

17. 北潟湖の水質について (第4報)

プランクトンの成分と生産速度

前川 勉, 堀川武夫, 加藤賢二

田川専照, 塩谷勝夫

I 緒 言

北潟湖は福井県の北端にあり, 大聖寺川河口を通じて日本海につながる汽水湖である。著者らは昭和48年から湖水の調査と底質の調査を行なってきた。¹⁾²⁾³⁾ 本湖は富栄養化が進み, 特に夏から秋にかけて水質が悪化し, 湖底には多量の有機物を含んだ底質が堆積している。湖の流域には, 都市や工場のような人為的汚染源はないので, 半封鎖系の湖に流入した栄養塩が蓄積し, 植物性プランクトンによる一次生産とその分解・沈降・溶出等の栄養塩の循環が行なわれていると考えられる。

本調査は, 湖のプランクトンの成分とその変動, および生産速度についての知見をうるために, 富栄養化対策事業の一つとして行なわれたものである。

II 調査方法

1. 調査場所

プランクトンの成分の調査は, 図-1の5地点(P-1~P-5, P-3は三層採水)で行ない, プランクトンの生産速度調査は, 湖央に近い栈橋(S-1), 日の出橋(S-2), 塩尻橋(S-3)の3ヶ所で, 岸から3~5m離れた所で行なった。

2. 調査日

(1) プランクトン成分の調査……昭和54年6月29日(晴)

(2) プランクトンの生産速度調査……

第1回: 昭和54年5月9日~10日(くもり一時にわか雨)

第2回: 昭和54年8月1日~3日(晴)

午前9時ごろに明暗びんを設置し, 24時間および48時間間隔で採水した。また, 日中だけの変化をみるために第1回の調査で6時間後に採水した。

3. 分析項目

(1) プランクトンの成分調査……SS, COD, 窒素, リン, TOC, クロロフィル a, b, c, カロチノイドについて分析した。SSのCODとTOCは, 全液と濾液についてCOD, TOCを分析し, その差として求めた。

(2) プランクトンの生産速度調査……明びんと暗びんを湖水表層付近に設置し, 各びんのpH, DO, COD(全液と濾液), SS, TOC(全液と濾液), 窒素, リン, クロロフィル a, b, c, カロチノイド等について分析した。



図-1. プランクトン成分と生産速度調査地点

4. 分析方法

(1) プランクトンの成分分析……検水をガラスフィルター（ミリポア社AP-40）で濾過し、フィルターに付着したものについて、キエルダール窒素、全リンを分析した。CODとTOCは、全液と濾液について分析し、その差をプランクトン成分とした。

(2) 明暗びんによる生産速度調査

湖水表層に明暗びんを設置する為図-2の実験装置を作り、岸から3~5m離して設置した。

DO用には、BOD用ふ卵びん（200ml）を各測定時間、明びん暗びん各々2本ずつ設置した。pHやCOD、TOC、SS、N、P、クロロフィル、カロチノイドの分析用には5ℓの共栓細口びんを用い、検水を約9割入れてその水面が湖の水面とほぼ一致するように設置した。

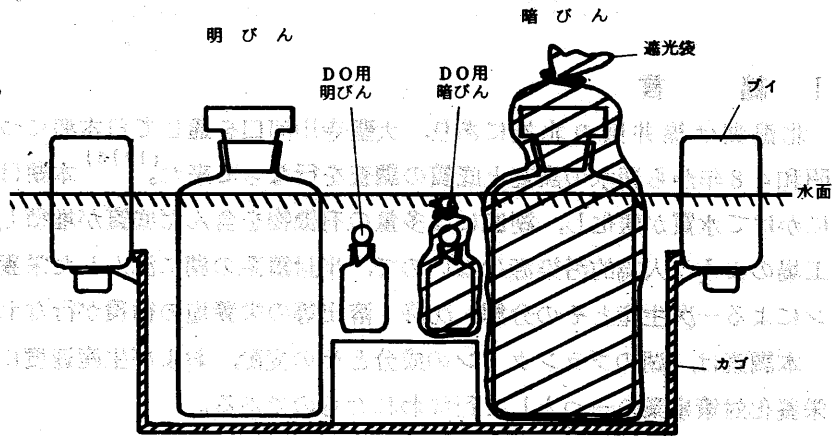


図-2 明暗びん法による生産速度実験装置

暗びん用には、コピー用紙用遮光袋で、DO用びんと5ℓびんを各々完全に覆って設置した。

各調査時間に、DO用びん（明暗各2本ずつ）を回収し、5ℓびんはよくふりまぜて1ℓを採水した。調査地点の水質を知るために、水質の一般分析も行なった。分析の方法は、前報¹⁾²⁾に示したとおりである。

Ⅰ 結果と考察

プランクトンの成分の分析結果および明暗びん法による生産速度調査の分析結果は、別表-1、2に示したとおりである。

1. プランクトンの成分について

プランクトンの成分の割合を、6月の成分調査と5月および8月のプランクトンの生産速度調査初日の分析結果から求め、SSに対する重量百分率として表-1に示した。

各成分の割合は、平均値でCOD 26%、炭素 27%、窒素 3.8%、リン 0.84%、クロロフィル a 0.46%、カロチノイド 0.23%であった。調査地点により組成が異なっており、本調査の結果では変動係数で、炭素 36%、窒素 20%、リン 27%、クロロフィル a 40%であった。炭素量と、COD値はよく一致したが、これは公共用水域でCODとTOCの値が類似する傾向と一致している。

