

東京湾の富栄養化に関する研究

— そのⅡ —

安藤晴夫 菊地幹夫 津久井公昭
曾田京三 川原浩

1 はじめに

公共用水域の水質測定結果¹⁾によると、東京都内湾の栄養塩濃度は、近年、全窒素1~2 mg/l、全りん0.1~0.2 mg/lと高いレベルで推移している。昭和58年度の化学的酸素要求量(COD)の年平均値は、上層で3~6 mg/l、下層で1~4 mg/lであるが、上層のCODの値は夏期には冬期の3倍程度高くなっており、そのため、環境基準の達成率は沿岸(C類型)で79%、沖合(B類型)では27%にとどまっている。

水域の富栄養化の基盤となっている水中の窒素・りん(N・P)の濃度については、湖沼では、1982年12月に環境基準が定められ、さらに1984年9月には排水基準案が答申されて法的規制の道が開かれようとしている。しかし、閉鎖性海域では、CODについて、一部の海域において、総量規制が導入されたが、N・Pについては、まだ環境基準が定められておらず、行政指導により排出量削減対策が進められている。

海水の富栄養化の程度は、溶存酸素濃度、クロロフィル濃度、N・Pなどの栄養塩類濃度や藻類生産の潜在能力(AGP)などの測定により把握できる。前報²⁾に述べたように、AGPによる方法は、藻類の現存量ではなく、藻類生産の潜在能力を測ることと、その水域で栄養塩類のうち何が最も不足しやすいかを把握できる方法であることに大きな特徴がある。そこで、1983年度に引き続き、従来からの理化学的手法による海況、水質の測定とともに、AGPにより東京都内湾の水質を評価した。

富栄養化した海域では、増殖した藻類により水質の二次汚濁が生じる。したがって、二次汚濁を検討する場合、海水水中での藻類の増殖に応じて、どの程度に有機汚濁が進行するか、換言すると、海水中の藻類濃度と有機汚濁指標値との関係を把握する必要がある。そこで、東京都内湾の海水より三種の珪藻を分離し、それぞれを培養し

て、増殖した藻類量(クロロフィル量)と有機汚濁指標(COD)との関係について検討した。

また、東京湾の富栄養化とそれによる水質の二次汚濁の機構を定量的に解明すること、及び内部生産のある水域の水質予測手法を確立することを目的として、東京湾の富栄養化現象を数理的にモデル化することを検討して、その基本構造を定めた。

