態です。そのため、グリーンインフラの活用や発生源対策などの流域対策に加え、緊急的措置として沼内の直接浄化対策の検討も必要ではないでしょうか。沼内の対策については、現在主に千葉県が植生帯の整備を行っていますが、今回は様々なデータを基に沼の水質悪化の要因を推定し、さらなる対策の可能性や課題についても考えてみたいと思います。

## 2 沼の現状

### 2・1 沼の水質（COD）の経年変化

最初に沼の水質（COD）について確認します。なお、本書で使用した各種水質データは、千葉県が公表している公用水域水質測定結果から引用しました。

右ページの図1に北印旛沼（以下本文中では「北沼」と記載）と西印旛沼（以下本文中では「西沼」と記載）のCODの経年変化を示します。年によってばらつきはありますがその傾向を見ると以下のとおりです。

西沼（赤線）は昭和50年代後半は高い値を示していたもののその後平成初期にかけてはいったん改善傾向と見えます。しかしその後は上昇・下降を繰り返し、令和に入った

近年は過去最大の値と同等の年もあり高止まりしています。

北沼（青線）は、昭和の時代は西沼の値を下回っていましたが平成の後半になると西沼の値を上回り、近年になって過去最大の値を更新し、長期的には明らかに悪化傾向と言えるのではないのでしょうか。

そこで北沼に着目し、さらに詳しく検討したいと思います。図2では、西沼の主要な流入河川の鹿島川と新川（印旛放水路上流）と北沼のCODを示します。河川の値は改善傾向～横ばいとなっているものの、北沼の値は河川の水質に関わらず上昇し続けています。

### 2・2 北沼COD増加の要因

図3では、北沼のCOD（青線）を溶解性COD（水色線）と不溶性COD（緑線）に分けて表示します。溶解性CODはほぼ横ばいですが、不溶性CODの変動は北沼の値とほぼ同様の傾向を示し、北沼のCODは不溶性CODに大きく影響を受けていることが伺えます。さらにCODに占める不溶性CODの比率を図3に重ねて表示（赤色破線右軸目盛り）してみると、明らかに増加傾向が見て取れます。この不溶性CODは水に溶けていない固形物で、その多くは植物性プランクトンと見なすことができます。

また、プランクトンの増加には水中の窒素やりんという栄養素が大きく関わっています。そこで、プランクトンも含め水中に存在する全窒素（T-N）に占める植物が増殖のために利用しやすい溶解性の硝酸性窒素（NO<sub>3</sub>-N）及び亜硝酸性窒素（NO<sub>2</sub>-N）の割合を本ページ下部に掲載した図4に示します。このように、硝酸・亜硝酸性窒素の割合は河川では大きく沼では小さくなっており、特に北沼は西沼よりさらに小さくなっています。

