

広島湾における植物プランクトンの現存量と光合成速度の季節変化

山口 峰生・今井 一郎・松尾 豊

Seasonal Changes in Biomass and Photosynthetic Rate of Phytoplankton in Hiroshima Bay

Mineo Yamaguchi, Ichiro Imai* and Yutaka Matsuo**

The phytoplankton biomass and photosynthetic rate were measured in relation to the physico-chemical environmental conditions in Hiroshima Bay from February 1984 through to July 1985. Chlorophyll *a* was determined fluorometrically and primary productivity was measured by an *in situ* oxygen method. Horizontal distributions of the biomass showed relatively high production occurred near the coast of the cities of Hiroshima, Kure and Iwakuni where the influence of river runoff was strong. Phytoplankton biomass ($\text{mgChl. } a \cdot \text{m}^{-2}$) varied between 19.6 to 101.3 $\text{mgChl. } a \cdot \text{m}^{-2}$ with a maximum in June 1984. Two apparent blooms occurred in the bay. One a spring bloom began in February and the other a summer bloom occurred in June. The gross photosynthetic rate showed a maximum of $74.6 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ in August 1984. Mean assimilation number of the gross and net photosynthesis were $7.7 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. } a^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ and $6.1 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. } a^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectively. Temporal variations in the photosynthetic rate generally followed the seasonal cycle of the phytoplankton biomass. It appears that the nanoplankton (less than $10 \mu\text{m}$) accounted for 47% of total chlorophyll *a* during the study period. The relative percentage of different size fractions did not show any marked seasonal cycle. A significant correlation was obtained between the photosynthetic rate and irradiance and chlorophyll *a* concentration. Dissolved nutrients exhibited marked seasonal variation, but were not correlated with the concurrent variations in phytoplankton photosynthetic rate.

Key words: Hiroshima Bay, Phytoplankton biomass, Photosynthetic rate

植物プランクトンの光合成による有機物生産、すなわち基礎生産は、食物連鎖を通じて動物プランクトンや魚類といったより高次の生物生産の根幹をなすものである。さらに、海域における富栄養化の進行に関わる窒素、リンなどの物質循環を解明する上でも、植物プランクトンの現存量と生産量を把握することが必要である。しかし、わが国周辺海域における植物プランクトンの現存量や生産量に関する周年にわたる測

定例は極めて限られているのが現状である。本報では、比較的富栄養化が進んだ広島湾において植物プランクトンの現存量と光合成速度を周年にわたって測定し、それらに及ぼす環境要因の影響を検討した結果について述べる。

材料と方法

植物プランクトン現存量

植物プランクトン現存量測定のための採水は、広島湾に設けた10定点 (Fig. 1) において、1984年2月から1985年7月にわたってほぼ1ヶ月に一度、南西海区水産研究所調査船「せと」によって実施した。各定点の水深0, 5, 10 m, 以下10 m 間隔で海底上1 m 深 (B-1 m) から採水し、その500 ml をガラス繊維濾紙 (Whatman GF/C) で濾過した。濾紙を90%アセトン中でホモジナイズし、クロロフィルa濃度を蛍光法 (西条 1975) によって測定した。クロロフィルa濃度の測定は Turner Designs 社蛍光光度計によった。植物プランクトン現存量 ($\text{mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$) は海面から B-1 m までのクロロフィルa濃度を台形法によって積算して求めた。

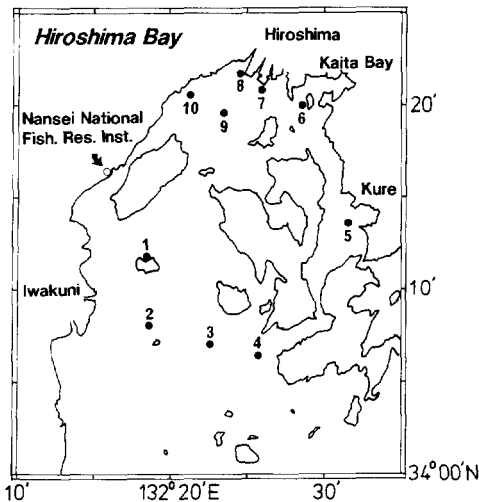


Fig. 1. Sampling locations in Hiroshima Bay. Phytoplankton biomass was determined at 10 stations and photosynthetic rate measured at the pier of Nansei National Fisheries Research Institute (NNFRI).

