

Geochim. Cosmochim. Acta, 39, 205-212.  
 TSUNOGAI, S. (1972a) An estimate of the rate of decomposition of organic matter in the deep water of the Pacific Ocean. *In Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean*, eds. by A.Y. TAKENOUTI et al., Idemitsu Shoten, Tokyo, 517-533.  
 角皆静男(1972b) 深層水の鉛直渦動拡散係数の見積り, 日本海洋学会誌, 28, 145-152.

角皆静男(1976) Abyssal metabolism. 1976年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 29 ページ  
 TSUNOGAI, S. (1977) A quantitative model for the vertical transport of chemical elements in the ocean. (In preparation.)  
 TSUNOGAI, S. and M. MINAGAWA (1977) Settling model for the removal of insoluble chemical elements in seawater. (Submitted to *Geochem. J.*)

## 2. 2. 南太平洋の基礎生産

### 1. はじめに

基礎生産に関する研究では, 単にある海域においてその生産量がどれだけであったかを知るだけにとどまらず, どのような活性をもった植物プランクトンが, どれだけ存在していて, どのような条件のもとで, どれだけの有機物生産を行っているかが解析されなければならない。そのためには, ある海域で植物プランクトンの生産を測定するだけでなく, 植物プランクトンの現存量, 光合成活性, 呼吸活性といった植物自体の特性の把握と共に, 光, 温度, 栄養塩濃度, 水の動き等の基本的な物理化学的環境諸条件および動物プランクトン等による捕食のような生物的条件を明確にとらえることが不可欠であり, さらに生物自体および環境諸条件の時空間的分布変動をとらえることにより, 植物プランクトンとこれら諸条件との相互作用の結果として具現される生産の理解が初めて可能になると考えられる。しかし, このような観点からすれば, 現時点における基礎生産に関する見解は, まだまだ極めて断片的であると言わざるを得ない。

南太平洋の海洋学的研究に関するまとめとしては, 1968年に米国で開かれた SCOR のシンポジウムがあり, その結果は Scientific Exploration of the South Pacific (WOOSTER, 1970) として出版されている。また, IBP (International Biological Programme) の研究の中で行われた基礎生産に関するまとめ (COOPER, 1975; LIETH and WHITTAKER, 1975) や南極海における研究のまとめ (HOLDGATE, 1970) などの中にも, 南太平洋の基礎生産に関連した報告がある。南太平洋の中でも特に 20°S から南極海にかけての海域では, 1960年代の中頃までは基礎生産に関する測定がほとんど行われていなかった (cf. KOBLENTZ-MISHKE, 1965) が, その後米国の研究

有 賀 祐 勝 (東京水産大学)

船 Eltanin などの航海を通じてかなりの数の測点で測定が行われて, 特に 40°S 以南の海域について比較的詳しい情報が得られている。ここでは, BURKHOLDER and BURKHOLDER (1967), EL-SAYED (1970 a, b), KNOX (1970) などの報告にもとづいて, 南太平洋の亜寒帯海域を中心にした基礎生産に関する概要を紹介したい。

### 2. クロロフィル現存量と光合成速度の地理的分布

南太平洋亜寒帯海域における水塊の特性については, KNOX (1970) による生物海洋学的なまとめがあり, 本シンポジウムですでに石野によって詳しく報告されている。

第1表 南極一亜南極海域の太平洋区域における植物プランクトン現存量, (Chl. *a*), 光合成 (<sup>14</sup>C とりこみ), 栄養塩, 懸濁態有機炭素 (POC) および溶解有機炭素 (DOC). Eltanin 18-28 次航海 (22次を除く) のデータによる。  
 \*印は有光層の積算値。(El-Sayed, 1970a).

