

# 湖沼の有機物環境基準の歴史的背景と問題点

## —琵琶湖の水質と水質調査をもとに—

井手研究室 0112017 田中佐代子

### 1. 研究の背景

現在わが国では、水質汚濁の有機物指標として河川にはBOD（生物化学的酸素要求量）、湖沼・海域にはCOD（化学的酸素要求量）と2種類の指標が使い分けられている。後者のCODは、日本工業規格（JIS）に基づく指標である。より正確には、海域の大部分と湖沼にはCOD<sub>Mn</sub>（100におけるKMnO<sub>4</sub>による酸素消費量。以下『COD<sub>Mn</sub>（公定法）』という）が、海域の一部にはCOD<sub>OH</sub>（アルカリ性KMnO<sub>4</sub>による酸素消費量）が使用されている。

一方COD<sub>Mn</sub>による湖沼の環境基準の達成率が他の河川や海域の達成率に比べて悪いことが近年、問題視されている。わが国最大の湖沼である琵琶湖においても、環境基準は1971年に設定されて以来一度も達成されていない。COD<sub>Mn</sub>などKMnO<sub>4</sub>を酸化剤とする有機物の測定方法にはかねてから種々の問題点が指摘されてきた。類型化や類型ごとの基準値の設定、類型指定の妥当性ととも、指標としてCOD<sub>Mn</sub>を用いていることが、湖沼の環境基準の達成率が悪い原因の一つであるとも言われている。

このような中、2003年度10年ぶりに水道水の水質基準が見直された。これによって、およそ100年間、水道水の有機物指標として使用されてきたKMnO<sub>4</sub>消費量が廃止され、代わってTOC（全有機炭素）が採用された。

### 2. 研究の目的・意義

本研究では、わが国で湖沼の水質汚濁有機物指標として用いられているCOD<sub>Mn</sub>に着目して、COD<sub>Mn</sub>による湖沼環境基準の問題点を、測定原理や方法、わが国への導入の経緯や環境基準設定の歴史的背景、設定の根拠、設定後の基準改正にむけた動きなどの調査から明らかにする。その上で、今後のわが国における湖沼の環境基準のあり方を考察する。

本研究によって、湖沼にとっての望ましい有機物指標のあり方が明確になれば、わが国の湖沼の水質改善に役立つものと考えられる。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下のような方法で調査研究をおこなう。

(1) 先ずわが国の湖沼環境基準のしくみと基準達成の現状を文献調査から明らかにする。

(2) 次に有機物指標に着目し、各指標（測定方法）の特性やわが国における使用の歴史的変遷について同じく文献調査から明らかにする。

(3) また、わが国最大の湖である琵琶湖の水質と水質調査の歴史を調査し、過去の水質データから、琵琶湖にとっての現行の湖沼環境基準の問題点を明らかにする。

(4) 一方、水質汚濁防止に関する法令の歴史や湖沼

を含む水質汚濁に係る環境基準設定の歴史的経緯についても文献調査から明らかにする。

(5) 以上を踏まえ、問題を抱える湖沼環境基準がなぜ現行の形に定まったのか、その理由について推論する。

(6) さらに、基準設定以後の歴史についても調査し、問題を抱えているにもかかわらず未だに改正の動きなどが無い原因について推論する。

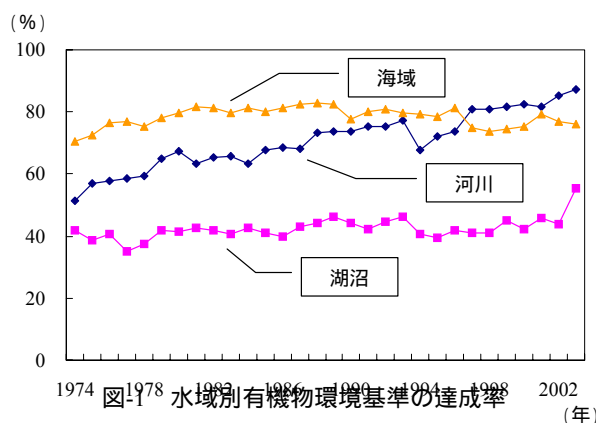
(7) 最後に、以上のことから、今後のわが国における湖沼の水質汚濁有機物指標のあり方を考察する。

