

(8) 統計データによる湖沼特性と水質の関係

STUDY ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN LAKE CHARACTERISTICS AND WATER QUALITY BY STATISTICAL DATA BASE

天野 耕二*・福島 武彦*・中杉 修身*

Koji AMANO*・Takehiko FUKUSHIMA*・Osami NAKASUGI*

ABSTRACT ; There are many difficulties in lake management, resulting from many black boxes about water pollution phenomena and a wide variety of characteristics of natural and social conditions in lake basin. In order to preserve a desirable condition of water quality in lake, the lake management, considering all processes about generation, run-off, and transition of pollutant loadings, should be needed. And in such lake management program, there should be the system which shows simply the future changes of water quality after the enforcement of project and regulation in the lake basin.

We studied the relationships between lake characteristics and water quality for the first step of the comprehensive methodology about lake management. This study is based on the statistical data base which shows an averaged condition of water environment and watershed characteristics in lake basin. By statistical analysis, some indices about lake characteristics were selected as effective factors for prediction of water quality in lake.

KEYWORDS ; lake management, watershed characteristics, indices, statistical analysis.

1. はじめに

湖沼法の成立にともない、湖沼における水質保全計画の必要性が強まってきている。さらには、水質改善施策として従来行われてきた点的ないし線的な対策には一定の限界があり、今後の主要な施策として、流域面全体からの汚濁を考慮した水質管理計画の必要性が提起されている。

このような計画策定を支援するためには、保全事業や規制の実施により、対象湖沼の水質がどのように変化するかを正確かつわかりやすく示すための方法論なりシステムが必要とされる。しかし、計画策定のためのデータ収集、水質予測、施策の優先度決定等のための方法論に関し、地域的に試みられているものの、全国的には開発途上の段階にある。湖沼環境、湖沼水質に関する情報が蓄積されている琵琶湖、霞ヶ浦、諏訪湖等では独自に詳細なモデルの作成が可能といえようが、その他の多くの湖沼では情報量も乏しくモデル作成にあたっての問題点も多い。

湖沼環境についての難しさは現象自体の解明の不十分さと同時に関連する分野が多岐にわたることと、湖沼毎にもつ自然的あるいは社会的な特性が極めて多様性に富むところにもある。対象湖沼もしくは水域に将来与えられるであろうさまざまな負荷および人為的操作に対し、湖沼水質がどのように変化するかを知るためには、湖水中の物質循環のみならず、流域の社会活動に伴う負荷発生ならびにその湖への流達に関する過程をもモデル化しなければならない。

* 国立公害研究所 The National Institute for Environmental Studies

本研究では、従来いくつかの湖を対象として行われてきた「現象解明を目的とする研究」とは趣を異にして、全国の主要な湖沼を対象とする「問題解決を目的にする研究」、あるいは「湖沼流域の総合モデル化」を支援するデータベースについて検討する。すなわち、流域の多様な自然的・社会的条件を考慮した湖沼水質予測マクロモデル構築の前段階として、流域の特性を表現し、水質の変動を説明しうる湖沼特性指標を統計的に評価する。

はじめに、湖沼特性として全国レベルで収集可能な原データについて考察し、いくつかの湖沼特性指標を算定した後、統計計算によって各特性指標毎の独立性や水質予測に対する寄与度を明らかにする。手法としては単純な線型重回帰分析を用いた。

このような解析の特徴としては、日本全国の湖沼を対象として、湖内あるいは流域における外的環境と水質の極めて単純な関係を全国同一レベルのデータで一般的に論ずるところであり、必要とされる条件としては次のようなものがある。

- (1) 何らかの対策、規制をなした場合、あるいは社会活動、自然環境の変化等がある場合に対し、その効果もしくは影響を湖沼水質の変化として評価することができること。
- (2) 対策結果、湖沼環境の変化の影響を長期的に評価し得ること。湖沼水質保全計画は5年毎に作成することが規定されているため、それと同等か、あるいはその数倍の時間スケールでの予測が可能になること。
- (3) 把握し得るデータの量と質を考え、全国湖沼を、最低限同一レベルで水質予測が可能であること。

2. 原データファイル

原データファイルは大別して、①環境庁によってすでに湖沼毎に集計されてある情報、②国土地理院の集計によるJISメッシュコードを基準とした地理的・地形的な情報、③各省庁が各々の分野で主に市町村単位で集計してある情報の3種類に分けられる。表1に各ファイルの概要を示す。

Table 1. Summary table of original source data files

ファイル名	集計単位	出所	集計項目
湖沼ファイル S 54年集計 (※農水省漁業センサス)	湖沼毎	環境庁自然保護局 農林水産省	各種ファイル対応コード、湖沼名、湖沼成因、湖沼型、標高、湖面積、最大水深、平均水深、湖容積、湖岸長、水位変動、水質、底水質、流入河川数、流出河川数、埋立面積、観光客数(日帰り/宿泊)、流入出水量、※内水漁業
発生源ファイル S 56年集計	湖沼毎	環境庁水質保全局	湖面積、平均水深、滞留時間、流域面積、夜間人口、昼間人口、形態別発生負荷(フレイム値)生活・産業・畜産・面源
諸元ファイル S 59年集計	湖沼毎	環境庁水質保全局	湖面積、平均水深、滞留時間、流域面積、導水域面積、流入水量、導水水量、流出高、塩素イオン
水質ファイル 53年度～57年度	湖沼毎	環境庁水質保全局	透明度、COD、BOD、SS、T-N、T-P、DP、DN、Cl ---- 月別値、(年間値計算)
湖沼-3次メッシュ対応ファイル	湖沼毎	国土地理院	3次メッシュコード
3次メッシュ行政コードファイル	3次メッシュ	国土地理院	行政コード、流域面積、非集水域面積
土地利用面積ファイル	3次メッシュ	国土地理院	田、畑、果樹園、樹木園、森林、荒地、建物用地A・B、幹線交通用地、他用地、湖沼、河川地A・B、海岸、海域
気象データファイル 55年度～57年度	AMeDAS地点毎	気象庁	降水量、風速、気温、日照時間 ---- 時間値、日平均、(月平均、年平均計算)
農業地域構造分析ファイル S 58年集計	市町村	農林水産省	耕地面積(田、畑、樹園地、牧草地)、作付延べ面積、作物別作付面積、作物別収穫量、家畜別飼育戸数・飼育頭数
し尿処理状況ファイル 55年度	市町村	厚生省	計画収集人口、自家処理人口、公共下水道人口、し尿浄化槽人口
工業統計ファイル 55年度	市町村	通産省	規模別事業所数、従業者数、現金給与総額、原材料使用額、製造品出荷額、粗付加価値額
商業統計ファイル 55年度	市町村	通産省	商店数、従業者数、年間販売額 ---- 小売業、卸売業、飲食店

2.1 環境庁ファイル

すべて湖沼毎に整理された情報であり、湖沼および流域の諸元を主に扱っている。

(1) 湖沼ファイル

環境庁自然保護局が昭和54年度に全国の516の湖沼について湖沼の物理的諸元や湖岸の改変状況等を調査し、整理したものである。代表的な61湖沼については、さらに魚類相についても調査してある。

(2) 発生源ファイル

環境庁水質保全局水質規制課が昭和56年度に全国175湖沼について発生および流入負荷量等を把握することを目的として行った、発生源フレイム値調査の結果を整理したものである。調査方法は各都道府県に対するアンケート方式である。