本報告にて、これらの結果について述べる。

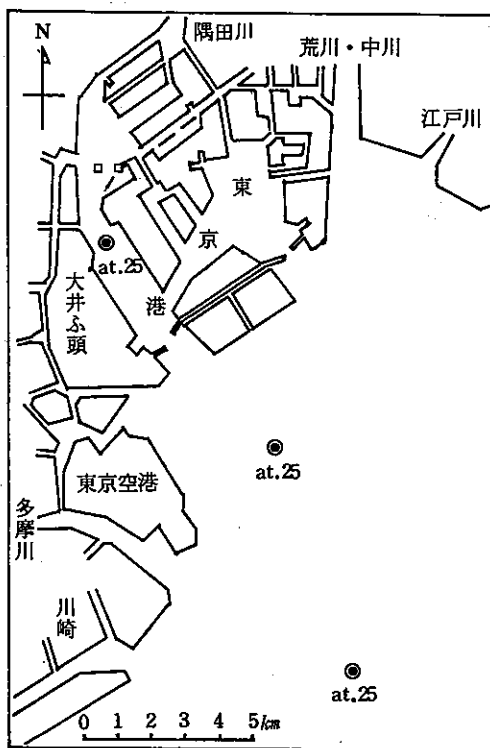


図1 測定地点

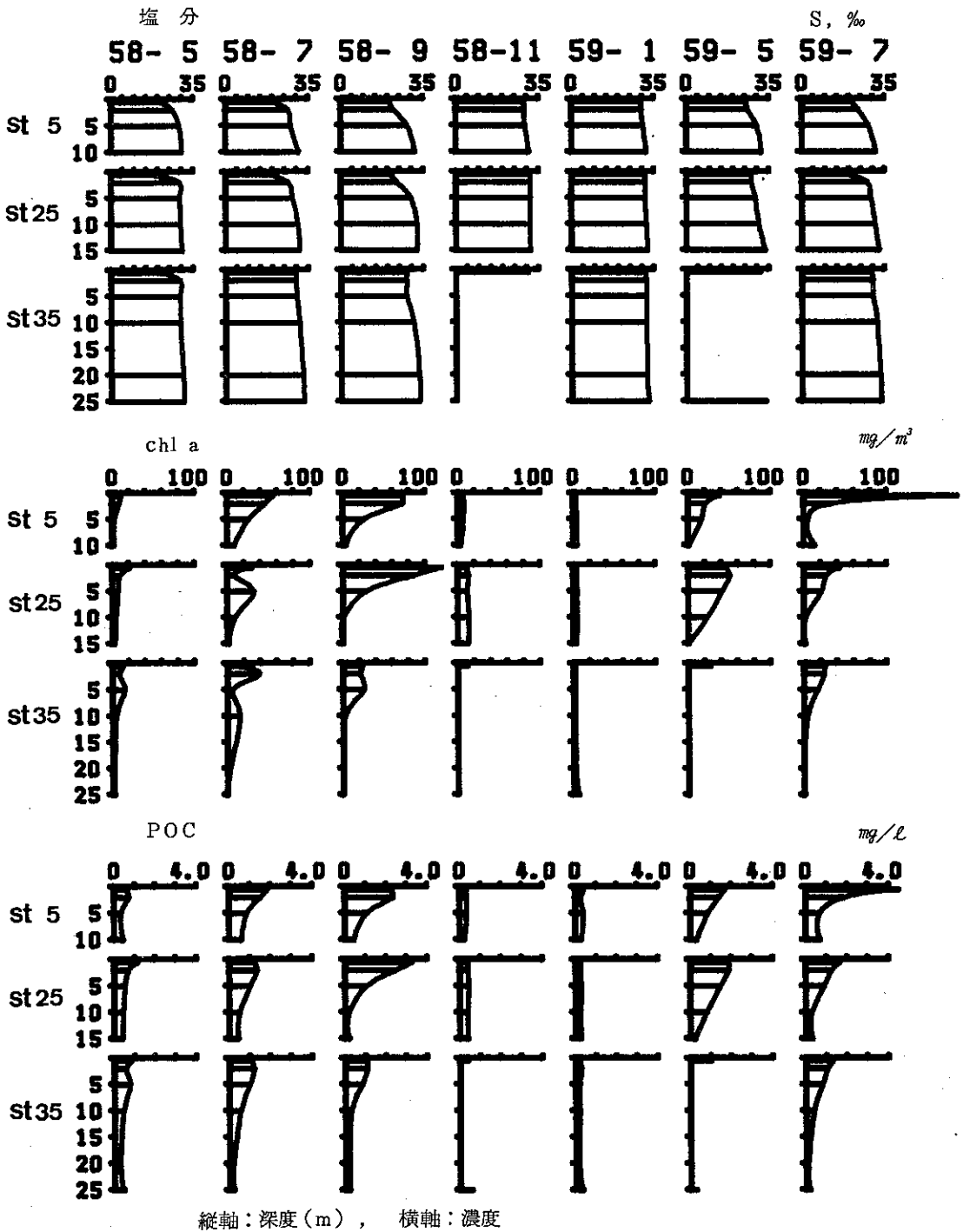


図2 塩分, chl a, POC の鉛直分布

2 理化学的方法による水質の測定結果

(1) 方法

1983年5月20日, 7月18日, 9月19日, 11月18日, 1984年1月18日, 5月21日(st. 35は22日)及び1月24日に, 東京都内湾の前報と同じ3地点(図1参照)で, 観測, 採水を行った。採水層, 測定項目及び測定方法も前報²⁾のとおりである。但し, 1984年11月及び1984年5月は強風のため表層と底層のみの観測, 採水を行った。

(2) 結果

図2に塩分, クロロフィルa(chl a)及び懸濁態有機炭素(POC)の鉛直分布を, 表1に表層と底層の栄養塩

類その他の水質を示した。

図2によると, 海水の成層する5月~9月には, 上層のchl aとPOCの値が大きくなっており, 例年のとおり, 夏季には藻類が大量に増殖していたことを示している。

N及びPは, 通年的には水産用水基準(赤潮防止のためには無機りん0.015mg/l以下, 無機窒素0.1mg/l以下)を大幅に上回っていたが, 藻類の現存量が多く, これに吸収同化され, りん酸態りん(PO₄-P), アンモニヤ態窒素(NH₄-N), 硝酸態窒素(NO₃-N)の濃度が, 著しく低い場合もあった。

表1 海水の分析結果

単位: mg/l

地点	年月日	採水層	DO	PO ₄ -P	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	SiO ₂ -Si	
st 5	1983. 5.20	S※	5.7	0.164	1.426	0.120	0.323	1.58	
		B※	4.5	0.108	0.433	0.042	0.175	1.00	
	1983. 7.18	S	6.4	0.228	2.365	0.207	0.393	3.61	
		B	2.8	0.163	0.658	0.048	0.149	1.99	
	1983. 9.19	S	6.0	0.268	2.197	0.213	0.393	2.32	
		B	1.9	0.154	0.472	0.023	0.083	1.97	
	1983. 11.18	S	6.8	0.093	0.853	0.120	0.087	1.56	
		B	5.4	0.063	0.433	0.083	0.028	1.28	
	1984. 1.24	S	8.9	0.083	1.243	0.092	0.403	0.80	
		B	9.5	0.020	0.435	0.047	0.321	0.18	
	1984. 5.21	S	7.5	0.180	1.702	0.114	0.042	1.94	
		B	4.6	0.078	0.392	0.035	0.023	1.05	
	1984. 7. 6	S	11.9	0.027	1.529	0.188	0.015	1.44	
		B	2.1	0.134	0.595	0.044	0.025	1.47	
	st 25	1983. 5.20	S	7.9	0.069	0.765	0.094	0.523	3.06
			B	5.8	0.056	0.290	0.029	0.183	0.75
1983. 7.18		S	5.8	0.120	1.121	0.114	0.160	4.19	
		B	4.0	0.081	0.290	0.027	0.121	1.34	
1983. 9.19		S	11.3	0.037	0.255	0.085	0.430	1.84	
		B	1.4	0.093	0.087	0.009	0.151	1.80	
1983. 11.18		S	7.3	0.048	0.364	0.075	0.233	1.16	
		B	7.6	0.024	0.144	0.070	0.150	0.67	
1984. 1.24		S	9.4	0.032	0.562	0.054	0.308	0.20	
		B	8.2	0.022	0.243	0.032	0.164	0.15	
1984. 5.21		S	9.5	0.008	0.294	0.051	0.073	0.94	
		B	5.1	0.051	0.150	0.018	0.040	0.95	
1984. 7. 6		S	7.3	0.050	0.760	0.104	0.144	3.33	
		B	2.5	0.095	0.370	0.029	0.038	1.54	
st 35		1983. 5.20	S	8.0	0.064	0.507	0.080	0.422	2.18
			B	4.4	0.072	0.251	0.021	0.211	1.05
	1983. 7.18	S	8.4	0.015	0.018	0.036	0.133	0.68	
		B	1.3	0.083	0.191	0.035	0.102	1.97	
	1983. 9.19	S	8.1	0.028	0.010	0.047	0.114	0.51	
		B	3.7	0.044	0.059	0.016	0.082	0.45	
	1983. 11.18	S	8.0	0.017	0.076	0.075	0.303	0.59	
		B	8.0	0.020	0.081	0.075	0.201	0.69	
	1984. 1.24	S	9.4	0.017	0.291	0.039	0.143	0.10	
		B	8.3	0.029	0.190	0.032	0.197	0.22	
	1984. 5.21	S	8.4	0.005	0.118	0.033	0.034	0.30	
		B	6.7	0.003	0.044	0.007	0.012	0.48	
	1984. 7. 6	S	10.6	0.000	0.000	0.039	0.115	0.54	
		B	2.3	0.065	0.179	0.020	0.147	1.18	

