

第4回 環境容量シンポジウム

——なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？——

——Proceedings of 4th Symposium on Aquatic Carrying
Capacity and its Application——

期日 平成3年1月8日

会場 国立環境研究所

特別研究「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」
シンポジウム報告

相崎守弘 編

Edited by Morihiro AIZAKI

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

序

本報告書は、平成3年1月8日に開催された第4回環境容量シンポジウムの記録である。

前3回は「環境容量の概念と応用」「流域管理と湖沼生態系管理」「土地利用・湖沼生態系と水質管理」というテーマで一連の討論を行ってきた。

今回はこれまでの議論を踏まえて、「なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？」という、今日改めて問い直されている疑問をそのままテーマとして行った。

湖沼環境基準は昭和46～48年に指定された湖沼が多く、指定から18～20年程度経過している。その間、行政の様々な施策、我々の多くの研究努力にもかかわらず、COD でみた達成率は40%前半で推移しほとんど改善の傾向がみられなかった。このような現状を整理し、問題点を抽出することによって何とかこの停滞状況を克服する方途を見だし、今後の水質保全に役立てることを目標に今回のシンポジウムは開催された。

所内外の関連研究者80名余による熱心な討論の結果、問題点としては以下のようなことが明らかとなった。

- (1) 水質が基準の2倍以上で毎年基準値を超過している湖沼が約 1/4 存在している。
これは基準値の指定そのものには問題があるのではないかと考えられること、
- (2) 上記のような湖沼では許容負荷量に比べて排出負荷量、特に栄養塩の排出負荷量が高いこと、
- (3) 面源の発生源単位のこれまで考えられてきた値に再検討の余地があること、
- (4) 有機物汚染の指標として COD を使うことの是非を検討し直す必要があること、
- (5) 榛名湖では下水道が完備され、人為汚染負荷を大幅に削減したにも拘らず、基準が達成できない。このことの究明がいくつかの問題点を明らかにする可能性があること、
- (6) 2県以上にまたがっている流域の管理はどのように行えば良いか、今後の施策課題として重要となるであろう、

などである。

さらに、以上の諸テーマを今後解析して行くに当たって、“現状評価”、“政策目標設定”などに有用な概念として、我々が個々に検討対象としてきた、「環境容量」、「環境基準」及び「環境指標」の関係を一步踏み込んで分析することも重要な研究の一部であると考えている。

なお、もう一つ重要な課題は、“水質から”“水環境”へという社会的認識の大きな推移に対して、ここでも対象を“COD”で表されるような水質そのものを、これが一つの要素となっている水環境を全体としてとらえるということであろう。それによってその中での水質の位置づけというものを、改めて再評価する足掛かりが見えてくるであろうと思われる。

このような困難ではあるが、Challenging なテーマに、これからも取り組んで行くためには、今回ご参加頂いた所外の先生方を中心とする、各方面のご支援を引き続きお願いし、序とする。

平成3年10月

地域環境研究グループ統括研究官
内藤 正明

目 次

1. シンポジウム開催の趣旨	1
相崎守弘	国立環境研究所 地域環境研究グループ
2. 日本の湖沼におけるCOD環境基準の達成状況と水質特性	3
天野 耕二	国立環境研究所 社会環境システム部
3. なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？ －北海道の湖沼を例として－	41
坂田 康一	北海道公害防止研究所
4. 榛名湖における環境基準の達成状況について	51
矢島 久美子	群馬県衛生公害研究所
5. 神奈川県湖沼水質の現況と問題点について	59
吉見 洋	神奈川県公害センター
6. なぜ湖沼環境基準の達成率は低いのか？	67
須藤 隆一	国立環境研究所 水圏環境部
7. 環境基準の問題点と今後の方向	69
内藤 正明	国立環境研究所 地域環境研究グループ
8. 環境基準の達成をめざして、今後の研究課題	75
沖野外輝夫	信州大学 理学部
資料	
1. 第4回「環境容量シンポジウム」参加者氏名一覧	81

シンポジウム開催の主旨

相崎守弘（国立環境研究所・地域環境研究グループ）

第4回環境容量シンポジウムは「なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？」をテーマに企画しました。

日本には1 ha以上の表面積を持つ天然湖沼が483湖沼あり、その内1 Km²以上の表面積を持つ湖沼は全部で98湖沼あります。そのなかで環境基準が指定されている湖沼はAA類型15、A類型41、B類型15、C類型1の72湖沼です（表1）。指定されていない代表的湖沼としては摩周湖等があります。汽水湖は湖沼として指定されているものと海域として指定されているものがあり、指定されていない湖沼もちろんあります。1 Km²以下の表面積の湖沼でも14湖沼に環境基準が指定してあります。

日本には現在約2,730の人造湖、いわゆるダム湖があり、その内1 Km²以上の表面積をもつダム湖は約270湖です。その内環境基準が指定してある湖沼はAA類型14、A類型27の41湖沼です。ダム湖の中には河川として類型指定されているものもあるようです。環境基準が指定してある湖沼は全部で113湖沼です（平成元年度現在）。

湖沼の環境基準は昭和46～48年に多く指定されていますが、指定以来生活環境に係わる環境基準の達成率は低く、CODで評価される達成率は40%台の前半で推移しており、いっこうに改善の気配がみられません。その原因はどこにあるのでしょうか？内容を見ますとAA類型およびB類型指定の湖沼で達成率が低くなっております。原因としては次の3つが考えられます。

- 1) 環境基準が利水目的で指定してあるため、湖沼特性への配慮がなされておらず、湖沼特性上達成が困難なケース。すなわち、指定当初より水質が基準値を大きく上回り、そのまま改善されていない湖沼。
- 2) 近年流域からの負荷が増加し、基準値を達成できなくなった湖沼。
- 3) 湖沼の生態系が変化し、自浄能力が低下して基準値を達成できなくなった湖沼。

今回のシンポジウムでは、環境基準未達成湖沼の水質特性を詳細に解析し、その原因を明らかにすることを目的の一つとしています。

つぎに、環境基準の達成率を上昇させるためにはどのような方法があるかを考えて行きたいと思えます。方法としては、流域対策と湖内対策に分けられると思えますが、湖沼特性に応じてどのような対策及び研究が必要かを探りたいと考えております。特にAA類型に指定されている湖沼では、面源負荷の占める割合が多いと考えられます所から、流域対策と共に湖内対策が重要になってくるのではないかと予想されます。

最後に、環境基準とは何なのかについて問い直してみたいと思います。利水目的で設定された環境基準が現状にあっていのかどうか？現在の環境基準で湖沼環境を保全出来るのかどうか？現在の環境基準を補完する新しい湖沼環境指標の必要性は？等について議論が深められることを期待しております。

環境基準指定湖沼一覧

環境基準A A類型指定湖沼

(北海道) 支忽湖・洞爺湖・阿寒湖・屈斜路湖；(青森・秋田) 十和田湖；(岩手) 石淵ダム；(宮城) 栗駒ダム・花山ダム・鳴子ダム・漆沢ダム・釜房ダム・大倉ダム；(秋田) 田沢湖・森吉ダム・素波里ダム・萩形ダム・鐘畑ダム・夏瀬ダム・神代ダム・皆瀬ダム；(栃木) 中禅寺湖；(神奈川) 芦ノ湖；(山梨) 本栖湖；(長野) 青木湖・中綱湖・木崎湖・野尻湖；(滋賀) 琵琶湖北湖・琵琶湖南湖

環境基準A 類型指定湖沼

(北海道) 大沼・網走湖・然別湖・糠平ダム・俱多楽湖；(青森) 小川原湖；(岩手) 湯田ダム・田瀬ダム・豊沢ダム・岩洞ダム；(宮城) 樽水ダム；(秋田) 八郎湖；(福島) 猪苗代湖・檜原湖・小野川湖・秋元湖・曾原湖・雄国沼・磐梯五色湖湖沼群・田子倉貯水池・羽島ダム・沼沢沼・尾瀬沼；(茨城) 霞ヶ浦・北浦・常陸利根川；(栃木) 湯ノ湖；(群馬) 赤城大沼・榛名湖・尾瀬沼；(千葉) 印旛沼；(神奈川) 丹沢湖；(新潟・福島) 奥只見貯水池；(石川) 新堀川(柴山湯)・木場湯；(福井) 三方五湖；(山梨) 山中湖・河口湖・西湖・精進湖；(長野) 諏訪湖・白樺湖・たて科湖・猪名湖(松原湖)・女神湖・みどり湖・美鈴湖・丸池・大座法師池；(兵庫) 千苺貯水池；(奈良) 室生ダム・猿谷ダム・屍屋ダム・池原ダム・坂本ダム；(鳥取) 湖山池・東郷池・中海及び境水道；(島根) 中海・宍道湖；(山口) 菅野湖；(愛媛) 黒瀬ダム・柳瀬ダム・新宮ダム・面河ダム；(福岡) 矢部川日向神ダム；(鹿児島) 池田湖・鶴田ダム・鯉池

環境基準B 類型指定湖沼

(北海道) 春採湖；(宮城) 伊豆沼・長沼；(茨城) 濁沼；(千葉) 手賀沼；(新潟) 鳥屋野潟；(石川) 北潟湖・河北潟；(福井) 北潟湖・三方五湖；(静岡) 佐鳴湖；(愛知) 油ヶ淵；(岡山) 児島湖；(山口) 常盤湖；(愛媛) 鹿野川湖

環境基準C 類型指定湖沼

(島根) 神西湖

日本の湖沼におけるCOD環境基準の達成状況と水質特性

天野耕二（国立環境研究所・社会環境システム部）

福島武彦（ “ “ ・地域環境研究グループ）

相崎守弘（ “ “ ・地域環境研究グループ）

内藤正明（ “ “ ・地域環境研究グループ）

1. はじめに

公共用水域における水質環境基準については、人の健康に関する項目がほぼ完全に基準を達成できるようになってきた一方で、生活環境項目の達成状況に目立った改善が見られないことが問題となっている。いわゆる一般の有機汚濁の水質指標としては、河川の水質環境基準が BOD、湖沼・海域の水質環境基準が COD で評価されている。河川における水質環境基準の達成率がここ数十年の間に向上のきざしを見せていることに対して、湖沼における達成率は 5 割以下のままで横ばい状態である。

湖沼の COD 水質環境基準の達成率の低さと改善傾向の乏しさは 1970 年代から指摘されているにもかかわらず、環境白書に毎年掲載されているような「達成率の経年変化のグラフ」以外に定量的な達成状況の評価はほとんどなされていない。本報告では、日本の湖沼における COD 水質環境基準の達成状況と基準達成に係わる水質特性について、これまでになく詳細に検討した結果を図式化し、若干の考察を加えている。対象としたデータは環境庁水質保全局監修の水質年鑑に掲載されている COD_{Mn} 濃度（1988 年度現在で環境基準点として指定されている 113 湖沼 197 地点における 1978 年度から 1988 年度までの水質データ）である。

2. 霞ヶ浦と羽鳥湖

図 1 に霞ヶ浦の湖心地点における COD 濃度の経年変化を示す。年間最小値さえも毎年環境基準を超えている。年間代表値として用いられている 75% 値は年々改善傾向にあるように見えるが、環境基準値の倍以上のレベルであり、当分の間基準を達成できそうにない。

図 2 に羽鳥湖の湖心地点における COD 濃度の経年変化を示す。同じ A 類型でも、年間の最大値も含めて基準を達成している年が多い。85 年と 87 年だけ 75% 値が基準を超えて未達成湖沼となったが、完全達成まであと一息と言える。

図 3 に霞ヶ浦の 12 の測定地点における COD 75% 値の経年変化を示す。湖心を含めた環境基準地点における 75% 値にはやや改善の兆しが見えなくもないが、とんでもない濃度を示す地点も相変わらずみられる。仮に環境基準地点における値が基準を下回るようになっても、例外的な濃度を示す地点が残っている場合には注意する必要がある。

このように、同一の水質環境基準類型でも水質環境基準の達成状況が全く異なる例や測定地点によるば

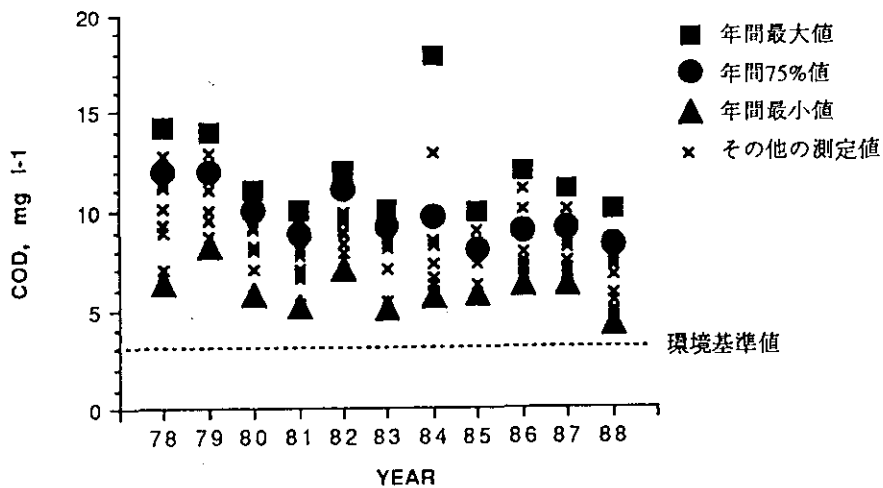


図1 霞ヶ浦の湖心地点におけるCOD濃度の経年変化

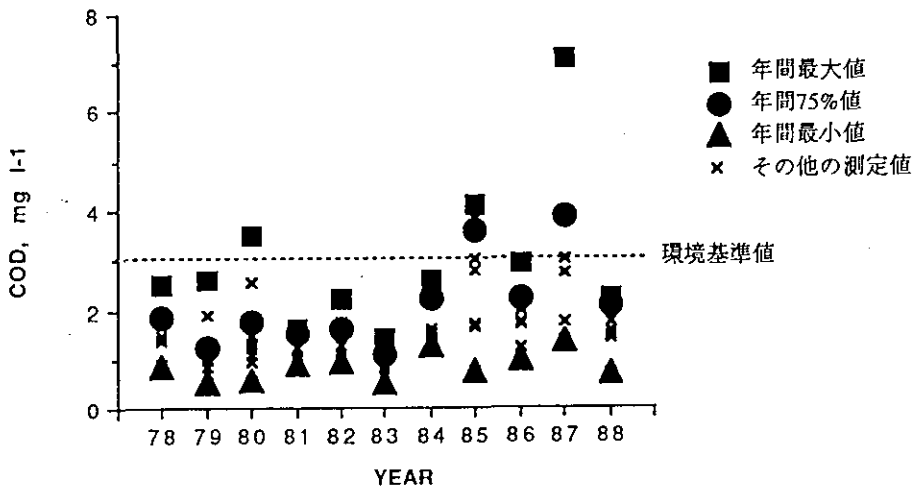


図2 羽鳥湖の湖心地点におけるCOD濃度の経年変化

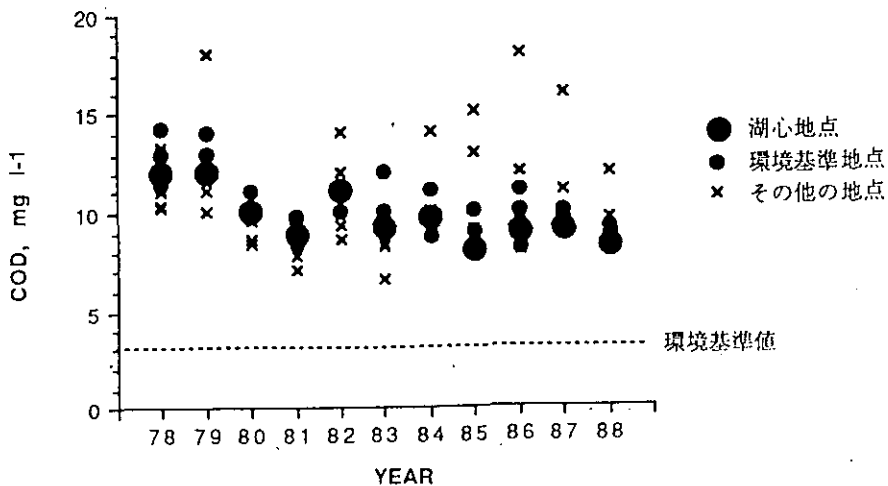


図3 霞ヶ浦の12の測定地点におけるCOD75%値の経年変化

らつきが著しい例は他にも多くみられる。本報告では、同一湖沼における地点間のばらつきは取り扱わないが、すべての環境基準点における基準達成状況について様々な角度から図式化して眺めてみる。

3. COD 環境基準の達成状況

3.1 環境基準地点における COD 濃度の概況

まず、各環境基準地点ごとの環境基準達成状況を「ここ十年程度における基準超過年度の割合」と「超過の程度～基準値との開き具合」から評価する。

図4～7に環境基準類型別の各地点ごとの COD 年間75%値の分布を示す。環境基準地点における1978年から1988年までの11年間の毎年の COD 75%値を地点別にプロットしたものである。ここ11年間に於けるおおまかな濃度分布や基準値との開き具合がわかるが、経年変動までは読み取れない。以下に、類型ごとの傾向を簡単に述べる。

(AA類型) 阿寒湖と琵琶湖では、11年間を通して基準値をはるかに超えている。琵琶湖では地点による差も激しく、特に北湖と南湖の違いは大きい。ダム湖では経年的なばらつきが大きい。

(A類型) 霞ヶ浦(西浦)と印旛沼の突出ぶりが目立つが、印旛沼は11年間における変動が大きい。諏訪湖の経年変動も他の湖沼と比較して大きい。経年変化の傾きについては後で述べるが、これらの湖沼では水質が改善している場合が多い。しかし、改善傾向にある場合でも基準達成が容易であるとは限らない。

(B類型) 三方五湖、常盤湖、狩野川湖以外の11の湖沼は基準達成の気配が全く見られない。春採湖と手賀沼における達成状況はほとんど論外ともいえる。佐鳴湖、油ヶ淵、児島湖も当分基準の達成は無理である。環境基準の達成には程遠い湖沼が多いことが明らかである。

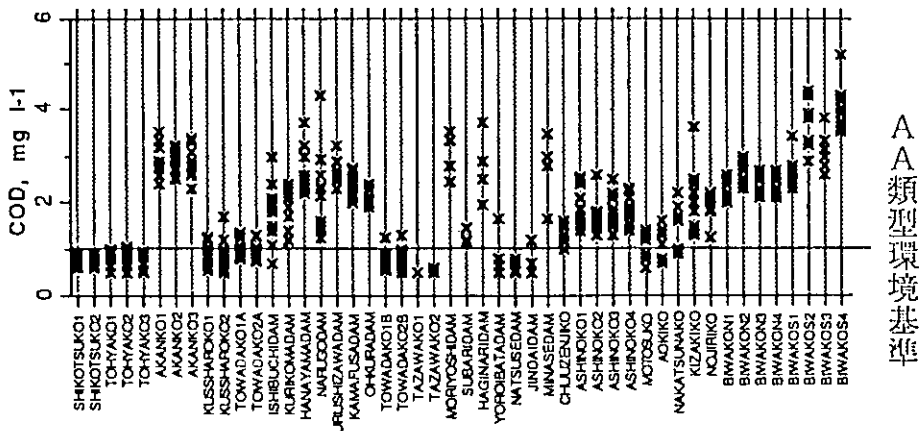


図4 各地点ごとのCOD年間75%値の分布 (AA類型, 1978-88)

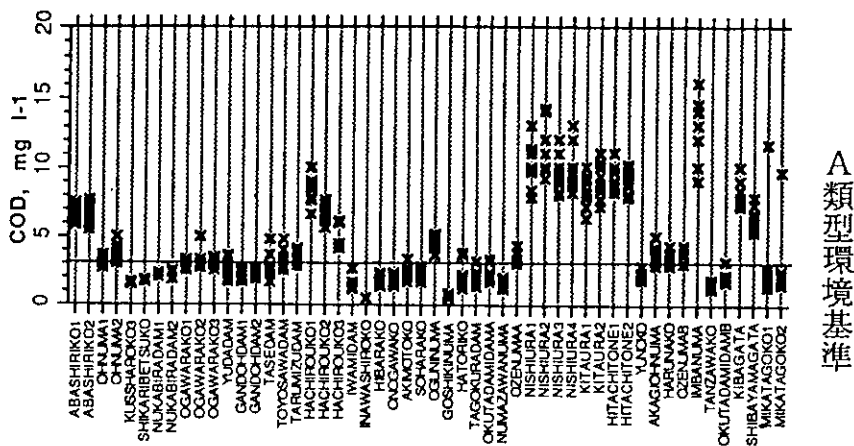


図5 各地点ごとのCOD年間75%値の分布 (A類型その1, 1978-88)

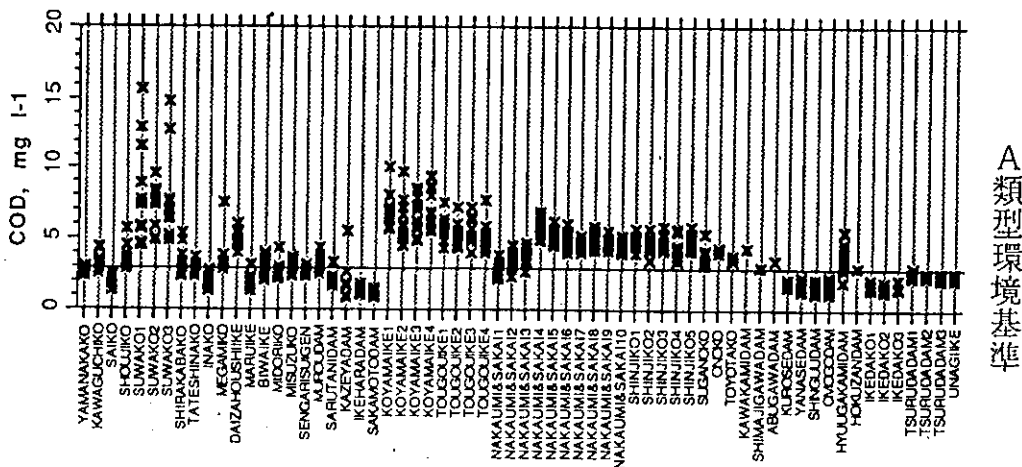


図6 各地点ごとのCOD年間75%値の分布 (A類型その2, 1978-88)

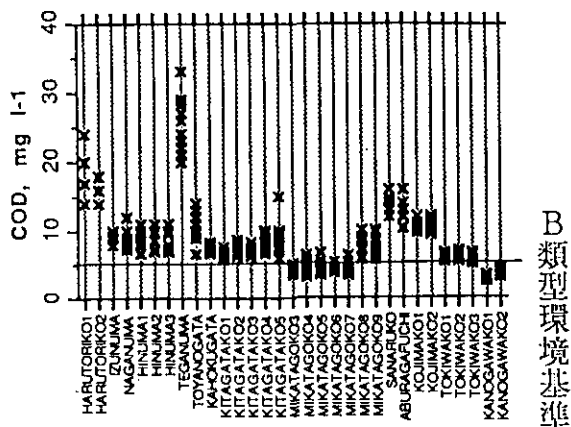


図7 各地点ごとのCOD年間75%値の分布 (B類型, 1978-88)

3.2 超過年度率による評価

表1に11年間(1978~1988)における超過年度率(基準を超えた年度の割合)による基準指定197地点の分類結果を示す。また、図8に超過年度率の類型別の頻度分布を示す。C類型の2地点はいずれも神西湖である。

全環境基準地点の内約半分の地点ではここ11年間に毎年基準値を超えている。この11年間に毎年基準を達成できた地点は全体の約20%であるが、B類型に限っては10%にも満たない。B類型については、指定された地点の約80%が毎年基準を超えている。A類型に指定された116地点では、基準を毎年守ってきた地点が30%近くある反面、毎年超えている地点も40%以上ある。

図9に各類型ごとの超過年度率の内訳を示す。超過年度2割未満の地点が完全達成されるようになれば、全体の達成状況はかなり改善される。しかし、11年間で1度も基準が達成できなかった地点がB類型を中心に半分以上残っていることは、きわめて深刻な状況であると言えよう。

表1 最近11年間における超過年度率(基準を超えた年度の割合)の頻度

超過年度率	全類型	AA	A	B	C
毎年基準達成	40	7	31	2	0
超過年度2割未満	22	5	13	4	0
超過年度4割未満	11	4	6	1	0
超過年度6割未満	6	0	5	0	1
超過年度8割未満	6	2	3	0	1
超過年度10割未満	13	3	10	0	0
毎年超過	99	27	48	24	0
合計	197	48	116	31	2

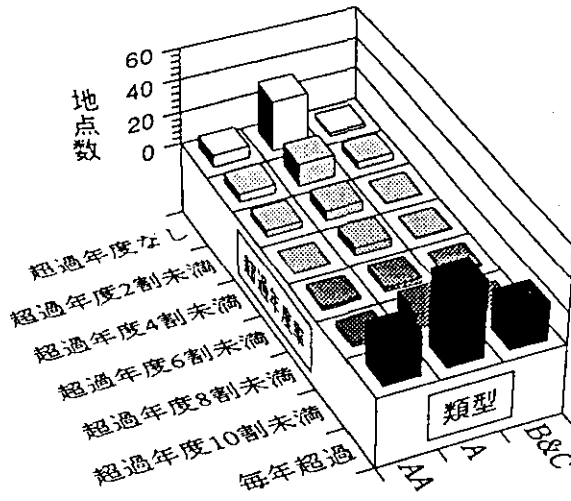


図8 超過年度率の頻度分布

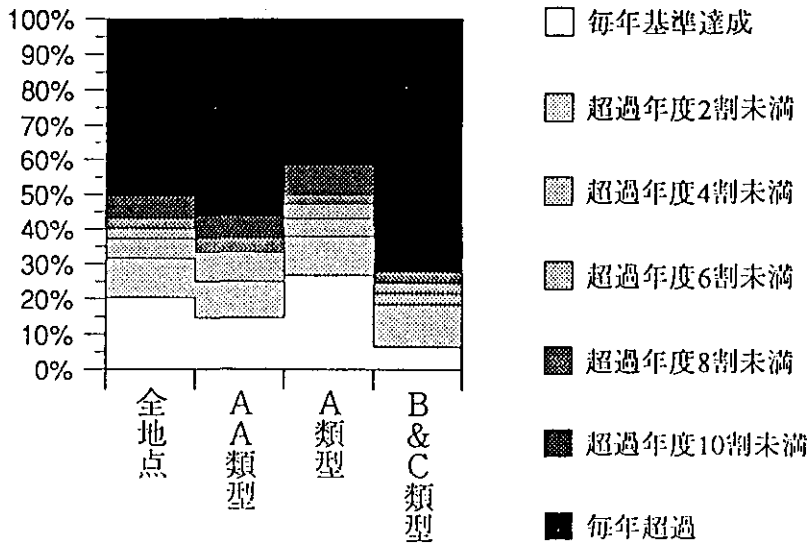


図9 各類型ごとの超過年度率の内訳

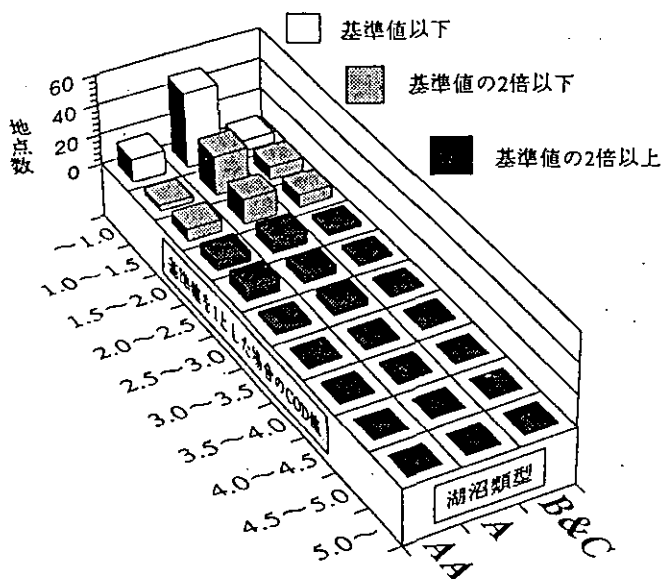


図10 基準値を1としたときの値の頻度分布 (全地点)

