

# 湖内水質の定量化について - I

## 浮游物 (SS) とその特性

赤野 誠之・外岡 健夫

### 1 はじめに

植物プランクトンの異常発生に代表される富栄養化現象が問題となっている霞ヶ浦において、昭和 57 年 9 月に施行された『茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例』の意義は大きいものがある。

水産業からみれば、条例施行にともない『霞ヶ浦魚類養殖業指導要綱』等作成され、コイ網いけす養殖からの負荷量の軽減を図るなどの具体的な対応を行わなければならない。ただ、条例施行にともない、すみやかに水質が改善されるとは考えられないことから現状水質において発生する低酸素水塊による網いけす養殖ゴイの斃死対策も考慮しなければならない。

具体的な N・P 負荷の削減は、湖内水質改善のための必要条件であるが、湖内水質改善効果の判定には種々の問題点が予想される。その一つとして、植物プランクトンの現存量についてみる。夏季における異常発生種である藍藻類の *Microcystis* や *Anabaena* などは『水の華』を形成し水面上に集積しやすく、また、吹送流等により移動するため現存量の推定が難しい。湖内水質を COD・BOD・N・P 量により推定するとしても、植物プランクトンの現存量に依存する部分が多いから、植物プランクトンの現存量を正しく把握することが必要となる。

ここでは、昭和 57 年度にフィールド調査を基に植物プランクトンを浮游物 (SS) としてとらえ、その C・N・P などの成分組成を中心として測定し、水質動向把握のための SS の役割について検討する。

### 2 霞ヶ浦における浮游物 (SS) の基準値

昭和 57 年度定期湖沼観測における各観測点の表層水を試水として分析を行なった。分析項目は、SS・VSS・POC・PON・POP の 5 項目とした。分析にあたっては、前処理までは当日中に終了させ、水質変化を最小限に止めた。

水質分析方法は、沓紙 (Whatman GF/C 47mm) を 490℃ で 1 時間処理し、湖水 300cc ~ 50cc 沓過し SS を測定した。SS は 2 回測定し平均値を求めた。VSS は 490℃ で 1 時間処理し SS 中の強熱減量 (I・L) として求めた。沓紙の 1/2 量は C・H・N コーダー (ヤナコ社) により POC・PON を測定した。原水と沓水、また、沓紙の 1/2 量について、二酸化セレン 硫酸液で

分解後、テクニコン、オートアナライザー法により Kjeldahl - NとT-Pを測定した。このため PONは3方法の平均値、POPは2方法の平均値として求めた。

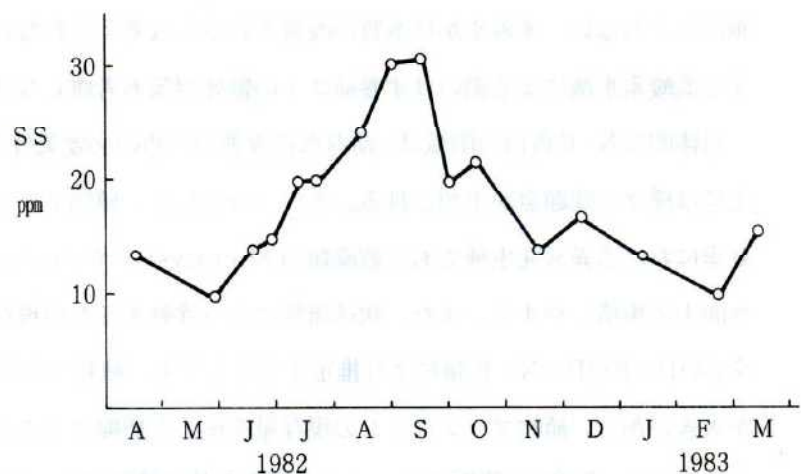
結果を附表-1に示した。調査結果の一部は、昭和57年度定期観測結果と重複している。

昭和57年度の霞ヶ浦のSSは最小値は北浦(馬渡)で昭和58年度1月26日の3.5ppmで最大値は霞ヶ浦(高崎)で昭和57年8月31日の58.9ppmであった。このように変動巾の広いSSであるが、最大値を示したSS 58.9ppmの内容としてVSSが76.1%と有機物量が高く河川等からの無機質の流入が原因しているわけではなく、おもに植物プランクトン量として測定されていると考えられる。

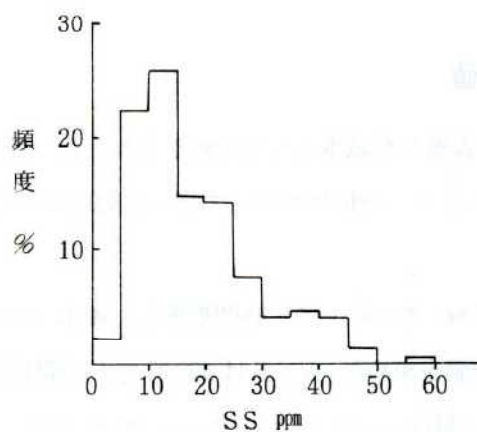
昭和57年度は特に水質の悪化年ではなく、アオコの発生も少ない年であるが、当然のこととして夏期にSSが高い値を示している(第1図)、また、全データの頻度分布(第2図)からSSの分布が正規分布を示さないのは、今回の測定が夏期アオコ発生期に毎月2回行なわれることのほかに、植物プランクトン

の移動・集積による変化が観測されるためと考えるのが適当であろう。全データの基本統計(第1表)としてSSの全平均値は18.3ppm + 10.6と変動し、それぞれの分析項目も変化が大きい。ここで、SS成分として単回帰と相関係数を求める

(第2表)。



第1図 SSの月別変化(全地点平均)



第2図 SSの頻度分布

第1表 基本統計

項目	平均値	標準偏差
SS	18.3	10.6
VSS	11.4	7.9
POC	4.81	3.35
PON	0.79	0.59
POP	0.069	0.041
VSS/SS	0.62	0.15
POC/SS	0.27	0.08
PON/SS	0.042	0.015
POP/SS	0.0040	0.0013
N/P	11.2	5.00
C/N	6.49	1.85

SS成分としては、VSSが相関が高く ( $r = 0.90$ ) 相関の低いPONでも  $r = 0.83$  と高い値を示した。寄与率で69～81%と高く簡単にはSSのみ測定されていれば、その成分の推定値を得ることができる。目安値としては、先の基本統計からSSの62%が有機物量で27%

第2表 単回帰と相関係数 (SS成分)

項目	相関係数	単回帰 ppm
VSS	0.90	$VSS = 0.67 \times SS - 0.96$
POC	0.86	$POC = 0.27 \times SS - 0.10$
PON	0.83	$PON = 0.048 \times SS - 0.091$
POP	0.86	$POP = 0.0032 \times SS - 0.010$

が炭素量となり、N含量は4.2%で粗蛋白量で6.25倍として26.3%となる。PはN量の約1/10量である。国包<sup>1)</sup>によれば1980年4月から1981年3月まで霞ヶ浦4地点の平均値として、SS 19.8 mg/l, VSS 11.2 mg/l, クロロフィルa 86.6  $\mu$ g/l, ATP 5.1  $\mu$ g/l, POC 4.6 mg/l, PON 0.8 mg/l, POP 0.088 mg/lの数値を示している。この数値から昭和55年度のSS組成を求めるとSSの57%が有機物量で23%が炭素量、N含量は4.0%、PはNの1/10となるから、測定地点に北浦が入っていないことや測定方法の相違を考慮すれば、2年後の今回の調査結果と一致している。

ここで、SS成分の年による変化は小さいと考えられるが、水域別にSS成分の変化が認められるか否か検討することにする。

SSの地域別平均値で木原が25.6 ppmと高い値を示しており、霞ヶ浦湖心部で17.6 ppmと低い。北浦を含めると水原の9.8 ppmがSSの最低値となる。その他の項目についても同一傾向を示すのは相関係数からみて当然と云えよう。

一般に植物プランクトンの増殖にN・Pの供給が必要であり、植物プランクトンの現存量の多い地点には、当然その供給が高いことになる。このことから、SSの高い木原と水系が異っているが、SSの低い北浦の水原とのSS成分の比較を行う。方法は平均値の差の検定として有意水準0.025としてF検定・t検定を試みたが、VSS/SS・C/N・N/Pとも有意差が認められなかった。したがって、霞ヶ浦におけるNやPの供給がSSの量的変化をもたらすとしても、質的变化との関係については今回の調査からは言及することができなかった。ここまで、霞ヶ浦のSS成分については、平均的には、地域差を考慮しなくてもよいことになる。逆に言えば、SS成分の変動を読みとるためには、さらに測定方法等の検討が必要になることである。