光合成速度

光合成速度の測定は南西海区水産研究所の棧橋において、現存量調査とほぼ同時期に実施し

た。採水は2 m 層より行い、まず大型の動物プランクトンを除くため、試水を $300 \mu\text{m}$ のプランクトンネットで濾過した。その濾液を300 ml の BOD 瓶 (Wheaton 社) 6本 (明瓶4本, 暗瓶2本) に静かに分注した。明瓶2本は直ちに硫酸マンガン溶液とアルカリヨウ化物溶液各1 ml ずつを加えて溶存酸素の固定を行った。残りの明暗瓶各2本は採水層に一定時間 (正午を含む約5時間) 吊り下げを行った。吊り下げ終了後、各瓶の溶存酸素の固定を行い、ウインクラー法によって各瓶中の溶存酸素を測定した。総光合成速度 (Gross photosynthesis; GP), 純光合成速度 (Net photosynthesis; NP) 及び呼吸速度 (Respiration; R) は Strickland and Parsons (1968) に従って以下の式から求めた。すなわち、

$$GP (\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{605 \cdot f \cdot (V_{LB} - V_{DB})}{N \cdot PQ}$$

$$NP (\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{605 \cdot f \cdot (V_{LB} - V_{IB})}{N \cdot PQ}$$

$$R (\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{605 \cdot f \cdot (V_{IB} - V_{DB}) \cdot RQ}{N}$$

ここで、 V_{LB} , V_{DB} , V_{IB} はそれぞれ明瓶, 暗瓶および培養スタート時に直ちに溶存酸素の固定を行った瓶において滴定に要したチオ硫酸ナトリウム溶液の容量を示す。 N は海域に吊り下げた時間 (h), f はチオ硫酸ナトリウムをヨウ素酸カリウム標準溶液で標定して求めたファクターである。 PQ と RQ は光合成商及び呼吸商で、それぞれ1.2と1.0とした。

一般観測項目

現存量及び光合成速度調査時における水温, 塩分の測定はオートラボ製水温塩分計によった。光合成速度測定時の栄養塩濃度 (DIN , PO_4 , SiO_2) はテクニコン社オートアナライザーでテクニコン社の方法により測定した。また、クロロフィルa濃度は無処理の試水とそれをポアサイズ $10 \mu\text{m}$ のプランクトンネットで濾過したもの (ナノプランクトン画分) の両方について測定した。

結 果

植物プランクトン現存量の水平分布とその季節変化

植物プランクトン現存量の水平分布とその季

節変化を Fig. 2 に示す。広島湾では1984, 85年とも2月に湾東部の海田湾, 呉湾及び岩国沖でいわゆる春のブルームが明瞭にみられた。その後3月から4月にかけて現存量は著しく低下し, ほとんどの定点で $50 \text{ mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下となり, 海域差もみられなくなった。しかし,

