

水環境

1 はじめに

「三尺流れて水清し」という成句は、多少の汚濁物質などはすぐに清澄な水に希釈されて問題にならない頃に生まれたのであろう。しかし、古人は川の自浄作用を実は体験的に知っていたのではないだろうか。健全な川には流入した汚濁物質を分解し、水を浄化する自然的能力が本来備わっている。ところが、大都市周辺の河川では、我が国の高度経済成長期の昭和30年代後半にはその自浄能力が機能しなくなり、よく「汚濁が進み、生き物の棲めない死の川になっている」と表現されるようになった。

「山紫水明」と表現された我が国の豊かな自然が荒廃の道を辿った転機はいくつか挙げられるが、明治時代の富国強兵・殖産興業の国家的推進、大正時代の第一次大戦後の重化学工業化推進などが特に重要と考えられる。そして、これを契機に我が国は自然とともに生きてきた農業国家から工業国家に変貌していった。足尾銅山の鉱毒事件はこの過程の比較的早い段階で起き、後の昭和30年代に入って顕在化した水俣病やイタイイタイ病など重金属による水質汚濁を原因とした疾患発生の素地はこの頃に生じていた。そして、第二次大戦によって鉱工業生産は壊滅的打撃を受けたものの、戦後は短期間で生産力復活を果たしたばかりでなく急激な伸長をみせ、その後の高度経済成長期には我が国の生活様式は大きく変化した。

その変化をもたらした最も大きな要因はエネルギー転換に求められる。石炭、石油などの化石燃料の大量消費、化学物質の大量生産と使用によって産業、生活様式の近代化、合理化が追求され、それに伴って自然環境はかつてなかったほどの速度で変化を余儀なくされた。すなわち、エネルギー転換による薪炭林の放置、都市への人口集中に伴う農村過疎化は、我が国の生物多様性を育んできた里山の荒廃をもたらした。また、開発と人口増による未処理排水の増加や工業地帯の拡大に伴う排水の増加によって、魚類が豊富に棲んでいた河川は都市近郊でことごとく「死の川」に転じていった。さらに、人に対する健康被害が各地で報告されるような事態になれば、人にとって環境の持つ意味が問い直されるのは必定である。

この時代は、環境汚染問題が工場・事業場（汚染者）対一般市民・農民・漁民（被害者）という図式で捉えられる傾向が強く、特に被害者が不特定多数に及ぶことが多かったため、「公害」と表現された。さらに、原因物質、原因者が明確になると住民運動は先鋭化し、通常の産業活動を行い難くなったばかりでなく、有効な措置を講じられなかった行政に対しても批判は向けられるようになった。

このような背景の下で、国は昭和42(1967)年になって「公害対策基本法」を制定したが、十分に機能したとは言えなかった。一方、「公害」は益々深刻化する中で昭和45(1970)年の第64回国会（「公害国会」と称された）で「水質汚濁防止法」が制定され、国の基本的姿勢、規制強化、事業者責任、地方自治体の権限強化が明確にされ、実効性のある法整備がようやくなされた。もちろんこれによって直ちに水環境改善効果が現れたわけではないが、数度の規制強化を図る改正を行いつつ総量規制を実施したほか、生活排水対策を制度化するなど各種施策を推進し、徐々に改善効果がみられるようになった。また、合併処理浄化槽の普及、下水道整備などが進むにつれ、かつて「死の川」と

称された都市近郊河川も徐々に甦りつつあるのが現状である。

本稿では、このような背景の下で、埼玉県の水環境に関わる諸問題、特に公共用水域^{*1}（河川・湖沼）、農薬、未規制化学物質、生活排水、工場排水、畜産排水に関する現状や今後の課題、また環境科学国際センター（以下、当所という）の取組などについて紹介する。

2 埼玉県の水環境の概況

本県を流れる河川は、大別して西部山地帯から中央部を貫通して東京湾に向かって流れる荒川水系と、東部の県境を流れる利根川水系の2系統に分かれる。両水系は多くの支流を擁し、生活用水、農業用水、工業用水として利用されている。また、見沼代用水をはじめとする灌漑用水路が低地畑作・水田地帯に網の目のように張り巡らされている。湖沼は灌漑用ため池や河跡湖が多く、山地帯にはダム湖はみられるものの、天然湖には乏しい。埼玉県の主要河川と湖沼の位置を図1に示した。

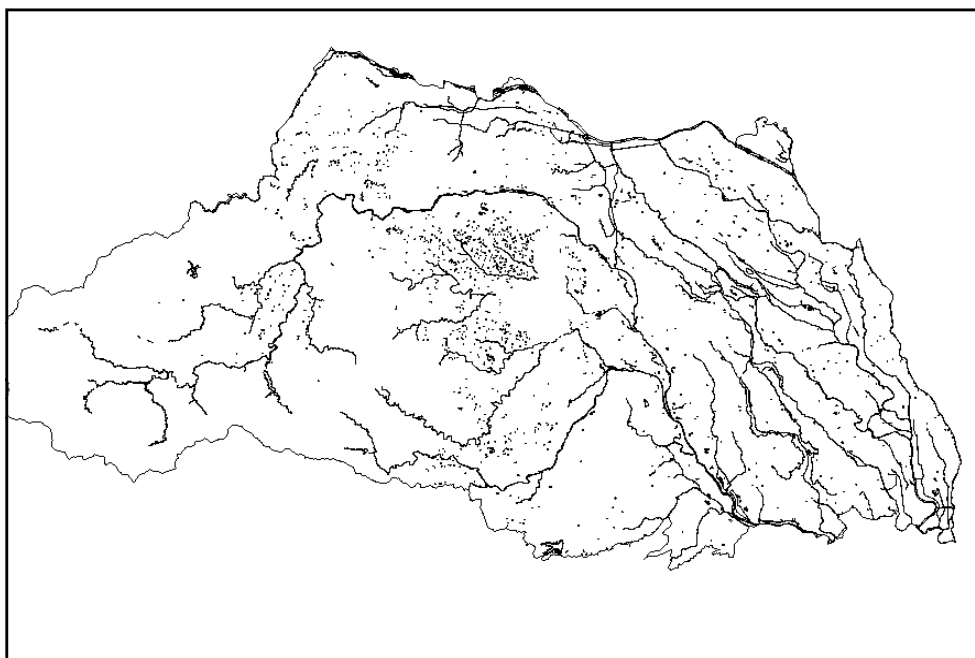


図1 埼玉県の主要河川と湖沼

なお、本県においては個人、大学、県研究機関や博物館などにより昭和10年代から水生生物の調査がよくなされており、特に、荒川水系はその環境多様性が高いことに伴って、棲息生物の多様性も全国的に見ても極めて高いと報告されている^{1,2)}。

水質に関しては、本県においても昭和30年代には工業化が進み、河川の汚濁が目立ち始めた。昭和37(1962)年には旧「埼玉県公害防止条例」が制定され、昭和44(1969)年には現行「埼玉県公害防止条例」が制定された。しかし、昭和40年代後半には県内工業団地の数も15か所を超え、排水量も膨大となった。しかも、汚濁物質に係る排水基準の超過工場も県の立ち入り調査で50%を超える状態であったので、行政による強力な規制が求められるようになった³⁾。

ただ、内陸県の本県では他県臨海部に匹敵するほどの大規模工業地帯は形成されず、主として中小規模事業場からの有害物質を含んだ排水による魚類斃死や油の公共用水域流出、あるいは畜産排

水による悪臭、汚濁といった形で水質事故が頻発するようになった。また、開発による都市域の拡大と急激な人口増に伴う無処理生活排水^{*2}の増加によって、昭和40年代、50年代には都市河川はことごとく「下水放水路」と化し、環境庁（現環境省）、建設省（現国土交通省）が発表する全国主要河川、全国一級河川の水質ワーストランクに県内河川が連続的に名を連ねた。

そのみならず、上水道用、工業用、建築物用としての地下水の需要が昭和30年代から増加し、過剰汲み上げの結果、都市化が著しい県南地方で激しい地盤沈下を生じ、昭和49(1974)年には年間最大沈下量が27cmを超える地区まで出現した³⁾。

一方で、環境に対する住民意識の向上、法や条例の改正による発生源規制強化、下水道整備推進、水処理技術の向上が図られた結果、昭和50年代後期～60年代初頭を境に徐々に効果が見え始め、現在では魚影が一時絶えた河川にも魚類が戻りつつある。ただ、地下水については規制強化により地盤沈下は沈静化したものの、工場や事業場から浸透した有機溶剤や肥料由来と思われる窒素化合物による汚染が各地で問題化している。

言うまでもなく、河川水とともに地下水は我々にとって身近な水資源の一つである。井戸水は飲み水として古くから活用され、井戸端は地域住民にとって貴重な情報交換の場となっていた。地下水を汚染から守り清浄な水質を維持することは、我々の生活環境そのものを守ることにほかならない。

埼玉県では、上述の地下水汲み上げによる地盤沈下問題を契機に地下水の保全に取り組むようになった。昭和63(1988)年から県内を3地区に分け地下水の水質調査を開始した。また、平成元(1989)年には水質汚濁防止法に基づく常時監視が義務づけられたことから、山間部を除いて県内を4kmメッシュで概ね172区画に分けて、地下水質を監視している。

この概況調査により平成9(1997)年から施行された国の定める環境基準を超過する地下水汚染が発覚した場合、県は井戸使用者にすみやかに連絡し、保健所と市町村で飲用しないよう指導を行うとともに、汚染井戸周辺の住民に対しては、回覧板や市町村広報誌等により情報を提供し注意の喚起を図っている。同時に、周辺の井戸や事業所の調査により汚染範囲を把握したうえで汚染源事業所を特定し、しかるべき行政手段に従って汚染源調査・浄化対策を指導している。当所も土壌・地下水汚染対策検討会議を通じて汚染源調査計画・浄化計画等に具体的な助言を行っている。また、県は地下水汚染等に対する行政指針として「埼玉県生活環境保全条例」（平成14年施行）を策定し、地下水質の保全に努めている。

なお、本県の地盤沈下や地下水汚染の問題については、本書の「地質地盤環境」の稿で詳しく述べられている。

3 河川

3.1 一般的汚濁物質

3.1.1 はじめに

本県の河川における水質のモニタリングについては、荒川水系で昭和10年代の散発的記録がある⁴⁾。ただ、現在、河川水質評価に主として用いられているBOD^{*3}によるものでなく、塩素イオンやアンモニア性窒素濃度がその指標に用いられていた。昭和33(1958)年「公共用水域の水質保全に関する法

律」と「工場排水等の規制に関する法律」の旧公害二法が制定され、その後建設省（現国土交通省）はCOD^{*4}やBODによる定期的モニタリングを県内の一級河川でも始めている⁵⁾。

昭和42(1967)年には公害対策基本法が制定され、同じ頃、埼玉県も定期的なモニタリングを行うようになり、水質汚濁防止法が制定された昭和45(1970)年には46地点で測定がなされていた。さらに、昭和46(1971)年、同法が施行になると県（知事）に常時監視が義務づけられ、国と協議して水質測定計画をたてる必要が生じ、県と国の共同で65地点でのモニタリングが開始された。その後、数度の地点増加、政令市の参画などによって今日の41河川89地点に至り、あわせて、2池沼2地点においてもモニタリングが行われている。

ところで、河川をはじめ、湖沼、公共溝渠、かんがい用水等の公共用水域については、公害対策基本法に基づき昭和45(1970)年に人の健康を保護し、生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準として「環境基準」が設定され、これは同時に公害未然防止対策のための行政上の目標値ともなっている。この環境基準については、その後、基準項目の追加、基準値の強化が度々行われてきた。しかし、平成5(1993)年には従来の規制的手法中心のみでは不十分として環境基本法の制定をみるに至り、現在では環境基準もこの法の下に設定されている。

なお、平成17(2005)年度の本県における水質測定計画では、生活環境項目^{*5}数9、健康項目^{*6}数26のほかに、基準値ではないが指針値が設定されている要監視項目数29、水質汚濁防止法で排出基準が定められているが環境基準が定められていない特殊項目数6、アンモニア性窒素や塩化物イオンなどが含まれるその他の項目数13について国土交通省、埼玉県、政令市（さいたま市、川越市、川口市、所沢市、草加市、越谷市、狭山市）が測定することとなっている。

また、平成15(2003)年には水質規制は人の健康に対する影響という観点だけからでは不十分として、未だ環境基準項目数1、要監視項目数3に過ぎないものの「水生生物の保全に係る水質環境基準」が我が国では初めて設定され、水圏生態系を含めて環境改善を推進しようという新たな時代に入った。

3.1.2 河川水質の現状

環境基準に定められた項目について、毎年の水質測定計画を基にデータが蓄積されているが、その中で水質の汚濁状況をよく示しているBODについて埼玉県内河川の過去と現在の状況を比較してみる。

すでに述べたように、県内では、昭和50(1975)年度頃には下水放水路のような様相を示していた中小河川がいくつもみられた。BOD年度平均値が悪臭を生じる限界と言われる10mg/Lを超えた地点は昭和45(1970)年度には測定地点46のうち15地点、昭和50(1975)年度には80地点のうち26地点に及んだが、そのほとんどは市街地を流れる中小河川であった^{6,7)}。県東部の市街地を流れ、特に汚濁が激しかった河川の一つである伝右川（伝右橋）のBOD年度平均値は、昭和46(1971)年度、470mg/Lという驚くべき数値を示し、翌年の昭和47(1972)年度も350mg/Lを記録したほか、以降、昭和54(1979)年度まで連続して90mg/Lを超えていた。また、同じく昭和46(1971)年度に古綾瀬川が240mg/L、昭和47(1972)年度に綾瀬川（内匠橋）が200mg/Lなど人口増加の著しい県東部、南部の汚濁が目立った。また、これ程ではなくも80~90mg/Lを超える汚濁がみられたのが藤右衛門川と笹目川であり、県南部、西部では白子川、黒目川、不老川など新河岸川支流の汚濁が顕著であった。特に、不老川（不老橋）は、昭和45(1970)年度の110mg/Lから3年連続して100mg/Lを超え、昭和59(1984)年度にも