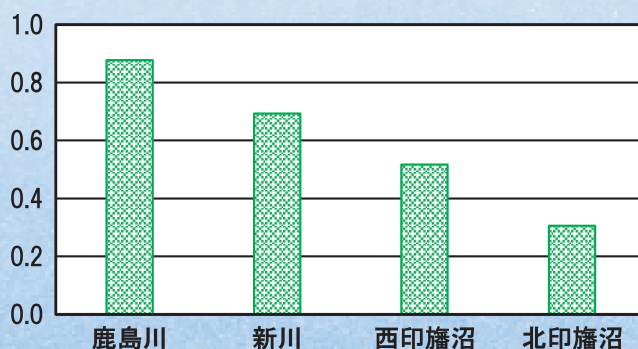


図4 硝酸・亜硝酸性窒素/全窒素（H12～R6平均）

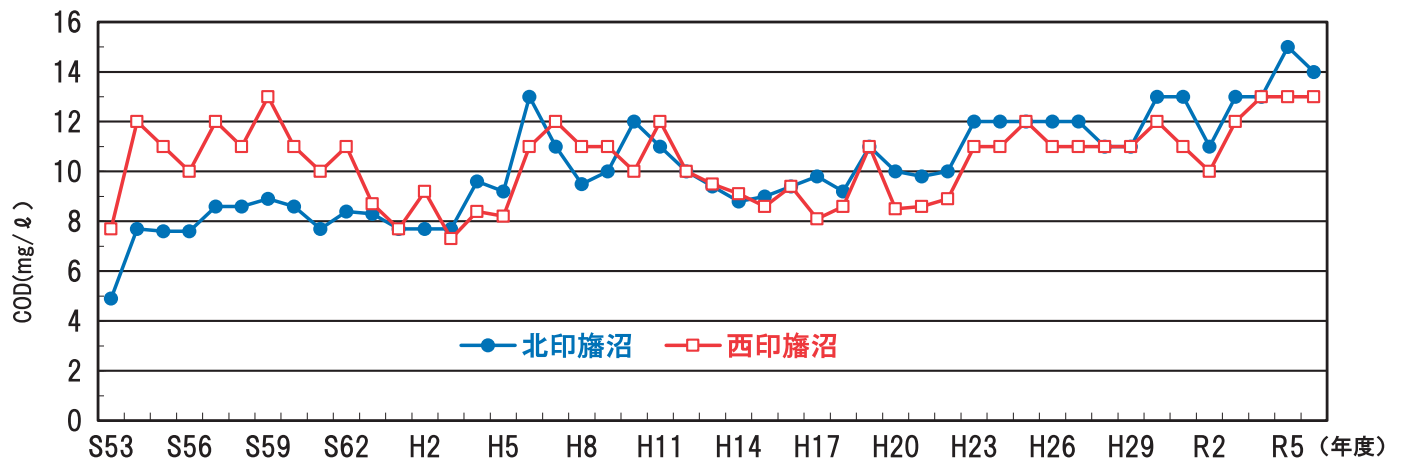


図1 沼の水質 (COD) 経年変化

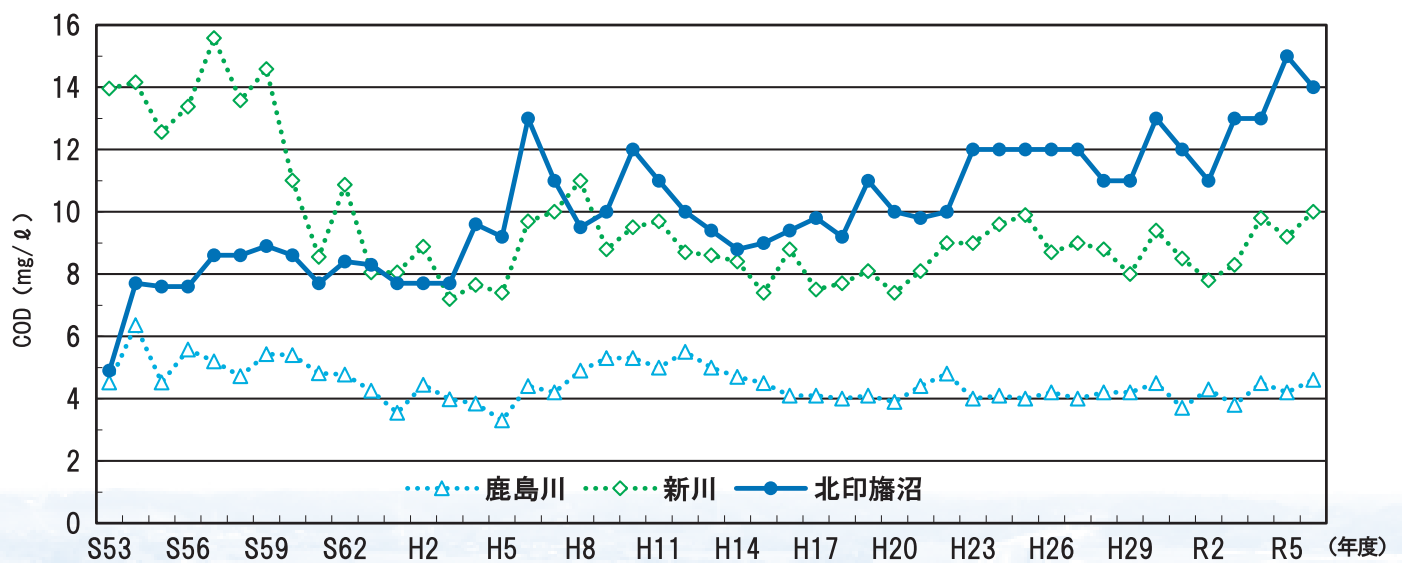


図2 北沼と沼流入主要河川の水質 (COD) 経年変化

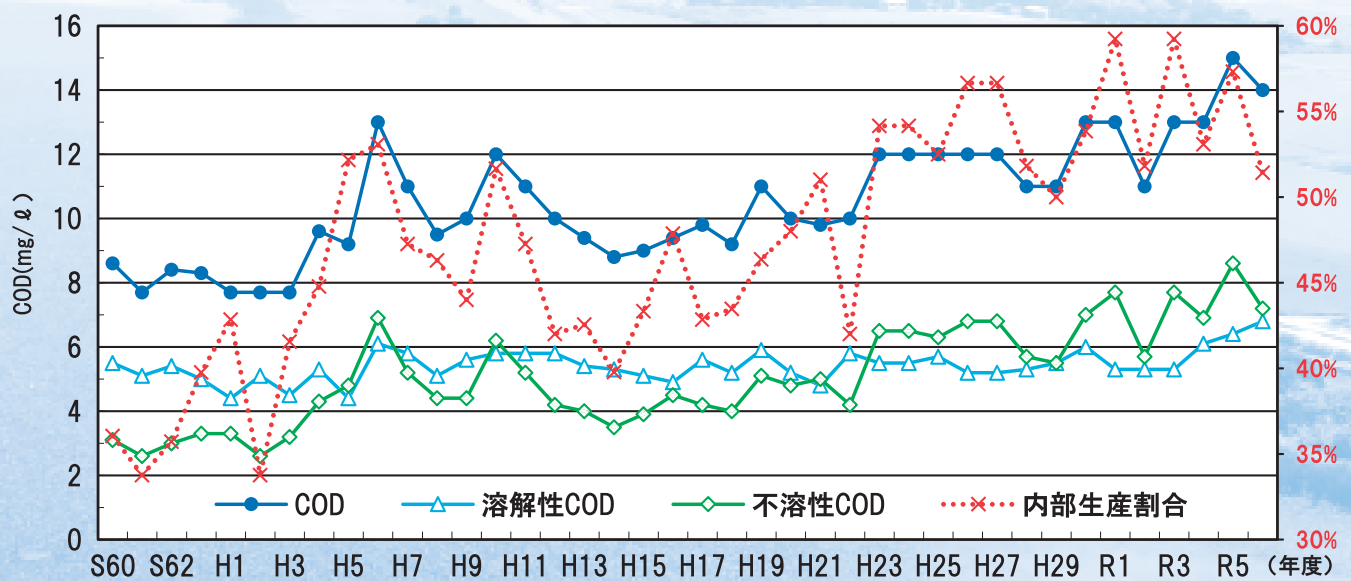


図3 北沼COD組成の経年変化

このことは北沼の水質データは、溶解性の窒素が植物プランクトンの増殖等により多く利用（吸収）された結果（証拠）を示していると考えられます。このようなことから、近年の水質悪化の一因として富栄養化に伴う沼内の有機物質（プランクトン）の生産増大を上げることができます。

さらに別のデータからも、沼の富栄養化の証拠を確認してみたいと思います。

千葉県による沼の水質測定は図5に示したA～D地点で行われています。

沼にはA地点に直結する新川以外にも流入河川はありますが、西沼に東方から流入する鹿島川は河口部で多量の工業用水を取水しており沼の水質への直接的寄与は大きくないと考えられること、また他の河川は流量が少なくさらにCODが沼よりも低いことから沼の水質に及ぼす影響は小さくA→B→C→Dの順に上流から下流とみなすことができ、この流れに沿って水質が変動していると考えられます。



図5 水質測定地点

新川が流れ込む最上流のA地点（阿宗橋）→西沼内のB地点（上水道取水口下）→同C地点（一本松下）→利根川に流出する前に位置する最下流のD地点（北沼中央）の順に、水質データを見てみます。