### 3 植物プランクトン大量発生時のSS成分

霞ヶ浦において、単一の植物プランクトンが異常増殖することがあり、この期間にSS成分がどのように変化しているか調査を行なった。

#### (1) Synedra (珪藻類) 増殖時調査

霞ヶ浦において秋季から春季にかけ北浦湖奥部と高浜入湖奥部で珪藻類の増殖が認められる

ことが多い。

昭和57年春季に高浜でSynedraの異常増殖が発生した。今回のSynedraの発生は例年と異り広範囲であったこと、発生量が20万cells/mlにも達するなど特異な事例であった。

珪藻類の異常発生期間は比較的短期間であり限定された狭い範囲の現象であり、その実態を調査することは難かしいが、今回Synedraの増殖期にSS成分を中心に水質の追跡調査を実施することができた。

調査期間は昭和57年3月24日から5月25日の期間で結果を附表-2に示した。

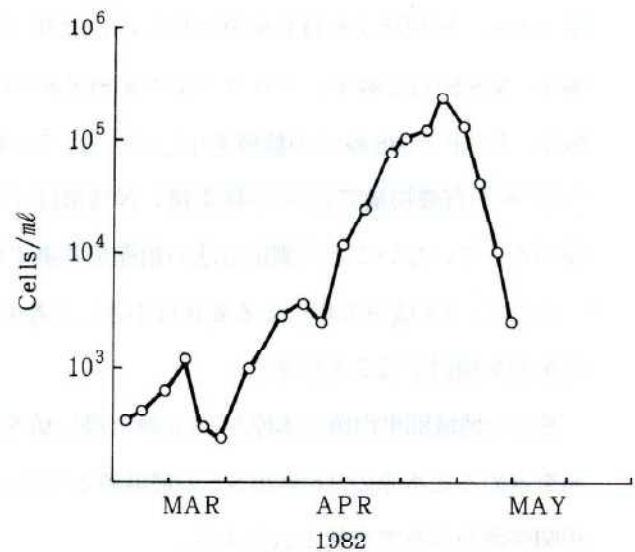
分析方法は、無機態のN・Pをテクニコン・アナライザーにより測定した以外は附表-1の方法と同じである。

Synedraの発生期を内水面水産試験場地先のプランクトン調査結果(岩崎データ)から増殖のピークは4月下旬と考えられる(第3図)。

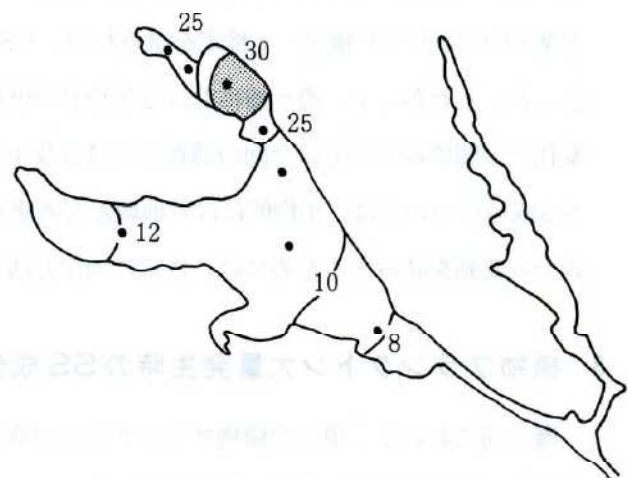
Synedraの現存量の最大は、4月27日の観測で $204 \times 10^3$  cells/mlにも達した。Synedraの発生区域については北浦において調査を実施していないため不明であるが、霞ヶ浦では高浜入に限定される(第4図)。

高浜入での昭和54年以降の珪藻類の優占種をみるとMelosira, Synedraなどで夏期を除き $10 \times 10^3$  cells/ml以上の増殖が認められている(第5図)。このことから、Synedraの発生そのものが今回だけの特異的なものとは考えられないが、その発生域の広がりの特異的であった。ここで、昭和56年秋期からの植物プランクトンの遷移からみるとCyclotellaの増殖後57年1月~2月に急激に透明度が上昇しており、

優占的にSynedraが観測されている。また、57年3月24日定期観測時には高浜入(高崎)



第3図 Synedra発生量

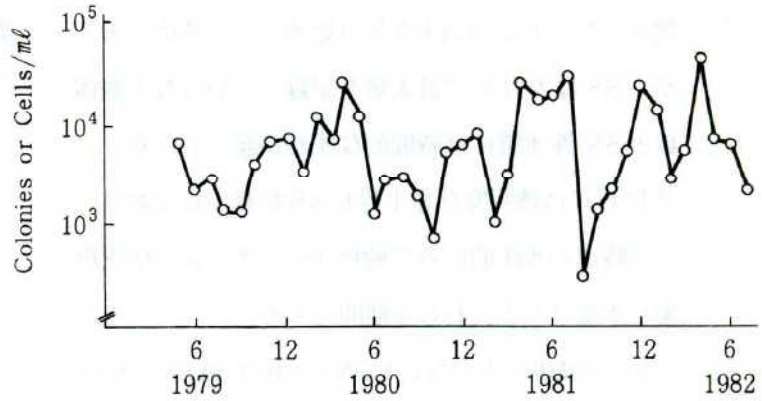


第4図 SSの分布図

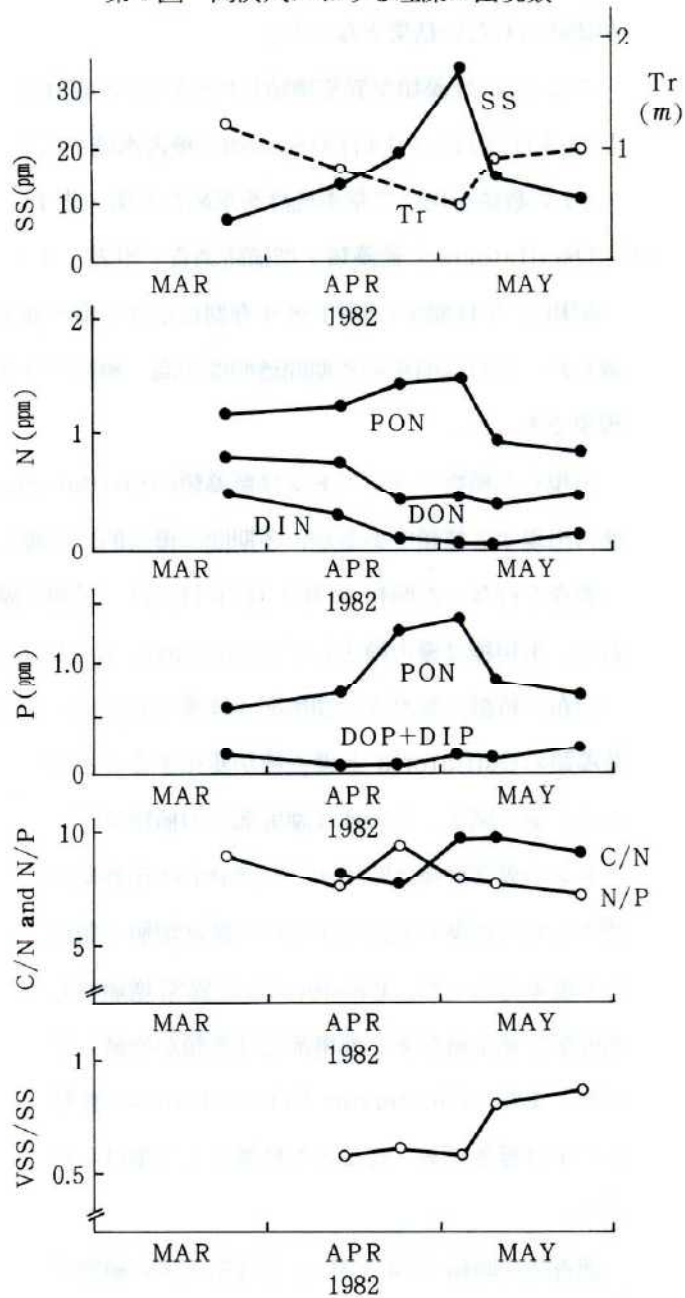
で水色が茶褐色化しており SS も 27.8 ppm と高く湖奥部では3月中に *Synedra* の増殖がすでに起っていたものと推定され、その後4月下旬にかけ発生区域が拡大したものと考えられる。