成分の割合は、プランクトンの環境条件や生物の種類によっても異なり、文献値にもかなり大きな幅がある⁴⁾⁵⁾⁶⁾ので、本調査結果もこれらの範囲内にあり、ほぼ満足できると考えられる。

調査を行なった有機物の量は全体の約32%であるが、残りは有機物中の水素、酸素等と無機成分である。水素と酸素の量は分析しなかったので、これをプランクトンの一般的な示性式⁷⁾



から同じ割合であると仮定して求めると、炭素量×0.71、すなわち約19%となる。残る約49%

表-1 北潟湖のプランクトンの成分

調査月 項目 地 点	5 月			6 月								8 月			平均	標準 偏差 σ _{n-1}
	S-1	S-2	S-3	P-1	P-2	P-3 (上)	P-3 (中)	P-3 (下)	P-4	P-5	S-1	S-2	S-3			
S S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	—	
C O D	21.7	22.3	22.3	29.1	35.4	35.0	30.1	27.3	31.4	16.4	17.7	37.7	16.6	26.4	7.4	
C (TOC)	24.2	17.8	18.5	42.4	34.8	30.7	41.2	25.8	17.2	12.9	3.0*	37.0	23.3	27.2	9.9	
N	4.92	4.68	3.14	4.95	3.40	4.13	3.44	18.2*	3.64	2.44	3.06	4.00	3.88	3.81	0.78	
P	1.04	0.70	0.83	1.27	1.05	0.90	0.99	0.97	0.70	0.42	0.67	0.71	0.62	0.84	0.23	
クロロフィルa	0.534	0.524	0.449	0.469	0.320	0.341	0.301	0.468	0.414	0.373	0.159	0.645	0.999	0.461	0.202	
クロロフィルb	0	0.002	0.040	0.027	0.014	0.014	0.005	0.007	0.017	0.035	0.007	0.063	0.258	0.038	0.069	
クロロフィルc	0.065	0.085	0.142	0.244	0.102	0.120	0.088	0.159	0.119	0.126	0.030	0.175	0.106	0.120	0.053	
全クロロフィル	0.599	0.611	0.630	0.739	0.436	0.475	0.394	0.634	0.549	0.535	0.196	0.882	1.363	0.619	0.279	
カロチノイド	0.236	0.238	0.260	0.223	0.121	0.254	0.212	0.250	0.244	0.163	0.079	0.293	0.472	0.234	0.093	

値はS Sに対する重量% *印は異常値として計算から除いた。

が無機物質である。

プランクトンは、生育の段階によっても成分が変化する可能性がある。生産速度調査を行なった時の明暗びん中のプランクトンの成分の経日変化について、塩尻橋(S-3)8月の結果を表-2に示した。炭素と窒素、リンについては10~30%の変化であるが、クロロフィルaは、明びん中で1日後に約40%にも低下していた。

表-2 北潟湖のプランクトンの成分の経日変化

時間 項目	初 日	明 び ん		暗 び ん	
		24 hr	48 hr	24 hr	48 hr
S. S	100	100	100	100	100
COD	16.6	29.0	28.0	23.3	28.2
C (TOC)	23.8	23.2	25.6	24.1	22.6
N	3.88	2.96	3.74	3.82	3.60
P	0.62	0.72	0.79	0.76	0.84
クロロフィルa	1.00	0.38	0.28	0.72	0.71

2. プランクトンの成分と底質について

湖の底質は、流入河川からの土砂流入が少ないところでは、ほとんどプランクトンや湖の高等植物等の堆積物であると考えられるので、プランクトンの成分割合と北潟湖底質の有機物の組成について検討した。湖のプランクトンの有機物の元素組成は表-1の平均値から、

湖水のプランクトン………C : N : P = 1 : 0.140 : 0.0309
である。底質の元素組成は、著者らの調査結果から³⁾

湖の底質の有機物………C : N : P = 1 : 0.071 : 0.0053

湖の底質の全濃度………C : N : P = 1 : 0.073 : 0.014

であるので、プランクトンの成分割合とは大きく変化していることが認められる。また、炭素の含有量もプランクトンは27%であるが、底質では5.8%と減少しているので、プランクトンが死滅した後有機物が分解し、窒素、リンも分解して、底質として堆積していると考えられる。そこで、プランクトンと底質の元素組成から、底質として堆積するまでにプランクトンが分解する割合を試算した。

有機物の成分のうち水素と酸素の含有量(HO)については分析値がないので、前述のプランクトンにおける割合(炭素×0.71; 0.71C)を保ち、珪藻中の珪酸塩のように、無機成分(I)は分解しないと仮定すると、湖水のプランクトンの成分組成、C=27.2%, N=3.8%, P=0.8%から、HO=0.71C=19.3%, I=48.8%となり、このプランクトン量100が沈澱・分解し、底質となった時、底質に残っている有機炭素量をxとおくと、底質の窒素、リンおよび水素と酸素の量は、

N=0.073x, P=0.014x, HO=0.71x, I=48.8

で示され、底質の炭素含量は、

$$\frac{100 \times C}{C+N+P+H+O+I} = \frac{100x}{x+0.073x+0.014x+0.71x+4.88}$$

となる。ここで底質の炭素含量は5.8%であるので、上式を解くと $x=3.16$ となる。すなわち、プランクトン中の27.2%の炭素は、底質中では分解して3.16に減少したことになる。同様に、窒素とリンについて分解量を求め、プランクトンの成分が底質に残留している割合を表-3に示した。

すなわち、湖水のプランクトンは、沈降して底質として堆積した時、炭素は88%、

窒素94%、リン95%が分解していると試算され、分解物は再び水中に回帰したと考えられる。この量については、プランクトンの沈降速度又は底質の堆積速度が測定されれば見積ることが可能である。