100mg/Lを記録している。図2に昭和40年代から最近までの不老川と綾瀬川におけるBOD年度平均値の推移を示した。

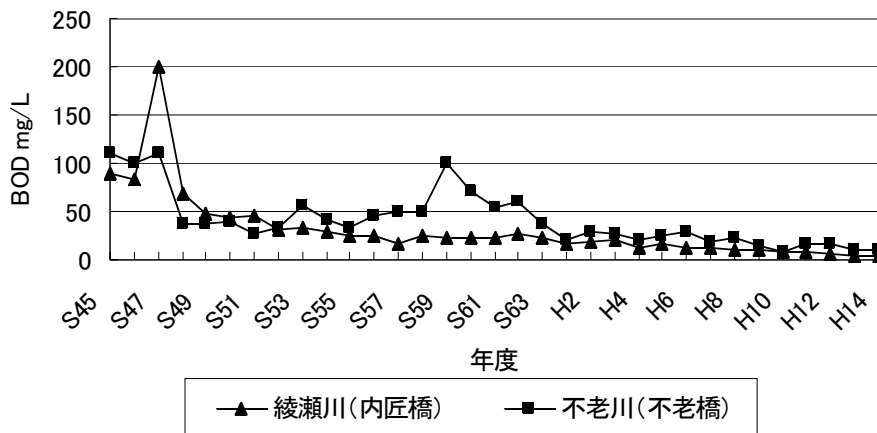


図2 BOD年度平均値の推移 (1)

逆に、昭和60(1985)年度頃以降、常に1mg/L以下の清流を保っているのは荒川上流(中津川合流点前)と高麗川(天神橋、高麗川大橋)である。図3に荒川上・中・下流域におけるBOD年度平均値の経年的推移を示した。

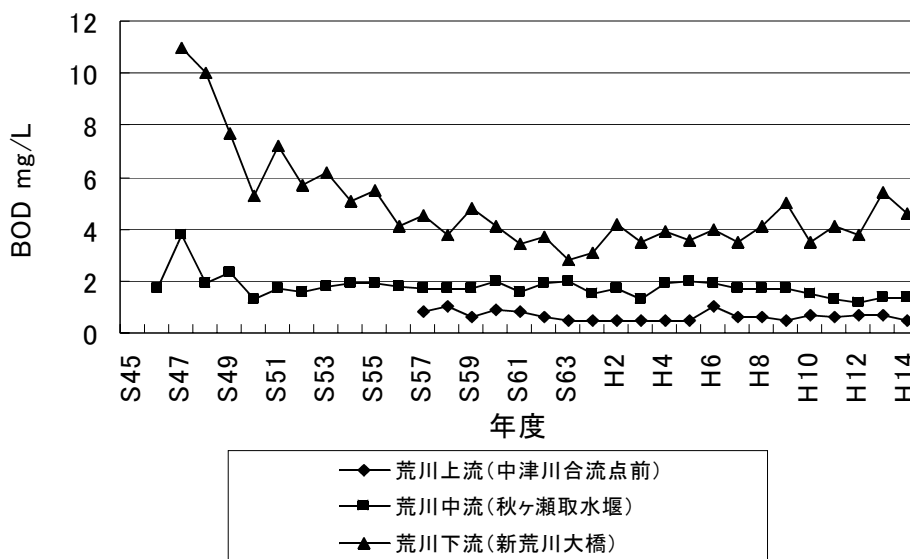


図3 BOD年度平均値の推移 (2)

ところで、BODの環境基準は水域毎に5段階の類型が設定されている。すなわち、汚濁の少ない水域からAA、A、B、C、D、E類型とされ、基準値はそれぞれ1、2、3、5、8、10mg/L以下とされており、これは行政上の目標値でもあるところから、適宜、上位類型への変更がなされている。しかし、すべての河川がこの類型指定をされているわけではなく、上記の昭和40年代に特に汚濁が激しかった伝右川、古綾瀬川、藤右衛門川などは類型指定がなされていない。

なお、平成14(2002)年度にはBOD年度平均値が10mg/Lを超える地点は藤右衛門川(12mg/L)と古綾

瀬川（15mg/L）の二カ所のみとなった⁹⁾。また、昭和60(1985)年度には1mg/L以下の地点は2カ所（荒川上流、高麗川）に過ぎなかったが、平成14(2002)年度には19地点（荒川上・中流域5地点、入間川上・中流域3地点、都幾川1地点、高麗川2地点、成木川1地点、赤平川1地点、利根川4地点、神流川2地点）にまで増加し、県内河川の水質は総体として改善されてきたことを示している⁹⁾。

3.1.3 河川水質浄化対策

すでに述べたように県内河川の主要な汚濁源は生活排水である。したがって、公共用水域の水質改善は、この生活排水を処理する下水道、農業集落排水施設、合併処理浄化槽などの整備が鍵になっていると言えよう。もちろん、このような行政主導の施策ですべてが解決するわけではない。地域住民の河川環境改善に対する意識の向上と協力が不可欠であることは言うまでもない。国や県は、いかに地域住民と一体となって河川浄化対策を推進するか模索してきたが、以下に述べる各施策の理念はその延長上にあるものといえる。

(1) 清流ルネッサンスⅡ

建設省（現国土交通省）が主導してきた我が国における河川行政は、平成年代に入って「多自然型川づくり」の推進に象徴されるように、人にとっての利便性追求を中心とする施策から生態系も重視する施策へと大きく変わった。その流れの中で、汚濁が著しく、水質改善が遅れている都市内河川を対象に、河川管理者、下水道管理者、地元市町村などが一体となって協議会を組織し、各関係者が合意の上で水質改善目標を定め、水環境改善事業を進めようという「水環境改善緊急行動計画」清流ルネッサンス21が全国的規模で始動した。

本県関係では平成4(1992)年に綾瀬川と不老川が、平成5(1993)年には芝川・新芝川がその対象河川となって事業が進められたが、いずれも平成12(2000)年度までに目標を達成できなかったとして、平成13(2001)年度からの「第二次水環境改善緊急行動計画」清流ルネッサンスⅡでも引き続き対象河川になっている。また、この清流ルネッサンスⅡでは、表1に示したように、新たに菖蒲川・笹目川、小山川・元小山川も対象河川に加わっている¹⁰⁾。

表1 清流ルネッサンスⅡ対象河川

水系名	河川名	都県	関連区市町
利根川	綾瀬川	埼玉県	川口市、さいたま市、岩槻市、上尾市、草加市、越谷市、鳩ヶ谷市、桶川市、八潮市、蓮田市、伊奈町
		東京都	足立区、葛飾区
荒川	菖蒲川、笹目川	埼玉県	川口市、さいたま市、蕨市、戸田市
荒川	不老川	埼玉県	川越市、狭山市、所沢市、入間市
荒川	芝川、新芝川	埼玉県	川口市、鳩ヶ谷市、さいたま市、上尾市、桶川市
利根川	小山川、元小山川	埼玉県	上里町、本庄市、岡部町、深谷市

(2) 清流保全計画

公共用水域のモニタリング結果からも明らかなように、県西部に広がる山地・丘陵地には清流と呼んでふさわしい水環境が保全されている。しかし、都市河川の水質汚濁が改善されているのに対し、これら河川上流域では1980年代から宅地開発等が進み、生活排水等に起因する汚濁が懸念された。そこで、県では平成元(1989)年から、汚濁のきざしが見られる県内の代表的な8流域について、

汚濁の進行を未然に防止し清流を維持していくことを目的に「清流保全計画」を策定し、総合的な各種施策の推進を図った¹¹⁾。

計画の策定に際しては、流域の地形、気象、人口、土地利用状況、下水道の整備状況及び浄化槽の設置状況など地域の現状と課題が抽出された。さらに地元の人たちにアンケートを実施し、対象河川の汚濁や浄化に対する関心や意見、要望などが把握された。また、河川流量、水質、汚濁負荷量^{*7}、底生動物や魚類の生息状況など河川の状況について、源流域から支川も含めて当時の公害センターが詳細に調査を行った¹²⁾。そして、それぞれの流域に応じた水質保全目標を掲げ（表2）、清流保全のための各種対策がまとめられた。

表2 「清流保全」対象流域と水質保全目標

年	対象河川流域	水質保全目標（年平均BOD）
元	入間川上流	<2mg/L（成木川合流点上流）
2	高麗川上・中流	<1mg/L（高麗川橋上流）
3	横瀬川	<2mg/L
4	都幾川	<2mg/L（東松山市境上流）
5	槻川	<2mg/L
6	越辺川	<2mg/L（高麗川合流前）
7	小山川	<2mg/L（一の橋上流）
8	赤平川	<2mg/L

公害センターが行った調査結果から底生動物による水質判定結果をみると、高麗川や入間川ではカジカ、カワゲラ類、トビケラ類など山地溪流性の生物種が多数出現しており、河川の清澄さが確認できた。ところが、小山川や槻川の調査下流地点では類数が減少し、水質階級で“汚い水”に生息すると判定されるユスリカ科、ヒル綱、ミミズ綱などが多数確認された。計画策定から10年前後が経過した現在までのBOD75%値の推移を、代表的な流域について図4に示す。

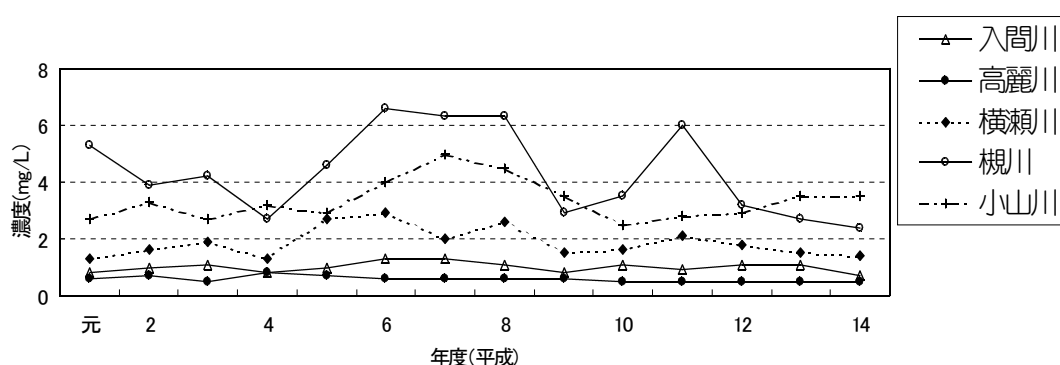


図4 河川上流域のBOD 75%値の推移

高麗川は継続してBOD1mg/L未満であり、県内水質ベスト地点の位置を確保している。図中の入間川のほか都幾川、赤平川も平成9年度以降は1mg/L前後と目標は達成しており、懸念された汚濁の進行もなく良好な水質が維持されている。一方、横瀬川及び越辺川は目標前後で推移し、小山川及び

槻川は目標値を常に上まわっている。このように、今回の対象流域では、ここ最近の汚濁の進行は伺えないが、元来、その流域で見られたであろう清流の河相にはほど遠い河川もあることから、目標に向けたより一層の保全対策の推進と継続的な河川モニタリングが不可欠であろう。

(3) 彩の国ふるさとの川再生プラン

本県の諸河川は、これまでにみてきたように、一定の改善傾向は見られるものの、どこまで改善されれば満足できるかという極めて難しい問題も残っていることは否めない。

また、現在の河川汚濁要因のうちで生活排水による負荷が極めて高いことを考えれば、一層の改善を進めるには地域住民の協力が不可欠である。そこで、改善目標の分かりやすいイメージを設定し、それに向けて行政サイドばかりでなく、県民、事業者も改善事業に自主的に取り組むといった協働作業を推進することが求められるようになった。

このような背景から、平成13(2001)年に学識経験者、住民代表、行政関係者からなる「彩の国ふるさとの川再生委員会」が立ち上げられ、目標別（共通）プラン、地域（水域）別プランの検討に入った。そして、平成15(2003)年にはこれらの具体的プランや行動指針をまとめたガイドラインが策定された¹³⁾。これによれば、目標のイメージとしては、昭和30年代前半ごろの河川環境を掲げている。我が国においては昭和30年代後半には高度経済成長が始まり、水質環境が急激に悪化した、それ以前のまだ健全な河川環境がどうか保たれていたころの水質が改善の目安とされたことになる。本県においては、昭和30年代中ごろから人口が急激に増加し、それに伴って河川水質の汚濁が急激に進んだところから、最も近い過去として同年代前半は目標としては適切であろう。

残念ながら、当時の水質を表す客観的なデータは極めて少ない。川で子供たちが水遊びをし、魚や水生昆虫がふんだんに獲れて当たり前の時代であり、人々の生活に川は溶け込んでいたわけであるから、その後招来する川の下水化には思いが至らなかったのも当然かもしれない。現在のよう水質モニタリング体制ができあがったのは昭和40年代で、すでに川の汚濁が顕著になってからである。

いずれにせよ、目標達成に向けた取組の骨子として目標別プランを掲げ、それを地域（水域）に適したやり方で各種施策を展開しようとしており、そのプランは次の3項目を柱としている。

- 1) 水質汚濁の改善
- 2) 河川流量・水循環の確保
- 3) 自然で多様な水辺環境の確保

この中で、1)の水質汚濁の改善に対しては、法や条例による規制あるいは下水道整備、合併処理浄化槽の普及など、これまでも様々な形で汚濁負荷軽減のための施策が進められてきた。もちろん、処理あるいは浄化技術の向上も負荷軽減に貢献してきたことは言うまでもない。しかし、水質を改善しただけでは水環境もしくは河川環境をトータルに改善できないことは改めて説明の要はないであろう。渇水期（冬期）に水質が悪化することは過去のモニタリング結果がよく示しており、その一例を図5に示す。

また、都市部での保水・遊水能力は近代化が進むにつれて失われ、表流水のみならず地下水や蒸発、降水で形成される自然界の水循環に悪影響を及ぼしているような現状から、2)の河川流量・水循環の確保を汚濁負荷軽減と同時に進めなければ河川環境改善の効果は半減する。さらに、水質が改善され、水量も十分にあって決して「健全な河川」とは言えない。そこに生物が棲める環境が確保されない限り、本来の河川が持つ多様な機能は回復しないからである。そして、逆に生物が

安心して棲むには水質の改善、水量の確保は欠くことのできない条件となる。つまり、上記3項目はどれが欠けても健全な河川環境は保たれない。

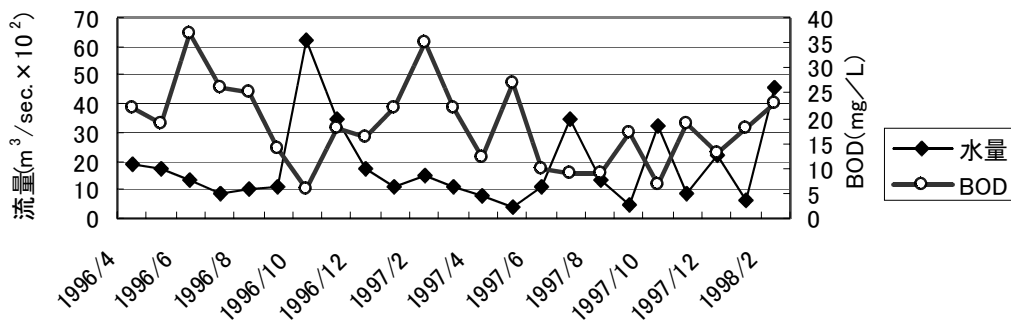


図5 流量とBODの経年変化(不老川・不老橋)