	Min.	Max.	Mean.	Std. Dev.	No. of Observ.
Chl <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	0.01	5.80	0.26	0.34	723
*Chl <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	0.23	41.32	12.62	6.32	217
<sup>14</sup> C (mgC/m <sup>3</sup> hr)	0.03	22.50	1.22	1.69	656
* <sup>14</sup> C (mgC/m <sup>3</sup> hr)	3.54	194.73	32.01	23.93	213
PO <sub>3</sub> (μg-at/L)	0.01	4.66	1.09	0.46	350
*PO <sub>4</sub> (mg/m <sup>2</sup> )	0.84	457.00	42.98	37.01	146
Si (μg-at/L)	0.1	79.9	13.5	13.5	368
*Si (g/m <sup>2</sup> )	0.01	5.41	0.57	0.59	154
NO <sub>3</sub> (μg-at/L)	0.01	30.2	12.9	5.5	313
*NO <sub>3</sub> (g/m <sup>2</sup> )	0.01	2.93	0.63	0.41	161
NO <sub>2</sub> (μg-at/L)	0.01	1.23	0.18	0.11	296
*NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>2</sup> )	0.6	33.8	10.7	6.7	146
POC (mgC/L)	0.003	0.520	0.058	0.051	149
*POC (gC/m <sup>2</sup> )	2.46	18.84	5.52	2.27	153
DOC (mgC/L)	0.25	2.66	0.95	0.27	156
*DOC (gC/m <sup>2</sup> )	14.1	243.1	58.3	23.4	157

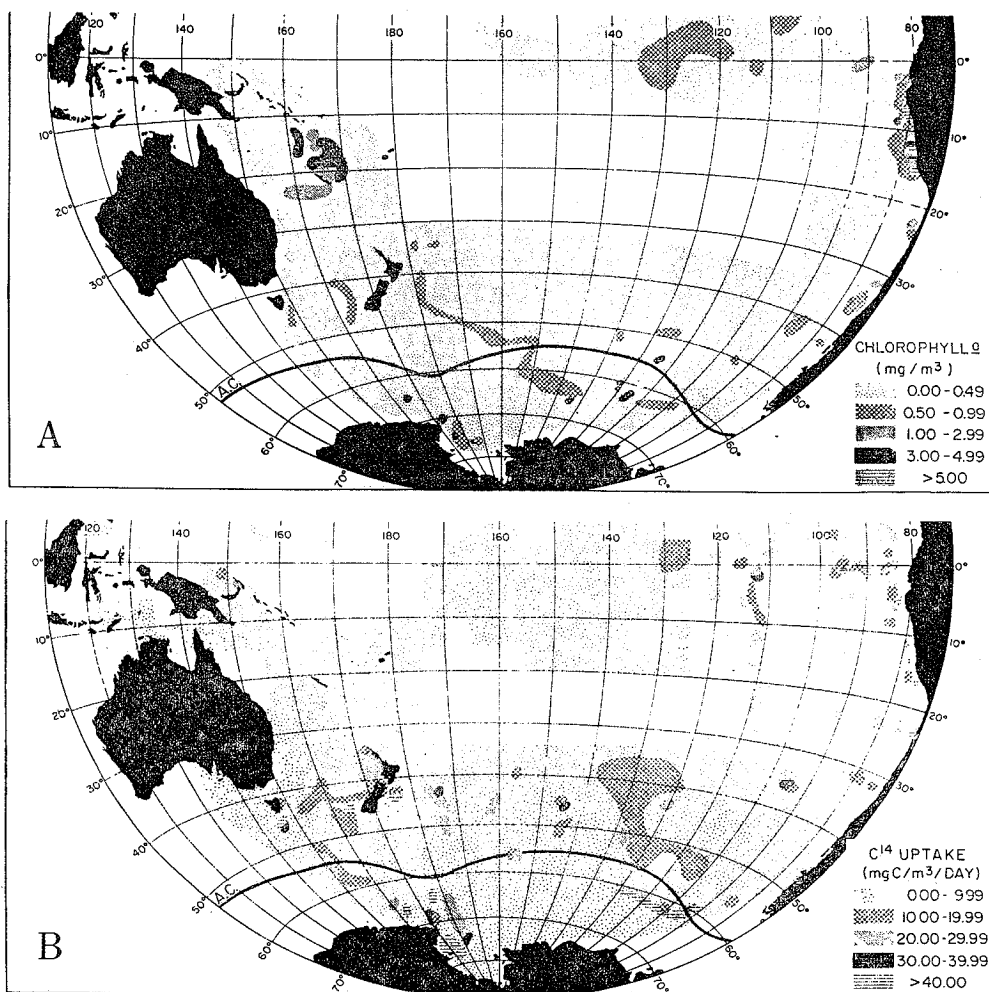
るので、ここでは記述を省略させていただく。栄養塩類については、HOLDGATE (1970) に表層のリン酸塩、ケイ酸塩、硝酸塩、亜硝酸塩などの分布のまとめの図が、クロロフィル *a* および光合成速度の分布図と共に掲載されている。