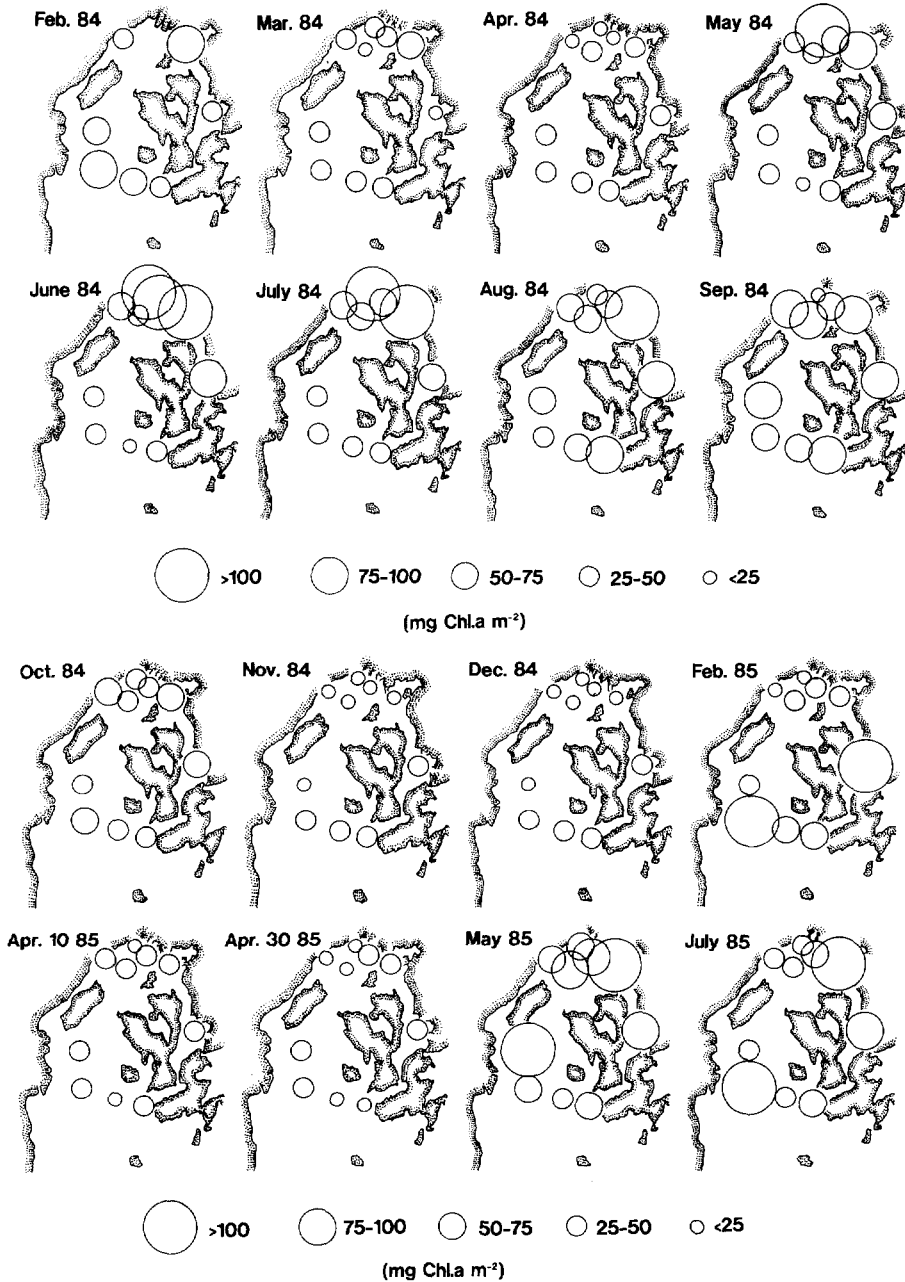


Fig. 2. Monthly variations in phytoplankton biomass in Hiroshima Bay (February 1984–July 1985).

5月から7月には湾奥部において著しい現存量の増大が観察され、局所的に赤潮状態を呈した。この傾向は9月まで続き、湾奥部に加えて湾南部でも現存量の増加がみられ始めた。10月以降には湾全域で現存量は減少し、翌年の2月まで $25 \text{ mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下の低い値で推移した。年間を通してみると、高い現存量は広島市沖、呉市沖及び岩国沖でみられた。以上のように、河川を通じて陸上からの負荷の大きい湾奥沿岸部で植物プランクトン現存量が高く、また季節変動も大きいものに対して、湾口部では現存量は低くその季節変動も小さいことが明らかとなった。植物プランクトン現存量の全調査点の平均値と標準偏差の季節変動を Fig. 3 に示す。現存量は $19.6 \sim 101.3 \text{ mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲で大きく変動した。しかし、水平分布でも触れたように、明瞭な季節変化がみられた。すなわち、2月を中心としたいわゆる春季と6月付近に2つの現存量のピークがみられた。春季のブルームは初夏のものに比べて規模は小さく、現存量は $50 \text{ mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$ 程度であったが、初夏のそれは $100 \text{ mgChl. a} \cdot \text{m}^{-2}$ を越える高い値を示した。光合成速度及び環境因子の季節変化

南西海区水産研究所の棧橋における光合成速

度の季節変化を Fig. 4 に示す。光合成速度は総光合成で $4.4 \sim 74.6 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ 、純光合成で $3.4 \sim 66.1 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ の範囲にあった。光合成速度のピークは4～5月と7月にみられた。また、秋から冬にかけては光合成速度は小さかった。単位クロロフィル a 当たりの光合成速度 (Assimilation number) は総光合成で $2.5 \sim 15.0 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ の範囲にあり、平均値 (±標準偏差) は $7.7 \pm 3.5 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。また、純光合成の Assimilation number は $0.4 \sim 13.6 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ の範囲にあり、平均値では $6.1 \pm 3.5 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。

種々の環境因子のうち水温、塩分及びクロロフィル a 濃度の季節変化を Fig. 5 と Fig. 6 にそれぞれ示す。水温は 10°C から 26°C の範囲にあり、明瞭な季節変化を示した。すなわち、水温の上昇は3月頃から始まり、9月に最高となった後、再び低下に転じ、1～2月に最低値を示した。塩分は1985年の7月にかなりの低下が見られた以外はほぼ $31 \sim 32\text{‰}$ と一定であった。総クロロフィル a 濃度は $1.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ から $7.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ の範囲にあり、夏季に高く冬季に低いといった水温の変動と良く似た変動パターン

