

5 湖山池の植物プランクトンと栄養塩類の関係

【水質調査科】

安田 満夫 ・ 南條 吉之 ・ 田中 賢之介

寛 一郎 ・ 坂田 裕子

1 はじめに

湖山池の水質汚濁は、植物プランクトンの影響を強く受けており、CODの内部生産の割合が51%¹⁾を占めている。植物プランクトンの増殖は、窒素・リンの影響を強く受けているが、窒素・リンは、その状態（懸濁態、溶解性、有機態、無機態）により挙動が若干異なっている。栄養塩類を重点に解析し、次のような知見を得たので報告する。

① 窒素・リンの各態別区分：窒素・リンは、懸濁態有機窒素・リン、溶解性有機窒素・リン、溶解性無機窒素・リンからなる。

② 植物プランクトンと懸濁態有機窒素・リン：植物プランクトン(Chl-a)の増殖は夏期(7~10月)に盛んで、冬期(1~3月)に衰微する季節変化を示すが、懸濁態のCODと同様に、懸濁態の窒素・リンもChl-aに類似した季節変化を示し、その相関係数は0.953、

0.747 (n=60) と高値を示している。

③ 植物プランクトンと溶解性無機窒素・リン：溶解性の無機窒素、NH₄-Nは夏期に、NO₃-Nは、植物プランクトンの増殖が衰微する冬期に大幅に増加している。リンはPO₄-Pが夏期に高値、冬期に低値を示すが、懸濁態リンに比較してあまり変化しない。

④ 植物プランクトンの増殖・減衰と懸濁態有機窒素・リン：植物プランクトンの増殖する時は、懸濁態窒素と有機態窒素が同量が増加し、減衰する時は、同量が減少している。同様なことがリンにおいても見られる。これは植物プランクトンの増殖・減衰によって生じたものと考察される。

2 植物プランクトンと水質

(1) プランクトンの種類と経月変化

湖山池(中央部: St. 3、上層)のプランクトンは、藍藻類5属(Microcystis, Anabaena, Chroo-

表 1 プランクトンの種類

藍藻類	緑藻類	珪藻類	渦鞭毛藻類	その他
○Microcystis	○Pediastrum	○Melosira	Ceratium	Dinobryon
○Anabaena	Scenedesmus	○Cyclotella		Euglena
Oscillatoria	Closterium	○Synedra		Tintinnopsis
Chroococcus	Dictyosphaerium	○Asterionella		Vorticella
Raphidiopsis	Staurastrum	○Fragilaria		Carchesium
	Gloeocystis	Coscinodiscus		Polyarthra
	Selenastrum	Thalassionema		Trichocerca
	Kirchneriella	Cocconeis		Keratella
		Gyrosigma		Filinia
		Pinnularia		Daphnia
		Navicula		
		Gomphonema		
		Cymbella		
		Epithemia		
		Nitzschia		

(註) ○は優占種(30%以上)

coccus, Raphidiopsis)、緑藻類8属(Pediastrum、Scenedesmus、Closterium、Dictyophaerium、Staurastrum、Gloeocystis、Senastrum、Kirchneriella)、珪藻類15属(Melosira、Cyclotella、Synedra、Asterionella、Fragilaria、Cocconeidiscus、Thalassionema、Cocconeis、Gyrosigma、Pinnularia、Navicula、Gomphonema、Gymbella、Epithemia、Nitzschia)、渦鞭毛藻類1属(Ceratium)、その他10属(Dinobryon、Euglena、Tin-

tinnopsis、Vorticella、Carchesium、Polyarthra、Trichocerca、Keratella、Filinia、Daphnia)を確認している。

このうち、主なものは藍藻類のMicrocystis、Anabaena、緑藻類のPediastrum、珪藻類のMelosira、Cyclotella、Synedra、Asterionella、Fragilariaの8属である。藍藻類のMicrocystis aeruginosa、Anabaena ssp. ssp. は6~10月の夏期に優占しており、M. aeruginosaの異常増殖によるアオコがしばしば発生し