図6では、あらためてCOD、全窒素、硝酸・亜硝酸性窒素の濃度変化を示します（H27からR6の10年平均）。

すでに図4で硝酸・亜硝酸が消費され、プランクトンが増殖する旨を記載しましたが、ここで着目すべきは、

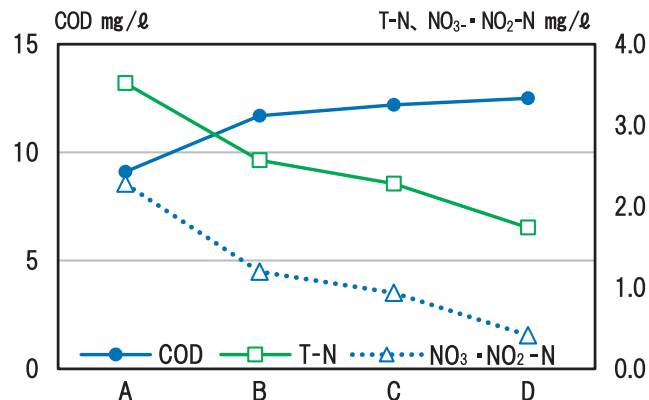


図6 沼内の地点別項目別濃度変化

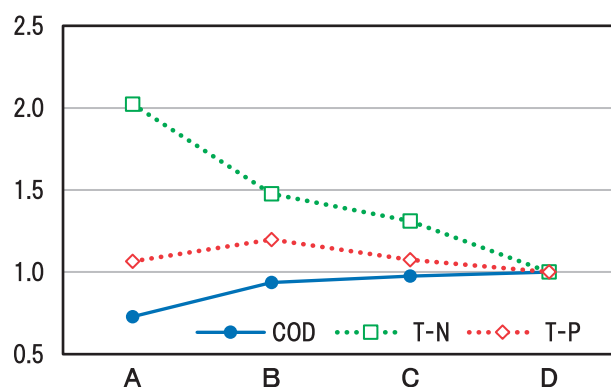


図7 沼内の地点別項目別相対濃度

CODは増加していますが、硝酸・亜硝酸のみならず全窒素の値も小さくなっている点です。

図7では、さらに全りん（T-P）も含め、北沼を1とした時の各地点の相対値を示します。

CODは上流から下流に向かうに従って上昇し、窒素は下流に向かって下降しています。りんは両者の中間的な挙動を示しています。

図6と図7から各項目が示した挙動の理由を推測します。

- ① 図6で、下流に向かってCODは増加し硝酸・亜硝酸性窒素は減少しているのはなぜか→→図4の考察の通りプランクトンの増殖がCODの増加を助長していると考えられる。
- ② プランクトンが硝酸・亜硝酸窒素を消費し増殖すると体内に有機体窒素として蓄えられ、全窒素は大きく変化はしないはずだが、なぜ全窒素も下流に向かって減少しているのか→→プランクトンの沈降又は窒素分が動植物に取り込まれているのではないか。
- ③ 全りんもプランクトンの栄養であり、窒素と同様の傾

向を示すはずだが、図7では全りんが他と異なる挙動を示しているのはなぜか→→水中のりんは土壌粒子に吸着したり嫌気状態では放出するなど底泥の状況により変化することが知られています。図8のとおり過去の調査結果（印旛沼流域水循環健全化会議資料から引用）では、AからB地点にかけては他地点より底泥のりん濃度が高く、りんの溶出量が沈降量よりも大きく、BからD地点にかけては沈降量が大きいのではないかと推測されています。

このように、沼の水質悪化は、流入した窒素やりんの栄養塩のほか、沼の水の流れが緩やかな（滞留している）ため栄養塩を含む物質の沈降により、沼底に栄養豊富な泥が蓄積し、そこからの溶出も水質悪化の一因と推測することができます。

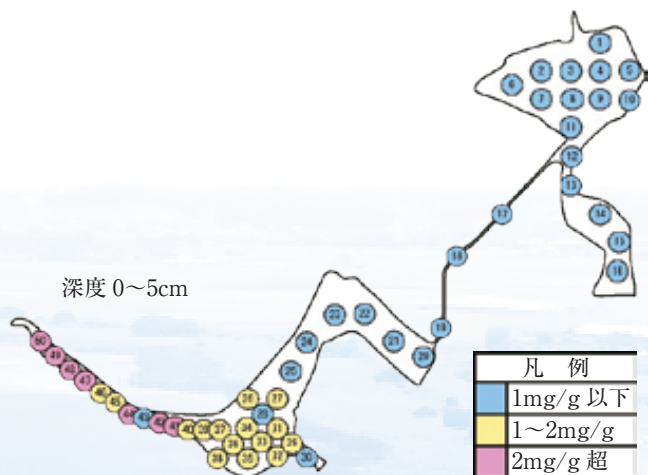


図8 沼の底泥表層のりん濃度（2001～2007）

### 2・3 水質への影響が懸念される他の要因

水質悪化の要因として栄養塩類に焦点を当てましたが、その他にも近年の気象の変化も懸念要因として触れておきたいと思います。

過去30年の佐倉市の気温（アメダスから引用）を見ると、図9のとおり明らかに上昇しています。温暖化の進展は、生態系への影響が懸念されますが、水質への影響についても確認してみたいと思います。