高浜入における SS・PON・POP の変化(第6図)をみると SS で3月24日の地点から44日目(5月4日)で 7.2 ppm から 34.2 ppm と 4.8 倍, PON で 0.37 ppm から 0.76 ppm と 2.1 倍, POP で 0.042 ppm から 0.124 ppm で 2.95 倍と各々急増している。この期間の *Synedra* の個体数の増加は内水試前で  $1.02 \times 10^3$  cells/ml から  $114 \times 10^3$  cells/ml と 120 倍の増加となっている。水質項目の増加率と比べるとその差が大きい。海区において珪藻類 *Skeletonema costatum* の増殖末期に細胞径の縮小化が認められており<sup>2)</sup> 淡水域においても、同様の現象が起りうるものと考えられる。この様な珪藻類の形態変化については別に検討を行なう必要がある。

5月4日には、すでに植



第5図 高浜入における珪藻の出現数



第6図 高浜入の水質変化

物プランクトンの消失が起り始めている時点であるが、SSは大井戸で最大値を記録しているなど個体数とSS等水質には時間的なずれが起っている。5月10日には透明度が急上昇しSSが減少しており、この時点が水産的にみて植物プランクトンの枯死現象(水変り)と云われる期間である。

SSの減少にともないPON・POPも減少するが、SS成分変化としてC/N・N/Pなどはほとんど変化が認められない結果となった。

ここでは、珪藻類が異常増殖したときのSS成分として、4月23日と5月4日のSynedra 優占水域(st.2~4)の数値を用いて基本統計を求めた(第3表)。

第3表 Synedra 増殖時の基本統計

項目	平均値	標準偏差
SS	30.9	5.87
VSS	17.6	3.66
POC	7.84	1.73
PON	0.97	0.15
POP	0.120	0.035
VSS/SS	0.57	0.016
POC/SS	0.25	0.02
PON/SS	0.032	0.004
POP/SS	0.0038	0.0004
N/P	8.42	1.60
C/N	8.05	1.21

(2) Oscillatoria (藍藻類) 増殖時調査(附表-3)

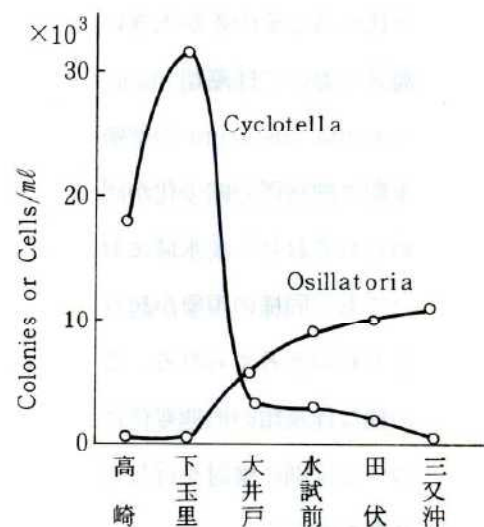
昭和57年秋期から昭和58年春期にかけて霞ヶ浦全域が緑青色を呈し、透明度も低いまま経過した。これは前年の冬期間透明度が高く植物プランクトンの量も少なかったことと対照的な現象であった。

出現した植物プランクトンは藍藻類のOsillatoriaであった。Osillatoriaは霞ヶ浦では普通に出現する種類であるが、冬期間に優占的に出現した記録はない。

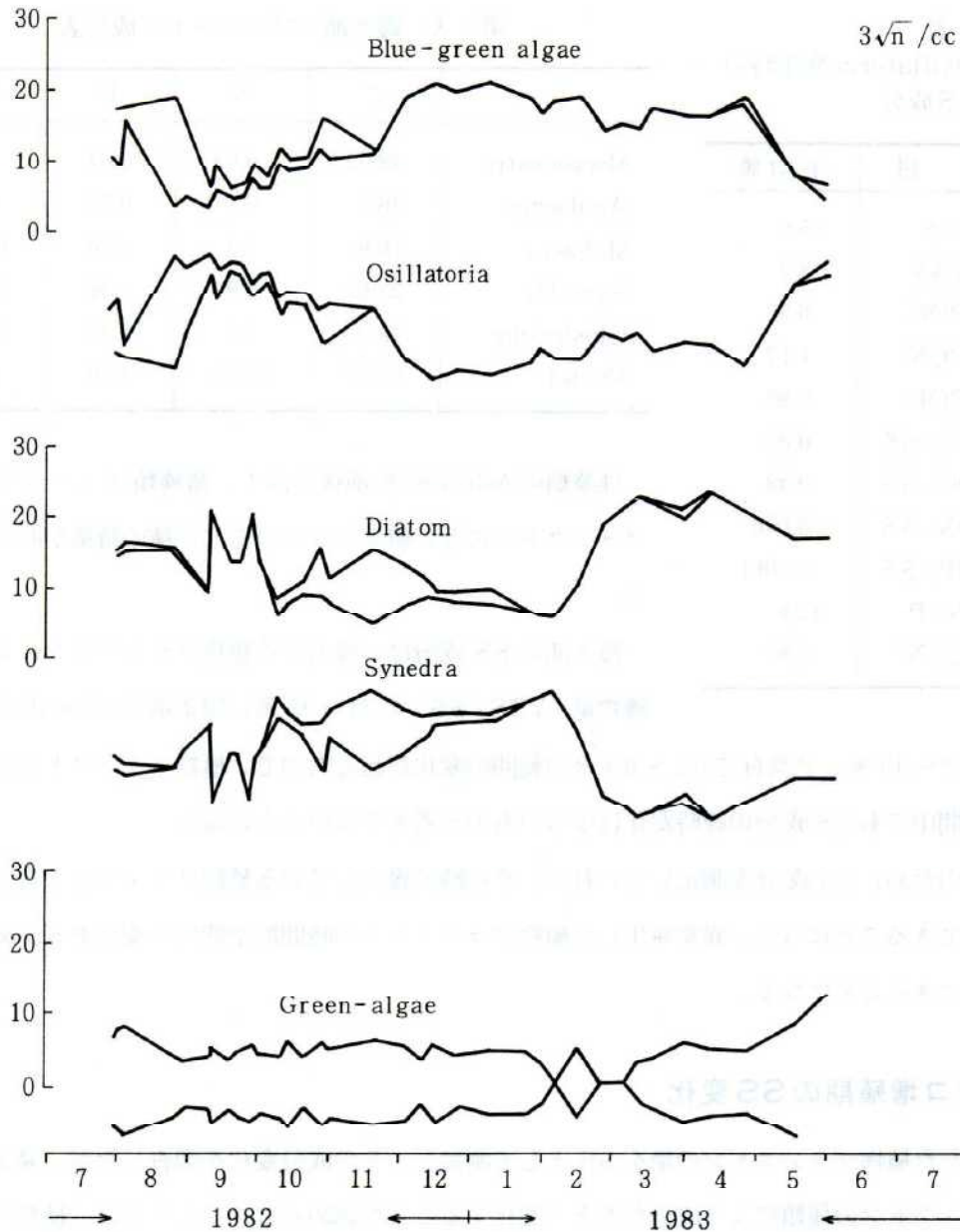
調査を行なった昭和58年1月10日には三又沖(湖心)の透明度は45cmと低い値を示しており、出現種は優占種としてOsillatoria, CyclotellaとSynedraであった。

分布の特徴は高浜入の湖奥部で珪藻のCyclotellaが優占しているが、湖心部に移るに従い藍藻類のOsillatoriaと優占種が変化することである(第7図)。この様な湖尻部での植物プランクトンの異常増殖は昭和48年と昭和54年春期に認められた緑藻のClosteriumの異常増殖と類似した現象であった。Closteriumの異常増殖時も湖尻部で発生量が多く湖奥部で珪藻類が増殖していた。また、ClosteriumとOsillatoriaの増殖した年は暖冬であったことも特徴として挙げられよう。

調査時の昭和58年1月10日は第8図の植物プランクトンの遷移からみてOsillatoriaの優占期



第7図 プランクトン分布



第8図 Osillatoria の増殖期間（高木データ 水試前）

とみられるので、珪藻類の少ない大井戸・水試前・田伏・三又沖の4地点のデータを用いSS成分の平均値を求める。なお、データ数が少ないため標準偏差は除いた（第4表）。

Synedra と Osillatoria のほゞ単一種の異常増殖時のSS成分を比較すると、有機物含有量（VSS/SS）で Synedra で 57%，Osillatoria で 89%と差が認められ、N/PやC/Nにおいても差が認められる。