(3) 諸元ファイル

環境庁水質保全局水質規制課が昭和59年度に人口湖（ダム湖、ため池）を含む全国1339の湖沼について、滞留時間、流域面積、導水状況等の諸元を調査し、整理したものである。調査方法は各都道府県に対するアンケート方式である。

(4) 水質ファイル

公共用水域として各都道府県ならびに各省庁によって測定された水質データを環境庁水質保全局が収集整理したものであり、本研究では昭和53年度～57年度の5年間のデータのそろっている90湖沼について抽出した。

2.2 国土数値情報

建設省国土地理院が地形図をもとに3次メッシュ（約1km×1km）を最小単位として水系の流域分割、行政区画、土地利用等の情報を整理したものであり、今回は湖沼毎に再集計して利用した。

(1) 湖沼－3次メッシュ対応ファイル

流域内に存在する3次メッシュに与えられているJISコードを湖沼毎に整理したものである。人為的な導水域の設定や流路変更等により、国土数値情報の流域分割が実際の湖沼と対応していない場合は直接地形図からデジタイズで湖沼流域の座標を読み取り、メッシュコードに変換した。

(2) 3次メッシュコード－行政コード対応ファイル

3次メッシュ内に存在する市町村の行政コードと面積を3次メッシュ単位に整理したものであり、後述の市町村単位に集計されたデータを湖沼流域にわりふるために利用した。

(3) 土地利用面積ファイル

3次メッシュ単位に地形図による土地利用15分類毎の割合を集計したものであり、(1)を介して湖沼毎の土地利用ファイルをつくることによって、2.1の発生源ファイルの中の土地利用データのチェックに利用した。

2.3 各省庁ファイル

気象データを除いてすべて、全国約3300の市町村単位に集計された情報であり、内容は発生負荷量算定の基となる生活、産業等に関わる社会活動データである。これらのファイルを2.2の湖沼－メッシュ－市町村対応ファイルを介して、最終的に湖沼毎に再集計した。変換方法はメッシュ単位の単純な市町村面積割である。

(1) し尿処理状況ファイル

厚生省が毎年行っているし尿処理形態別人口調査の結果を昭和55年度分について整理したものである。

(2) 農業地域構造分析ファイル

農水省が昭和58年度農林業センサスを基に市町村単位に耕地面積、作付け面積、家畜頭数等の農林関係フレームデータを整理したものである。

(3) 工業統計ファイル（昭和55年度市町村編）

(4) 商業統計ファイル（昭和55年度市町村編）

(5) 気象データファイル

気象庁が全国約1300地点にある自動気象観測ロボット（AMeDAS）の観測データをファイル化したものである。本研究ではこのファイルから気象4要素（降水量、風速、気温、日照時間）のそろっている約800地点の昭和53年度～57年度のデータを抽出し、最終的には観測地点の緯度経度から湖沼流域との対応をはかり、流域を代表する気象データとして整理した。

3 対象とした湖沼

公共用水域として、環境庁が水質年鑑に水質データを集計している湖沼のうち、昭和53年度から57年度の

5年間のデータが比較的良好に整備されている90湖沼を対象とした。本研究では、水質予測の基礎となる湖沼の物理的諸元や流域特性についての情報が主にこの5年間に収集、整理されたものであるため、このような選定を行った。したがって、各湖沼を代表する水質データはすべて全地点平均かつ5年間平均値である。図1に対象とした90湖沼の位置の概略を示す。

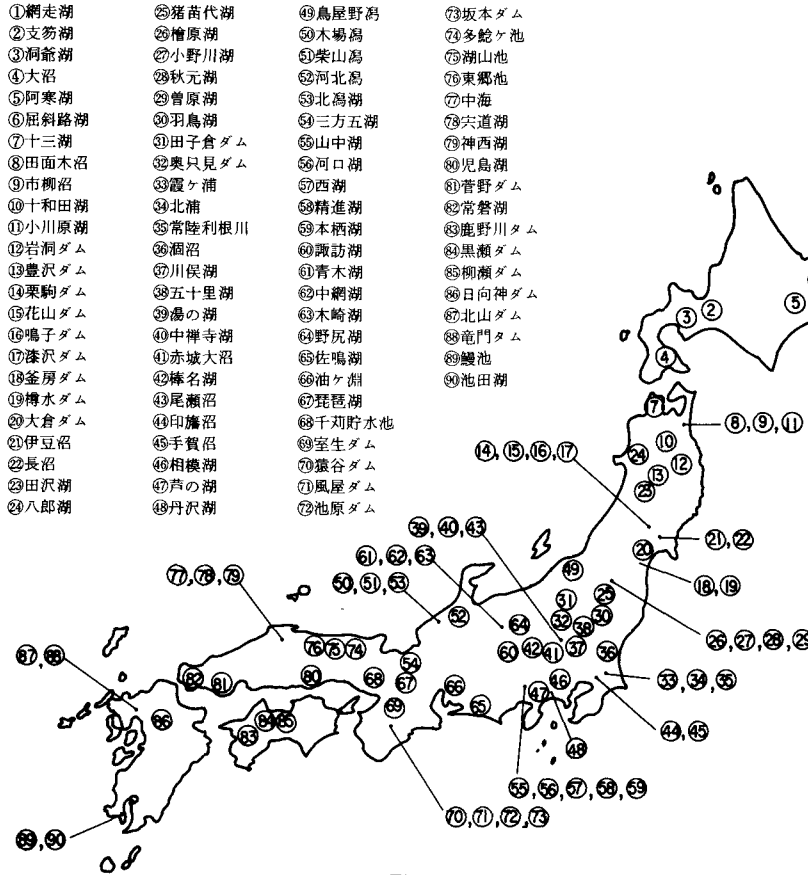


Fig. 1 Location of lakes

4. 湖沼特性の算定と統計的特性

既に述べた通り、今回収集、整理した原データファイルは質・量ともに非常に充実し、多岐にわたっている。最終的にはすべての諸元および指標は湖沼毎に再集計されてはいるものの、水質との関係を探るためにはさらに各種の要因毎の整理が必要である。

水質の変動を説明する因子としては、まず発生負荷量算定の基となる流域のフレーム値に関するもの、次いで湖に流入するまでの面的な流出に関するもの、そして湖内の水質変化に関わる湖の形状や気象条件等の3つに大別される。そこで本研究では3つの因子毎に図2で示すような特性値を算定し、水質データとの関係を調べた。

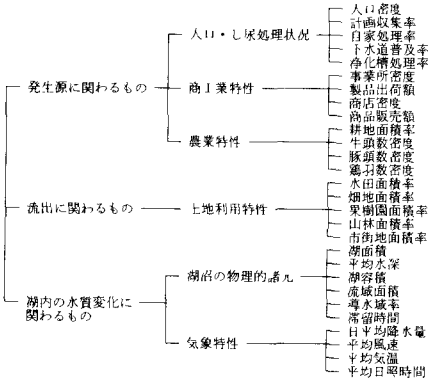


Fig. 2 Indices of lake characteristics

表 4 に湖沼特性指標と水質データの統計特性を示す。以下、指標毎に若干の考察を述べる。

4.1 湖沼の物理的諸元

(1) 湖面積

2.1 の諸元ファイルから抜き出したものであり、大きく最小値測にかたよっており、変動係数もきわめて大きい。

(2) 平均水深

湖面積と同じく諸元ファイルからのもの。

(3) 湖容積

(1)×(2)