EL-SAYED (1970 b) によれば、35°S 以南の海域において、植物プランクトン現存量の指標としてのクロロフィル *a* は、表面水については 0.49 mg/m<sup>3</sup> 以下の海域が大部分を占め、0.50~0.99 mg/m<sup>3</sup> の海域がわずかにみられる (第1図 A)。チリー、ニュージーランド、タスマニアなどの沿岸域やロス海などでは、さらに高い値が得られている。

<sup>14</sup>C 法によって求められた光合成速度の分布を第1図

に示した。マクロにみると、その分布はクロロフィル *a* の分布に似ており、大部分の海域では 9.99 mgC/m<sup>3</sup>day 以下 (4.99 mgC/m<sup>3</sup>·hr 以下) と低く、これより高い値を示す海域がわずかにみられる (HOLDGATE, 1970; EL-SAYED, 1970 b)。

Eltanin の 18 次~28 次航海 (ただし 22 次を除く) で南極海および亜南極海の太平洋側海域において得られた植物プランクトンのクロロフィル *a* 現存量、光合成速度、栄養塩、懸濁態有機物、溶存有機物などのまとめを第1表に示す。クロロフィル *a* の平均値 0.26 mg/m<sup>3</sup> と光合成速度の平均値 1.22 mgC/m<sup>3</sup>·hr から、同化数 (assimilation number) として 4.7 mgC/chl. *a* mg·hr が得られる。これは平均値から求めた値ではあるが、比



第1図 南太平洋における表面水の(A)植物プランクトンバイオマス(クロロフィル *a*) および(B)生産速度 (<sup>14</sup>Cとりこみ)の分布。(EL-SAYED, 1970 b から南太平洋のみ引用)。