表-3. 底質におけるプランクトン成分の残留率

	C	N	P
プランクトン中の元素含量(A)	27.2	3.81	0.840
底質中の元素の残留量(B)	3.16	0.231	0.0442
残留率(B/A×100)	11.6%	6.06%	5.26%

3. 北潟湖の富栄養化の制限因子について

富栄養湖の生産の制限因子は、窒素とリンのいずれかであることが多く、同じ水域についても説が分かれることが多い。北潟湖の制限因子について、窒素とリンの比率から考察した。本調査における水質とプランクトンの窒素とリンの比率は、表-4に示した

ように、湖水の方がプランクトンより大きい。すなわち、プランクトンが必要とするよりも湖水中の方に、窒素の量がリンより相対的に過剰に存在しているので、リンが制限因子で

表-4. 湖水とプランクトンの窒素・リン比

	湖 水	プランクトン
N/P比	7.9	4.5

あると考えられる。ただし、プランクトンは、リン酸塩を細胞内に取り込んで無機リンとして貯蔵することも知られているので、プランクトン中のリンの全部がプランクトン成分のリンであるとは限らないので、プランクトンに必要な窒素とリンの比は表-4の値より大きいと考えられる。

4. プランクトンの光合成と分解による水質の変化

湖では、植物プランクトンが日中に光を吸収して光合成を行ない、光がない場合には、光合成は停止し他の生物と同じく呼吸し、有機物が分解される。この光合成による生産速度と分解速度を求めるために、明暗びんによる調査を行なった。すなわち、明びん中では湖水中と同じ条件で光合成と呼吸が行なわれるが、暗びん中では呼吸（有機物の分解）だけが行なわれる。プランクトンによる生産や分解は、水温や日照条件、栄養塩の濃度などのちがいで異なると考えられる。調査は、春と秋は条件が類似するので、これを5月上旬に、夏季として8月上旬に調査した。冬は水温が低下するので生物活動は停止すると見做し、調査を行なわなかった。

プランクトンの光合成と呼吸にともなう水質のpH、DO、SS、CODの経時変化を図-3に示した。すなわち、明びん中では、多量の酸素を産生し、同時にpHも上昇した。1日の変化はpHで5月に最大約2、8月には最大約1上昇し、DOも最大約9ppm上昇した。1日のDOの上昇のうち正午を中心とした6時間で、1日全体の約60~80%が行なわれ、2日目にはむしろ低下した。一方、暗びん中では、pHとDOは減少し、DOの減少は、時刻に無関係にほぼ直線性を示し、一定速度で呼吸が行なわれていることが認められた。5月と8月において、DOの変化に大きな差がないのにpHの上昇は5月の方が2倍以上大きいのは、(1)8月にはpHが高くなり、緩衝性が増大していることと、(2)塩分が8月には上昇し、海水の緩衝性が増大することによると考えられる。SSおよびCODについては、pHとDOのように明瞭な変化はないが、明びんで上昇し、暗びんでは減少する傾向がみられた。