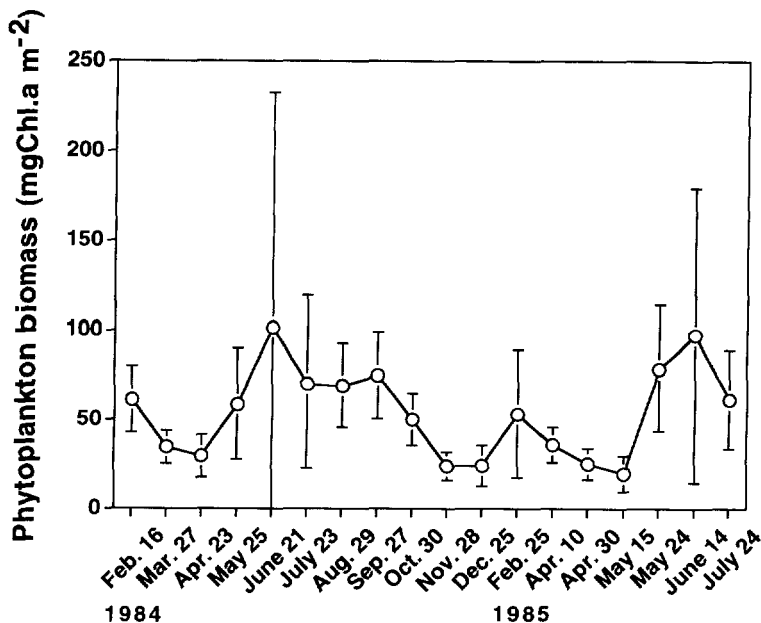


Fig. 3. Seasonal variations in phytoplankton biomass in Hiroshima Bay. Bars represent SD.

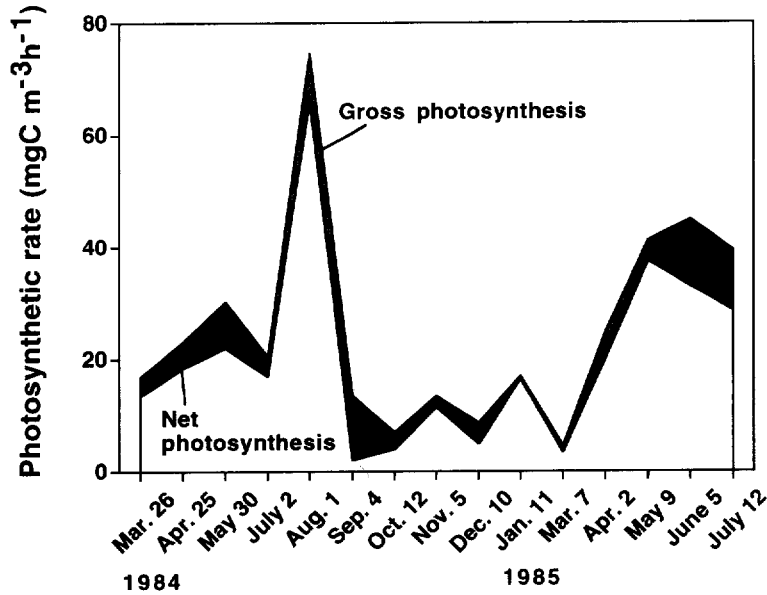


Fig. 4. Seasonal variations in the gross and net photosynthetic rates at the pier of NNFRI.

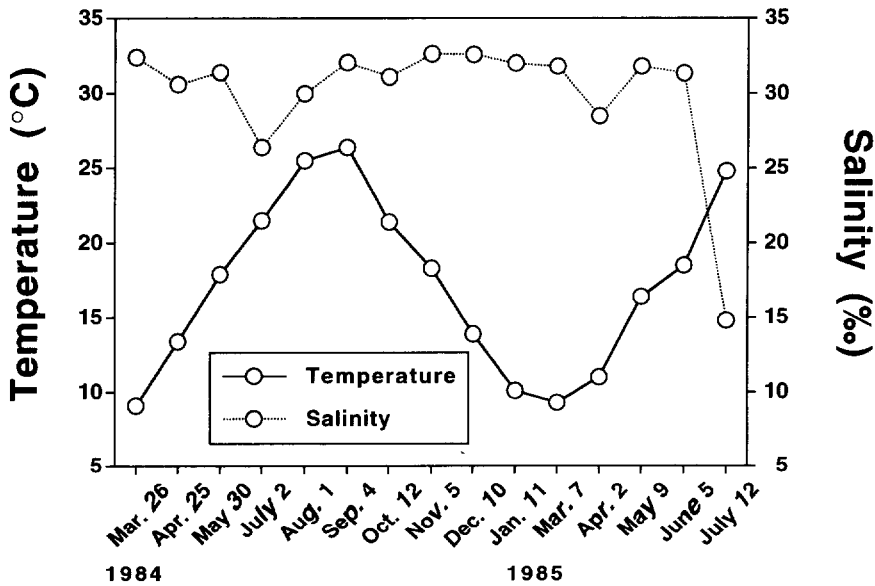


Fig. 5. Seasonal variations in temperature and salinity at the pier of NNFRI.

