

四尾連湖における陸水学的研究（予報）

吉 田 雅 彦・吉 澤 一 家*・平 林 公 男

山梨県立女子短期大学, *山梨県衛生公害研究所

Limnological Studies on Lake Shibire (Pre-report)

Norihiko YOSHIDA

*Kazuya YOSHIZAWA and Kimio HIRABAYASHI

*Yamanashi Women's College, *Yamanashi Institute for Public Health*

Abstract

This is the first attempt to elucidate the seasonal changes in some physical and chemical parameters in a water column of Lake Sibire. The observation extended from spring to early winter of 1994. At the end of April, the lake water was 12°C, and it began to overturn. In summer stratification, the water near the thermocline was supersaturated with oxygen. This study found that autumnal circulation began at the end of October. The pH value of the lake water showed between 6.8 and 8.1. Transparency changed from 2.8 m to 5.6 m in depth during the investigation.

The levels of TP, chl-a and transparency in the summer stratification indicate that the lake is on the boundary between oligotrophic and mesotrophic, though the hypolimnetic water in summer was eutrophic. The hypolimnetic D. O. consumption rate seems to have been accelerating for the last 20 years.

Key words: Lake Shibire (四尾連湖), Limnological study (陸水学的研究), Eutrophication (富栄養化), Vertical profile (垂直分布)

I. はじめに

山梨県西八代郡市川大門町にある四尾連湖（海拔高度：880 m、湖岸線長：1.04 km、面積：0.058 km²、最大深度：10.9 m、平均深度：6.5 m）は、山梨県内にある六つの自然湖沼のうちの一つで、御坂山地に属する大島山（1,120 m）西南の中腹にある陥没湖である。流入・流出河川はなく、湖水量は雨水と湖底からの湧水によって維持されていると考えられている。現在、本湖は山梨県立自然公園に指定され、夏期にはキャンプ、冬期はスケート場としてにぎわい、コイ、フナ等の釣り場としてもよく知られている。湖沼型は中栄養湖に分類

されているが¹⁾、本湖に関する陸水学的な知見は極めて乏しく、1970年代の栗谷川ら^{2~5)}の観測以外はほとんど報告がなされていないのが現状である。

本研究では、四尾連湖の水質と生物群集の現状を把握し、明らかにすることを目的として、1994年4月より11月までにおこなった調査結果について報告する。

II. 調査・測定方法

II-1 調査期間および調査地点

調査は毎月1回、湖心定点に観測用のブイを投入し、1994年4月～11月の間に行った。また、水

位の変動を把握するために、湖東方沿岸に目盛を付けた支柱を設置し観測を行った(図1)。

II-2 採水

湖水の採水にはバンドン採水器(離合社製5026c型)を用いた。0 m・2 m・6 m・直上(湖底より20~45 cm 上部)の各層より採水を行い、水質(N・Pなどの栄養塩類、クロロフィルa等)、pH、プランクトンなどの分析試料に供した。

II-3 新生沈澱物

新生沈澱物を定期的に採集するために、湖心ブイに直径7.5 cm、高さ10 cmの円筒型のポリエチレン製採集容器を設置した。設置深度は5 mと9 mで、毎月たまった新生沈澱物を回収し、実験室に持ち帰り浮遊懸濁物質と同様の方法で分析し

た。

II-4 物理化学的要因の観測法ならびに分析

各物理化学的要因の観測法ならびに分析法は表1に示した方法で行った。

II-5 植物プランクトン

珪藻類については、桜井のフィルター濃縮法¹⁴⁾によりプレパラートを作成した。また、緑藻類等については、試料を3%グルタルアルデヒドで固定後、自然沈降法で100倍に濃縮し、観察用とした。これらの試料を位相差顕微鏡で300~600倍で検鏡し、種の同定^{15~20)}を行った。