3.3 超過の程度による評価

環境基準を超えている場合でもいろいろな状況が考えられ、惜しいところで超えているのか、はるかに超えているのかを評価する必要がある。図10は、ここ11年間のCOD 75%値の平均が基準値の何倍になっているかを計算した値の類型別の頻度分布である。2倍を超えるということは負荷量の50%以上をカットしなければ環境基準が達成できないということに近い意味を持つ。

A類型は地点数も多いので基準値以下の地点も多いが、基準値を大きく上回る地点も同様に多い。AA類型については、基準値が 1 mg l^{-1} と低いせいもあって、4割以上の地点で基準値の2倍を越えている。手賀沼はB類型であるが、11年間の平均CODが環境基準の5倍にもなっている。

3.4 基準達成状況による分類

達成状況を評価する観点はいくつか考えられ、データ解析の手法もそれぞれの観点に応じて使い分けなければならない。例えば、基準未達成の地点についても「毎年基準をはるかに超えて経年的にも悪化している」という最悪の状況から「ごくたまに基準をわずかに上回ることもあるが経年的には改善傾向にある」という好ましい状況まで何通りものパターンを考慮する必要がある。全体的な達成率の変動に一喜一憂するよりも、いくつかの観点で基準未達成の地点を吟味してみることが基準達成への糸口となる可能性もある。

図11に「1978-88の11年間における基準超年度率の割合」と「基準値を1としたときの1978-88の11年間における平均COD値」という二つの観点からみた197の環境基準点における達成状況を示す。また、図12にはこのような観点から197の環境基準点を四つのカテゴリーに分類した結果を示す。以下、これらの四つのカテゴリーの中でも「環境基準をはるかに超える問題の湖沼」（カテゴリーIV、27湖沼50地点）を中心として、基準達成に係わる水質特性について検討する。

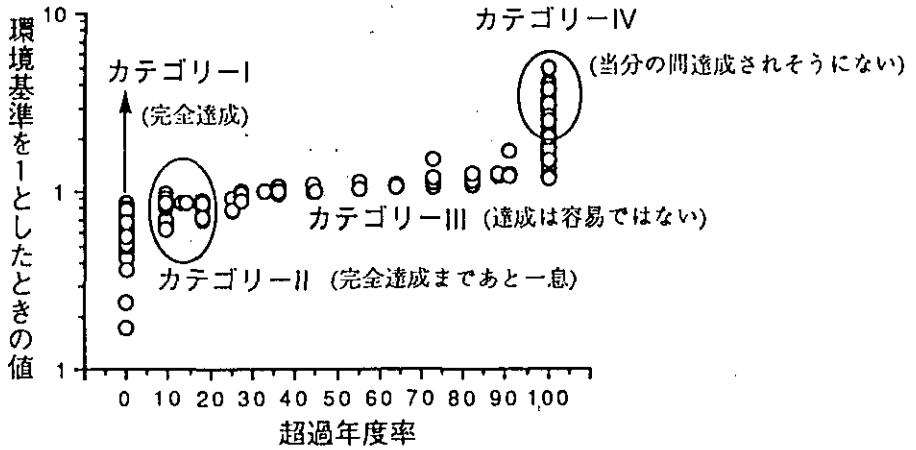
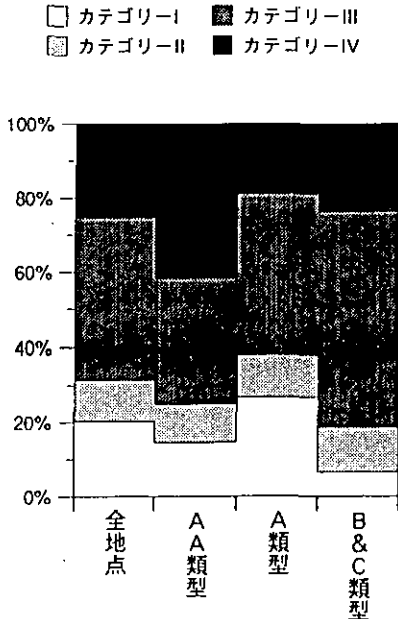


図11 超過年度率と超過の程度からみた達成状況の総合評価



	全地点	A A類型	A 類型	B & C 類型
カテゴリーI	40	7	31	2
カテゴリーII	22	5	13	4
カテゴリーIII	85	16	50	19
カテゴリーIV	50	20	22	8
	197	48	116	33

カテゴリーI 11年間毎年基準達成
 カテゴリーII 1~2回だけ基準超過
 カテゴリーIII 3回以上超過したが平均は基準の2倍以下
 カテゴリーIV 平均が基準の2倍以上で毎年超過

図12 達成状況による分類結果

3.5 経年変化

環境基準の達成・未達成にかかわらず、水質が経年的に改善傾向にある地点、悪化しつつある地点、不規則に変動している地点などに分類した上で達成状況を評価することも重要である。図13・図14には、カテゴリーIIとIVの地点におけるCOD 75%値の経年変化を示す。はじめに紹介した羽鳥湖では突発的に基準を超えていたが、図13下から6番目のA類型猿谷ダムでは最近急に水質が悪化している。カテゴリーIVのB類型には水質が改善している地点が多いが、もともとの濃度レベルが高いため環境基準を達成するにはさらに大幅な水質改善が必要である。このような経年変化の傾向を一次近似的に評価するために時系列を直線回帰してみる。

図15に経年変化の傾きの類度分布（カテゴリー別）を示す。これは、ここ11年間のCOD年間75%値の時系列を直線回帰して最小自乗法により求めた経年変化の傾きであり、マイナスが改善傾向、プラスは悪化傾向を示している。回帰の有意性の検定結果から絶対値が0.1以下の場合には横ばい傾向であると判断された。おおむね横ばい傾向の地点が80%を占めている。カテゴリーIVでは改善傾向の地点も多いが悪化傾向を示す地点もみられる。

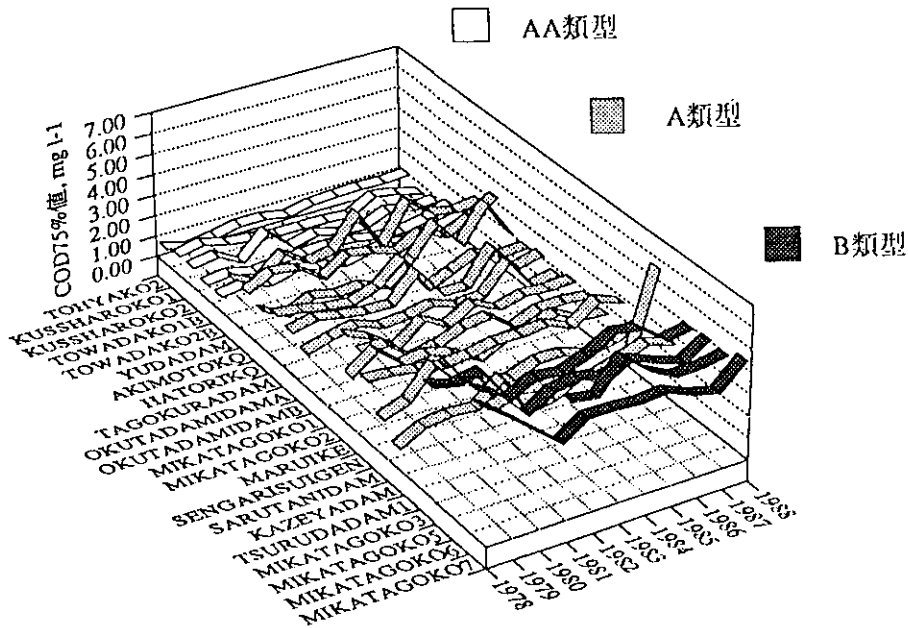


図13 カテゴリーIIの22地点におけるCOD75%値の経年変化

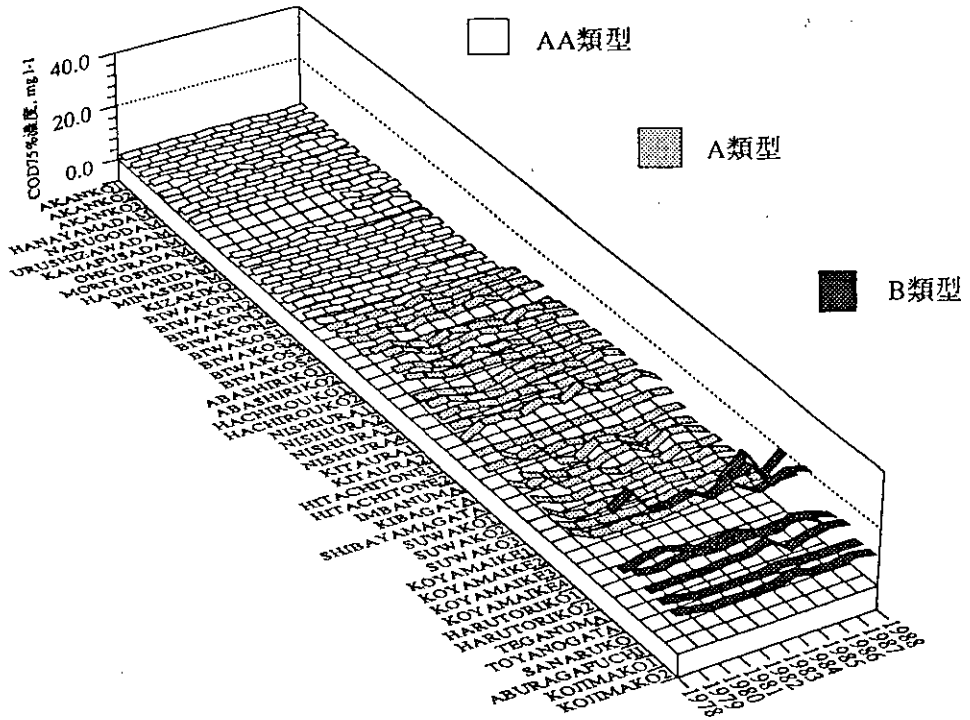


図14 カテゴリーIVの50地点におけるCOD75%値の経年変化

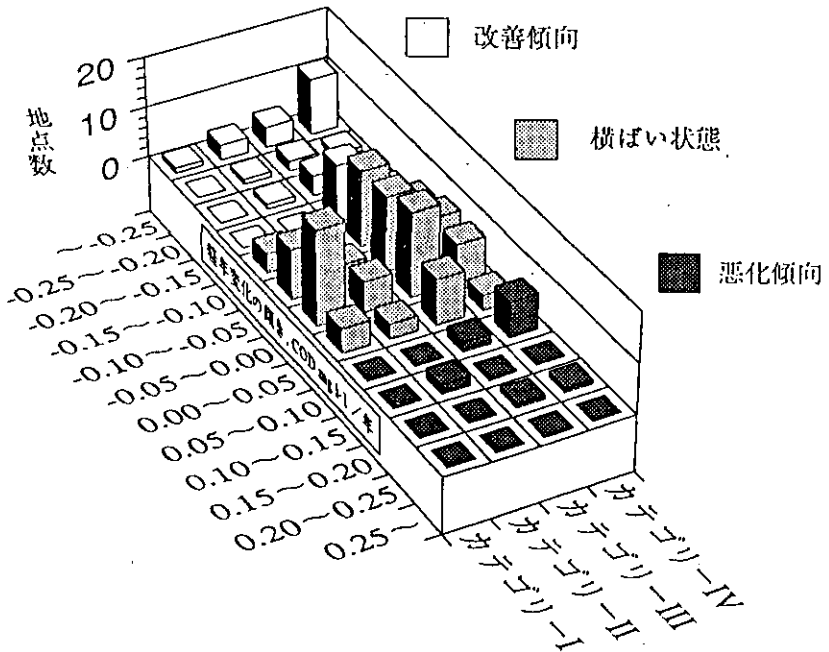


図15 経年変化の傾きのカテゴリー別の頻度分布

4. 基準達成に係わる COD 水質特性

4.1 外来性 COD と内部生産 COD

COD の年間最小値を外来性の COD の指標とする方法は海域におけるデータを用いて提唱されている(中西ら, 1975)。湖沼についても, 水中の COD 濃度がクロロフィル a 濃度と線型関係にある湖沼が多く, その回帰式の切片は外部から流入する COD 濃度の指標になるとされている(福島ら, 1986)。そこで, 各地点における COD の年間最小値を外来性 COD の指標として評価してみる。年間最小値を外来性 COD と仮定した場合, 年間平均値と年間最小値の差が内部生産 COD として評価できる。

図16に達成状況の 카테고리別の内部/外来 COD 比率の頻度分布を示す。カテゴリ I・II よりもカテゴリ III・IV の方が内部生産性 COD の比率が高い地点が多い傾向がみられる。達成状況の悪い湖沼の方が湖内の内部生産が比較的大きいことがわかる。

表2に COD 75%値(1978-1988平均)が基準値の2倍を超えているカテゴリ IV の27湖沼における, 環境基準値を1とした場合の内部生産・外来性 COD 値および内部/外来比率を示す。27湖沼のうち実に23湖沼までが外来性 COD だけで環境基準を越えている。外来性・内部生産性のいずれもが環境基準を越えている絶望的な湖沼は漆沢ダム, 森吉ダム, 霞ヶ浦(西浦), 印旛沼, 手賀沼, 木場潟, 諏訪湖, 油ヶ淵の8湖沼である。内部生産 COD だけでも環境基準を超えてしまう湖沼では, 外来性 COD を100%カットしても環境基準を達成できないという難問に直面し, 窒素・リンなどの栄養塩の大幅カットが必要となってくる。手賀沼にいたっては, ここ11年間に毎

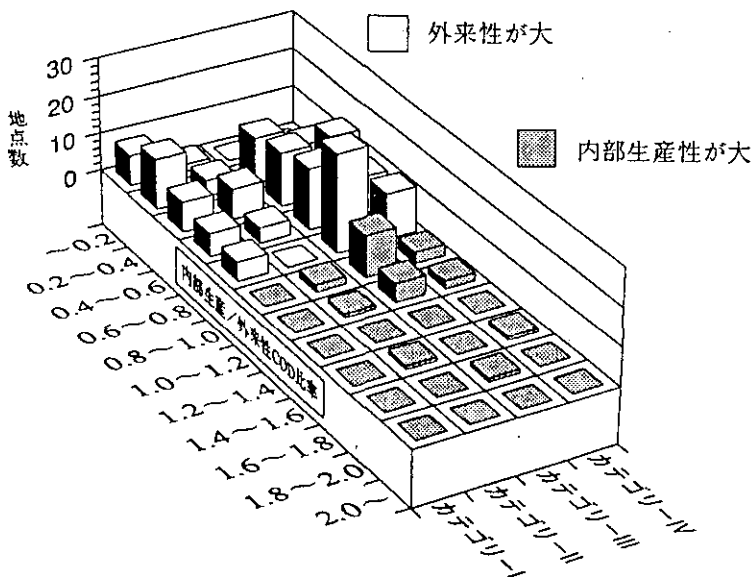


図16 カテゴリ別の内部/外来COD比率の頻度分布

表2 カテゴリーIVの27湖沼の内部生産/外来性COD

	汽水:1	滞留時間 年	制限栄養塩	環境基準類型	環境基準を1としたときの値			内部/外来比
					COD75%値	外来性COD	内部生産COD	
網走湖	1	0.2740	N	A	2.20	1.35	0.74	0.70
阿寒湖	0	1.0700	N	AA	2.86	2.09	0.52	0.26
春採湖	1	0.2865	N	B	3.48	2.05	0.90	0.46
花山ダム	0	0.1339	P	AA	2.65	1.29	0.92	0.80
鳴子ダム	0	0.1186	P	AA	2.16	0.93	0.89	1.08
漆沢ダム	0	0.2141	N	AA	2.68	1.22	1.07	0.93
釜房ダム	0	0.1908	P	AA	2.39	1.43	0.75	0.56
大倉ダム	0	0.0249	P	AA	2.14	1.03	0.87	0.96
八郎湖	1	0.1211	P	A	2.48	1.21	0.98	0.87
森吉ダム	0	0.1488	P	AA	3.01	1.68	1.01	0.63
萩形ダム	0	0.0585	P	AA	2.76	1.65	0.83	0.52
皆瀬ダム	0	0.0855	P	AA	2.73	1.60	0.72	0.45
西浦	0	0.4525	P	A	3.39	2.06	1.04	0.53
北浦	0	0.3448	P	A	2.92	1.73	0.88	0.53
常陸利根川	0	0.0400	P	A	3.04	2.11	0.69	0.34
印旛沼	0	0.0613	P	A	4.17	2.01	1.53	0.79
手賀沼	0	0.0431	N	B	5.04	2.43	1.96	0.85
鳥屋野潟	0	0.0135	N	B	2.12	1.00	0.89	0.90
木場潟	1	0.0163	P	A	2.69	1.15	1.10	0.97
柴山潟	1	0.0118	P	A	2.08	0.63	1.03	1.70
諏訪湖	0	0.0323	N	A	2.57	1.04	1.19	1.21
木崎湖	0	0.4200	P	AA	2.05	0.82	0.92	1.25
佐鳴湖	1	0.0481	N	B	2.75	1.71	0.81	0.49
油ヶ淵	1	0.0199	N	B	2.55	1.19	1.08	0.93
琵琶湖	0	5.3190	P	AA	2.88	1.58	0.98	0.66
湖山池	1	0.1898	P	A	2.25	1.03	0.90	0.89
児島湖	0	0.0469	N	B	2.08	1.43	0.52	0.38

年外来性 COD と内部生産 COD の両方がそれぞれ環境基準を超えている。阿寒湖、春採湖、皆瀬ダム、常陸利根川、佐鳴湖、児島湖では内部／外部比が 0.5 以下であり、外来性 COD の影響が大きいことを示している。阿寒湖と児島湖は内部生産性 COD は環境基準の半分程度であるが、外来性 COD 濃度が高いために環境基準を大幅に越えている。これとは対照的に、柴山潟は外来性 COD は環境基準の 6 割程度だが内部生産性 COD が高いために環境基準を大幅に越えている。

図17にカテゴリⅣの50地点の内部生産～外来性 COD 散布図を示す。外来性よりも内部生産性の負荷が高い地点がAタイプの湖沼に多くみられる。

図18にカテゴリⅣの50地点の COD 75%値、外来性 COD の経年変化の傾きを示す。諏訪湖、手賀沼、鳥屋野潟ではここ11年間でかなり改善しつつある。春採湖では年間75%値では改善しつつあるものの、外来性 COD に悪化傾向がみられる。霞ヶ浦や手賀沼では75%値も最小値も改善傾向にある。

図19にカテゴリⅣの50地点の内部／外来 COD 比率の経年変化を示す。不規則に変動している地点が多いが、全体的に内部／外来比率はここ十年で低下傾向にある。1978～1980年には内部／外来比の平均値は 0.8～0.9 だったが、最近では 0.6～0.7 程度にまで下がっている。このことは、全 COD 濃度が改善傾向にある湖沼が多い中、外来性 COD の比率が増加していることを表している。

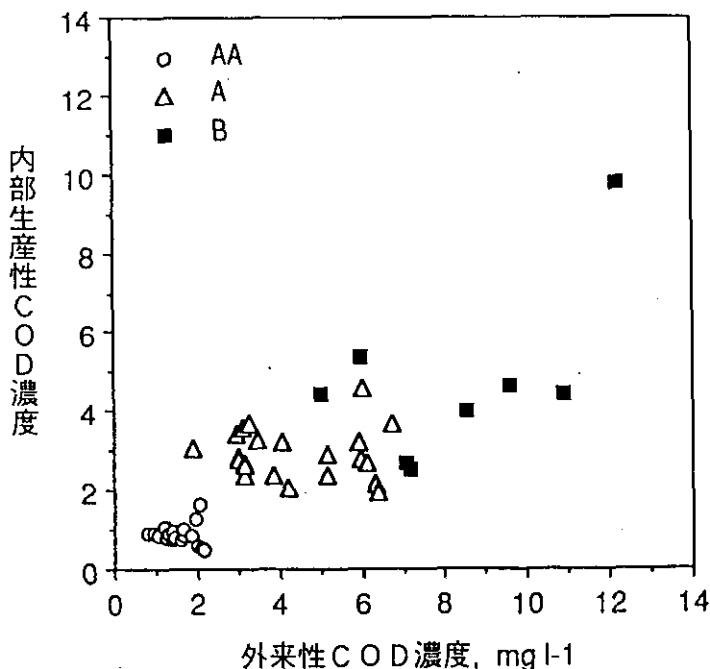


図17 カテゴリⅣの50地点の内部生産／外来性COD散布図

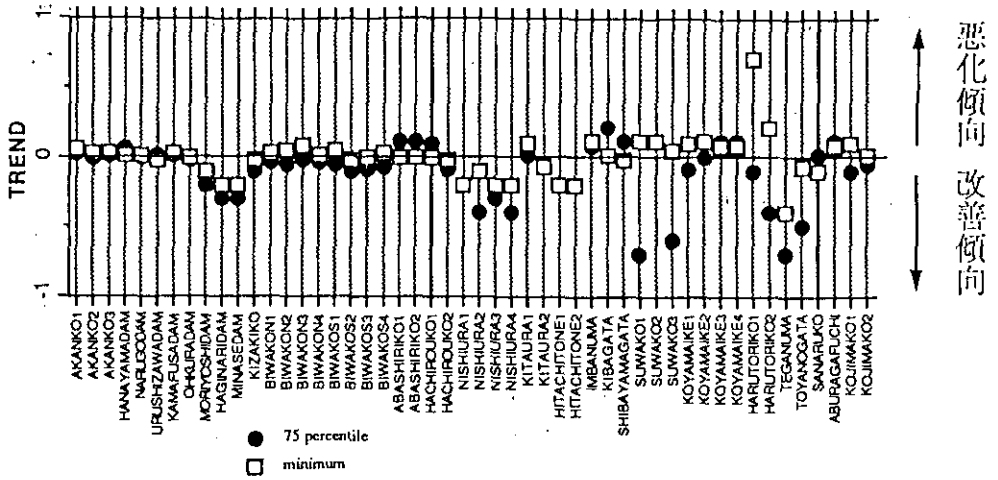


図18 カテゴリーIVの50地点のCOD75%、外来性CODの経年変化の傾き

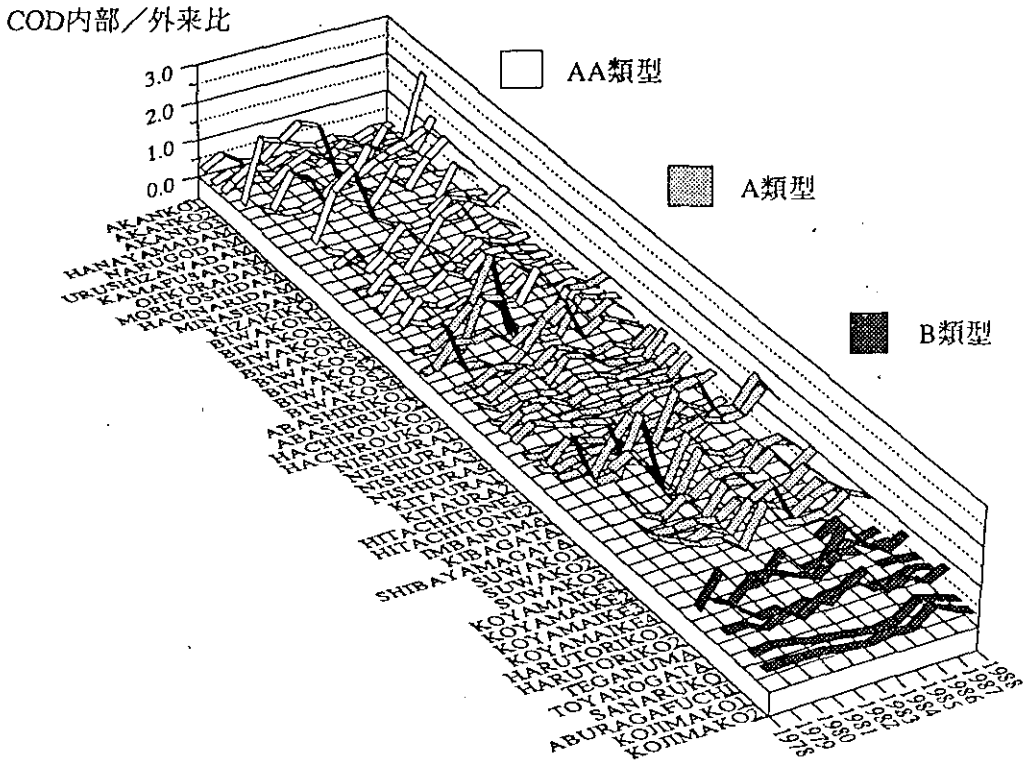


図19 カテゴリーIVの50地点の内部/外来COD比率の経年変化

4.2 発生負荷量とみかけの流達率

図20にカテゴリーIVの26湖沼における発生負荷の内訳を示す。負荷量データは1980年度の環境庁水質保全局の調査による（環境庁水質保全局水質規制課，1983）。佐鳴湖は流域データが未整備のため除いてある。B類型では発生CODの大部分が生活系で占められている。AA類型では面源負荷の占める率が高いが、木崎湖では生活系が8割以上を占めている。霞ヶ浦では畜産系の発生COD負荷の割合が他の湖沼と比較して高く、阿寒湖と諏訪湖は産業系の発生COD負荷が目立っている。