を示した。このうち 10 μm 以下の画分のクロロフィル a 濃度は総クロロフィル a 濃度とほぼ同様な変動を示し、夏季に高く秋季から冬季にかけて低かった。10 μm 以下の画分の全体に占める割合は平均47%であり、ナノプランクトンの割合に明瞭な季節変化はみられなかった。

栄養塩の変化を Fig. 7 に示す。珪酸塩

(SiO_2) は春季に低かったが、それ以外では 30 $\mu\text{g-at l}^{-1}$ 程度で一定であった。リン酸塩 (PO_4) は夏季から秋季に高く、冬季から春季に低い傾向が見られた。無機態窒素 (DIN) は明瞭な季節変動を示し、夏季に低く秋季から冬季に高かった。

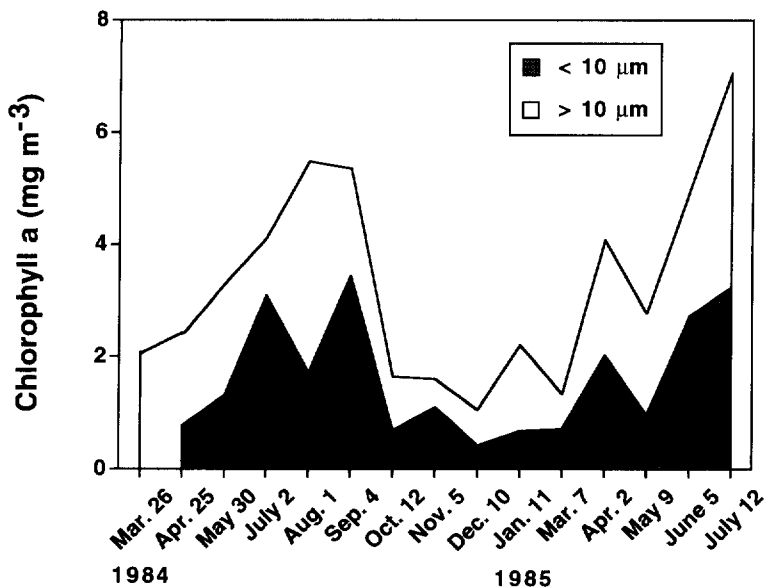


Fig. 6. Seasonal variations in size-fractionated chlorophyll *a* concentrations at the pier of NNFRI.

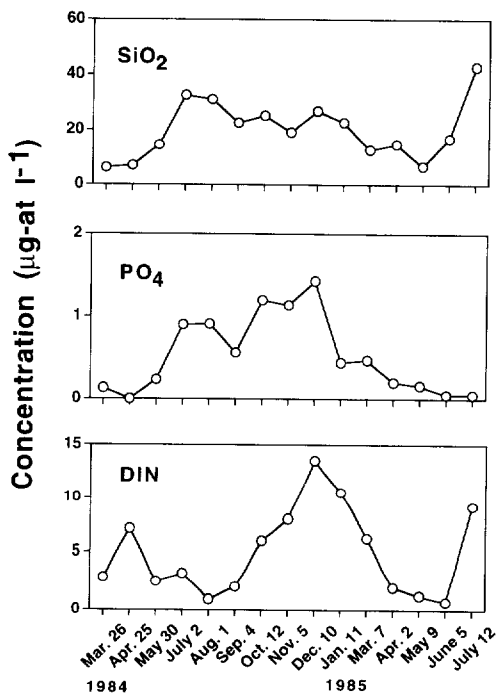


Fig. 7. Seasonal variations in nutrient concentration at the pier of NNFRI.