(4) 流域面積

諸元ファイルからのデータで導水域を含む。変動係数、歪度、尖度いずれも大きい。

(5) 導水域率

対象90湖沼のうち導水域をもつものが16湖沼あり、全流域面積のうち導水域の占める割合を表したものの。導水域をもたない74湖沼はすべてこの値が0になるため、分布は非常にかたよっている。

(6) 滞留時間

2.1 の諸元ファイルと発生源ファイルのいずれにも滞留時間の値が含まれているが、ほぼ同様の値を示している。

4.2 土地利用特性

2.1 の発生源ファイルから湖沼流域毎の水田、畑地、果樹園、山林および市街地の面積が湖面積を除く流域面積に対して占める割合を表したものである。

(1) 水田面積率

全湖沼の平均は約 10 %で、最大値の 99.6 %は石川県の北潟湖である。

(2) 畑地面積率

分布形は水田とほぼ同じだが、尖度は約半分。

(3) 果樹園面積率

変動係数が 2.4 と大きい。

Table 4. Statistical values of lake characteristics indices

	項目	湖沼数	単位	平均値	最大値	最小値	変動係数	歪度	尖度
湖沼の物理的諸元	湖面積	90	km ²	21.47	673.8	0.14	3.49	7.4	63.7
	平均水深	90	m	24.17	279.0	0.8	1.83	4.2	22.9
	湖容積	90	10 ⁶ m ³	935	27761	0.8	4.08	5.6	35.8
	流域面積	90	km ²	481.7	11799	1.8	2.81	6.7	54.8
	導水域率	90	%	10.1	99.2	0	2.49	2.5	7.8
	滞留時間	90	年	3.24	63.29	0.008	3.26	4.1	19.3
土地利用特性	水田面積率	82	%	9.8	99.6	0.0	1.64	2.8	13.7
	畑地面積率	82	%	4.0	29.5	0.0	1.54	2.3	7.9
	果樹園面積率	82	%	0.7	7.7	0.0	2.40	2.9	11.3
	山林面積率	82	%	68.9	100	0	0.41	-0.9	3.0
	市街地面積率	82	%	4.1	38.6	0	1.74	2.7	11.1
人口・し尿処理状況	人口密度	71	人/km ²	356	3291	3	1.55	3.2	15.0
	計画収集率	71	%	61.1	94.4	20.3	0.26	0.0	2.5
	自家処理率	71	%	13.7	54.1	0.0	0.94	1.0	3.2
	下水道普及率	71	%	5.8	41.2	0.0	1.74	2.0	6.0
	浄化槽処理率	71	%	19.5	79.7	1.2	0.72	1.4	6.4
商業特性	事業所密度	71	数/km ²	1.4	23.3	0.0	2.31	5.0	32.3
	製品出荷額	71	百万円/km ²	639	10654	0.6	2.62	4.7	26.0
	商店密度	71	数/km ²	7.8	86.2	0.1	1.57	4.1	24.8
	商品販売額	71	百万円/km ²	630	10405	1.1	2.36	4.7	28.5
農業特性	耕地面積率	71	%	19.5	71.5	0.1	0.89	1.4	4.3
	牛頭数密度	71	頭/km ²	17.8	190.7	0	1.63	3.7	19.9
	豚頭数密度	71	頭/km ²	53.8	710.9	0	2.08	3.6	18.5
	鶏羽数密度	71	100羽/km ²	9.9	171.9	0	2.63	4.3	23.5
気象特性	日平均降水量	54	mm/日	4.47	7.06	2.24	0.24	0.1	2.6
	平均風速	54	m/sec	1.67	3.22	0.43	0.35	0.6	3.4
	平均気温	54	℃	10.9	17.5	3.6	0.29	-0.3	2.3
	平均日照時間	54	時間/日	5.57	7.37	3.92	0.10	0.2	4.3
湖沼水質	pH	89		7.56	9.44	4.57	0.10	-1.7	9.0
	COD	89	mg/l	4.03	20.41	0.31	0.87	1.9	7.7
	T-N	82	mg/l	0.72	6.46	0.03	1.41	3.7	18.3
	T-P	88	mg/l	0.07	0.71	0.003	1.72	3.4	15.2

(4) 山林面積率

土地利用特性の中で唯一、歪度、尖度とも小さく正規分布に近い。100%は宮城県の漆沢ダムと佐賀県の竜門ダム。

(5) 市街地面積率

最大値 38.6%は新潟県の鳥屋野潟である。

4.3 人口・し尿処理状況

2.3.(1)の厚生省集計ファイルを基に市町村→メッシュコード変換ファイルを介して、湖沼流域毎にし尿処理状況別の人口構成を算定したものである。

(1) 人口密度

流域人口を流域面積（4.1.(4)）で除したもの。平均356人/㎢で、やや最小値側にかたよっている。

(2) 計画収集率

し尿はし尿処理場に送り、雑排水は無処理で放流する人口の全流域人口に対する割合。4つの処理種別の中で平均値が最も高く（約60%）、歪度、尖度ともに小さく正規分布に近い。

(3) 自家処理率

し尿は農地還元、雑排水は無処理で放流。

(4) 下水道普及率

し尿、雑排水ともに下水処理場に送る。平均約6%で変動係数1.74と大きく、分布もやや最小値側にかたよっている。

(5) 浄化槽処理率

し尿は浄化槽で処理、雑排水は処理と無処理に分かれる。平均約20%で歪度、尖度ともにやや大きい。

4.4 商工業特性

2.3.(3)・(4)の通産省集計の工業統計、商業統計ファイルを基に4.3と同様の方法で、湖沼流域毎に全事業所数、年間総出荷額、全商店数、年間総販売額を算定し、いずれも流域面積（4.1.(4)）で除して指標化した。

(1) 事業所密度

平均1.4ヶ所/㎢だが、変動係数、歪度、尖度いずれもきわめて大きい。

(2) 製品出荷額

事業所密度と同様に変動係数、歪度、尖度いずれもきわめて大きい。

(3) 商店密度

平均約7.8ヶ所/㎢で事業所数の5倍以上

(4) 商品販売額

平均値、最大値、最小値、分布形いずれも製品出荷額と同様の値を示す。

4.5 農業特性

2.3.(2)の農業地域構造分析ファイルを基に人口等と同様に市町村→メッシュ→流域の変換ファイルを通して湖沼流域毎に、耕地面積、牛（乳用牛、肉用牛）頭数、豚頭数、鶏（採卵鶏、ブロイラー）羽数を算定し、いずれも流域面積（4.1.(4)）で除して指標化した。

(1) 耕地面積率

平均約20%で、やや最小値側にかたよっているが、比較的安定した分布を示している。

(2) 牛頭数密度

変動係数、歪度、尖度いずれも大きい。

(3) 豚頭数密度

牛頭数密度とはほぼ同様の分布をなしている。

(4) 鶏羽数密度

平均約 1000 羽 / ㎥だが、変動係数、歪度、尖度いずれもきわめて大きく、最小値側に相当かたよった分布をなしている。

4.6 気象特性

2.3(5)の気象庁 AMeDASデータファイル（昭和53年度～57年度）から2次メッシュコード変換で流域近傍にある観測地点のデータを湖沼の気象特性として集計した。対象90湖沼のうち流域内あるいは近傍に観測点が存在するのは54湖沼であった。