沼の水温は気温のみによって決まるものではありませんが、気温の上昇に伴い沼の水温も上昇することは十分に考えられます。そこで、プランクトンの増殖に寄与する西沼の水温とその結果としての北沼COD値の相関を図10に示します。

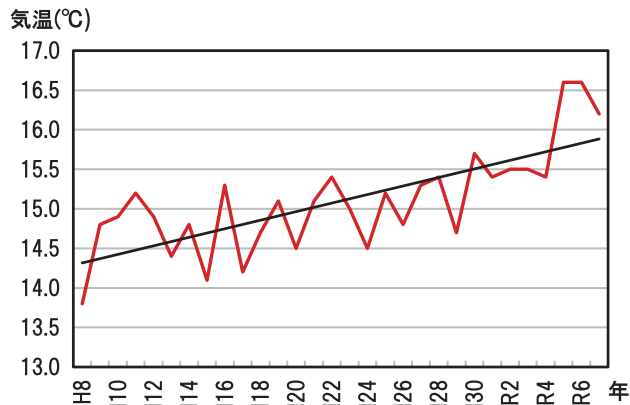


図9 佐倉市年平均気温の推移（アメダス）

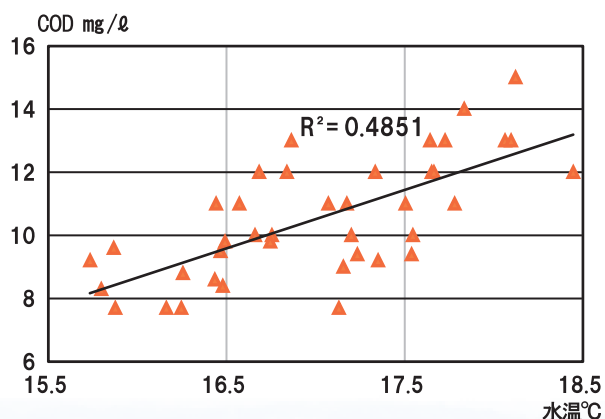


図10 西沼水温と北沼CODの相関

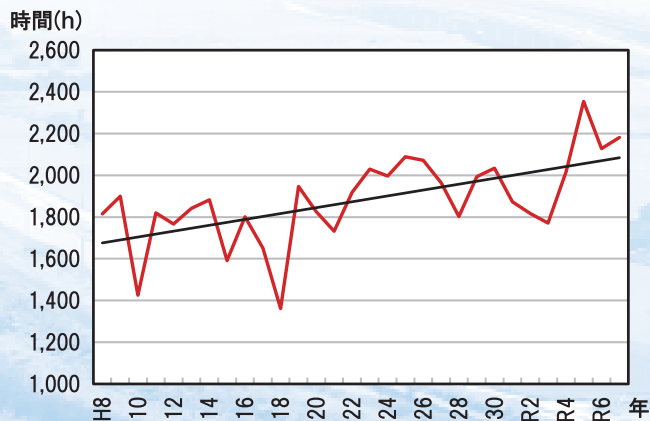


図11 佐倉市年間日照時間の推移（アメダス）

水温とCOD値にはばらつきがあり、不確かながら水温上昇はCOD増加の一因になり得ると推測されます。

さらにもう一つの気象要因として日照時間の推移を図11に示します。

このようにこちらもばらつきは大きく明確には言えませんが、近年は日照時間も増加の傾向が続いており、植物プランクトン増殖が旺盛となり、さらなる水質悪化の要因となることも懸念されます。

### 3 水質改善に向けて

上述の水質汚濁の推定原因に対し、気候変動の要因は除き、いくつかの想定される対策を例示しその課題を検討します。

#### 3・1 底質改善の可能性と課題

水質悪化の要因の一つとして富栄養化によるプランクトンの増殖をあげました。プランクトンが増殖する際に必要となる窒素とリンの比率（N/P比）について確認します。プランクトンの種類や環境条件によってプランクトン体内のN/P比は大幅に異なりますが、一般的には16対1とされています。実際の水質を見てみると、図12のとおり夏場を除き生物体内の割合より窒素の割合が大きくなっています。