次に、流域におけるCODの発生負荷量と年間最小値から推定される湖内の外来性COD濃度との関係を調べ、流域から入ってくるCOD成分のみかけの流達率を評価する。図21に全湖沼データによる発生COD濃度と湖水中外来性COD濃度の関係を示す。縦軸は湖内のCOD濃度の年間最小値、すなわち外来性COD濃度（1978年から1988年の間の平均値）を表し、環境基準点が複数の場合は地点平均を行っている。横軸は、1980年度の調査による各湖沼ごとの発生負荷量と流出高（環境庁水質保全局水質規制課，1983）から計算した流域発生COD濃度を示している。発生負荷量、湖内の外来性濃度ともに推定値であるため、みかけの流達率が真の流達現象を再現している保証はないが、全国湖沼におけるおおまかな発生・流達関係を把握することができる。手賀沼と春採湖の濃度が際だっているために、この2湖沼に引っ張られる傾向があるが、みかけの流達率は平均60%程度である。図22に手賀沼と春採湖を除いたときの関係を示すが、原点を通じた場合、みかけの流達率の平均値は1に近くなっている。湖内の外来性COD濃度の方が高くなる地点の場合は、湖内の外来性CODの推定方法、あるいは原単位や流域内の浄化係数の考え方などに問題点が残っていると考えられる。

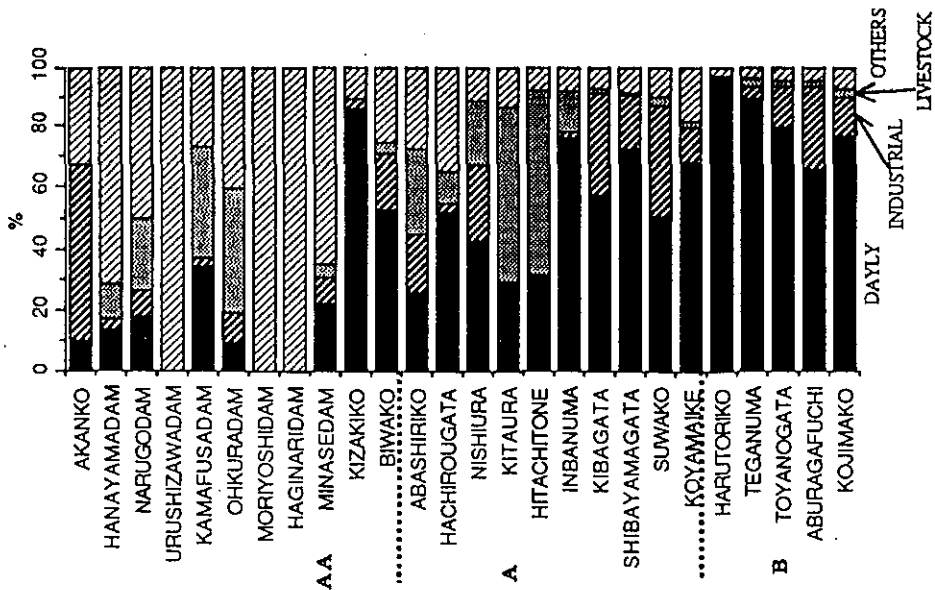


図20 カテゴリーIVの湖沼における発生負荷の内訳

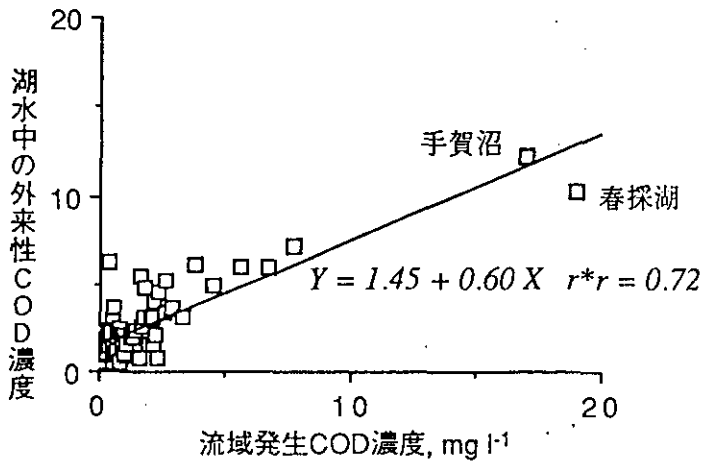


図21 全湖沼データによる発生COD濃度と湖内濃度の関係

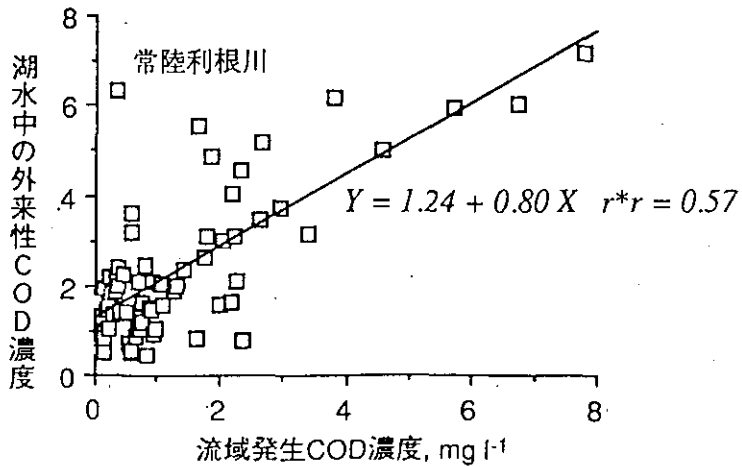


図22 手賀沼と春採湖を除いたときの発生COD濃度と湖内濃度の関係

表3～6に各湖沼におけるみかけの流達率をレベル別（1以下，1～2，2～10，10以上）にいくつかの特性データとともに示す。みかけの流達率が1以下の湖沼の半分はカテゴリⅣであり，類型別ではAA類型が半分を占めている。みかけの流達率10以上の湖沼はほとんどがダム湖であるが，降雨由来の面源負荷を計算するための原単位が実際の状況とかけはなれていることが重要な問題として考えられる。

4.3 制限栄養塩濃度と富栄養化指数（TSI）

内部生産 COD に深く関連する制限栄養塩の削減率を推定するために，制限栄養塩濃度（窒素あるいはリン）と内部生産 COD 濃度の関係を調べてみる。図23に制限栄養塩濃度と内部生産 COD 濃度との関係を示す。OECD の Nordic Project では，藻類培養試験の結果から $TN/TP > 13$ の湖沼ではリン制限となることが多いことが報告されている（OECD, 1982）。ここでは，日本国内の湖沼における TN/TP 比とクロロフィル a 濃度の関係から制限栄養塩となる境界を $TN/TP = 11$ とした（福島ら，1986）。制限栄養塩濃度 Nu は TP 濃度換算とした。図23は環境基準点における1985年度から1988年度までの平均データを用いて回帰式を求めた結果であるが，年間平均値と最小値の差から求めた内部生産 COD 濃度は制限栄養塩濃度と非線型関係にあった。内部生産 COD を50%カットするためには栄養塩を65%カットする必要があることになる。

湖の栄養状態は，これまで慣例的に貧栄養，中栄養，富栄養の3段階に分類されてきた。本来連続的である湖の富栄養化現象を正確に表すために，Carlson は透明度，クロロフィル濃度，全リン濃度から求める，新しい富栄養状態指標 TSI（Trophic State Index）を提唱している（Carlson, 1977）。日本の湖沼については，Aizaki らが実測値に基づいて TSI の計算式を求めている（Aizakiら，1981）。図24にこの計算式を用いて全リン濃度から計算した富栄養化指数（TSI）と内部生産 COD 濃度との関係（1985-1988平均値）を示す。制限栄養塩がリンになっている地点だけでみた場合，相関係数も比較的高く，回帰式の係数も Aizaki らの報告値に近い値が得られた。

図25～26には，Aizaki らの求めた COD-TSI（Chl）関係式を用いて COD 濃度（1978-1988の75%値の平均）から計算した各地点の富栄養化指数（TSI-Chl）の類型別およびカテゴリ別の頻度分布を示す。環境基準の達成に程遠いカテゴリⅢとⅣでは，TSI が50以上の富栄養状態の地点が極めて多いことがわかる。

4.4 環境基準からみた湖沼の許容負荷量

環境基準の達成を目的とした水質改善には，流域からの負荷量の削減が不可欠である。各湖沼ごとに，年間の平均的な水量負荷などを基にして COD 環境基準を達成するために許容される COD と栄養塩の負荷量値を試算して，流域から実際に発生している負荷量と比較してみる。

栄養塩は TP （全リン）を対象として，Vollenweider 型のモデルにより許容負荷量を計算した。

表3 COD流達率1以下の湖沼における各種特性

湖沼名	汽水:1	滞留時間	制限栄養塩	環境基準類型	達成状況カテゴリー	流達率	発生負荷の内訳			
							生活系%	産業系%	畜産系%	その他%
支忽湖	0	48.7800	P	AA	I	0.54	3	10	0	86
洞爺湖	0	40.8200	P	AA	I	0.85	10	17	3	70
春採湖	1	0.2865	N	B	IV	0.54	97	1	0	2
小川原湖	1	1.0560	P	A	III	0.92	29	3	42	26
印旛沼	0	0.0613	P	A	IV	0.89	76	2	14	7
手賀沼	0	0.0431	N	B	IV	0.72	89	5	2	4
芦ノ湖	0	2.6500	P	AA	III	0.98	27	24	0	49
本栖湖	0	6.5800	P	AA	III	0.93	10	10	0	80
諏訪湖	0	0.0323	N	A	IV	0.91	51	37	3	10
白樺湖	0	0.2000	P	A	III	0.74	35	37	2	27
中綱湖	0	0.0433	P	AA	III	0.34	81	16	0	4
木崎湖	0	0.4200	P	AA	IV	0.50	86	4	0	11
琵琶湖	0	5.3190	P	AA	IV	0.78	53	19	3	25
児島湖	0	0.0469	N	B	IV	0.92	77	13	3	7

表4 COD流達率1~2の湖沼における各種特性

湖沼名	汽水:1	滞留時間	制限栄養塩	環境基準類型	達成状況カテゴリー	流達率	発生負荷の内訳			
							生活系%	産業系%	畜産系%	その他%
網走湖	1	0.2740	N	A	IV	1.83	26	19	28	27
田瀬ダム	0	0.2208	P	A	III	1.48	35	5	31	29
桧原湖	0	0.5319	P	A	I	1.38	14	6	7	73
西浦	0	0.4525	P	A	IV	1.62	43	25	22	11
北浦	0	0.3448	P	A	IV	1.96	29	0	57	14
ひ沼	1	0.0532	P	B	III	1.95	70	5	9	16
鳥屋野潟	0	0.0135	N	B	IV	1.10	79	14	2	4
木場潟	1	0.0163	P	A	IV	1.32	57	34	1	7
柴山潟	1	0.0118	P	A	IV	1.48	72	19	1	8
河北潟	1	0.0148	P	B	III	1.39	77	10	2	12
河口湖	0	0.3802	P	A	III	1.95	53	18	3	26
西湖	0	1.5770	P	A	I	1.50	18	20	0	62
立科湖	0	0.2000	N	A	III	1.56	46	52	0	3
大座法師池	0	0.1000	P	A	III	1.45	5	4	89	2
丸池	0	0.1629	N	A	II	1.30	9	90	0	1
琵琶池	0	0.8929	P	A	III	1.56	6	92	0	2
野尻湖	0	3.8600	P	AA	III	1.09	40	32	9	20
油ヶ淵	1	0.0199	N	B	IV	1.05	66	28	2	4
湖山池	1	0.1898	P	A	IV	1.72	68	12	2	18
東郷池	1	0.0855	P	A	III	1.49	42	39	5	14
六道湖	1	0.1550	N	A	III	1.63	59	7	15	20
神西湖	1	0.0800	N	C	III	1.26	44	2	48	6
鹿野川ダム	0	0.0855	P	B	I	1.68	45	3	35	17
鰻池	0	7.5200	P	A	I	1.49	19	10	3	67
鶴田ダム	0	0.0787	P	A	II	1.41	29	2	59	10

表5 COD流達率2～10の湖沼における各種特性

湖沼名	汽水:1	滞留時間	制限栄養塩	環境基準類型	達成状況カテゴリ	流達率	発生負荷の内訳			
							生活系%	産業系%	畜産系%	その他%
大沼	0	0.1520	P	A	III	5.07	28	9	31	32
阿寒湖	0	1.0700	N	AA	IV	2.30	10	58	0	33
栗駒ダム	0	0.2439	P	AA	III	9.35	11	2	0	88
鳴子ダム	0	0.1186	P	AA	IV	6.75	18	9	23	50
釜房ダム	0	0.1908	P	AA	IV	2.74	34	3	36	27
樽水ダム	0	0.2058	P	A	III	6.67	13	0	7	80
大倉ダム	0	0.0249	P	AA	IV	4.47	9	10	40	40
伊豆沼	0	0.0249	P	B	III	3.33	55	3	24	19
長沼	0	0.3876	N	B	III	2.62	32	1	34	34
八郎湖	1	0.1211	P	A	IV	6.18	52	3	10	35
夏瀬ダム	0	0.0065	P	AA	I	3.63	43	25	11	21
尾瀬沼	0	0.4608	P	A	III	6.88	21	4	0	75
雄国沼	0	0.0935	P	A	III	5.40	0	0	0	100
羽鳥湖	0	0.4651	P	A	II	5.79	2	0	0	98
湯の湖	0	2.0000	P	A	I	3.44	85	0	0	15
北濁湖	1	0.1160	P	B	III	5.59	55	6	14	25
三方五湖	1	0.5000	P	A&B	III	3.10	49	9	6	37
山中湖	0	0.8929	P	A	I	2.08	30	40	0	30
女神湖	0	0.1000	P	A	III	5.80	36	16	0	48
みどり湖	0	0.0505	N	A	III	7.59	56	10	20	15
美鈴湖	0	0.3003	P	A	III	7.05	21	60	0	19
青木湖	0	4.1150	P	AA	III	9.31	32	14	0	54
中海	1	0.1310	N	A	III	3.04	53	20	10	18
黒瀬ダム	0	0.2747	P	A	I	4.45	12	5	45	38
柳瀬ダム	0	0.1130	P	A	I	7.56	21	1	17	61
日向神ダム	0	0.1790	P	A	III	7.63	50	2	1	47

表6 COD流達率10以上の湖沼における各種特性

湖沼名	汽水:1	滞留時間	制限栄養塩	環境基準類型	達成状況カテゴリー	流達率	発生負荷の内訳			
							生活系%	産業系%	畜産系%	その他%
糠平ダム	0	0.3215	P	A	I	11.94	4	6	0	90
岩洞ダム	0	0.3800	P	A	I	22.67	1	0	0	99
石淵ダム	0	0.0407	P	AA	III	16.19	0	0	0	100
豊沢ダム	0	0.3344	P	A	III	19.68	1	0	0	99
花山ダム	0	0.1339	P	AA	IV	13.39	14	4	11	72
漆沢ダム	0	0.2141	N	AA	IV	23.04	0	0	0	100
森吉ダム	0	0.1488	P	AA	IV	30.18	0	0	0	100
素波里ダム	0	0.1309	P	AA	III	18.72	0	0	0	100
萩形ダム	0	0.0585	P	AA	IV	36.11	0	0	0	100
皆瀬ダム	0	0.0855	P	AA	IV	18.60	22	9	4	65
小野川湖	0	0.1661	P	A	I	14.93	39	2	0	59
秋元湖	0	0.1529	P	A	II	22.18	26	0	2	72
田子倉ダム	0	0.3831	P	A	II	21.14	0	0	0	100
奥只見ダム	0	0.6803	P	A	II	18.36	25	2	0	72
常陸利根川	0	0.0400	P	A	IV	18.88	31	0	61	8
精進湖	0	0.3000	P	A	III	10.65	28	24	1	48
新宮ダム	0	0.0906	P	A	I	11.41	22	1	12	66
面河ダム	0	0.2941	P	A	I	21.50	24	8	5	64

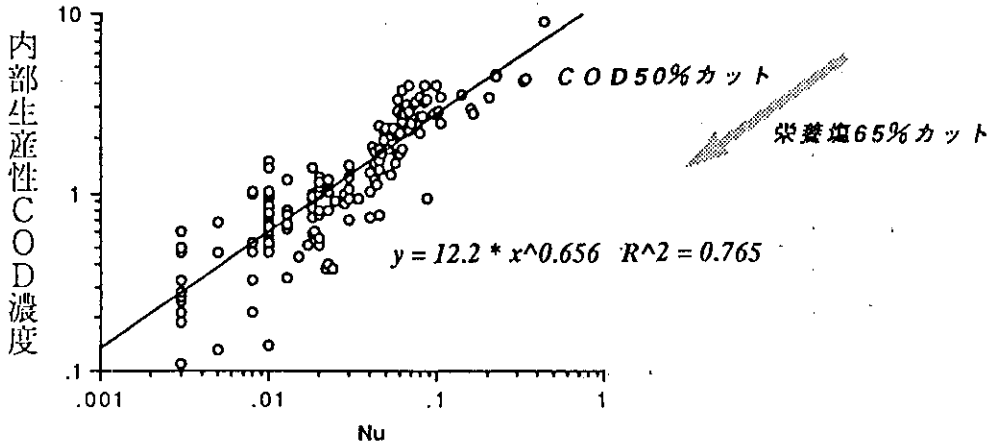


図23 制限栄養塩濃度と内部生産COD濃度との関係 (1985-1988平均値)

制限栄養塩濃度 Nu:
$$\begin{cases} \bar{Nu} = \bar{TP} & \left(\frac{\bar{TN}}{\bar{TP}} \geq 11 \right) \\ \bar{Nu} = \frac{\bar{TN}}{11} & \left(\frac{\bar{TN}}{\bar{TP}} < 11 \right) \end{cases}$$

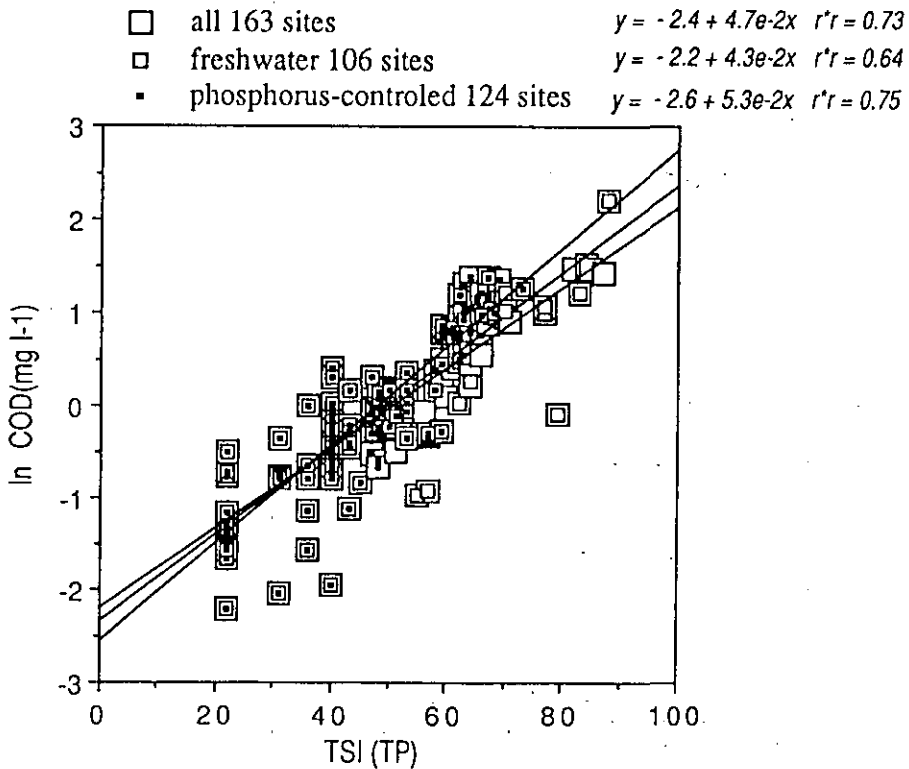


図24 TSI (TP) と内部生産COD濃度との関係 (1985-1988平均値)

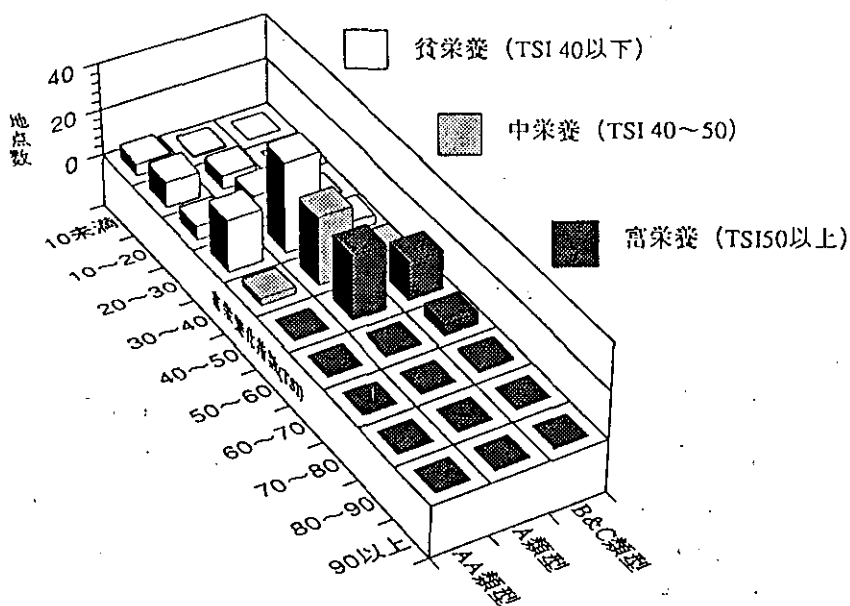


図25 類型別の富栄養化指数 (TSI) の頻度分布

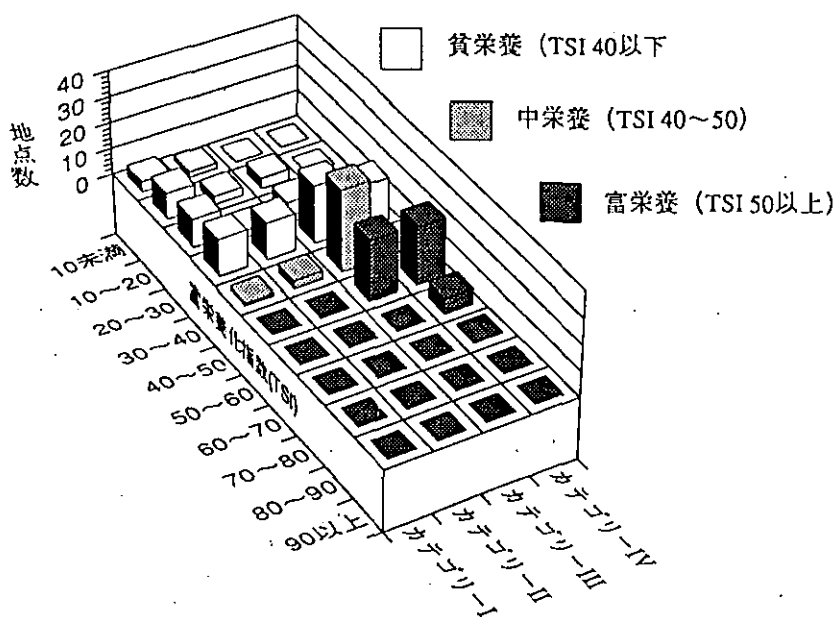


図26 カテゴリー別の富栄養化指数 (TSI) の頻度分布

このモデルは1)湖沼を完全混合槽とみなし、2)定常状態の年間平均的な現象を扱い、3)流入・流出濃度差を一括して収支残量としてとらえる、等の仮定から成立しており、基本式は次のように与えられる(福島ら, 1986)。

$$P_j = \frac{L(1-R)}{q_s} = P_i(1-R)$$

$$R = \frac{v}{(v+q_s)}$$

ここに、 P_j は湖水平均濃度 ($g\ m^{-3}$)、 L は面積負荷 ($g\ m^{-2}\ y^{-2}$)、 q_s は水量負荷 ($m\ y^{-1}$)、 P_i は流入水の平均濃度 ($g\ m^{-3}$)、 R は蓄積率、 v はみかけの沈降速度 ($m\ y^{-1}$) である。すなわち、許容される湖水中の TP 濃度を $(1-R)$ で除することにより流入水中の許容 TP 濃度を求め、これに年間流入水量を掛けることによって許容負荷量とみなす。湖水中の許容 TP 濃度は表7に示すように、COD の環境基準値から TSI 値を通して計算した。また、COD の許容負荷量は環境基準値に年間流入水量を掛けて流達率を 1 と仮定して求めた。各湖沼における流入水量および発生負荷量は4.2で示した環境庁水質保全局の調査による値を用い、みかけの沈降速度は $20\ m\ y^{-1}$ とした(福島ら, 1986)。

表8に全国の83湖沼における発生負荷量と許容負荷量の一覧表を示す。許容負荷量に対する発生負荷量の比率を環境基準の達成状況分類別に示したのが表9~12であり、図27に COD および TP の発生/許容負荷比率を棒グラフで示す。基準の完全達成が続いているカテゴリー I の湖沼ではさすがに COD、TP とともに比率が 1 以下で、許容負荷量の中に収まっている。カテゴリー II、III の湖沼についても COD は許容負荷量の範囲に入っているが、TP が範囲を超えている湖沼が多い。カテゴリー IV の湖沼では COD が許容範囲を大きく超えている湖沼も目立つが、ダム湖のほとんどは COD については許容以下である。カテゴリー III~IV の「基準達成に程遠い湖沼」のほとんどは栄養塩の流入負荷量が許容範囲をはるかに超えているために内部生産 COD 負荷が大きくなっていることが予想される。

表7 COD環境基準とTSI値およびTP濃度

	環境基準 類型			
	AA	A	B	C
COD (mg l-1)	1	3	5	8
TSI*	41	57	65	72
TP**(mg l-1)	0.011	0.038	0.073	0.127