考 察

瀬戸内海における基礎生産の測定は、1962～

1963年に日本沿岸水域基礎生産力総合研究の一貫として備後灘で行われた調査が最初のものであろう(松平 1964)。その結果は遠藤(1964)によって報告されている。その後、遠藤により1963年6～9月(遠藤 1965)、1964年9月と1966年1月の3回瀬戸内海全域に設けられた8～21定点における測定がなされている(遠藤 1970)。1971～1972年にはIBP-PM(国際生物事業計画)のなかでやはり備後灘で調査が行われた(Endo and Okaichi 1977)。城・宇野(1983)は大阪湾において1978年11月～1979年8月と、1980年5月～81年2月の間4回ずつ測定を行っている。また、ほぼ同時期の1979年10月～1980年6月にはUye *et al.* (1986)によって瀬戸内海の15定点で測定が行われている。周防灘では1982年7月～83年10月に現場法によって5回の測定が行われた(山口・安楽 1984)。それに続いて大阪湾では1984年9月から85年9月にわたって四季を通じた測定がなされた(山口 1987)。以上のうち遠藤(1964, 1965, 1970)、Endo and Okaichi (1977)、Uye *et al.* (1986)は¹⁴C法、城・宇野(1983)は酸素法、山口・安楽(1984)と山口(1987)は¹³C法によっている。このように、瀬戸内海域における基礎生産の測定例は比較的少なく、さらに4季

を網羅している例は数例にとどまっている。さらに、遠藤の測定以来30年を経過している現在、富栄養化の進行などで海域における基礎生産の様相もかなり異なっていることが予想される。以上の調査のうち、広島湾で測定が行われたのは、遠藤 (1965, 1970) と Uye *et al.* (1986) の3報告にすぎない。

広島湾における植物プランクトン現存量は年間を通してみると、広島市沖、呉市沖及び岩国市沖で高い海域がみられた。すなわち、湾奥沿岸部で植物プランクトン現存量が高く、また季節変動も大きいものに対して、湾口部では現存量は低く、その季節変動も小さいことが明らかとなった。広島湾には瀬戸内海に注ぐ河川の中でも淀川、吉野川に次ぐ水量を持つ太田川と、10位以内に位置する錦川が流入しており、本湾は淡水流入量の多い内湾であるが、広島湾に接する芸芸灘では淡水の流入は非常に少ない (川村・清水 1985)。さらに、広島湾奥では夏季に貧酸素水塊の形成によって底泥からの栄養塩の溶出がかなり起こっている (橋本 1986)。したがって、広島湾では、河川水の流入負荷によって大きく影響を受け、さらに低泥からの栄養塩の溶出が顕著な湾奥沿岸部において、植物プランクトンの高い生産が行われていると考えられる。

温帯域の植物プランクトン現存量には2つのピーク、すなわち春の大きいブルームと秋の小さいブルームが見られることが知られている (Harvey *et al.* 1935)。しかし、瀬戸内海ではこの典型的なパターンが見られず、現存量のピークは夏季あるいは初秋にあり、これは富栄養化とそれにもなった植物プランクトン種組成の変化によると考えられている (Uye *et al.* 1986)。しかし、広島湾の場合には春のブルームが明瞭に認められ、さらに赤潮状態を呈するような夏季の顕著なブルームのため明瞭ではなかったが、秋季のブルームも9月頃に見られるようであった。すなわち、同湾では通常温帯域にみられる春、秋のブルームに加えて初夏のブルーム (赤潮) があるようである。通常春と秋のブルームは主に珪藻類によっているのに対して (Maita and Odate 1988)、この夏のブルームの主体は

渦鞭毛藻やラフィド藻など鞭毛藻類によるものであった。今後植物プランクトンによる基礎生産の季節変動を論議するためには、群集組成に関する定性的な情報も合わせて解析してゆく必要があるだろう。

単位クロロフィル当たりの光合成速度 (Assimilation number) は総光合成で $2.5 \sim 15.0 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (平均は $7.7 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)、純光合成で $0.4 \sim 13.6 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (平均 $6.1 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) であった。このうち純光合成の値を他の値と比較してみると、この値は先に周防灘で¹³C法によって測定された $1.0 \sim 11.0 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (山口・安楽 1984) や大阪湾の $0.5 \sim 11.6 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (山口 1987) とほぼ等しい。しかし、黒潮域や親潮域など外洋域で報告されている値 (Aruga and Monsi 1962, Saijo and Ichimura 1960) よりもかなり大きい。このことから、広島湾における光合成の効率は瀬戸内海の他の海域とほぼ等しいが、外洋域に比べるとかなり高いことが明らかである。ちなみに、瀬戸内海で過去20年前に報告されている Assimilation number は $3.0 \sim 11.1 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl. a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ であり (遠藤 1965)、このことから富栄養化の進行にもかかわらず光合成効率はほとんど変化していないことになる。