(1) 日平均降水量

平均 4.47mm / 日はほぼ正規分布をなす。最大値 7.06mm / 日は石川県の北潟湖、最小値 2.29mm / 日は北海道の網走湖である。

(2) 平均風速

降水量よりもやや変動が大きい。最大値 3.22 m / sec は静岡県 の 佐 鳴 湖。

(3) 平均気温

他の気象特性と同様に正規分布に近い。

(4) 平均日照時間

変動係数、歪度とも小さいが、尖度がやや大きく（4.3）、平均値付近にかなり集中して、変動がきわめて小さい。

4.7 湖沼水質

公共用水域水質ファイルから対象湖沼等に地点年均、5年度（昭和53年度～57年度）平均を行い、pH、COD、T-N、T-Pの4指標について整理した。

(1) pH

やや最大値側にかたよった分布であるが変動係数は0.10でばらつきは少ない。

(2) COD

やや最小値側にかたよった分布である。最大値の20ppmは千葉県の手賀沼である。

(3) T-N

歪度、尖度がりとともに大きく、最小値側にかたよっている。

(4) T-P

T-Nとはほぼ同様の分布を示している。最大値はCOD、T-Nとともに千葉県の手賀沼である。

5. 湖沼特性の整理

5.1 同一項目による原データの相互比較

湖沼水質の変動に関わる要因として、いくつかの湖沼特性を抽出し、その全国的にみた統計特性を概観した。湖沼特性の抽出方法としては、①原データの段階で既に湖沼毎に集計、整理されているもの（2.1の環境庁ファイル）、②市町村あるいはメッシュ単位で整理された原データを地形的な情報を通して湖沼毎に再集計したもの。（2.3の各省庁ファイルに2.2の国土数値情報をかけあわせたもの）、の2種類に分かれているが、双方で同一項目を含む場合もあるため、原データの相互比較を行うことができる。

(1) 土地利用特性

図3は湖沼流域内の山林の面積をメッシュ単位の集計と環境庁ファイル（元は都道府県による調査）とで比較したものである。図中の番号は対象90湖沼の通し番号（図1参照）である。図中では77番（中海）、31番（田子倉ダム）、23番（田沢湖）などに、差がみられるが、いずれもメッシュデータでは湖の上流側の流域（導水域を含む）をすべて考慮しているのに対し、環境庁ファイルでは上流側に別な湖あるいは導水域がある場合でもその湖を独立して扱っているためである。例えば、中海の場合は上流側の穴道湖を独立して扱うかどうかの差となっている。

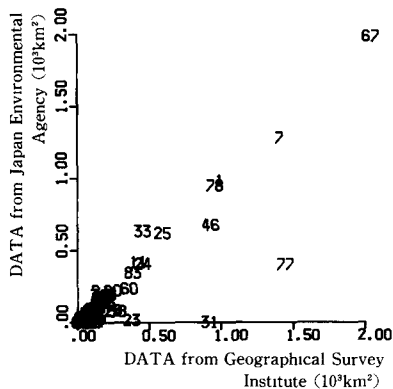


Fig. 3 Comparison between different data files
(as for area of forest in lake basin)

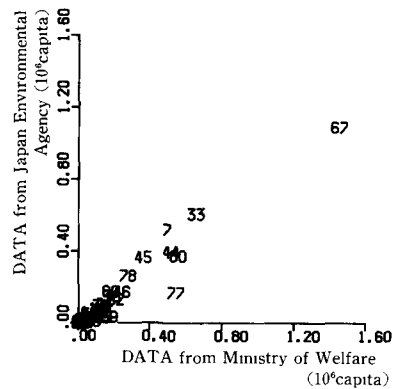


Fig. 4 Comparison between different data files
(as for population in lake basin)

(2) 流域人口

図4は湖流域内の人口を同じくメッシュ単位の集計と環境庁ファイルとで比較したものである。(1)と同様、77番(中海)は上流側の宍道湖の有無の差であり、全体として極端な差はでない。

この他の土地利用特性ならびにフレーム値の相互比較についても同様の結果が得られた。メッシュ単位の集計の場合は、原データの面的な精度がどうしても1km以下になることと、市町村データの面積割からくる誤差のため、流域面積の小さな湖沼では、ある程度の実態とのずれを避けることはできない。しかし、全国の中小の湖を含めてすべて同一レベルでの詳細なデータを得ることは不可能であり、全体のデータの精度をそろえる意味でも、ある程度の誤差を覚悟のうえで、メッシュ単位で集計したデータを活用することは意味があるといえる。

5.2 特性全体の中での独立性の検討

これまで算定した湖沼特性としては、湖沼の物理的諸元6、土地利用特性5、人口・し尿処理状況5、商工業特性4、産業特性4、気象特性4の合計28の指標がある。これらの湖沼特性指標群について、それぞれ別個には全国レベルでの統計的特性や原データファイルでの相互比較を行ってきたが、ここでは指標相互の関係について考察し、変動の独立性という観点で指標の絞りこみを行う。

図5に、湖沼特性指標の相互の単相関係数を示す。市街地面積率や人口密度は商工業特性と強い正の相関をもち、山林面積率とは負の相関をもつ。さらには、商工業特性や農業特性ではそれぞれの指標相互で強い相関をもつ、などというごくあたりまえの結果が得られるが、全体、あるいは各種要因毎の代表化の必要性が理解できる。

表5は湖沼特性指標の中で、ある指標の他のすべての指標に対する決定係数(%)を示している。具体的にはある指標を目的変数、他のすべての指標を説明変数として重回帰分析を行った場合に得られる重相関係数の2乗である。他の指標に関する情報があれば、その指標の変動のどの位の割合が説明されるかを示す値で、この値が低いほど全体の中での独立性が高いといえる。全体で28の指標があるが、し尿処理状況特性の4指標(計画収集率、自家処理率、下水道普及率、浄化槽処理率)は4指標の値の合計が常に100%になるという制約条件をもっているため、計画収集率を除いた27指標で第1段階の決定係数を求めた。この中で最も決定係数が高く(99%)、全体の中での独立性が最も低い商店密度を除く26指標で第2段階の決定係数を求めた。以後、その段階での決定係数が最も高い指標をひとつずつ除きながら、全体の中での独立性の高い指標を絞りこんでいく過程を示してある。これを見るとまず、湖面積は第1段階では決定係数95%と独立性は低かったが、他の湖内の物理的諸元を表す指標が姿を消した後は他の指標では説明のできない独自の変動を示

