

Ⅱ 研究 報 告

〔山梨衛公研年報 第25号 27~29頁, 1981〕

富栄養化状態指標 (TSI) による富士五湖水質の評価

笠井 和 平 堤 充 紀 田中正二郎
 笹本 順 長 田 照 子

陸水学の分野では、湖沼の富栄養化状態を評価するためのパラメータとして透明度、pH、溶存酸素、りん、窒素、クロロフィル、プランクトンなどを主として用い貧栄養湖、中栄養湖、富栄養湖の3型に分類しているのが最も一般的である¹⁾。

一方、水質汚濁防止法では、COD、pH、SS、溶存酸素、大腸菌群数により、AA、A、B およびCの4類型に指定して水質保全の目標としている。

しかし、栄養化の分類は本来連続的であって、それぞれの区分間に明確な境界線を引くことは難しい。

たとえば、表2に示されるとおり本栖湖は貧栄養湖、精進湖は富栄養湖に分類できるが、河口・山中・西の3湖は、パラメータが窒素では富栄養湖、りんでは貧栄養湖に分類される。表面的には両方の特性を持っているから中栄養湖に分類することもできるが、本質的な分類法とはいえない。河口・山中・西の3湖を中栄養湖に分類したとしても、河口湖と西湖の栄養度にはかなりの隔た

りがある。

富栄養化度は連続的なものであるから、複数のパラメータを同じ土台に乗せて、複数パラメータを総合した精度の高い評価と、単一パラメータの簡便さを兼ねそなえた指標が得られれば理想的な富栄養化の指標となる。

Carlson²⁾ は透明度、クロロフィルa、全りんが相互に高い相関のあることから次式による富栄養化状態指標 (TSI : Trophic State Index) を提案した。

$$\text{透明度 TSI}(Tr) = 10 \cdot \left(6 - \frac{\ln Tr}{\ln 2} \right)$$

$$\text{クロロフィル a TSI}(Chl) = 10 \cdot \left(6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln Chl a}{\ln 2} \right)$$

$$\text{全りん TSI}(TP) = 10 \cdot \left(6 - \frac{\ln 48}{\ln 2} \right)$$

なお、相崎ら³⁾ は同様にして

$$\text{浮遊物質 TSI}(SS) = 10 \cdot \left(6 - \frac{1.44 - 0.63 \ln S S}{\ln 2} \right)$$

表1 調和型湖沼の標式¹⁾

	貧 栄 養 湖	富 栄 養 湖
透 明 度	大きい (5m以上)	小さい (5m以下)
水 色	藍色または緑色	緑ないし黄色。 水の華のため、ときに著しく着色する。
pH	中性付近	中性~弱アルカリ性。 夏季に表層が強アルカリ性になることがある。
浮遊物質 (SS)	少 量	プランクトンおよびその残滓によるものが多量。
溶存酸素 (DO)	全層を通じて飽和に近い。 やや富栄養化したものは底成層を形成する。	表水層は飽和または過飽和、変水層は時として著しく過飽和になる。 深水層又は変水層は常に著しく減少する。 消耗は主にプランクトンの遺骸の酸化に基づく。
栄養塩類 (mg/l)	少 量 全窒素 (N) 0.15 以下 全リン (P) 0.02 以下	多 量 全窒素 (N) 0.15 以上 全リン (P) 0.02 以上
植物プランクトン	貧弱。 主に珪藻よりなる。	豊富。 夏には藍藻の水の華をつくる。この外珪藻、虫藻も多い。

化学的酸素要求量

$$TSI(COD) = 10 \cdot \left(6 - \frac{1.21 - 0.76 \ln COD}{\ln 2} \right)$$

その他を示した。

富士五湖においても、Tr, Chl a, T-P, SS, CODなどは相互に高い相関が認められている⁴⁾ことから、上記関係式を用いて富士五湖の水質評価を行ってみた。

調査方法

湖の形態、汚濁負荷源等自然、人為的背景を考慮して1湖につき8~16の定点を選定し、1980年および1981年の5月または6月、7月、8月、11月の年4回現地測定および水深0.3m以内の表層水を採取し、実験室へ持ち帰り分析を行った。ただしNおよびP分析用の試料水は採取後現地でドライアイスで凍結して持ち帰り、分析に