クロロフィルaのうち $10 \mu\text{m}$ 以下の画分 (ナノプランクトン) の全体に占める割合は平均47%であった。Durbin *et al.* (1975) や Joint *et al.* (1986) によれば、ナノプランクトンとそれより大型のネットプランクトンの割合に明瞭な季節変化がみられ、春と秋のブルームは大型のネットプランクトンが、また夏季にはナノプランクトンが優占する。しかし、広島湾においてはサイズ別の優占化に明瞭な季節変化はみられなかった。一般に外洋域ではナノプランクトンの割合が高く現存量で75%、生産量で80%に達する (Malone 1980a)。しかし、富栄養化の進行に伴ってネットプランクトンの相対的な割合が増加することが知られており、(Kalff 1972)、今回の結果からも広島湾が富栄養海域の特性を有することを示唆している。このような植物プ

Table 1. Correlation coefficients between photosynthesis and various environmental parameters.

	Photo-synthesis	Irradiance	Temp.	Sal.	SiO ₂	PO ₄	DIN	Chl.a
Photosynthesis	1.00							
Irradiance	0.66**	1.00						
Temp.	0.36	0.15	1.00					
Sal.	-0.29	0.11	-0.37	1.00				
SiO ₂	0.20	-0.20	0.58*	-0.64*	1.00			
PO ₄	-0.29	-0.25	0.31	-0.24	0.42	1.00		
DIN	-0.50	-0.70**	-0.26	-0.21	0.31	0.40	1.00	
Chl.a	0.63*	0.23	0.60**	-0.59*	0.58*	-0.30	-0.43	1.00

* significant at the 5% level

** significant at the 1% level

ランクトンのサイズ組成の変化は食物連鎖を通じて海洋生態系の物質及びエネルギーの流れに大きな影響を及ぼすことが指摘されており (Ryther 1969, Walsh 1976, Malone 1980b, 谷口 1990a, 1990b), 更なる測定値の蓄積が望まれる。

光合成速度と環境因子との関係を見るため、Table 1 に各々の間の相関係数行列を示した。光合成速度の測定は現場法で行ったため、測定日当日の日射量によって影響を受ける。そこで、先の因子に加えて広島市における全天日射量を広島市気象月報より得て、同時に解析した。光合成速度との間で有為な相関が得られた因子は、日射量 ($p < 0.01$) とクロロフィル a 濃度 ($p < 0.05$) であった。この結果は富栄養化した内湾域では窒素やリンは光合成の制限要因にはならないこと、さらに、光合成が光条件によって律速状態にあることを示している。このことは植物プランクトン以外の懸濁物が多い内湾域では当然のことなのかも知れない。また、クロロフィル a 濃度と光合成、水温及び珪酸塩の間に正の相関、クロロフィル a 濃度と塩分の間に負の相関が見られた。すなわち、植物プランクトンの高い現存量は高水温と河川水の影響を受ける低塩分のもとで活発な光合成によってもたらされること、そして栄養塩のうち珪酸塩が生産の制限因子となりやすいことがうかがえた。

摘 要

1984年2月から1985年7月の間、広島湾において植物プランクトン現存量と光合成速度を測定した。

植物プランクトン現存量は $19.6 \sim 101.3 \text{ mgChl.a} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲で大きく変動した。しかし、春季と6月付近に2つの現存量のピークが存在するなど、明瞭な季節変化がみられた。海域的には、河川水の影響の大きい湾奥部の広島市沖、呉市沖及び岩国沖で高い生産が行われていることが判明した。

光合成速度は総光合成で $4.4 \sim 74.6 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ 、純光合成で $3.4 \sim 66.1 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ の範囲にあり、そのピークは4～5月と7月にみられた。単位クロロフィル a 当たりの光合成速度は、総光合成で平均 (±標準偏差) $7.7 \pm 3.5 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl.a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、純光合成で $6.1 \pm 3.5 \text{ mgC} \cdot \text{mgChl.a}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。

ナノプランクトン ($10 \mu\text{m}$ 以下) のクロロフィル a が全体に占める割合は平均47%であり、ナノプランクトンの割合に明瞭な季節変化はみられなかった。

光合成速度との間で有為な相関が得られた環境因子は、日射量 ($p < 0.01$) とクロロフィル a 濃度 ($p < 0.05$) であった。栄養塩濃度は明瞭な季節変動を示したが、光合成速度との間に相関関係はみとめられなかった。

謝 辞

本稿について有益なご意見を頂いた赤潮環境部長本城凡夫博士に御礼申し上げます。現場調査にあたっては南西海区水産研究所調査船「せと」の後藤幹夫氏に多大なご協力を頂いたことを記して感謝する。