### 4. 湖沼環境基準と基準の達成状況

湖沼に関する環境基準は、公害対策基本法（1967年法律第132号）第9条に基づき、1971年に「水質汚濁に係る環境基準について（環境庁告示第59号）」として河川や海域の環境基準とともに告示された。（公害対策基本法第9条の規定は環境基本法に継承されている。）

湖沼を含めた水質汚濁に係る環境基準には「人の健康の保護に関する環境基準」と「生活環境の保全に関する環境基準」の2種類がある。大気や土壌、騒音に関する環境基準には、人の健康の保護と生活環境の保全の双方を達成するための、全国一律の1種類の基準があるのみであり、2つの環境基準をもつところが、水質汚濁に係る環境基準の大きな特徴となっている。

湖沼の環境基準の達成状況は、「人の健康保護に関



する環境基準」に関しては非達成率が約0.1%（2003年度時点）とほとんどの地点で達成されている。

一方、湖沼に関する「生活環境の保全に関する環境基準」の達成率は、有機汚濁に関しては40%程度と他の水域群と比較して悪く、環境基準が設定されて以来横ばいの状態が続いている。（図-1参照）

また、総務省が行った政策評価（2004年8月）によると、各湖沼が指定湖沼に指定されてから約10年から20年が経過しているが、ほとんどの指定湖沼

において環境基準が未達成となっていることが指摘されている。

わが国最大の湖沼である琵琶湖においても環境基準は、北湖の全リンを除いて、設定以降一度も達成されていない。特にCOD<sub>Mn</sub>濃度に関しては、達成されるどころか近年はむしろ増加を続けている。

(図-2 参照)

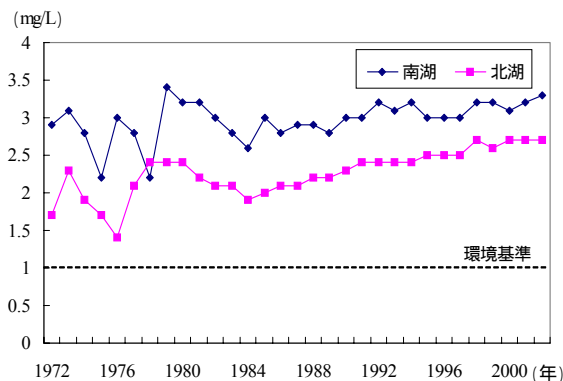


図-2 琵琶湖の水質 (COD<sub>Mn</sub> (公定法))

このように、湖沼の「生活環境の保全に関する環境基準」は設定以来、ほとんど達成されないまま現在に至っている。本研究ではこのうち特に有機物指標 (COD<sub>Mn</sub>) の達成率の悪さに注目する。全窒素や全リンの達成率の悪さも深刻であるが、有機物指標 (COD<sub>Mn</sub>) に関しては、他の水域群 (河川や海域) と比較したときの達成率の悪さが顕著である。

湖沼における有機物指標 (COD<sub>Mn</sub>) の環境基準の達成率が悪い原因としては、指標自身や類型化 (基準値) もしくは類型指定など基準設定そのものに問題があった可能性がある。

以下、本研究の調査の結果、明らかとなった湖沼環境基準の問題点についてまとめる。

### 5. 湖沼の有機物指標の問題点

湖沼の有機物指標であるCOD<sub>Mn</sub> (公定法) は、測定法として以下のような問題点をもっている。

(1) 過マンガン酸カリウム (KMnO<sub>4</sub>) を酸化剤とするOC法の不安定さ

KMnO<sub>4</sub>を酸化剤とする酸素消費量測定法は、測定 (反応) 条件によって測定値が大きく異なるという不安定さを抱えている。さらに、測定条件を一定にして、なおかつ同一試料であっても検水の濃度の違いにより酸化率が異なる。加算性がなく、有機物の正確な物質収支を把握できないという、指標としては致命的な欠陥をもつ。

(2) 他の指標との比較が困難なこと

一般に、同一水域あるいは試料であれば、異なる有機物指標であっても、それらの間にある程度の相関関係が成り立つと言われる。しかし水域や試料が異なれば、これは成り立たない。また、たとえ同一水域あるいは試料であっても、指標間の相関はそれほど明確なものではない。同一水系であっても、