「ふるさとの川再生」計画では、これらを根底に据えて施策の方向を流域別に具体的に示しており、行政、民間事業所、県民が一体となってこれに取り組むことができれば、健全な河川環境を取り戻すのも夢ではないと考えられる。「彩の国ふるさとの川再生プラン」では県内河川を8地域に分け、26河川に農業用排水路を加えそれぞれ地域と水域の概要、特徴と課題、目標、施策の方向などを示している。

(4) その他

埼玉県その他の事業として、綾瀬川へは昭和62(1987)年から冬期に、不老川へは平成10(1998)年から通年、流量確保のための下水処理水の還流を行っている。また、国土交通省は綾瀬川・芝川へ荒川の水を平成15(2003)年から通年、また、綾瀬川放水路には緊急時に中川の水を平成8(1996)年から浄化のために導水している。

3.1.4 当所の取組

公共用水域における水質モニタリングについては国、政令市などと連携し、当所では県内89か所の測定点のうち15地点を分担し、毎月1回の採水と分析を行っている。定期的なモニタリングは地味な作業であるが、長期的な水環境の推移を見るには必要不可欠である。また、集積されたデータを解析することによって、実効性のある水環境政策をプランニングすることが始めて可能となる。

なお、特定地域のモニタリングについては、過去に県の下水道関連機関と協働で上述の不老川における下水道処理水還流事業を評価するために行ったことがあるほか、現在では希少種ムサシトミヨ^{*8}保護・繁殖のための元荒川上流地域における環境評価のために行っている。

また、当所では河川・湖沼の環境改善に関連して、化学物質の生体影響を検定するためのバイオモニタリング手法の開発、生物による水浄化機能の解析と応用、畜産排水からの栄養塩類の除去をはじめとする様々な研究を行っている。

3.2 化学物質

3.2.1 農薬

(1) はじめに

農薬は田畑、山林、ゴルフ場といったいわゆる開放系に使用されるため、これらの環境でどのよ

うに変化するのか、またどこへ行くのか、その運命が注目される場所である。

農薬はゴルフ場に散布された場合、そこに存在する芝や雑草、土壌中の微生物、太陽光線などの作用により分解されるが、一部は大気中への飛散や気化及び地下水への移行などが生じる。地下水汚染例として、アメリカのトウモロコシ栽培地域でのアトラジン問題が広く知られている。なお、日本では、アトラジンとよく似たシマジンという除草剤が使用されているが、地下水から検出されたという報告はなく、土壌の性質の違いによるものと思われる。

ゴルフ場での農薬問題の大半は、河川水への流出であると想定される。河川水の残留農薬については、平成2(1990)年5月に、当時の厚生省が水道水の観点から暫定水質目標値を定め、また環境庁はゴルフ場周辺の排水規制の観点から暫定指導指針値を決定した。それらの数値は表3に示した。

表3 ゴルフ場使用農薬の環境庁指導指針

	農薬名	排水の指針値(mg/L)	TLm48(mg/L)
殺虫剤	イソキサチオン	0.08	2.13
	イソフェンホス	0.01	5.1
	クロルピリホス	0.04	0.13
	ダイアジノン	0.05	3.2
	トリクロルホン	0.3	18
	フェントロチオン	0.1	8.2
殺菌剤	イソプロチオラン	0.4	6.7
	イプロジオン	3	16.6
	オキシ銅	0.4	0.18
	キャプタン	3	0.25
	クロタロニル	0.4	0.11
	チウラム	0.06	4
	トリクロホスメチル	0.8	2.13
	フルトラニル	2	2.4
除草剤	アジュラム	2	2000
	シマジン	0.03	40
	ナプロパミド	0.3	13
	ブタミホス	0.04	2.25
	プロピザミド	0.08	14
	ベンスリド	1	1.2
	ペンディメタリン	0.5	0.95

現在、ゴルフ場においても安全使用の考えが浸透して、魚毒性C以上のものは使わない、調整池に魚を飼って監視する等の体制が整えられている。なお、ゴルフ場で使用される農薬量は農耕地で使用される量の2%程度である。

量的に多いと思われる水田から灌漑用水や河川中に流れ出る農薬については、現在までの数万件に及ぶ分析結果から、河川水中の農薬濃度はある時期ピークに達するが、一過性であり、数週間後にはその100分の1以下に減少し、その最高濃度でも数10ppb程度であることが知られている。畑に散布された農薬については、土壌によく吸着されて分解消失されるため、散布した畑地周辺の河川を除き、下流の河川水中で検出される可能性は極めて少ないと考えられる。

(2) 汚染の現状

戦後の農薬使用の増加に伴い、BHC、DDT、ディルドリン、有機水銀剤等による食物及び環境の汚染が社会問題化したため、昭和46(1971)年以降「農薬取締法」の改正等による使用規制の強化がなされた。また、科学技術の進展による毒性及び残留性の低い農薬の開発により、以前のような危険

性の高い農薬は使用されなくなったり登録が失効したため、農薬による環境汚染の問題は少なくなってきた。

一方、昭和63(1988)年頃からゴルフ場の数が増加するにつれて、ゴルフ場で散布される農薬による環境汚染が社会的に関心の的となった。そこで、本県においては、ゴルフ場において使用される農薬が周辺の公共用水域の水質に及ぼす影響の調査を平成元(1989)年度に開始し、周辺環境の汚染を防止することを目的として平成12(2000)年度まで続けられた。採水は、公共用水域への排出口の直下及び複数ゴルフ場からの水が集合してくる河川で行われた。なお、調査時に排水水のなかったゴルフ場については、参考のためにゴルフ場内の調整池で採水したが、本稿では割愛した。

平成元(1989)年度から平成12(2000)年度までのゴルフ場直下の地点での農薬の検出数を表4にまとめた。なお、カッコ内の数値は埼玉県の水質目標値を超えた検体数である。期間中、ピリダフェンチオン、シマジン、プロピザミド、メコプロップに目標値違反が認められたが、その濃度は水質目標値をわずかに超過する程度であった。

表4 ゴルフ場直下での農薬検出数の推移

	農薬名	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度
殺虫剤	イソキサチオン												1
	イソフェンホス	1											
	クロルピリホス												
	ダイアジノン		1	3	3	1	3	2	1	2	1		1
	トリクロロホン			1		1						1	
	ピリダフェンチオン				3		3		1	2(1)	1		
	フェントロチオン		1	1		2	1	1	1	1			1
	アセフェート ☆			6	3	1	1	1			1	2	2
	イソプロチオラン		46	26	31	7	13	12	2	5	5		
	イプロジオン			2							1		
殺菌剤	エトリジアゾール												
	オキシシン銅												
	キャプタン									1			
	クロタロニル			1									
	クロネブ												
	チウラム				1								
	トルクロホスメチル				5	2	1	6	1	1			
	フルトラニル		61	47	49	25	33	40	3	13	8	4	
	ペンシクロン			1	2	5	1	5	1	6	1	1	
	メバラニル						1	3			1		
除草剤	メタラキシル ☆												
	アシュラム	1	3	6	18	6							
	シマジン		52(1)	26(2)	18	16(1)	6	1	4	1		3	
	テルブカルブ			28	36	28	27	16	6	5	5	2	
	ナプロバミド			1	1	1							
	ブタミホス			2		2		1					1
	プロピザミド			12(2)	10	2	2	2	2	4	3	2	
	ベンスリド			1	1								
	ベンフルラリン							1					
	ベンディメタリン			1		1		1				1	
メコプロップ			2(1)	23(1)	6	15	5	5	5	2	1	3	
メチルダイムロン			2	2		2	2						
トリクロピル ☆		4	8	18	10	4		2	5	5	1		
ジチオピル ☆													
ピリプチカルブ ☆													
	総検体数	205	39-172	120-160	183	146-193	101-168	103-148	95	109	86	70	1-26

注) ☆印は、環境庁が平成3年7月30日付けで指針値を追加した9種類の農薬

表4に記載された35の農薬のうち、検出率が5%を超えるものを、その大きい順に並べるとフルトラニル、テルブカルブ、イソプロチオラン、シマジン、メコプロップとなる。これらの農薬は、河川へ流出しやすいと考えられ、その対応としてはゴルフ場の排水口で活性炭吸着処理を行う等が考えられる。

河川での採水は昭和63(1988)年度から平成2(1990)年度までの3年間行われ、2年度においてのみイソプロチオラン、フルトラニルが環境庁の暫定指導指針値以下で検出された。

県内公共用水域での農薬測定においては、平成4(1992)年度まで有機リンが健康項目として測定されていたが、平成5(1993)年度からチウラム、シマジン、チオベンカルブに置き換えられ現在に至っている。さらに、平成7(1995)年度から要監視項目として新たに12項目の農薬が追加された。表5に示すように、健康項目の中では、シマジンは最も高頻度で検出されている。また、表6に示す要監視項目中では、イプロベンホスの検出率が13.7%と最も高く、次いでフェニトロチオン、ダイアジノンといった殺虫剤が続いた。

主な農薬の検出濃度範囲をみると、シマジン0.0003-0.004mg/L、イプロベンホス0.0002-0.0086mg/L、ダイアジノン0.0005-0.0039mg/L、フェニトロチオン0.0002-0.0013mg/Lであり、既往の報告の範囲内であった。

表5 健康項目における3種の農薬の検出数の推移

	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	14年度
シマジン	0	7	2	6	6	0	6	3	0	4
チウラム	1	0	0	0	0	2	0	0	1	2
チオベンカルブ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
地点数	89	89	89	89	89	89	89	89	88	88

注) 検出限界[mg/L]: シマジン~0.0003、チウラム~0.0006、チオベンカルブ~0.002

表6 要監視項目農薬の検出数の推移

	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	14年度
イソキサチオン	0	0	0	0	1	0	0	0
ダイアジノン	3	2	0	1	2	2	1	0
フェニトロチオン	0	0	4	0	5	2	4	0
イソプロチオラン	1	1	0	0	3	0	0	0
ジクロルボス	0	0	0	0	0	1	1	1
フェノブカルブ	0	0	0	0	2	0	0	0
イプロベンホス	4	7	1	3	3	3	8	5
地点数	21	26	26	30	34	40	37	35

注) 検出限界[mg/L]: イソキサチオン~0.0008、ダイアジノン~0.0005、フェニトロチオン~0.0003、イソプロチオラン~0.004、ジクロルボス~0.0008、フェノブカルブ~0.002、イプロベンホス~0.0008

(3) 対策

国内で販売される農薬は、汚染の未然防止のため、農薬取締法により残留性、毒性、水質汚濁性等についての検査を経て登録を受けなければならないこととされており、①農作物等の残留性に係るもの、② 土壌残留性に係るもの、③水産動植物に対する毒性に係るもの及び④水質汚濁に係るものについて、農薬の登録保留の基準を設定している。このうち、農作物等の残留性に係る基準については、平成15(2003)年度現在、383農薬について定めており、土壌残留性に係る基準についても共通の基準を定めている。

また、平成14(2002)年度に起きた無登録農薬の販売問題に対処するため、農薬取締法は大幅に規制が強化されたが、一方で特定農薬制度が新たに導入され、重曹、食酢及び使用場所周辺にもともといた天敵が環境にやさしい農薬として指定された。

ゴルフ場農薬対策として、県では「埼玉県ゴルフ場農薬安全使用指導要綱」を制定し、農薬によ

る被害の防止及び周辺環境の保全のため、ゴルフ場事業者に対する指導の強化を図った。具体的には、水質目標値を超えて農薬が検出されたゴルフ場に対し、農薬の使用状況の立入調査の実施、農薬の適正使用、水質の自主測定等の指導を行うこととなった。

近年、従来型の合成有機物に代わって微生物やその毒素も農薬として商品の一角を占めるようになった。しかし、本来農薬の使用は生物活性を有する物質を環境中に放出するものであり、今後とも、人体や環境に悪影響を及ぼすことのないよう、適正に安全性を評価し、管理していくことは必要である。

(4) 当所の取組

当所では例年、公共用水域の監視事業の一つとして農薬測定を実施してデータを集積し、各測定点の特徴把握を行っている。また、魚浮上等の水質事故時の対応では、各環境管理事務所との緊密な連携の下、早急な原因究明に努めている。

3. 2. 2 未規制化学物質

(1) はじめに

これまで様々な化学物質が製造され、人間活動の様々な場面で利便をもたらしてきたが、一部は人の健康や生態系に悪影響を及ぼすものも含まれていた。

昭和48(1973)年に「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」が公布され、新規の化学物質については、難分解性、高蓄積性及び慢性毒性等があるかどうかをその製造又は輸入前に審査し、それらの性状をすべて有する化学物質を特定化学物質として指定し、製造、輸入、使用等の規制を行ってきた。また、蓄積性はないものの難分解性であり、かつ慢性毒性等の疑いがある化学物質を指定化学物質として指定し、製造量等の監視を実施している。

ここでは、上記以外で環境基準、排水基準等がなく規制の対象とならない有機化合物を「未規制化学物質」と呼ぶこととする。身近なものとして、陰イオン界面活性剤のひとつである「直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩」(以下、LAS^{*9}と略す)や非イオン界面活性剤^{*10}の「ポリ(オキシエチレン)アルキルエーテル」(以下、AEと略す)がある。

平成8(1996)年に刊行され、世界的に反響を呼んだColbornらによる著書 "Our Stolen Future" (邦訳「奪われし未来」)では、有機塩素化合物、ノニルフェノール、DDT、クロルデンなどの化学物質が人の健康影響や、野生生物への影響をもたらしている可能性が指摘されている。生体内に取り込まれて内分泌系(ホルモン系)に影響を及ぼす化学物質は、内分泌かく乱化学物質(いわゆる環境ホルモン)と呼ばれ、現在も精力的に研究が推進されているが、まだ研究途上にあるため、どの物質が内分泌かく乱化学物質なのか、どんな生物にどのくらい影響を及ぼしているかという定説が未確立の段階である。