* COD濃度より計算

** TSI値より計算

表8 全国83湖沼における発生負荷量と許容負荷量

湖沼名	環境基準	達成状況 カテゴリー	発生負荷COD Kg d-1	発生負荷TP Kg d-1	発生負荷TN Kg d-1	水量負荷 m y-1	蓄積率	許容COD負荷 Kg d-1	許容TP負荷 Kg d-1	発生/許容 COD	発生/許容 TP
網走湖	A	IV	3290.6	397.9	4374.7	16.6	0.55	4485.2	125.25	0.73	3.18
支笏湖	AA	I	853.2	23.7	484.1	4.7	0.81	1004.1	58.52	0.85	0.40
洞爺湖	AA	I	927.0	44.4	537.0	8.1	0.71	1560.0	59.62	0.59	0.74
大沼	A	III	243.5	20.5	222.7	39.3	0.34	1646.3	31.47	0.15	0.65
阿寒湖	AA	IV	460.4	45.6	396.4	14.2	0.58	506.0	13.40	0.91	3.40
越平ダム	A	I	190.5	13.1	323.5	51.5	0.28	3477.0	61.16	0.05	0.21
春採湖	B	IV	263.8	11.4	37.2	13.3	0.60	69.3	2.53	3.81	4.49
小川原湖	A	III	4034.2	443.1	2814.4	10.3	0.66	5326.0	198.00	0.76	2.24
岩洞ダム	A	I	61.0	2.0	52.3	60.0	0.25	2847.1	48.08	0.02	0.04
田瀬ダム	A	III	1334.1	113.3	1135.7	112.6	0.15	5552.1	82.82	0.24	1.37
石淵ダム	AA	III	46.2	4.0	112.9	375.7	0.05	1111.8	12.88	0.04	0.31
豊沢ダム	A	III	26.9	1.8	49.8	96.2	0.17	1083.4	16.58	0.02	0.11
栗駒ダム	AA	III	27.6	1.9	48.8	131.2	0.13	298.3	3.78	0.09	0.51
花山ダム	AA	IV	71.0	5.5	113.7	112.0	0.15	736.2	9.54	0.10	0.57
鳴子ダム	AA	IV	163.2	14.5	216.5	205.1	0.09	1180.0	14.25	0.14	1.02
漆沢ダム	AA	IV	22.3	1.7	47.4	170.3	0.11	420.0	5.16	0.05	0.33
釜房ダム	AA	IV	369.6	33.0	336.4	65.9	0.23	704.7	10.10	0.52	3.27
樽水ダム	A	III	7.2	0.4	8.5	19.3	0.51	64.9	1.68	0.11	0.24
大倉ダム	AA	IV	92.2	8.7	100.2	91.1	0.18	399.2	5.36	0.23	1.63
伊豆沼	B	III	395.8	30.3	215.0	30.1	0.40	1193.2	28.98	0.33	1.05
長沼	B	III	113.3	8.8	55.9	7.1	0.74	306.8	17.16	0.37	0.52
八郎湖	A	IV	2913.5	247.2	2227.3	65.7	0.23	14907.9	246.30	0.20	1.00
森吉ダム	AA	IV	43.0	3.4	95.3	181.5	0.10	775.6	9.47	0.06	0.36
素波里ダム	AA	III	41.1	2.9	81.1	160.2	0.11	842.5	10.42	0.05	0.28
萩形ダム	AA	IV	29.5	2.4	68.4	251.1	0.07	646.6	7.68	0.05	0.32
夏瀬ダム	AA	I	532.5	45.3	384.6	1698.2	0.01	3861.6	42.98	0.14	1.05
皆瀬ダム	AA	IV	85.4	6.9	143.8	241.7	0.08	993.2	11.83	0.09	0.58
尾瀬沼	A	III	23.1	0.9	17.8	14.6	0.58	200.5	6.02	0.12	0.15
松原湖	A	I	268.5	10.6	161.1	14.2	0.58	1265.8	38.58	0.21	0.27
小野川湖	A	I	83.9	3.2	50.3	294.3	0.06	3386.3	45.81	0.02	0.07
秋元湖	A	II	110.9	5.3	111.1	174.6	0.10	5597.3	79.02	0.02	0.07
雄国沼	A	III	14.4	0.3	9.4	29.8	0.40	117.5	2.49	0.12	0.14
羽鳥湖	A	II	31.6	1.4	38.3	39.1	0.34	648.5	12.42	0.05	0.11
田子倉ダム	A	II	406.8	10.2	284.6	273.5	0.07	21469.3	291.83	0.02	0.04
奥只見ダム	A	II	332.2	15.4	322.3	159.9	0.11	15112.6	215.37	0.02	0.07
西浦	A	IV	24734.9	2240.4	13478.9	13.9	0.59	19489.3	602.92	1.27	3.72
北浦	A	IV	4547.1	689.9	3309.9	17.4	0.53	5144.4	140.12	0.88	4.92
常陸利根川	A	IV	2916.5	295.0	1401.1	211.7	0.09	26095.9	361.78	0.11	0.82
酒沼	B	III	2894.0	248.2	2294.7	48.1	0.29	6164.4	127.40	0.47	1.95
湯の湖	A	I	41.9	2.8	37.4	118.4	0.14	311.5	4.61	0.13	0.60
印旛沼	A	IV	7600.2	664.4	4310.1	15.7	0.36	3386.3	66.94	2.24	9.93
手賀沼	B	IV	5746.1	451.9	2828.9	14.6	0.58	1694.5	58.74	3.39	7.69
芦ノ湖	AA	III	150.1	6.3	68.5	8.3	0.71	155.6	5.86	0.96	1.08
鳥屋野潟	B	IV	3264.5	207.1	1223.7	145.6	0.12	3590.1	59.62	0.91	3.47
木場潟	A	IV	538.5	37.6	218.3	68.0	0.23	614.8	10.08	0.88	3.73
柴山潟	A	IV	1191.6	91.2	630.8	198.2	0.09	2785.5	38.84	0.43	2.35
河北潟	B	III	2446.5	173.8	1380.5	49.1	0.29	5498.6	112.96	0.44	1.54
北潟湖	B	III	161.8	13.6	79.1	48.4	0.29	1424.2	29.39	0.11	0.46
三方五湖	A&B	III	388.8	27.5	229.1	16.1	0.55	2432.3	79.75	0.16	0.35
山中湖	A	I	290.8	21.3	168.2	20.4	0.49	1134.2	28.44	0.26	0.75
河口湖	A	III	555.3	31.9	299.9	33.9	0.37	1584.7	31.90	0.35	1.00
西湖	A	I	67.7	2.7	48.7	17.1	0.54	298.4	8.19	0.23	0.33
精進湖	A	III	19.0	1.2	19.1	74.4	0.21	275.3	4.42	0.07	0.27
本栖湖	AA	III	72.1	3.1	66.8	9.6	0.68	123.0	4.19	0.59	0.75
諏訪湖	A	IV	5141.0	457.7	3123.5	41.4	0.33	4520.5	84.95	1.14	5.39
白樺湖	A	III	30.0	2.9	21.3	16.7	0.55	41.1	1.15	0.73	2.54
琴科湖	A	III	59.7	5.1	28.9	258.9	0.07	191.5	2.61	0.31	1.96
女神湖	A	III	8.6	0.7	11.2	98.0	0.17	80.5	1.23	0.11	0.55
大座法師池	A	III	32.7	3.8	16.6	116.0	0.15	47.7	0.71	0.69	5.41
丸池	A	II	31.1	4.6	37.0	693.3	0.03	171.0	2.23	0.18	2.07
琵琶池	A	III	90.8	5.7	42.4	253.5	0.07	354.2	4.84	0.26	1.19
みどり湖	A	III	10.8	0.8	6.1	316.7	0.06	156.2	2.10	0.07	0.37
美鈴湖	A	III	5.3	0.4	2.4	75.0	0.21	61.6	0.99	0.09	0.37
青木湖	AA	III	34.2	3.1	27.0	101.0	0.17	514.5	6.78	0.07	0.45
中綱湖	AA	III	75.6	5.1	44.1	83.6	0.19	32.1	0.44	2.36	11.63
木崎湖	AA	IV	238.5	16.0	138.7	37.9	0.35	145.5	2.44	1.64	6.53
野尻湖	AA	III	191.2	15.3	129.5	18.4	0.52	196.4	4.51	0.97	3.39
油ヶ淵	B	IV	1577.6	192.5	647.2	158.1	0.11	1386.3	22.80	1.14	8.44
琵琶湖	AA	IV	31319.7	1712.6	14080.2	8.4	0.70	15534.2	577.73	2.02	2.96
湖山池	A	IV	480.2	30.8	217.6	14.3	0.58	806.3	24.54	0.60	1.25
東郷池	A	III	481.2	34.6	263.5	24.9	0.45	829.3	18.96	0.58	1.83
中海	A	III	5423.7	406.6	2781.4	39.5	0.34	23589.0	450.02	0.23	0.90
宍道湖	A	III	7063.6	503.0	3662.3	23.0	0.47	14712.3	348.39	0.48	1.44
神西湖	C	III	623.7	79.9	257.4	57.1	0.26	1689.9	36.22	0.37	2.20
児島湖	B	IV	8417.0	627.0	4365.1	36.2	0.36	5400.0	122.36	1.56	5.12
鹿野川ダム	B	I	1415.9	131.3	1028.6	249.5	0.07	7928.8	125.04	0.18	1.05
黒瀬ダム	A	I	99.1	13.8	105.6	86.5	0.19	960.0	14.97	0.10	0.92
柳瀬ダム	A	I	95.5	9.8	154.6	182.4	0.10	2323.6	32.66	0.04	0.30
新宮ダム	A	I	46.1	4.6	81.6	254.9	0.07	1885.5	25.76	0.02	0.18
面河ダム	A	I	23.5	1.4	21.9	151.1	0.12	1552.6	22.27	0.02	0.06
日向神ダム	A	III	85.1	4.7	79.3	132.0	0.13	1355.9	19.78	0.06	0.24
鯉池	A	I	15.5	0.7	7.8	3.7	0.84	34.8	2.84	0.44	0.25
鶴田ダム	A	II	4760.0	644.9	3122.5	436.7	0.04	12957.5	171.65	0.37	3.76

表9 カテゴリー-Iの16湖沼におけるCODとTPの発生/許容負荷量比率

湖沼名	汽水:1	環境基準 類型	湖面積 km ²	平均水深 m	流域面積 km ²	滞留時間 y	制限 栄養塩	水量負荷 m y ⁻¹	蓄積率	発生/許容 COD	発生/許容 TP
支忽湖	0	AA	78.76	247.6	222.7	48.78	P	4.7	0.81	0.85	0.40
洞爺湖	0	AA	70.44	116.4	102.1	40.82	P	8.1	0.71	0.59	0.74
糠平ダム	0	A	8.22	19.5	375.2	0.32	P	51.5	0.28	0.05	0.21
岩洞ダム	0	A	5.77	8.0	42.4	0.38	P	60.0	0.25	0.02	0.04
夏瀬ダム	0	AA	0.83	2.6	191.4	0.01	P	1698.2	0.01	0.14	1.05
桧原湖	0	A	10.83	11.5	106.4	0.53	P	14.2	0.58	0.21	0.27
小野川湖	0	A	1.40	8.5	37.5	0.17	P	294.3	0.06	0.02	0.07
湯の湖	0	A	0.32	5.4	14.0	2.00	P	118.4	0.14	0.13	0.60
山中湖	0	A	6.76	8.9	52.1	0.89	P	20.4	0.49	0.26	0.75
西湖	0	A	2.12	33.0	36.7	1.58	P	17.1	0.54	0.23	0.33
鹿野川ダム	0	B	2.32	12.8	453.3	0.09	P	249.5	0.07	0.18	1.05
黒瀬ダム	0	A	1.35	25.2	99.3	0.27	P	86.5	0.19	0.10	0.92
柳瀬ダム	0	A	1.55	18.3	168.7	0.11	P	182.4	0.10	0.04	0.30
新宮ダム	0	A	0.90	13.0	82.7	0.09	P	254.9	0.07	0.02	0.18
面河ダム	0	A	1.25	21.4	15.3	0.29	P	151.1	0.12	0.02	0.06
鰻池	0	A	1.15	34.8	1.4	7.52	P	3.7	0.84	0.44	0.25

表10 カテゴリー-IIの6湖沼におけるCODとTPの発生/許容負荷量比率

湖沼名	汽水:1	環境基準 類型	湖面積 km ²	平均水深 m	流域面積 km ²	滞留時間 y	制限 栄養塩	水量負荷 m y ⁻¹	蓄積率	発生/許容 COD	発生/許容 TP
秋元湖	0	A	3.90	8.4	112.1	0.15	P	174.6	0.10	0.02	0.07
羽鳥湖	0	A	2.02	12.8	40.6	0.47	P	39.1	0.34	0.05	0.11
田子倉ダム	0	A	9.55	38.7	324.6	0.38	P	273.5	0.07	0.02	0.04
奥只見ダム	0	A	11.50	39.8	325.1	0.68	P	159.9	0.11	0.02	0.07
丸池	0	A	0.03	4.7	0.6	0.16	N	693.3	0.03	0.18	2.07
鶴田ダム	0	A	3.61	27.2	801.4	0.08	P	436.7	0.04	0.37	3.76

表11 カテゴリーIIIの35湖沼におけるCODとTPの発生/許容負荷量比率

湖沼名	汽水:1	環境基準 類型	湖面積 km ²	平均水深 m	流域面積 km ²	滞留時間 y	制限 栄養塩	水量負荷 m y ⁻¹	蓄積率	発生/許容 COD	発生/許容 TP
大沼	0	A	5.10	5.9	30.3	0.15	P	39.3	0.34	0.15	0.65
小川原湖	1	A	62.69	10.9	738.5	1.06	P	10.3	0.66	0.76	2.24
田瀬ダム	0	A	6.00	16.8	718.9	0.22	P	112.6	0.15	0.24	1.37
石淵ダム	0	AA	1.08	11.1	143.8	0.04	P	375.7	0.05	0.04	0.31
豊沢ダム	0	A	1.37	16.9	58.6	0.33	P	96.2	0.17	0.02	0.11
栗駒ダム	0	AA	0.83	15.4	52.2	0.24	P	131.2	0.13	0.09	0.51
樽水ダム	0	A	0.41	10.2	8.5	0.21	P	19.3	0.51	0.11	0.24
伊豆沼	0	B	2.89	0.7	58.8	0.02	P	30.1	0.40	0.33	1.05
長沼	0	B	3.17	2.0	10.0	0.39	N	7.1	0.74	0.37	0.52
素波里ダム	0	AA	1.92	20.6	98.1	0.13	P	160.2	0.11	0.05	0.28
尾瀬沼	0	A	1.67	4.0	11.9	0.46	P	14.6	0.58	0.12	0.15
雄国沼	0	A	0.48	3.8	10.2	0.09	P	29.8	0.40	0.12	0.14
酒沼	1	B	9.35	2.2	432.1	0.05	P	48.1	0.29	0.47	1.95
芦ノ湖	0	AA	6.88	26.2	24.8	2.65	P	8.3	0.71	0.96	1.08
河北潟	1	B	8.17	1.8	280.1	0.01	P	49.1	0.29	0.44	1.54
北潟湖	1	B	2.15	2.7	12.3	0.12	P	48.4	0.29	0.11	0.46
三方五湖	1	A&B	11.06	9.0	83.9	0.50	P	16.1	0.55	0.16	0.35
河口湖	0	A	5.68	10.5	132.0	0.38	P	33.9	0.37	0.35	1.00
精進湖	0	A	0.45	12.9	16.5	0.30	P	74.4	0.21	0.07	0.27
本栖湖	0	AA	4.70	68.1	37.9	6.58	P	9.6	0.68	0.59	0.75
白樺湖	0	A	0.30	0.7	5.4	0.20	P	16.7	0.55	0.73	2.54
蓼科湖	0	A	0.09	2.2	1.1	0.20	N	258.9	0.07	0.31	1.96
女神湖	0	A	0.10	1.8	11.5	0.10	P	98.0	0.17	0.11	0.55
大座法師池	0	A	0.05	2.6	0.6	0.10	P	116.0	0.15	0.69	5.41
琵琶池	0	A	0.17	9.4	1.1	0.89	P	253.5	0.07	0.26	1.19
みどり湖	0	A	0.06	4.7	3.9	0.05	N	316.7	0.06	0.07	0.37
美鈴湖	0	A	0.10	8.0	0.4	0.30	P	75.0	0.21	0.09	0.37
青木湖	0	AA	1.86	29.0	7.3	4.12	P	101.0	0.17	0.07	0.45
中綱湖	0	AA	0.14	5.7	3.6	0.04	P	83.6	0.19	2.36	11.63
野尻湖	0	AA	3.90	20.8	10.8	3.86	P	18.4	0.52	0.97	3.39
東郷池	1	A	4.06	2.2	51.3	0.09	P	24.9	0.45	0.58	1.83
中海	1	A	72.63	5.6	579.3	0.13	N	39.5	0.34	0.23	0.90
六道湖	1	A	77.82	4.2	1313.9	0.16	N	23.0	0.47	0.48	1.44
神西湖	1	C	1.35	2.0	40.3	0.08	N	57.1	0.26	0.37	2.20
日向神ダム	0	A	1.25	19.1	83.1	0.18	P	132.0	0.13	0.06	0.24

表12 カテゴリーIVの26湖沼におけるCODとTPの発生/許容負荷量比率

湖沼名	汽水:1	環境基準 類型	湖面積 km ²	平均水深 m	流域面積 km ²	滞留時間 y	制限 栄養塩	水量負荷 m y ⁻¹	蓄積率	発生/許容 COD	発生/許容 TP
網走湖	1	A	32.87	7.1	1342.8	0.27	N	16.6	0.55	0.73	3.18
阿寒湖	0	AA	13.00	16.2	148.0	1.07	N	14.2	0.58	0.91	3.40
春採湖	1	B	0.38	2.6	3.3	0.29	N	13.3	0.60	3.81	4.49
花山ダム	0	AA	2.40	12.5	109.5	0.13	P	112.0	0.15	0.10	0.57
鳴子ダム	0	AA	2.10	15.7	208.0	0.12	P	205.1	0.09	0.14	1.02
漆沢ダム	0	AA	0.90	17.8	58.0	0.21	N	170.3	0.11	0.05	0.33
釜房ダム	0	AA	3.90	10.1	190.6	0.19	P	65.9	0.23	0.52	3.27
大倉ダム	0	AA	1.60	15.6	86.9	0.02	P	91.1	0.18	0.23	1.63
八郎湖	1	A	27.60	6.0	844.0	0.12	P	65.7	0.23	0.20	1.00
森吉ダム	0	AA	1.56	17.2	118.4	0.15	P	181.5	0.10	0.06	0.36
萩形ダム	0	AA	0.94	12.4	85.8	0.06	P	251.1	0.07	0.05	0.32
皆瀬ダム	0	AA	1.50	17.5	170.5	0.09	P	241.7	0.08	0.09	0.58
西浦	0	A	171.00	4.0	1446.0	0.45	P	13.9	0.59	1.27	3.72
北浦	0	A	36.00	4.0	411.4	0.34	P	17.4	0.53	0.88	4.92
常陸利根川	0	A	15.00	2.0	91.6	0.04	P	211.7	0.09	0.11	0.82
印旛沼	0	A	11.55	2.4	503.1	0.06	P	35.7	0.36	2.24	9.93
手賀沼	0	B	8.50	0.9	156.6	0.04	N	14.6	0.58	3.39	7.69
鳥屋野潟	0	B	1.80	2.2	94.2	0.01	N	145.6	0.12	0.91	3.47
木場潟	1	A	1.10	2.0	38.2	0.02	P	68.0	0.23	0.88	3.73
柴山潟	1	A	1.71	2.7	111.8	0.01	P	198.2	0.09	0.43	2.35
諏訪湖	0	A	13.30	4.8	531.2	0.03	N	41.4	0.33	1.14	5.39
木崎湖	0	AA	1.40	18.1	28.0	0.42	P	37.9	0.35	1.64	6.53
油ヶ淵	1	B	0.64	3.1	45.7	0.02	N	158.1	0.11	1.14	8.44
琵琶湖	0	AA	675.00	40.7	3220.8	5.32	P	8.4	0.70	2.02	2.96
湖山池	1	A	6.88	2.8	42.5	0.19	P	14.3	0.58	0.60	1.25
児島湖	0	B	10.88	1.6	557.2	0.05	N	36.2	0.36	1.56	5.12

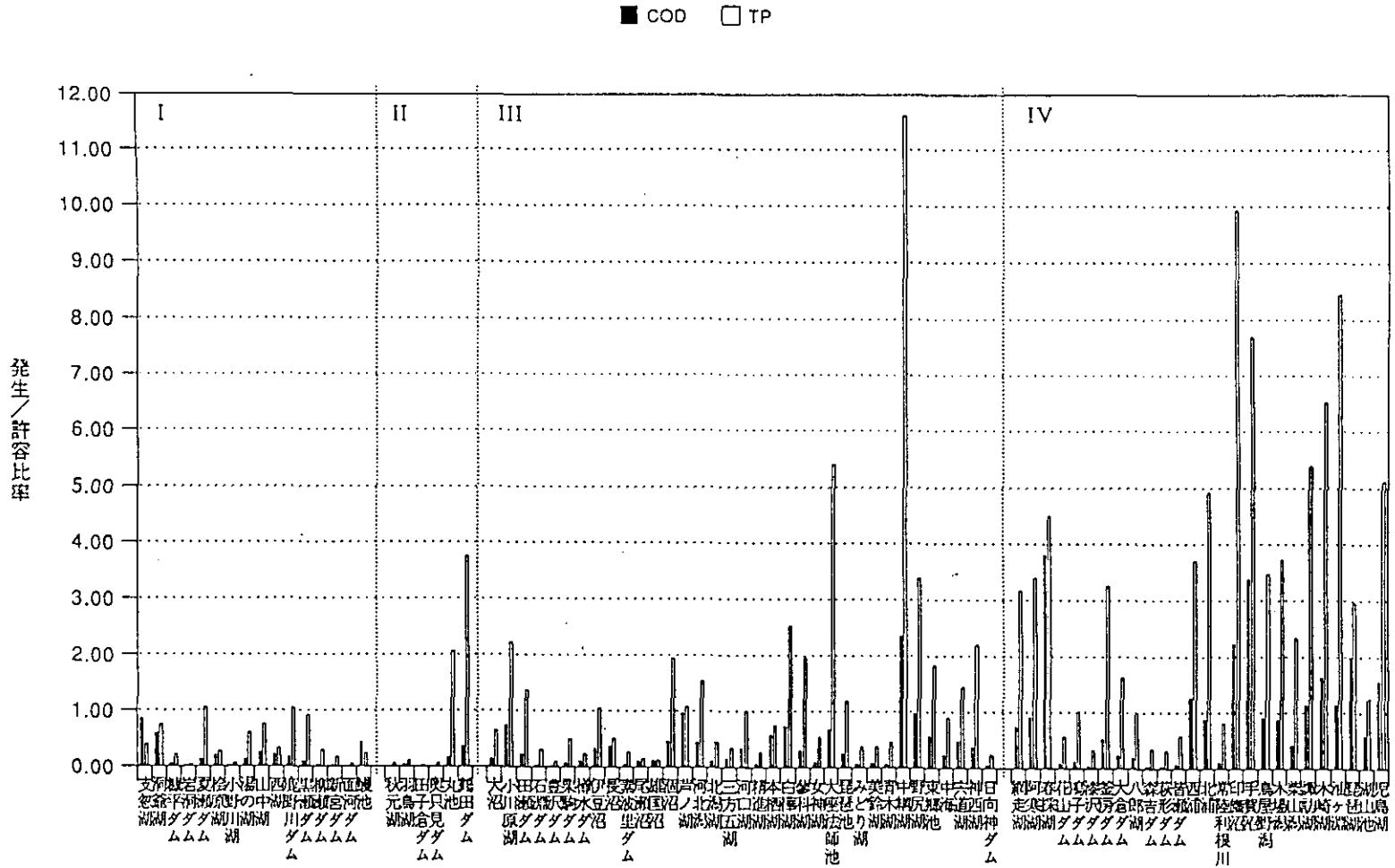


図27 全国83湖沼におけるCODとTPの発生/許容負荷量比率

5. おわりに

本報告では、主に1980年代における日本の湖沼の COD データを様々な角度から眺めることによって、単純な達成率の推移だけではわからない環境基準達成状況の定量的な評価を行った。長年にわたる、達成率の低迷の背景には基準値との「どうしようもない開き」を持つ絶望的な湖沼が数多く存在することも確認された。

基準達成計画策定の基本となる COD 成分の分離（外来性／内部生産性）、制限栄養塩との関係、富栄養化指数（TSI）による評価、さらには許容負荷量の算定なども試みたが、現実には厳しいと言わざるを得ない。最後に、環境基準未達成湖沼（最近10年間の平均値が基準を超えている63の湖沼）の水質特性と負荷特性の概略を表13～14にまとめてみた。

表13は外来性負荷だけでも環境基準を超えてしまう26湖沼の特性を示しているが、ほとんどがカテゴリⅣ、すなわち、環境基準値の2倍以上の水質レベルを持つ汚濁湖沼である。これらの湖沼では、流域からの外来性 COD 負荷の大幅な削減が基準の達成に向けての第一歩であると思われるが、ダム湖など面源負荷が主要な発生源となっている湖沼では対策がたてにくい。さしあたっては、生活系の負荷が大きい湖沼における生活雑排水対策が全体の達成率向上に最も効果的であると考えられる。特に、外来性 COD 負荷が経年的に悪化の傾向を示している春採湖、伊豆沼、印旛沼では対策の実施が急務である。

表14は外来性負荷だけでは基準を超えることはないが、全体として基準を達成できていない37湖沼の特性を示している。達成状況はほとんどがカテゴリⅢに含まれ、超過年度率は3割～10割の幅を持っている。これらの湖沼では栄養塩負荷を削減して内部生産を抑制することが基準達成への第一歩であると思われる。特に、中網湖では TP の発生／許容負荷比率が10倍以上になっており、TP 負荷の大幅削減が急務である。その他、小川原湖、柴山潟、白樺湖、大座法師池、木崎湖、神西湖でも TP 負荷が許容量の2倍以上となっている。

表13～14に示した63の湖沼の内、18の湖沼で COD 75%値の低下傾向がみられたことがわずかな数いとなっているが、基準値との開き具合を考えると達成率の向上は容易なことではない。本報告で提示した多面的な評価手法が今後の環境基準達成に向けて活用されることを期待したい。

参考資料として、表15～20に各種指標による湖沼ランキング上位20湖沼を示す。水質レベルという点ではいずれもワースト20である。

表13 外来負荷だけで環境基準を超える26湖沼の水質特性と負荷特性

湖沼名	汽水 (*) 栄養塩	制限	環境基準 類型	達成状況 分類	超過年度率 %	CODの経年変化			TSI(TP)	COD流達率 外来/発生	蓄積率	発生/許容負荷比率		主要な発生源	
						75%値	外来	内部				COD	TP		
網走湖		N	A	IV	100	×	△	△	67	1.83	0.55	0.73	3.18	畜産	28%
阿寒湖		N	AA	IV	100	△	△	△	56	2.30	0.58	0.91	3.40	産業	58%
春採湖		N	B	IV	100	○	×	○	83	0.54	0.60	3.81	4.49	生活	97%
花山ダム		P	AA	IV	100	△	△	△	43	13.39	0.15	0.10	0.57	面源	72%
漆沢ダム		N	AA	IV	100	△	△	△	50	23.04	0.11	0.05	0.33	面源	100%
釜房ダム		P	AA	IV	100	△	△	△	43	2.74	0.23	0.52	3.27	畜産	36%
大倉ダム		P	AA	IV	100	△	△	△	40	4.47	0.18	0.23	1.63	畜産	40%
伊豆沼		P	B	III	100	△	×	△	73	3.33	0.40	0.33	1.05	生活	55%
八郎湖		P	A	IV	100	△	△	△	61	6.18	0.23	0.20	1.00	生活	52%
森吉ダム		P	AA	IV	100	○	○	×	36	30.18	0.10	0.06	0.36	面源	100%
萩形ダム		P	AA	IV	100	○	○	△	40	36.11	0.07	0.05	0.32	面源	100%
皆瀬ダム		P	AA	IV	100	○	○	△	40	18.60	0.08	0.09	0.58	面源	65%
西浦		P	A	IV	100	○	○	○	62	1.62	0.59	1.27	3.72	生活	43%
北浦		P	A	IV	100	△	△	△	61	1.96	0.53	0.88	4.92	畜産	57%
常陸利根川		P	A	IV	100	○	○	△	61	18.88	0.09	0.11	0.82	畜産	61%
印旛沼		P	A	IV	100	△	×	△	67	0.89	0.36	2.24	9.93	生活	76%
手賀沼		N	B	IV	100	○	○	○	88	0.72	0.58	3.39	7.69	生活	89%
鳥屋野潟		N	B	IV	100	○	△	○	83	1.10	0.12	0.91	3.47	生活	79%
木場潟		P	A	IV	100	×	△	×	69	1.32	0.23	0.88	3.73	生活	57%
諏訪湖		N	A	IV	100	○	△	○	69	0.91	0.33	1.14	5.39	生活	51%
野尻湖		P	AA	III	100	△	△	△	47	1.09	0.52	0.97	3.39	生活	40%
佐鳴湖		N	B	IV	100	△	○	△	87						
油ヶ淵		N	B	IV	100	×	△	○	85	1.05	0.11	1.14	8.44	生活	66%
琵琶湖		P	AA	IV	100	△	△	△	45	0.78	0.70	2.02	2.96	生活	53%
湖山池		P	A	IV	100	△	△	△	64	1.72	0.58	0.60	1.25	生活	68%
児島湖		N	B	IV	100	△	△	△	77	0.92	0.36	1.56	5.12	生活	77%