※ S:表層 B:底層(海底上1m)

3 藻類培養実験による水質の測定結果

AGP 試験に使用する藻類としては、我国の沿岸海域に広く分布し、東京湾でしばしば赤潮を形成する代表的な種である *Skeletonema costatum* を用いた。なお、AGP の測定手順は前報²⁾のとおりである。(但し、昨年度の結果で、鉄は不足しないと考えられるので、1987年7月以降の試料については、塩化第二鉄(FeCl_2)は添加していない。)

(1) 東京湾のAGP

本実験では、ろ過海水についてAGPを測定している。AGPは、藻類に利用可能な水中に溶解する栄養塩の量と関係する値である。したがって、採水時の藻類の現存量にAGPを加えたものは、富栄養化の程度をあらわす尺度となる。

そこで、図3に、st 35の藻類の現存量とAGPとの和を示した。但し、藻類の現存量は、 $\text{SS}/\text{chl}a = 218$ (平均)をchl a濃度に乗じて算出した。この図から、東京湾 st 35の上層では、栄養塩のほとんどが藻類の現存量へ転換しAGP $\approx 2 \text{mg}/\text{l}$ のときから、栄養塩の多くが水中に残存しているときまでであることがわかった。

(2) 藻類増殖の制限因子

st 35表層の原水に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を $1 \text{mg}/\text{l}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ を $0.1 \text{mg}/\text{l}$ (但し、1983年5月の試料のみには、更に FeCl_2 を $1 \text{mg}/\text{l}$)となるように添加してAGPを測定すると、図4のようになる。この図から、st 35では、Pが最も不足しや

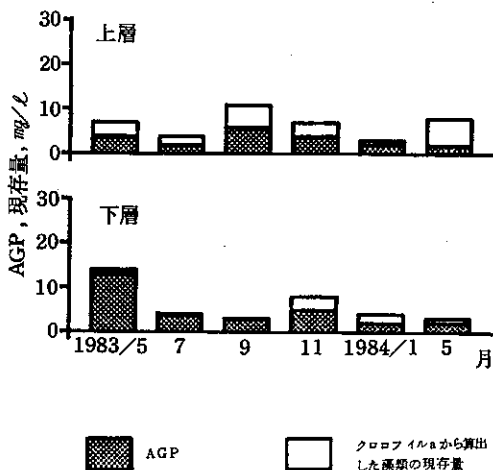


図3 東京湾 st. 35のAGPの測定結果

すい栄養塩であることがわかる。

そこで、1982年9月から1984年5月までの原水のAGPの測定結果を、その水質と共に図5に示した。この図か

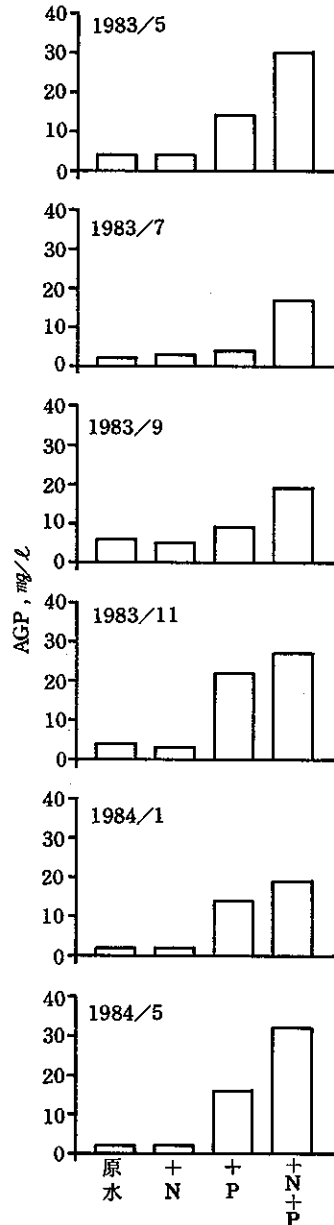


図4 東京湾 st. 35の表層水に栄養塩を添加したときのAGP (但し、1983年5月の試料は、N・P添加の代わりに、N・P・Fe添加である。)

ら、一般にはAGPの値は、 $st\ 5 > st\ 25 > st\ 35$ であること、及び無機態窒素 (I-N), PO_4-P の濃度が高いとAGPも高くなることがわかる。しかし、I-N, PO_4-P 濃度が共に高くともAGPが著しく小さい例も見受け

られた。これは、藻類の制限因子が、N・P以外のものであったためなのか、それとも、成長を阻害する何らかの物質が共存していたためなのか、今後、検討することが必要である。