	湖 面 積	平均水深	湖 容 積	流域面積	導水域率	滯留時間	水田面積率	畑地面積率	果樹園面積率
湖面積	1.0000								
平均水深	0.1264	1.0000							
湖容積	0.8029	0.5741	1.0000						
流域面積	0.3008	-0.0582	0.1857	1.0000					
導水域率	-0.0849	0.2169	-0.0094	0.3105	1.0000				
滯留時間	0.1397	0.9102	0.5442	-0.0428	0.2180	1.0000			
水田面積率	0.0659	-0.2552	-0.0402	0.3221	-0.0618	-0.1609	1.0000		
畑地面積率	0.0772	-0.1865	-0.0807	0.1510	-0.1191	-0.0890	0.2707	1.0000	
果樹園面積率	0.0720	-0.1416	-0.0578	0.2145	-0.0942	-0.0971	0.2347	0.4551	1.0000
山林面積率	-0.0388	0.2273	0.0753	-0.3218	-0.0780	0.1507	-0.6255	-0.4301	-0.2695
市街地面積率	0.0622	-0.2082	-0.0139	0.5271	0.1313	-0.1225	0.4057	0.3856	0.1216
人口密度	-0.0459	-0.1847	-0.0743	-0.0929	-0.1553	-0.1389	0.3708	0.3279	0.0978
計畫收集率	-0.0101	0.1825	-0.0162	0.0440	0.3023	0.2522	-0.1538	-0.0407	-0.1269
自家処理率	0.0516	-0.2021	-0.0639	0.0567	-0.1337	-0.2490	-0.0590	-0.0800	0.2043
下水道普及率	0.0543	0.1339	0.2375	0.0254	-0.0042	0.0722	0.0601	0.1461	-0.0376
浄化槽処理率	-0.0752	-0.1213	-0.0954	-0.1217	-0.2215	-0.1131	0.1927	0.0294	-0.0208
事業所密度	-0.0472	-0.1571	-0.0665	-0.0964	-0.1129	-0.1177	0.4480	0.1339	0.0813
製品出荷額	-0.0267	-0.1384	-0.0419	-0.0723	-0.1172	-0.1046	0.3744	0.1479	0.1384
商店密度	-0.0588	-0.1754	-0.0854	-0.1027	-0.1433	-0.1300	0.4134	0.2712	0.1116
商品販売額	-0.0571	-0.1586	-0.0764	-0.0833	-0.1301	-0.1196	0.2753	0.2010	0.0574
耕地面積率	0.0271	-0.1565	-0.0549	-0.0039	-0.1882	-0.0814	0.4887	0.4001	0.3335
牛頭数密度	-0.0710	-0.0050	-0.0678	-0.1569	-0.1157	-0.0037	-0.0654	0.1073	0.0414
豚頭数密度	-0.0548	-0.0250	-0.0831	-0.1138	-0.0552	0.0099	0.1458	0.4372	0.3744
鶏羽数密度	-0.0714	0.0619	-0.0372	-0.1591	-0.0061	0.0642	0.0488	-0.0292	-0.0186
日平均降水量	-0.1093	0.1622	0.0070	-0.2271	0.0071	0.1378	0.2617	-0.4692	-0.1746
平均風速	0.0269	-0.1446	-0.1127	0.0395	-0.1745	-0.1263	0.2584	0.1676	0.3149
平均気温	0.0638	-0.2884	-0.0900	0.0332	-0.2517	-0.2569	0.4094	0.2282	0.3244
平均日照時間	0.0623	-0.3052	-0.1090	0.0349	-0.1617	-0.2769	0.0731	0.6053	0.3166

	山林面積率	市街地面積率	人口密度	計畫收集率	自家処理率	下水道普及率	浄化槽処理率	事業所密度	製品出荷額
山林面積率	1.0000								
市街地面積率	-0.5236	1.0000							
人口密度	-0.3756	0.6745	1.0000						
計畫收集率	0.1950	-0.3715	-0.3298	1.0000					
自家処理率	0.0692	-0.2364	-0.2193	-0.2871	1.0000				
下水道普及率	-0.0085	0.1789	0.3198	-0.3770	-0.3443	1.0000			
浄化槽処理率	-0.2823	0.5326	0.3488	-0.6111	-0.3413	0.0237	1.0000		
事業所密度	-0.3716	0.5297	0.8869	0.1788	-0.1924	0.1983	0.2383	1.0000	
製品出荷額	-0.3677	0.5164	0.8542	-0.1981	-0.1930	0.2024	0.2583	0.8965	1.0000
商店密度	0.3667	0.6263	0.9650	-0.2928	-0.2234	0.3168	0.3121	0.9428	0.8557
商品販売額	-0.2276	0.4287	0.8848	-0.2594	-0.2024	0.3751	0.2120	0.8758	0.7849
耕地面積率	-0.2292	0.1778	0.5803	-0.0608	0.0401	0.0624	-0.0118	0.4824	0.5019
牛頭数密度	0.1752	-0.1052	0.1766	-0.0361	0.1568	-0.0795	-0.0448	0.1307	0.0660
豚頭数密度	-0.1089	0.1191	0.2856	-0.0376	0.0692	-0.0498	0.0159	0.2395	0.1870
鶏羽数密度	0.0944	-0.0522	0.3607	-0.0031	0.0047	0.0140	-0.0111	0.4156	0.2643
日平均降水量	-0.0239	-0.0848	0.0280	-0.2730	0.0473	0.0659	0.2552	0.1824	0.0637
平均風速	-0.0545	0.0561	0.3237	-0.0998	0.0411	0.1007	0.0069	0.3919	0.3365
平均気温	-0.1992	0.3525	0.4931	-0.5777	0.1677	0.1811	0.4409	0.3848	0.4093
平均日照時間	-0.0577	0.4246	0.5941	-0.0214	-0.2478	0.1212	0.1756	0.5483	0.5704

	商店密度	商品販売額	耕地面積率	牛頭数密度	豚頭数密度	鶏羽数密度	日平均降水量	平均風速	平均気温	平均日照時間
商店密度	1.0000									
商品販売額	0.9464	1.0000								
耕地面積率	0.5648	0.4887	1.0000							
牛頭数密度	0.1735	0.0646	0.5762	1.0000						
豚頭数密度	0.2972	0.1621	0.6195	0.7634	1.0000					
鶏羽数密度	0.3938	0.2774	0.5340	0.6853	0.5167	1.0000				
日平均降水量	0.1097	0.1146	-0.1550	-0.0737	0.0677	0.3512	1.0000			
平均風速	0.4020	0.4155	0.4453	0.1427	0.2566	0.3043	0.1158	1.0000		
平均気温	0.4781	0.3992	0.4582	0.2398	0.4810	0.4156	0.3546	0.2704	1.0000	
平均日照時間	0.5942	0.5571	0.4780	0.2837	0.4105	0.4114	-0.2169	0.4341	0.3484	1.0000

Fig. 5 Correlation matrix for lake characteristics indices

Table 5. Square multiple correlation of lake characteristics indices (%)

湖 沼 特 性	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚	㉛	㉜	㉝	㉞	㉟	㊱	㊲	㊳	㊴	㊵	㊶	㊷	㊸	㊹	㊺	㊻	㊼	㊽	㊾
湖面積	95	95	72	72	71	71	70	70	67	67	13	13	12	12	12	11	10	7	4	4	3	3	2	1	0	㉓
平均水深	93	93	92																							
湖容積	96	96																								
流域面積	77	77	74	73	73	72	72	72	71	70																
導水效率	46	45	44	42	42	42	41	41	39	36	36	36	36	32	32	32	30	16	16	14	13					
滯留時間	92	91	91	62	62	61	61	61	47	44	43	41	41	36	36	36	36									
水田面積率	87	83	83	83	60	60	60	50	47	45	45	44	43	43	43	39										
畑地面積率	92	82	79	79	78	77	76	75	67	67	67	66														
果樹園面積率	72	69	68	67	63	63	62	62	57	56	49	48	46	44	29	27	27	26	20							
山林面積率	53	53	53	53	53	53	53	52	48	45	45	44	39	39	39	38	21	16	15	12	3	3	0	0	0	0
市街地面積率	74	74	73	71	70	62	62	61	58	57	57	57	55	40	38	22	22	20	19	18						
人口密度	97	87	87	87	87																					
計畫收集率																										
自家処理率	80	77	75	72	72	71	71	65	53	47	46	45	45	37	37	36	34	32								
下水道普及率	83	81	69	58	57	57	44	42	40	37	37	37	36	36	35	32	32	24	14	13	8	4	3			
浄化槽処理率	81	74	74	72	71	70	70	70	67	63	62	61	61													
事業所密度	86	82	81	81	79	74	70	70	69	68	68															
製品出荷額	85	84	84	83	81	80	74	74	72	68	67	48	48	47	47											
商店密度	99																									
商品販売額	96	87	87	85	85	85																				
耕地面積率	95	89	89	89																						
牛頭數密度	81	77	77	77	68	68	65	57	48	46	46	45	45	44	18	18	18	17	11	11	11	5				
豚頭數密度	82	78	78	77	76	75	75	68	67	63	61	61	52	48												
鶏羽數密度	84	81	81	81	81	79	77																			
日平均降水量	81	80	80	80	76	74	73	71	69	65	65	63	49	30	28	26	18	12	10	5	4	4	3	3		
平均風速	53	53	43	42	40	40	38	30	27	27	27	27	25	22	21	21	19	17	17	7	7	4	3	2	0	
平均気温	81	80	78	77	76	76	76	74	74																	
平均日照時間	82	78	78	77	77	77	76	76																		