III. 結果および考察

III-1 水位

7月を基準とした水位の季節変化を図2に示した。水位は4月から8月にかけて減少し9、10月に上昇したが、11月にふたたび減少した。しかし、

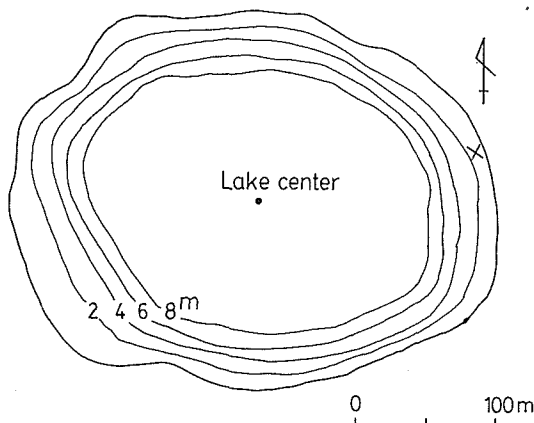


図1 調査地点概要

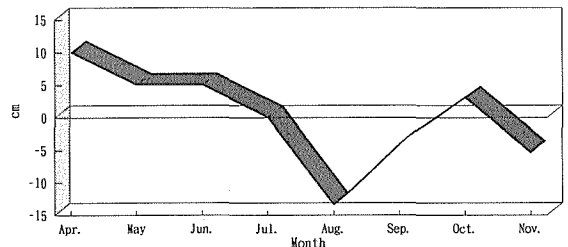


図2 水位の季節変化

表1 物理化学的要因の観測法ならびに分析方法

測定項目	測定方法
透明度 (Tr.)	セッキ透明度板
水温・溶存酸素量 (D. O.)	D. O.メーター (Yellow Springs Instrument 製 MODEL58)
水中照度	水中照度計
pH	pHメーター (東亜電波工業製 HM-11D 型)
全窒素 (TN)・溶存態窒素 (DTN)	紫外線吸光度法 ⁶⁾
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	インドフェノール法 ⁷⁾
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	2次微分法 ⁸⁾
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)	スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法 ⁹⁾
全リン (TP)・溶存態リン (DTP)	高圧分解法 ¹⁰⁾
リン酸態リン (PO ₄ -P)	モリブデン青法 ¹¹⁾
クロロフィル a (chl-a)	Unesco-Scor 法 ¹²⁾
浮遊懸濁物質 (SS)	濾過法 ¹³⁾

調査期間中の変動幅は25 cm で大幅なものではなかった。本年夏期の小雨、高温の気象条件下でのこの変化は、本湖の湖水の多くが湧水により維持されていることが示唆される。

III-2 水温

水温の季節変化を図3に示した。表層水温は4月に12℃を示し、その後上昇し、7月には27℃に達した。8月からは低下し、11月には13℃となった。4～11月の平均表層水温は $20.0 \pm 5.5^\circ\text{C}$ であった。これに対し、底層水温は年間を通して13℃前後を変動するにとどまり、あまり大きな変化を示さなかった。垂直分布では、6月から5～6 m 層に躍層が形成され、7～8月にかけて成層した。9月から上層部で循環が始まり、11月には表層から底層まで完全に循環した。

III-3 透明度

透明度の季節変化を図4に示した。調査期間を通じて2～6 m の範囲で変化した。春期に最も透明度が悪く、2.8 m を示し、初夏に最高値の5.6 m を観測した。

III-4 水中溶存酸素量

水中溶存酸素量 (D. O.) の季節変化を図5に示した。表層では調査期間を通じ、6.3～9.8 mg/l で変化し、4月が最高値を、10月に最低値を示した。垂直分布では、5～8月に6～7 m 層にかけて最大値を示し、成層期における藻類の生産が活発に行われている層であることが示唆された。一方、夏期成層期から秋期循環期にかけて、底層部でD. O. の消費が進み、0.1～0.7 mg/l と極めて低い値を示した。こうした貧酸素水塊の形成は、夏期に湖底において、バクテリアなどによる分解活動