内分泌かく乱化学物質の主な種類として、①産業化学物質(合成洗剤、塗料、化粧品、プラスチック可塑剤等)、②ダイオキシン、③農薬(除草剤、抗菌剤、殺虫剤等)、④医薬品(合成ホルモン)及び⑤天然物質がある。内分泌かく乱化学物質関連の未規制化学物質は、①の産業化学物質が数多く該当し調査事例もあるので、以降は①に焦点を当てて解説する。なお、現在では「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(PRTR^{*11}法)の施行により、多くの未規制化学物質がPRTR法対象物質に指定されている。

(2) 汚染の現状

LASやアルコールエトキシサルフェート（AES）を主体とする陰イオン界面活性剤を総括的に分析する方法としてメチレンブルー活性物質法（MBAS*¹²法）があり、この分析法を使用して30年以上にわたり公共用水域の測定データが蓄積されている。図6に県南部の主な測定点の濃度推移を示す。多少の変動はあるもの着実に減少傾向にあることが分かる。

また、平成8（1996）年度から非イオン界面活性剤の間接測定も開始された。その一部を表7に示したが、緩やかな減少傾向にあることが分かる。

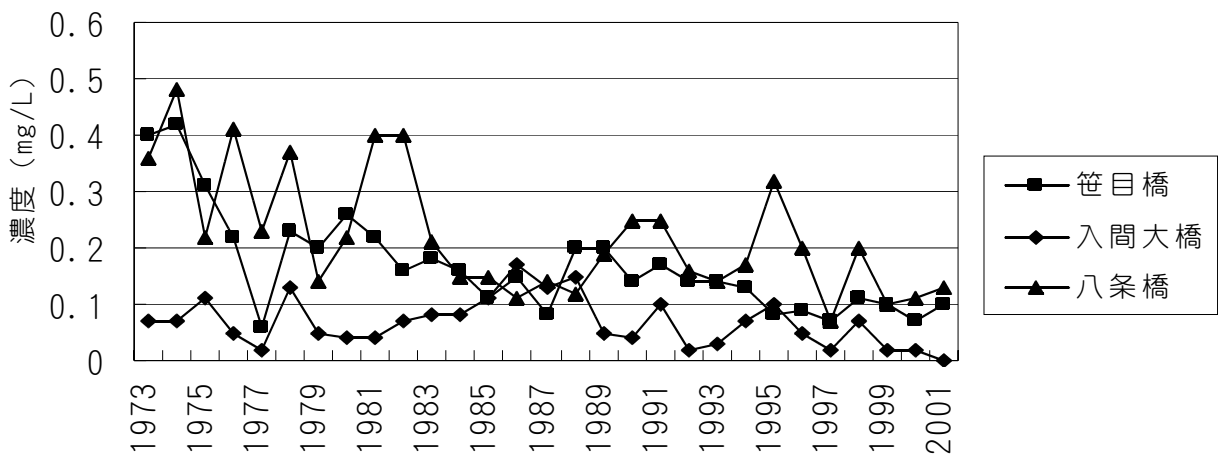


図6 MBAS濃度年度平均値の推移

表7 主要河川の非イオン界面活性剤年度平均値の推移 単位：mg/L

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
入間川・富士見橋	0.46	0.10	0.09	0.10	0.11	0.05
中川・豊橋	0.22	0.11	<0.05	0.06	0.14	0.06
新河岸川・いろは橋	0.20	0.14	0.07	0.07	0.14	0.05

平成元(1989)年度から平成11(1999)年度までの公害センター時代に公共用水域で検出された未規制化学物質で検出率50%以上のものを表8にまとめた。低濃度ではあるが、アニリン類、アミド類、スチレン及びリン酸トリエステル類による汚染が際だっていることが判明した。

内分泌かく乱化学物質関連では、平成11(1999)～12(2000)年度に実施された河川の実態調査結果を表9、表10に示した。土壌中で検出率50%の物質は、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルのみで27-130 mg/kgであった。魚類では50%以上の検出物質はなかった。

上記の物質は、いずれもプラスチック可塑剤、樹脂関連物質、紫外線吸収剤といった産業化学物質群である。

表8 河川における検出率50%以上の未規制化学物質

分類	物質名	検出範囲[ug/L]
アニリン類	アニリン	0.03-3.3
	p-トルイジン	0.02-0.18
アミド類	アクリルアミド	0.02-38
	N,N-ジメチルホルムアミド	0.2-23
芳香族炭化水素	スチレン	n. d. -5.7
リン酸トリエステル類	リン酸トリエチル	0.012-0.091
	リン酸トリ-n-ブチル	0.014-0.36
	リン酸トリ-2-クロロエチル	0.022-0.75
	リン酸1,3-ジクロロ-2-プロピル	0.013-0.041
	リン酸トリス-2-ブトキシエチル	0.17-2.2
	リン酸トリフェニル	0.009-0.16

表9 河川水における検出率が50%以上の
内分泌かく乱作用の疑いのある化学物質

物質名	検出範囲[ug/L]
ノニルフェノール	n. d. -2.7
4-t-オクチルフェノール	n. d. -0.31
ビスフェノールA	n. d. -0.32
アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル	n. d. -0.04
ベンゾフェノン	n. d. -0.08
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	n. d. -42

表10 河川底質水における検出率が50%以上の
内分泌かく乱作用の疑いのある化学物質

物質名	検出範囲[ug/L]
ノニルフェノール	n. d. -7500
4-t-オクチルフェノール	140-350
ビスフェノールA	n. d. -13
アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル	n. d. -3800
フタル酸ジエチル	10-20
ベンゾフェノン	17-31

(3) 対策

環境庁（現環境省）では、内分泌系に作用する化学物質に関する世論が高まる中、平成10(1998)年5月、いわゆる「環境ホルモンSPEED'98」を作成し、同問題に対する国の対応を広く国民に示した。本方針に基づき、平成10(1998)年度から一般環境中での検出状況及び野生生物における蓄積状況等を全国規模で調査する取組を実施してきた。さらにOECDを中心として先進各国が協力・分担して取り組んでいるスクリーニング試験等の開発に参加している。リスク評価等調査研究では、優先性の高い4物質（トリブチルスズ、4-t-オクチルフェノール、ノニルフェノール、フタル酸ジ-2-ブチル）をはじめとして、実施しているところである。

埼玉県では、これまで生活排水対策として合併処理浄化槽の普及、公共下水道の整備に努めてきた。また、洗剤自体もコンパクト化が進み、排出量が減少してきている。結果として、すでに述べたように河川中の界面活性剤濃度の緩やかな低下がもたらされた。

また、平成元(1989)年度から環境部に未規制物質に係る施策の総合的企画及び調整を図るため専門の担当を置き、汚染の未然防止対策を中心に据えた取組を開始した。

同時に、学識経験者の指導助言を得るため「未規制物質対策専門委員会（現化学物質対策専門委員会）」を設置し、工場・事業場における使用実態調査、環境モニタリング調査、分析法開発等を実施して、事業所における化学物質の使用等に関する実態把握に努めてきた。

これまでに特定の発生源からの影響を受けない地点を選んで調査された物質群は、揮発性化合物、アニリン類、アミド類、ハロゲン化炭化水素（現在は規制されている）、フェノール類（規制物質）、芳香族炭化水素類（ベンゼン、トルエン、キシレンは規制されている）及びリン酸トリエステル類

であった。

さらに、内分泌かく乱化学物質に関しては、平成10(1998)年5月に副知事を議長とする「埼玉県内分泌かく乱化学物質問題連絡会議」を設置して情報収集、情報交換に努めた。平成10(1998)～平成12(2000)年度まで、大気、底質、水質、土壌そして魚類まで、くまなく実態調査を実施した結果は前出の表9及び表10に示したとおりである。平成13(2001)年度以降は、鴨川や新芝川といった中小河川にフィールドを移し、アルキルフェノール類^{*13}やフタル酸エステル類を中心とした測定に加え、コイのピテロジェニン^{*14}や生殖腺の異常検査も測定項目に組み込んだ調査を開始した。

(4) 当所の取組

標準物質の入手難という事情もあって、これまで公共用水域の非イオン界面活性剤構成成分のデータはほとんど存在しなかった。「非イオン界面活性剤及びその分解物に関する研究(2000-2003)」によって、ノニルフェノールポリエトキシレート及びポリ(オキシエチレン)アルキルエーテルの存在濃度を明らかにし、同時に季節変動の知見も得た。

また、「内分泌かく乱化学物質が水圏生態系に及ぼす影響機構の解明及び保全手法の検討に関する研究(2000-2004)」では、幼生期のカエルを内分泌かく乱化学物質に暴露させたときの生殖腺の変化等について研究を進めた。

4 湖沼水

4.1 はじめに

湖沼学の先覚者スイスのフォーレルによると、「湖沼とは四方陸地に囲まれた窪地の中にあり、海とは直接に連絡していない制止する水塊である」と定義される¹⁴⁾。さらに、フォーレルは、湖、沼及び沼沢を主として深さと水性植物群とから区別しており(表11)、沿岸植物の侵入を受けないだけの深さの中央部を有する湖は水深が5～10m、沈水植物が至る所に繁茂する沼は水深が1～5m程度、至る所に挺水植物(抽水植物)が繁茂する沼沢は沼より更に浅いものとしている¹⁴⁾。

これに対して、池は通常湖又は沼の小さいもので、特に人工的に掘ったものや谷を堰き止めて作られたものをいい、湖、沼及び沼沢とは系列の異なる語とされる¹⁴⁾。

表11 湖沼等の定義

水塊	水生植物*	水深*	成因**
湖	沿岸植物の侵入を受けないだけの深さの中央部を有する	5～10m	天造
沼	至る所に沈水植物が繁茂する	1～5m	天造
沼沢	至る所に挺水植物(抽水植物)が繁茂する	<1m	天造
池	湖や沼の小さいもので人工的に掘ったものや、谷を堰き止めて作られたもの	—	人為

* フォーレル(スイス)による分類

**明治5年地所名称区別細目による分類

一方、明治5年地所名称区別細目では、湖と沼は天然の水塊とし、堰など人為的に作られたものを池として区別されているようである¹⁴⁾。この分類を適用すれば、霞ヶ浦は「湖」、手賀沼は「沼」そして香川県の満濃池は「池」となる。

さらに、世界的に貴重な湿地を保全するための国際条約「特に水鳥の生息地として国際的に重要

な湿地に関するラムサール条約」では、天然、人工、止水、流水、淡水、塩水を問わず、沼沢地、原、泥炭地又は水域及び低潮時に6mを超えない海域を湿地としている。したがって、湖沼、ため池、川、水田及び沿岸部などが湿地に該当する¹⁵⁾。

埼玉県には、琵琶湖、霞ヶ浦、手賀沼、満濃池そして釧路湿原のように我が国を代表するような有名な湖沼や湿原はない。しかし、多くの湖沼やため池、貴重な湿原も現存しており、それらが貴重な水環境である点で変わりはなく、県や当所においても保全のための取組を行っているところである。本章では、県内湖沼等の現状を紹介するとともに対策について述べる。

4.2 湖沼の現状

4.2.1 ダム湖

県内の湖沼のほとんどは、洪水の調整、発電、水道用水及び農業用水の確保といった目的で作られた人工湖（ダム湖）である。ダム湖の一覧を表12に示す。河川法第44条には、ダムについて「河川の流水を貯留し、又は取水するため第26条第1項の許可を受けて設置するダムで、基礎地盤から堤頂までの高さが十五メートル以上のものをいう」と定義されている。河川法で規定されているダムは、計画、休止中を除き、建設中の滝沢ダムを含めると県内に13か所存在する。

このうち、下久保ダム貯水池（神流湖）及び二瀬ダム貯水池（秩父湖）の2湖沼2地点でそれぞれ水資源機構及び国土交通省によって水質モニタリングが行われている。これは、県内で初めて河川類型指定のAA類型から湖沼類型指定^{*15)}のA類型及び湖沼Ⅲ類型が当てはめられたことにより（平成15(2003)年3月27日、環境省告示）、平成15年度から水質測定を開始したものである。

平成15年度の測定結果では、人の健康の保護に関する環境基準（健康項目）及び生活環境の保全に関する環境基準（生活環境項目）が達成されている。

表12 埼玉の人造湖

ダム名	湖名	河川名	ダム位置*	ダム 堤高 (m)	総貯水 容量(千 m3)	完成年度
有間	名栗湖	有間川	飯能市	83.5	7,600	S60
権現堂調節池	行幸湖	中川	幸手市	14.5	4,113	H3
合角	西秩父桃湖	吉田川	秩父郡吉田町	60.9	10,250	H14
大野		都幾川	比企郡都幾川村	60.0	1,270	休止中
二瀬	秩父湖	荒川	秩父郡大滝村	95.0	26,900	S36
渡良瀬遊水池(1期)	谷中湖	渡良瀬川	北埼玉郡北川辺町、 栃木県、群馬県	6.5	26,400	H14
荒川第一調節池	彩湖	荒川	戸田市、さいたま市、 和光市		11,100	一部完成
荒川中流流水総合改善(六堰)		荒川	大里郡川本町			H14
大洞		大洞川		155.0	33,000	調査中
下久保	神流湖	神流川	児玉郡神泉村、 群馬県	129.0	130,000	S43
浦山	秩父さくら湖	浦山川	秩父郡荒川村	156.0	58,000	H10
滝沢		中津川	秩父郡大滝村	140.0	63,000	H19
大洞		大洞川	秩父郡大滝村	24.7	110	S35
玉淀	玉淀湖	荒川	大里郡寄居町	32.0	3,324	S39
山根溜池	鎌北湖	越辺川	入間郡毛呂山町	27.0	300	S12
間瀬	間瀬湖	間瀬川	入間郡児玉町	27.5	560	S13
宮沢溜池	宮沢湖	小群川	飯能市	18.5	852	S16
円良田	円良田湖	逆川	大里郡寄居町	21.0	661	S29
山口貯水池	狭山湖	多摩川	所沢市	35.0	20,649	S9

*平成17年1月1日現在

県土整備部河川砂防課作成資料「埼玉のダム」より抜粋、一部改変

表13 埼玉県の調査対象湖沼

分類	湖沼名称(所在市町)
人工湖沼	玉淀湖(寄居町)
	円良田湖(寄居町・美里町)
	間瀬湖(児玉町)
	鎌北湖(毛呂山町)
	宮沢湖(飯能市)
	伊佐沼(川越市)
天然湖沼	柴山沼(白岡町)
	山ノ神沼(蓮田市)
	別所沼(さいたま市)

埼玉県庁HP「平成15年度湖沼水質調査結果について」より

また、県は県内の主要な9湖沼（表13、一部はダム湖であり表12と重複する）を対象とした水質調査を年2回（夏季・冬季）実施しており、その結果を図7に示す。CODで評価した湖沼の水質は依然として横ばいもしくは悪化している状態にある。