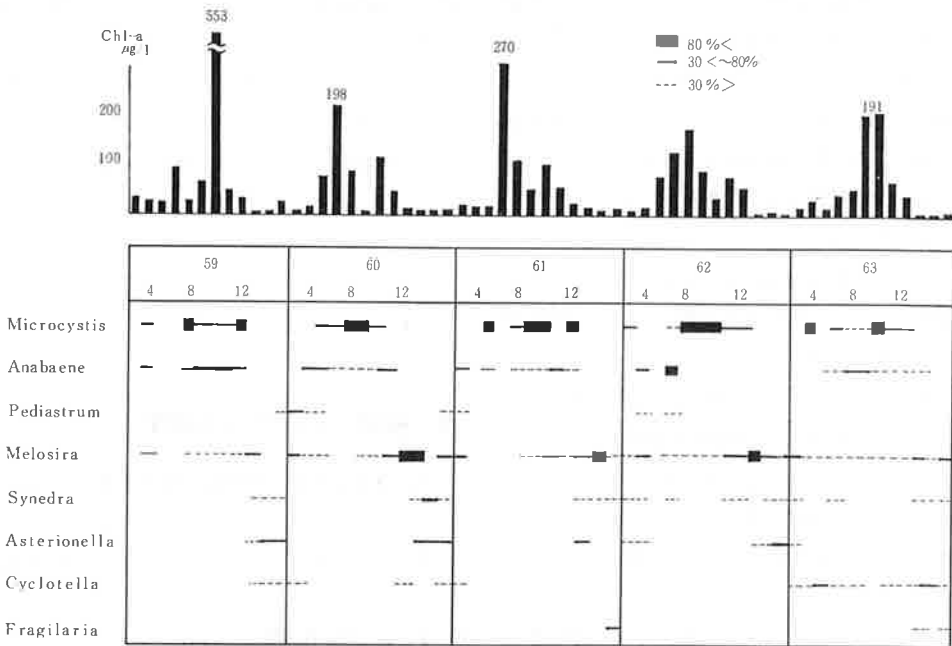


図1 植物プランクトンの優占種の経月変化

ている。

緑藻類のPediastrum sp. は3~6月に出現している。珪藻類のMelosira granulataは、年間を通して出現しているが、11~4月に優占種となっている。Synedra sp.、Asterionella formosa、Cyclotella sp. は12~5月に出現している。すなわち、藍藻類は夏期に、緑藻類は春期に、珪藻類は冬期に優占するなど季節変化を示している。

Microcystis aeruginosaが優占する夏期には、しばしばアオコを発生し、Chl-aが100 µg/l以上の高値を示している。冬期には珪藻類が優占するが、Chl-aは10 µg/l以下である。

(2) 水質の概要

湖山池の中央部(St. 3:水深3.7m)の上層の水質(昭和59~63年度の平均値)は、水温16.8℃、透明度1.0m、pH 8.0、COD 6.9 mg/l、TN 1.058 mg/l、TP 0.068 mg/lで、植物プランクトンの指標であるChl-aは56 µg/l、Cl⁻ 208 mg/lである。

下層の水質は、水温16.3℃、pH 7.9、Cl⁻ 211 mg/lは、上層とあまり変わらないが、COD 5.6 mg/l、TN 0.853 mg/l、TP 0.063、Chl-a 29 µg/lは下層が低値を示している。