表2 昭和55年度富士五湖水質調査結果
(50地点・表面水5・7・8・11月平均)

湖名	精進湖	河口湖	山中湖	西湖	本栖湖
透明度 (m)	E	E	E	O	O
全りん μg/l	E	O	O	O	O
全窒素 mg/l	E	E	E	E	O
NP比	15	19	18	29	124
クロロフィルa μg/l	E	E			O

E=eutrophic lake O=oligotrophic lake

供するまで -20°C で凍結保存し、分析直前に室温で解冻して分析に供した。測定・分析方法は

- 透明度 (Tr) セキキ板法¹⁾
- 浮遊物質 (SS) JIS K 0102-1981 14.1⁵⁾
- 化学的酸素要求量 (COD) JIS K 0102-1981 17.0⁵⁾
- 大腸菌群 MPN法⁶⁾
- クロロフィルa (Chl a) アセトン抽出3波長吸光度法⁷⁾
- 全りん (T-P) 過硫酸カリウム分解・アスコルビン酸・モリブデンブルー法⁸⁾

結果および考察

山中湖の各測点におけるCOD, SS, Chl a, T-PおよびTrの4回の平均値を用いてCarlsonのTSI値を求め表3および図1に示した。

TSI (COD) は1980年、1981年両年とも52で変りはないが、TSI (SS), TSI (Chl a), TSI (TP) はいずれも1981年より1980年のほうが有意 ($\alpha=0.01$) に高い。即ち、1981年の水質は1980年より明らかに良い状態であるといえよう。

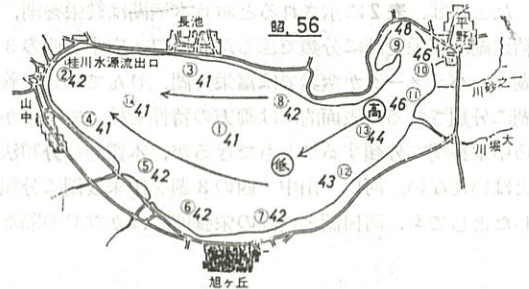


図1 山中湖のTSIの分布

表3 山中湖のTSI値

年	St. No	項目														Mean
		1	13	14	2	3	4	5	6	7	8	12	9	10	11	
昭和五十六年	COD	51	53	52	52	52	52	51	52	52	52	53	54	53	53	52
	SS	40	43	41	42	40	40	41	41	41	41	42	45	45	45	42
	Chl a	41	44	41	42	40	40	42	42	42	42	43	48	46	46	42
	T-P	33	36	31	35	33	33	34	34	36	36	35	45	41	39	36
	Mean	41	44	41	42	41	41	42	42	43	43	43	48	46	46	43
昭和五十五年	COD	51	—	—	51	51	51	51	52	52	52	50	52	53	52	52
	SS	43	—	—	44	43	43	43	44	44	43	44	48	48	46	44
	Chl a	44	—	—	45	44	45	43	45	43	44	45	44	50	46	45
	T-P	37	—	—	37	36	37	37	40	37	37	37	47	46	40	39
	Mean	44	—	—	44	44	44	44	45	44	44	44	48	49	46	45
	Tr	39	—	—	39	39	41	41	40	39	40	45	46	44	41	

1981年の沿岸部の Tr は測定延回数の34%が水深以上であったため、TSI (Tr) 値で1980年と対比できなかったが、St. 1における Tr の平均は、1980年のそれよりも1.5mハイレベルの5.8mであることから、沿岸部の TSI (Tr) も1981年の方が低いことは十分推定できる。