○:改善, △:横ばい, ×:悪化

表14 外来負荷だけでは環境基準を超えない37湖沼の水質特性と負荷特性

湖沼名	汽水 (*)	制限 栄養塩	環境基準 類型	達成状況 分類***	超過年度率 %	CODの経年変化			TSI(TP)	COD流達率 外来/発生	蓄積率	発生/許容負荷比率		主要な発生源	
						75%値	外来	内部				COD	TP		
大沼		P	A	III	82	△	△	△	47	5.07	0.34	0.15	0.65	面源	32%
小川原湖		P	A	III	41	△	△	○	48	0.92	0.66	0.76	2.24	畜産	42%
石淵ダム		P	AA	III	91	△	△	△	36	16.19	0.05	0.04	0.31	面源	100%
豊沢ダム		P	A	III	36	△	△	△	47	19.68	0.17	0.02	0.11	面源	99%
栗駒ダム		P	AA	III	100	△	△	△	40	9.35	0.13	0.09	0.51	面源	88%
鳴子ダム		P	AA	IV	100	△	△	△	43	6.75	0.09	0.14	1.02	面源	50%
樽水ダム		P	A	III	91	△	△	△	40	6.67	0.51	0.11	0.24	面源	80%
長沼		N	B	III	100	△	△	△	62	2.62	0.74	0.37	0.52	畜産	34%
素波里ダム		P	AA	III	100	△	○	△	36	18.72	0.11	0.05	0.28	面源	100%
尾瀬沼		P	A	III	94	△	△	△	40	6.88	0.58	0.12	0.15	面源	75%
雄国沼		P	A	III	100	△	△	△	40	5.40	0.40	0.12	0.14	面源	100%
沼沼		P	B	III	100	△	○	△	64	1.95	0.29	0.47	1.95	生活	70%
赤城大沼		P	A	III	82	×	×	△	40	-	-	-	-	-	-
榛名湖		P	A	III	82	△	△	△	40	-	-	-	-	-	-
芦ノ湖		P	AA	III	100	△	△	△	40	0.98	0.71	0.96	1.08	面源	49%
柴山湯		P	A	IV	100	×	△	△	65	1.48	0.09	0.43	2.35	生活	72%
河北湯		P	B	III	100	△	△	×	67	1.39	0.29	0.44	1.54	生活	77%
北湯湖		P	B	III	100	△	△	△	64	5.59	0.29	0.11	0.46	生活	55%
三方五湖		P	A&B	III	34	○	○	○	54	3.10	0.55	0.16	0.35	生活	49%
河口湖		P	A	III	82	△	△	△	40	1.95	0.37	0.35	1.00	生活	53%
精進湖		P	A	III	91	△	△	△	48	10.65	0.21	0.07	0.27	面源	48%
本栖湖		P	AA	III	64	△	△	△	31	0.93	0.68	0.59	0.75	面源	80%
白樺湖		P	A	III	55	○	△	○	48	0.74	0.55	0.73	2.54	産業	37%
蓼科湖		N	A	III	55	△	△	△	64	1.56	0.07	0.31	1.96	産業	52%
女神湖		P	A	III	82	○	△	○	47	5.80	0.17	0.11	0.55	面源	48%
大座法師池		P	A	III	100	○	×	○	50	1.45	0.15	0.69	5.41	畜産	89%
琵琶池		P	A	III	55	△	×	○	58	1.56	0.07	0.26	1.19	産業	92%
青木湖		P	AA	III	82	△	△	△	22	9.31	0.17	0.07	0.45	面源	54%
中綱湖		P	AA	III	73	○	△	△	45	0.34	0.19	2.36	11.63	生活	81%
木崎湖		P	AA	IV	100	○	△	△	40	0.50	0.35	1.64	6.53	生活	86%
東郷池		P	A	III	100	○	△	△	62	1.49	0.45	0.58	1.83	生活	42%
中海		N	A	III	91	△	△	△	63	3.04	0.34	0.23	0.90	生活	53%
宍道湖		N	A	III	100	△	△	△	60	1.63	0.47	0.48	1.44	生活	59%
神西湖		N	C	III	55	○	△	○	70	1.26	0.26	0.37	2.20	畜産	48%
菅野湖		P	A	III	100	○	△	△	47	-	-	-	-	-	-
常盤湖		P	B	III	100	△	△	△	53	-	-	-	-	-	-
日向神ダム		P	A	III	73	△	△	△	50	7.63	0.13	0.06	0.24	生活	50%

○:改善, △:横ばい, ×:悪化

表15 COD75%値(78-88平均)

手賀沼	25.21
春採湖	17.38
佐鳴湖	13.77
油ヶ淵	12.75
印旛沼	12.50
鳥屋野潟	10.61
児島湖	10.42
西浦	10.17
伊豆沼	9.37
酒沼	9.16
常陸利根川	9.12
北浦	8.76
長沼	8.71
神西湖	8.27
木場潟	8.08
諏訪湖	7.72
北潟湖	7.58
八郎湖	7.45
河北潟	7.37
湖山池	6.76

表16 環境基準値を1としたときのCOD75%値

B	手賀沼	5.04
A	印旛沼	4.17
B	春採湖	3.48
A	西浦	3.39
A	常陸利根川	3.04
AA	森吉ダム	3.01
A	北浦	2.92
AA	琵琶湖	2.88
AA	阿寒湖	2.86
AA	萩形ダム	2.76
B	佐鳴湖	2.75
AA	皆瀬ダム	2.73
A	木場潟	2.69
AA	漆沢ダム	2.68
AA	花山ダム	2.65
A	諏訪湖	2.57
B	油ヶ淵	2.55
A	八郎湖	2.48
AA	釜房ダム	2.39
A	湖山池	2.25

表17 外来性COD値(78-88平均)

手賀沼	12.17
春採湖	10.24
佐鳴湖	8.55
兎島湖	7.14
常陸利根川	6.33
西浦	6.18
印旛沼	6.02
油ヶ淵	5.95
伊豆沼	5.52
北浦	5.19
鳥屋野潟	5.02
長沼	4.84
酒沼	4.57
常盤湖	4.14
網走湖	4.04
神西湖	3.71
八郎湖	3.62
木場潟	3.46
北潟湖	3.18
諏訪湖	3.12

表18 内部生産性COD値(78-88平均)

手賀沼	9.78
油ヶ淵	5.40
印旛沼	4.58
春採湖	4.52
鳥屋野潟	4.44
佐鳴湖	4.04
諏訪湖	3.58
神西湖	3.46
酒沼	3.31
木場潟	3.29
伊豆沼	3.12
西浦	3.11
柴山潟	3.08
北潟湖	3.01
河北潟	2.96
八郎湖	2.95
長沼	2.82
湖山池	2.69
北浦	2.65
兎島湖	2.61

表19 TSI(TP)85-88平均

手賀沼	88
佐鳴湖	87
油ヶ淵	85
鳥屋野潟	83
春採湖	83
みどり湖	79
児島湖	77
伊豆沼	73
神西湖	70
諏訪湖	69
木場潟	69
網走湖	67
河北潟	67
印旛沼	67
柴山潟	65
酒沼	64
湖山池	64
蓼科湖	64
北潟湖	64
中海	63

表20 T-N濃度85-88平均

手賀沼	4.77
油ヶ淵	3.70
佐鳴湖	3.69
春採湖	2.51
鳥屋野潟	2.28
伊豆沼	2.26
印旛沼	2.24
児島湖	1.83
酒沼	1.71
木場潟	1.24
西浦	1.17
諏訪湖	1.15
河北潟	1.05
神西湖	1.03
北潟湖	1.02
八郎湖	1.01
常陸利根川	1.00
北浦	1.0
みどり湖	0.98
鶴田ダム	0.97

引用文献

- Aizaki, M., A Otsuki, T Fukushima, M Hosomi and K Muraoka (1981) : Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. Verh. Internat. Verein. Limnol., 21, 675-681.
- Carlson, R. E. (1977) : A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr., 22, 361-369.
- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾 (1986) : 湖沼水質の簡易な予測モデル 1. 湖沼流域の諸特性と湖水栄養塩濃度との関係. 水質汚濁研究, 9, 586-595.
- 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾 (1986) : 湖沼水質の簡易な予測モデル 2. 湖水栄養塩濃度と内部生産 COD, クロロフィルaとの関係. 水質汚濁研究, 9, 775-785.
- 環境庁水質保全局監修 : 全国公共用水域水質年鑑, 1978~1988年版, 東海大学出版会.
- 環境庁水質保全局水質規制課 (1983) : 昭和57年度湖沼の富栄養化対策調査報告書.
- 中西弘・浮田正夫・宇野良治 (1975) : 海域における COD 生産量について. 用水と廃水, 17, 43-53
- OECD (1982) : Eutrophication of Waters, OECD, Paris, 154pp..

なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？

—北海道の湖沼を例として—

坂田康一（北海道公害防止研究所）

1. はじめに

湖沼の環境基準の設定の意義は言うまでもなく重要であり、湖沼の水質基準が設定されて以来、COD を評価基準として湖沼の有機物汚濁の達成率を判定してきた。その後、湖沼の汚濁を富栄養化現象として捉え、栄養塩の制御を基本的な理念として、昭和57年以降、栄養塩の基準も設定された。しかし、基準の達成率は、過去からのデータの積み重ねによって現時点でも COD を評価基準として求めている。COD 基準の達成率を北海道の湖沼の場合についてみると、昭和63年度で46.2%と低く、これは全国的な傾向と類似している。湖沼で発現する水質汚濁現象を解明し、環境基準達成率を判定する要因を検討する上で多くの問題を抱えている。例えば、環境基準の達成率を判定する COD の分析法は従前から言われているように問題点を含んでおり、また、基準が達成されていない各湖沼間の栄養度レベルの違いによって湖内に起こっている現象を一律に扱うことはできない。さらに、悪化した湖沼の対策に視点をおくと、学問上の的確なバックアップが必要となり、例えば、基準項目の中の窒素、リン等の挙動を解明することの重要性が増してくる。即ち、湖沼の汚濁が富栄養化現象として捉えられるならば陸水学上の問題として対処することが必要になる。しかし、法的に必要な栄養塩の調査項目は前窒素、全リンの濃度だけであり、各栄養塩の形態や藻類等についての基礎的な知識を得る項目を測定する義務はない。陸水学上から得られた富栄養化の根本的な解決策としてリンの削減対策が行われてきたが、その効果が COD の経年変化の減少としては現れてきていないのが現状である。

今回はこうした現状下で COD を主に「環境基準」と湖沼の汚濁の関係について北海道の湖沼において抱えている問題点を事例として整理し紹介する。

2. 「環境基準」が設定されている湖沼の現状

まず、「環境基準」の定義を見ると、公害対策基本法第9条による公共用水域の水質汚濁に係る環境上の条件つき人の健康を保護し、および生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準（以下「環境基準」という。）として定められている。即ち、行政的に施策を遂行するためには尺度をもうける必要があり、環境基準を「目標基準」として位置づけている。また、各湖沼に当てはめる環境基準は、自然環境保全、水道水源としての価値、望ましい水産生物、工業用水、環境保全の5つのランク付けを行うことを基本にしている。北海道では河川の水が豊富なので自然湖沼を水道水源として使用する機能はほとんどない。むしろ、観光用の自然景観の一部として

の価値が高いことと漁業生産の場として使用している場合が多い。

次に、北海道内の環境基準を設定した14湖沼について概括する。AA 類型の COD 1 mg/l に設定されているのはカルデラ湖の支忽湖、洞爺湖、屈斜路湖、倶多楽湖（平成元年設定）、阿寒湖、A 類型の COD 3 mg/l に設定されているのは堰止湖の然別湖、糠平ダム湖、大沼、海跡湖の網走湖、B 類型の COD 5 mg/l に設定されているのは春採湖である。これ以外の厚岸湖、サロマ湖、能取湖、風蓮湖は海域の類型指定が設定されている。また、全リン、全窒素についてもそれぞれの現状の水質に応じてランク付けを行っている。

COD については洞爺湖、大沼、サロマ湖、風蓮湖、網走湖及び春採湖（63年度調）が基準を達成していない。全窒素については、類型指定が行われている阿寒湖、春採湖及び網走湖の 3 湖沼において、また、全リンについては、類型指定が行われている 9 湖沼のうち、支忽湖、洞爺湖、大沼、阿寒湖、然別湖、糠平ダム湖、春採湖及び網走湖の 8 湖沼において基準が達成されていない（63年度調）。ここで、COD の達成率の決め方を見ると、一年間の調査回数⁷の75%目の基準点（湖心に近い）の平均値のデータを採用し達成度を見ている。しかし、調査回数の少ない場合の75%値は統計的な意味があるとは考えられず、（T-P、T-N は表層の基準値の平均値を使用している）、この値は、単に一年間の COD 測定データの75%目の値であり、基準値との比較によって達成率を見ているにすぎない。

3. 分析上の問題点

環境基準に関する COD の分析法は、1966年に JISK0102 工場排水試験方法が制定されたが、そのまま、1971年に公共用水域へも適用されるようになった。COD の測定法には、大きく分けて過マンガン酸カリウム法と重クロム酸カリウム法がある。そのうち、過マンガン酸カリウム法には酸性法とアルカリ法がある。通常の湖沼、海域では酸性法が適用されている。なお、例外として、ノリ養殖場の海域ではアルカリ法が適用されている。一方、重クロム酸カリウム法は日本以外のヨーロッパ、米国で採用されている。ここで、日本の湖沼、海域で適用されている過マンガン酸カリウムによる COD の分析法を今一度検討してみよう。COD は硫酸酸性で沸騰水浴中でサンプルを N/40 過マンガン酸カリウム溶液を加え30分間反応させたときに消費された過マンガン酸カリウムの量を用いて測定した酸素消費量を COD 値として表しただけである。この方法は表1に示すように有機物の全量を知る指標にはならない。なお、表1に示すように重クロム酸カリウム法でも完全ではないことが分かる。いずれの方法を用いても COD は有機物そのものの尺度ではなく、簡便性や利水状況から設定された河川⁸の環境基準項目である BOD との対比から COD が採用された経緯がある（有機物の構成成分を知るためには C、H、N、O、P 等の元素を分析することが直接的である）。

表 1 COD (Cr) 法とCOD (Mn) の酸化率

物質名	分析法	酸化率 (%) *1		
		K ₂ Cr ₂ O ₇ 法	KMnO ₄ *2 酸性法	KMnO ₄ *3 アルカリ法
iso-プロピルアルコール		89	2.3 ~ 6.8	1.2 ~ 2.3
ベンズアルデヒド		80	8 ~ 12	3.1 ~ 3.3
安息香酸		100	0.6 ~ 2.0	0.2 ~ 0.3
サリチル酸		95	45 ~ 89	54 ~ 80
ピリジン		1.2	0.35 ~ 1.6	0.017 ~ 0.17
ブドウ糖		96.9	44 ~ 73	57 ~ 68
乳糖		95.6	76	16 ~ 52

* 1. 酸化率 理論的酸素要求量に対する%

* 2. N/100 KMnO₄ を使用, サンプル 50 ml, H₂SO₄ (1:3) 10 ml, 沸騰浴内加温

* 3. 上記方法で, H₂SO₄ の代わりに 10% NaOH 5 ml 添加

湖水の COD を分析しても外来性の有機物や内部で生産された有機物の総合的な指標となるとは限らない。例えば, COD は硫化水素, 第一鉄, 二価のマンガン等の無機的な還元物質も測定してしまう。このことは, 嫌気的な湖水の水を測定するときや, 鉱山排水, 金属工場の水に対しては十分考慮する必要がある。

次に, 分析法の定量下限値について見る。JIS の解説では COD 値が低い試料は試薬, 空試験に用いる水に有機物などが含まれると低い値に対して大きな影響を与えるとしている。特に, 環境基準の AA 類型は 1 mg/l と低い値なので十分な注意が必要である。例えば, 1.0 mg/l COD 値は滴定値で空試験との差の滴定量は 0.5 ml にしか達しない。このことは, 十分に空試験に対する慎重さや滴定制度の向上に務め COD 値を求めることが必要となる。

湖沼の有機汚濁の機構を検討するには, 湖沼の有機物がどのような成分から構成されているかが重要である。実際の試料を見ると, 例えば流域の水の起源である降水の COD 値が AA 類型の 1 mg/l 以上を既に超えていることがよくある。降水が直接湖内に入っても内部生産のため COD は増加傾向にあり, また, 浄化的な山林を通過しても, 流下過程では農地, 都市域等の社会活動をしている地域を通過するため浄化される条件はほとんどない。我々が調査した網走湖流域では山林が100%を占める上流域の河川においても, すでに COD 値が 3 mg/l を超えている等, 非常に清澄と考えられる水が高い COD 値を示す場合がある。また, 湖沼の有機物は無機懸濁物質, プラクトン, セストンやこれらの分解過程の成分; 溶存態といわれる成分等, 見方をかえれば無機物, 有機物の低分子から高分子までの物質が分析の対象になっている。COD 値は元素分析による値でもなく, ある有機物の形態を規定した分析法による値でもなく, 公に定めた手順分析で

ある。

4. 陸水学と環境基準

現在湖水において調査している表層の COD, 全リン, 全窒素の濃度のトレンドを知るだけでは湖沼で起こっている詳細な機構や物理的, 化学的, 生物的な物質変化の兆候をみるには情報量が少ない。このことは年間のトータルの濃度だけの把握だけで対策が行われている湖内の水平的, 鉛直的な無機成分, 一次生産者であるプランクトン量等の応答の速い成分分析の消長を把握しなければ対策の効果は短期的に判断できず, COD, 全リン, 全窒素の表層水の値で削減の効果を推定するのは容易ではない。また, 流域, 湖沼の部分的対策では自然の変動, 社会的活動のより速い改変が勝ることがあり, その場合には湖内の水質の回復はそれより緩慢になり効果が上がらないことを認識する必要がある。ここでは, 湖沼の湖盆, 流域の特性により表層の基準値だけでは湖沼の特性が現れてこない例として阿寒湖, 網走湖, 大沼, 全道の腐植湖沼及び人為的汚濁が進行している春採湖について示す。

阿寒湖 (複循環湖)

阿寒湖の COD 基準は AA 類型の 1 mg/l であるが図 1 で見るように, 2~3 mg/l の範囲でほとんど変化なく推移している。湖は湖面積 13.3 km², 平均水深 17.8 m, 最大水深 42 m, 流域面積 291 km² で冬期には結氷する複循環湖である。点源対策として昭和63年度の特定期環境保全公共下水道の供用開始・一部分の底泥のしゅんせつ, 流入河川に設置した沈殿池の維持管理等対策を行ってきた。そのため, ほとんど生活排水の流入はなくなった。また, 流域の人為的活動は高々約 1 km²の観光地に集中しており, 対岸には上流域の社会活動のないバンケ湖や山林を通過した小河川が流入している。さらに, 湖底には表層底泥の T-C, T-N, T-P が各々約 10%, 1.0%, 2,000

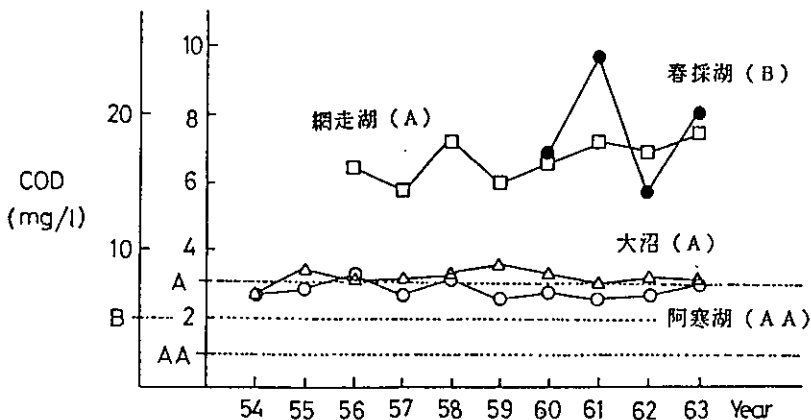


図 1 COD の経年変化

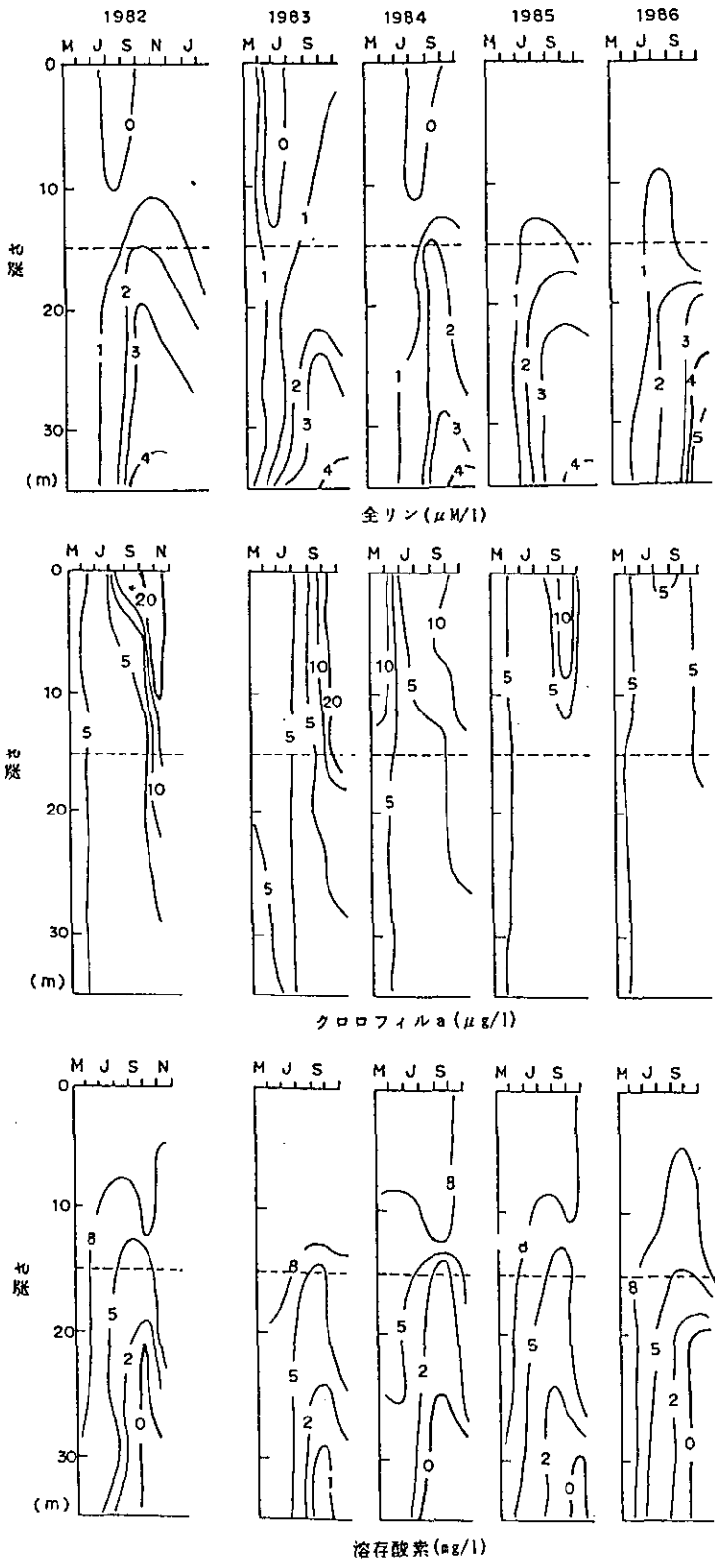


図 2 阿寒湖の全リン、クロロフィル a 及び溶存酸素の経年変化

mg/l の非常に高い値の有機物が堆積している。湖沼の特性として内部生産が起こっている湖沼は藻類の増殖と関係があり、COD 濃度は生物群集の消長と関係していることが知られている。しかも、その湖沼の持つ COD のバックグラウンドは冬期の COD 濃度で春期から秋期の藻類の増殖に伴う部分が増加分 COD であり、内部生産 COD と考えられている。しかし、この考え方は阿寒湖は当てはまらない。図2を見ると、藻類の増殖は夏期に一番低いことが毎年繰返し起こっているからである。クロロフィル a 濃度から見ると藻類増殖は夏期に比較して秋期に多く、次に冬期が多いことが分かる。栄養塩の T-P も阿寒湖では夏期より冬期が高い。このように、結氷期がある北海道は気象条件による藻類群集の遷移の違いが大きく湖水の生物生産を左右する。一方、鉛直方向に湖水を見ると、夏期に、成層下の 20 m 以深が上層からの植物プランクトン等の死骸等が沈降し、栄養塩等を溶出し、分解のため無酸素状態になり、その上、底泥からの栄養塩の回帰が加わり秋期、冬期の循環期の藻類増殖が活発になることにな大きな影響を与えている。このように、ある程度深い湖は表層で増殖する藻類に必要な栄養塩の循環が物理的な密度躍層の形成を支配しているため鉛直方向の重要性が認められる。このことは表層の有光層に流入する栄養塩の増殖だけでは藻類の増殖（内部生産）が支配されていない例である。

網走湖（汽水湖）

網走湖の COD 基準は A 類型の 3~4 mg/l の範囲であるが図1で見ると、6~7 mg/l の範囲で、基準の 2 倍以上で、ほとんど変化なく推移している。湖は湖面積 32.87 km²、平均水深 6.1 m、最大水深 16.8 m、流域面積 1,259 km² の汽水湖である。即ち、年を通して 5~6 m 以深が海水で、上層も 5,000~6,000 mg/l の塩化物で占められている。下層は強還元的でリン酸態リン、アンモニア態窒素、硫化水素、還元鉄・マンガンが大量に貯留している。年を通して風が強くと湖岸で下層の還元層の水が上層に湧昇する「青潮現象」が起こることもある。流域からの汚濁負荷に加え、深層の栄養塩の負荷も内部生産に影響していると考えられる。深層において塩化物の表層への上昇（塩淡水境界層はほぼ昭和 60 年以前は 8~10 m にあったが現在 5~6 m まで上昇している）、栄養塩・COD の濃度の低下が見られるようになり、大きな変化を生じたにもかかわらず表層の COD のトレンドに大きな変化がない。