文 献

- Aruga, Y. and M. Monsi, 1962: Primary production in the northwestern part of the Pacific off Honshu, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 18, 37-94.
- Durbin, E. G., R. W. Krawiec and T. J. Smayda, 1975: Seasonal studies on the relative importance of different size fractions of phytoplankton in Narragansett Bay (USA). *Mar. Biol.*, 32, 271-287.
- 遠藤拓郎, 1964: 瀬戸内海備後灘における海洋基礎生産に関する研究. I. 基礎生産および海況について. 広島大学水畜産学部紀要, 5, 503-518.
- 遠藤拓郎, 1965: 瀬戸内海における海洋基礎生産に関する研究. I. 基礎生産および海況について. 広島大学水畜産学部紀要, 6, 85-100.
- 遠藤拓郎, 1970: 瀬戸内海の一次生産に関する研究. 広島大学水畜産学部紀要, 9, 177-221.
- Endo, T. and T. Okaichi, 1977: Productivity of phytoplankton. In "Productivity of Biocenoses in coastal regions of Japan. JIBP Synthesis, Vol.14" (ed. by Hogetsu, K. *et al.*), Univ. Tokyo Press, 318p.
- Harvey, H. W., L. H. N. Cooper, M. V. Lebour and F. S. Russell, 1935: Plankton production and its control. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 20, 407-441.
- 橋本俊将, 1986: 広島県海域における栄養塩類の調査結果について. 南西海区ブロック海洋研究会報告, 3, 21-30.
- 城久, 宇野史郎, 1983: 大阪湾における動物プランクトンの現存量とそれから見積られる生産量. 日本プランクトン学会報, 30, 41-51.
- Joint, I. R., N. J. P. Owens and A. J. Pomroy, 1986: Seasonal production of photosynthetic picoplankton and nanoplankton in the Celtic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 28, 251-258.
- Kalff, J., 1972: Netplankton and nanoplankton production and biomass in a north temperate zone lake. *Limnol. Oceanogr.*, 17, 712-720.
- 川村雅彦・清水浩輔, 1985: 広島湾・安芸灘, 「日本全国沿岸海洋誌」, 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編, 東海大学出版会, 698-702.
- Maita, Y. and T. Odate, 1988: Seasonal changes in size-fractionated primary production and nutrient concentrations in the temperate neritic water of Funka Bay, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 44, 268-279.
- Malone, T. C., 1980a: Algal size. In "The physiological ecology of phytoplankton" (ed. by Morris, I.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 433-463.
- Malone, T. C., 1980b: Size-fractionated primary productivity of marine phytoplankton. In "Primary productivity in the sea" (ed. by Falkowski, P. G.), Plenum Press, New York, 301-319.
- 松平康雄, 1964. 日本沿岸水域基礎生産力総合研究成果. 日本プランクトン研究連絡会報, 11, 24-73.
- Ryther, J. H., 1969: Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, 166, 72-76.
- 西条八東, 1975: クロロフィルの測定法. 日本陸水学会誌, 36, 103-109.
- Saijo, Y. and S. Ichimura, 1960: Primary production in the northwestern Pacific Ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 16, 139-145.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1968: A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, No. 167, 311 pp.
- 谷口 旭, 1990a: 微小動物プランクトン研究の歴史と将来の展望(I). 月刊海洋, 22, 3-9.
- 谷口 旭, 1990b: 微小動物プランクトン研究の歴史と将来の展望(II). 月刊海洋, 22, 55-59.
- Uye, S., H. Kuwata and T. Endo, 1986: Standing stocks and production rates of phytoplankton and planktonic copepods in the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 42, 421-434.
- Walsh, J. J., 1976: Herbivory as a factor in patterns of nutrient utilization in the sea. *Limnol. Oceanogr.*, 21, 1-13.
- 山口峰生, 1987: 植物プランクトンの生産. 現存量と生産量. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究(第II期)成果報告書. 科学技術庁研究開発局, 297-301.
- 山口峰生・安楽正照, 1984: 瀬戸内海西部周防灘における基礎生産について. 南西水研研報, 17, 135-149.

1994年12月1日受理 (Accepted December 1, 1994)

南西海区水産研究所業績A第38号 (Contribution No. A38 from the Nansei National Fisheries Research Institute)

山口峰生：南西海区水産研究所 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (M. Yamaguchi: Nansei National Fisheries Research Institute, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan)

今井一郎：京都大学農学部熱帯農学専攻 〒606 京都市左京区北白川追分町 (I. Imai: Faculty of Agriculture, Kyoto University, Sakyō, Kyoto 606, Japan)

松尾 豊：東北区水産研究所 〒985 塩釜市新浜町3-27-5 (Y. Matsuo: Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhamma, Shiogama, Miyagi 985, Japan)