このことから、SS成分は、その時その場所で優占した植物プランクトン組成により変化する割合が大きいものと考えられる。

ここで、霞ヶ浦の植物プランクトンの成分について、熊丸ら<sup>3)</sup>の分析値をみる（第5表）。

第4表  
Osillatoria 発生時の  
SS成分

項目	平均値
SS	15.6
VSS	14.7
POC	6.28
PON	1.17
POP	0.93
VSS/SS	0.89
POC/SS	0.43
PON/SS	0.076
POP/SS	0.0061
N/P	12.6
C/N	5.60

第5表 霞ヶ浦のプランクトン成分表 (%)

	C	N	P	Ash
Microcystis	48.53	9.93	0.67	7.60
Anabaena	46.3	9.6	0.72	4.84
Melosira	16.6	2.3	0.20	65.54
Syncdra	23.52	2.86	0.38	52.19
Closterium	42.9	5.3	0.35	15.22
Moina	50.02	11.65	1.39	6.94

珪藻類のAshは50%前後と高く、藍藻類は5~8%と動物プランクトンに近い値となっているなど種の特徴が明らかである。

霞ヶ浦のSS成分は、優占する植物プランクトンにより、有機物量(VSS/SS)で34~95%、炭素量で17~49%、N含量で2~10%、P含有で0.2~0.8%の範囲の変化が起るもので、植物プランクトンの異常増殖期間中でもSS成分の経時変化は少ないものと考えてよいことになる。

このため、SS成分を測定していれば、その時に優占している植物プランクトンをおる程度推定できることになり、異常発生した植物プランクトンの時間的空間的な変化をSS成分から推定できることになる。

#### 4 アオコ増殖期のSS変化

発生した植物プランクトンの量をSSとして測定し、その成分変化を調査したが、発生した植物プランクトンの種類により成分が大きく変化することが認められた。ここでは、植物プランクトン量をSSとし測定してあれば、C・N・P量を推定できるものとしておく。

SS成分の測定を行わないとすればルーチンとして観測頻度を多くすることも可能となる。

このような考えかたで、アオコ増殖期(6月~9月)に霞ヶ浦・北浦4地点の表層水における連続観測を行ってみた。結果を附表-4に示した。参考のため昭和55年~昭和58年の4年間のデータとして示した。測定項目は、昭和55年と昭和56年の2年間は透明度とクロロフィルa量のみで、昭和57年と昭和58年の2年間はSSとVSSを加えてある。

昭和57年7月から9月にかけての全観測値の相関をみると全項目にわたり高い相関が認められる(第6表)。

今までの調査と同様にVSSとの相関が高く寄与率で92%であった。Chl-aの寄与率は83%で相関がやはり高い。水産で普通によく測定されている透明度は寄与率64%前後と低いSS



の推定値として使いうる項目であろう。

第9図に昭和57年夏季連続観測結果をchl-aについて示した。

観測地点は木原は土浦入、三又沖は湖心部、大井戸は高浜入をそれぞれ代表させ、北浦は湖奥部を代表するものとして選定したが、chl-aについては地域差が大きく認められ、同一地点においても観測ごとの変動振巾が大きい。

chl-aの測定値の最低は、7月20日の馬渡で4.1 ppbであった。このときはAnabaenaの浮上と急激な消失が観測されており、透明度の上昇、SSの減少をともなった水変り現象の認められた時期で特異な水質状態を示している。

chl-aの最大値は8月9日大井戸地区で670 ppbで、SSも75.6 ppmと高く、VSS/SSも95%であり、SSのほとんどが植物プランクトン量と云えよう。この2日前にはchl-aで181.8 ppbであるから2日間で3.7倍の変化として観測されている。このような変動は湖心部で少なく、土浦入・高浜入で大きい。

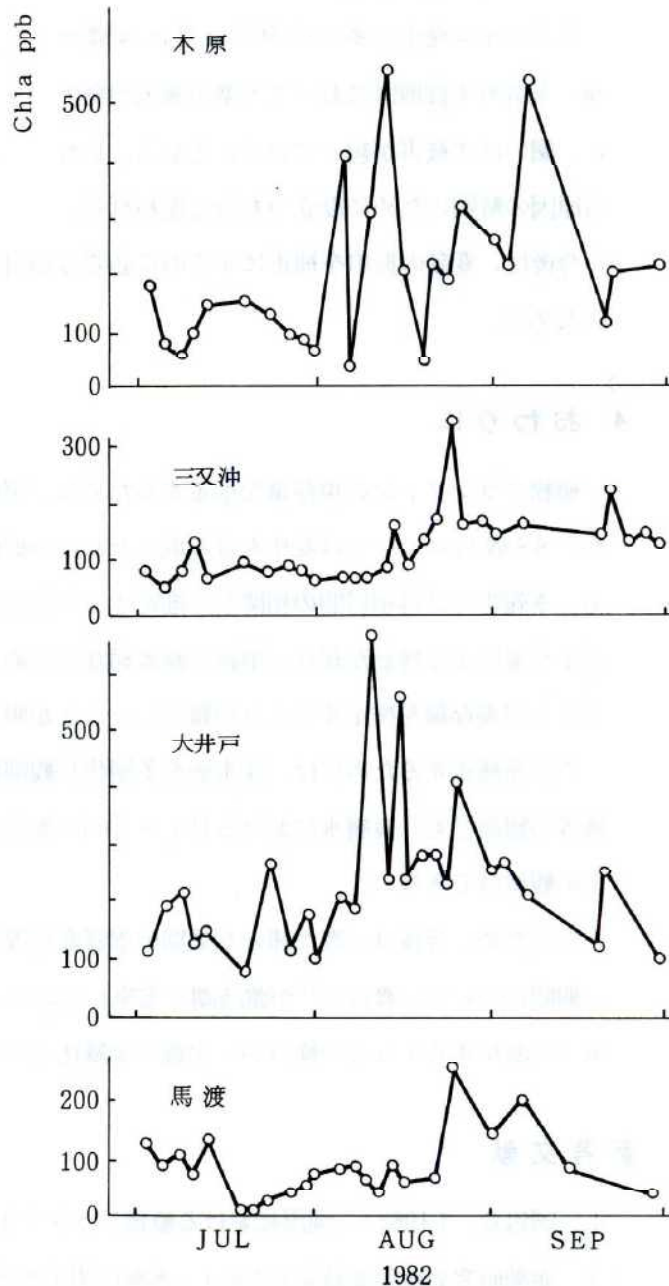
観測時の状況からみて異常値は無風時であり、「水の華」を形成している場所で採水がされているときであり、植物プランクトンの消失等の水変りとしては考えられない。

アオコは風向風力により時々刻々変

第6表 単回帰と相関係数\*

項目	相関係数	回帰式
VSS	0.96	$VSS = 0.81 \times SS - 2.1$
chl-a	0.93	$chl-a = 8.3 \times SS - 70.2$
Tr	-0.77	
log Tr	-0.79	

\* 単位 Tr: cm, chl-a: ppb  
SS・VSS: ppm



第9図 クロロフィルaの変化

化し、移動や集積するものであるから、測定頻度を高めて補整することが今調査の目的であったが、湖心部を除いては変化が大きくSSの現存量の推定値を得ることは難しい結果となった。

しかし、その年の水質の評価は観測頻度を高めることによりある程度可能とはなった。

例えば、第7表に北浦(馬渡)を除いた3地点の7月、8月のクロロフィルa量の平均値を示したが、昭和57年の8月の値が4年間のうちでは高くなっており、アオコの発生の多い年となっていることが解る。

このアオコ発生の多い57年の9月には霞ヶ浦、玉造町牛賀地区において大型の酸欠が発生し、網いけす被害が起っていることから、それら原因の解明のために役立つものと思われる。

今後は、変動の振巾を補正にするのに必要な項目として水層別の水質変化について検討が必要となろう。

第7表 クロロフィルaの年変化  
(霞ヶ浦のみ) ppb

年	7月		8月	
	平均	$\sigma$	平均	$\sigma$
55	87.9	37.9	83.2	33.5
56	100.0	125.0	100.4	85.0
57	114.5	48.8	249.9	135.4
58	134.0	92.9	79.6	82.9

#### 4 おわりに

植物プランクトンの現存量を推定するために、昭和57年度のフルード調査をもとに検討したが、SS成分については変化を読み取るための分析精度の問題や出現種により成分変化が起るため、本報告では各項目間の相関から推定するとしても、夏季アオコ発生期にはアオコの表層への浮上や風による移動が起り、単純に観測頻度を高めるなどの手段では、その水塊での植物プランクトンの現存量を推定することが難しいことが明らかとなった。