COD、TN、TPの詳細について上層を例に説明する。

COD 6.9 mg/lは懸濁態COD(P-COD) 2.9 mg/l

表2 中央部の水質分析結果

項目	上層			下層		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
水温 °C	16.8	31.5	1.5	16.3	29.5	1.5
COD mg/l	6.9	34	3.0	5.6	10	3.0
P-COD mg/l	2.9	28.2	0.1	1.7	4.3	0.0
D-COD mg/l	4.0	5.9	2.5	3.9	5.8	2.0
TPN mg/l	0.584	6.439	0.022	0.317	1.243	0.025
TDN mg/l	0.474	1.161	0.108	0.535	0.922	0.194
TPP mg/l	0.051	0.132	0.009	0.045	0.114	0.011
TDP mg/l	0.017	0.094	0.006	0.018	0.106	0.005
IN mg/l	0.150	0.668	0.000	0.175	0.678	0.003
ON mg/l	0.908	6.899	0.180	0.677	1.833	0.167
OP mg/l	0.062	0.145	0.015	0.056	0.127	0.017
NH ₄ -N mg/l	0.048	0.263	0.000	0.067	0.339	0.000
NO ₂ -N mg/l	0.003	0.011	0.000	0.003	0.009	0.000
NO ₃ -N mg/l	0.099	0.593	0.000	0.104	0.591	0.000
TN mg/l	1.058	6.902	0.293	0.853	1.983	0.473
PO ₄ -P mg/l	0.006	0.079	0.000	0.006	0.086	0.000
TP mg/l	0.068	0.191	0.016	0.063	0.170	0.018
Chl-a µg/l	56	553	2	29	151	3
Cl- mg/l	208	553	41	211	554	42

註) 昭和59~63年度の測定値、n = 60

1と溶解性COD(D-COD)4.0mg/lに区分され、P-CODが42%、D-CODが58%を占めている。

TN1.058mg/lは懸濁態窒素(TPN)0.584mg/lと溶解性窒素(TDN)0.474mg/lでTPNが55%、TDNが45%、また、有機態窒素(ON)0.908mg/lと無機態窒素(IN)0.150mg/lで、ONが86%、INが14%である。INはNH₄-N0.048mg/l、NO₂-N0.003mg/l、NO₃-N0.099mg/lからなる。

TP0.068mg/lはTPP(懸濁態)0.051mg/lとTDP(溶解性)0.017mg/lでTPP75%、TDP25%を占めている。また、OP(有機態)0.062mg/lとIP(無機態、PO₄-P)0.006mg/lで、OPが91%、IPが9%占めている。

(3) 水質の経月変化

Chl-aは、前述の植物プランクトンの優占種で説明

したように夏期に毎年100µg/lを越す高値、冬期は10µg/l以下の低値である。P-CODは0.1~28mg/lと夏期に高値、冬期に低値を示している。D-CODは2.5~5.9mg/lと、変動幅が少ない。

TPNは0.022~6.439mg/lとChl-aと同様な変化を示している。TDNは0.108~1.161mg/lで夏期より、むしろ冬期が高値である。

ONは0.180~6.899mg/lでTPNに類似した変化を示している。

TPPは0.009~0.132mg/l、OPは0.015~0.145mg/lでChl-aに良く似た変化をしている。TDPは0.006~0.094mg/lで、夏期にときどき高値を示す。