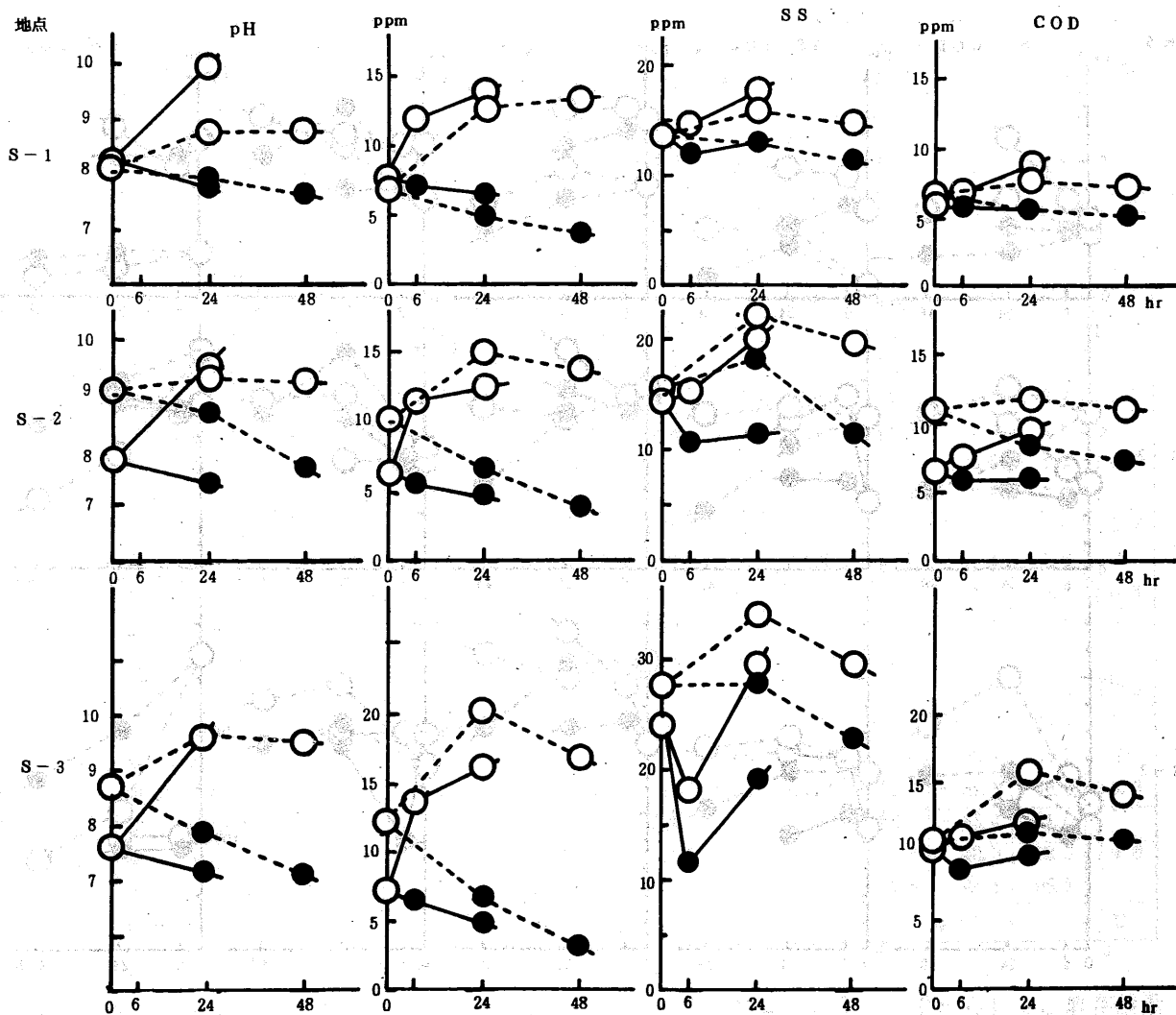


図-3. 明暗びん中の経時的な水質の変化

○ 明びん, 実線 5月調査

● 暗びん, 破線 8月調査

5. プランクトン性物質の明暗びん中の変化

明暗びん中のプランクトン性物質の経時変化を図-4に示した。CODおよびTOCは、水質のDOやCODと同様の傾向を示した。8月に塩尻橋(S-3)で暗びん中のCODが上昇したが、暗びん中で有機物が生産されることは考えられないので、分解の過程で、有機物が過マンガン酸カリウムで分解されやすい形に変換されたことによると考えられる。

窒素については、5月には、炭素と類似した傾向を示したが、8月には明びん中では合成がほとんど行なわれず、暗びん中での分解の方がかなり大きくなっていた。

リンも、5月は窒素と類似しているが、8月には、明びんで合成が見られるが、それ以上に、暗びん中で合成されていることが認められた。これは、リンのSS中への取込みは、必ずしも光合成とは関係がなく、プランクトンが細菌類によって分解されるときにも栄養塩として利用される可能性があり、湖のプランクトンの生育が頂点に達し、分解系へ移行しつつあったことによるとと思われる。さらにこのことはクロロフィルaの変化にも見られる。すなわち、5月は大きな変化はなく、安定な光合成を行なっていることを示しているが、8月には、明暗びんいずれにおいても大きく減少し、特に明びんでの減少は大きい。プランクトンの成分の調査結果でも明らかなように、この時には、プランク