The first column (27~③) means the number of indices.

すものとして残っている。他にも山林面積率は土地利用特性を代表して残り、下水道普及率と牛頭数密度は発生源に関わる特性を代表して残り、そして気象特性の中では降水量と風速が残っている。以上挙げたいいくつかの湖沼特性指標は、特性全体の中での独自の変動がみられるということで抽出されたものである。

5.3 各種要因別の独立性の検討

湖沼特性として算定された28の指標の相互の相関や特性全体における独立性を検討してきたが、ここでは水質の変動を説明する要因として、発生、流出、湖内変化という3つの現象を考えて28の指標を6つのグループ（湖沼の物理的諸元、土地利用特性、人口・し尿処理状況、商工業特性、農業特性、気象特性）に分類して、各グループ内での独立性を検討する。商工業特性と農業特性は産業特性として同一グループとして解析した。表6 a～eに各グループ内での決定係数（同一グループ内の他の指標に対する重相関係数の2乗）の変化（段階的に独立性の高い指標を絞りこんでいく方法はTable 6a Square multiple correlation of indices for physical characteristics (%)前節と同じ）を示す。

(1) 湖沼の物理的諸元 (表 6 a)

はじめの6指標の中での決定係数をみると、流域面積や導水域率が独自の変動をもつことを示しているが、段階的に絞りこんだ結果は特性全体の場合と同様に、湖面積が残っている。

(2) 土地利用特性 (表 6 b)

特性全体の場合と異なって、山林面積率の独立性が低く、果樹園面積率が残っている。

(3) 人口・し尿処理状況特性(表6c)

Table 6a Square multiple correlation of indices for physical characteristics (%)

湖沼の物理的諸元	⑥	⑤	④	③
湖 面 積	82	17	16	3
平 均 水 深	87	83	11	7
湖 容 積	87			
流域面積	24	24	24	
導水域率	22	21	20	6
滯留時間	83	83		

Table 6b. Square multiple correlation of indices for land utilization (%)

土地利用特性	⑤	④	③
水田面積率	41	20	20
畑地面積率	35	32	
果樹園面積率	23	23	6
山林面積率	52		
市街地面積率	33	26	17

特性全体の場合と同様に下水道普及率が残っている。

(4) 産業特性（表 6 d）

はじめの 8 指標の中では、決定係数の高い（92%）商品販売額が最終的には残っているが、産業特性の中での独立性は製品出荷額と同等である。この特性の中では全体の場合と同様に家畜関連の指標の独立性が目立つ。

(5) 気象特性（表 6 e）

いずれの指標も決定係数30%前後で、相互に独立性が高い。

Table 6d. Square multiple correlation of indices for industrial, commercial, agricultural activities (%)

産業特性	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③
事業所密度	94	92				
製品出荷額	85	85	65	64		
商店密度	96					
商品販売額	92	81	64	63	28	8
耕地面積率	64	64	60	58	57	
牛頭数密度	74	74	74			
豚頭数密度	68	65	64	46	46	27
鶏羽数密度	65	64	53	35	35	31

Table 6c. Square multiple correlation of indices for living activities (%)

人口・し尿処理状況	④	③
人口密度	22	22
計画収集率		
自家処理率	23	
下水道普及率	21	11
浄化槽処理率	23	13

Table 6e. Square multiple correlation of indices for weather conditions (%)

気象特性	④	③
日平均降水量	29	13
平均風速	24	7
平均気温	32	18
平均日照時間	38	

6. 湖沼特性と水質の関係

これまで湖沼毎に整理された各種のデータ群から水質の変動を説明する要因として、いくつかの湖沼特性指標を算定し、さらに特性相互の関係を検討した上で、指標としての代表化や総合化をはかってきた。すなわち、全国的にみた統計的特性からその湖沼特有の状況を評価するには何が重要かを探ってきたわけである。

しかし、最終的に水質の変動を説明するという意味で湖沼特性を評価するためには、直接水質データとの関係をみていかねばならない。そこでここでは、これまでの解析で用いてきた28の湖沼特性と水質データの単相関からひとつひとつの湖沼特性をさらに吟味することと、水質を目的変数とした重回帰分析で変数選択を行うことによって、水質予測に直接有効となる要因を明らかにする。水質指標としてはCOD、T-N、T-Pをとり、対象湖沼数はデータ整備状況の関係でCODについて51湖沼、T-Nについて46湖沼、T-Pについて51湖沼である。

6.1 湖沼特性と水質の単相関

表 7 に湖沼特性指標と水質の単相関係数を示す。3つの水質指標に共通して相関の高いものとしては、山林面積率、市街地面積率、人口密度、そして商工業特性である。市街地面積率、人口密度、商工業特性は互いに強い相関をもっており、山林面積率もこれらの流域開発動向を表す指標と負の相関が強いことから、総じて流域の社会活動の動向や開発の程度といった尺度が湖沼の平均的な水質に最も関係が深いことがわかる。図 6 a～c に山林面積率と各水質の関係を、また、図 7 a～c には人口密度と各水質の関係を示す。極端に高い水質値をもつ45番は千葉県の手賀沼である。

Table 7. Correlation coefficient between lake characteristics and water quality

	項 目	COD	T-N	T-P
湖沼の物理的諸元	湖面積	-0.04	-0.05	-0.06
	平均水深	-0.36	-0.24	-0.22
	湖容積	-0.17	-0.12	-0.11
	流域面積	0.25	0.38	0.44
	導水域率	-0.10	0.03	0.04
	滞留時間	-0.26	-0.17	-0.15
土地利用特性	水田面積率	0.57	0.51	0.43
	畑地面積率	0.62	0.48	0.40
	果樹園面積率	0.32	0.21	0.16
	山林面積率	-0.58	-0.58	-0.51
	市街地面積率	0.67	0.75	0.73
人口・し尿処理状況	人口密度	0.72	0.83	0.71
	計画収集率	-0.25	-0.24	-0.11
	自家処理率	-0.07	-0.09	-0.19
	下水道普及率	0.21	0.07	0.14
	浄化槽処理率	0.20	0.30	0.20
商工業特性	事業所密度	0.55	0.70	0.56
	製品出荷額	0.58	0.69	0.63
	商店密度	0.63	0.74	0.61
	商品販売額	0.53	0.53	0.50
農業特性	耕地面積率	0.46	0.37	0.29
	牛頭数密度	0.01	-0.04	-0.06
	豚頭数密度	0.23	0.09	0.09
	鶏羽数密度	0.08	-0.03	0.04
気象特性	日平均降水量	-0.16	-0.25	-0.20
	平均風速	0.31	0.09	0.26
	平均気温	0.53	0.42	0.30
	平均日照時間	0.60	0.44	0.52