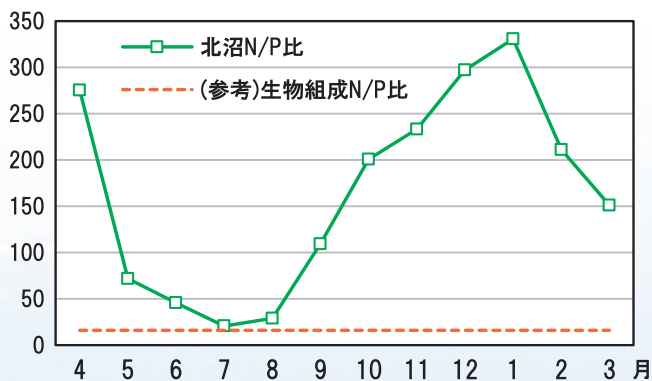


図12 北沼水質の月別N/P比（R4～6平均：mol換算）

このことからリンが供給されると豊富にある窒素を利用してプランクトンが増殖する可能性があり、リンの削減が重要となります。そこで、リンの発生源での削減対策に加え、図7で想定した「底泥からのリンの溶出」を減らすことも必要となります。

その方策の一つに、カルシウム多く含む焼成した貝殻や薬剤などを底泥に散布し、リンを不溶性のリン酸カルシウム等として固定する方法があげられます。しかし、散布量が膨大となり、加えて底棲生物への影響や利水及び漁業への影響等にも十分配慮する必要があります。

その他のリン溶出対策の一つとして、底泥とともにリンを除去する浚渫があげられます。手賀沼や霞ヶ浦では、水質改善の緊急対策として過去に長年にわたり大規模な浚渫を行いました。沼で大規模な浚渫をする場合はその経費問題に加え、浚渫した土砂の利用や処分をどうするかという

課題や浚渫してもすぐに元に戻ってしまうという否定的意見もあります。しかし、浚渫した土砂を休耕田で貯留、改良し築堤や緑道（遊歩道等）の整備に活用したという事例も耳にします。安易に困難とあきらめるのではなく、初心にかえりより良い方策について、あらためて一から関係者で議論し知恵を出し合っても良いのではないのでしょうか。

#### 3・2 利根川からの導水について

手賀沼は、北千葉導水事業により水質が改善（安定化）したと言われます。そこで「印旛沼」にも導入すべきとの意見も耳にします。しかし、北千葉導水事業は、図13（国土交通省利根川下流河川事務所HPから引用）のとおり、首都圏の水不足に対応するため利根川の水を江戸川に導水することや内水氾濫の防止を主目的に整備したもので、その途中で一部を浄化用水として手賀沼に注水しています。

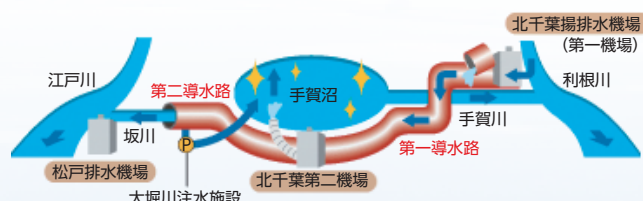


図13 北千葉導水事業概要図

一方、「印旛沼」に整備するには、放流地点は舟戸大橋近傍が効果的と考えられますが、北千葉導水と異なり利水需要が無い状況下で利根川から舟戸まで堤防沿いに約20kmに及ぶ導水管を埋設する大工事となるうえ、沼の貯水量（1,970万 $\text{m}^3$ ）は手賀沼（560万 $\text{m}^3$ ）の3.5倍に及ぶためより大容量のポンプを設置し、連続稼働する必要があります。

加えて、利根川の水質を見ると図14のとおり、CODは4前後で沼の12～13と比較し大幅に低くなっていますが、先の「3・1 底質改善の可能性と課題」で記載したとおりプランクトンの増殖に大きく関係しているリンの濃度は近年増加傾向にあります。

さらに窒素・リンの濃度は図15のとおり利根川の値の方が北沼の値より高くなっています。

このことから、少量の導水では、CODの希釈効果を栄養塩の補給によるプランクトンの増殖が相殺しかねません。そこで、沼の水の流れを確保し滞留を解消することが

求められますが、先に記載のとおり北千葉導水事業の手賀沼における浄化用水放流量に比べ数倍に及ぶ多量の導水を継続する必要があります。水質改善のみを目的として、これら施設の整備費用に加え、毎年必要となる送水ポンプの運転・維持管理に係る膨大な経費等を確保するのは限りなく不可能に近いと言わざるを得ません。