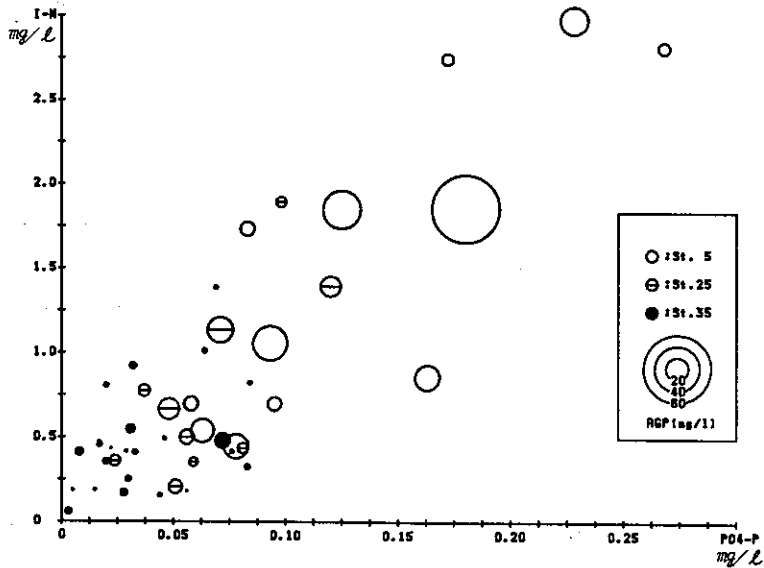


図5 原水の PO_4-P , I-N 濃度と AGP との関係。

(昭和57年9月から昭和59年5月までのデータを用いた。)

4 浮遊藻類のCODについて

東京都内湾の海水から分離した珪藻3種 *Skeletonema costatum* (蓋殻直径: 12 μ m), *Thalassiosira rotula* (蓋殻直径: 32 μ m) 及び *T. weissflogii* (蓋殻直径: 20 μ m) を用いて、これら藻類の増殖特性に関する実験 (実験1) と培養藻類の組成に関する実験 (実験2) を行った。

(1) 実験方法

ア. 実験1

イ. 培地

東京都内湾の海水をグラスファイバーフィルターGF/Fでろ過して蒸留水で塩分25‰に調整したものをベースとした改変松平培地 (表2) を使用した。但し、N・Pの濃度については、P/N濃度を $\frac{1}{10}$ としたまま添加量を8:3:1と3段階に変化させ、それぞれを区分 f_8, f_3, f_1 とした。培地調整後のN・P濃度は図7のとおりである。

表2 改変松平培地

(A) $NaNO_3$	10 g
H_2O	100 ml
(B) $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	1.4 g
EDTA · 2Na	1.8 g
H_2O	100 ml
(C) $NaHCO_3$	6.3 g
H_2O	100 ml
(D) Fe · EDTA	0.144 g
$CoCl_2$	0.221 g
$CaCl_2$	0.211 g
$MnCl_2$	0.229 g
H_2O	100 ml
(E) Na_2SiO_3	1 g
H_2O	100 ml

A, B, D各1ml, C, E各2mlを海水 (S < 30 ‰) 1000mlに添加

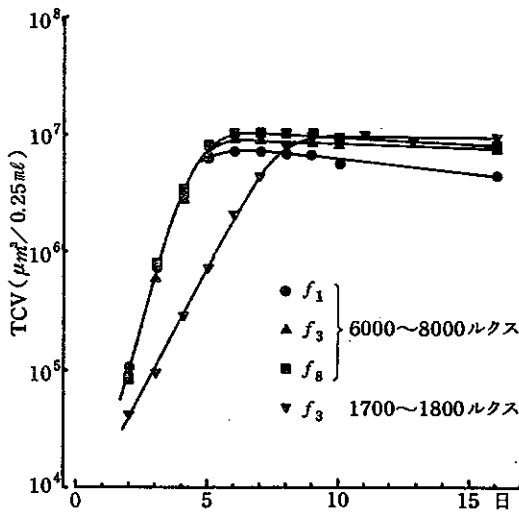


図6-1 *S. costatum*の増殖曲線

(イ) 培養条件

ガラス製容器(1ℓ柴田SPC保存びん)に培地1ℓを分取し、藻類の一定量を加え、温度20℃、照度6000~8000ルクス12時間明暗サイクルで静置培養(1日1回おだやかに振とう)した。但し、 f_3 区分のみは、照度1700~1800ルクスの培養も行った。

(ロ) 測定方法

藻類量は、パーティクル・カウンターを用いて、全細胞容量(TCV)として測定した。なお、*S. costatum*については、超音波ディスポーザーで群体を切断したのちにTCVを測定した。また、併せて顕微鏡により細胞の生死、形態変化を観察した。

イ. 実験2

(イ) 培養方法

藻類の培養は、実験1に準じて行った。但し、N、P添加量については、実験1の f_3 区分と同じとした。また照度は6000~8000ルクスとした。なお、*S. costatum*は3本で、*T. rotula*及び*T. weissflogii*は2本で培養を行い、培養打ち切り後に混合して、次の測定を行った。