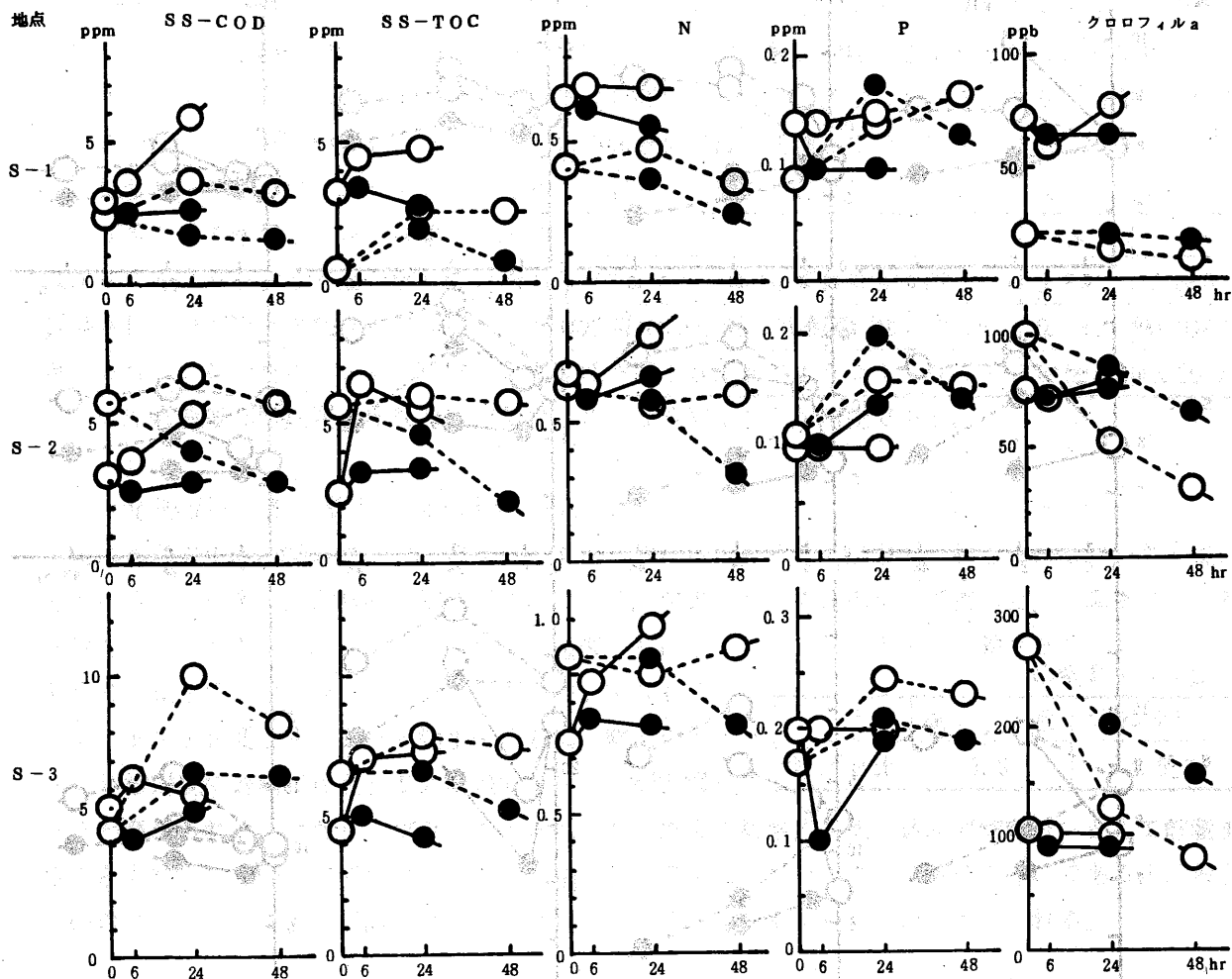


図-4 プランクトン性物質の明暗びん中の経時変化
 ○ 明びん 実線…5月調査
 ● 暗びん 破線…8月調査

トンのクロロフィル a 含量が減少し、光合成色素が分解されはじめたことが認められた。

即ち、5月には、植物性プランクトンは活発に生産を行なっているが、8月には、生産は頂点に達し、生産物の蓄積と pH 上昇などのストレスの為、分解期に入ろうとしていたと考えられる。この分解期に、クロロフィルの分解が明びん中で大きいことについては、「水の華 *Microcystis* は光が強くなると生長力が低下し、死滅速度が大きくなるという」矢木らの報告⁸⁾とよく似た現象である。

6. 有機物の生産速度と分解速度

湖における生産速度と分解速度を、明暗びん法における 24 時間の変化から求め表-5 に示した。明びん増加量は、植物プランクトンによる見かけ上の生産量を表わし、暗びん減少量は、植物プランクトンとその他の微生物の呼吸量を表わしている。両者の和が、植物プランクトンの生産する総量で純生産量（又は総生産量）と呼ばれ、明暗びんの差として求められる。植物プランクトンの生理学的な生産はこの値であり、Di Toro らはこれを水温と栄養条件、日照時間との関数として数理モデル化して、エリー湖の富栄養化をシミュレーションしている⁹⁾。

湖の生産速度は測定地点によって異なるので、各調査の平均として求め、検討することとした。

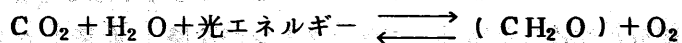
(1) 湖水中の有機物の生産量と分解量

表-5. 明暗びん法による1日当たりの変化量

調 査 地 点	調 査 月	変化量の種類	p H	D O	S S	C O D	S S性 C O D	S S性 T O C	S S性 N	S S性 P	ク ロ ロ フ ィ ル a	全クロロ フィル	カロチ ノイド	水 温
S-1	5 月	明びん増加量	1.69	6.28	1.1	2.82	3.00	1.51	0.03	0.01	2.3	7.3	- 3.5	16.7
		暗びん減少量	0.45	1.12	1.5	0.46	0.34	0.59	0.10	0.04	7.9	4.5	- 4.7	?
		明 暗 び ん 差	2.14	7.40	2.6	3.28	3.34	2.10	0.13	0.05	10.2	1.8	- 8.2	17.3
S-2	5 月	明びん増加量	1.62	6.29	5.6	2.89	2.21	2.98	0.14	0.00	4.4	8.3	11.2	16.7
		暗びん減少量	0.43	1.52	2.8	0.34	0.31	-0.91	0.01	-0.04	- 3.0	- 7.9	3.9	?
		明 暗 び ん 差	2.05	7.81	8.4	3.23	2.52	2.07	0.15	-0.04	1.4	0.4	15.1	17.2
S-3	5 月	明びん増加量	1.99	8.73	5.3	1.48	0.44	2.88	0.42	0.00	- 2.0	- 12.6	9.1	15.8
		暗びん減少量	0.44	2.52	5.4	0.77	0.20	0.14	-0.06	0.02	13.7	23.3	13.3	?
		明 暗 び ん 差	2.43	11.25	10.7	2.25	0.64	3.02	0.36	0.02	11.7	10.7	22.4	17.0
5 月平均		明びん増加量	1.77	7.10	4.0	2.40	1.88	2.46	0.20	0.003	1.6	1.0	5.6	
		暗びん減少量	0.44	1.72	3.2	0.52	0.28	-0.06	0.02	0.006	6.2	6.6	4.2	16.8
		明 暗 び ん 差	2.21	8.82	7.2	2.92	2.17	2.40	0.21	0.010	7.8	7.6	9.8	
S-1	8 月	明びん増加量	0.63	5.71	2.3	0.90	1.22	2.25	0.06	0.050	- 7.2	- 8.4	3.0	29.2
		暗びん減少量	0.31	2.13	0.4	1.14	0.68	-1.58	0.04	-0.086	1.9	3.1	2.8	?
		明 暗 び ん 差	0.94	7.84	2.7	2.04	1.90	0.67	0.10	-0.036	- 5.3	- 5.3	5.8	30.3
S-2	8 月	明びん増加量	0.26	4.96	6.4	0.63	0.82	0.19	-0.05	0.050	- 48.1	- 68.1	- 5.6	29.5
		暗びん減少量	0.41	3.45	- 2.8	2.50	1.90	1.13	0.04	-0.090	13.8	27.2	10.0	?
		明 暗 び ん 差	0.67	8.41	3.6	3.13	2.72	1.32	-0.01	-0.040	- 34.3	- 40.9	4.4	30.0
S-3	8 月	明びん増加量	0.89	7.68	6.5	5.30	5.38	1.35	-0.06	0.076	-145.5	-179.8	-60.4	29.2
		暗びん減少量	0.84	5.54	- 0.4	-0.89	-1.95	-0.16	0.00	-0.042	72.6	90.7	24.2	?
		明 暗 び ん 差	1.73	13.22	6.1	4.41	3.43	1.19	-0.06	0.034	- 72.9	- 89.1	-36.2	29.3
8 月平均		明びん増加量	0.59	6.12	5.1	2.28	2.47	1.26	-0.02	0.059	- 66.9	- 85.4	-21.0	
		暗びん減少量	0.52	3.71	- 0.9	0.92	0.21	-0.20	0.03	-0.073	29.4	40.3	12.3	29.6
		明 暗 び ん 差	1.11	9.82	4.1	3.19	2.68	1.06	0.01	-0.014	- 37.5	- 45.1	-08.7	
変 化 量 単 位				mg / L ・ 日								mg / L ・ 日		℃