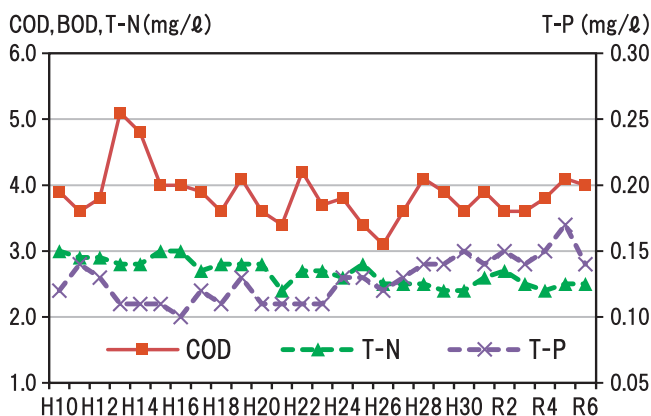


図14 利根川（須賀）の水質経年変化

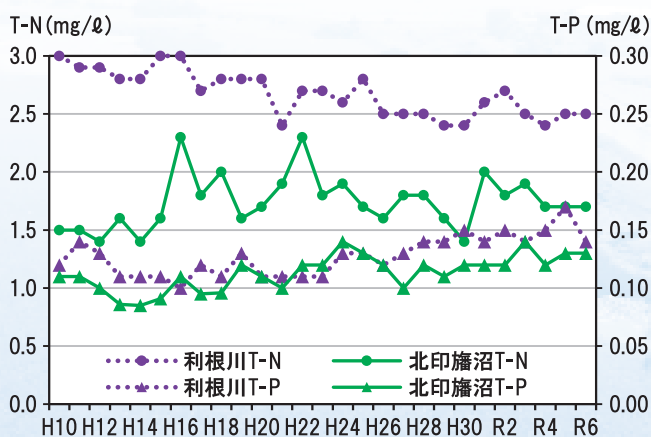


図15 利根川（須賀）と北沼のT-NとT-P

### 3・3 その他の対策

琵琶湖では、水質改善を期待した自生している水生植物が増えすぎ大量に漂着するなど、その対策に苦慮していると聞きます。

今の沼の状況を見ると、かつて自生していた沈水植物は皆無となり生物の多様性が乏しく、水際には堤防に沿ってヨシ（アシ）・ヒメガマ・マコモの3種の抽水植物が多くを占め、水面では夏になると広大な面積をヒシ類が覆いつくしています。これらの水生植物の適正管理の必要性も検討すべきではないでしょうか。

ヨシやヒシ類等は、成長過程で沼内の栄養を吸収し育ち

ますが、冬には枯死し沼底に沈み底質に悪影響を及ぼしかねません。一方で、沼のヨシ原は、多くの鳥たちの休息や繁殖の場となり、全国的にも大変貴重なサンカノゴイも確認されています。また、ヒシ類が繁茂した葉の下では、小魚が集まり隠れ家としたりそれを狙ってサギ類が飛来したりと沼の生き物とも深く関わっています。

そこで、「ネイチャーポジティブ（自然再興）」の考え方や手法を取り入れ、現在の植生を活用しつつ特定の増え過ぎた種を適正な時期に刈り取るなどの管理手法を検討し、生物多様性を高めつつ水質改善にも寄与する方策を見出すことが求められます。

現在沼内で行われている植生帯の整備においても、整備後の適正な管理を行うことにより、水質改善に寄与することが期待されます。

## 4 今後の印旛沼環境基金の調査方針

先の図8に記載のとおり、20年ほど前に行われた沼の広域的な底泥の調査結果は公開されているものの、それ以降、継続的かつ広域・詳細な調査結果は目にしておらず、水質悪化の一因である底泥中のりんの濃度分布や経年変動も近年の状況は明らかではありません。

県では、令和8年度に沼の底泥からのりんの溶出試験を行うと聞いています。それに合わせ当基金では基本的な底泥のりん濃度を中心に、過去の調査結果や近年のヒシ類の広大な繁茂の影響なども考慮しながら何地点かを抽出し調査することとしています。

その調査や県の調査結果等も踏まえ、今後の沼内の直接浄化の必要性やあり方などについて、さらに考えを深めたいと思っています。

新たなデータやヒントが得られれば、引き続き次号以降で掲載し皆さんのご意見を伺いたいと思います。

## 5 終わりに

本書は、水質の専門家ではない筆者が沼の水質悪化に危機感を持ち、個人的な意見や根拠が希薄な独断的な推測に基づき記載したものです。十分な検証とは言い難く、一定の結論や提言にも至っておらず誤った解釈も多々あると思います。ご覧いただいた方々からご意見やご指導をいただければ幸いです。