湖沼のCOD<sub>Mn</sub> (公定法) の値を、河川のBODや一部海域のCOD<sub>OH</sub>の値と比較することはほぼ不可能である。指標間の相関が低い、もしくはないために、これらの測定値から物質収支を考えることはできない。また、諸外国で主に使用されているCOD<sub>Cr</sub>と比較できないという問題を抱えている。

### 6. 指標や基準値の設定根拠

では、このような問題を抱えるCOD<sub>Mn</sub> (公定法) がなぜ選ばれたのであろうか。以下のような理由によって選ばれたものと推測する。

(1) 類型指定に必要な湖沼水質データの蓄積がKMnO<sub>4</sub>消費量しかなかったこと

当時、湖沼において水質が測定されることはあまりなかったと考えられる。少なくとも、類型指定のためのデータの蓄積がBODに関してはなかった。一方、水道水源としての湖沼に限定されるが、上水のKMnO<sub>4</sub>消費量データならば古くから豊富にあった。このため、KMnO<sub>4</sub>消費量を酸素当量に換算したCOD<sub>Mn</sub> (5分法) がまず候補に挙がったものと推測する。

(2) 「BOD COD<sub>Mn</sub>」と考えられていた

当時は、BODとCOD<sub>Mn</sub>がほぼ同じ値を示すと考えられていた。事実、琵琶湖のデータ (図3) においても、BODとCOD<sub>Mn</sub> (5分法) はほぼ同じ値を示す。ほぼ同じ値を示すのであれば、河川にBOD、湖沼にCOD<sub>Mn</sub>と異なる指標を用いても問題は少ないと考え、COD<sub>Mn</sub>が採用される方向となったと推測する。

(3) さらに「COD<sub>Mn</sub> (公定法) COD<sub>Mn</sub> (5分法)」と考えられていた

今日からすれば明らかに誤った認識ではあるが、当時は、COD<sub>Mn</sub> (5分法) とCOD<sub>Mn</sub> (公定法) の値がほぼ等しく、かつCOD<sub>Mn</sub> (公定法) のほうがCOD<sub>Mn</sub> (5分法) より、測定法として安定していると考えられていた。そのため最終的に、より安定性の高いCOD<sub>Mn</sub> (公定法) が選定されることになったと推測する。また当時、JISによる公定法のみを「COD」とする規格化の動きがCOD<sub>Mn</sub> (公定法) の選定を後押ししたと考えられる。

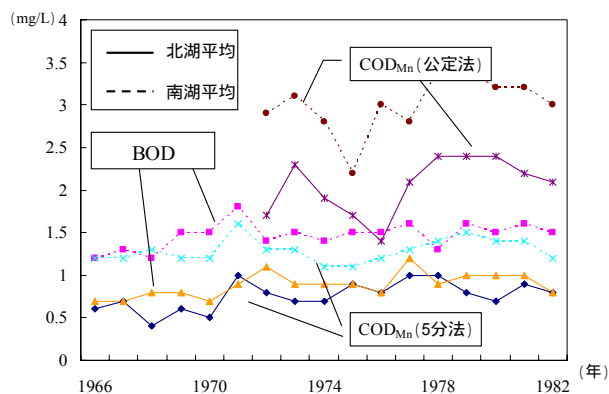


図-3 琵琶湖の水質 (BODとCOD<sub>Mn</sub>)

また、現行の類型や基準値が設定された理由としては、以下のことが考えられる。

「BOD COD<sub>Mn</sub>」との考えから、河川においてBODに基づいて設定した類型や基準値をそのまま湖沼に適用した

表-1に示すように、BODとCOD<sub>Mn</sub>という違いはあるものの、河川と湖沼の類型別基準値の設定根拠はほぼ同一のものである。当時のデータの蓄積量の差から考えると、河川についてBODで設定した類型ごとの基準値を「BOD COD<sub>Mn</sub>」という考え方の下に、湖沼にそのまま適用したと考えられる。

表-1 河川と湖沼の類型別基準値の比較

河川		湖沼			
類型		基準値 (mg/L)		類型	
水道1級・自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの	AA	1	1	AA	水道1級・水産1級・自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの
水道2級・水産1級・水浴及びB以下の欄に掲げるもの	A	2			
水道3級・水産2級及びC以下の欄に掲げるもの	B	3	3	A	水道2,3級・水産2級・水浴及びB以下の欄に掲げるもの
水産3級・工業用水1級・農業用水及びDの欄に掲げるもの	C	5	5	B	水産3級・工業用水1級・農業用水及びCの欄に掲げるもの
工業用水2級・農業用水及びEの欄に掲げるもの	D	8	8	C	工業用水2級・環境保全
工業用水3級・環境保全	E	10			