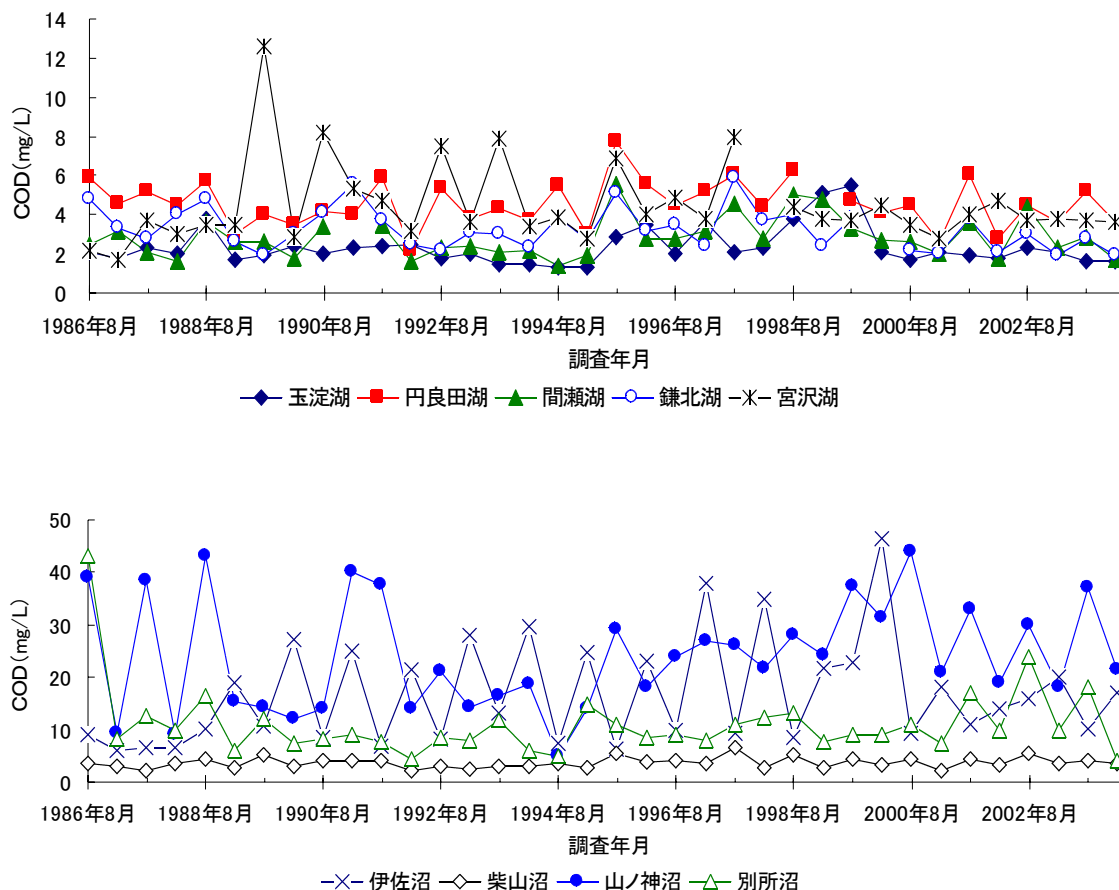


図7 埼玉県湖沼水質の経年変化

4.2.2 ため池

ため池は、稲作の伝来と共に発達したと考えられるが、最も古いものは弘法大師が作ったといわれる満濃池である。最も多く作られたのは水田の造成が盛んであった江戸時代である。ため池は、灌漑用に作られた人工物ではあるが、古くから人々の生活に密着したものであり、貴重な水辺空間であったといえる。また、現在では、絶滅が懸念される生物の生息場所としても重要な役割を担っている。

県内には貯水量が1,000m³以上のため池が512か所存在する（平成16年1月1日現在、埼玉県農村整備計画センター調べ）。ため池は造形成態から、谷を堰堤でせき止めた「谷池」と平地に堤を築いてその中に水を貯めた「皿池」に分類される¹⁶⁾が、県内のほとんどのため池は山地～丘陵地帯に分布しており、皿池は少なく谷池が多いことが特徴である（図8）。

ため池が多く分布する地域では、農業用水の確保が困難であったことが想像される。香川県が平

成12(2000)年度に行った、ため池実態調査では全国におよそ20,500か所のため池が存在する。最もため池が多いのは、兵庫県で約44,000か所である。埼玉県のため池数は全国で42番目にあたる。また、都道府県あたりのため池密度(か所/km²)は、埼玉県は0.14か所/km²で全国第35番目になる。

県内の市町村ごとのため池数を見てみると、滑川町が最も多く115か所現存し、以下、東松山市、嵐山町、小川町、そして鳩山町の順に数が多く、県内ため池の約63%が上位5市町村に集中していることになる(図9)。滑川町のため池密度は0.25か所/km²であるが、これは全国25位の千葉県に相当する。なお、県内の貯水量が1,000m³未満のため池については実数が把握されておらず、それらのため池を加えると、実数は1,000を超えるのではないかと想像される。

また、公園の池も比較的小規模ではあるが、釣りや散策や水鳥などの観察を通じて人々の生活に潤いを与える役割を担っており、例えば別所沼(さいたま市)などがある(図10)。しかし、このような公園の池についても水質が悪化してアオコによる苦情もあるため、早急な改善が必要と思われる(図7)。そのほか、湿地に含まれる池沼としては、羽生市の羽生水郷公園で「宝蔵寺沼ムジナモ(食虫物)自生地」が国指定天然記念物として保存されている¹⁸⁾。

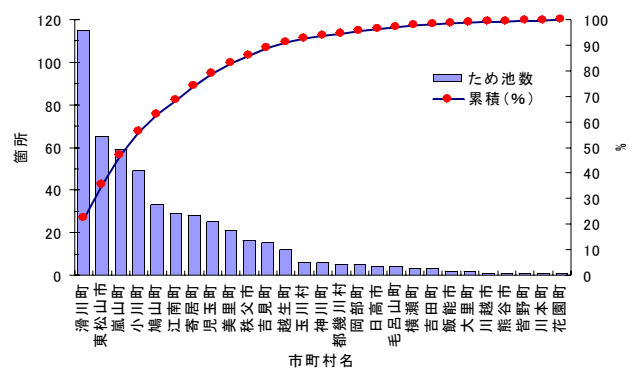
4.2.3 湿原

本県の湿原は、低地に見られるものや丘陵地や台地の谷地の湧水湿地があり、豊かな水辺環境を形成し、多くの野生動植物が生息・生育する場所として重要な役割を担っている¹⁷⁾。

しかし、近年、都市化の急速な進展により、埋立て、生活排水の流入等による水質の悪化、森林や水田の減少等による湧水の涸渇などが進み、豊かな水辺環境が急速に失われつつある¹⁷⁾。県内の低地湿原は加須市周辺に分布しており、加須市の「加須の浮野とその植物群」は県の天然記念物に指定されている¹⁵⁾。



図8 比企丘陵地帯のため池
(金沼・比企郡滑川町)



4.3 埼玉県湖沼対策

湖沼水の対策として県は、今後も継続して公共用水域の常時監視に努め、生活環境項目にかかる環境基準を長期間にわたり達成している水域については、順次、上位類型への見直しを検討し、さらなる水質改善を図ることとしている。具体的な対策としては、公共用水域の水質汚濁を改善するため、下水道をはじめ農業集落排水施設、合併処理浄化槽などの各種生活排水処理施設の整備、水質汚濁防止法、埼玉県生活環境保全条例に基づく工場・事業場に対する排水規制の遵守の徹底などである。

また、県内の豊かな湿地環境を保全・創造するための基本的な方向を示した「彩の国 湿地・湧水地保全基本計画」を平成10(1998)年3月に策定し、その普及に努めている¹⁷⁾。

4.4 当所の取組

当所では、環境庁（現環境省）の委託業務として、鎌北湖において酸性雨モニタリング（陸水）調査を昭和63(1988)年度から始め、平成14(2002)年度（平成11年度は浚渫工事により中断）まで行った。この調査により、鎌北湖は当面酸性化しないことのほか、水質の詳細な季節変動や水収支などが明らかとなった¹⁹⁾。

さらに、平成17(2005)～18(2006)年度の2年間、環境技術実証モデル事業湖沼等水質浄化技術分野の実証機関として、別所沼において計5技術に対する実証試験を行った。この試験施設の外観を図11に示す。別



図11 別所沼における湖沼浄化技術実証試験施設

所沼のような都市公園としてよく整備された池や沼において、水質悪化が全国で問題になっており、本事業はそれら汚濁池沼の浄化モデルと言える。また、汚濁湖沼対策として、できるだけ自然に優しい浄化方法を活用するために、既存生態系を活用したバイオマニピュレーション手法による水質改善に関する研究を鎌北湖をモデル湖沼として行った。その結果、鎌北湖に生息している動物プランクトンは植物プランクトンの除去に寄与していることが明らかとなった²⁰⁻²³⁾。

4.5 湖沼の今後の課題

我が国では、河川の浄化対策は比較的進んでいるものの、湖沼については水質データを見る限り依然として富栄養化^{*16)}の問題は改善されておらず、県が行っている湖沼調査結果からも同様の傾向が見られる（図7）。したがって、湖沼の富栄養化問題は、湖沼に流入する負荷量を削減するための行政施策及び湖沼浄化手法に関する研究分野において、両者が従来に増して協力して精力的に取り組むべき課題と思われる。

ため池は人工的に造られた水塊で、人により管理されて維持されてきた歴史があるが、現在では絶滅が懸念される生物の生息場所としても重要な役割を担っている。特に滑川町では、東京近郊に

立地していながら、100を超えるため池がほとんど昔のままの状態に残されているが、これらは極めて貴重な水環境として重要なことである。今後もきちんと管理、保存していくことにより、農村の原風景やそこに生息する生物が維持されていくであろう。そのためには、生態系調査や保全のための行政支援も必要と思われる。

5 汚濁負荷とその対策

5.1 汚濁負荷の現状

平成13(2001)年度におけるBODの発生源別負荷割合から県内河川の有機汚濁の原因を発生源別にみると、生活雑排水とし尿を合わせた生活系が73.5%、産業系が18.0%、畜産系が4.7%、その他が3.8%となっている⁸⁾。最も汚濁が進んでいた頃の昭和45(1970)年度には、中川・綾瀬川流域で生活系30%、産業系63%、畜産系及びその他7%であり、荒川流域でそれぞれ32.5%、42.5%、25.0% (埼玉県全体では、それぞれ38%、55%、7%)であったように産業系の比率が高かった⁵⁾²⁴⁾。これが、昭和50(1975)年度には全県の総計で、それぞれ68.4%、29.5%、2.1%になり²⁵⁾、工場排水規制によって産業系負荷割合がすでに減り始め、相対的に生活系負荷割合が増えてきたことがみてとれる。県内では、すでに昭和60(1985)年度にはほぼ現在の比率に近い生活系73.9%、産業系18.7%、畜産系4.9%、その他2.4% になっているが²⁶⁾、現在の負荷量はおよそ当時の65%であり、昭和45(1970)年度と比較すると50%以上も減少してきている。

5.2 生活排水

5.2.1 はじめに

高度経済成長期以降、南東部を中心に急速な開発・人口増加が進んだ本県では、排水規制等により対策が図られた産業系の排水に比較して、生活系排水については対応が十分とはいえず、早急な対策が求められている。ここでは、本県における生活系排水の現状と、その対策技術・普及状況等について述べる。

5.2.2 生活排水の現状

生活排水とは、私たちの日常生活に伴って排出される汚水のことであり、し尿あるいは水洗便所排水と生活雑排水に大きく分けることができる。し尿あるいは水洗便所排水については、通常何らかの処理の後に公共用水域に放流されている。しかし、台所・風呂・洗濯等からの汚水、すなわち生活雑排水については、法的な規制がないため、下水道や合併処理浄化槽^{*17)}等が整備されていない地域では、ほとんど垂れ流しになっているのが現状である。これらの汚水は、側溝や排水路を経由して河川・湖沼等に流入し、水質悪化や閉鎖性水域の富栄養化を招くこととなる。実際、河川の有機汚濁について発生源別にみると、上述のように約4分の3が生活排水に起因しているが、さらにその約4分の3が未処理の生活雑排水によって占められている。

近年では、法規制等により対策が進みつつある産業系の排水に比較して、生活系、特に生活雑排水が、水域への汚濁負荷の大きな割合を占めてきている。こうしたことから、私たちの日々の生活における汚水対策は、ますます重要な位置づけとなっている。

5.2.3 埼玉県的生活排水対策

生活排水の処理は、個別処理と集合処理の2方式に大きく分けることができる。前者は、建物敷地内に汚水処理装置を設置し、各戸ごとに処理を行うものであり、合併処理浄化槽等がある。後者は、各戸から排出される汚水を、管渠を経由して集合的に処理を行うものであり、下水道、農業集落排水施設^{*18}、コミュニティ・プラント^{*19}等がある。処理方式・施設の特性や、経済性等を考慮しつつ、地域の実情に適したものを採用・整備することとなる。

例として下水道整備の経緯を取りあげると、本県における公共下水道^{*20}の歴史は古く、川越市では昭和6(1931)年には事業に着手しており、供用開始が最も早かったのは川口市で昭和34(1959)年であった。また、本県は、昭和40(1965)年には我が国で最初の流域下水道^{*21}基本計画を策定しているが、当時の公共下水道普及率はわずか4.8%であったとされている。その後、昭和45(1970)年に水質汚濁防止法が制定されると下水道法も改正され、公共用水域の水質保全もその目的の一つとされたことにより、下水道の果たすべき役割が著しく増大した。しかし、昭和50(1975)年度でも、その普及率は17.4%にすぎず、これが50%を超えたのはようやく平成3(1991)年になってからである。その後は順調に整備が進み、平成8(1996)年度には60%を、平成14(2002)年度には70%を超え、平成15(2003)年度には71.6%に達している(図12)。

本県における生活排水対策を政策面から眺めてみると、生活排水処理施設の効率的な整備を進める目的で、平成10(1998)年度に「埼玉県生活排水処理総合基本構想」を策定している。次いで平成16(2004)年度には、より効果的かつ経済的な生活排水処理施設の整備を図る目的でこれを見直し、「埼玉県生活排水処理施設整備構想」を策定し