値のマイナスは増加量の場合、減少量、減少量の場合増加量を示す。

湖水全液の生産および分解は、SSと水のCODおよび溶存酸素の変化から求められる。溶存酸素の増加は、植物プランクトンが光合成によって、炭酸ガスと水から有機物を合成し、代わりに酸素を放出し、又分解の時にはこの逆となり、一般に、



糖 類

で表わされる。この関係から、酸素の変化量を有機物量に換算することが可能である。上式では、有機炭素と酸素は等モル生産されることになるが、実際の植物では、生合成された糖類は、他の生体内反応のエネルギー源として利用されるので、生産される有機炭素より酸素の方が多くなり、そのモル比、すなわち同化率P.Q.(Photosynthetic Quotient)は約1.2¹⁰⁾である。ここで、モル比を重量比で表わすと、

$$P.Q. = 1.2 = \frac{O_2}{32} \div \frac{C}{12} \quad (O_2 \text{ と } C \text{ は重量単位})$$

の関係より $C = O_2 / 3.2$

が得られる。すなわち、酸素の重量の3.2分の1が炭素量である。表-5の酸素の変化量から、炭素量を求めると、

5月平均値 生産量 2.22 mg/L・日 分解量 0.54 mg/L・日 純生産量 2.76 mg/L・日

8月平均値 生産量 1.91 mg/L・日 分解量 1.16 mg/L・日 純生産量 3.07 mg/L・日

となり、この値はCOD値の変化量とよく一致した。COD値がTOCとよい相関関係があることから考えると、酸素の変化量から求めた有機物の変化量で、湖の有機物の生産と分解の量を精度よく定

量できると考えられる。DO用の明暗びんを湖に設置することは、他の実験装置より容易であり、精度もよいと考えられるが、一方、びんの体積が小さく、外気との接触がないために、長期間の調査や外気と接触する表層付近での生産量の調査には更に検討が必要であろう。

湖水のプランクトン性有機物の変化量は、SS性CODの値から純生産量で5月に $2.2 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月に $2.7 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ であり、これは、湖水全液のCODの純生産量の約80%であった。

(2) プランクトンの窒素とリンの変化量について

プランクトン性の窒素とリンの変化は、前述のように光合成による有機物生産のみでなく、細菌やその他の微生物の代謝で変化するために、有機物のように単に明びんと暗びんの差を純生産量とすることはできない。すなわち、他の微生物の合成量も純生産量として含める必要がある。すなわち、明暗びんの両方で増加がみられる場合には、いずれか高い方を純生産量とした。

分解量については、8月には分解期に入っていて、窒素においては、2日間とも分解だけしたのでこの量を2日間の変化と見做し、その2分の1を1日の分解量とし、リンについては、2日目に分解したので、この2日目の減少量を分解量とした。5月においては、有機物の場合と同じように、明びんで増加し、暗びんで減少する傾向にあったので、有機物の場合と同様に取扱った。このようにして求めた結果を表-6に示した。

すなわち、各地点の平均値は、窒素は5月に純生産量が高く分解量が低いため、見かけ上、 $0.17 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ が生産されるが、8月には生産が低くなり、分解も増加したため、見かけ上の生産はおこらないことになる。リンでは、5月は生産および分解が小さく見かけ上の生産は $0.003 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ と小さいが、8月には、植物プランクトン以外の生物の分解過程でのリンの取込みが増大したために、見かけ上の生産量は $0.044 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ と大幅に増加した。

IV 結 語

北潟湖の富栄養化現象について、その変化を量的に把握するために、プランクトンの成分を分析し有機物と有機性窒素およびリンの生産量と分解量を明暗びん法で求めた。

1. プランクトンの有機物の組成は、

$\text{SS} : \text{C} : \text{N} : \text{P} : \text{クロロフィル} a = 1 : 0.27 : 0.038 : 0.0084 : 0.0046$

であった。これを底質の有機物の組成と比較した結果、プランクトンが沈降し堆積した結果、プランクトン中の有機物は約10%以下しか残留しておらず、分解して生成した栄養塩類は湖水中に回帰したと考えられる。

2. プランクトンと水質の窒素とリンの比から考えると、北潟湖の富栄養化の制限因子はリンである。

3. 明暗びん法で、湖の生産と分解について実験したところ、24時間後に溶存酸素は最高250%に達し、pHも最高2上昇し、pH10に達した。有機物は明びん中で生産、暗びん中で分解がおこなわれたが、有機性窒素およびリンの生産は、植物プランクトンだけに限らず暗びんでもおこなわれ、特に分解期に入った8月において顕著にみられた。