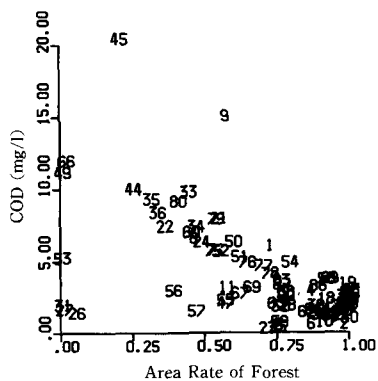


Fig. 6a Relationship between COD and Area Rate of Forest

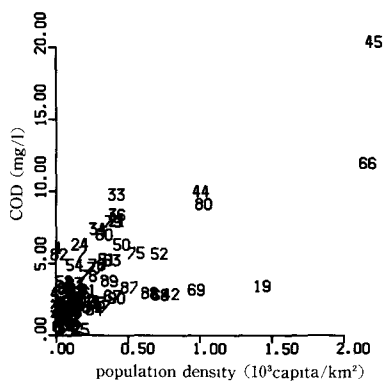


Fig. 7a Relationship between COD and population density

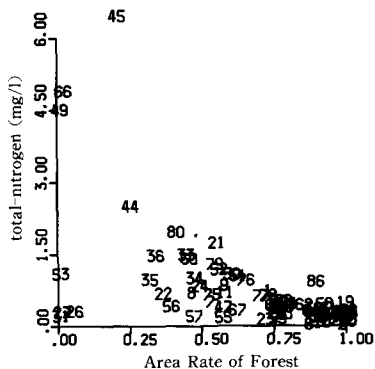


Fig. 6b Relationship between Total-Nitrogen and Area Rate of Forest

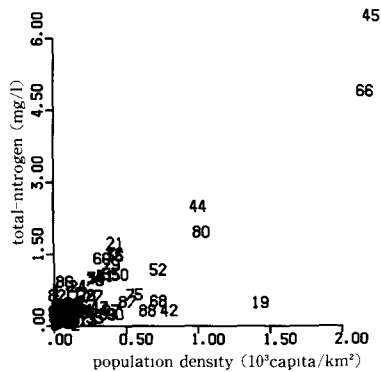


Fig. 7b Relationship between Total-Nitrogen and population density

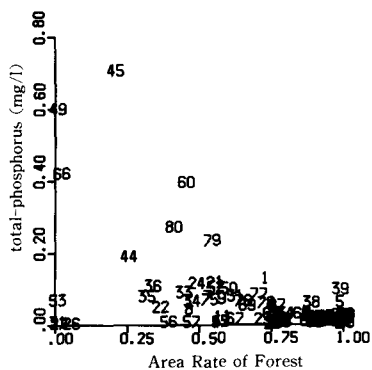


Fig. 6c Relationship between Total-Phosphorus and Area Rate of Forest

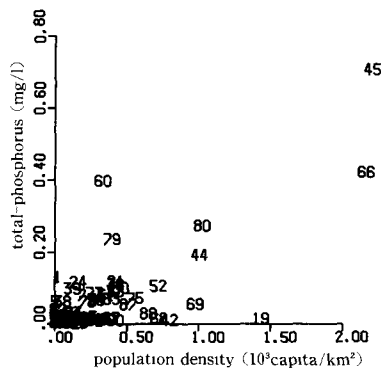


Fig. 7c Relationship between Total-Phosphorus and population density

他に目立つ指標としては COD と平均気温、平均日照時間が正の相関を示し、湖内の内部生産による水質変化を説明する因子として影響していることが推定される。図 8 に平均気温と COD，図 9 に日照時間と COD の関係を示す。

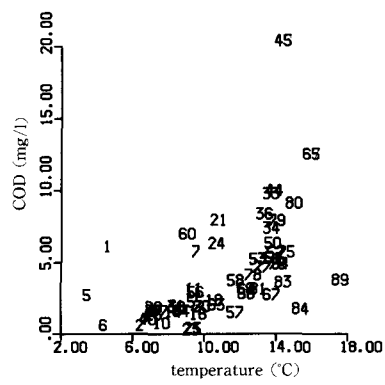


Fig. 8 Relationship between COD and Temperature

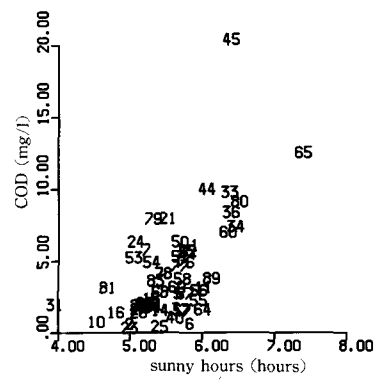


Fig. 9 Relationship between COD and sunny hours

6.2 重回帰分析における変数選択

最後に水質濃度（全湖，5 年度平均）を目的変数とし，28の湖沼特性指標を説明変数候補とした重回帰分析で変数選択を行った。変数選択の基準は F 値（ t^2 ，ただし t は各変数の偏回帰係数をその標準誤差で除したもの）として， $F_{in} = F_{out} = 2.0$ に設定して計算をおこなった。表 8 はその結果選ばれた特性について，それぞれ目的変数である水質濃度に対する標準偏回帰係数が示されている。したがって，各々の欄中の数値は水質の変動を説明する重要度の尺度として評価できる。

COD，T-N，T-P のいずれの水質についても選択されている特性としては水田面積率，人口密度，浄化槽処理率，鶏羽数密度である。この 4 つの特性指標は相互にあまり相関を持たないため，独立して有効に水質の変動に関与しているものと考えられる。中でも人口密度は標準偏回帰係数の値がきわめて高く，これだけで水質の変動のかなりの部分が説明できることがわかる。

さらに要因をしぼって，有効な特性指標を抽出するために，上記の計算結果抽出された特性指標だけを説明変数候補として， $F_{in} = F_{out} = 4.0$ という高い選択基準で重回帰分析を行った。この結果残った特性についての標準偏回帰係数を表 9 に示す。

人口密度はいずれの水質についてもやはり有効な因子として残っており，水田面積率，浄化槽処理率，商品販売額，鶏羽数密度などについても 2 つの水質について残っている。商業特性については，回帰係数の正負に解釈に問題があるものの，その絶対値の大きさから要因としての有効性が認められる。

Table 8. Standard regression coefficient in multiple regression model for prediction of lake water quality (CASE I)

	項 目	COD	T-N	T-P
湖沼の物理的諸元	湖面積	-0.27	-0.11	
	平均水深	-0.11		
	湖容積			
	流域面積	0.24		
	導水域率			-0.20
	滞留時間			
土地利用特性	水田面積率	0.30	0.11	0.40
	畑地面積率		0.08	
	果樹園面積率			
	山林面積率		-0.06	-0.15
	市街地面積率			
人口・し尿処理状況	人口密度	1.30	1.40	1.07
	計画収集率			0.33
	自家処理率			
	下水道普及率		-0.10	
	浄化槽処理率	-0.13	-0.20	-0.26
商業特性	事業所密度		0.17	
	製品出荷額			
	商店密度	-0.95	-0.60	
	商品販売額	0.32	0.53	
農業特性	耕地面積率			-0.62
	牛頭数密度		0.10	0.25
	豚頭数密度	0.33		0.31
	鶏羽数密度	-0.16	-0.12	-0.41
気象特性	日平均降水量			
	平均風速			0.12
	平均気温			
	平均日照時間	0.15		