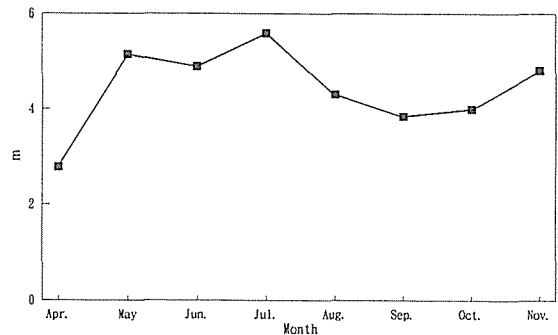


図4 透明度の季節変化

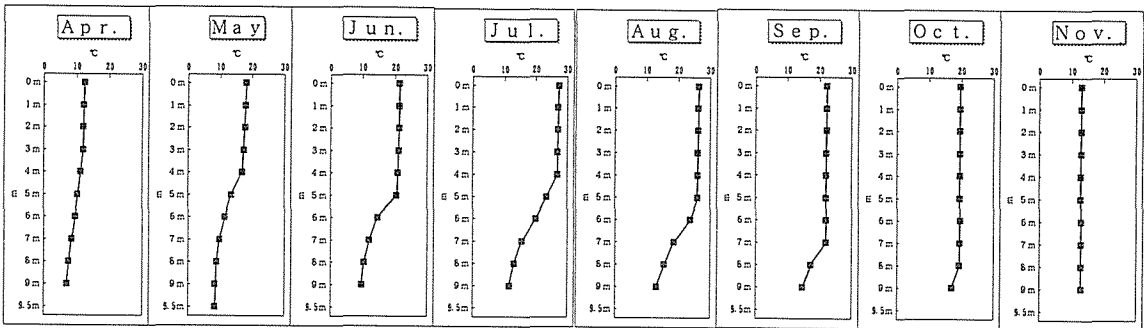


図3 水温の季節変化

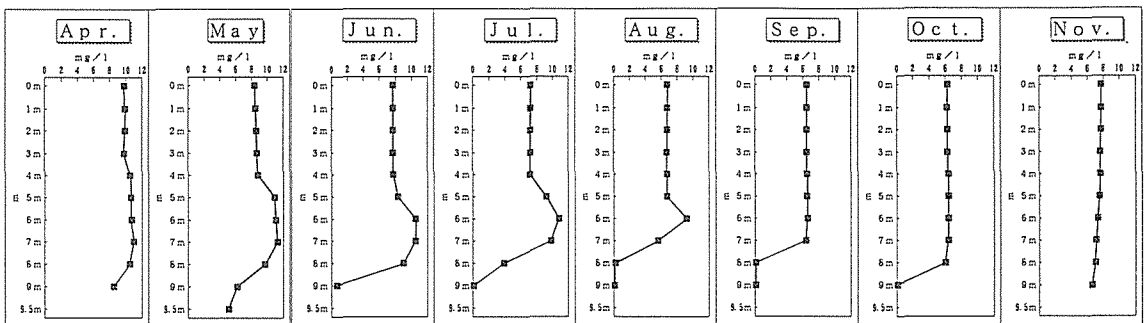


図5 水中溶存酸素量の季節変化

が活発に行われていることを示唆している。

III-5 水中相対照度

水中相対照度の季節変化を図6に示した。年間を通じて底層まで光はとどいており、透明度の低い4月では2 m以深で急激に減少したが、透明度の高い7月には直線的な減少傾向を示した。

III-6 pH

pHの季節変化を図7に示した。湖水のpHは底層を除き、7月に最大値7.9を示し、10月に最小値6.9を示したが、年間を通じては、平均7でほぼ一定していた。底層水のpHは他の層と大きく異なり、4～7月にかけて7.5前後の値を示し、8～9月にかけては、6.5前後の値を示した。

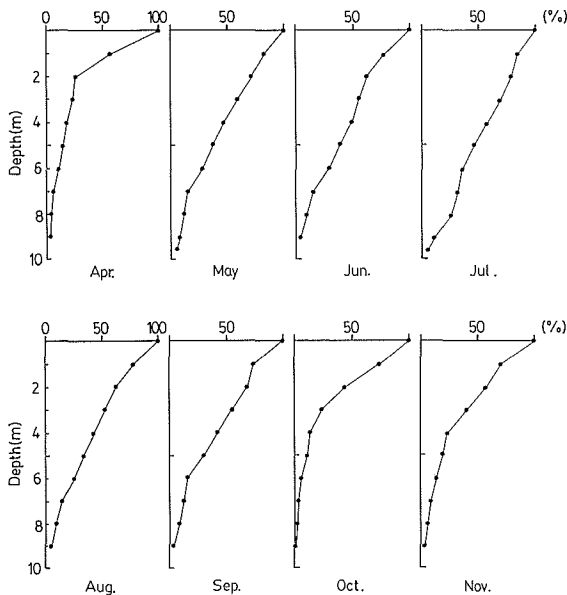


図6 水中相対照度の季節変化

III-7 新生沈澱物量の季節変化

調査期間中、新生沈澱物量は、5 m層で平均 $973.2 \pm 678.5 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ 、9 m層で $3,124.0 \pm 1467.9 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ であった。5 m層では、春に $133 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ と少なかったのに対し、夏には $600 \sim 800 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ 、初冬には $2,177.6 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ と季節が進むにつれて増加傾向を示した。一方、9 m層では、春に $3,700 \sim 2,500 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ であったものが、夏期の貧酸素水塊形成期にあわせて $844 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ と急激に減少し、秋には $5,333 \text{ mg/l} \cdot \text{day} \cdot \text{m}^2$ と期間最大を示した。夏期の急激な減少は、採集容器内でのバクテリアなどによる急速な分解が考えられ、実際量よりもかなり少なく見積もられていると予想される。この点に関しては、今後、回収期間などの検討が必要となってくると思われる。