山中湖の人為的汚濁発生源は、旭ヶ丘、平野、長

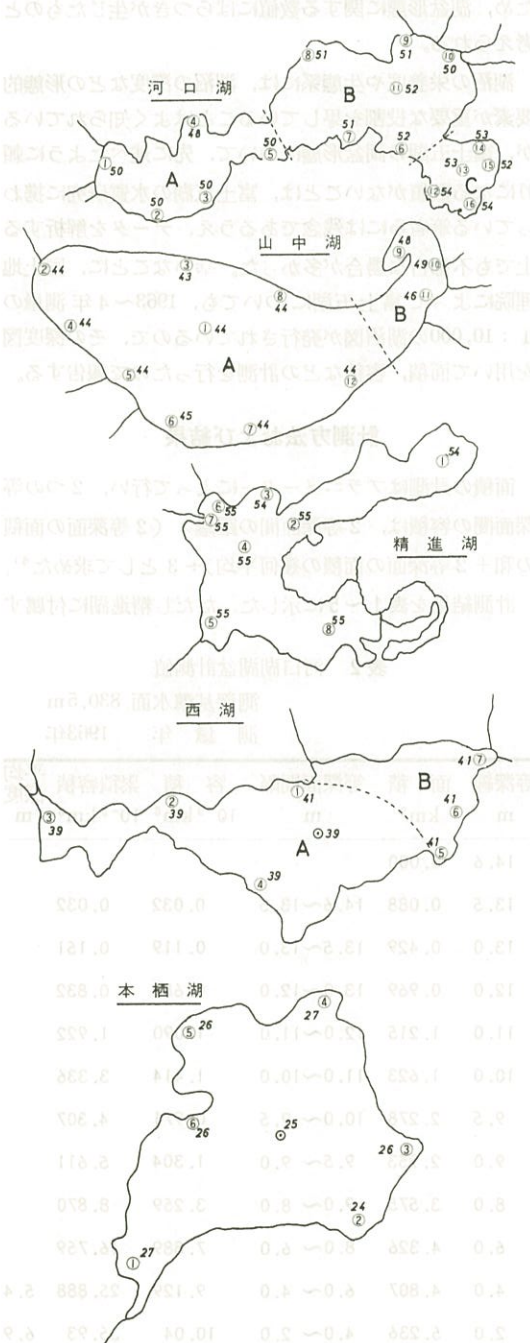


図2 富士五湖の T S I (富栄養化状態指標一覽図) COD, SS, Chl a, T-P による。

(透明度の分類)貧栄養湖← 中栄養湖 → 富栄養湖



図3 T S I による富士五湖 栄養度の分類

池、山中の4集落であるが、湖中最も閉鎖的な平野湖盆 (St. 9, 10, 11) を除いては、図1の TSI 分布でみると山中湖の富栄養度は汚濁発生源との近遠にはあまり関係がないように思われる。しかし、水質レベルをマクロにみると、富栄養度は St. 9, 10, 11の東部が高く、山中湖唯一の流出河川のある西部 (St. 2, 4, 14……) に向かって低くなっているものと考えられる。

富士五湖の1980年の測定値より同様にして TSI 値を求めて示したのが図2である。

この図から、栄養度により河口湖は3区分、西湖および山中湖は2区分することができるが、富士五湖のうち富栄養化が最も進行しており、湖盆形態が最も複雑である精進湖の TSI 値の平均がほとんど一様であることは予想外であった。

ま と め

従来から一般的に用いられてきた 貧栄養湖、中栄養湖、富栄養湖の3分類と Carlson の TSI 値とを併用することにより、富士五湖の栄養状態が一般大衆にも分かり易い表示ができるように思われる (図3)。

しかし、各項目の TSI 値はもっと近似すべきであるが、較差の原因は、Carlson の式をそのまま用いているためであり、富士五湖の特性を表わした関係式に修正する必要がある。

文 献

- 1) 吉村信吉：湖沼学 (増補版), 333, 生産技術センター (1976)
- 2) Carlson, R. E : Limnol. Oceanogr. 22, 361~369 (1977)
- 3) 相崎守弘, 大槻 晃, 福島武彦：国立公害研究所報告 R-6, 87~92 (1979)
- 4) 堤 充紀ら：山梨衛公研年報 19, 23~26 (1975)
- 5) 日本規格協会：工場排水試験方法 JIS K 0102-1981
- 6) 日本水道協会：上水試験方法, 533~542 (1978)
- 7) 西条八東ら：プランクトン・クロロフィル・基礎生産量測定法16~20, 日本ユネスコ国内委員会(1965)
- 8) 小山忠四郎ら：湖水海水の分析, 69~71, 講談社サイエンティフィク (1972)