## 編集後記

前回の「印旛沼」第46号では、「水について考える」と題して、「世界の水問題」「日本の水資源とバーチャルウォーター」「利根川水系に依存する千葉県」など幅広い観点から「水」に関する諸問題について記述しました。

今回は、これまでも取り上げてきましたが、「印旛沼の水質」について、異なる角度から見直してみました。過去の手法や知見にこだわっているといったご批判もあると思いますが、原点に立ち返ることも必要と考えています。

そこで、印旛沼と並び称される手賀沼について、過去の状況を振り返ってみたいと思います。

手賀沼の位置は下図のとおりですが、主な流入河川は柏市（旧沼南町を含む）等を流域とする大堀川と大津川で、S60年度のデータを見ると沼全体に対し、両河川の流域面積は45%ですが、人口・COD発生負荷量はともに約80%を占め、下水道も普及しておらずCOD負荷量の76%は生活系となっています。



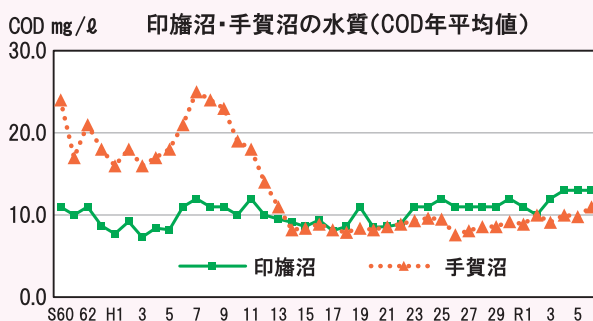
環境省が全国の水質調査結果から水質ランキングを公表した当初のS49（1974）年度から27年間連続して湖沼水質ワースト1となり、S54年度のCODは28mg/lを記録しました。筆者はS46～48年度にかけて高校理科部で手賀沼の水質を見てきましたが、当時は手漕ぎのボートで沼内に漕ぎ出し大堀川河口に向かうとはるか手前からヘドロ状の底泥が巻き上がり水が真っ黒くなった記憶が強く残っています。

S40年代には沼内でアオコが発生し以降たびたび異常発生するに至り、岸に吹き寄せられたアオコが腐敗

して悪臭を発生し、沼の近隣住民からも多くの苦情が寄せられました。S55調査では、大堀川河口の底泥のリン濃度は6.9mg/gと極めて高くなっています。

そこで、県や流域市町は力を合わせ、S47流域下水道着手、S51ヘドロ浚渫開始、S56ホテイアオイ植栽事業開始、S57水面清掃船竣工、S60アオコ分離脱水装置設置、S61市街地排水浄化対策（雑排水の下水道処理）開始、H1排水路浄化施設・大堀川礫間浄化施設、H7大津川浄化施設、H10市街地排水対策事業（初期雨水の下水道処理）、H12大津川リン除去施設、H12北千葉導水本格稼働など様々な施設の設置や污水处理システム整備を行いました。また、手賀沼湖畔を走るマラソン大会や親水広場、堤防沿いの遊歩道・自転車道の整備など、市民と沼とのふれあいにも力を尽くしました。

その結果、手賀沼のCODは大幅に改善し、近年は印旛沼の値を下回っています。



手賀沼は都市部の人口密集地域を流域に持ちH12の北千葉導水事業の本格運用の前から水質が大幅に改善し、生活排水対策の効果が顕著に表れた結果とみることができます。

一方、印旛沼は手賀沼に比べ、流域面積・貯水量はともに3.5倍を上回り、人口密度や産業構造も違い水質汚濁のメカニズムも複雑なことから、手賀沼の例を適用してもその効果は一概に期待することはできません。しかし、市民と行政が力と声を発し多種多様な水質改善手法に取り組んだ姿勢は、手賀沼の例から学ぶことは多いのではないのでしょうか。

本書をご覧いただきありがとうございました。当基金は、今後も様々な情報発信に努めてまいりますので引き続きご支援をお願いいたします。（HUR記）

編集：公益財団法人 印 旛 沼 環 境 基 金

発行：令和8年10月

〒285-8533 千葉県佐倉市宮小路町12番地

TEL：043-485-0397 E-mail：imbanuma@i-kouiki.jp

<https://www.i-kouiki.jp/imbanuma/>



YouTube  
チャンネル