4. 湖水全液の生産と分解は、溶存酸素から求めた値とCOD値とよく一致し、
純生産；5月 $2.8 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $3.1 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、分解；5月 $0.5 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $1.2 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ であった。

5. 湖水のプランクトン性有機物の生産と分解の速度は、
有機物(COD): 生産5月 $2.2 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $2.7 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、分解5月 $0.3 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $0.2 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$
窒素: 生産5月 $0.21 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $0.12 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、分解5月 $0.04 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$ 、8月 $0.12 \text{ mg/l} \cdot \text{日}$

リン：生産5月 $0.02\text{mg}/\text{L}\cdot\text{日}$ ，8月 $0.08\text{mg}/\text{L}\cdot\text{日}$ ，分解5月 $0.02\text{mg}/\text{L}\cdot\text{日}$ ，8月 $0.04\text{mg}/\text{L}\cdot\text{日}$ であった。

参 考 文 献

- 1) 前川 勉他，本報，3，112 (1973)
- 2) 前川 勉他，本報，4，107 (1974)
- 3) 前川 勉他，本報，5，146 (1975)
- 4) 杉木昭典，水質汚濁—現象と防止対策—P.452, P.488, 技報堂
- 5) T.R. パーソンズ，高橋正征著 市村俊英訳，生物海洋学，P.61, 三省堂
- 6) M.N. Hill, The Sea, Vol. 2, P.26, Interscience, (1963)
- 7) 岩井重久他，琵琶湖の将来水質に関する報告書(昭和45年度)，土木学会，P.109
- 8) 矢木修身，須藤隆一，日本陸水学会，第44回大会(仙台)講演要旨集P.25 (1975)
- 9) Di Toro et al, Systems Analysis and Simulation in Ecology, I, (1975)
- 10) John H. Ryther, The Measurement of Primary Production, Contribution No. 825 from the Woods Hole Oceanographic Institution

別表-1. プランクトンの組成調査結果

調査地点 調査項目	P-1	P-2	P-3			P-4	P-5
			表 層	中 層	下 層		
調査・年月日	S 54.6.6 9:10	S 54.6.6 9:25	S 54.6.6 9:40	S 54.6.6 9:50	S 54.6.6 9:45	S 54.6.6 10:15	S 54.6.6 11:15
気 温	22.5	23.0	22.5	22.5	22.5	23.0	27.0
水 温	22.3	23.6	23.5	23.3	23.6	23.7	24.1
色 相	淡 緑 色	淡 緑 色	淡 緑 色	淡 緑 色	淡 緑 色	淡 緑 色	黄 緑 色
透 明 度 m	1.0	0.9	0.75	—	—	0.70	0.40
p H	8.98	9.33	9.35	9.43	9.06	8.73	8.06
D O ppm	11.23	8.85	9.72	9.72	8.21	7.37	8.55
D O %	144	108	118	118	101	90	104
組 成 分 析							
S S ppm	9.9	14.1	15.0	16.0	15.5	19.2	43.4
C O D ppm	全 液	6.30	8.24	8.34	8.14	7.73	9.76
	濾 液	3.42	3.25	3.09	3.33	3.50	3.74
	S S 性	2.88	4.99	5.25	4.81	4.23	6.02
N ppm	0.49	0.48	0.62	0.55	2.83	0.70	1.06
P ppm	0.126	0.148	0.135	0.158	0.150	0.135	0.183
T O C ppm	全 液	10.5	10.1	10.2	11.6	10.9	10.7
	濾 液	6.3	5.2	5.6	5.0	6.9	7.4
	S S 性	4.2	4.9	4.6	6.6	4.0	3.3
クロロフィル a	46.4	45.2	51.2	48.2	72.6	79.4	162.0
($\mu\text{g}/\text{L}$) b	2.7	1.9	2.1	0.8	1.1	3.2	15.3
c	24.2	14.4	18.0	14.0	24.6	22.9	54.9
全クロロフィル	73.2	61.5	71.3	63.1	98.2	105.5	232.2
カロチノイド ($\mu\text{g}/\text{L}$)	22.1	17.1	38.1	33.9	38.7	46.8	70.6