これを補正するためには、採水層を多層化し観測地点を密にすればよいが、当水試や公共用水域等の観測でも、表層水における月1~2回の測定が普通であり、地点数についてもある限度以上の観測はできない。

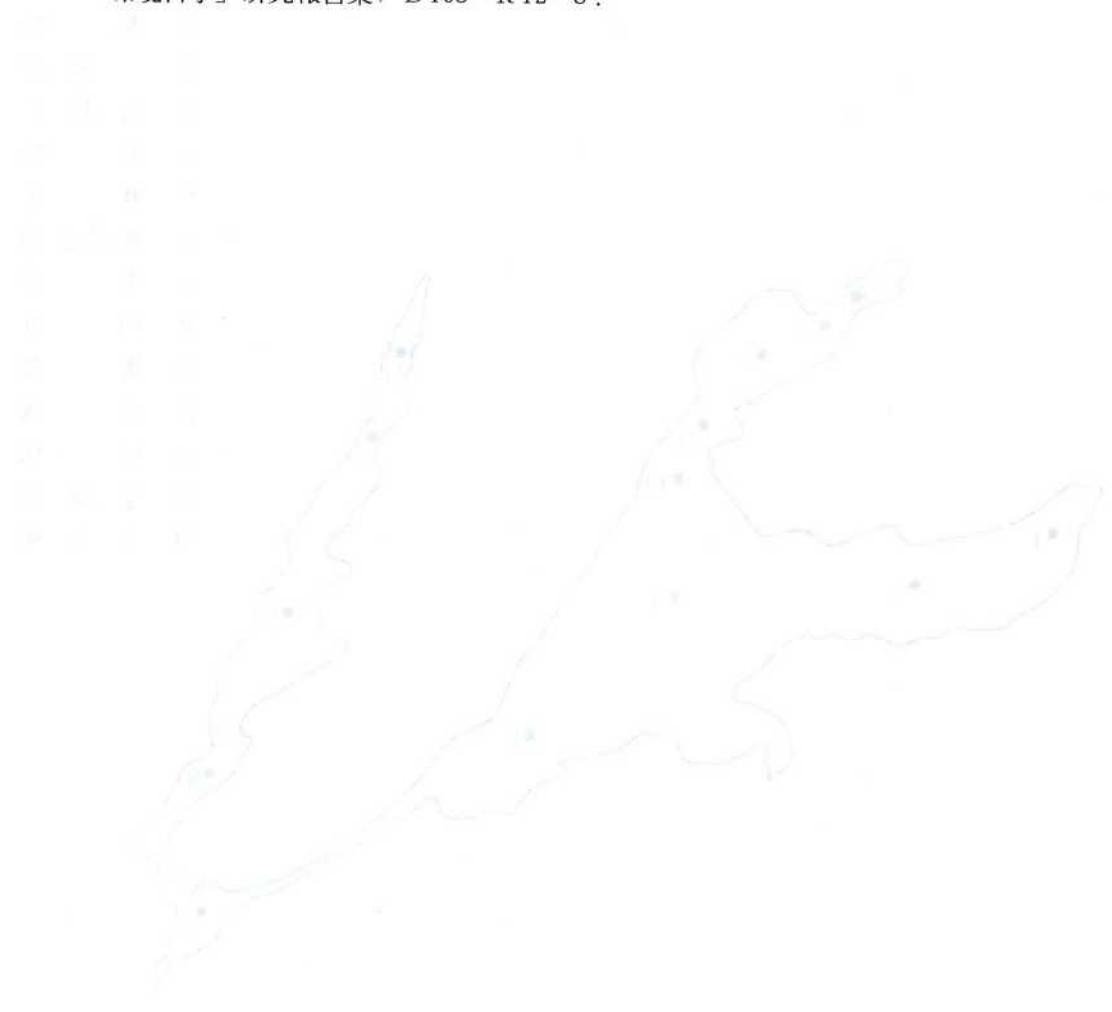
このため、今後は、霞ヶ浦の水深別の水質変化等の調査を行ない、層別や地点別に変化の大きい期間について、渡辺ら<sup>4)</sup>が諏訪湖で実施しているコンポジットサンプル法(各層の試水を一定量づつ混和する)などの検討が、水質の定量化として必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1 国包章一(1983):湖沼における植物プランクトンの増殖に関する研究,プリント印刷.
- 2 赤潮研究会編集委員会(1980):赤潮に関する近年の知見と研究の問題点,水産研究叢書.
- 3 茨城県内水面水産試験場(1983):赤潮対策技術開発試験報告書,ティラピア・ニロチカに

よる自家汚染防止技術開発試験.

- 4 「諏訪湖集水域」研究班(1983): 諏訪湖集水域生態系研究経過報告書, 第9号, 文部省「環境科学」研究報告集, B168-R12-8.