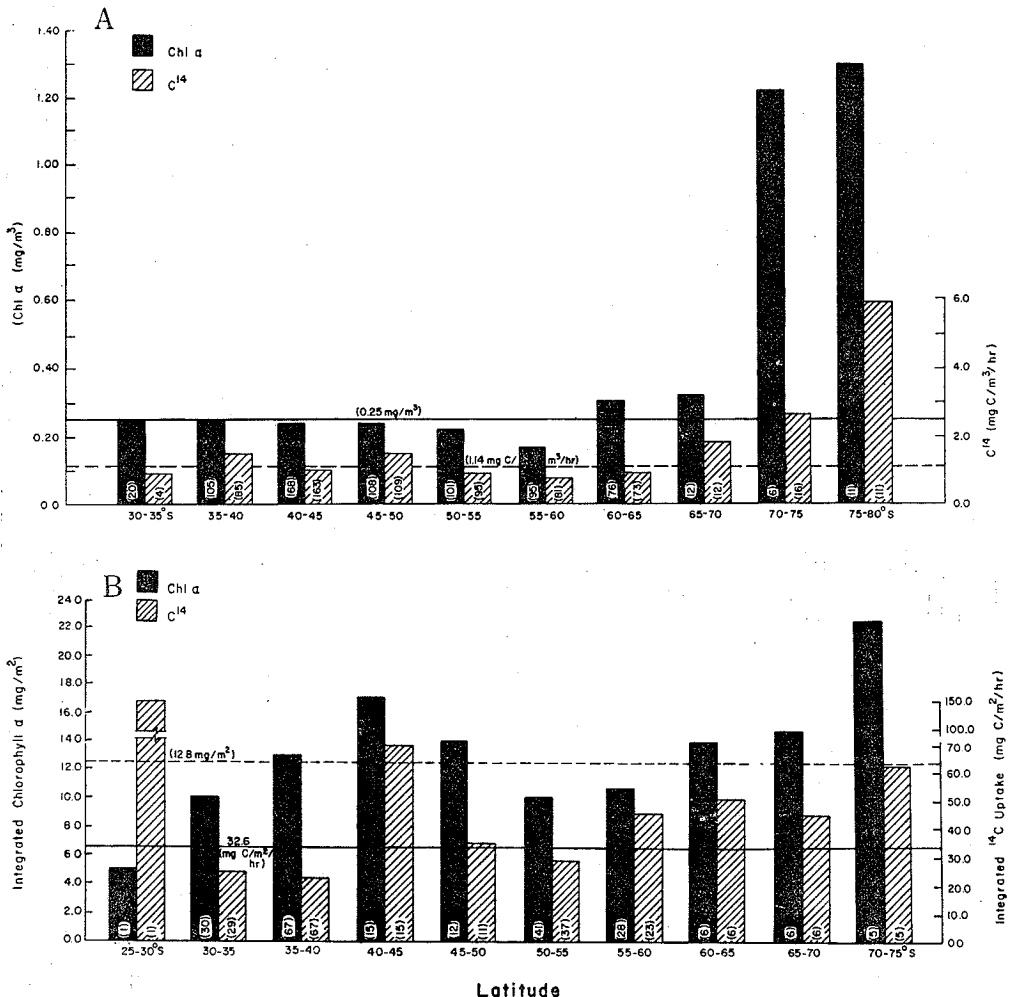
較的高い値と言えよう。

30°S から80°S にわたり緯度5° 間隔ごとにまとめた表面水中のクロロフィルaと光合成速度を第2図Aに示す。これをみると、クロロフィルaについては30~60°Sの間ではあまり著しい変動はみられず、全体の平均値0.25 mg/m<sup>3</sup>より若干低いのが、60~70°Sでは少し高く、70~80°Sでは著しく高い値を示した。また、光合成速度については、クロロフィルaの場合とほぼ似た傾向が認められ、30~70°Sで低く、75~80°Sでは相当高い値を示した。光合成速度の全体の平均値は1.14 mg C/m<sup>3</sup>・hrであった。

有光層内のクロロフィルaと光合成の積算値を、30°S

から80°S にわたり緯度5° 間隔ごとに整理した結果を第2図Bに示す。(この図では25°S から75°Sまでになっているが、30°S から80°Sまでの間違いと思われる)。クロロフィルaについては、40~55°Sおよび65~80°Sで比較的高く、30~40°Sおよび55~65°Sで低く、全体の平均値は12.8 mg/m<sup>2</sup>であった。また、光合成については、30~35°Sの1測点で得られた極端に高い値(cf. 第1表)を除くと、40~50°Sおよび60~80°Sで比較的高く、35~45°Sおよび55~60°Sでは低く、全体の平均値は32.6 mg C/m<sup>2</sup>・hrであった。

経度10° 間隔で整理したクロロフィルaおよび光合成速度の比較を第3図Aおよび第3図Bに示す。表面水に



第2図 南太平洋におけるクロロフィルaおよび光合成速度(14Cとりこみ)の緯度別比較。(A)表面水の値、(B)有光層の積算値。Eltanin 18-28次航海(22次を除く)のデータをまとめたもの。ヒストグラム内の数字は観測回数。(EL-SAYED, 1970 b)。

については(第3図A),クロロフィルaは西側の140°E~170°W(ただし150°~160°Eを除く)の海域で高く,中部および東部の170°~80°Wの海域では低く,80°~70°Wでは高い値が得られている。クロロフィルaの平均値は0.27 mg/m<sup>3</sup>であった。表面試料の光合成速度は,クロロフィルaの変動とほぼ同じ傾向を示し,170°W以西でかなり高く,160°~80°Wの海域では比較的低く,80°~70°Wでやや高い値を示した。光合成の平均値は1.20 mg C/m<sup>3</sup>・hrであった。

有光層内のクロロフィルaおよび光合成の積算値(第3図B)も,全体としては上記の表面水についての結果とほぼ同じ傾向を示していると言えるが,クロロフィルaの積算値は表面水の場合ほどの著しい差はみられない。クロロフィルaの平均値は12.45 mg/m<sup>2</sup>であった。また,光合成は160°W以西の西側でかなり高く,中部から東部にかけての海域では低い傾向が明白にうかがえる。光合成の平均値は32.5 mg C/m<sup>2</sup>・hrであった。