以上のような理由によって、湖沼の有機物指標であるCOD<sub>Mn</sub>（公定法）が選定され、現行の類型と基準値が設定されたと推測する。

したがって、有機物指標に関する湖沼環境基準の達成率が悪い大きな原因の一つは、環境基準の検討段階で「COD<sub>Mn</sub>（公定法） COD<sub>Mn</sub>（5分法）」という、誤った認識に基づいてCOD<sub>Mn</sub>（公定法）を指標として選び、かつ「COD<sub>Mn</sub>（公定法） COD<sub>Mn</sub>（5分法） BOD」との誤った認識の下、BODに基づいて設定された類型とその基準値をそのまま湖沼に適用したことにあると考える。

もし仮に「COD<sub>Mn</sub>（公定法） COD<sub>Mn</sub>（5分法） BOD」という関係が成り立つのであれば、琵琶湖の場合、AAタイプの基準1 mg/Lは、北湖では設定当初から、南湖においても90年代にはほぼ達成できていたことになる。

ただし、「COD<sub>Mn</sub>（公定法） COD<sub>Mn</sub>（5分法） BOD」との誤った認識をもっていたのは、基準を設

定した水質審議会環境基準部会の委員だけではなく、少なくとも滋賀県の当時の担当者も同じような認識しかなかった。つまり当時の科学的知見の限界であったといえるだろう。

## 7. 基準設定以後の問題点

問題はむしろ基準設定の後である。

滋賀県は基準設定後、COD<sub>Mn</sub>（公定法）による測定が開始されてからすぐに、COD<sub>Mn</sub>（5分法）との測定値の違いに気づき、公定法による環境基準の達成が困難なことを認識する。湖沼を抱える他の都道府県も同じ認識であったようである。滋賀県や湖沼を抱える都道府県（湖沼担当部局）によって発足した全国湖沼環境保全対策推進協議会は、発足当初から20年以上にわたって、湖沼に関する環境基準の見直しを求める要望書を政府に提出している。それにも関わらず、有機物環境基準が改正されなかった理由はなんだろうか？

公害対策基本法第9条第3項は「第1項の基準については、常に適切な科学的判断が加えられ、必要な改定がなされなければならない」と規定している。それにも関わらず、湖沼の有機物環境基準が改正されなかった要因としては以下のようなことが考えられる。

(1) 水質汚濁に係る環境基準を改正することの技術的な難しさ

水質汚濁に係る環境基準は大気などに比べて複雑である。有機物指標一つの改正を考えても、類型（基準値）設定や指定のやり直しなど、改正に必要な事柄は多岐にわたる。

(2) 基準を達成ができていなくとも実害がなかったということ

環境基準を達成していなくとも利水などに関して実害がなかった。環境基準は行政の努力目標という性格をもっている。遵守に関してなんら法的拘束力をもたない。実質的な弊害がなければ、基準の未達成そのものが問題視されることはなかったのである。もともとBODの2倍以上の値を示すCOD<sub>Mn</sub>（公定法）で測定しながら、BODで設定した基準を達成しようとしているわけである。COD<sub>Mn</sub>（公定法）の値が基準値の2倍を大きく超えない限り、実害が生じる可能性は低い。しかしそのために、湖沼を抱える都道府県としても公式には改正のための声を挙げるができなかった。国や環境庁が動くための動機付けが十分ではなかったと考えられる。

(3) 時代的背景

湖沼の環境基準の改正にむけてまったく動きがなかったわけではない。発足間もない環境庁はCOD<sub>Mn</sub>に換わる有機物指標としてTOCの研究に着手している。一時は湖沼のTOCの現況調査にも着手したという。しかし、1977年に琵琶湖に赤潮が発生したことによって、湖沼の水質汚濁に関する人々や行政の関心は、有機物汚濁から窒素やリンの富栄養化問題に移ってしまう。また、発足まもない環境庁が、難産となった湖沼水質特別措置法の制定に忙殺されたこ