別表-2 北潟湖の生産速度調査結果

調査 地点	調査項目 調査種類	調査・日時	気温	水温	pH	DO ppm	COD			SS ppm	N ppm	P ppm	TOC			クロロフィル				カロチ ノイド ppb
							全液	ろ液	SS性				全液	ろ液	SS性	a	b	c	全	
S-1 5月	0hr	"5.4, 9:25	16.0	16.7	8.25	7.50	6.01	3.10	2.91	13.4	0.66	0.14	8.03	4.78	3.25	71.6	0	8.7	80.3	31.7
	6hr 明	"5.9, 15:25	15.0	17.2	—	12.02	6.85	3.23	3.62	14.5	0.70	0.14	8.73	4.27	4.46	59.5	0	8.5	68.0	32.7
	6hr 暗	"5.9, 15:25	—	—	—	7.18	5.82	3.30	2.52	11.9	0.62	0.10	7.78	4.43	3.35	65.9	0	9.9	75.8	27.1
	24hr 明	"5.10, 9:25	20.0	17.3	9.94	13.78	8.83	2.92	5.91	17.8	0.69	0.15	10.06	5.30	4.76	73.9	1.1	12.5	87.6	28.2
	24hr 暗	"5.10, 9:25	—	—	7.80	6.38	5.55	2.97	2.57	13.1	0.56	0.10	7.22	4.56	2.66	63.7	0.6	11.5	75.8	36.4
S-1 8月	0hr	"8.1, 9:25	30.0	29.2	8.15	7.13	6.61	4.24	2.37	13.4	0.41	0.090	7.94	7.54	0.40	21.3	1.0	4.0	26.3	10.6
	24hr 明	"8.2, 9:25	30.5	30.3	8.78	12.84	7.51	3.92	3.59	15.7	0.47	0.140	8.60	5.95	2.65	14.1	0.8	3.0	17.9	13.8
	24hr 暗	"8.2, 9:25	—	—	7.84	5.00	5.47	3.78	1.69	13.0	0.37	0.176	7.14	5.16	1.98	19.4	1.2	2.6	23.2	7.8
	48hr 明	"8.3, 9:25	26.0	29.5	8.74	13.48	7.17	3.93	3.24	14.7	0.36	0.164	8.73	5.16	2.57	8.9	0.3	1.2	10.4	8.2
	48hr 暗	"8.3, 9:25	—	—	7.63	3.76	5.07	3.48	1.59	11.5	0.24	0.132	5.95	5.16	0.79	17.8	0.7	0.1	18.6	6.2
S-2 5月	0hr	"5.9, 9:00	15.0	16.7	7.86	6.27	6.33	3.14	3.19	14.3	0.67	0.10	8.09	5.55	2.54	75.0	0.3	12.2	87.4	34.0
	6hr 明	"5.9, 15:00	15.0	17.2	—	11.52	7.16	3.48	3.68	15.5	0.63	0.10	10.57	4.22	6.35	72.1	0.4	11.9	84.4	39.8
	6hr 暗	"5.9, 15:00	—	—	—	5.63	5.70	3.06	2.64	10.4	0.58	0.10	7.68	4.34	3.34	72.7	0.2	11.6	84.5	30.0
	24hr 明	"5.10, 9:00	17.7	16.7	9.48	12.56	9.22	3.82	5.40	19.9	0.81	0.10	10.24	4.72	5.52	79.4	2.4	14.0	95.7	45.2
	24hr 暗	"5.10, 9:00	—	—	7.43	4.75	5.99	3.11	2.88	11.5	0.66	0.14	8.02	4.57	3.45	78.0	2.3	15.0	95.3	30.1
S-2 8月	0hr	"8.1, 8:55	30.0	29.5	9.09	10.18	10.77	4.92	5.85	15.5	0.62	0.110	11.98	6.24	5.74	100.0	9.7	27.1	136.8	45.4
	24hr 明	"8.2, 8:55	30.5	30.0	9.35	15.14	11.40	4.73	6.67	21.9	0.57	0.160	12.54	6.61	5.93	51.9	6.4	10.4	68.7	39.8
	24hr 暗	"8.2, 8:55	—	—	8.68	6.73	8.27	4.32	3.95	18.3	0.58	0.200	10.86	6.25	4.61	86.2	6.1	17.3	109.6	35.4
	48hr 明	"8.3, 8:55	26.0	29.8	9.27	13.92	10.91	5.17	5.74	19.4	0.60	0.156	12.35	6.62	5.73	30.0	3.4	4.6	38.0	23.5
	48hr 暗	"8.3, 8:55	—	—	7.69	3.97	7.09	4.21	2.88	11.2	0.31	0.144	8.96	6.77	2.19	66.1	4.4	4.0	74.5	24.3
S-3 5月	0hr	"5.9, 9:45	16.2	15.8	7.58	7.23	10.53	5.14	5.39	24.2	0.76	0.20	10.53	6.05	4.48	108.6	9.7	34.3	152.6	62.8
	6hr 明	"5.9, 15:47	15.0	16.6	—	13.49	11.25	4.84	6.41	18.2	0.98	0.20	13.65	6.52	7.13	104.0	8.7	25.3	138.2	69.2
	6hr 暗	"5.9, 15:47	—	—	—	6.34	8.81	4.59	4.22	11.6	0.85	0.10	10.54	5.40	5.14	94.2	5.8	23.4	123.4	51.0
	24hr 明	"5.10, 9:45	18.0	17.0	9.57	15.96	12.01	6.18	5.83	29.5	1.18	0.20	13.31	5.95	7.36	106.6	8.3	25.1	140.0	71.9
	24hr 暗	"5.10, 9:45	—	—	7.14	4.71	9.76	4.57	5.19	18.8	0.82	0.18	9.60	5.26	4.34	94.9	8.7	25.7	129.3	49.5
S-3 8月	0hr	"8.1, 10:00	30.0	29.2	8.70	12.17	10.61	6.04	4.57	27.6	1.07	0.170	12.70	6.12	6.58	275.7	71.1	29.3	376.1	130.4
	24hr 明	"8.2, 10:00	32.0	29.3	9.59	19.85	15.91	5.96	9.95	34.1	1.01	0.246	14.68	6.75	7.93	130.2	52.2	13.9	196.3	70.0
	24hr 暗	"8.2, 10:00	—	—	7.86	6.63	11.50	4.98	6.52	28.0	1.07	0.212	11.90	5.16	6.74	203.1	56.0	26.3	285.4	106.2
	48hr 明	"8.3, 10:00	25.5	28.4	9.51	16.68	14.24	6.00	8.24	29.4	1.10	0.232	13.89	6.35	7.54	82.7	18.7	6.2	107.6	57.0
	48hr 暗	"8.3, 10:00	—	—	7.07	3.25	10.84	4.40	6.44	22.8	0.82	0.192	10.32	5.16	5.16	162.1	44.9	3.7	210.7	80.0