3. クロロフィルおよび光合成の季節的変動と  
年々変動

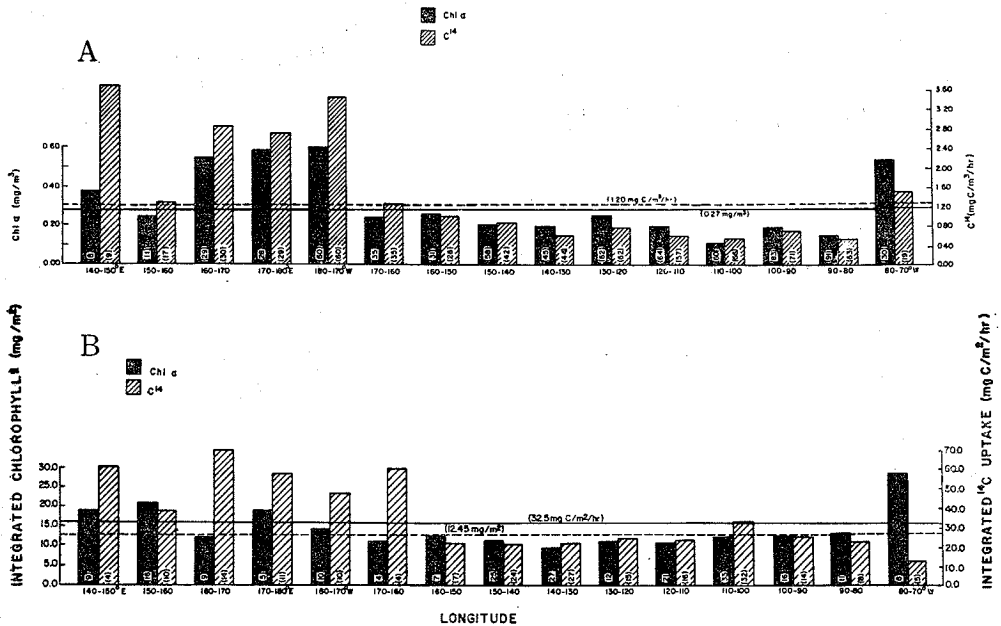
Eltanin の9回の航海で得られたデータを整理したEL-SAYED (1970 a, b) によれば,南太平洋の表面水では南半球の春~夏にあたる9月から翌年2月にかけてク

ロロフィルaも光合成も増大がみとめられ,その後秋から冬にかけては低下の傾向がみられる。この傾向は,有光層について積算したクロロフィルaおよび光合成に関しても同様に認められる。

EL-SAYED (1970 a, b) は,また,年々の変動についても言及している。Eltanin の航海で,ほぼ同じ時期に同じ海域で得られたデータを比較してみると,有光層のクロロフィルaは19次航海(1965年7月7日~9月2日)で平均値として5.6 mg/m<sup>2</sup>であったが,次の年の24次航海(1966年7月13日~9月3日)では平均8.59 mg/m<sup>2</sup>であり,光合成は19次航海では平均19.2 mg C/m<sup>2</sup>・hrであったのに対し,24次航海では平均25.53 mg C/m<sup>2</sup>・hrであった。これに対して,南半球の秋から初春にかけて行われた20次と25次の航海では,有光層のクロロフィルaは平均13.53と11.88 mg/m<sup>2</sup>であり差がなかったが,光合成は20次航海で32.67 mg C/m<sup>2</sup>・hrと高く,25次航海では19.56 mg C/m<sup>2</sup>・hrであった。これらの航海はいずれもチリーとニュージーランドの間を結んで行われたものであるが,地理的にも年による変動の差が認められる。

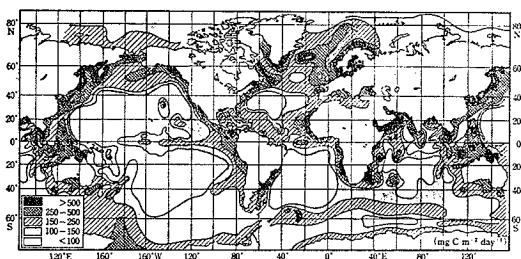
4. 南太平洋の基礎生産のレベル

世界の海洋の基礎生産に関しては,近年, KOBLENTS-



第3図 南太平洋におけるクロロフィルaおよび光合成速度(<sup>14</sup>Cとりこみ)の経度別比較。(A)表面水の値,(B)有光層の積算値。Eltanin 18-28次航海(22次を除く)のデータをまとめたもの。ヒストグラム内の数字は観測回数。(EL-SAYED, 1970 b)。