と、湖沼を抱える都道府県側も湖沼法による湖沼の指定と湖沼水質保全計画の策定に行政努力が傾注せざるを得なかったことも有機物指標の改正を阻む大きな要因になったと考えられる。

しかし、たとえ実害はなくとも、琵琶湖にとってCOD<sub>Mn</sub>（公定法）を使用し続けることには少なくとも以下の2つの問題点がある。

(1) COD<sub>Mn</sub>では物質収支を把握することができないこと

先にも述べたように、湖沼の有機物指標であるCOD<sub>Mn</sub>（公定法）は加算性がなく、有機物の正確な物質収支を把握できないという、指標としては致命的な欠陥をもつ。有機物の物質収支を把握するための確かな有機物指標が求められている。

(2) 現在の環境基準が、将来的にも決して達成される基準値ではないこと

図-4は京都市下水道局が1948年から測定している琵琶湖疏水のKMnO<sub>4</sub>消費量から換算したCOD<sub>Mn</sub>（5分法）の値を、滋賀県による5分法の測定値とあわせて示したグラフである。琵琶湖のCOD<sub>Mn</sub>（5分法） $x$ と（公定法） $y$ との間には $y = 1.8x + 0.4$ の関係式が成り立つ。図の琵琶湖疏水のデータから推測できる琵琶湖の水質は、戦後まもなくきれいな時代であってさえ、COD<sub>Mn</sub>（公定法）では基準値の1mg/Lを超えていた可能性が高い。

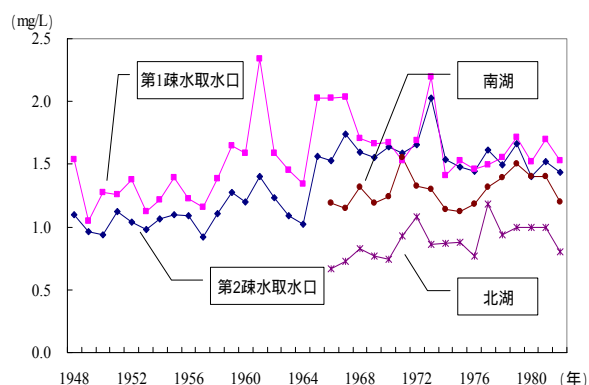


図-4 琵琶湖と琵琶湖疏水との比較

また、常にその時代における最新の科学的知見に基づくべき環境基準が、間違った知識に基づいて設定されたまま使用し続けられていること自体が環境基準設定の精神に関わる根幹の問題といえるだろう。

## 8. 今後のわが国における湖沼の有機物環境基準のあり方

現在では、COD<sub>Mn</sub>（公定法）はCOD<sub>Mn</sub>（5分法）あるいはBODよりはるかに高い値を示すことが常識となっている。すなわち、誤った認識に基づいて設定された現行の類型別基準値の達成あるいは未達成をCOD<sub>Mn</sub>（公定法）の測定値で判断することになら科学的根拠はない。有機物指標と基準値の整合

性を考え、現行の類型別基準値をそのままとするならば、湖沼の有機物指標もBODとすべきである。あるいはCOD<sub>Mn</sub>（公定法）を使用し続けるのなら、COD<sub>Mn</sub>（公定法）に基づいて類型別の基準値を設定しなおすべきである。

しかしながら、環境基準設定当時の不十分な科学的知見に基づく有機物指標と基準値の整合性に固守することは、それほど意味のあることではない。湖沼の環境基準の抜本的な改正が必要である。

たとえば従来から環境基準は単なる行政の努力目標として捉えられてきたが、むしろこれからは、達成可能性を考慮に入れた、より科学的な目標値とならなければならない。これまでの測定データの蓄積から、最新の科学的知見に基づき、類型別の基準値を設定しなおし、かつ類型指定をやり直すべきである。

またそのときには、COD<sub>Mn</sub>（公定法）に換わる、より信頼性のある有機物指標を採用すべきである。少なくとも有機物に関する物質収支のとれる指標でなければならない。たとえばその候補として考えられるのがTOCである。TOCによる有機物の酸化率はほぼ100%であり、自動測定も可能である。水道水の有機物水質基準がTOCに換わったことから、水道水源としての水質と環境の水質の整合性を図りやすい。