附図 - 1 調査地点略図

附表一 昭和 57 年度 SS 成分測定結果表

単位: mg/l

地点	月日 項目	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	1	2	3	
		14.15	25.26	17.19	28.29	12.13	21.22	12.13	31.9/1	14.16	28.29	13.15	18.19	9.10	12.13	25.26	16.22	
沖宿	SS	16.4	7.1	19.0	21.2	19.7	40.8	39.0	30.4	38.0	28.9	44.2	14.4	25.9	10.0	9.6	18.6	24.0±11.8
	VSS	7.0	5.4	15.3	17.2	10.9	32.1	26.3	24.8	19.8	19.7	34.7	7.5	17.0	5.0	7.1	8.5	
	POC	3.01	2.14	6.45	8.29	4.49	11.24	11.14	12.16	8.26	8.89	15.01	3.03	7.27	1.92	2.64	3.75	
	PON	0.48	0.28	1.12	1.35	0.79	1.56	1.14	2.23	1.41	1.52	2.49	0.51	1.27	0.28	0.43	0.62	
	POP	0.054	0.033	0.064	0.069	0.060	0.088	0.079	0.132	0.119	0.093	0.140	0.059	0.086	0.038	0.047	0.065	
木原	SS	10.2	6.8	17.1	23.4	31.6	25.8	42.4	44.1	37.1	33.0	40.4	21.2	26.2	22.0	9.7	18.7	25.6±11.7
	VSS	5.3	3.4	14.5	18.7	18.7	17.4	33.9	37.9	20.3	22.2	32.4	10.3	16.6	16.5	8.1	10.4	
	POC	2.90	2.11	6.24	8.04	4.04	6.66	13.42	11.21	7.06	9.81	14.26	4.43	7.41	6.78	3.33	4.38	
	PON	0.32	0.33	1.17	1.45	1.15	0.96	1.83	2.06	1.42	1.68	2.04	0.76	1.37	1.07	0.52	0.74	
	POP	0.029	0.032	0.070	0.081	0.083	0.072	0.094	0.116	0.131	0.099	0.095	0.072	0.092	0.085	0.042	0.072	
三叉沖	SS	10.7	7.1	11.7	13.3	10.0	11.7	16.1	26.4	30.5	18.9	38.2	21.4	20.4	20.8	10.7	14.3	17.6±8.43
	VSS	4.9	6.2	9.2	8.6	7.3	8.2	11.4	19.5	16.2	12.9	32.9	13.3	15.4	18.0	8.3	10.3	
	POC	1.78	2.38	3.94	3.49	2.89	2.79	4.23	8.02	6.22	5.54	16.09	5.89	7.00	7.09	4.63	4.10	
	PON	0.25	0.30	0.62	0.60	0.55	0.47	0.67	1.58	1.10	0.86	2.47	1.08	0.89	1.12	0.78	0.69	
	POP	0.027	0.035	0.070	0.050	0.035	0.040	0.064	0.121	0.103	0.066	0.148	0.106	0.086	0.108	0.054	0.047	
大井戸	SS	13.8	11.0	20.0	16.8	27.2	38.8	37.2	48.3	38.4	27.9	11.0	12.2	23.7	14.3	15.3	20.9	23.6±11.7
	VSS	7.6	8.6	15.4	8.6	20.2	31.7	28.6	31.9	11.7	15.6	6.4	7.4	14.6	11.8	10.1	13.1	
	POC	3.89	2.80	6.74	3.55	8.65	14.01	11.28	13.91	3.87	6.33	3.38	3.67	6.66	4.89	4.19	5.79	
	PON	0.50	0.32	1.31	0.60	1.44	2.65	1.62	2.56	0.65	0.98	0.43	0.64	1.02	0.75	0.65	0.82	
	POP	0.067	0.048	0.119	0.091	0.133	0.200	0.162	0.210	0.094	0.062	0.046	0.064	0.094	0.072	0.053	0.063	
高崎	SS	36.1	12.7	20.8	15.3	33.3	24.7	46.1	58.9	21.6	12.6	9.6	10.6	18.0	12.3	15.5	25.1	23.3±13.9
	VSS	19.0	7.7	17.9	10.7	23.9	11.4	35.4	44.8	5.3	5.2	3.2	3.6	6.9	7.6	8.9	6.8	
	POC	7.94	3.17	9.27	5.10	10.22	5.91	13.96	19.96	1.74	2.16	1.56	1.34	2.16	2.68	4.03	2.61	
	PON	1.87	0.49	1.70	0.87	1.80	1.13	2.17	3.82	0.52	0.26	0.08	0.22	0.28	0.35	0.60	0.36	
	POP	0.192	0.066	0.181	0.094	0.164	0.129	0.154	0.296	0.096	0.034	0.037	0.056	0.057	0.056	0.058	0.077	
麻生	SS	9.2	8.1	13.7	20.2	13.0	19.5	14.9	19.2	29.9	15.6	24.0	19.0	20.8	26.7	13.9	21.1	18.1±5.95
	VSS	4.7	6.8	9.4	12.4	8.0	10.8	10.2	13.5	15.2	11.1	20.0	11.8	14.7	21.4	11.2	10.5	
	POC	2.40	2.61	7.84	5.17	3.28	4.94	3.69	5.25	6.38	4.66	7.97	5.89	6.33	7.59	4.49	5.88	
	PON	0.31	0.32	0.90	0.85	0.60	0.78	0.57	1.23	1.23	0.80	1.34	1.00	1.25	1.27	0.82	0.85	
	POP	0.032	0.034	0.066	0.076	0.040	0.081	0.049	0.105	0.101	0.060	0.089	0.078	0.103	0.114	0.070	0.071	
外浪逆浦	SS	14.7	12.7	15.0	13.6	17.2	15.9	29.3	22.4	23.0	19.9	28.6	22.0	23.5	21.7	15.8	17.8	19.6±5.07
	VSS	6.8	8.0	6.0	6.9	8.9	6.4	21.1	7.3	10.4	7.9	12.6	13.9	16.5	17.3	12.1	10.2	
	POC	3.01	3.49	2.64	3.01	3.68	1.01	3.90	2.17	3.83	2.71	5.41	6.12	7.13	6.71	4.70	1.61	
	PON	0.55	0.48	0.39	0.47	0.41	0.21	0.59	0.57	0.60	0.53	0.91	1.01	1.10	1.01	0.80	0.48	
	POP	0.040	0.054	0.037	0.050	0.033	0.048	0.057	0.062	0.079	0.068	0.076	0.085	0.075	0.095	0.083	0.061	
水原	SS	8.8	10.9	9.8	6.4	7.8	12.0	9.4	12.9	21.5	14.4	7.4	7.3	7.2	5.6	5.9	9.5	9.8±4.02
	VSS	5.5	7.5	6.9	5.1	6.1	4.8	4.6	6.2	10.9	6.9	4.5	4.8	5.6	-	3.3	6.2	
	POC	2.60	2.62	3.07	2.23	2.66	2.32	1.79	3.04	3.73	2.64	2.38	2.36	2.71	2.11	1.64	1.77	
	PON	0.47	0.42	0.61	0.39	0.30	0.35	0.24	0.45	0.65	0.46	0.32	0.24	0.39	0.32	0.55	0.29	
	POP	0.018	0.052	0.052	0.036	0.020	0.021	0.029	0.040	0.081	0.039	0.026	0.031	0.026	0.027	0.021	0.026	
白浜	SS	8.8	8.4	8.6	10.2	17.8	9.8	9.4	13.6	32.4	16.6	14.4	6.0	7.2	6.3	5.5	9.4	11.5±6.66
	VSS	4.9	5.9	6.7	9.2	15.8	4.0	4.7	6.5	11.5	7.9	10.7	4.3	5.1	6.0	3.6	6.3	
	POC	2.03	2.82	3.40	3.74	6.31	1.53	2.06	3.23	4.15	3.12	5.22	1.67	2.32	2.06	1.64	2.64	
	PON	0.35	0.46	0.56	0.44	1.03	0.23	0.28	0.46	0.88	0.53	0.64	0.24	0.39	0.31	0.21	0.34	
	POP	0.019	0.069	0.055	0.039	0.020	0.022	0.031	0.042	0.087	0.044	0.042	0.031	0.033	0.031	0.016	0.027	
馬渡	SS	7.4	10.1	9.8	10.6	27.9	12.8	11.2	20.7	39.8	16.4	20.1	6.6	6.3	3.5	5.0	7.2	13.5±9.63
	VSS	6.1	5.9	6.2	7.1	10.6	5.3	5.6	14.4	18.3	8.3	14.9	3.2	3.0	-	2.7	3.9	
	POC	3.10	3.14	3.28	3.07	9.59	1.29	2.28	4.52	6.38	2.88	7.05	1.43	1.32	1.08	1.29	2.73	
	PON	0.43	0.48	0.69	0.33	1.71	0.21	0.39	0.86	1.02	0.57	0.78	0.19	0.23	0.15	0.17	0.25	
	POP	0.033	0.068	0.098	0.048	0.100	0.044	0.047	0.085	0.117	0.059	0.072	0.025	0.025	0.015	0.022	0.029	
高田	SS	11.7	11.2	11.0	13.2	11.2	7.1	11.0	40.9	32.4	10.7	3.5	9.6	7.8	5.8	4.9	10.2	12.6±9.88
	VSS	7.9	7.0	6.2	5.7	8.6	2.8	5.0	16.1	11.1	4.4	2.4	3.6	2.9	3.9	2.2	3.6	
	POC	3.83	3.20	2.98	2.65	4.33	1.86	2.09	7.75	3.89	-	1.50	1.33	1.45	1.18	0.98	4.07	
	PON	0.68	0.68	0.63	0.37	0.68	0.19	0.23	1.20	0.42	1.33	0.19	0.25	0.28	0.21	0.13	0.28	
	POP	0.060	0.081	0.081	0.070	0.067	0.041	0.046	0.117	0.071	0.043	0.018	0.044	0.025	0.026	0.026	0.034	