(ロ) 測定方法

- ① 細胞数 顕微鏡下で計数した。
- ② クロロフィル 西条によるクロロフィルの測定法³⁾に基づき、抽出、吸光度測定を行い、赤潮マニュアル⁴⁾

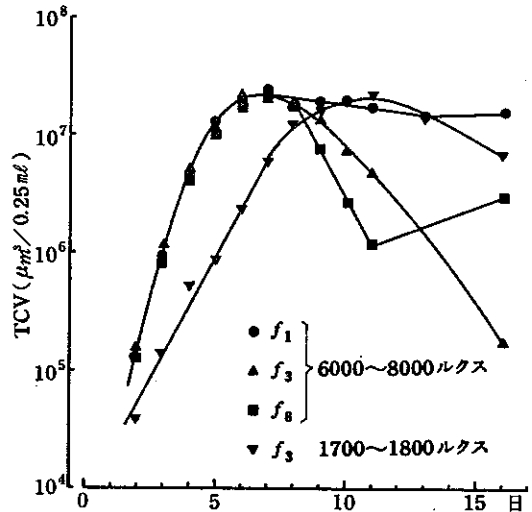


図6-2 *T. rotula*の増殖曲線

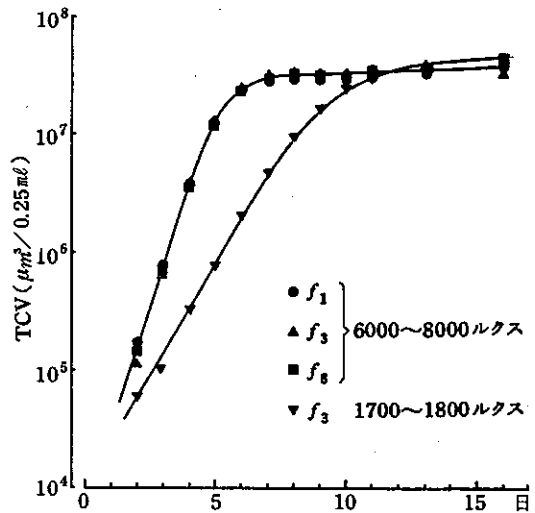


図6-3 *T. weissflogii*の増殖曲線

記載の珪藻だけの場合の計算式を用いて、chl_a(以下、Lorenzen法と区別するためにchl_a(S)とする。)及びクロロフィル_{c1+c2}(chl_c)濃度を求めた。併せて、Lorenzen法によりchl_a(chl_a(L)とする。)及びフェオ色素を測定した。

- ③ COD 培養後の培地をグラスファイバーフィルタ

ー(ワットマンGF/C)でろ過し、捕集した藻類をろ紙ごと、塩分25‰に希釈した清浄な外洋海水100ml中に入れ、JIS K01012 17 COD_{Mn}⁵⁾酸性法で測定した。

② 結果と考察

ア. 培養藻類の増殖特性

実験1における藻類の増殖曲線を図6-1~3に示した。植種量は、培地の初期濃度で、*S. costatum* 2.6×10^3 , *T. rotula* 3.8×10^3 , *T. weissflogii* 8.9×10^3 ($\mu^3/0.25 \text{ ml}$)であった。

照度6000~8000ルクスでの培養では、3種の藻類

ともに、N、P濃度の違いは、藻類の対数増殖期における増殖速度に、ほとんど影響していない。また、それ以後における藻類増殖量に、濃度比ほどの差は見られない。図7は、培地中の無機栄養塩濃度を、対数増殖期を過ぎた後(*S. costatum*及び*T. rotula*は9日目、*T. weissflogii*は16日目)に測定した結果であるが、その時点でも、おおむね栄養塩は残っていることから、対数増殖期では、N、P濃度による影響の差異はなく、珪酸の不足も無かったものと考えられる。