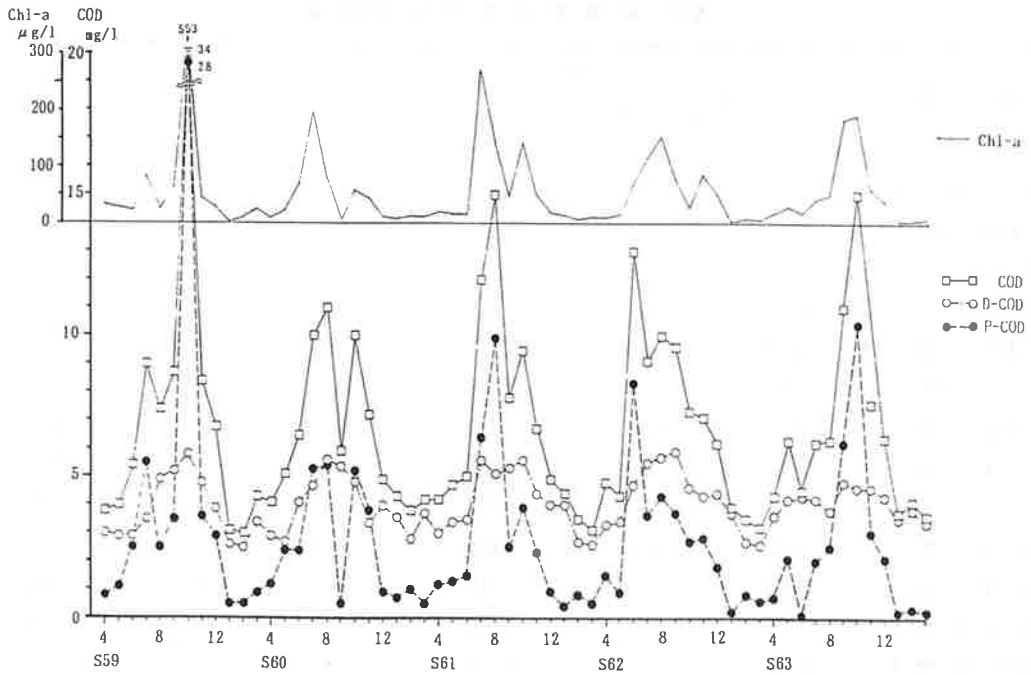


図2 Chl-a、COD、P-COD、D-CODの経月変化

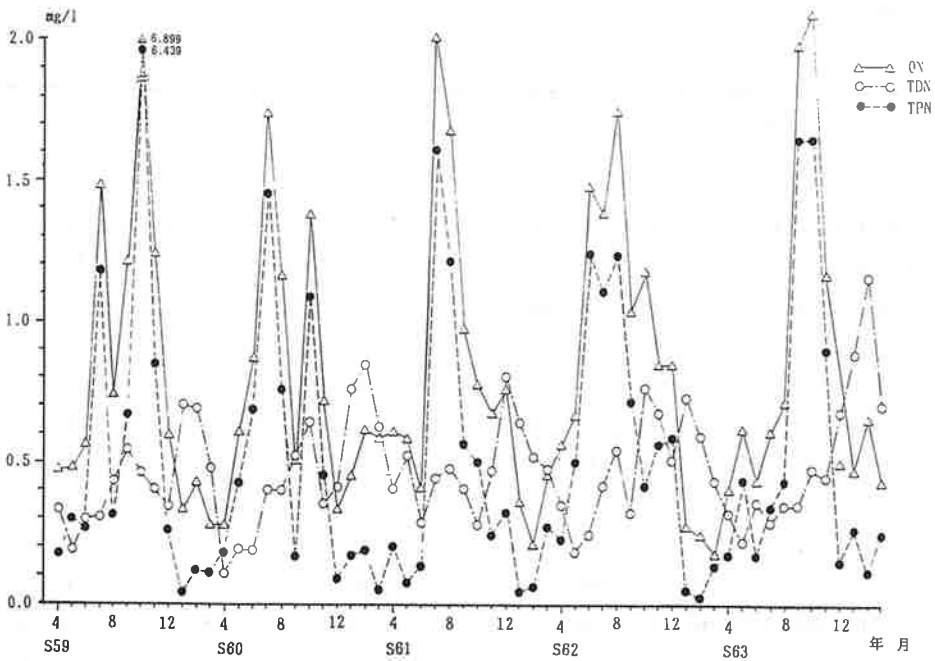


図3 TPN、TDN、ONの経月変化

3 植物プランクトンの増殖と栄養塩類の挙動

(1) 植物プランクトンの増殖と懸濁態と有機態の窒素・リンの関係

植物プランクトンの増殖・減衰により懸濁態有機物・栄養塩が増加・減少することが分かった。植物プランクトンの増殖・減衰と栄養塩類のTPNとON、TPPとOP関係を明らかにするため、植物プランクトンの増殖前後の水質(TPN、ON、TPP、OP)

の変化量を調べた。すなわち、水質の経月変化量を

水質の変化量=当月の水質-先月の水質

として先月のChl-aより当月のChl-aが高値で、窒素の変化量(TPN、ON)がプラスになった場合は、外部汚濁の窒素の変化量より植物プランクトンの増殖による変化量が大きくて外部汚濁の窒素の変化量が消費されているものとした。すなわち、植物プランクトンの増殖によりTPN、ONが発生したものと仮定した。