III-8 浮遊懸濁物質

浮遊懸濁物質量の季節変化を図8に示した。表層では4月から5月にかけて増加し、5月には 3.1 mg/l と最大を示した。その後減少し、7月に 0.8 mg/l と最少を示したが、8月に再び増加し、その後ほとんど変化がみられなかった。4～11月の平均値は表層で 1.6 mg/l 、2 m層で 1.9 mg/l 、6 m層で 2.3 mg/l 、直上で 3.3 mg/l であった。4、5月を除き表層よりも下層のほうが多くなる傾向が認められ、とくに9月の直上層では、 6.3 mg/l と高い値を示し、他層の4倍の値を示した。

III-9 クロロフィルa量

クロロフィルa (chl-a) 量の季節変化を図9に示した。表層では4月には $3.3 \mu\text{g/l}$ であり6月にかけて一時的に減少した。6月の $1.6 \mu\text{g/l}$ を最小

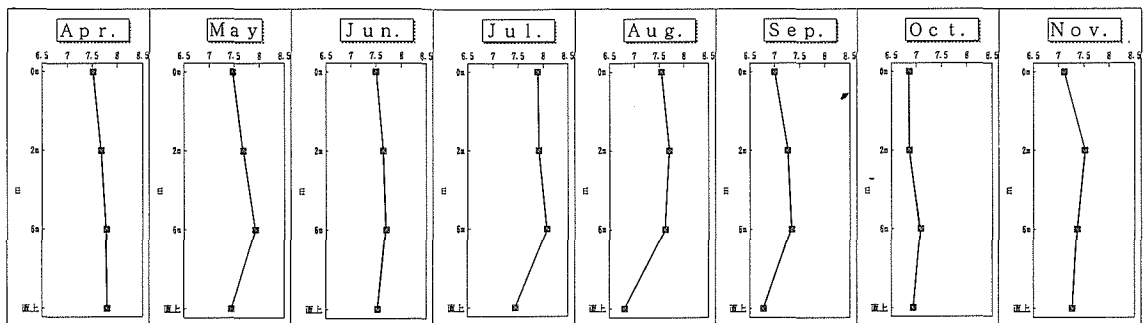


図7 pHの季節変化

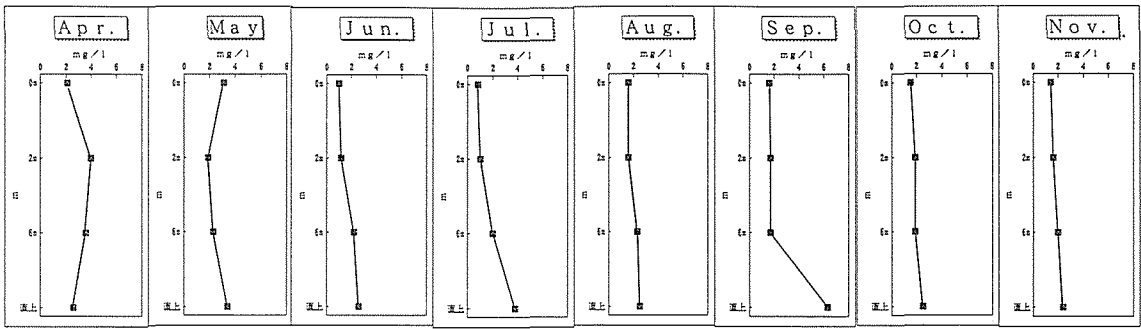


図8 浮遊懸濁物質量の季節変化

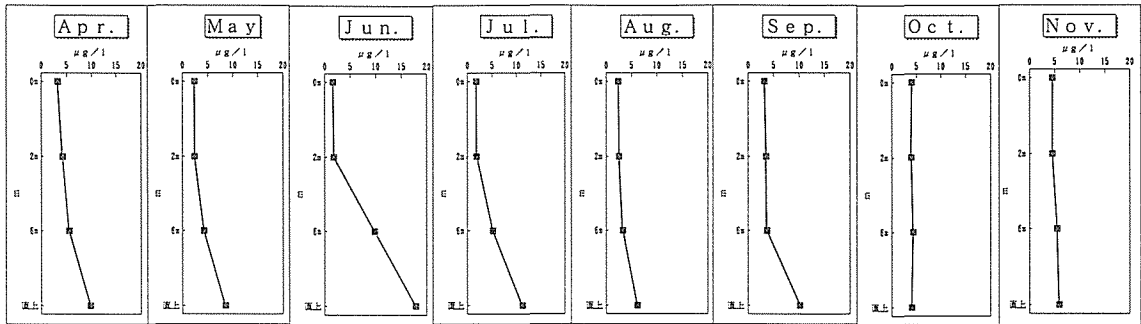


図9 クロロフィルa量の季節変化

にその後増加傾向を示し、11月には $4.6 \mu\text{g/l}$ と最大を示した。4～11月の平均は表層で $2.9 \mu\text{g/l}$ 、2 m層で $3.1 \mu\text{g/l}$ 、6 m層で $5.2 \mu\text{g/l}$ 、直上層で $9.3 \mu\text{g/l}$ であった。成層期に6 m層以深でchl-a量のピークがみられ、とくに6と7月でその差が顕著に認められた。

III-10 窒素

各層における窒素量の季節変化を図10に示した。表層における全窒素(TN)量は4月に 0.27 mg/l であったが、6月に 0.12 mg/l まで減少し最小値を示した。その後増加し10月には 0.27 mg/l であったが、11月には 0.24 mg/l と減少した。4～11月の平均値は 0.21 mg/l であった。溶存態窒素(DTN)量は4月に 0.22 mg/l であったが、TNと同じように6月に 0.04 mg/l と最小値を示し、その後増加に転じて11月には 0.23 mg/l であった。4～11月の平均値は 0.12 mg/l であった。アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)量は4～8月までは $0.7 \mu\text{g/l}$ 以下と微量であったが、9月から増加し始め10、11月には $37 \mu\text{g/l}$ と増加した。この増加の傾向は全層でみられた。硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)量と亜

硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)量は4～11月の平均値がそれぞれ $0.5 \mu\text{g/l}$ 、 $0.08 \mu\text{g/l}$ と少なかった。

垂直分布では、TN量は4～11月の平均値が表層で 0.21 mg/l 、2 m層で 0.17 mg/l 、6 m層で 0.24 mg/l であるのに対して、直上層では約2倍の 0.40 mg/l と高かった。特に9月には表層で 0.22 mg/l 、2 m層で 0.27 mg/l 、6 m層で 0.25 mg/l であるのに対して、直上層では約4倍の 0.99 mg/l となった。DTN量は4～11月の平均値が表層で 0.12 mg/l 、2 m層で 0.12 mg/l 、6 m層で 0.13 mg/l であるのに対して、直上層ではTN量と同様約2倍の濃度を示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量もTNやDTNと同じような傾向を示した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量や $\text{NO}_2\text{-N}$ 量は全層で大きな変化はなかった。各態における窒素成分の変動要因については現在検討中であり、今後生物活動との関係で考察して行きたいと考えている。

III-11 リン

各層におけるリン量の季節変化を図11に示した。表層における全リン(TP)量は4月に $10 \mu\text{g/l}$ であったが、6・7月の $5 \mu\text{g/l}$ まで減少した。そ

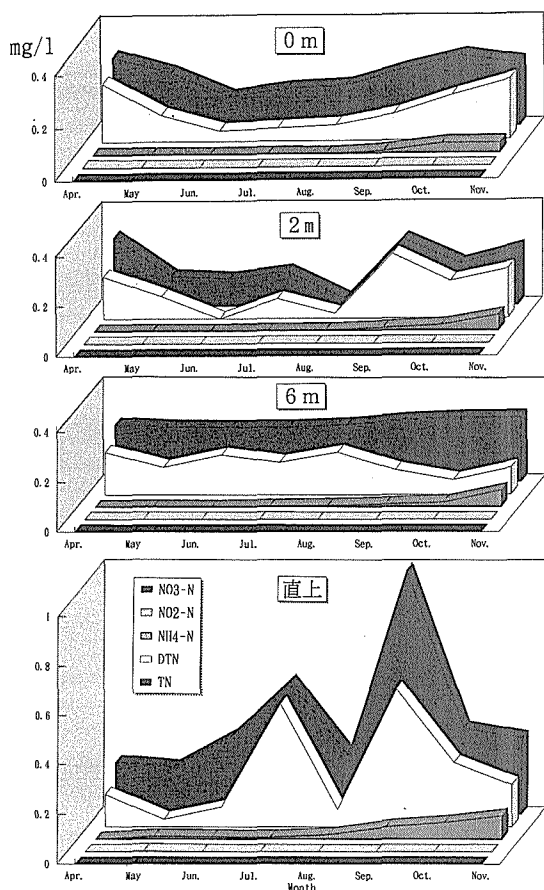


図10 各層における窒素量の季節変化

の後増加して10月には4月と同じ値となり、11月には減少した。4～11月の平均値は $7.5 \mu\text{g/l}$ であった。溶存態リン(DTP)量は4月と6月が $5 \mu\text{g/l}$ 、4 $\mu\text{g/l}$ と高かったが、他の月は2～3 $\mu\text{g/l}$ であまり変動がなく、4～11月の平均値は3.1 $\mu\text{g/l}$ であった。リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)量は4月に2 $\mu\text{g/l}$ 、10月に3 $\mu\text{g/l}$ でその他の月はほとんどなく、4～11月の平均値は0.8 $\mu\text{g/l}$ であった。