MISHKE ら (1970), ZEITZSCHEL (1973), LIETH (1975) などによってまとめられて、分布図として印刷されている。このうち、LIETH (1975) のものは 1964 年に作成され、陸上も含めた地球上の基礎生産を一つの図にまとめようとしたもので、海洋については GESSNER (1959) など初期のものに基づいているらしく、問題点が多いと思われる。ZEITZSCHEL (1973) は KOBLENTZ-MISHKE ら (1970) に基づいて CUSHING が FAO のために書き直したもの (FAO Fisheries Circular 126 Rev. 1, 1972) を採用しており、同じものが SMITH and KALBER (1974) のハンドブックにも掲載されている。ZEITZSCHEL (1973) からトレースしたものを第 4 図に示す。



第 4 図 世界の海洋における基礎生産 ( $\text{mg C/m}^2 \cdot \text{day}$ ) の分布 (ZEITZSCHEL, 1973).

BURKHOLDER and BURKHOLDER (1967) は、太平洋区域の南極海域と亜南極海域との間で Eltanin の 13, 14, 15 次航海で得られた基礎生産の平均値を比較している。彼らによれば、13 次航海 (5~7 月) では南極海  $0.8 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$  に対し 亜南極海  $2.2 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$ , 14 次航海 (7~9 月) では  $26.3 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$  に対し  $38.8 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$ , 15 次航海 (10~12 月) では  $152.2 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$  に対し  $175.9 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{day}$  となっており、亜南極海域の方が若干高いように思われる。しかし、EL-SAYED (1970 a, b) のまとめ (第 1 図参照) をみる限りでは、植物プランクトン現存量についても光合成についても必ずしもこのような傾向は認められないと言える。KOBLENTZ-MISHKE ら (1970) による分布図の南太平洋高緯度海域の大部分は、現存量や酸素飽和度などに基づく推定値を表わしており、EL-SAYED (1970 a, b) による Eltanin 航海のまとめからすれば、若干の修正を要するに思われるが、なお更に詳細な検討が必要であろう。

##### 5. むすび

Eltanin 航海で得られた観測結果の報告を中心に、南太平洋の植物プランクトンの現存量 (クロロフィル *a*)、

光合成活性、基礎生産について概観したが、もともなった生データが入りできないため解析はほとんどできなかった。とくに、個々の観測点あるいは観測層におけるこれらの項目のデータと物理的・化学的環境条件に関するデータを対応させて検討することは全く不可能であったので、冒頭に述べたような線にそった解析は残念ながらほとんどできなかった。

生産が高いと言っても、光合成活性は並であって現存量が大きいため生産が高いのか、あるいは現存量はそれほど大きくないが光合成活性がかなり高いために生産が高くなっているのか、あるいは環境条件だけが特に好適なために高い生産が維持されているのか、というような判断を下すためには更に詳細な検討が必要であろう。また、南太平洋だけの問題ではないが、天然の海洋植物プランクトンの呼吸速度に関する情報は極めて乏しい。 $^{14}\text{C}$  のとり込み速度の測定によって得られる値が何を (総生産、純生産、あるいはその間のある値を) 表わしているのかという古くて新しい問題とともに、呼吸速度に関する信頼に足る情報なしには、生産の高低を単純に論ずることはできない。たとえ総生産量は同じであっても、呼吸量が小さければ純生産は大きくなるし、逆に呼吸量が大きければ純生産は小さくなってしまふ。また、純生産といっても、総生産に対して昼間だけの呼吸について補正した値なのか、それとも夜間を含む 24 時間の呼吸について補正した値なのかを明示する必要がある。

なお、高緯度海域の 1 日あたりの基礎生産を比較する場合、季節によって日長 (日照時間) が著しく異なるから、年間の平均値としての 1 日あたりの生産量であるのか、それとも特定の季節の測定を行った日の生産量であるのかを明確にしてからでないと正しい比較はできない。特に 1 日あたりの生産量から 1 年間の生産量を推定する時には注意を要する。

個々の数値はかなり集積されてきているものの、まだまだ解明されなければならない多くの課題が残されているといえよう。

##### 引用文献

- BURKHOLDER, P. R. and L. M. BURKHOLDER (1967) Primary productivity in surface waters of the South Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, **12**, 606-617.
- COOPER, J. P. (1975, ed.) *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*. Cambridge Univ. Press, London. 715 pp.
- EL-SAYED, S. Z. (1970a) On the productivity of the