TPNとONの回帰式は、

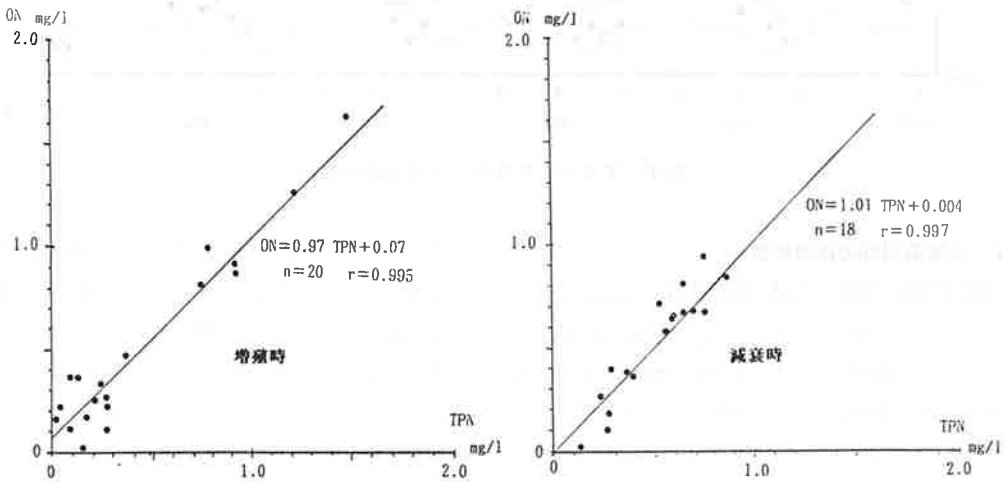


図5 植物プランクトンの増殖・減衰時のTPNとONの関係

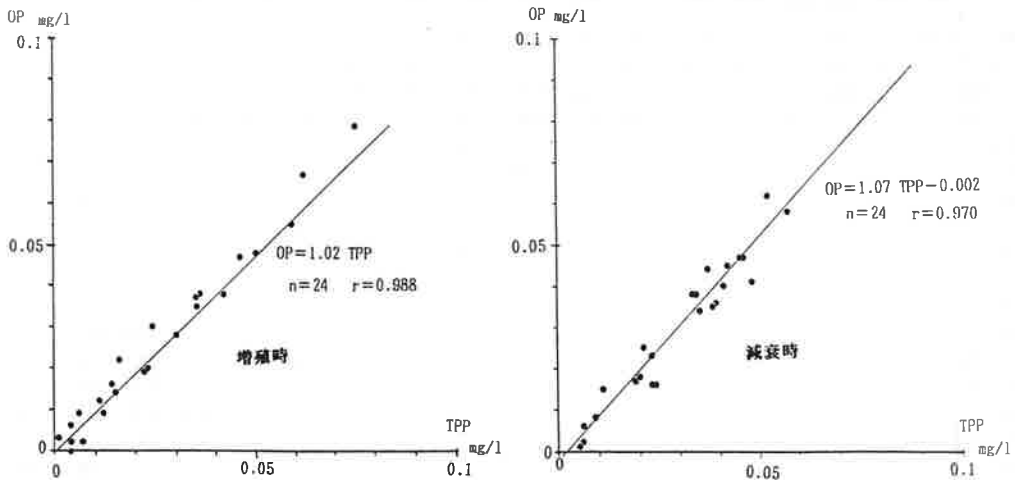


図6 植物プランクトンの増殖・減衰時のTPNとOPの関係

$$ON = 0.97 TPN + 0.07 \quad n = 20 \quad r = 0.995$$

また、植物プランクトンの減衰時には、TPN、ONの減少量について回帰式を求めた。

$$ON = 1.01 TPN - 0.004 \quad n = 18 \quad r = 0.997$$

植物プランクトンの増殖時と減衰時ともにTPN：ONはほぼ1である。しかし、湖水のTPN：ON比は1：1.55であることから植物プランクトンの増殖・減

衰によって1になったものと考察される。

TPP：OPの回帰式からリンも同様な関係が見られる。

$$OP = 1.02 TPP \quad n = 24 \quad r = 0.988$$

$$OP = 1.07 TPP - 0.002 \quad n = 24 \quad r = 0.970$$