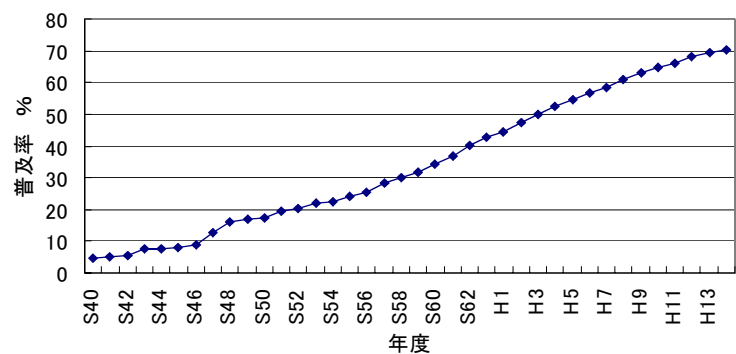


図12 埼玉県公共下水道普及率

ている。これによると、平成14(2002)年度に78.3%であった下水道、農業集落排水処理施設、コミュニティ・プラント、合併処理浄化槽による生活排水処理率を、平成22(2010)年度までに88%にまで引き上げることが目標としている。これによって、平成14(2002)年度時点でBOD平均値が10mg/Lを超えているような不老川(不老橋)や鴨川(中土手橋)でも、平成22(2020)年度までには10mg/L以下になるといった、公共用水域の水質改善効果も試算されている。

5.2.4 生活排水対策の今後の展開

水環境の保全・修復を図る上での生活排水対策の重要性については既に述べてきたとおりであるが、処理技術の面からは、従来方式のBOD(有機物)除去だけでは不十分であり、窒素・リンへの対策についても必要不可欠であることがわかってきた。この窒素・リンは、栄養塩類と呼ばれ、生活排水にも多量に含まれている。そして、湖沼等の富栄養化のみならず、窒素については地下水の硝酸汚染も引き起こすことから、窒素・リン除去型の汚水処理技術の開発と普及が急務となっている。

BODのみの処理に対して、窒素・リンについても処理対象とする場合、「高度処理」と呼ばれることが多い。下水処理の場合は、単に高度処理(施設)と呼ばれるが、浄化槽では、従来の合併処理

浄化槽に対して、窒素・リン除去型のもは高度合併処理浄化槽と呼ばれている。高度処理方式では、従来方式ではほとんど除去が期待できなかった窒素・リンの除去率がそれぞれ80%以上程度にまで向上することから、整備と適正な使用により水域への汚濁負荷を大きく削減できると考えられている。

一方、我が国の施策として、人口・産業等が集中する広域的な閉鎖性海域の水質汚濁を防止する目的で、水質総量規制制度が導入されており、東京湾が指定水域、本県が指定地域の一部となっており、窒素・リンが規制対象項目に加えられている。中・大規模事業場が主な規制対象施設となっているが、生活排水関連では、201人以上のタイプの浄化槽と下水道全てがこれにあたり、高度処理施設化が進められている。しかしながら、総量規制地域における汚濁負荷量の試算からすると、201人以上の浄化槽と規制の対象とならない200人以下の浄化槽の比率は1：4であり、小規模浄化槽の占める汚濁負荷割合が大きいことから、これらも含めた生活排水全般を対象とした、高度処理方式の普及促進が重要であると考えられる。

5.2.5 当所の取組

当所では、国設機関や大学等との密接な連携の下、技術開発を進めている。発生源対策としては、浄化槽や土壌を活用した高度処理技術や、水生植物等を活用した三次処理技術の研究開発を行っている。また、生活排水等により既に汚濁の進んでしまった水域に対しては、炭や水生植物を活用した水質浄化法についての研究開発を行っている。

一方、当所は、環境教育・情報発信等にも力を入れていることから、地域や学校等において、生活排水対策の必要性についての啓発活動も進めている。

5.3 工場排水

5.3.1 はじめに

高度経済成長期にみられたような工場排水が原因となり、典型7公害の一つに数えられていた水質汚濁の問題は、最近では、法律等による排水規制や住民の環境問題に対する関心の高さを反映して改善されてきたといえる。本章では現在の工場排水の状況や対策について述べる。

5.3.2 工場排水の現状

図13は、県全域の公共用水域に対する平成14(2002)年度の一日当たりBOD負荷量(126.4t/日、見積もり値)を排水系別に示したものである。水質汚濁源の内訳はほとんどが生活系排水であるが、産業系排水は23.1t/日で全体のおよそ5分の1を占めている。さらに、産業系排水の内訳はその他の事業場の割合が大きく、全体の14%になる。一方、下水道及び規制対象事業場の負荷量の合計は5.5t/日で全体の4%にすぎない。水質汚濁発生源のとなる工場又は事業場について、平成15(2003)年の時点で県内の水質汚濁防止法施行令別表第1に掲げられた施設(特定施設)及び埼玉県環境保全条例別表第2第4項で掲げる汚水等に係る指定施設(指定排水施設)の業種内容は図14のとおりである。これらの施設については法又は条例により届出が必要であり、公共用水域に排出される水については遵守すべき規制基準が存在する。

また、埼玉県は内陸県のため海を持たないが、県内を流れる荒川等が東京湾に流入していること

から、埼玉県も東京湾の富栄養化の問題に関与している。このため、指定地域（排水放流先の河川が東京湾に流入する地域）の特定事業場のうち日平均排水量が50m³以上のものは汚濁負荷量を一定以下に規制する総量規制がCOD、窒素含有量、リン含有量について適用されている。COD負荷量は年々減少傾向にあり、平成16(2004)年度の目標は産業系及び生活系のどちらも昭和59(1984)年度に比べて約3分の2に減らすことである(図15)。ところが、窒素、リンの負荷量についてはあまり改善されていない(図16、図17)。

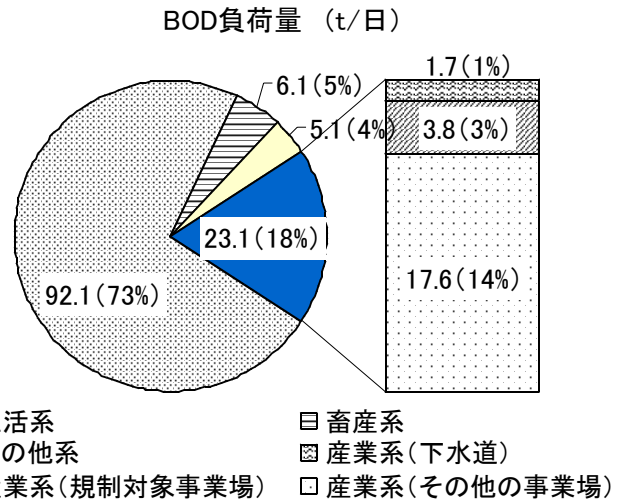


図13 一日あたりのBOD負荷量の系列割合

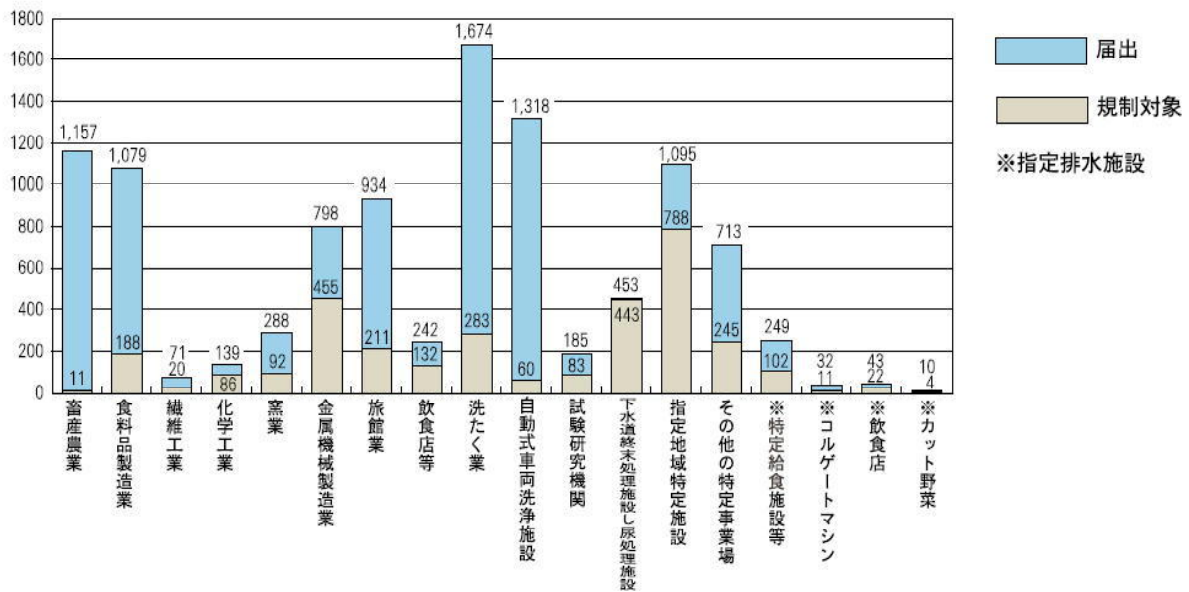


図14 埼玉県内の工場・事業場の業種別届出数(平成15年)

平成15(2003)年度の異常水質事故発生件数は200件で、平成14(2002)年度の233件に比べて33件減少し、2年連続減少となった。異常水質の内訳では、油類の流出が最も多く、概ね40~60%の割合を占める。魚の斃死は平成6(1994)年以降ほぼ50件前後で概ね20~30%である。平成15(2003)年度の水質異常のうち、工場又は事業場が原因となる事故は、魚の斃

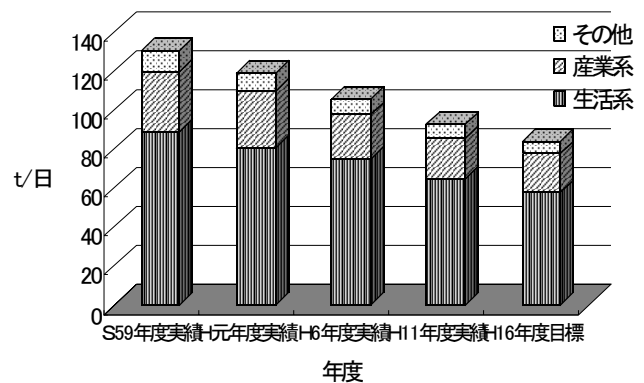


図15 年度別一日あたりの系列COD負荷量

死が5件(8%)で、油流出は34件(39%)であった。

なお、魚の浮上・斃死の発生原因は、工場又は事業場の事故に起因するものだけでなく、底泥の巻き上げや水温上昇による溶存酸素の欠乏など自然現象によるものと思われるものが22件(37%)あった²⁷⁾。

5.3.3 法・条例による規制

埼玉県では、公共用水域における水質汚濁の防止を推進するために、全国一律規定の「水質汚濁防止法」に加え、「水質汚濁防止法第3条第3項の規定に基づき、排水基準を定める条例（いわゆる上乘せ条例）」及び「埼玉県生活環境保全条例」により、工場又は事業場から排出される排水に対して、排水基準等を規定し規制をしている。

平成14(2002)年4月1日から、埼玉県の水質規制の体系が一部変わり、従来の水質汚濁防止法に基づく特定事業場、埼玉県生活環境保全条例で規定された指定排水工場等に加えて、これら以外の工場又は事業場にあたる指定外工場等が排水規制対象に加わった。なお、ほう素及びその化合物、ふっ素及びその化合物、アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物が有害物質の項目に加わるなど、水質汚濁防止法施行令の改正によって規制内容も平成13(2001)年7月1日から一部変わっている。指定外事業所には排水基準値違反が起こった際、特定事業所又は指定排水工場等のように届け出の義務がないことや直罰規定（排水基準に違反があった場合直ちに処罰の対象となること）がない点で異なっている。しかし、排水基準に違反があった場合、条例に基づき改善すべきことが求められており、工場等からの環境負荷量のさらなる低減化が期待される。

埼玉県では、法律や条例に基づく実際の届出事務、工場等への立ち入り検査及び指導等は県内に5事務所2支所ある環境管理事務所が行っている²⁸⁾。また、県が行っている規制業務は、政令又は条例により平成16(2004)年4月1日現在、9市（さいたま市、川越市、川口市、所沢市、草加市、越谷市、春日部市、狭山市、上尾市）に事務委譲されている。

また埼玉県では、異常水質事故の発生に対しては、国、県、市町村の関係機関が互いに協力し、現地調査の実施、汚染の拡大防止、原因物質及び発生源の究明に努めている。具体的には、原因事業者が判明した際には、事業者に対して、汚染拡大防止対策や死魚の除去を求めるとともに、状況により、事故発生報告書の提出指示や注意文書等の通知、オイルフェンス等の設置に係る費用の請求、そして、事業者名の公表・警察への通報などを行う場合がある²⁹⁾。

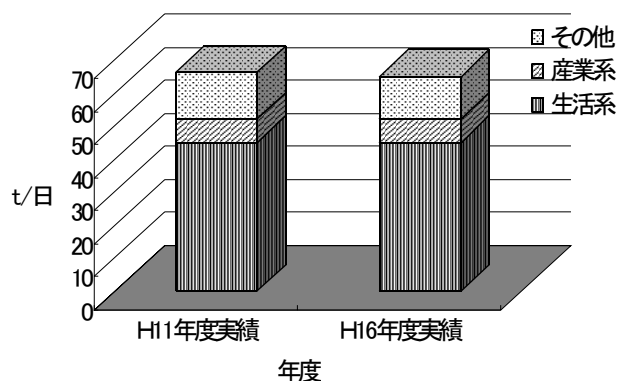


図16 年度別一日当たりの系別窒素負荷量

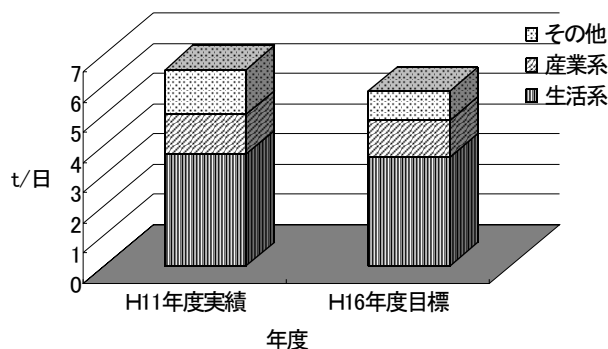


図17 年度別一日当たりの系別リン負荷量

5.3.4 当所の取組

当所では、工場排水クロスチェック事業を前身の公害センターより行っている。これは、環境管理事務所が計量証明機関に水質分析を委託した工場等の排水と同一試料を当所で分析を行って分析値をチェックし、環境行政の信頼性を担保するものである。また、平成15(2003)年度からは、さらに分析精度を確認する目的で、当所が中心となって環境管理事務所及び政令市が工場等の排水の水質分析を委託している計量証明機関に対して、標準試料を用いた精度管理を行っている。この精度管理は、参加機関にとっては作業環境等を自主的に見直す機会となっているなど、一定の効果があつたと考えられる。