ただし、COD<sub>Mn</sub>（公定法）は、長期間使用されてきた経緯もあり、早急にこれを変更することは非常に困難だろう。CODによる総量負荷制限を行っている流域の事業所では、自動のCOD測定装置を整備しているところも多い。拙速な変更は、社会的に見ても大きな混乱を引き起こす可能性がある。切り替えるべき指標を早急に定め、現行のCOD<sub>Mn</sub>（公定法）の使用を継続しながら、平行して新指標での測定を行い、新指標のデータの蓄積を待って、基準値の改正とあわせて新指標への移行を図るべきだと考える。

またこのとき、新しい指標の選定や、選定された指標に基づく類型化や類型別基準値の見直し、類型指定のやり直しに関しては、2003年度の水道水の水質基準の見直しの際に行われたように、議事録をすべてインターネット上で公開して、かつ見直し案にパブリックコメントをもとめるなど、十分な情報公開の下、透明性と公開性の高い形で議論を進めていく必要がある。水質審議会環境基準部会における環境基準の検討段階での議事録や資料などが残っていれば、あるいは公開されていれば、より多くの人間が、もっと早い段階において湖沼環境基準の抱える問題点を正しく認識できたはずである。

最後に、湖沼の有機物環境基準で起こったような問題を繰り返さないためにも、問題の究明に努め、その結果を広く公表し、問題提起していくことが重要だと考える。



# Historical background and the problem of organism environmental standards of lakes and marshes

SAYOKO Tanaka Ide Laboratory

## 1. The background this study

In Japan, it is used for BOD (biochemical oxygen demand) and lakes and marshes and the sea area COD (chemical oxygen demand) in the river now. When saying in detail, COD is oxygen consumed at 100 with  $\text{KMnO}_4$ . Hereafter, it is called  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (official method). Recently, it is put in question that the accomplishment rate of environmental standards of lakes and marshes by  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  is worse than that of the river and the sea area. Various beforehand problems have been pointed out to the measuring method that uses  $\text{KMnO}_4$  such as  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  as an oxidant.

## 2. The purpose of this study

The problem of environmental standards of lakes and marshes by  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  is clarified in this research. The ideal way of environmental standards of lakes and marshes in Japan in the future is considered on that.

## 3. The method of this study

- 1) The mechanism of the lakes and marshes environmental standards of Japan and the current state of standard achievement are investigated.
- 2) It pays attention to the organism index, and a characteristic of each index and a historical transition in Japan are investigated.
- 3) The water quality of Lake Biwa that is the greatest lakes and marshes in Japan and the history of the water survey are investigated. And the problem of present lakes and marshes environmental standards for Lake Biwa is clarified from the analysis of past water quality data etc.
- 4) Historical details of the environmental standards setting that lies historical of the law concerning the water pollution prevention and water pollution including lakes and marshes are investigated.
- 5) From the above-mentioned, the reason the lakes and marshes environmental standards that have the problem were decided to present shape is inferred.

- 6) In addition, the cause without the movement of the revision yet though the history after the standard is set is investigated, and there is a problem is inferred.
- 7) Finally, the ideal way of the water pollution organism index of lakes and marshes in Japan of the future is considered from the above-mentioned.

## 4. The conclusion of this study

The organism environmental standards have been set to  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (official method) because of wrong recognition. The wrong recognition is BOD  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (for five minutes)  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (official method).  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (official method) actually indicates about big twice the value from  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (for five minutes).

Figure 1 is a guess of the water quality of Lake Biwa previous from 1965 from the in existence data. The dotted line is an estimate value.

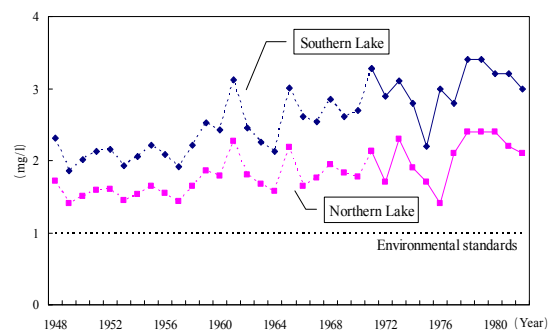


Figure 1: The estimate value of water quality of Lake Biwa ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$  (official method))

Because the reference value based on recognition to which the above-mentioned is mistaken has been set, Lake Biwa cannot achieve the reference value through all eternity. There were problems also in other patternizing and pattern specification.

It is necessary to revise the organism environmental standards of lakes and marshes drastically.