- Southern Ocean. *In Antarctic Ecology*, Vol. 1, ed. M. W. HOLDGATE, Academic Press, London, p. 119-135.
- EL-SAYED, S. Z. (1970b) Phytoplankton production of the South Pacific and the Pacific sector of the Antarctic. *In Scientific Exploration of the South Pacific*, ed. W. S. WOOSTER, NAS, Washington, D. C., p. 194-210.
- GESSNER, F. (1959) *Hydrobotanik* Vol. 2. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. 701 pp.
- HOLDGATE, M. W. (1970, ed.) *Antarctic Ecology*, Vol. 1. Academic Press, London, 604 pp.
- KNOX, G. A. (1970) Biological oceanography of the South Pacific. *In Scientific Exploration of the South Pacific*, ed. W. S. WOOSTER, NAS, Washington, D. C., p. 155-182.
- KOBLENZ-MISHKE, O. J. (1965) Magnitude of primary production of the Pacific Ocean. *Okeanologia*, 5, 325-337.
- KOBLENZ-MISHKE, O. J., V. V. VOLKOVINSKY and J. G. KABANOVA (1970) Plankton primary production of the world ocean. *In Scientific Exploration of the South Pacific*, ed. W. S. WOOSTER, NAS, Washington, D. C., p. 183-193.
- LIETH, H. (1975) Historical survey of primary productivity research. *In Primary Productivity of the Biosphere*, eds. LIETH, H. and R. H. WHITTAKER, Springer-Verlag, Berlin, p. 7-16.
- LIETH, H. and R. H. WHITTAKER (1975, ed.) *Primary Productivity of the Biosphere*. Springer-Verlag, Berlin. 339 pp.
- SMITH, F. G. W. and F. A. KALBER (1974, ed.) *Handbook of Marine Science*, Vol. II. CRC Press, Cleveland. 390 pp.
- WOOSTER, W. S. (1970, ed.) *Scientific Exploration of the South Pacific*. Nat. Acad. Sci., Washington, D. C. 257 pp.
- ZEITZSCHEL, B. (1973, ed.) *The Biology of the Indian Ocean*. Springer-Verlag, Berlin. 549 pp.

### 3. 海洋生態系

#### 3. 1. 北太平洋の生態系

##### 3. 1. 1. 構造と機能の特徴について (要旨)

#### 1. 北太平洋亜寒帯海洋生態系と隣接生態系

北太平洋の亜寒帯水域は概ね 40~42°N 附近に位置する亜寒帯海洋前線によって亜熱帯海洋と区別される。

この海洋前線の南側で、亜熱帯から熱帯海域を含んで存在する時計廻りの大循環に対して、亜寒帯海洋前線の北側は逆に反時計廻りの循環流域となっており、この大循環流域には西から東に向って西風漂流、亜寒帯海流、また東から西に向ってアラスカ海流が概ね平行して流れている。

北太平洋亜寒帯の西方には親潮流が形成される他に、西部亜寒帯環流が出来るなど、複雑な海洋構造がみられる。

この循環流域に接してアラスカ湾、ベーリング海、オホーツク海などにも全体的に反時計廻りの流系が出来ており、これらの全体をみると亜寒帯海洋は閉鎖的な循環系の組合せによって特徴的な環境構造を形成している。

このような閉鎖的な特徴をもつ三角形の海域は、更にもその2辺を大陸に接しているために陸水の影響を大きく

辻田時美, 小城春雄 (北海道大学水産学部)

受けて、生物生産と生態系に特徴がみられる。

海中の生物生産のシステムは構造的にエルトンのピラミッドによって説明されるように、種の多様性は小さくなっているが種の個体は大きく、biomass も大きいことはよく知られている。

しかし、生態系の構造と機能を明らかにせんとする立場からみると、このような海中の構造だけをとらえても十分な理解あるいは亜寒帯海洋の特徴について把握出来ないことが判ってきた。

そこで、著者等は北方海洋生態系の解明という課題のなかで、第一に亜寒帯水域における生態系の構造を知ることが目的として、機能と関連する階層構造を解析するために食物連鎖の研究をまず重点的に進めてきた。また言うまでもなく、主要生物群の分布回遊の研究も同時に実施して、その二、三の特徴を知ることができた。

海流系からみると半ば閉鎖的な北太平洋の亜寒帯海洋生態系において、この海域で培養された独自の生産力を土台にして出来た生産系の構造とエネルギー流動だけで