顕微鏡観察によると、3種の藻類ともに、対数増殖期間中は、死細胞は見られず、健全な細胞だけであったが

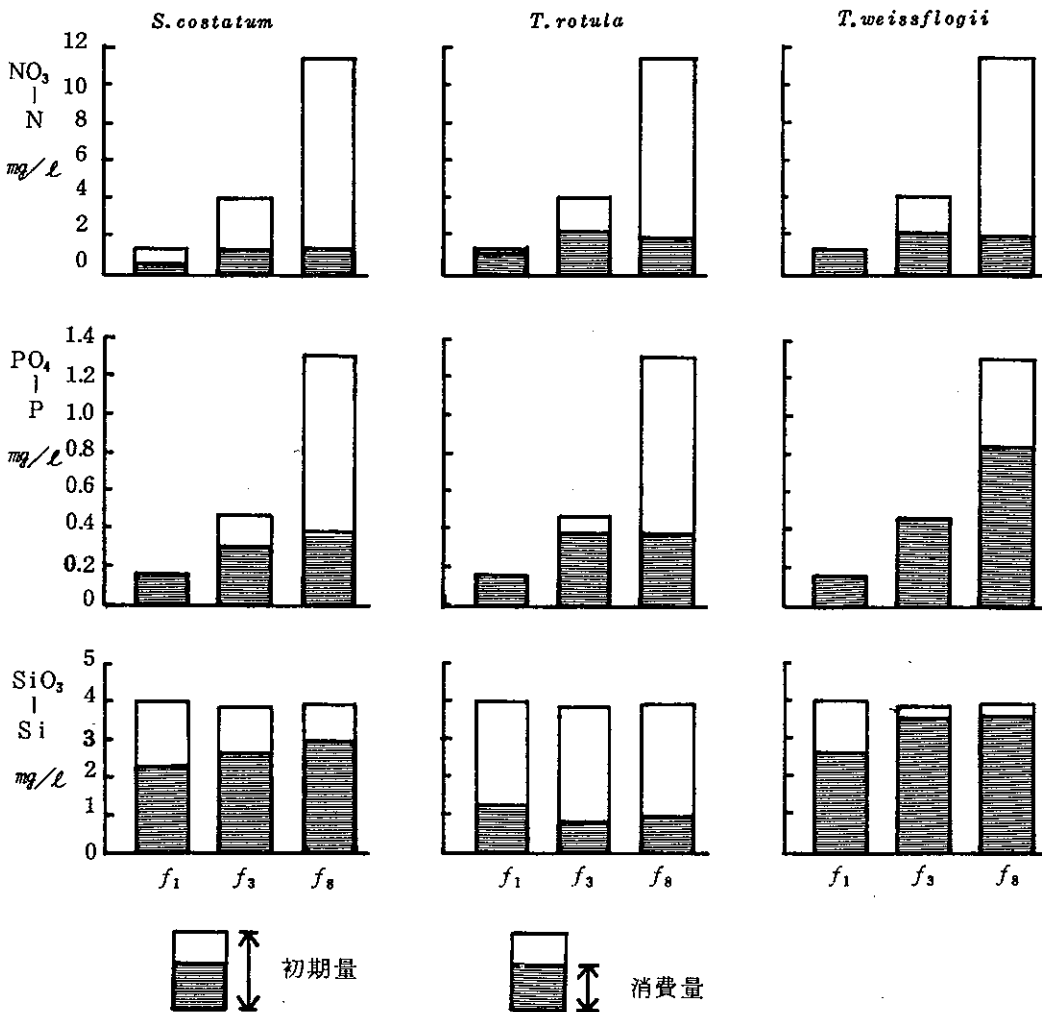


図7 培地の栄養塩濃度

その後は、*S. costatum* は5日目から、*T. rotula* は6日目から死細胞が増加し、9日目には前者は60~70%が、後者は40~50%が死細胞となり、また生細胞の形態の変化も見られた。一方、*T. weissflogii* については、この実験期間中は、死細胞はほとんど生じず、14日目以降は、細胞の色が薄れていくに止まり、また、前二者と異なり、そのTCVは経時的にピークを作らず、最後まで増加する傾向を示した。

f_3 区分における照度1700~1800ルクスの培養では、増殖速度が遅くなることを別とすれば、6000~8000ルクスでの培養とほとんど同じ増殖過程を示した。

以上の結果から、実験2における栄養塩類添加量、培養条件及び培養期間を、先に述べたように定めた。

なお、図6-1~3の対数増殖期の勾配より求めた比増殖速度(μ)を表3に示した。

$$N = N_0 e^{\mu t}$$

t : 培養日数

N : t日後の藻類量

N₀ : 0日目の藻類量

イ. 培養類のCODについて

海中の浮遊藻類が定量的にどの程度のCOD値を示

表3 比増殖速度 (μ)

	単位 day ⁻¹	
	6000 ~ 8000ルクス	1700 ~ 1800ルクス
<i>S. costatum</i>	1.6	0.96
<i>T. rotula</i>	1.8	0.98
<i>T. weissflogii</i>	1.5	0.86

すかについて知るために実験2を行った。*S. costatum* を3日間(TCVで $4.7 \times 10^3 \mu^3/0.25 ml$), *T. rotula* を4日間($2.8 \times 10^6 \mu^3/0.25 ml$)及び*T. weissflogii* を5日間($8.8 \times 10^6 \mu^3/0.25 ml$)培養して、それぞれについて細胞数、クロロフィル及びCODを測定した結果を表4に示した。

西条の方法によって測定されたchl a(S)は、フェオ色素を含んだ値であり、Lovenzen法におけるchl a(L)とフェオ色素の合計に相当するものである。本実験における両者の値は良く一致していた。

そこで、培養藻類について、chl a(L)+フェオ色素に対するCODの割合(mg/mg)を求めると、*S. costatum* では42、*T. rotula* では40、*T. weissflogii* では27となる。換言すると、藻類濃度がchl a(L)+フェオ色素で $100 mg/m^3$ の場合、そのCODは、*S. costatum* では $4.2 mg/l$ 、*T. rotula* では $4.0 mg/l$ 、*T. weissflogii* では $2.7 mg/l$ となる。また、藻類間の比較では、*S. costatum* を1とすると、同じ量のchl a+フェオ色素を含む*T. rotula*では0.95、*T. weissflogii*では0.64となる。

珪藻は、光合成色素としてchl aの他に、chl c(c_1, c_2)を含有する。chl cについては言及されることが少ないので、ちなみに、そのchl a(S)に対する比率を求めると表4のとおりとなり、0.14~0.22となる。

実験1によると、*S. costatum* の比増殖速度は1.6であった。これは1日間で約5倍($e^{1.6 \times 1} = 4.95$)に増殖することを意味する。一週間では、 7.3×10^4 倍となる。従って当初、海水1ml当り1個の細胞があれば、1週間後には、 7.3×10^4 細胞となり、実験2の結果で換算すると、CODは $9.5 mg/l$ 、クロロフィル量で $226 mg/m^3$ となり、濃厚な赤潮状態となる。実際には、枯死、動

表4 培養藻類の分析結果

	細胞数 Cell/ml	COD mg/l	クロロフィル mg/m ³					COD/ chl a(L) +フェオ色素 (mg/mg)	chl c/ chl a(S)
			chl a(S)	chl c ($c_1 + c_2$)	Lorenzen 法				
					chl a(L)	フェオ色素	chl a(L) +フェオ色素		
<i>S. costatum</i>	6.7×10^3	0.87	19.9	4.3	16.7	4.0	20.7	42	0.22
<i>T. rotula</i>	1.8×10^3	2.10	51.8	10.5	44.2	8.0	52.2	40	0.20
<i>T. weissflogii</i>	1.1×10^4	5.55	205	28.0	174	30.2	204	27	0.14

物による捕食，環境条件の変化などにより，このような増殖速度を維持できるかどうか疑問であるが，藻類の急速な増殖による赤潮の発生状況を示唆するものと思われる。

5 富栄養化を考慮した水質予測式のモデリング

はじめに，これまでで発表されている水質予測モデルのあらましを述べ，つぎに昭和58年度に作成したモデルの基本構造について述べる。

(1) 既存の水質予測モデルについて

海域の水質予測モデルは，図8のように分類される。

A. 統計型モデル(帰納型モデル)

既存の測定データを統計的に処理し，水質項目間の関係を回帰式等の数式で表わしたモデルである。汚濁機構はブラック・ボックスとして扱い，数式自体は汚濁の因果関係を論理的に表現したものではない。また，数式化に用いた測定データの範囲を外れなければ精度は高い。

(例) 瀬戸内海における赤潮の予察

1983年 水産庁研究部魚場保全課

イ. 構造型モデル(演えき型モデル)