(2) 植物プランクトンと無機態窒素・リンの挙動

NH₄-Nは、底泥直上水のDOが1 mg/l以下になる60年7月、61年7～8月、62年7～8月、63年8～10

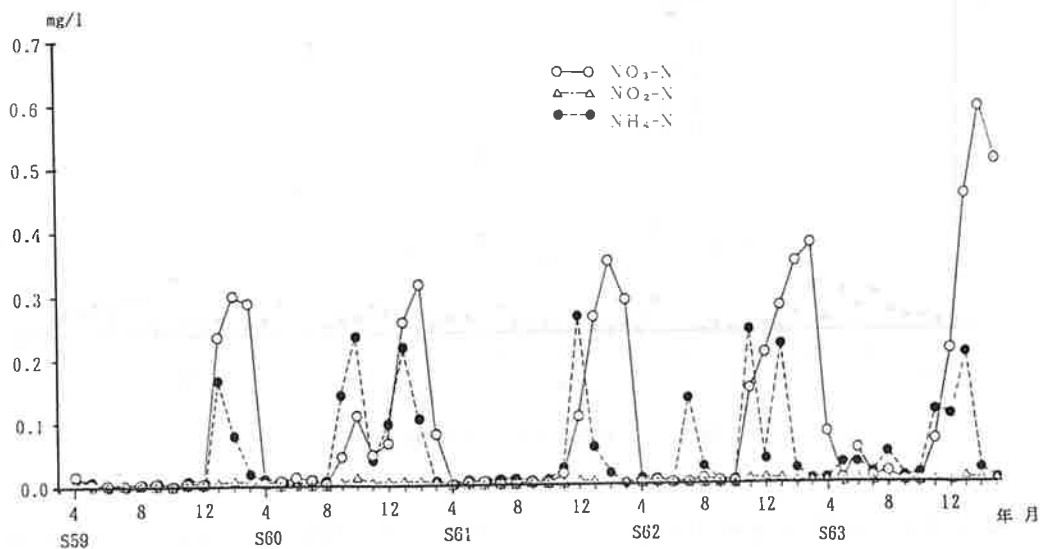


図7 無機態窒素の経月変化

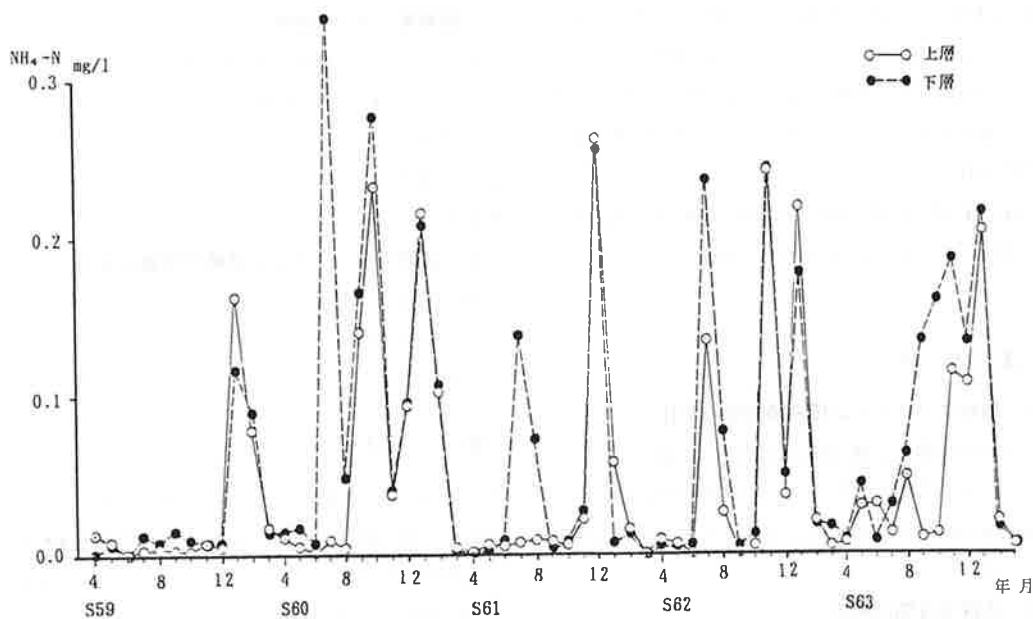


図8 上層と下層のNH₄-Nの経月変化

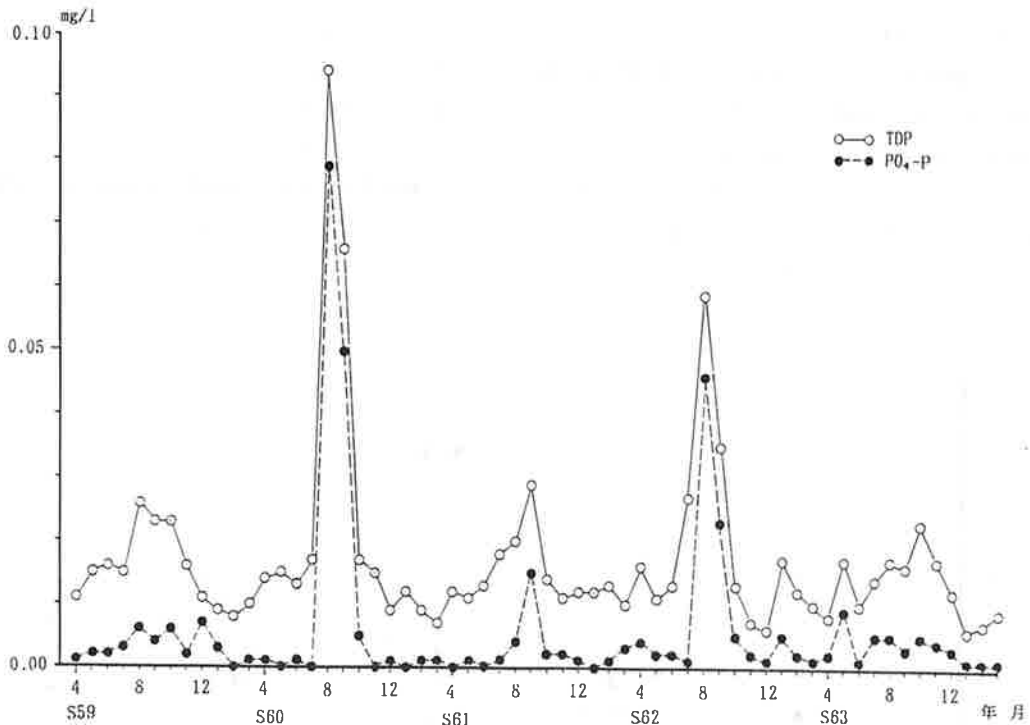


図9 TDP、PO₄-Pの経月変化

月の夏期に底泥からの溶出が認められる。

NO₂-Nは年間を通じて低値を示している。

NO₃-Nは夏期に植物プランクトンにより消費されON、TPNになるが、冬期(11~3月)には最大0.593 mg/lのピークを示している。これは、植物プランクトンの増殖が冬期に衰微するため、消費されずに残存したものと考察される。その起源は外部汚濁であると考察される。

PO₄-Pは、夏期(8~10月)には植物プランクトンの分解と底泥からの溶出と認められるピークを示している。

4 まとめ