垂直分布では、TP量は4～11月の平均値が表層で $7.5 \mu\text{g/l}$ 、2 m層で $9.3 \mu\text{g/l}$ 、6 m層で $10.9 \mu\text{g/l}$ 、直上層で $16.4 \mu\text{g/l}$ で表層から底層になるほど増加傾向を示し、直上層では表層の2倍量であった。DTP量は4～11月の平均値が表層で3.1 $\mu\text{g/l}$ 、2 m層で3.8 $\mu\text{g/l}$ 、6 m層で4.0 $\mu\text{g/l}$ 、直上層で4.4 $\mu\text{g/l}$ で表層から底層への増加傾向はTPと同様であったが、増加量はわずかであった。 $\text{PO}_4\text{-P}$ 量は4～11月の平均値が表層で0.8 $\mu\text{g/l}$ 、2 m層で1.5 $\mu\text{g/l}$ 、6 m層で1.6 $\mu\text{g/l}$ 、直

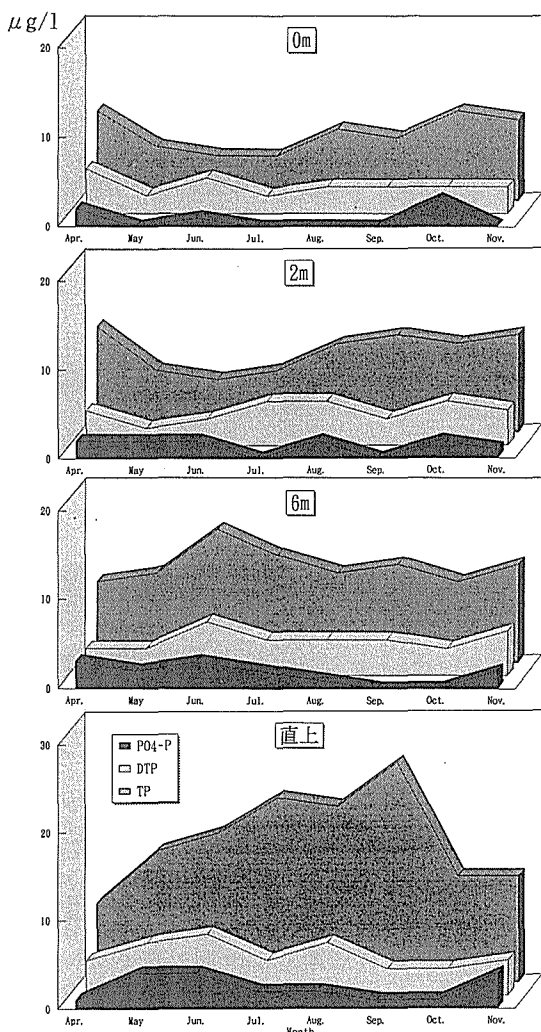


図11 各層におけるリン量の季節変化

上層で2.6 $\mu\text{g/l}$ で増加傾向はTP、DTPと同様であったが、値は小さかった。各態におけるリン成分の変動要因についても、現在検討中である。

III-12 表層(0 m)の植物プランクトンの季節変化

調査期間中、湖心表層において36属61種の植物プランクトン(原生動物を含む)が確認された。種数では珪藻綱(*Bacillarisphyceae*)が最も多く、20属42種、ついで緑藻綱(*Chlorophyceae*)が10属11種、黄金藻類綱(*Chrysophyceae*)が3属5種であった(表2)。出現個体数の多かったプランクトン種の季節変動を図12に示した。期間を通して最も個体数が多かったものは、*Synedra rumpens*