物理，化学，生物学的な反応機構を数式化し，それらを組合せて水質汚濁機構を表現したモデルである。数式自体が汚濁機構を表わしているため，モデルを部分的にテストしたり，他の式に置き換えたりすることが容易で，新たな事実や理論に基づくモデルの改良が行いやすい。一般的には，モデルが詳細になりやすく，多くの仮定や係数値が必要とされる。

イー1 保存系モデル

水質汚濁機構に生物による内部生産は組込まず，汚濁物質量は系内で保存されるとして，流入，拡散，流出と

いう物理過程で表現したモデルである。このため生物生産の卓越した海域の水質予測には適しない。ただし，数学的には安定した解が得られる。

(例) 東京湾総合調査

1974年 一都三県公害防止協議会

イー2 非保存系モデル

水質汚濁機構に内部生産による二次汚濁を組込んだモデルで，汚濁源として系外から供給されたもののほかに，系内で生物により生産されたものも考慮されている。数学的には，モデルの構造と係数値相互の関係により解が収束しないことがある。

イー2-1 物質系モデル

水質汚濁機構を物質の形態的，時空間的な変化挙動としてとらえ，生物学的過程を直接には扱わない。そのため，生物に関する詳細な係数(例えば捕食，死亡についての)は不明であってもかまわない。

(例) 羽田沖埋立事業の拡張に関する環境影響評価案

1983年 東京都港湾局

イー2-2 生態系モデル

汚濁機構を，群集生態学的に生物の相互関係のレベルから記述したモデルである。理論的には，食物連鎖の低次のもの(プランクトン，バクテリア等)から高次のもの(魚類等)までモデルの構成要素に組込むことができるが，どの段階までにとどめるかは，予測を行う海域の特性や目的によって定められる。ただし，生物に関する多くの係数(植物プランクトンの増殖速度，枯死率，動物プランクトンの摂食速度，死亡率等)が必要で，実測の困難なものが少なくない。

(例) 播磨灘底質浄化調査報告書

1981年 運輸省

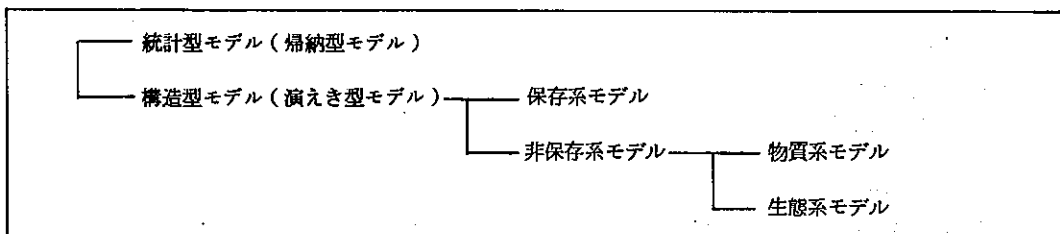


図8 海域の水質予測モデルの分類

② 東京湾富栄養化モデルの基本構造

東京湾における栄養塩の挙動と水質汚濁、特にプランクトン量との関係を解明するために、前述の各種モデルについて検討し、東京湾の富栄養化モデルを作成した。モデルの機能として、東京湾の水質汚濁にかかわる諸要因が総合された結果としての水質が予測できるものであ

るとともに、富栄養化にかかわる諸過程を個別に検討することが可能であること、及び富栄養化にかかわる新たな情報を組み込み改良することが可能であることが望まれることから、モデルの種類は生態系モデルとした。モデルの構造を図9に示す。