附表-2 Synedra 増殖時調査測定結果表

	1982	SS	VSS	POC	PON	POP	DON	DOP	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> ・NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub>	Tr
	月日	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	cm
高崎	3.24	27.8	-	-	1.16	0.156	0.35	0.002	0.08	0.47	0.014	9.62	50
	4.14	36.1	19.0	7.94	1.19	0.192	0.44	0.017	0.04	0.11	0.002	2.72	45
	4.23	21.0	11.5	5.52	1.02	0.097	0.47	0.009	0.02	1.85	0.012	5.04	-
	5.4	35.0	17.0	7.18	1.08	0.154	0.46	0.016	0.08	0.57	0.009	-	40
	5.10	20.4	13.8	6.14	0.87	0.075	0.53	0.042	0.02	0.09	0.008	0.69	80
	5.25	12.7	7.7	3.17	0.49	0.066	0.42	0.027	0.13	0.02	0.001	5.43	80
下玉里	3.24												
	4.14												
	4.23	23.4	12.6	5.61	0.86	0.081	0.46	0.004	0.01	0.70	0.004	2.13	-
	5.4	30.0	22.5	9.63	1.24	0.176	0.44	0.010	0.01	0.11	0.004	-	30
	5.10	18.2	12.3	6.17	0.72	0.076	0.40	0.038	0.01	0.01	0.007	0.21	80
	5.25												
大井戸	3.24	7.2	-	-	0.37	0.042	0.32	0.003	0.06	0.39	0.011	6.09	120
	4.14	13.8	7.6	3.89	0.50	0.067	0.45	0.001	0.02	0.27	0.001	1.67	80
	4.23	28.8	16.6	7.70	1.01	0.105	0.37	0.005	0.01	0.03	0.003	0.43	-
	5.4	34.2	19.2	9.70	1.02	0.124	0.40	0.009	0.01	0.01	0.003	-	50
	5.10	14.7	10.8	5.10	0.54	0.072	0.36	0.008	0.01	0.01	0.004	0.29	90
	5.25	11.0	8.6	2.80	0.32	0.047	0.35	0.023	0.11	0.01	0.001	5.42	100
水試前	3.24												
	4.14												
	4.23	25.9	14.6	6.07	0.82	0.093	0.37	0.005	0.01	0.01	0.002	0.62	-
	5.4	34.1	19.9	8.34	0.88	0.139	0.40	0.008	0.01	0.01	0.002	-	50
	5.10	16.0	11.8	4.93	0.53	0.067	0.39	0.011	0.01	0.01	0.004	0.33	100
	5.25												
田伏	3.24												
	4.14												
	4.23	11.7	6.8	3.69	0.44	0.043	0.37	0.003	0.01	0.01	0.002	2.38	-
	5.4	24.9	13.1	5.45	0.64	0.086	0.31	0.005	0.01	0.01	0.005	-	60
	5.10	16.3	12.0	4.82	0.53	0.069	0.37	0.010	0.01	0.01	0.004	0.09	100
	5.25												
三又沖	3.24	5.8	-	-	0.21	0.020	0.34	0.008	0.08	0.32	0.008	4.55	160
	4.14	10.7	4.7	1.78	0.25	0.019	0.46	0.010	0.02	0.48	0.002	1.17	100
	4.23	9.3	5.9	2.66	0.36	0.033	0.44	0.006	0.01	0.01	0.002	2.98	-
	5.4	17.0	9.5	4.45	0.50	0.043	0.38	0.007	0.01	0.01	0.002	-	85
	5.10	13.0	5.2	4.37	0.38	0.045	0.43	0.010	0.01	0.01	0.003	0.19	100
	5.25	7.1	6.2	2.38	0.30	0.036	0.27	0.017	0.13	0.02	0.002	0.95	130
麻生	3.24	7.6	-	-	0.21	0.023	0.48	0.009	0.04	0.39	0.007	6.74	155
	4.14	9.2	4.7	2.40	0.31	0.032	0.50	0.016	0.02	0.21	0.001	1.17	90
	4.23	7.6	3.8	2.00	0.25	0.025	0.49	0.007	0.02	0.06	0.002	3.68	-
	5.4	14.2	8.6	3.56	0.46	0.038	0.38	0.009	0.01	0.01	0.002	-	60
	5.10	10.9	7.8	3.70	0.36	0.037	0.35	0.005	0.01	0	0.002	0.94	120
	5.25	8.1	6.8	2.61	0.31	0.034	0.37	0.017	0.16	0.50	0.002	0.76	110
木原	3.24	15.5	-	-	0.24	0.033	0.39	0.015	0.04	0.03	0.005	4.38	100
	4.14	10.2	5.3	2.90	0.32	0.029	0.42	0.012	0.02	0.28	0.001	1.58	100
	4.23	11.8	5.8	3.12	0.39	0.034	0.46	0.004	0.01	0.02	0.003	3.17	-
	5.4	24.7	16.8	4.55	0.51	0.045	0.37	0.005	0.01	0.01	0.003	-	70
	5.10	18.0	12.2	6.06	0.53	0.054	0.34	0.005	0.01	0	0.002	0.22	80
	5.25	6.8	3.4	2.11	0.33	0.031	0.28	0.014	0.11	0.04	0.003	0.69	140

附表-3 Osillatoria 増殖時調査測定結果表

S58, 1.10 AM9:50 ~ AM10:30

項目 地点	水温	DO	Tr	SS	VSS	POC	PON	POP	DON	DOP	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> ・ NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Chl-a			
	°C	ppm	cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	Cyclotella	Csillatoria	Synedra
高崎			70	12.2	9.1	3.51	0.56	0.067	0.43	0.061	0.07	1.58	0.006	46.1	18.0×10 <sup>3</sup>	20	60
下玉里			65	15.6	9.7	3.93	0.76	0.048	0.45	0.044	0.02	1.02	0.004	68.3	31.7×10 <sup>3</sup>	180	200
大井戸			70	11.8	11.3	4.55	0.30	0.056	0.42	0.054	0.01	0.54	0.002	50.2	2.9×10 <sup>3</sup>	6.2×10 <sup>3</sup>	60
水試前 0 m	6.5	11.9	55	16.4	14.1	5.75	1.15	0.092	0.17	0.090	0.02	0.41	0.002	76.4	3.4×10 <sup>3</sup>	9.1×10 <sup>3</sup>	40
" 3 m	6.5	11.3	-	15.9	12.7	5.80	0.32	0.092	0.43	0.081	0.02	0.43	0.011	73.9	-	-	-
" 5 m	6.4	11.1	-	14.7	12.9	6.24	0.96	0.094	0.54	0.093	0.02	0.38	0.001	82.2	-	-	-
田伏			45	14.6	-	7.34	1.59	0.118	0.60	0.108	0.01	0.24	0.010	101.9	2.2×10 <sup>3</sup>	10.6×10 <sup>3</sup>	720
三叉沖			45	18.6	17.4	8.00	1.69	0.104	0.50	0.103	0.01	0.07	0.001	93.8	480	10.1×10 <sup>3</sup>	240

\* 個体又は群体数 /cc

附表4-1 昭和55年夏季プランクトン調査 測定結果表

地 点 項目 月日	木 原				三 又 沖				大 井 戸				馬 渡			
	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm
6. 12					90	-			80	-						
13													80			
16	60	43.7			70	63.4			50	221.0			70	86.0		
19	55	57.0			85	47.1			70	118.0			80	77.3		
23	100	41.2			140	31.1			60	214.0			70	105.0		
24					120	32.1										
25	90	30.0			110	36.0			70	68.2						
26														92.0		
28													110	50.0		
7. 1					100	52.3			70	89.1			70	24.8		
3	70	40.0			60	29.0			50	140.0			55	16.9		
5	65	51.8			100	50.6			65	151.0			70	37.6		
10	100	61.6			100	43.4			70	167.0						
11													100	36.7		
14	90	58.6			105	42.1			75	86.7			90	66.7		
17	60	83.7			90	76.9			50	98.3			100	97.7		
19	80	146.0			80	87.9			100	98.2						
21					110	47.9							90	45.3		
23	80	102.0			100	58.0			50	177.0			105	78.1		
26	80	80.9			90	69.0			60	107.0			110	67.6		
28	80	82.7			100	81.6			60	96.5			100	83.5		
30	50	127.0			60	111.0			50	107.0			90	67.6		
8. 2	70	116.0			60	94.9			60	85.5			90	64.6		
6	80	52.5			90	74.8			60	98.6			100	111.0		
9	60	63.1			80	-			50	89.5			95	63.2		
11	65	81.2			100	66.9			70	-						
14	90	77.6			100	52.4			110	66.5						
16	85	83.9			110	58.6			80	74.1			70	70.3		
18	55	225.0			100	80.2			60	110.0			100	77.3		
20	50	155.0			120	53.2			50	148.0			100	68.3		
27					90	49.4			50	114.0						
29	50	78.2			90	65.7			40	166.0						
9. 1	50	142.0			110	58.2			50	233.0			100	54.4		
5					100	60.3			30	222.0			100	59.4		
9	40	116.0			90	66.8							110	167.0		



附表4-2 昭和56年 夏季プランクトン調査測定結果表

項目 月日	木 原				三 又 沖				大 井 戸				馬 渡			
	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm
6. 15													105	86.1		
16	80	54.9			100	71.9			80	90.5						
24													130	24.3		
26	100	22.8			100	52.7			80	61.3						
7. 6													180	23.6		
8	60	39.3			100	52.1			90	80.6						
13	70	23.6			100	28.6			70	46.3			120	11.7		
15	70	22.9			110	25.2			90	20.0			140	11.0		
16	70	88.9			125	26.9			80	55.8			150	7.82		
18	60	35.0			140	28.6			35	63.6			140	16.2		
20	80	62.9			135	28.2			50	112.0			110	26.4		
21													90	30.0		
22	70	384.0			70	55.3			40	104.0			100	35.5		
25	60	122.0			110	49.8			40	270.0			90	36.7		
27	70	45.8			105	77.0			65	86.2			100	30.6		
29	50	496.0			90	431.0			80	45.2			130	24.5		
8. 1	40	165.0			80	68.8			50	125.0						
5	60	47.9			90	60.8			50	133.0			100	69.5		
6	70	433.0			100	42.5			55	167.0			80	69.5		
8	80	116.0			100	34.1			60	106.0			75	79.7		
13	70	86.0			100	71.5			50	80.8			100	56.6		
15	50	81.3			80	52.2			50	90.6						
24	30	37.0			50	63.3			35	57.5			100	35.2		
29													100	37.8		
9. 2	60	39.2			110	53.2										