5.3.5 今後の展望

産業系の排水は公共用水域に対する汚濁負荷量では生活系よりも小さいものの、有害物質が含まれる可能性は生活系よりも大きく、毎年、水質異常事故の原因の一つとして挙げられている。また、規制対象外の工場・事業場も総負荷量に対して大きな割合を占めていることから、公共用水域の保全には規制の有無に関わらず、事業者の環境に対する考え方に期するところが大きいと考えられる。

5.4 畜産排水

5.4.1 はじめに

本県における平成14(2002)年度の発生源別BOD負荷割合をみると、生活系は72.9%であり、排水量は $2,322 \times 10^3 \text{m}^3/\text{日}$ であった。それに対して、畜産系排水量はわずか $1.2 \times 10^3 \text{m}^3/\text{日}$ (生活系の約2千分の1)に過ぎないにもかかわらず負荷割合は4.8%を占めた¹⁹⁾。これは、畜産系の単位排水量当たりの負荷がいかに高いかを示している。

平成15(2003)年2月時点の畜産統計³⁰⁾によれば、本県における牛、豚、鶏の飼養戸数は計1,235戸であり、飼養頭数は乳用牛 21,000頭、肉用牛 24,800頭、豚 161,600頭、採卵鶏 3,421,000頭であった。この数年のこれらの推移をみると、飼養者の高齢化、後継者不足及び「家畜排泄物法」が平成11(1999)年に施行されたことなどにより、いずれも減少の傾向が見られる³¹⁾ものの、依然としてBODのみならず、窒素、リンの重要な汚濁発生源として無視できないことに変わりない。

一方、日本全国における全産業廃棄物に占める畜産廃棄物の割合は約20%にも及び、近年では増加の傾向にある³²⁾。家畜排泄物は本来物質循環の観点からも、畜産農家の自家農場へ還元して有効利用することが望ましいが、大規模化している畜産の現状では、農地還元は困難であり、また、家畜排泄物の農地への使用は地下水汚染等の問題を招いている。なかでも畜舎排水は生活排水等に比べ、発生量に対する汚濁負荷量が極めて高い排水であるため、未処理のまま放流された場合、河川の水質悪化及び湖沼の富栄養化を招き、上水源や農業用水を汚濁させる。また、悪臭や衛生上の問題もあり、快適な生活環境を損なう原因ともなっている。

畜産の環境保全に関わる法規制が年々強化されるなかで、畜産の経営の多くは畜産物の価格低迷等の問題も抱え、厳しい条件下に置かれている。今後の畜産経営を健全かつ長期的に発展させるためには、畜産由来の環境汚染を低コストで未然に防止する技術の開発が強く求められており、また窒素・リンを含む処理効率の向上と新たな処理システムの開発が望まれている。

5. 4. 2 畜舎排水処理の現状と問題点

(1) 日本における畜産業の現状

日本の畜産業は、戦後、自作農の創設、畜産施策の推進と補助により広く農家に普及した。その後、農産物の自由化と「畜産物価格安定法」により、従来農法の片手間的な経営状態では利益をあげることができず、飼養農家数の減少と大規模経営化に拍車がかかった。一例として、我が国における豚の飼養動向を図18に示す³³⁾。畜産農家一戸当たりの飼養頭数の増加が著しく、畜産業が大規模経営化に移行していることが分かる。また、飼養頭数自体は小中規模飼養者を中心とした飼養中止等が原因で90年代に入ってから減少したが、近年は国民経済の低迷に伴う豚肉消費量の増加が原因で、飼養頭数は横ばいで推移しており、今後もこの傾向は続くことが予想される。

(2) 畜舎排水の性状及び汚濁負荷量

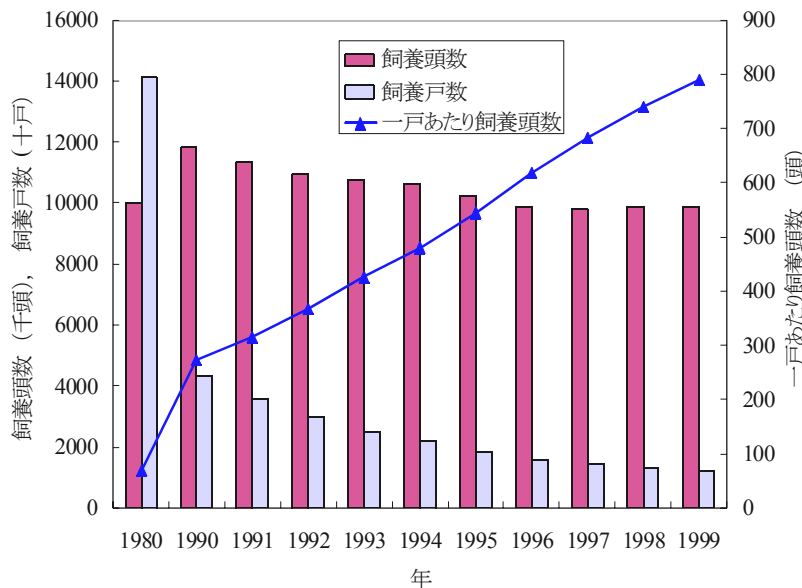


図18 豚の飼養動向(畜産統計 1999)

表14に、日本における家畜排泄物及び窒素・リンの年間発生量を示す。家畜排泄物中に含まれる窒素の総量は年間約72万トンと試算され、日本国内における化学肥料の年間消費量48万トンの約1.5倍の汚濁負荷が排出することになる。畜舎排水として排出されるのは、一部、乳牛の搾取室や鶏舎の洗浄排水も対象となるものの、豚からの畜舎排水がほとんどである。豚の場合、ふんに対する排泄量は牛に比べて極めて多いため、堆肥化が容易ではないことから、固液分離のあと適切な処理が必要である。

豚成畜一頭当たりの排泄物中のBOD負荷量は130g/dであり、成人一人当たりの排泄物中のBOD負荷量である13g/dと比較すると、約10倍にもなる。また、窒素負荷量は37g/dであり、人間のおよそ4倍にも及んでおり、日本における豚の飼養頭数は約1千万頭であるので、豚は4千万人分もの窒素負荷を排せつしていることになる。

一方、養豚排水から生物学的に窒素除去を行う上で問題となるのは、窒素濃度が高く炭素／窒素比(C/N比)が低いという点である。一般に生物処理に適した排水の組成は、BOD : N : P = 100 : 5 : 1と言われており、生活排水等はこの組成に近い。BOD : N = 100 : 15までは生物処理が可能であるが、

窒素の割合がそれ以上に高いと窒素が過剰になり、生物処理の効率が低下し、処理が困難とされている。

表14 家畜排泄物及び窒素・リンの年間発生量

畜種	飼養頭羽 数 × 10 ³ 頭羽	排泄物量 (10 ³ t)			窒素排泄量 (10 ³ t)			リン排泄量 (10 ³ t)		
		ふん	尿	合計	ふん	尿	合計	ふん	尿	合計
乳用牛	1,816.1	23,176	6,847	30,023	76.8	76.3	153.1	20.2	1.1	21.3
肉用牛	2,837.2	19,196	7,082	26,278	67.4	76.7	144.1	14.9	0.7	15.6
豚	9,879.1	8,012	14,873	22,885	30.9	98.6	129.5	24.7	9.2	33.9
採卵鶏	179,781.0	7,895	-	7,895	192.0		192.0	33.1	-	33.1
ブライ	107,358.0	5,094	-	5,094	102.7		102.7	11.4	-	11.4
ラー										
合計	-	63,373	28,802	92,175	469.8	251.6	721.4	104.3	11.0	115.3

養豚排水は窒素濃度が高く、BOD : Nが100 : 20~40にも及ぶため、生物学的窒素除去が極めて困難な排水である。そのため、C/N比の適正化が不可欠であると言える。このような畜舎排水の性状は畜舎構造、洗浄水の使用量、ふん尿の固液分離のやり方や維持管理などによって大きく異なるものの、固液分離過程でC/N比を厳密に管理することは難しいため、必要に応じて現場で簡単に得られる生ふんなどの外部炭素源の有効利用も視野に入れる必要がある。また、ふん尿混合状態のスラリーからの窒素除去は困難であるため、畜舎排水の窒素除去は、スクリーニング、凝集処理などの固液分離を経た排水を対象とすることに注意する必要がある。

(3) 畜舎排水処理の現状及び課題³⁴⁾

畜舎排水のような高濃度有機排水は従来、有機物の酸化を目的とした生物処理が最も一般的に用いられてきており、なかでも活性汚泥法による処理が主流となっている。このような生物処理法は維持管理が重要であるが、畜舎排水処理は一般の生活排水や工場排水処理施設とは異なり、専門の技術者に代わって農家自身が維持管理を行うことが多い。特に、窒素・リンの除去を目的とする高度処理法は、維持管理が極めて重要であるため、現場への適用を考えると、装置構造が単純で、維持管理の容易な処理方法の開発が望まれる。その意味で、自動運転方法の開発が重要な課題であると言える。また、処理費用が直接的に畜産経営に影響を与えるため、建設及び運転費用が安い処理技術の開発も重要である。

(4) 畜舎排水からの窒素除去処理の現状

畜産分野において汚水処理を要するのは主に養豚排水であり、一部乳用牛の搾乳室からの排水も処理対象に含まれる。これら畜舎排水を主体とする畜舎排水の処理法としては、上述のように活性汚泥法を基本とする生物処理法が普及している(図19)。

活性汚泥法は、畜舎排水の投入方式の違いによって、大きく連続式と回分式(バッチ式)に分けることができるが、実際は二段曝気法、長時間曝気法、オキシレーションデッチ法(Oxidation ditch)、回分式活性汚泥法、回分式とオキシレーションデッチ法の組み合わせなど様々な活性汚泥

法の変法が用いられており³⁵⁾、下水処理ではほとんど採用されていない回分式活性汚泥法が比較的によく使われている特徴がある³⁶⁾。

これらの処理法で、BOD除去と同時に効率よく窒素除去を図るためには、硝化と脱窒を促進させる必要がある。すなわち、蛋白質や尿酸などの分解によって生成されるアンモニア性窒素を、好気条件下において亜硝酸・硝酸性窒素へと酸化する硝化過程と、無酸素条件（分子状の酸素が存在しない環境条件）下において微生物の亜硝酸・硝酸呼吸に伴う異化的還元過程から、窒素あるいは亜酸化窒素ガスに転換する脱窒過程を処理プロセスに組み込む必要がある（図20）。

したがって、オキシデーションデッチ法を除いては、脱窒のための別途の反応槽で対応するか、間欠曝気や制限曝気を行うなど、単一反応槽のなかで運転条件を工夫する必要がある。しかし、連続式、回分式ともに、窒素除去を効率的に行うためには、できるだけ汚水の処理量（水量負荷）を一定に保ちながら、アンモニア性窒素が酸化するまでの適切な好気時間を設定すること、汚水と活性汚泥を無酸素状態で効率よく混合させることが重要である。このためには、曝気装置以外の新たな攪拌装置、あるいは循環ポンプなどが必要となる。また、反応槽への曝気を中止したり、途中から畜舎排水を投入することで、無酸素条件をつくることも可能であるが、散気管が閉塞したり、脱窒速度が低下するなど、問題点も多い。

一方、畜舎排水からの生物学的窒素除去において問題となるのが、低い炭素/窒素比である。図21に示したのは、当所が養豚排水を用いて行った回分式活性汚泥法のパイロットプラント実験（1サイクル24時間、流入・無酸素攪拌5又は10時間、曝気工程10時間又は15時間）の結果である。炭素/窒素比が低い畜舎排水を連続的に処理すると、処理水中の硝酸性窒素が大量に蓄積し、200mg/Lを超えてしまう。このときのpHは、おおむね5.0から5.5まで低下するので、無酸素工程を伸ばしても窒素除去率は改善されない。また、pHの低下は硝化にも悪影響を与えるため、長期間このような状況が続くとアンモニア性窒素が蓄積されるようになる³⁷⁾。



図19 表面曝気式ラグーンの実プラントの様子
（上：反応槽 下：原水槽）

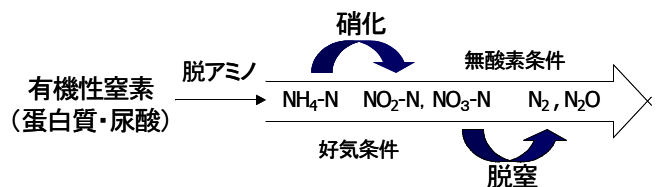


図20 生物学的窒素除去の概念

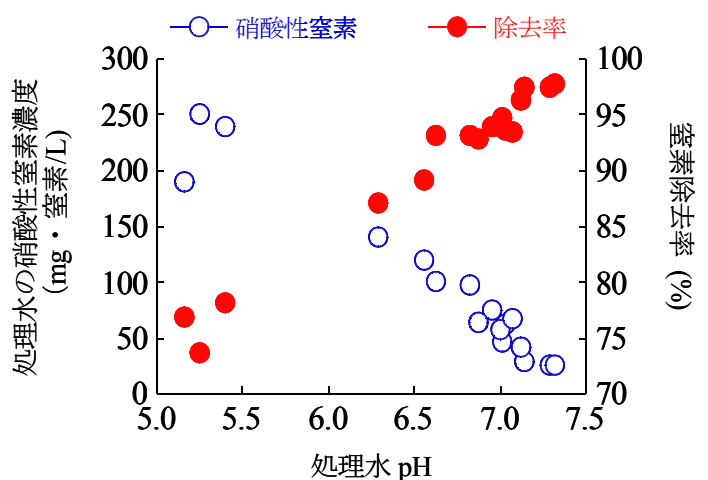


図21 処理水pHと窒素除去率の関係

一般的に、畜舎排水の炭素/窒素比は、畜舎構造、洗浄水の使用量、ふん尿の固液分離のやり方や維持管理などによって大きく異なるため、畜舎排水の炭素/窒素比を管理することは困難である。硝酸性窒素が反応槽に蓄積し、処理水のpHが著しく低下した場合は、メタノールなどの外部炭素源を投入して、炭素/窒素比を大きくする必要がある。家畜ふんは、数十万mg/Lを超えるほどBOD濃度が高いので、外部炭素源として有効利用することが可能であるが、使用したBODのおよそ2~3%程度のリンが混入することに注意する必要がある。また、ふん尿混合状態のスラリーからの窒素除去は困難であるため、畜舎排水の窒素除去は、スクリーニング、凝集処理などの固液分離を経た排水を対象とする必要がある。