このモデルは

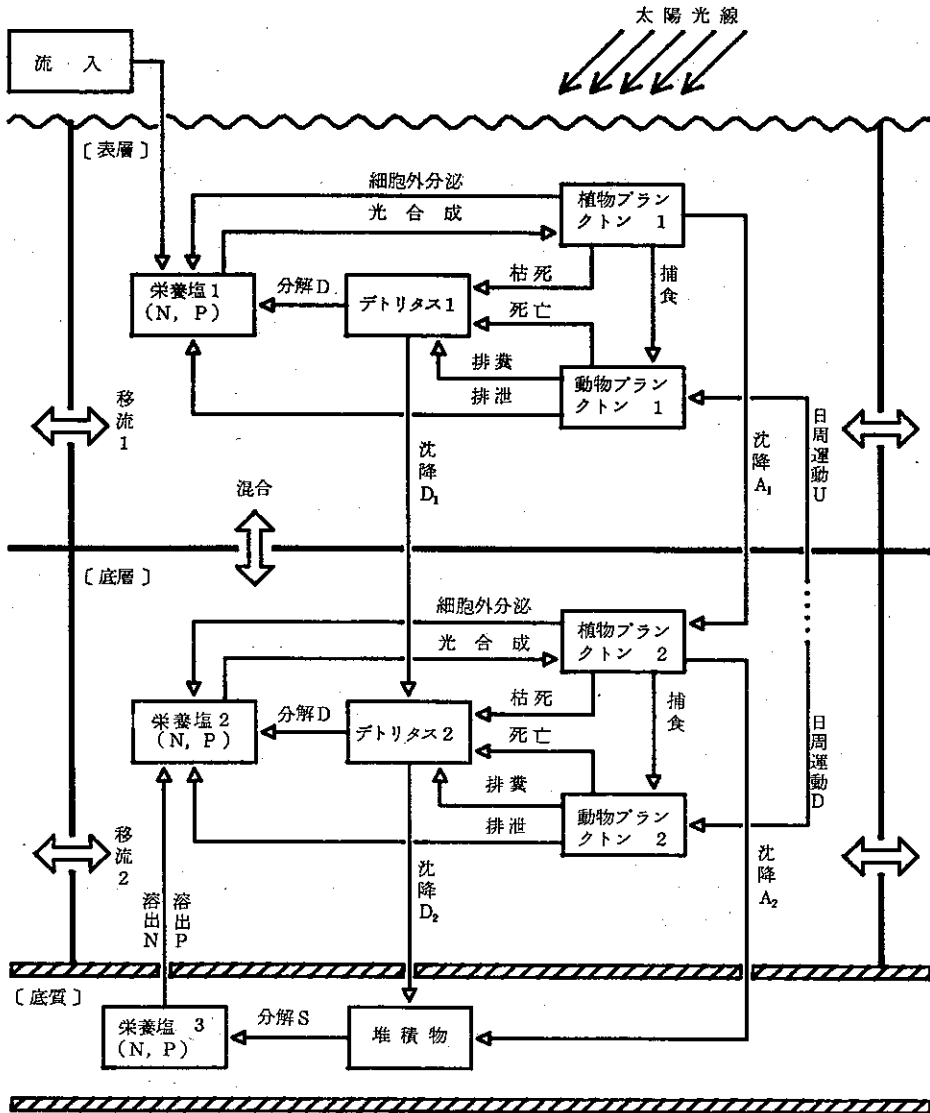


図9 生態系モデルの構造

表5 モデルにおける状態変数と制御変数

層	状態変数	制御変数 (+ 増加, - 減少)
表層	植物プランクトン1	+ [光合成] - [細胞外分泌] - [枯死] - [摂食] - [沈降A ₁]
	動物プランクトン1	+ [捕食] - [排糞] - [排せつ] - [死亡] + [日周移動U] - [日周移動D]
	デトリタス1	+ [枯死] + [死亡] + [排糞] - [分解D] - [沈降D ₁]
	栄養塩1	+ [流入] + [細胞外分泌] + [排せつ] + [分解D] - [光合成]
底層	植物プランクトン2	+ [光合成] + [沈降A ₁] - [細胞外分泌] - [枯死] - [捕食] - [沈降A ₂]
	動物プランクトン2	+ [捕食] - [排糞] - [排せつ] - [死亡] - [日周移動U] + [日周移動D]
	デトリタス2	+ [沈降D ₁] + [枯死] + [死亡] + [排糞] - [分解D] - [沈降D ₂]
	栄養塩2	+ [溶出] + [細胞外分泌] + [排せつ] + [分解D] - [光合成]
底質	堆積物	+ [沈降A ₂] + [沈降D ₂] - [分解S]
	栄養塩3	+ [分解S] - [溶出]

- ① 植物プランクトン
- ② 動物プランクトン
- ③ デトリタス (非生物体懸濁性有機物)
- ④ 栄養塩 (N, P)

の各状態変数から構成されており、また、海中での成層を考慮して、水深方向については表層、底層からなる2層モデルである。

すなわち、このモデルは、陸上から負荷された栄養塩 (N, P) が、太陽光の存在の下で植物プランクトンの光合成により吸収されて生物体を構成する有機物に転換され、一方、植物プランクトンは動物プランクトンに捕食される。その間、生物活動に伴う排せつや死、あるいはデトリタスの分解などにより各状態変数の値が変化する、という海中での生物、化学的な過程を数式化したものである。

次に、これら状態変数と、その相互関係を支配する要因である制御変数との関係を表5に示す。

このうち、細胞外分泌とは、植物プランクトンの生物活動に伴う有機物の分泌で、動物プランクトンの排せつに対応する。また、ここでの光合成には、直の光合成活動によるものに加えて他のすべての栄養塩を吸収する過程を含ませている。沈降については、デトリタスと植物プランクトンで別の変数とした。動物プランクトンの日周運動は、上昇運動 (日周運動U) と下降運動 (日周運動D) とに分けて変数を与えた。

なお、このモデルでは、底質に関して、堆積物、栄養塩を状態変数に、分解を制御変数に設定してあるが、実際には、上下層と単位のとりかたが異なるため、数値実験を行う段階では、系外とみなして扱う。

昭和59年度以降は、このモデルをコンピューター・プログラム化して数値実験による富栄養化機構の検討を行い、併せて、実験、観測データとの適合の良否等を検討しながらモデルの改良を行うこととする。

6 まとめ

東京都内湾を対象として、昭和57年度に引き続きAGPを含めた海況、水質の測定を行った。また、培養した藻類のCOD等を測定した。併せて、富栄養化機構解析の数理モデルについて検討した。

- ① 1983年5月から1984年7月までの東京都内湾の海況及び水質は、ほぼ平年並みに推移した。
- ② 東京都内湾のAGPの値は、かなりの巾で変動するがPO₄-P, I-Nの値が大きいほど、また沖合から陸岸に近くなるほど大きな値をとる傾向がみられた。
- ③ 藻類生産の制限因子は、りんである場合が多かった。
- ④ 東京都内湾の海水から分離した珪藻類の培養結果によると、珪藻1mg chla (フェオ色素を含む。) はCOD (酸性法) 27~42mgに相当した。
- ⑤ 東京湾の富栄養化機構を数理的に解析するためのモデルとして、生態系構造モデルの基本構造を定めた。

謝辞：昭和57年度に引続き採水，観測に便宜をはかっていただいた環境保全局水質保全部水質監視課晴海分室，及び珪藻(*T. rotura*, *T. weissflogii*)を同定していただいた東海区水産研究所の高野秀昭技官に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 東京都環境保全局：昭和58年度公共用水域水質測定結果の概要，(1984)
- 2) 曾田京三ほか：東京湾の富栄養化に関する研究(その1)，東京都公害研究所年報(1984)，89～41，(1984)
- 3) 西条八束：クロロフィルの測定法，*Jap. J. Limnol.* **36**, 3, 103～109, (1975)
- 4) 安達六郎，入江春彦：赤潮マニュアルI，赤潮研究分類班，25，(1980)
- 5) 日本規格協会：工場排水試験方法 JIS K0102，33，(1981)