表2 湖心表層における植物プランクトン一覧

らん藻類	<i>Navicula radiosa</i> Kützing
<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Navicula tuscule</i> (Ehrenberg)
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Trevis	<i>Nitzschia</i> sp.
珪藻類	<i>Pinnularia</i> sp.
<i>Achnanthes lanceolata</i> Brébisson	<i>Rizosorenia longiseta</i> Zacharias
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing)	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg
<i>Atteya zachariasii</i> J. Brun	<i>Stephanodiscus</i> sp.
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	<i>Surirella biseriata</i> Brébisson
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	<i>Surirella capronii</i> Brébisson
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Synedra acus</i> Kützing
<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann	<i>Synedra rumpens</i> Kützing
<i>Cyclotella stelligera</i> Cl. et. Grunow	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg
<i>Cyclotella</i> spp.	緑藻類
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs
<i>Cymbella cuspidata</i> Kützing	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs var. <i>mirabilis</i> (West & West)
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabenhorst	<i>Chlamydomonas</i> sp.
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	<i>Closteriopsis</i> sp.
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) von Heurck	<i>Crucigenia tetraependia</i> (Kirch.) W. & C. S. West
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Moebius
<i>Frustraria</i> sp.	<i>Quadrigula chodatii</i> (Tanner-Fullman) G. M. Smith
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	<i>Sphaerocystis</i> sp.
<i>Gomphonema subtile</i> Ehrenberg	<i>Tetraspora</i> sp.
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	黄金藻類
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	<i>Dinobryon elegantissimum</i> Bourrelly
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	<i>Dinobryon cylindrica</i> Imhof
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	<i>Dinobryon sociale</i> Ehrenberg
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	<i>Mallomonas</i> sp.
<i>Navicula decussis</i> Østrup	<i>Uroglena</i> sp.
<i>Navicula hasta</i> Pantocsek	渦鞭藻類
<i>Navicula pupula</i> Kützing	<i>Gymnodinium</i> sp.

で、特に春期に大きなピークを示し、最大10,000 cell/ml 近くまでなった。初夏から初秋にかけては、優占プランクトン種の変遷が認められ、6月

後半から *Elakatothrix gelatinosa* が、ついで8月には *Sphaerocystis* sp. が優占した。9月には *Merismopedia* sp. と *Cyclotella* spp. が優占し、

1,000～3,000 cell/ml の範囲で変動した。プランクトン類を取り巻く環境と優占種の個体数の変動との関係については、現時点では不明であり、今後、解析をしていく予定である。

III-13 栄養段階

透明度および chl-a 濃度・TP 濃度の全層平均値から、カールソンの富栄養化状態指標(Trophic State Index, TSI)²¹⁾をそれぞれ計算した結果を表3に示した。

4～11月の平均値は、TSI (chl-a) が42、TSI (Tr.) が41、TSI (TP) が41であり、この値を相崎²¹⁾の示した、貧栄養 <TSI (chl-a) 32～46以

下、TSI (Tr.) 39～43以下、TSI (TP) 40～45以下>、富栄養 <TSI (chl-a) 42～52以上、TSI (Tr.) 48～53以上、TSI (TP) 49～52以上>と比較してみると、本湖は貧栄養湖に近い中栄養湖となることが明らかとなった。

一方、これらの結果を山梨県内の湖沼(8月)および諏訪湖(9月)と比較し、表4に示した。chl-a 量と透明度をもとに計算した TSI では、四尾連湖の水質は本栖湖と山中湖の間に位置することが明らかとなったが、全リン量をもとに TSI を計算すると、山中湖や河口湖とほぼ同様の水質であることが示唆された。

本湖の過去のデータとの比較を試みるために、夏期における透明度と TSI (Tr.) の変遷を表5に示した。本年8月の TSI (Tr.) は41であり、70年代中後半の値よりはわずかに良くなっているものの、TSI (Tr.) をみる限りでは、水質にあまり大きな変化がないことが示唆された。

今後、さらに定期観測を行い、四尾連湖に関する基礎データを積み重ねていきたいと考えている。

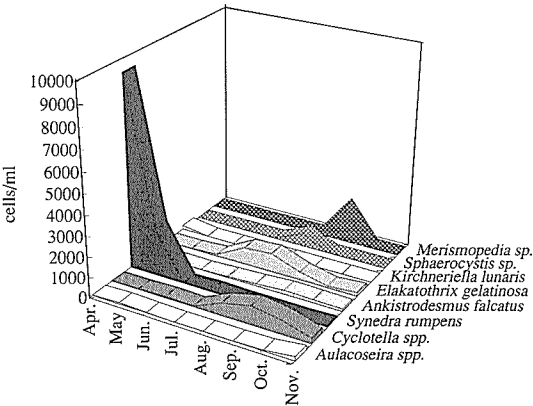


図 12 表層における植物プランクトンの季節変化

表 3 クロロフィル-a (chl-a)量、全リン(TP)量および透明度(Tr.)から求めた富栄養化状態指標の変化

	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	mean (±S.D.)
TSI(chl-a)	44	41	47	42	39	43	40	43	42±2.5
TSI(Tr.)	48	38	38	36	41	42	42	39	41±3.7
TSI(TP)	40	39	41	42	42	44	40	41	41±1.6