(1) 植物プランクトン優占種の経月変化

藍藻類は夏期に、緑藻類は春期に、珪藻類は冬期に優占するなど季節変化を示し、藍藻類の*Microcystis aeruginosa*の異常増殖によるアオコがしばしば発生している。

(2) 水質項目間の関係

植物プランクトンは懸濁態の有機物で、Chl-aと、

懸濁態のP-COD、TPN、TPP、有機態のON、OPの相関係数が0.747~0.953と高値である。

(3) 植物プランクトンの増殖・減衰と懸濁態・有機態窒素・リンの関係

湖水の平均水質はTPN:ONが1:1.54、TPP:OPが1:1.24であるが、植物プランクトンの増殖時・減衰時にはこれらが1:1の割合で増加・減少している。これは植物プランクトンの増殖・減衰によるためと考察される。

(4) 植物プランクトンと無機態窒素の挙動

NO₃-Nは冬期に高値を示すが、これは植物プランクトンの増殖が減衰し、消費されなくなったためと考えられる。その起源は外部汚濁であると判断される。

文献

- (1) 安田満夫、南條吉之、田中賢之助、笈一郎、坂田裕子：湖山池、淡水湖、中海の水質汚濁現象の相違と湖沼の内部生産について、鳥取県衛生研究所報第28号43~55(1988)