大沼

大沼の COD 基準は A 類型の 3 mg/l で図1で見ると 3~4 mg/l の範囲で経年的に変化はなく推移している。沼は湖面積 9.05 km²、平均水深 4.7 m、最大水深 13.6 m、流域面積 187 km² である。特徴的なことは湖内のリン濃度は非常に少なく、藻類の増殖もあまり高くない。しかし、ここ数年、リン濃度があまり変化していないにもかかわらず、いままで優占種でなかった藍藻が増加してきた。しかし、COD 値はほとんど変化がない。

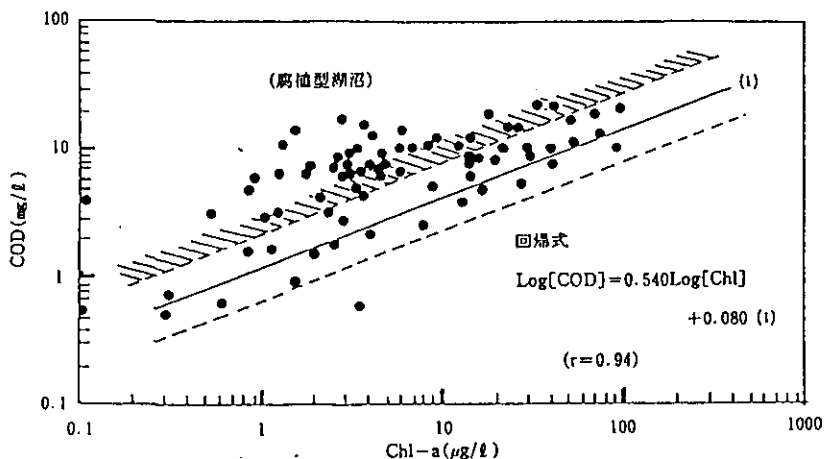


図 3 腐植湖及び調和型湖沼の COD と Chl-a 量の関係

腐植栄養型湖沼

一般的に泥炭地にかん養された水は腐植水であり、全窒素、COD が高い。そこで、N/P 比が10～25の調和型の湖沼の Chl-a 量と COD 濃度は経験的に相関が高いことから、調和型湖沼で季節変化のデータが揃っている14湖沼の Chl-a 量と COD と濃度の回帰式を求め、他の 80 湖沼と比較し、回帰式の 5%有意水準による棄却湖沼として求められたのが図3の斜線の腐植型湖沼である。この湖沼は藻類増殖に関係する以外の COD 値が含まれることを示し、調査湖沼の多くが泥炭地域に散在し、湖沼の周辺の流域の状況からも腐植水が湖水に流入していると考えられる。また、分析上でも腐植水は COD 濃度を高める。

春採湖（汽水湖）

春採湖の COD は B 類型の 5 mg/l で図1で見るとように 6～10 mg/l の範囲で高い値で変動幅も大きく推移している。沼は湖面積 0.36 km²，平均水深 2.8 m，最大水深 9.0 m，流域面積 161km²の汽水湖である。特徴的なことは流域が都市で湖内には下水等が直接流入している典型的な人為汚濁が当てはまる湖沼である。一方、海水の逆流で深層水は嫌気的な湖水である。現在は流域の下水道の設備等の対策を進めている最中である。

5. 対策上の問題点

基準が達成されない理由の一つに対策は莫大な費用がかかることと、対策後の効果は非常に遅く現れることにある。なぜなら、富栄養化する湖沼のスピードは相当な人為的汚染がない限り、湖沼の栄養度はゆっくり変化していくのが自然であり、それと同じように回復するには多くの時間が必要である。

1) 流入汚濁負荷の削減

湖沼の汚濁削減対策は流入負荷を削減することが基本であり、そのうち大きく分けて点源対策と面源の対策がある。点源の対策はし尿処理施設、下水道、工場排水等の規制整備であり、対策が徐々に成果をあげつつある。一方、面源対策は特定できない排出起源があり、また、流達率の評価の困難さを伴っており対策に対する的確な情報がない。また、この非点源が、汚濁負荷の大部分を占めることが湖水の浄化を遅くしている。現時点における流域の調査は霞ヶ浦、琵琶湖流域の例があるだけでほとんどデータが得られていない。この成果を全国一律の原単位として気候、地質・土壌、植生等の異なる流域にあてはめることは適切ではない。即ち、日本列島は南北に長く自然的要因、社会活動の違いによる要素から各湖沼毎に対処しなければ湖沼で起こっている現象が把握できず、その後の対策の対応ができない。しかし、流域や湖岸において、河床、湖岸にある生物の浄化機能を利用する試み、親水性の一貫として、河岸の清掃等の自然浄化機能を利用する試みが導入されてきたのは好ましい兆候である。

2) 湖内の対策

(湖水)

陸水学上から得られる情報は湖内を考えると無機栄養塩等から始まって魚類までの食物連鎖機構についての部分的な物質変換の情報が多い。例えば、栄養塩と一次生産者の大部分を占める植物プランクトンの関係、栄養塩・植物プランクトンと動物プランクトンの関係、プランクトンと魚類の関係等の部分的な解明機構が多く、一連の物質の循環についての解明は学問上の困難さもありモデル解析が完全にあるわけではなく、元素分析や成分分析ではない分析法なので、対策がどれだけ効果があったかは COD 減少のトレンドを見る以外にはない。また、COD 値が同じ値でもその有機物の構成成分がどうであるかは判断できない。栄養塩のリン、窒素の場合は形態別変化から何らかの情報を得ることができるとは COD についてはあまり得られない。今後は陸水学上の包括的な考え方を整理し積極的に施策に反映できる情報を取り入れることが必要である。

(底泥)

底泥のしゅんせつは根本的な対策でなく対症療法である。湖内にはいる物質は水が滞留する運命を持つならば、流入負荷がすべて流出負荷として排出されず、必ず湖内に積み残す物質が出てくる。Vollenweider 等も経験的に物質収支式から流入負荷がすべて流出負荷として湖内から出て行かず一部湖内に必ず物質が残留するとして沈降率を定義した。一時的に底泥を取り除いてもやがて湖内に大気、河川起源の沈降物が蓄積される。これらは有機物を含んでいるのでやがて藻類の栄養として戻ることになり、根本的な解決にはならない。

6. おわりに

各湖沼の利水目的、利用方法の仕方の現実から見ると、例えば、魚類に好ましい水質環境と設定された環境基準値にはギャップがあり利水目的に対する社会的な意志決定が必要な場合がある。

湖沼を保全する施策は、湖沼の自然性と人為的改変の区別、社会的な利用法のコンセンサスを得てから遂行するべきであろう。一方、湖沼の有機物汚濁を指標として表層の COD 値や全リン、全窒素で評価するのはあまりにも湖沼の陸水学上の特性が複雑すぎる。しかし、現在でも湖沼の存在する地域の気候、湖沼の成因、流域の地質・土壌、湖盆形態、社会的活動の活発さ等様々な要因を背景に基準が超えているのは事実である。これを解決するには流入負荷の削減、清浄水の導入等による栄養塩の削減が基本であろう。現在の知見から湖沼の汚濁を富栄養化対策に置き換え、湖沼の浄化に対して効果的な制御元素はリンであると言われている。湖内の生物の消長は厳密なリンの制限によって制御が可能であり、リンの削減によって水質改善がなされると思われる。また、一次生産者の大部分を占める植物プランクトンの増殖を減少するには、湖岸の栄養塩の把握、プランクトンの湖岸の生活分布、底泥の質的堆積状況の把握、湖水の物理的循環機構等をきめ細やかに総合的に把握し、その後、的確に制御できるシステムの導入を行い、栄養度のレベルを少しずつ下げることが必要である。

なお、湖沼の基準値を目標値とした場合、基準値が低く設定されている湖沼の汚濁対策は自然的要因が大きく、湖水をそのレベルの水質まで下げるとは非常に難しいとも言える。今一度、流域から湖沼までの学問上の的確な情報の成果、社会の考え方等の「湖沼のあり方」を十分検討し、対策のためのプランが有効且つ有機的に実行されることが必要である。

榛名湖における環境基準の達成状況について

矢島久美子 (群馬県衛生公害研究所)

1. 榛名湖の諸元

表1に榛名湖の諸元を示した。

榛名湖は、標高1084mに位置する火口原湖であり、湖面積 1.15 Km²、最大水深 14 m、平均水深 8.1 m の中栄養湖である。流域面積は 6.79 Km²であるが、湖面積はその約 17 %と比較的大きな比率を占めている。湖に流入する大きな河川はなく、湖水は湖周に点在するといわれる湧水により涵養され、沼尾川と灌漑用水門から流出した湖水は、上水 (0.063 m³/s)、農業用水 (0.454 m³/s) として利用されている。

湖の集水域には、約 120軒の旅館、保養所、みやげ物店、民家等があり、年間約 150 万人の観光客が訪れている。山地湖沼のため、例年 1~3月に結氷し、スケートやワカサギ釣りの人々にぎわう。

また、ワカサギ卵、コイ、フナ、ヒメマスの子種放流が行われ、年間 3.2 トンの漁獲量がある。

湖容積は 1000 万トンであるが、年間流入水量は 764 万 2 千トンであり、湖水の滞留時間は約 1.3年 (478日) となっている。

表 1 榛名湖の諸元

水面標高 (m)	1084
流域面積 (Km ²)	6.79
集水面積 (Km ²)	5.64
湖面積 (Km ²)	1.15
湖容積 (10 ³ m ³)	10,000
年間流入量 (10 ³ m ³ /年)	7,642
流出高 (mm/年)	1126
最大水深 (m)	14.0
平均水深 (m)	8.1
滞留時間 (年)	1.3
湖岸線 (m)	5.0
長径 (m)	1.85
短径 (m)	1.20

2. 榛名湖のフレーム

榛名湖周辺の常住人口は約 200人である。榛名町は、国や県の補助金を受け、総工費 12億 4 千万円を投じて、「特定環境保全公共下水道」を造成し、昭和56年 4月より運転を開始した。

昭和56~59年度の下水道接続率は 50 %であったが、昭和60年度より 100%となり、接続を始めてから約10年、100%接続が完了してからすでに5年が経過している (群馬県環境白書、昭和56~60年版)。

下水道の処理水は榛名白川に放流されるため、昭和60年以降は、湖水に生活系排水は流入していないと推定される。

それ以前の生活系排水は、雑排水についてはすべて、し尿については、し尿浄化槽を通じて湖

水に流入していたと思われる。

観光客は、表2に示したように日帰り客がほとんどであるが、これらの人為的汚濁も下水道の完成後は、湖水にはほとんど流入していないはずである。

周辺の状況は、旅館業としての事業所が24件あり、これらのし尿および雑排水も、現在ではすべて下水道に流入していると考えられる。

集水域の土地利用状況は、山林と湖面のみであり、農地利用、畜産利用もされていない。

3. 水質の経年変化

本湖沼は、昭和48年(1973年)に環境基準のA類型(COD:3 mg/l以下)に指定されている。またN、Pについては昭和61年12月にII類型(TN:0.2 mg/l以下、TP 0.01 mg/l以下、ただしTNについては当分の間適用しない)に指定され、毎年5~10月に水質測定を実施している。

水質の経年変化を、図1~4に年平均値で示した。

【透明度】

透明度は、1906年7月に9.5 m¹⁾という記録があるが、1930年9月に5 m、1932年8月に1.5 mと記録されており、透明度の面からみると、1930年代(昭和の初期)においてすでにある程度は富栄養化していたものと推測される。

表 2 榛名湖のフレーム

		第I期 昭和 52~ 55年 (1977~1980)	第II期 昭和 56~ 59年 (1981~1984)	第III期 昭和 60~ 63年 (1985~1988)
生活系 (人)	流域人口	188	188	188
	下水道利用人口	0	94	188
	し尿浄化槽人口	188	94	0
観光系 (千人)	宿泊客	130	130	130
	日帰り客	1358	1358	1358
事業所系	事業所(数)	24	24	24
畜産系	牛(頭)	0	0	0
	豚(頭)	0	0	0
土地利用	田畑(ha)	0	0	0
	山林等(ha)	564	564	564
	湖面(ha)	115	115	115

図1に示したとおり1972~88年の年平均透明度は3~4mの値が多いが、1980年には5mとかなり良い透明度を示した。個々の測定値でみると4m以上あるいは3m以下の場合もかなり観測されており、経年変化に顕著な増加あるいは減少傾向は認められない。

【大腸菌群数】

大腸菌群数は、図2に示したように、明らかな減少傾向が認められており、環境基準の1000 MPN/100mlを超えることは、最近ではめったにない。

特に、1984年以降の大腸菌群数の減少傾向は、下水道の接続による効果が示唆される。

【TN, TP】

TN, TP (TP×10で示した)の経年変化を、図3に示した。

1981~88年の年平均値であるが、TNは0.2~0.3 mg/l, TPは0.01~0.02 mg/lの値が多い。TNは環境基準の適用項目から除外されているが、TPはII類型の基準値0.01 mg/lを超える年の方が多い。

【COD】

CODの経年変化を図4に示した。

CODは75%値(COD₇₅)、年平均値(COD_{AVE})、内部生産COD(ΔCOD)、外来性COD(COD_{OUT}=COD_{AVE}-ΔCOD)について図示した。

ΔCODは福島ら²⁾のモデルよりTP濃度を用いて算出した。

モデル式は、 $T=1.3$ であるため以下のものを使用した。

$$\Delta\text{COD}=27.5Nu^{0.789}$$

COD₇₅の経年変化をみると、1977年以降環境基準の3 mg/lをクリアしたのは、1981, 82年の2回のみである。それ以降は3~4 mg/lの間で推移しているが、1988年は4 mg/lを超えている。

一方、TP濃度より算出した内部生産CODは0.3~0.6 mg/l程度でありCODの15%程度を占めるにすぎず、外来性CODがかなり高い比率を占めていることになる。

外来性CODは、2.2~3.4 mg/lの範囲で変動しているが1981年以降顕著な変化の傾向は認められていない。

4. COD流入負荷量の変化

環境基準の達成状況という点からみると、CODが常に未達成の状況にあり、その原因を推測するため、今回はCODの流入負荷量について試算した。

使用したCODの原単位は、表3に示したとおりである。

常住者のし尿浄化槽排水および雑排水のCOD原単位は、国松ら³⁾の文献より算出した。

日帰り観光客については、常住者の27%、宿泊観光客については常住者と同じとした。山林流出原単位は、文献値⁴⁾より算出した。湖面降下物については、群馬県での実測値^{5) 6)}の平均値を使用した。

图 1 透明度

(年平均: 1972~1988年)

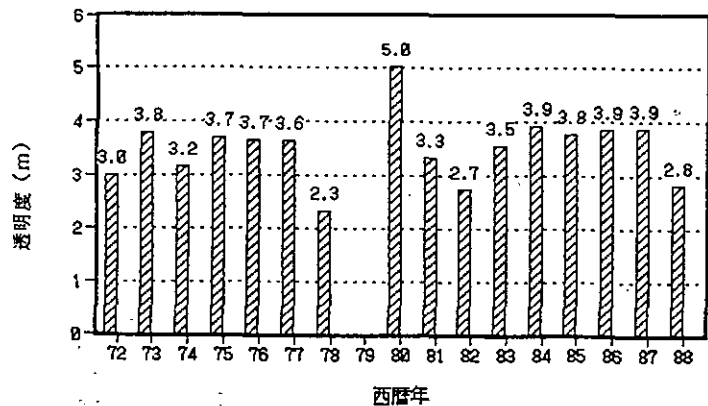


图 2 大腸菌群数

(年平均: 1972~1988年)

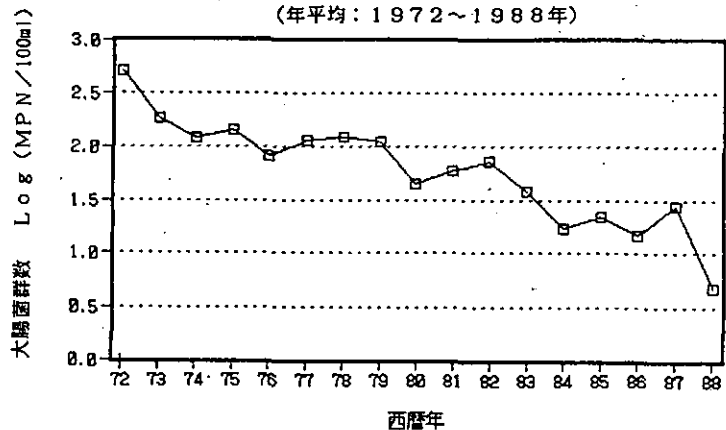


图 3 TN, TP

(年平均: 1981~1988年)

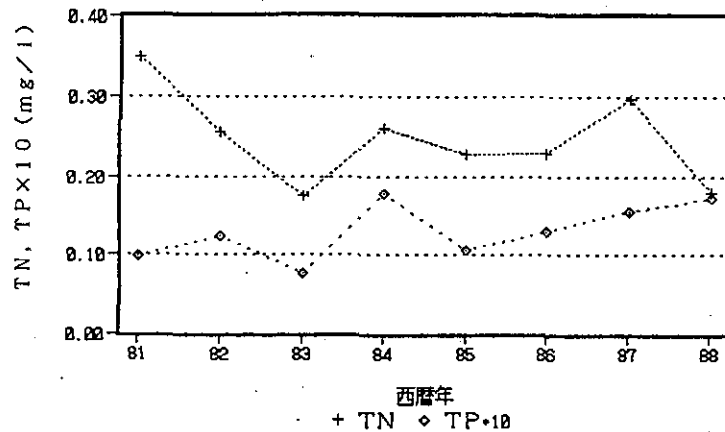
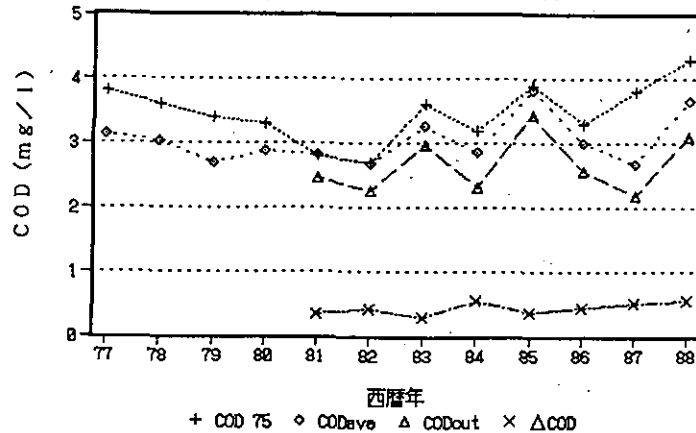


图 4 COD

(年平均: 1977~1988年)



榛名湖における COD の外部要因は、人為由来、山林由来、湖面降下物由来の三種類を想定した。これらに、湖内での内部生産由来の COD 負荷量を加え、表 4 にまとめた。

内部生産 COD 負荷量は、 ΔCOD 濃度 \times 湖容積 \div 滞留時間 (年) より求めた。ただし、昭和52~55年の ΔCOD はデータがないため昭和55~59年と同一と仮定して、その数値を使用した。

昭和52~55年 (以下第 I 期とする) は下水道の接続率は 0 %であったため、常住者、観光客のし尿 (浄化槽放流水)、雑排水はすべて湖水に流入していたと仮定した。昭和56~59年 (以下第 II 期とする) は、下水道の接続率が 50 %であったため、人為負荷量はそれ以前の 50 %で計算した。さらに昭和60~63年 (以下第 III 期とする) は 100 %接続されたため人為負荷は 0 とした。

山林負荷、湖面降下物負荷は各年度とも同じであったと仮定した。

表 4 より内部生産を含めた榛名湖における年間 COD 負荷量は、下水道未整備の第 I 期を 100% とすると、第 II 期は 79 %、第 III 期は 60 %となる。

各期の COD 負荷量の関係を図 5-1 ~ 5-3 に示した。下水道の普及していなかった第 I 期は人為負荷が 40 %以上を占め、自然負荷の比率は 50 %以下であったが、下水道の普及率が 50 %になると人為負荷は、30 %以下となり、山林と湖面を合わせた自然負荷は約 60 %となる。さらに人為汚濁がなくなると、COD の外部要因は自然負荷のみとなり、内部生産 24 %に対して、自然負荷 76 %と試算された。

COD 外部負荷量 (人為+山林+湖面) が、年間流入水 (764.2万トン) に溶けたとすると、流入水の COD 濃度は、第 I 期 2.9 mg/l、第 II 期 2.2 mg/l、第 III 期 1.5 mg/l を示す計算になる。

表 3 COD 負荷量原単位

雑排水 (常住者)	14 g/人・日
し尿浄化槽放流水 (常住者)	4.8g/人・日
日帰り観光客 (雑排水)	14 \times 0.27 g/人・日
宿泊観光客 (雑排水)	14 \times 1 g/人・日
山林流出	12.3 Kg/ha・年
湖面降下物 (降下物濃度)	2.03 mg/l

表 4 榛名湖における COD 負荷量

(単位: Kg/y)

年 度	第 I 期	第 II 期	第 III 期
	昭和 52~55 (1977~1980)	昭和 56~59 (1981~1984)	昭和 60~63 (1985~1988)
人為負荷量	10626	5313	0
山林負荷量	6937	6937	6937
湖面降下物	4494	4494	4494
内部生産	3138	3181	3615
総 計	25195	19882	15046

図 5-1 COD 年間負荷量
(第 I 期: 1977~1980年)

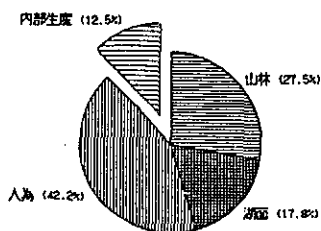


図 5-2 COD 年間負荷量
(第 II 期: 1981~1984年)

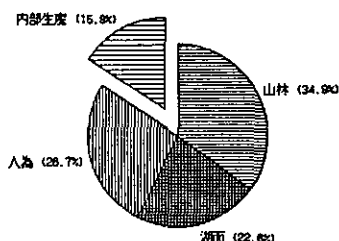
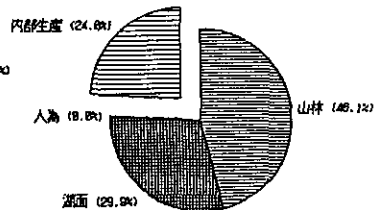


図 5-3 COD 年間負荷量
(第 III 期: 1985~1988年)



実測外来性 COD 濃度 (年平均値 COD 濃度 - 内部生産 COD 濃度) は, 第 I 期 2.5 mg/l, 第 II 期 2.5 mg/l, 第 III 期 2.8 mg/l であり, これらを単純に比較すると, 下水道が 100 % 完備した第 III 期の, 外来性 COD 濃度は計算値よりかなり高く, その差は 1.3 mg/l となる。

今回の試算では, 底泥からの COD の回帰など湖内での COD の動態については考慮されていない。

さらに山林, 湖面以外の人為的な外来性 COD 負荷の量については, 未調査の部分もある。例えばキャンプ場からの排水の状況, つり客によるまき餌の実態, さらに, 未知の人為汚濁源の存在など今後調査すべき課題も多い。

また, 山林からの流出原単位が本湖沼において適切であったか, 湖面降下物の濃度が年によって大きく変化しているのではないかなどの今後検討すべき点が示唆された。

いずれにしても, 本湖沼は, 下水道が整備されはじめてから約 10 年が経過しており, 今後の水質がどのような状態になるのかについては, 注意深く観察する必要がある。

5. 今後の水質保全対策について

群馬県では榛名湖以外の天然湖沼で, 赤城大沼と尾瀬沼に環境基準の A 類型が指定のされている。いずれも山地湖沼であり, 環境基準の達成状況は榛名湖と同様, COD が未達成の年が多い。

特に赤城大沼は, 榛名湖より少し遅れて特環下水道が昭和 63 年 6 月に完成しており, すでに 2 年が経過している。

このような特環下水道の整備された湖沼における水質汚濁は, 自然由来の面源負荷と, 湖内における内部生産, 底泥からの回帰等が大きな因子と考えられる。

これらの自然要因, 湖内要因をどの様にとらえるかにより, 環境基準の持つ意義も異なってくる。

このような環境条件にある湖沼の COD 要因の分析を行う一方で, 環境基準の意義について検討し, 一般市民の理解を得られるような, 水質の将来予測等の情報の提供が必要と考えられる。

引用文献

- 1) 五味礼夫監修 (1980) : 群馬の湖沼, 上毛新聞社, p.177.
- 2) 福島武彦・天野耕二・村岡浩爾 (1986) : 湖沼水質の簡易な予測モデル. 2. 湖水栄養塩濃度と内部生産 COD. *カワツバ* との関係. 水質汚濁研究, 9 (12), 775-785.
- 3) 国松孝男・村岡浩爾 編著 (1989) : 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp.12-13.
- 4) 国松孝男・村岡浩爾 編著 (1989) : 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, p.49.
- 5) 矢島久美子ら (1983) : 尾瀬地区の降雪-その N, P 含量について-, 群馬県衛生公害研究所年報, 15号, 133-140.
- 6) 氏家淳雄, 矢島久美子ら (1984) : 尾瀬地区の降雪, 降雨中の化学成分, 群馬県衛生公害研究所年報, 16号, 116-120.