表 4 山梨県内の湖沼および諏訪湖の富栄養化状態指標

Lake		TSI(chl-a)	TSI(Tr.)	TSI(TP)	Literature
L. Motosu	(Aug. 1979)	27	25	25	Aizaki et al. (1981)
L. Yamanaka	(Aug. 1979)	46	48	39	"
L. Kawaguchi	(Aug. 1979)	48	47	40	"
L. Shoji	(Aug. 1979)	58	56	64	"
L. Suwa	(Sep. 1979)	80	77	76	"
L. Sibire	(Aug. 1994)	39	41	42	This Study

表5 夏期における四尾連湖の透明度と富栄養化状態指標の変遷

Date	Transparency (m)	TSI(Tr.)	Literature
1969. 8 .27	3.6	43	Kuriyagawa and Aso(1978) ²⁾
1970. 8 .14	4.6	39	"
1972. 8 .28	3.9	42	"
1974. 8 . 1	4.0	42	"
1975. 8 .26	2.8	48	"
1976. 7 .25	5.1	38	"
1977. 8 .25	3.1	46	"
1979. 8 . 8	5.4	37	Yamanashi Pre.
1981. 8 .15	3.3	45	Tanaka(1991) ¹⁾
1985. 8 .22	4.9	38	Yamanashi Pre.
1994. 8 .23	4.3	40	This Study

謝 辞

本調査を行うにあたり、御協力いただいた四尾連湖「龍雲荘」の有泉 仁氏に深謝いたします。また、湖水の分析にあたり、御協力いただいた山梨県衛生公害研究所の研究管理幹 堤 充紀氏、水質部長 飛田修作氏、技師 堀内雅人氏に深謝いたします。

本湖の文献集収に関しては、栗谷川 晃氏の御協力をいただきました。ここに深くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 田中正明：日本湖沼誌. 56 P, 名古屋大学出版会 (1991).
- 2) 栗谷川晃, 麻生行二：四尾連湖（山梨県）におけるプランクトンの生産に関する研究. 昭和52年度文部省科学研究費補助金研究報告書 (1978).
- 3) 栗谷川晃, 麻生行二：湖沼の底棲動物についての研究. 昭和53年度文部省科学研究費補助金研究報告書 (1979).
- 4) 栗谷川晃：四尾連湖（山梨県）における *Aphanothece stagnina* の分布と推移について. 陸水学雑誌, 42(3), 180-183 (1981).
- 5) 栗谷川晃：山梨県四尾連湖の観光化による底生生物の変化. 水温の研究, 25(4), 24-27 (1981).
- 6) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 288-289, 日本水道協会 (1985).
- 7) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 273-276, 日本水道協会 (1985).
- 8) 清水源治, 長田照子, 高橋照美, 堤 充紀：スベクトルの2次微分値による硝酸イオンの測定法. 山梨衛公研年報, 32, 35-38 (1988).
- 9) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 267-269, 日本水道協会 (1985).
- 10) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 358-359, 日本水道協会 (1985).
- 11) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 351-352, 日本水道協会 (1985).
- 12) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 530-533, 日本水道協会 (1985).
- 13) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験法. 302-303, 日本水道協会 (1985).
- 14) 桜井善雄：用水と廃水. 11, 1-12 (1964).
- 15) 山岸高旺：淡水藻類写真集. 1-11, 内田老鶴圃.
- 16) 日本水道協会：日本の水道生物. 日本水道協会 (1993).
- 17) 川北四郎：水道藻類分類解説. 日本水道協会 (1993).
- 18) 広瀬弘幸ら：日本淡水藻図鑑. 内田老鶴圃 (1977).
- 19) 森下郁子：川と湖の博物館 1 植物プランクトン. 山海堂 (1991).
- 20) Krammer, K. and Lange-Bertalot, H.: Süßwasserflora von Mitteleuropa bacillariophyceae Teil 1-4 Gustav Fischer Verlag, (1986-1991).
- 21) 相崎守弘, 大槻 晃, 福島武彦, 河合崇欣, 細見正明, 村岡浩爾：修正カールソン富栄養化状態指標の日本湖沼への適用と他の水質項目との関係. 国立公害研究所研究報告, 23, 13-31 (1981).

(1995年1月5日受理)