5.4.3 今後の展望

畜産に係わる環境保全に関する法規制は、年々強化されている。東京湾など3海域で実施されている総量規制に、窒素・リンが新たに加わったことで、畜産系由来の窒素・リンなど富栄養化原因物質の排出は、地域ごとの計画的な管理対策が必要になった。また、平成11(1999)年亜硝酸・硝酸性窒素が、環境基準の健康項目に追加されたことを背景に、平成13(2001)年7月水質汚濁防止法の施行令等が一部改正された。これは、体内に吸収された硝酸性窒素の一部が胃などで還元され、血中でヘモグロビンと結合してメトヘモグロビン血症を引き起こす有害物質であるからである。これにより、水質汚濁防止法が定める「窒素含有量及びリン含有量」に関する畜舎尿汚水の排水基準に加え、アンモニア、アンモニア化合物、亜硝酸・硝酸性窒素が有害物質として新たに排水基準に加えられた(表15)。

この新しい排水基準の暫定基準は、現在900mg/Lとなっているが、暫定基準の適用期間は、平成19(2007)年6月までとなっているため、その後は100mg/Lという排水基準が適用される。したがって、今後の畜産経営を健全かつ長期的に発展させるためには、窒素化合物の排水基準に対応できる低コストの窒素軽減技術の開発・普及が必要であり、窒素除去効率の向上や安定性確保の視点から、運転操作や維持管理方法を改善していくことが強く求められている。

表15 水質汚濁防止法における窒素化合物の排水基準

	排水基準 (生活項目)	排水基準 (健康項目)
暫定排水基準	190(150)mg/L	900mg・窒素/L
排水基準	120(60)mg/L	100mg・窒素/L
対象項目	全窒素(T-N)	アンモニア、アンモニア化合物 (アンモニア性窒素×0.4)、 亜硝酸・硝酸性窒素
暫定基準適用期間	平成20年9月まで	平成19年6月まで

() 内は日間平均値

6 おわりに

埼玉県における公共用水域の水質を中心とした水環境の状況について、その変遷と執られてきた対策を概説し、現状とこれからの課題をまとめた。

我が国は元来自然に恵まれていたところから、私たちは水を無限にあるものと考えていた傾向がある。とりわけ、我が国の多雨的気候がもたらす水量豊富な河川には、常に清澄な水が流れ、多少の汚濁水はたちどころに希釈されていた。ところが、昭和30年代後半から顕在化した公共用水域の水質汚濁は、想像の域を超えた速度で進行し、続く40年代、50年代には都市近郊河川をまるで下水放水路のように変えてしまった。このような事態に至って、私たちは無限に存在すると思っていた

水が、実は有限な存在であることに気づいた。そこから行政、住民、技術者の水質改善の様々な取組が始まった。当初は互いに対立したり、対応はちぐはぐであったが、次第に連携による公共用水域の水質改善効果が見られるようになった。

今日では、かつて悪臭を放ち、「死の川」と表現されていた都市近郊河川も、川底が見えるようになり、魚や水鳥などの生き物も戻りつつある。しかし、本来の健全な水循環、生態系をもつ河川・湖沼を取り戻すためには依然として各方面の努力が必要なこともまた事実である。当所では、その一助となるべく、不断に調査研究を進めている。

用語解説

* 1 公共用水域

河川、湖沼、港湾、沿岸海域その他公共の用に供される水域及びこれに接続する公共溝渠、かんがい水路その他公共の用に供される水路のこと。ただし、下水道法で定めている公共下水道及び流域下水道であって、終末処理場を有しているもの、またこの流域下水道に接続している公共下水道は除かれる。水質汚濁防止法で規定されている。

* 2 生活排水

し尿（トイレ排水）と生活雑排水（台所や風呂、洗濯などから生じる排水）を併せた排水のこと。

* 3 BOD(生物化学的酸素要求量)

河川水や工場排水、下水などに含まれる有機物による汚濁の程度を示す指標のひとつ。水の中に含まれる有機物が一定時間(5日間)、一定温度(20℃)の下で微生物によって生物化学的に酸化されるときに消費される酸素の量(mg/L)で表す。汚濁の程度が高いほど数値が大きくなる。

* 4 COD(化学的酸素要求量)

水の中に含まれる有機物及び被酸化性の無機物（第一鉄、アンモニアなど）が酸化剤（JIS法では過マンガン酸カリウム）によって化学的に酸化されるときに消費される酸素の量をいう。一般的には数値が大きいほど汚濁の程度が高い。

* 5 生活環境項目

水質を示す指標項目の中で、その程度によっては生活環境に悪影響を及ぼすおそれのあるものとして環境基準が定められたもの。pH、DO、BOD、COD、SS、大腸菌群数などがこれに属する。

* 6 健康項目

水質汚濁物質の中で、人の健康に有害なものとして環境基準が定められたもの。シアン、カドミウム、鉛、六価クロム、水銀をはじめ、金属類、農薬、有機塩素化合物、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素など26項目が指定されている。

* 7 (汚濁)負荷量

発生源から河川に排出されたり、河川を流下する単位時間(通常、1日)当たりの汚濁物質総量。放流量もしくは河川流量と汚濁物質濃度の積で表す。

* 8 ムサシトミヨ

トゲウオ科トミヨ属。本県の元荒川源流部のみに生息。水草で産卵巣を作る。湧水、水温、水質など生息可能条件が厳しく、絶滅が危惧される。現在、流域住民などによる保護活動が展開されている。生息地は

県指定の天然記念物に指定されている。(本書の「自然環境」の稿で詳述されている)

*** 9 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)**

常温で白から黄色の固体。合成洗剤の主成分で、生産量は多様な界面活性剤が開発されたことにより減少傾向にある。用途については、約8割が家庭の洗濯用洗剤に使われている。

*** 10 非イオン界面活性剤**

界面活性剤のうちイオンに解離する基を持たない物質の総称。エーテル型、エステル型、エーテルエステル型、含窒素型が知られている。

*** 11 PRTR (Pollutant Release and Transfer Register)**

有害性のある多種多様な化学物質がどのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータを把握し、集計し、公表する仕組み。

*** 12 MBAS法**

陰イオン界面活性剤はメチレンブルーと反応して錯体(複合体)をつくる。錯体はクロロホルムに抽出され、陰イオン界面活性剤の量に応じた青色を呈する。この青色の吸光度を分光光度計で測定して定量する。

*** 13 アルキルフェノール類**

ベンゼンの水素を水酸基(OH)とアルキル基(C_nH_{2n+1})で置換した化合物の総称。ノニルフェノールや4-*t*-オクチルフェノール等が含まれる。主な用途は、非イオン界面活性剤の製造原料、プラスチックの酸化防止剤の原料、塩化ビニールの安定剤原料等である。

*** 14 ビテロジェニン**

女性ホルモンによる刺激で体内に生成される卵黄タンパク。通常、オスの血液中にはほとんど存在しないが、実験的にオスの魚に女性ホルモンを投与するとビテロジェニンが生成されることが分かっている。

*** 15 類型指定(湖沼)**

公共用水域のうち、天然湖及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖にはpH、COD、SS、D₀、大腸菌群数などに基準値を定め、汚濁の少ない水域から順にAA、A、B、Cの類型をあてはめている。また、全窒素及び全燐については、閉鎖性海域の水質保全を図るため、湖沼・海域の水域ごとに基準値の低い所から順にⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの類型をあてはめている。

*** 16 富栄養化**

湖沼などの閉鎖性水域で植物プランクトンが増殖する上で必要とする栄養塩類(リン、窒素など)の濃度が高くなっていく現象をいう。その結果、湖沼においては植物プランクトンが大増殖して緑のペンキを流したようなアオコと呼ばれる状態になる。アオコを形成する植物プランクトンには毒素を生産する種類があり、生息動物や上水道の利水障害の原因となることが知られている。

*** 17 合併処理浄化槽**

個人や市町村が設置する個別排水処理施設で、トイレ排水と生活雑排水を併せて処理できる浄化槽のこと。現在では、し尿のみを処理する単独浄化槽の新たな設置は原則として認められていない。

*** 18 農業集落排水処理施設**

公共下水道計画区域外の農業振興地域などを対象に、数集落の単位で市町村等が設置、管理する集合処理施設。

*** 19 コミュニティ・プラント**

下水道、農業集落排水施設区域外で、トイレ排水と生活雑排水を処理するために市町村等が設置、管理する小規模集合処理施設。

*** 20 公共下水道**

市町村が設置、管理する下水道。家庭や工場からの排水（場合によっては、管理区域からの雨水も対象）を集め、終末処理場で処理の後、河川に放流するか又は直接流域下水道に放流する。

*** 21 流域下水道**

2つ以上の市町村にわたる地域からの下水を受け、都道府県が設置、管理する下水道。終末処理場と幹線管渠からなる。

文 献

水環境

- 1) 埼玉県(1987)荒川 自然 荒川総合調査報告書 1, 513-571.
- 2) 須甲鉄也(1977)荒川水系の底生水生昆虫相の年代的遷移に関する研究, 埼玉大学紀要(教育学部・数学・自然科学), 26, 7-22.
- 3) 埼玉県(1975)74環境白書ー健康で快適な環境をー, 84-123.
- 4) 埼玉県(1993)中川水系 総論・自然 中川水系総合調査報告書 1, 341-372.
- 5) 社団法人・日本河川協会(1973)日本河川水質年鑑(1973年版), 208-221.
- 6) 埼玉県県民生活部(1972)埼玉県主要河川水質調査報告書(昭和47年3月).
- 7) 埼玉県環境部(1976)埼玉県主要河川水質調査報告書(昭和50年度版).
- 8) 埼玉県(2003)平成15年版埼玉県環境白書.
- 9) 埼玉県環境防災部(2004)平成14年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果(資料編).
- 10) 国土交通省HP, 清流ルネッサンス21について<http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai/kondankai/mizukankaizen/pdf01/mk_sei_renaissance21_01.pdf>.
- 11) 埼玉県環境部水質保全課(1990-1997) [入間川・高麗川・横瀬川・都幾川・槻川・越辺川・小山川・赤平川] 清流保全計画.
- 12) 埼玉県公害センター(1991-1993) [入間川・高麗川・横瀬川] 清流保全調査報告書.
- 13) 埼玉県(2003)彩の国ふるさとの川再生基本プラン.
- 14) 吉村信吉(1976)湖沼学(増補版), 生産技術センター.
- 15) 埼玉県(1995)失われつつある湿地の保全をめざしてー湿地・湧水地保全対策基本調査ー.
- 16) 土山ふみ(2003)ため池という水環境, 水環境学会誌, 26(5), 246-251.
- 17) 埼玉県(2004)平成16年度版埼玉県環境白書.
- 18) 埼玉県HP, 羽生水郷公園<<http://www.pref.saitama.lg.jp/A10/BD00/home/kouensyoukai/hanyu.html>>.
- 19) 埼玉県(2003)平成14年度酸性雨モニタリング(陸水)調査, 平成14年度環境省委託業務結果報告書.
- 20) 田中仁志, 金主鉉, 鈴木章, 星崎寛人, 渡辺真理代, 渡邊定元(2004)既存生態系を活用したバイオマニピュレーション手法による汚濁湖沼の水質改善に関する研究. 埼玉県環境科学国際センター報, 4, 81.
- 21) 田中仁志, 金主鉉, 鈴木章, 星崎寛人, 渡辺真理代(2003)既存生態系を活用したバイオマニピュレーション手法による汚濁湖沼の水質改善に関する研究, 埼玉県環境科学国際センター報, 3, 87.
- 22) 田中仁志, 金主鉉, 鈴木章, 長田泰宣, 伊田健二, 高橋基之, 星崎寛人, 渡辺真理代(2002)既存生態系を活用したバイオマニピュレーション手法による汚濁湖沼の水質改善に関する研究, 埼玉県環境科学国際センター報, 2, 74.
- 23) 田中仁志, 金主鉉, 鈴木章, 長田泰宣, 伊田健二, 高橋基之, 星崎寛人, 渡辺真理代(2002)鎌北湖における無機的環境因子の変動に伴う植物プランクトンの分布が動物プランクトンの挙動に及ぼす影響に関する研究, 埼玉県環境科学国際センター報, 1, 55.
- 24) 社団法人・日本河川協会(1974)日本河川水質年鑑(1974年版), 249-263.
- 25) 埼玉県(1978)埼玉県地域公害防止計画, 190-192.
- 26) 埼玉県(1987)1987年度環境白書.
- 27) 埼玉県環境防災部水環境課水環境担当(2003)平成15年度異常水質事故の発生状況について [平成16年9月2日], 埼玉県記者発表資料.

- 28) 埼玉県環境防災部(2004)工場・事業場等排水の水質規制.
- 29) 埼玉県環境防災部, 埼玉県の水質規制 (パンフレット).
- 30) 関東農政局HP(2004)畜産統計 (平成16年2月1日現在) 埼玉県<http://www.kanto.maff.go.jp/toukei/2004data/0825chikusan_s/tikusan_s.htm>.
- 31) 関東農政局HP(2005)畜産統計 (平成17年2月1日現在) 埼玉県<http://www.kanto.maff.go.jp/toukei/2005data/0516chikusan_s/tikusan_s.htm>.
- 32) 環境庁編(2000)環境白書平成12年度版総論, 大蔵省印刷局.
- 33) 農林水産省統計情報部編(1999)畜産統計, 農林統計協会, 106-107.
- 34) 金主鉉(2004)尿污水处理における窒素除去技術, 農業技術大系 畜産編追録第23号 (第87巻), (社)農山漁村文化協, 552の2-8.
- 35) 田中康男(2003)硝酸・亜硝酸性窒素汚染対策に向けた新たな展開, 第44回日本水環境学会セミナー講演資料集, 39-40.
- 36) 徐開欽, 李賛雨, 全恵玉, 須藤隆一(1998)畜産排水の処理対策とその高度化, 用水と廃水, **40**(2), 25-33.
- 37) 金主鉉, 酒村哲郎, 西村修, 千葉信男, 須藤隆一(1999)回分式間欠曝気活性汚泥法による豚舎排水の有機物・窒素除去に関するパイロットプラント実験, 日本水環境学会誌, **22**(12), 46-52.