神奈川県湖沼水質の現況と対策について

吉見 洋（神奈川県公害センター）

1. はじめに

湖沼の類型指定はほとんどがAまたはAAであり、飲用水源を始めとしてその利水目的は人間生活に1日として欠かすことのできない非常に重要なものである。しかし、湖沼流域の社会構造の変化に伴う社会基盤整備の遅れから、多くの湖沼が「富栄養化」病に喘ぎ始め、湖沼に与えられた利水目的に支障を来すようになった。そして、湖沼水質が利水目的を維持するための目標値として“環境基準”が設定されたが、環境基準は拘束力を持たず、それを達成させるための施策を義務づけてはいない。それ故、水質の回復は遅々として進まず慢性病的状態におちいったままである。こうした湖沼水質問題は、我々に様々な課題を提起している。明快な解答を出すことはできないが、神奈川県湖沼現況を踏まえながら環境基準を中心とした湖沼水質の管理の在り方について私見を述べてみる。

2. 神奈川県内の湖沼

県内にある主要な湖沼は、相模湖、津久井湖、丹沢湖及び芦ノ湖の4湖である。前3者は人工湖、芦ノ湖のみが天然湖である。但し、相模湖及び津久井湖の水域指定は河川であるが、ここでは湖沼として取り扱うこととする。各湖沼の諸元を表1に、流域の状況を表2に示す。相模湖、津久井湖と芦ノ湖とでは滞留日数、流域面積等に大きな相違がある。相模湖、津久井湖の流域の大半は山梨県である（図1）。津久井湖の年間流入量が相模湖のほぼ1/2になってしまうのは取水のためである。

中央公害対策審議会による「窒素及び磷の排水基準設定について」（昭和59年）の答申の中では富栄養化しやすい湖沼の判定材料に滞留性を用いており、その条件である年間回転数100回以下に4湖とも該当してしまっている。なお、芦ノ湖の水利権は静岡県側の2市2町で組織する芦ノ湖水利組合にあり、神奈川県側には一切ない。

3. 水質の現況

3.1 富栄養化レベル

富栄養化レベルの判定に用いられるSD、T-P及びChl-aの1982～1987年の平均値（5～9月）を表3に示す。これより筆者が作成した富栄養化度指数¹⁾を求めてみると相模湖、津久井湖は富栄養湖から過富栄養湖の間、丹沢湖は中栄養湖、芦ノ湖は貧栄養湖から中栄養湖の状態となる。リン当たりのChl-a量は霞ヶ浦（0.635～0.771）、琵琶湖南湖（0.582）、琵琶湖北湖（0.528）

表 1 4湖の諸元

諸元 湖沼	湖容積 (万m ³)	湖面積 (km ²)	平均水深 (m)	年間流入量 (万m ³)	滞留日数 (日)	完成 誕生
相模湖	4,820	3.26	19.4	133,649	13.2	1947年
津久井湖	4,760	2.47	25.2	74,399	23.4	1965年
丹沢湖	5,113	2.18	29.8	35,190	53.7	1978年
芦ノ湖	18,000	6.86	26.5	5,683	1220	3100年前

表 2 4湖の流域状況

諸元 湖沼	流域面積(1) (km ²)			流域の市町村			流域の人口(2) (千人)		
	全体	神奈川	山梨	全体	神奈川	山梨	全体	神奈川	山梨
相模湖	1,064.5	66.6	997.9	16	2	14	199.1	13.1	186.0
津久井湖	1,248.7	171.5	1077.2	19	4	15	223.4	35.3	188.1
丹沢湖	158.5	158.5	0	1	1	0	0.8	0.8	0
芦ノ湖	25.6	25.6	0	1	1	0	2.2	2.2	0

(1): 相模湖, 津久井湖の流域面積には山中湖, 河口湖, 西湖の流域面積を含む。

(2): 相模湖, 津久井湖の人口は昭和58年度, 丹沢湖, 芦ノ湖は昭和59年度統計。

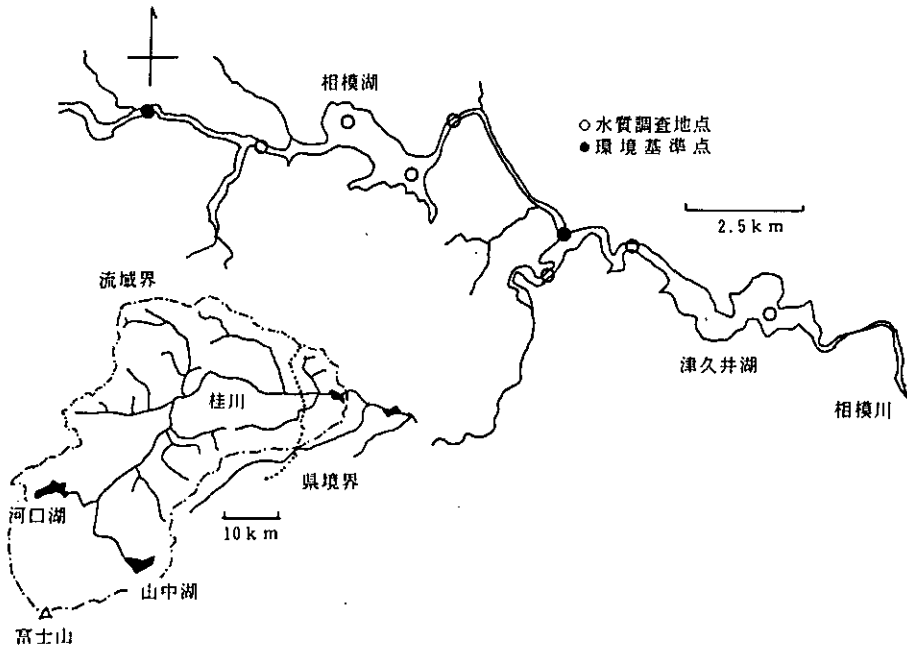


図 1 相模湖, 津久井湖の調査地点及び流域

表 3 湖沼の富栄養化度

湖沼名	地点名	透明度 (m)	T-P (mg·l ⁻¹)	Chl-a (mg·m ⁻³)	Chl-a/T-P
相模湖	境川橋	1.0	0.13	2.3	0.02
	湖央東部	1.6	0.079	33.3	0.42
津久井湖	沼本ダム	1.4	0.083	7.0	0.08
	湖央部	2.1	0.041	23.8	0.58
丹沢湖	湖央部	3.3	0.013	11.2	0.86
芦ノ湖	湖央部	5.6	0.008	3.9	0.49

表 4 各湖沼における COD, BOD の75%値の推移

湖沼名	類型	地点名	項目	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
相模湖	河川	境川橋(*)	COD	3.2	2.4	3.5	2.8	3.0	3.6	2.8	—
			BOD	1.9	1.2	3.5	2.0	1.3	1.6	1.6	1.5
	A	湖央東部	COD	3.4	3.4	3.1	4.6	2.8	3.9	4.4	—
			BOD	2.1	1.8	2.1	3.2	1.5	2.1	2.6	2.8
津久井湖	河川	沼本ダム(*)	COD	2.9	2.2	2.5	2.4	2.4	2.6	2.4	—
			BOD	0.8	1.5	1.5	1.6	1.3	1.3	1.1	1.2
	A	湖央部	COD	3.5	3.4	3.1	3.0	1.9	3.6	2.8	—
			BOD	1.5	2.2	1.3	1.7	1.9	1.6	1.3	1.6
丹沢湖	A	湖央部(*)	COD	1.6	1.4	1.8	1.6	1.8	2.8	2.8	2.4
芦ノ湖	AA	湖央部(*)	COD	1.6	1.3	1.3	1.2	2.1	2.3	1.7	2.5

(*) : 環境基準点

等²⁾と比較して丹沢湖は高め、津久井湖は琵琶湖南湖と同程度、相模湖は低めである。芦ノ湖を除いて T-P の減少につれて Chl-a/T-P は高くなる傾向にあり、一定程度までは T-P が低い程 Chl-a の変換、即ち COD への変換率は高くなることを示唆している。

3.2 水質の現況

湖沼の水質調査は、昭和46年環水管第30号により、環境基準の評価方法は、昭和52年環水管第52号で通達されている。多層採取した場合、環境基準の評価をするデータ値は、「年間の日間平均値」を準用して層平均値を用いている。しかし、実際の調査方法は自治体の判断にまかされており、統一されていない。神奈川県では、1回/月の頻度で表層と下層の2層を調査しているが表層調査のみの例も多い。1979年4月から1984年3月までの芦ノ湖、丹沢湖、相模湖、釜房ダム、小川原湖の5湖の調査データについて、層と月を要因とする2元配置の分散分析を行ったところ、COD の場合、層変動の寄与率は小さく、層変動の有意性については明確な結論は得られなかった³⁾。以上の2点より、ここでの検討は、表層データを用いて行うことにする。

3.2.1 相模湖及び津久井湖

一般に湖沼の COD はプランクトンの影響により BOD より高い値となる。現在の相模湖の水域指定は、河川であるため環境基準の判定は BOD であり、環境基準点での BOD は、富～過栄養湖の状態にもかかわらず河川A類型の基準 ($2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) をほぼ満足している。湖沼A類型とすると COD の環境基準 ($3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) を満足しない例の方が多くなっている。津久井湖の環境基準点では COD, BOD とも環境基準をクリアーしているが湖中央部の COD は環境基準不達成年度の方が多くなっている(表4)。両湖とも環境基準点は、湖流入部にあり湖心部ではない(図1参照)。水域指定を変更する際には、このことは当然考慮されなければならないことであろう。

3.2.2 丹沢湖

丹沢湖は1978年に完成し、1980年から水質調査が開始された。その時点で既に、湖中央部の表層 COD 及び T-P の最大値は、それぞれ $4.8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 $0.065\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を記録している。現状では、A類型の環境基準値を満足しているが、安心できない状態が続いており、1989年には T-P の表層年間平均値が初めて $0.02\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を越え、COD も上昇傾向にある。丹沢湖の流域は人口が少なく、流域面積の93%を山林が占めており、汚濁物質はほとんどが自然由来と考えられてきたが、近年の傾向はそれだけでは説明できない部分もあるように思われる。

3.2.3 芦ノ湖

芦ノ湖は、自然環境保全を目的に類型はAAが指定されている。類型がAAで環境基準をクリアーしている調和型湖沼は全国的にも極めて少ない。秋田県と青森県の県境にある十和田湖でも、全ての測定結果が $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上となっているし、琵琶湖北湖も環境基準を満足していない⁴⁾。芦ノ湖流域では1985年から下水道の供与を開始したが(1987年度での普及率33%)、現在のところ、下水道普及前後で COD に変化は見られない。また、相模湖と対比すると明瞭であるが二次汚濁の

影響はほとんど見られない(図2)。芦ノ湖には1日当たり3万人強(8月)から7千人弱(2月)もの観光客が訪れ、流域内にある旅館及び保養施設(現在数37)には年間約25万人強が宿泊している。下水道整備の目的は観光地としての水質を維持することであり、下水道が完備されれば流域内から発生する生活排水は全て芦ノ湖系外に放流されることとなるが、類型指定AAまでの水質改善の見通しは定かではない。

4. 神奈川県から見た環境基準体系の問題点

環境基準は科学的な根拠の基に行政的な色付けをしてできあがったものといえる。公害対策基本法に則って環境基準ができたのは昭和46年であり、約20年たった現在、環境基準の基となった各種利水目的と水質との関係の見直しや環境基準体系の矛盾が表面化してきており、環境基準体系の再整理が必要になってきている。これらのことは筆者も加わって作成した「環境庁委託水質環境基準調査報告書(昭和59~昭和62年度)」に詳述されている⁵⁾。

神奈川県にとっての環境基準に係る問題点をこれまでの検討から整理すると、①県際河川の環境管理の在り方、②類型指定の妥当性、③環境基準点の位置その他環境基準に係る事項、それに④現状で取り得る具体的な対策に関することとなろう。

4.1 県際河川の環境管理の在り方

河川が複数の県域を流域とする場合、流域の管理は各々の自治体の独自の計画に基づいて行われる。湖沼の統合的な管理を目的した湖沼法が有るが、指定湖沼になっても流域の水質管理全般にわたって権限を有するわけではない。湖沼法は、水質の保全に係る方針を湖沼の特性に応じて総合的に推進するための計画を策定することはできるが、その策定のためには関係機関の合意を得ることが必要であり、特に流域が複数の県域にまたがっている場合は調整が難しくなる。実際、相模湖の場合は流域の大半が山梨県にあるが、相模湖は山梨県にとって何等の利益を生むものではなく、湖沼法の指定は暗礁に乗り上げた状態になっている。この面で参考になる例は、イギリ

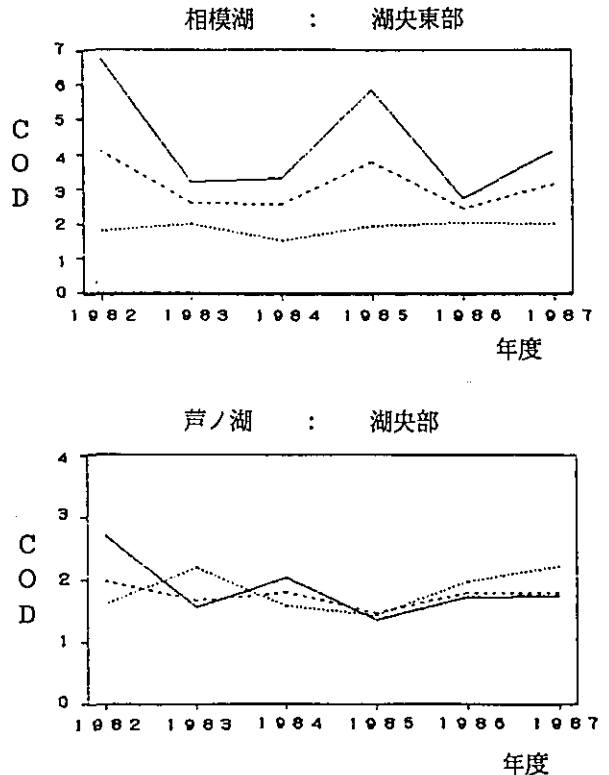


図 2 COD の夏季・冬季年・平均値

夏季平均値 —————
 冬季平均値
 年平均値 - - - - -

スの Water Authority 制度やアメリカにおける河川流域委員会がある。両者とも行政区分を越えた流域単位の管理を取り入れている。相模湖に山梨県側から流入してくる地点での T-P の年平均値は、既に $0.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を越えている。流域が複数の県域にまたがる湖沼の富栄養化対策には流域を基本単位とした法的組織の設立が望まれる。流域全体の水に係る統合機関が設置されれば、下流域が得る利益を上流域に還元し、上流域に高度処理を備えた下水道の整備または上流域の下水道を迂回させ下流域の下水道に接続するような手段も可能となろう。

現状の状態では、神奈川県が取り得る相模湖の水質改善施策は、原則である発生源対策をやったとしても流域人口についてはその約7%でしかなく、対処療法中心にならざるを得ない。相模湖は、まさに県際河川管理の在り方を提起している典型的な例であると考えられる。

4.2 類型指定の妥当性

環境基準体系の中であって、湖沼の類型指定がはたして妥当なものなのかどうか問題意識は存在していても過去に真正面から議論された様子はない。もちろん、環境基準をクリアできないから類型指定を見直すのではなく、利水目的から類型指定の妥当性を議論していかなければならない。しかし、COD、BOD と利水目的との関係との検討はここ20年以上ほとんどされていない。類型指定の基準値に特に強い影響を与える利水は、水道、水産であろう。湖沼のAA類型では水道、水産はそれぞれ1級となっている。しかし、河川での水産1級の類型はAAではなくAとなっている。湖沼は一つの閉じられた系であり河川との単純な比較はできないが、一般に河川でも $\text{COD} > \text{BOD}$ であるから湖沼の COD は $2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ でも構わないことになる。実際、環境基準が設定された後に改定された水産用水基準（昭和58年）では、汚濁に弱い冷水性の魚類であるサケ・マス・アユの自然繁殖の条件として $\text{COD } 2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下及び生育条件として $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下としている⁵⁾（イワナやヤマメについての記述はない）。一方、窒素及びリンの環境基準では、水産に関するランクは1～3種と生活環境基準と異なった用語を使用している。そして、水産1種が水産2級と同じ内容となっている。

水道水源の水質環境基準における1類での BOD、COD の基準値は $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となっており、それが湖沼AA類型の水道1級に当てはめられている。しかし、1類は、地下水、伏流水、湧水と渓流水等の表流水を対象としたものであり湖沼を想定したものではない。

こうして見ると、湖沼のAA類型の利水目的に水道1級、水産1級を当てはめていることに疑問が生じる。また、芦ノ湖のように観光地化され、しかも温帯域にある湖沼の利水目的に自然環境保全を設定していることの妥当性にも問題があると思われる。

類型指定はそもそも一律的に設定されていること自体が湖沼の“個性”を無視したものであり、項目ごとにAA、AまたはAAとAの間といった湖沼の用途によって柔軟性を持たせるのも一案ではないかと考えられる。

4.3 環境基準点について

わが国の環境基準に係る諸事項は意外と整備されていない。環境基準の判定基準という非常に重要な事項も一自治体の問い合わせに答える形で通達されたものである。環境基準の判定は環境基準点での水質によって行われるが、環境基準点の選定方法も整理されていない。相模湖、津久井湖及び丹沢湖の基準点は各1、芦ノ湖は調査地点4カ所全てが基準点に指定されている。芦ノ湖の場合、4地点いずれかの調査地点が環境基準をクリアしていなければ湖沼全体が環境基準不達成となる。また、丹沢湖の基準点は湖央部であるが、前述した相模湖と津久井湖のそれは図1に示す流入部となっている。例えば、相模湖、津久井湖の環境基準点がそれぞれ湖央東部、湖央部になれば現在の環境基準点での達成率より悪くなる。環境基準達成率の把握状況をより信頼性のあるものにするには、水質改善施策の説得性のためにも是非必要なことである。

5. 神奈川県における対策

一般的に各地で行われている湖沼の対策、下水道の整備、湖沼周辺事業所に対する厳しい規制、家庭用合併浄化槽設置に対する補助金制度、さらには間欠式空気揚水筒による全層循環試験（相模湖）、啓発・普及事業等々発生源対策及び対処療法的対策については神奈川県でも実施している。湖沼の水質改善には、例えば $\text{COD } 10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を $5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ にするにはハード的な施策が優先し、 $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ にするにはハード的施策だけでは費用に見合った効果はほとんど期待できないことであろう。良好な水質を回復し、維持していくためには、湖沼を取りまく環境だけではなく環境をトータルにとらえたハード及びソフト両面からの総合的な施策が不可欠となる。その一つとして、ここでは、今後神奈川県が特に力を注ごうとしている環境学習について紹介する（一般には環境教育と呼称されているが、当県では環境学習としている）。

環境問題全般に言えることであるが、行政施策の効果を最大限に発揮させるためには県民や事業所の協力が不可欠なことである。特に、湖沼の富栄養化防止は、汚濁負荷量に占める生活系排水の割合が高いことから、その対策が最大の焦点となっており、個別家庭（個人）の環境に配慮したライフスタイルの確立が非常に重要なこととなる。県民の環境への関心は地球規模の環境問題を契機として近年特に高まりつつある。しかし、多くの県民は関心を持ちながらも自らが何をなすべきか行動の契機をつかむ機会を持っていない。神奈川県では、環境学習を系統的に進めるため、平成2～3年度で「神奈川環境学習プラン」を策定し、環境学習の中・長期的な方針を検討するとともに県内の各種環境関連施設（自然保護センター、博物館等）のネットワーク化により環境についての科学的な知識と倫理感を育てていくことを目標に置いている。この中にあって、現公害センターは、平成3年4月の移転時に組織の改編を行い、全国的にも初めての試みと思われる「環境学習」についてのセクションを設置し、都市環境学習の拠点施設として県民が環境についての体系的な知識を修得する場として機能させることを計画している。

環境学習の必要性は以前から認識されていたものであるが、環境学習の内容、カリキュラムの

作成、実施方法等の検討はこれからの課題である。芦ノ湖は約3100年前に誕生し、100年ほど前までは透明度が約16mあった。芦ノ湖の歴史から見ればわずか3%の間に透明度は60%も減少したことになる。芦ノ湖の水質悪化の一つの原因として旅館や食堂排水ばかりではなく観光客の自然への接し方にも問題があると思われる。波打ち際や湖底に空き缶や空きビンを見るとき、観光客一人ひとりの積み上げによって生じるインパクトは無視できないものを感じる。また、大雨の後の相模湖の湖面は木材に混ざって発泡スチロールやビニール製品も大量に流れ込んでくる。環境学習の成果は、即効的に表れるものではないが、環境へ配慮したライフスタイルの育成は、湖沼水質を回復させ維持継続していく上で欠かすことのできない必須のことと考えられる。

6. おわりに

環境を守り回復させる。換言すれば水を守り水資源価値の向上を図るためには国、都道府県、市町村及び地域住民がそれぞれの役割分担を十分に発揮しなければならない。生活排水対策については平成2年環水規第216号でそれぞれの責務が記述されており、その中で都道府県は、広域にわたる施策の実施及び市町村間の調整を務めることとなっている。しかし、国の責務の中に、都道府県間の施策調整に関することは触れられていない。相模湖が要求していることは、この都道府県間の調整である。

湖沼の富栄養化には、これまで多くの対策が取られてきているが、期待した効果は得られていない場合が多い。湖沼法で指定された湖沼の中であっても、改善傾向が見られる湖沼は少なく、CODが $5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 前後以下であった湖沼のほとんどは横ばいの状態である。過去実施してきた施策を見直し、トータルな環境保全施策を基に、地域特性を十分考慮した緻密な流域管理手法の検討が必要と考えられる。

引用文献

- 1) Hiroshi Yoshimi (1987) : Simultaneous Construction of Single-Parameter and Multi-parameter Trophic State Indices, *Wat. Res.*, 21, 1505-1511.
- 2) 安田 満夫他 (1990) : 淡水湖と汽水湖における内部生産について, *全国公害研究会誌*, 14, 122-126.
- 3) 吉見 洋 (1987) : 湖沼の環境基準についての諸問題, *公害と対策*, 23, 834-840.
- 4) 環境庁水質保全局 (1990) : 全国公共用水域水質年間 (1990年版) .
- 5) 環境庁 (1984~1987) : 水質環境基準調査報告書.
- 6) 新田忠雄 (1984) : 水産用水基準について, *環境と測定技術*, 11, 12-20.

なぜ湖沼の環境基準は達成率が低いのか？

須藤隆一（国立環境研究所水圏環境部）

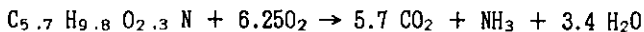
湖沼の水質汚濁は、藻類や水生植物の異常増殖に起因するものである。これらの必須栄養物質は炭素の他に窒素、リン、鉄、その他のミネラルや増殖促進物質（ビタミンなど）等であるが、制限物質になるのは窒素およびリンである。従って、水域で窒素とリンが皆無であるならば、COD の内部生産は認められない。

いずれの指定湖沼も COD、窒素、リンの環境基準をかなり超えているが、窒素およびリンの流入負荷を大幅に削減する以外に環境基準を達成する方法は他にない。それには次のことが重要である。

- ①排水基準（窒素、リン）は上乘せが出来るにしても余りにも高すぎる。一律基準としては、TN 20~30 mg/l 以下、TP 2~5 mg/l 以下とし、必要に応じて上乘せを行うべきである。
- ②湖沼の水質保全対策について総合調整が図られていない。環境部局が水質保全について強力な権限を発揮できるようにする。
- ③湖沼水質保全計画の中に窒素およびリンの水質目標値を設置し、面源負荷まで含めて総合的対策を図る必要がある。

参考1 藻類の COD

藻類は有機物であるから、COD や TOC のような有機汚濁を評価する水質指標にも応答する。藻類は通常の $C_{5.7} H_{9.8} O_{2.3} N$ の化学組成で表されている。藻類が完全に酸化されると次のようになる。



重クロム酸カリの COD であれば、酸化力が強いので藻体中の有機物は殆ど酸化されて化学組成式で表された酸素要求量に対応する COD を示す。たとえば *Selenastrum capricornutum* では 1 mg の藻体が重クロム酸カリの COD 1.2 mg を示す。しかしながら、過マンガン酸カリ法は酸化力が弱いので、藻体を完全酸化することはできない。ここでは、生産された藻類がどの程度の標準法の COD に相当するののかについて検討してみることにする。

表1には、7種類の藻類の COD の一例が示してある。

海域における環境基準類型 B では、COD 3mg/l以下となっている。この 3 mg/l の COD は $3/0.33=9.0$ mg/l の藻体 (*Skeletonema costatum*) に相当する。

すなわち、藻類が 9 mg/l (SS) 以上増殖したら、溶解性の COD が全く存在しなかったとしても COD は 3mg/l以上になることを意味している。閉鎖性水域の COD のうち30~80%程度は藻体

の COD である。この COD は内部生産あるいは二次汚濁と呼ばれている。

表 1 藻体 (乾燥重量) 1 mg の COD 値の 1 例

種 類	COD (mg)
<u>Synedra acus</u>	0.30
<u>Skeletonema costatum</u>	0.33
<u>Microcystis aeruginosa</u>	0.75
<u>Selenastrum capricornutum</u>	0.34
<u>Chlorella sp.</u>	0.40
<u>Stigeoclonium tenue</u>	0.47
<u>Chlamydomonas sp.</u>	0.61

参考2 AGP (藻類生産の潜在能力)

AGP は貧栄養の水域では 1~2mg/l 以下であるが、中栄養になると、1~10mg/l となる。富栄養化している水域では、10mg/l 以上になるが、極度に富栄養化すると 20~30mg/l あるいはそれ以上となる。接種した藻類によって AGP の値が異なることはもちろんである。また種類によっては全く増殖しないこともあるので、特定藻類の増殖のしやすさから水質を評価することも大切である。表2に自然水および排水の AGP の 1 例が示してある。

表 2 自然水および排水の AGP の 1 例

	試料の種類	前処理	接種生物	AGP (mg/l)
自 然 水	支 忽 湖	A	S	0.15
	十和田湖	A	S	0.20
	霞ヶ浦	B	M	22
	手賀沼	A	M	35
	印旛沼	A	S	28
	琵琶湖	F	S	4.0
	河口湖	F	C	16
	東京湾	F	Sc	14
	広島湾	F	Ca	8.5
	三河湾 大洗海岸	F	Sc	11 2.8
排 水	単独浄化槽放流水	A	C	1200
	活性汚泥処理水	A	S	450
	脱リン処理水	A	S	36
	酸化ディッチ処理水	A	M	460
	食品工場排水 (処理水)	A	C	720

A: 加熱分解法, F: ろ過法, B: 好気性分解法, S: Selenastrum capricornutum, M: Microcystis aeruginosa, Sc: Skeletonema costatum, Ca: Chattonella antiqua, C: Chlorella sp.