7. まとめ

詳細な調査のなされていない、中小の湖を含む日本全国の湖沼を対象として、湖沼特性を表す可能性のある原データを収集し、いくつかの湖沼特性指標を算定し、それ自体の変動の独立性と、水質の変動に対する説明力という2点で各指標を評価してきた。湖沼まわりの水質汚濁現象として、発生、流達、湖内変化という3つの現象を考慮して、湖沼特性を湖内の物理的諸元、土地利用特性、人口・し尿処理状況特性、商工業特性、農業特性、気象特性の6つのグループに分けて、全部で28の指標を算定した。独立性の検討では、特性全体の中での決定係数による指標の絞りこみと、各種要因(グループ)毎の決定係数による絞りこみを行った。また、水質の変動に対する説明力の検討では、単相関係数の値と、段階的重回帰分析による変数選択の結果から、有効な指標を絞りこんだ。

このような各種の絞りこみの結果の総括を表10に示す。各欄に○のついてある湖沼特性指標が上段に書いてある絞りこみをクリアしたものであり、段階的重回帰分析の欄で◎がついてあるのは、1次選択された指標の中で、さらに高い選択基準(Fin = Fout = 4.0)で2次選択された指標である。

果樹園面積率や日平均降水量は、比較的其他の指標では説明できない独自の変動をもちながら、水質の変動に対する説明力という点で

Table 9. Standard regression coefficient in multiple regression model for prediction of lake water quality!(CASE II)

項目	COD	T-N	T-P
湖沼の物理的諸元	湖面積		
	平均水深	-0.21	
	湖容積		
	流域面積		
	導水域率		-0.18
土地利用特性	滞留時間		
	水田面積率	0.22	0.10
	畑地面積率		0.15
	果樹園面積率		
	山林面積率		
人口・し尿処理状況	市街地面積率		
	人口密度	1.44	1.31
	計画収集率		0.35
	自家処理率		
	下水道普及率		-0.14
商工業特性	浄化槽処理率	-0.18	-0.12
	事業所密度		
	製品出荷額		
	商店密度	-1.19	
	商品販売額	0.53	-0.50
農業特性	耕地面積率		
	牛頭数密度		
	豚頭数密度	0.30	
	鶏羽数密度		-0.25
	鶏羽数密度		-0.19
気象特性	日平均降水量		
	平均風速		
	平均気温		
	平均日照時間		
	平均日照時間		

Table 10. Summary Table for selection of lake characteristics indices

湖沼特性指標	特性全体の中で 独自の変動をもつ	各種要因別に 独自の変動をもつ	水質との単相関が高い			水質予測重回帰モデルにおいて有効な因子となる		
			COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
湖面積	○	○				○	○	
平均水深						◎		
湖容積								
流域面積						○		
導水域率								◎
滞留時間								
水田面積率			○	○		◎	◎	○
畑地面積率			○				◎	
果樹園面積率		○						
山林面積率	○		○	○	○		○	○
市街地面積率			○	○	○			
人口密度			○	○	○	◎	◎	◎
計画収集率								◎
自家処理率								
下水道普及率	○	○					◎	
浄化槽処理率						◎	◎	○
事業所密度			○	○	○		○	
製品出荷額			○	○	○			
商店密度			○	○	○	◎	○	
商品販売額		○	○	○	○	◎	◎	
耕地面積率								○
牛頭数密度							○	
豚頭数密度						◎		○
鶏羽数密度						○	◎	◎
日平均降水量	○							
平均風速	○	○						○
平均気温			○					
平均日照時間			○		○	○		

は見劣りがしている。これに対して、水田面積率、人口密度、浄化槽処理率、商店密度、平均日照時間等の特性指標は、それ自体の変動は他のいくつかの指標と関連しながらも、水質の変動を説明することにおいては有効な因子となりえている。また、湖面積、山林面積率、商品販売額の3指標は比較的独立した変動をもち、なおかつ、水質の変動を説明する有効な因子となりえている。

そこで、水質の変動とは無関係に、独立性のみで絞られた、いくつかの湖沼特性指標を説明変数とした、水質予測重回帰分析の結果を、水質データとの単相関で絞られた

Table 11. Coefficient of multiple correlation

指標の特徴	指標数	重相関係数		
		COD	T-N	T-P
特性全体の中で独自の変動をもつ	5	0.58	0.54	0.50
各種要因別に独自の変動をもつ	5	0.72	0.69	0.64
水質との単相関が高い	8~11	0.90	0.92	0.83
段階的重回帰分析により選択された	10~12	0.95	0.98	0.92
第2次段階的重回帰分析により選択された	4~7	0.92	0.96	0.85

指標による重回帰モデルや、段階的重回帰分析の結果と比較した。表11は説明変数のとりかたによる各重回帰モデルにおける重相関係数の変化を示す。これをみると、特性全体の中で独自の変動を示す指標だけでは、水質の変動に対する説明力が不足しており、湖沼特性をあらかじめ、各種の要因に分類し、要因毎に独自の変動をもつ指標で代表させた場合の方が説明力が向上することがわかる。さらに、水質データを目的変数とする重回帰モデルを基本として、有効な説明因子を選択すると、平均的な水質の変動の8割～9割まで説明できる。

以上、流域を含む湖沼の特性を表現する、各種の指標について、その変動特性と、水質データとの関連について論じてきたが、最後に総合的な結論をまとめておく。

- (1) 湖環境、さらには流域を含む外的環境に関する詳細な調査がなされていない湖についても、各省庁の集計しているデータベースを活用することによって、全国レベルでの湖沼特性や水質予測手法の比較検討が可能なデータを整備することができた。
- (2) 行政区画、流域区画、メッシュデータ等の様々な集計単位で整理されたデータを湖沼流域単位で再整理する場合は面積割等の大胆な仮定を必要とするが、5.1の、同一項目による、集計単位の異なるデータの相互比較の結果、原データの精度が統一されている限り、全国レベルの統計解析に関しては、さほど問題がないことがわかった。
- (3) 湖内あるいは流域の特性を表現する指標群の中では、他の指標では説明のできない独自の変動をもつものがいくつかあった。それらの独立性の高い指標は、統計的には必ずしも水質予測に対する寄与度が高いわけではないが、多様性に富む全国の湖沼を評価し、類型化するにあたっては、必要不可欠なものとなる。とくに、湖沼特性をいくつかの要因に分けた場合の、各種要因毎の独立性の高い指標は水質予測に対する寄与度も含めて、総合的に重要視すべき指標であることがわかった。

なお、本研究に利用した各種のデータの提供に関しては、環境庁はじめ関係各省庁の方々のなみなみならぬ御厚意を得た。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

(1) 日本水質汚濁協会編：湖沼環境評価指針，公害対策技術同友会，1978。
(2) D. W. Schindler：Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the worlds freshwaters，Limnol. Oceanogr., 23(3)1978。
(3) 海老瀬潜一，勝部利之：多変量解析法による貯水池水質の評価，土木学会論文報告集，No 269，1978。
(4) 奥野忠一他：多変量解析法，日科技連出版社，1971。