附表 4-3 昭和 57 年夏季プランクトン調査測定結果表

項目 月日	木 原				三 又 沖				大 井 戸				馬 渡			
	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr ppm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm
7. 2	80	182.0			110	79.5			100	111.0			110	121.0		
5	90	78.5	18.2	14.7	100	45.8	11.2	9.8	70	191.0	33.8	25.5	90	90.5	16.3	9.7
8	80	59.4	14.3	11.1	100	77.1	13.6	10.6	50	213.0	37.2	30.4	80	106.0	16.7	10.6
10	80	100.0	18.5	15.1	110	129.0	11.9	-	75	126.0	23.2	18.7	100	78.2	12.6	9.8
12	50	147.0	31.6	18.7	100	60.7	10.0	7.3	60	145.0	27.2	20.2				
13													80	137.0	24.5	21.3
19	65	149.0	22.6	17.0	80	94.4	12.9	10.2	60	73.4	20.2	15.3	140	7.2	4.0	3.7
20													140	4.1	5.6	3.7
21													140	-	12.8	5.3
22	60	-	25.8	17.4	110		11.7	8.2			38.8	31.7				
23	-	125.0	-	-	-	70.5	-	-	50	268.0	-	-	100	25.1	5.9	-
27	100	93.9	18.5	11.6	110	83.8	16.5	9.5	80	110.0	20.2	14.0	100	35.3	11.9	5.6
29	75	86.7	16.9	-	130	73.7	12.8	-	60	175.0	27.4	-	100	57.2	10.2	-
31	80	70.1	19.0	13.5	100	65.9	14.3	10.5	70	101.0	21.7	16.3	100	69.7	12.7	6.3
8. 5	40	411.0	54.4	-	90	66.5	27.5	-	50	207.0	56.4	-	90	86.4	22.9	-
7	70	36.4	26.2	18.6	90	67.2	17.1	10.9	60	182.0	25.9	20.5	90	84.6	19.5	8.7
9	20	312.0	50.0	42.9	100	62.7	14.0	10.4	30	670.0	75.6	71.5	95	66.5	12.2	8.1
12													100	42.0	11.2	5.6
13	50	341.0	42.4	33.9	105	82.4	16.1	11.4	40	231.0	37.2	28.6				
14	40	555.0	68.3	62.3	110	158.0	24.6	21.6	30	568.0	66.0	61.2	80	85.8	15.0	8.3
16	70	204.0	26.8	22.4	110	88.4	11.6	10.1	60	231.0	28.4	24.1	120	66.9	12.4	6.1
19	50	44.9	35.1	32.7	70	138.0	24.2	22.2	40	278.0	51.9	44.8				
21	30	215.0	33.4	28.3	70	168.0	27.4	24.0	50	284.0	47.7	38.2	80	70.0	15.4	8.8
23	40	200.0	30.2	26.3	50	345.0	47.0	45.8	40	226.0	40.6	30.8	70	252.0	25.8	18.9
25	35	320.0	40.1	37.0	55	167.0	27.8	25.1	30	417.0	66.1	55.0				
31	50	260.0	41.4	37.9	70	171.0	26.4	19.5	35	264.0	48.3	31.9				
9. 1													60	141.0	20.7	14.4
2	50	222.0	35.0	28.6	50	150.0	25.1	21.3	30	266.0	53.2	35.0				
6	50	543.0	84.7	55.5	65	170.0	22.7	15.3	30	210.0	29.0	20.5	45	201.0	37.0	23.0
14													-	90.5	32.4	18.3
16	-	-	37.1	20.3	-	-	30.5	16.2			38.4	11.7				
20	45	117.0	29.7	17.1	50	151.0	26.5	15.6	50	118.0	33.7	18.1				
21	45	203.0	36.5	23.5	60	226.0	33.5	24.3	55	254.0	45.9	29.7				
24					75	131.0	23.9	13.6								
27					55	143.0	29.2	16.9								
28													-	33.7	16.4	8.3
29	50	218.0	33.0	22.2	75	128.0	18.9	12.9	50	100.0	27.9	15.6				

附表4-4 昭和58年夏季プランクトン調査測定結果表

地 点 項目 月日	木 原				三 又 沖				大 井 戸				馬 渡			
	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm	Tr cm	Chla ppb	SS ppm	VSS ppm
6. 21	80	102.0	14.5	10.2	50	82.2	11.3	8.2	50	313.0	28.3	22.8	90	165.0	17.4	12.2
6. 23	50	154.0	19.5	11.0	80	128.0	12.9	9.1	40	739.0	54.9	52.6				
6. 25													80	167.0	25.1	18.3
6. 27													80	206.0	19.1	10.7
6. 29	50	150.0	28.7	25.1	80	66.0	13.4	11.3	90	61.0	14.2	11.3				
7. 1	70	67.0	18.1	14.6	95	59.0	14.0	11.8	60	133.0	20.4	16.0	70	146.0	25.8	16.6
7. 4	30	453.0	54.4	47.5	75	71.1	12.1	9.0	40	264.0	32.5	25.8	70	171.0	23.0	14.0
7. 6	50	157.0	-	-	90	78.3	-	-	70	188.0	-	-	40	1540.0	-	-
7. 9	50	106.0	22.0	13.7	120	52.7	10.1	8.4	75	135.0	22.3	15.0	80	98.0	22.1	11.3
7. 13	50	85.9	22.5	14.7	95	75.7	9.9	8.2	50	187.0	27.1	21.8				
7. 14													80	88.9	14.0	7.3
7. 18	70	66.9	18.0	9.0	80	109.0	14.5	12.5	60	210.0	27.0	22.6	100	76.4	16.9	8.6
7. 25	70	84.4	18.7	15.4	90	47.9	13.8	13.5	40	298.0	52.1	50.7	130	56.2	11.1	7.9
7. 26	70	91.3	16.9	15.6	80	73.5	10.8	10.4	50	211.0	29.8	27.0				
7. 27													125	52.5	9.2	7.3
7. 30	70	92.8	17.5	16.2	85	51.5	9.4	9.4	50	175.0	27.8	25.5				
8. 1													70	157.0	28.2	26.1
8. 3	60	55.7	20.5	11.0	90	58.4	13.2	10.4	70	157.0	27.8	23.5	65	84.4	21.9	14.6
8. 6	80	47.9	13.5	11.6	100	61.3	11.1	10.9	50	125.0	27.9	25.0	60	92.4	29.3	20.2
8. 8	65	56.0	13.0	9.8	100	56.9	11.5	10.9	60	91.4	20.1	18.9	50	275.0	46.1	40.4
8. 10	60	71.8	25.0	11.0	100	58.8	9.3	8.8	60	107.0	20.0	17.9				
8. 11													55	123.0	27.6	19.7
8. 13	70	107.0	20.5	16.7	100	42.2	8.4	7.8	50	25.1	25.1	22.0	30	545.0	69.6	63.1
8. 20	50	20.0	27.1	10.6	70	32.3	14.4	8.5	45	125.0	25.9	19.3	45	171.0	69.6	26.9
8. 22	50	61.9	36.4	14.9	90	26.1	13.3	7.9	40	454.0	53.1	47.6	40	503.0	45.8	38.0
8. 27	50	19.0	34.4	8.2	70	31.3	16.0	6.9	70	56.0	23.8	12.5	50	140.0	29.5	19.4
8. 31	60	28.2	24.0	15.0	65	92.2	27.0	22.0	60	83.1	28.7	23.1	65	87.3	24.5	20.8
9. 2	50	183.0	42.8	32.1	120	84.3	20.1	17.1	50	223.0	50.7	40.2				
9. 3	20	1130.0	185.0	172.0	100	458.0	11.2	8.1	50	270.0	48.3	41.4	50	168.0	37.7	32.5
9. 5	60	111.0	20.0	14.7	100	142.0	9.3	6.9	55	63.4	28.3	24.8	60	23.1	27.6	24.4
9. 10	40	113.0	50.9	21.6	90	39.0	11.7	6.7	30	252.0	52.7	34.1	50	199.0	48.3	35.3
9. 14	35	46.5	31.8	11.7	95	51.3	12.2	8.1	60	82.9	21.7	12.8	50	185.0	50.7	43.7
9. 17	45	145.0	43.6	23.1	110	50.2	9.7	6.8	50	107.0	26.8	15.9				