環境基準の問題点と今後の展開

内藤正明 (国立環境研究所地域環境研究グループ)

1. そもそも水質環境基準とは

いまこの時点で改めて、最初に基準が定められた時の議論の経緯に立ち戻り、そもそも何を意図し、何が当時の未知要因として残されたかなどを再検討してみる必要があるのではなからうか。これらの中のいくつかの問題点が、その後の客観状況の変化の中で次第に大きな矛盾として現われてきているのが現在の課題であろう。

- たとえば
- 基準の根拠となった水利用目的の変化,
- その目的に必要とされた水質のニーズレベルの変化,
- 評価の時空点の定義の変化,
- 当時未知で、加味されていなかった諸現象の判明,
- 当時と異なる社会・経済、土地利用特性などに伴う諸問題,

などが考えられるが、今回のシンポジウムを通じて、これらが整理されれば有意義と思われる。

2. 基準の限界と問題点は

水環境基準が今日直面している問題点については、これからの議論の過程で論じられるはずであるが、環境基準一般について、その限界と問題点を要約したものを参考までに〔Ref. 1〕に引用する。

これらの視点について水環境の場合の具体的な問題点を抽出することで、作業が多少体系的に進むのではないかと期待したい。

3. 問題点の克服に向けて

“基準”の限界を補い、新たな状況と対処するために考えられる方向は、どんなものであろうか。一つは、基準という堅い目標設定に対して、もう少し柔軟な目標の設定手法（例えば水環境指標）を加味することで施策に自由度やインセンティブを与えることが考えられる。

その際重要なのは、“基準”と“指標”と、それからここで対象とする“容量”というものの相互関係、役割分担を明確に整理しておくことである。この一つの手掛かりとして〔Ref. 2〕に相互関係を参考に描いてみた。

1) 現存の環境基準が有効に機能しにくくなったこと

環境状況の改善等によって、基準の役割が必ずしも十分発揮されにくくなっているとの指摘がなされているが、

これは、

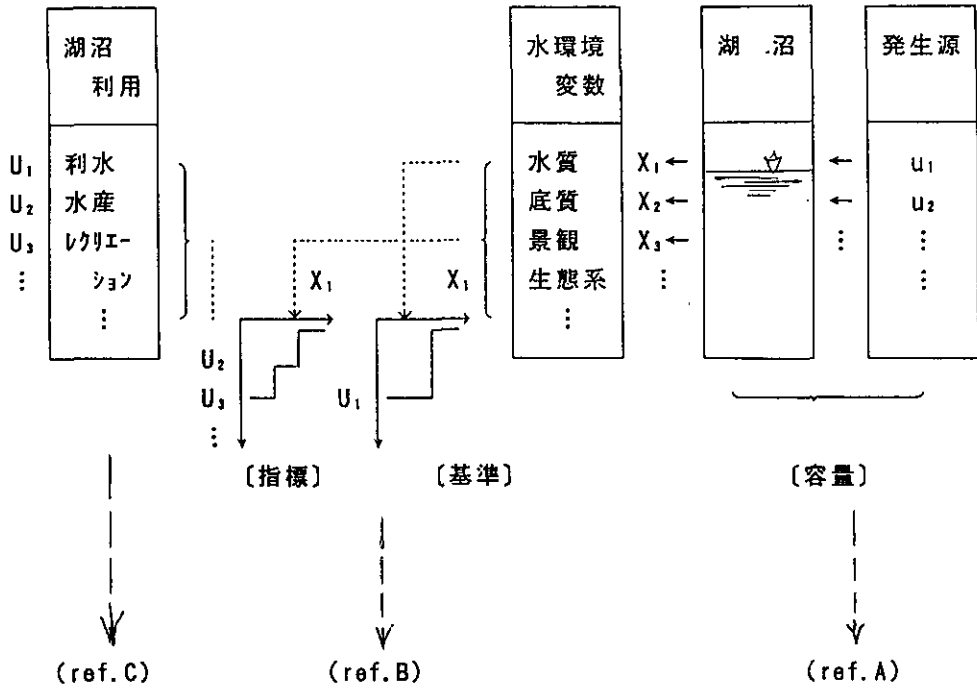
- ①環境汚染が基準を上回るレベルにある時、基準は明確な目標値として政策のドライビングフォースとなりうるがいったん基準が達成されると、それ以上の向上を動機づけるものとならず、むしろ逆に基準レベルまで引き下げてもよいかのような認識も生ずる。
- ②多少の改善または悪化があっても基準値を超えない限り評価として表われてこない、
- ③測定点での値だけが評価の対象となるため、地域全体としての細かな状況変化が把握されにくい

などである。しかし、これらはけっして基準の意義や必然性を損なうものではなく、何らかの適正な情報処理と提示方法の改善によって基準を補完する、より細かい情報の提供が求められていると解される。

2) 新たに環境基準を設定するのが困難な対象が増えてきたこと

既存の公害事業に対しても環境基準が有効に機能しにくくなったが、今後問題となるであろう新たな環境問題に対しては、環境基準を定めること自体が本質的にむずかしいと考えられる。

[Ref. 2] “基準”, “容量”, “指標”の相互関係



この図の中のそれぞれのブロックについて、その内容を少し詳しくまとめたものが (ref. A), (ref. B), (ref. C) であり、
 (ref. A) … “容量”の定義に関するこれまでの各種の考え方、提案を整理したもの、
 (ref. B) … “基準”と“指標”の相互の意味と役割について対比しながら図示したもの、
 (ref. C) … 拡大しつつある水環境の利用価値に関して最近考えられている幅広い評価フレームを要約したもの、
 に対応する。

(ref.A) 従来環境容量概念の定義

(a) 汚染浄化能として

- a-i 対象とする地域内において、種々の自然の汚染浄化因子を集めたものを持って容量とするもの
- a-ii 自然の浄化因子以外に人為的浄化因子を加えたものをa-iと区別して定義したもの

(b) 環境場の物理的広がりとして

大気域や水域の広さ、または体積をもって容量とするもの

(c) 生態系影響の限界として

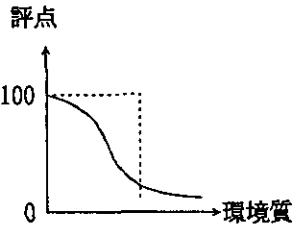
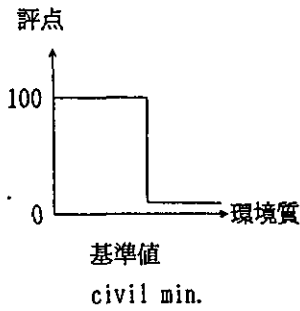
- c-i 自然生態系が変化を受けない限度の汚染レベルをもって規定したもの
- c-ii 自然の生態系以外に、経済・社会・文化的な側面も含む社会生態系を加えた全体に対して影響を生じさせない限度としての汚染レベルをもって規定したもの

(d) 許容排出総量として

- d-i a-iiの浄化能に見合う許容活動量（または排出量）として定義したもの
 - d-ii 対象とする地域内の平均的汚染レベルを、ある基準値内に保持するために許容しうる汚染発生強度の限界をもって規定したもの
 - d-iii 平均的汚染レベルでなく、地域内のいくつかの点における汚染レベルが、すべてある基準値以下になるために許容しうる汚染発生強度の限界をもって規定したもの
-

環境基準による施策

指標による施策



汚染
リスク
快適性
選好

環境基準

(判定手法)

環境状態
の指標

基準適合率

(評価)

総合化
確率概念

*個別項目評価
*トレンド(時間) 地域間 (空間) 定性的 比較

*項目総合評価
*時間トレンド評価
*空間総合, 比較評価

経済性等の
判断なし

活動指標 対 状態指標 対 影響指標

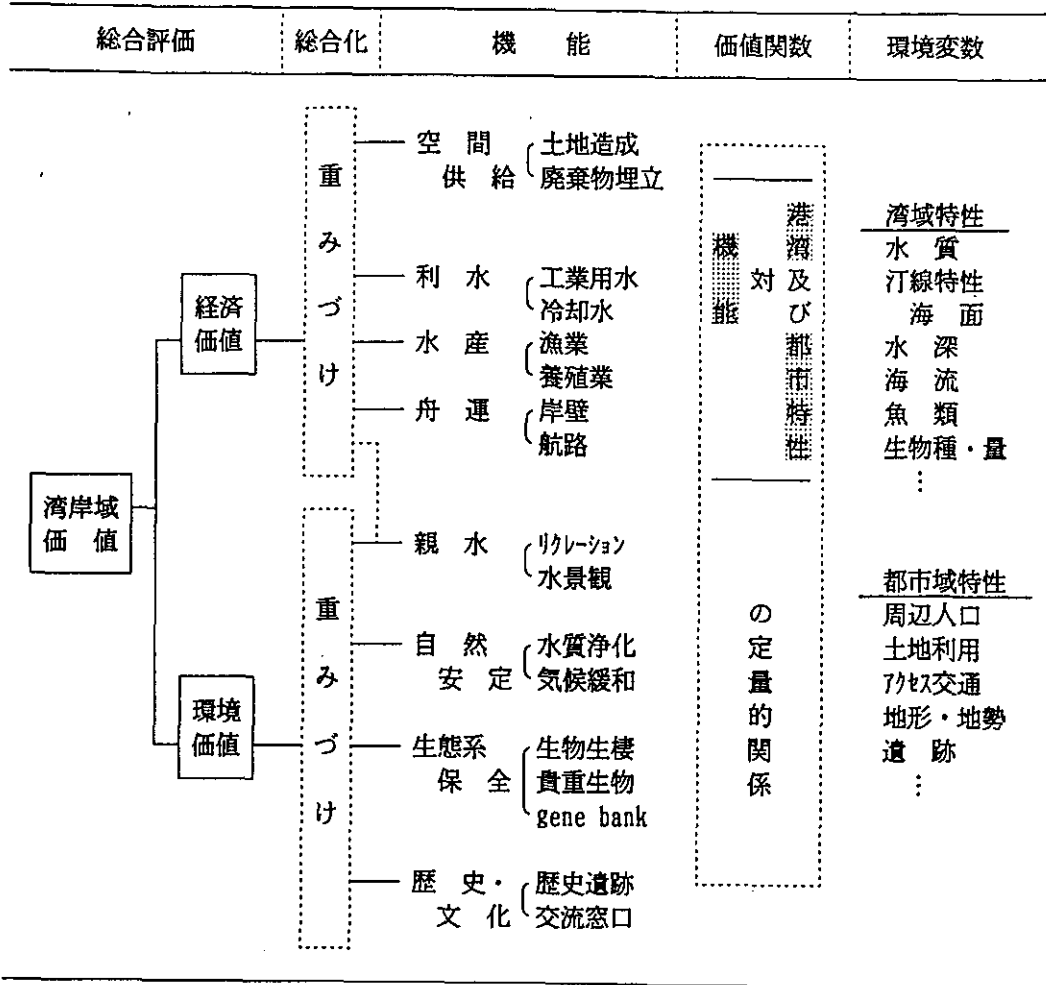
(benefit) → 費用・便益分析 リスク解析 ← damage impact

個別規制

(施策)

適正な総合対策

(ref.C) 「湾岸域の価値」総合評価のフレーム



環境基準の達成をめざして、今後の課題

沖野外輝夫（信州大学理学部）

1. 諏訪湖の環境基準の達成率

長野県による「公共用水域水質測定結果」によると、長野県下の公共用水域の COD に関する環境基準の達成率は昭和62年度で河川については66.1%、湖沼33.3%、全体で57.5%となっている。表1に示すように昭和57年度以来の経過を見ても長野県下の水域の水質が改善傾向にあるとは言いがたいのが現状である。特に、湖沼については33.3%の数字が示すように河川に比較してもきわめて達成率が悪く、水質の改善が遅れていることが分かる。

長野県の代表的な湖沼である諏訪湖は昭和46年に環境基準が設定され、COD は 3 ppm がその目標値となっている。上記測定結果から湖心での環境基準の達成率を経年的に遡って見ると昭和58年度44%、59年度 6%、60年度11%以外は今日に至るまで 0%と、環境基準設定以来20年間の実績は達成率だけを見るときわめて悲観的である。もちろん、COD の個々の数値を見れば下水道の稼働以来 COD 値も低減の傾向にあることは確実であるが、基準値の達成までの時間が期待以上に長くかかりすぎていることは事実である。過去の 3年間に見られる達成率はその年の気象条件がプラスに働いたもので、浄化努力のみによる水質改善ではなかったことはその後の達成率 0 への後退からも明らかである。しかし、気象条件の働きて基準が達成できるまでには水質が回復しつつあることは明るい材料であるとも言えよう。

表 1 昭和57年から62年度までの長野県の環境保全対象水域における環境基準達成率の経過 (COD について、%) (長野県公共用水域水質測定結果より作成)

年度	昭和57年	58年	59年	60年	61年	62年
河川	66.7	73.2	58.6	64.4	59.3	66.1
湖沼	30.0	40.0	30.0	42.9	38.1	33.3
全域	56.8	64.5	51.3	58.8	53.8	57.7

信州大学理学部附属臨湖実験所では昭和52年以来、湖心で10日間隔、年間30～35回の定期観測を行っている。長野県の測定結果とこの定期観測で得られている結果を比較すると COD 値に若干の違いがあることに気が付く。下水道が稼働する以前の昭和52年でも年間 7%の測定値は COD 3 ppm以下を示していた。下水道が稼働してから、昭和56年～60年では23～50%の測定値が基準を達成している。平成元年の測定結果は COD についての環境基準達成率は48.1%であった。諏訪湖の COD の内容は溶存の有機物による分を除けばそのほとんどが植物プランクトンであることはすでに知られている。最近の COD の変化の原因は発生する植物プランクトンの量と周期に左右されていることも定期観測の結果から明らかになっている。植物プランクトンの発生量は集水域から負荷される磷と窒素の低減によって減少傾向にあり、短周期の発生が連続して起こっているのも特徴的な現象である。このことは1ヶ月に1回の観測では湖の現状を把握することが困難であることを示している。

長野県の観測結果と信州大学の結果の違いの原因の一つにはこのような観測周期の違いがある。また、分析する湖水の採水位置の問題も観測値に影響しているものと考えられる。信州大学の場合は観測目的が諏訪湖の生態系把握にある。そこで、湖水の表面から底までの各種の要因の変化を知るために鉛直的に1mの間隔で採水を行い、これを実験室に持ち帰り、直ちに懸濁物質をろ過、分離し、当日中に COD の分析が行われている。これは信州大学の実験所位置の有利性を生かした処置でもある。これによって、観測の頻度に加えて湖内での植物プランクトンの鉛直分布特性を反映させることができる。湖内の水質は生物作用に大きく左右されることから、その分析にあたっては生物の特性を十分把握しておくことが重要であり、目的に適した手法を採用することが必要である。湖沼の富栄養化で問題となるアオコは湖水表面に浮上、濃縮する傾向が強い。このような場合には採水の位置により、極度に高い測定値により平均的水質が上げられる原因となり易いので注意が必要である。

しかしながら、環境基準の達成がはかばかしくないことは事実であり、対策の進行に対してその効果が目に見えるまでに至っていないことから周辺住民の欲求不満も高まってきている。これは科学上の数値的な議論では納得し得ないものであり、浄化対策のより早い進行と効果的な施策が期待される。

表 2 昭和52年以来の諏訪湖湖心における環境基準 (COD 3ppm) 達成率 (%) に関する長野県測定値と信州大学測定値の比較

測定年度	昭和52年	56年	57年	58年	59年	60年	61年	62年	平成1年
長野県	0	0	0	44	6	11	0	0	—
信州大学	7	28	27	50	23	47	27	—	48

2. 湖沼の環境基準設定の問題点

水域の環境基準の設定には各種の汚染物による水質汚濁の面から検討がなされたものと考えられる。しかし、現在湖沼で問題となっている富栄養化現象は栄養物質の流入による植物プランクトンの増加であり、水質汚濁としてはいささか特殊な面がある。そこで、湖沼の窒素及びリンに係わる環境基準が設定されたが、従来の環境基準との整合性がとられているかを検討してみることも必要である。汚染度の指標としての COD と植物プランクトン発生量の指標としての COD には内容的に違いがある。前者は、水中の酸素を消費する有機物量としての数値であり、後者は、湖内に流入する磷及び窒素によって生成される有機物量としての数値となる。環境基準の目標値を達成しようとする場合には前者であれば直接汚染物としての有機物の流入量を抑制することで達成が可能になる。後者の場合には発生する植物プランクトンとしての有機物が対象であるから、生体を構成している C:N:P 比から目標とする COD 値に適合する磷及び窒素の流入量を抑制することが必要になる。

環境基準設定の際に上記の事柄が考慮されていなかったとすれば、湖沼の環境基準達成が遅れた原因はここにあるかも知れない。

環境基準の目標値が果たして適切であるか否かも検討することが必要である。湖沼にはそれぞれに特性があり、水質は様々である。現在の環境基準は比較的一律に湖沼の環境基準を設定している。湖沼が本来持っている特性（類型）が加味されて、環境基準が設定されている例は少ないようである。どちらかという、調和型湖沼を対象にして、人間の利用形態から基準が決められている。そのために自然に近い水質でありながら環境基準は達成されていないという例があるように思える。例えば、腐植栄養湖は水中に多くの腐植物を含むところから溶存の有機物が多く存在し、懸濁物質が少ないにもかかわらず COD 値は高い傾向にある。本来ならばランクとしては湖沼の環境基準として AA 類型に入る筈であるが、測定値は基準に達しないことも多い。このような湖沼でも流入する窒素及び磷が過剰になると富栄養化が起こる。

以上のことを考えると、湖沼の環境基準を達成するためには対象となる湖沼への流入する物質量を制限することが必要であるという、きわめて常識的な結論が得られるのではないだろうか。

3. 環境基準達成のための必要条件

F. A. Forel (1891) が言うように湖沼は全ての面から閉鎖された容器ではなく、集水域の影響を強く受ける水域である。自然的には集水域の気象的条件、地質・地形的条件及び生物的条件により、結果としてそれぞれの湖沼の特性が形成されている。人間の関与はこれら自然的な条件を質的、量的に大きく変動させることからそれぞれの湖沼の性質は大きく変化することになった。

環境基準設定の目標は少なくとも近年の人間活動が活発化する以前の状態に湖沼の水質を維持することと理解されるから、その原因となっている各種の人間の影響を制御することが目標達成の必要条件となる。

その第一が集水域から湖沼に流入する物質の総量規制であり、それができなければ目標の達成も不可能である。

第二は目標とする汚染項目の原因物質の特定であり、いとも常識的なことである。富栄養化現象の抑制であれば当然磷及び窒素が対象となるし、有機物による汚染の防止であれば有機物の排出抑制が必要になる。それぞれの抑制手段は発生段階での処理もあろうし、排出されたものの集中または個々の処理もある。しかし、受身的な処理には量的に限界があることから発生源での処理が最も基本的であり、できれば発生前の処理である0次処理の発想が重要である。洗剤中の磷の問題は湖沼の富栄養化防止の観点から製品開発時にあれば現象として各湖沼が富栄養化を起こす前に処理できたものでもある。一度変化した自然を元の状態に戻すには長い時間と多額の費用がかかることを考えれば事前の製品評価は社会的にも必要なことと考える。

第三はこれまで放置されていた自然の機能の見直しではないだろうか。河川にしても水の流路としての機能のみが大きくとりあげられ、本来自然が有している多機能的特性が失われている。湖沼では同じような扱いが沿岸域に人為的に行われてきた。本来、湖沼の環境基準の設定目標はそれぞれの湖沼の生態系としての保全、維持であると考えられるので、沖合いと沿岸域をセットとした湖沼本来の姿が維持されることが必要である。結果として湖沼全体の水質が目標を達成することになる。

4. 今後の研究課題

設定された環境基準がなぜ達成されないのかは、ある意味では明らかであるが今後の研究課題に取り組む前に整理し、その理由を明らかにしておくことは意味のあることであると考えられる。その内容には現在設定されている環境基準が適切であるか否かの検討も当然含まれるべきであろう。

水域を一つの生態系として保全しようとする考え方は一般に浸透しつつあるけれども、具体的な内容となると明らかでない部分が多い。特に、湖沼では沿岸域の研究が遅れていることが指摘されている。そのために生態系としての湖沼の保全の進め方に具体的な提言がされていないのも現状である。

湖沼沿岸域の重要性とその機能については次のようなものがあげられている。(鈴木、桜井、沖野、1989)。

- a. 有機物の分解・栄養塩類の吸収・有害物質の除去等による水質浄化の機能
- b. 多種多様な生物の生息場所(隠れ家、ねぐら、休息の場)となり、生産生物の産卵・仔稚魚の生息の場、再生産の場として重要
- c. 波浪の抑制や水生植物の根茎などによる湖辺の侵食防止
- d. 植物群落(特に水辺林、抽水植物群落等)による自然景観形成への寄与
- e. 鳥類の姿を見たり、鳴き声が聞ける等、人間の憩いの場や自然とのふれ合いの場の提供
- f. 水生植物による肥料、燃料、家畜飼料、生活用品等の資源を提供

g. 水域と陸域の緩衝地帯，人間と自然生物の緩衝地帯としての役割

以上の内容を総合して，湖沼沿岸域としての景観が形成され，湖沼全体の生態系が維持されていると理解することが必要であり，結果として環境基準が達成されることにもなる。

現在進行している親水性水辺の再生は意識としては好ましい湖沼の保全策ではあるけれども，現実には沿岸がより人工化されるような内容のものが多いため，自然としての景観の意味を理解していないことによるものであろう。親水性とは人間の立場から単に人が水辺に近づけるというだけでは意味をなさない。より自然的な景観が形成され，おのずと人が水辺に魅きよせられるような雰囲気が必要である。そのような景観には必ず内容的な裏付けができていないもので，湖沼環境の保全にも役立つものとなっているはずである。外見だけ整えても，そこに生息する生物群集が気持ち良く生活できない内容であっては本物の親水性のある水辺とは言えない。

今後の環境基準には沿岸域の保全を配慮した，景観評価を組み入れる試みも必要ではないだろうか。いずれにしても，自然は多様であり，一律でないところに価値がある。環境基準にも多様性に配慮した，柔軟な考え方が取り入れられることが希望される。困難ではあるけれども，環境モニタリングとしての水質分析における試水の採集方法などのハードな面についてもそれぞれの湖沼と状態に即した柔軟な対応が望ましいことであり，単純な規格化にならない配慮が望まれる。

一例として諏訪湖では景観整備に次のような提言を行った。

- 1) 湖水側の改修，整備
 - a) 流入河川の岸辺を含めて湖岸の改修に自然工法を採用し，親水性を取り戻す
 - b) 湖岸の改修・整備：現在の堤防湖側への自然沿岸再生により生物群集の復活を図ることと，湖岸への土砂の自然堆積を促進し，渚を再生する
 - c) 水生植物帯の再生：ヨシ，マコモ，コウホネ等の抽水植物の自然定着を図る
- 2) 湖岸陸側の整備
 - d) クリーンベルトの造成：単一種ではなく間に成長の早い樹種を配置するなど，長期的な視野に立った植栽計画を立てる
 - e) 船溜りの緑化：空いている空間をできるだけ緑で埋める
 - f) 湖岸サイクリングロード
- 3) 景観の保全
 - g) 自然景観地域と都市型公園地域の計画的配置
 - h) 遠景保全処置としての景観条例の制定：自然景観と調和した色彩，背後のスカイラインを切断しないための高さ制限等，地域ごとの細かな設定が必要
- 4) 住民意見の反映
 - j) 改修・整備計画に対して住民の意見が反映できる仕組みが必要

以上は一つのケースとしての今後の諏訪湖に係わる保全の課題の一部である。もちろん，現在の環境基準に関係する施策でも湖沼水質の保全がまったくできないということではない。むしろ

ろ、組織的な制約から効果を発揮できるはずの施策が無効化されている例が多くみられることも事実である。今後は本当の意味での住民の参加による、科学的な長期的、総合的視野に立った大胆な施策の実施とより効果的な環境保全への対処が期待される。

第4回環境容量シンポジウム参加者氏名一覧

氏名	所 属	氏名	所 属
相崎 守弘	国立環境研究所 地域環境研究グループ	田口早智子	仙台市 衛生研究所
赤壁 哲朗	兵庫県立公害研究所	竹下 俊二	国立環境研究所 地域環境研究グループ
新 麻理子	北海道大学 工学部	橋 治国	北海道大学 工学部衛生工学科
天野 耕二	国立環境研究所 社会環境シム部	田淵 俊雄	東京大学 農学部
飯島 卓	茨城県 県南地方総合事務所	内藤 正明	国立環境研究所 地域環境研究グループ
池田 浩三	栃木県 公害研究所	永村 桂一	岩手県 公害センター
泉 多加夫	茨城県 県南地方総合事務所	中西 弘	山口大学 工学部土木工学科
井上 隆信	国立環境研究所 水圏環境部	中野 寶	環境庁 水質保全局水質管理課
伊野 昂	茨城県 県南地方総合事務所	中村 以正	筑波大学 応用生物化学系
稲田 敏之	茨城県 公害技術センター	南條 吉之	鳥取県 衛生研究所
稲森 悠平	国立環境研究所 地域環境研究グループ	橋本 浩一	大阪府 公害監視センター
今井 章雄	同上 地域環境研究グループ	服部 幸和	同上
岩見 徳雄	同上 地域環境研究グループ	根岸 正美	茨城県 公害技術センター
浮田 正夫	山口大学 工学部土木工学科	花里 幸幸	国立環境研究所 地域環境研究グループ
内山 裕夫	国立環境研究所 水圏環境部	林 貞雄	長野県 衛生公害研究所
宇都宮高	福井県 公害センター	日野 修次	北海道 公害防止研究所
海老瀬潜一	国立環境研究所 水圏環境部	日野 幹雄	東京工業大学 工学部土木工学科
大木 一広	茨城県 公害技術センター	平田 健正	国立環境研究所 地域環境研究グループ
沖野外輝夫	信州大学 理学部	廣畑 守	茨城県 県南地方総合事務所
小澤 三宜	国立環境研究所 研究企画官	福島 務	静岡県 衛生環境センター
小畑 陽子	群馬県 衛生公害研究所	福田 敏之	茨城県 公害技術センター
片山 靖夫	岡山県 環境保健センター	古谷 誠治	山口県 衛生公害研究センター
春日 清一	国立環境研究所 地域環境研究グループ	前田 誠輝	秋田県 大瀧村土地改良区
加藤 金平	秋田県 昭和農業改良	増永 洋	秋田県 大瀧村役場
加藤 一	秋田県 大瀧村農協	松沢 克典	長野県 衛生公害研究所
加藤 光行	同上	松重 一夫	国立環境研究所 地域環境研究グループ
河合 崇欣	国立環境研究所 地球環境研究グループ	松本 幸雄	同上 地域環境研究グループ
川畑 俊之	石川県 環境管理課	溝田 哲	山口県 衛生公害研究センター
川村 寛	長野県 衛生公害研究所	村上 敬吾	栃木県 公害研究所
金 圭貞	韓国 国立環境研究院	村岡 浩爾	大阪大学 工学部土木工学科
國松 孝男	滋賀県立短期大学 農業部	森島 敏明	石川県 衛生公害研究所
小泉 明	国立環境研究所 所長	矢木 修身	国立環境研究所 水圏環境部
古武家善成	兵庫県立公害研究所	安田 満夫	鳥取県衛生研究所
小松 正博	大阪府 水質課	矢島 久美子	群馬県 衛生公害研究所
坂田 康一	北海道 公害防止研究所	山本 哲也	茨城県 公害技術センター
斉藤 由実子	栃木県 公害研究所	横田 正雄	茨城県 環境局
桜井 正美	国立環境研究所 環境情報センター	吉田 秀志	秋田県 大瀧村役場
佐藤 敦	秋田立農業短期大学	吉見 洋	神奈川県 公害センター
宗宮 功	京都大学 工学部衛生工学科	渡辺 哲男	茨城県 県南地方総合事務所
須藤 隆一	国立環境研究所 水圏環境部	HIGA, L. E.	国立環境研究所 地域環境研究グループ
高村 典子	国立環境研究所 生物圏環境部	梁 相庸	同上 地域環境研究グループ
高村 義親	茨城大学 農学部	孔 海南	同上 地域環境研究グループ
滝 和夫	千葉工業大学	宋 吉明	同上 地域環境研究グループ

[平成3年9月20日編集小委員会受理]

[国立環境研究所資料 F-34-'91/NIES]

第4回 環境容量シンポジウム

——なぜ湖沼環境基準は達成率が低いのか？——

問い合わせ先 地域環境研究グループ 湖沼全研究チーム 相崎守弘

平成3年11月15日 発行

発行 環境庁 国立環境研究所
〒305 茨城県つくば市小野川16-2

印刷 株式会社 エリート印刷
住所 茨城県牛久市柏田町3269