

## 室戸岬東部沿岸域の植物プランクトンサイズ組成の 季節的・鉛直的変動

森本 晴之・玉井 恭一・鈴木 智之\*

### Seasonal and Vertical Changes in Size Composition of Phytoplankton Community off the East Coast of Cape Muroto

Haruyuki MORIMOTO, Kyoichi TAMAI and Tomoyuki SUZUKI\*

Seasonal and vertical changes in size composition of phytoplankton community were examined based on water samples of collected with Niskin bottles at intervals of 3-4 months from October 1986 to August 1987 off the east coast of Cape Muroto.

There were mainly two peaks in the histogram of size composition of phytoplankton community ( $\leq 200 \mu\text{m}$ ) in surface water layer at sampling station throughout the study period. The cell size whose frequency was highest in each period were equal or nearly equal throughout the year, but these frequencies were quite different one another. That cell size was  $40 \mu\text{m}$  in October, April and August,  $20 \mu\text{m}$  in January, and these frequencies were 19.7%, 19.0%, 14.2% and 39.9% respectively. The frequencies of the smaller class of phytoplankton community tended to show an increase in proportion to water depth in October and April, and there were vertical changes in species composition, in spite that seasonal vertical mixing were relatively strong, considering the vertical profiles of temperature and practical salinity. The diversity of phytoplankton community had an inclination to decrease in proportion to cell length all the year round, except of the class in October and January, whose size was smaller than  $30 \mu\text{m}$ .

It is well known that the coastal waters of Shikoku is nursery ground of fish larvae. It is recognized by above-mentioned result that we can estimate dietary conditions for fish larvae seasonally and vertically in research area more accurately with the method using size composition of phytoplankton community than with that using chlorophyll-a concentration and cell number.

植物プランクトンが海洋生態系でどの位置を占めるかは、サイズが主要な要因の1つであると考えられている。比較的大型サイズの個体は魚類や大型の動物プランクトンに摂餌され、小型個体はかい脚類幼生や繊毛虫など微小動物プランクトンの餌料となり、さらに微小な個体は従属栄養性鞭毛虫の餌料となっていることが知られている。

仔稚魚の餌としての植物プランクトンの役割は、主に2つあり、1つは、主餌料であるかい脚類幼生などを摂餌できるまでの離乳食的役割 (WARE et al. 1981) であり、もう1つは、かい脚類幼生が少ない時の補助的な役割 (MOFFATT 1981) である。また、多くの海産仔魚は、環境中に出現する適当なサイズの餌生物を摂餌する“size selection feeder”であること (LEBOUR 1919, MARAK

1990年1月12日受理、南西海区水産研究所業績A第1号、〒739-04 広島県佐伯郡大野町  
住所 南西海区水産研究所高知庁舎 〒780 高知市棧橋通り

\* 東北区水産研究所 (Tohoku National Fisheries Research Institute, Niihama, Siogama, MIYAGI, 985, Japan)

本研究は科学技術庁科学技術振興調整費による「海洋深層資源の有効利用技術の開発に関する研究」の一部として実施されたものである。

1960, SHERMAN and HONEY 1971, HUNTER 1977) が知られている。したがって、環境中の植物プランクトンが仔魚に有効に利用されるかされないかはそのサイズによって規定されると考えられる。

海洋中の植物プランクトンのサイズに関する研究はいくつかあり、MALONE (1980) によって総説が書かれている。しかし、それらの研究では、サイズ測定方法において、コールターカウンターを用いたり (植物プランクトンの死細胞を含む)、適当な目合のフィルターで濾過し、大まかなサイズ群別のクロロフィル量や炭素量を求める等の方法を用いる場合が多く、光学顕微鏡を用いて個々の細胞サイズを実測した研究は、その作業に多くの手間と時間を要するため非常に少ない。また、サイズ別の構成種を調べた研究はほとんど見当たらない。サイズ別構成種を調べることは、仔魚が摂餌できるサイズの個体が消化性・栄養価等の点で有効か、無効かを判定するために重要である。

本研究では仔稚魚の重要な成育場である室戸岬東部沿岸域で、四季にわたり植物プランクトンを採集し、そのサイズを光学顕微鏡を用いて測定し、サイズ組成及びサイズ別構成種の季節的・鉛直的変動を明らかにすることを目的とした。そして、当海域の仔稚魚餌料環境を植物プランクトンのサイズ組成から検討した。

本文に先立ち、植物プランクトンの種の同定にあたって、御指導、御協力を頂いた南西海区水産研究所赤潮環境部の山口峰生主任研究官、今井一郎博士に心から感謝の意を表す。さらに、調査にあたって、南西海区水産研究所調査船こたか丸 (日高 覚船長) 乗組員各位に多大の御協力を頂いたことを記して感謝する。

### 材料および方法

調査は四国の室戸岬東部沿岸域、水深 50 m の 1 定点 (Fig. 1) で 1986 年 10 月 27 日、1987 年 1 月 28 日、4 月 22 日および 8 月 25 日の計 4 回、四季にわたって行なった。

植物プランクトンの採集は採水法で行なった。採水層は表層、20 m 層および 50 m 層の 3 層

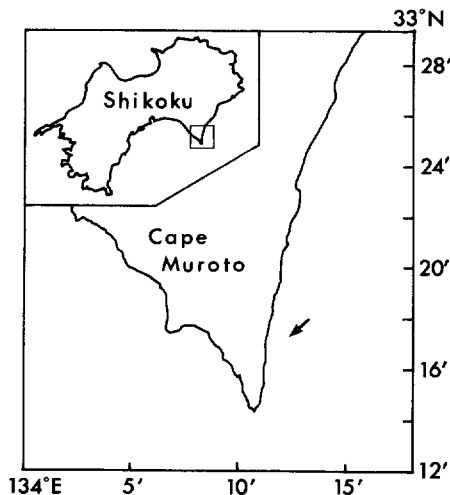


Fig. 1. Location of sampling station off the east coast of Cape Muroto. The arrow head indicates the place. Sampling was done in October 1986, January, April and August 1987.

で、表層はバケツ、20 m・50 m 層はニスキン採水器を用いて、各層約 3 l 採水した。そのうち、1 l を酢酸ホルマリンで 5% 濃度になるように固定し、残りの 2 l はクロロフィル-a 測定および塩分測定に供した。固定試水は実験室において 1000 ml, 100 ml, 15 ml 又は 10 ml と段階的に沈殿濃縮した。種の同定及び細胞数計数には、濃縮液 1 ml を駒込ピペットで 0.5 mm 罫線付スライドガラス（離合社製）に移し、検鏡する操作を 2 回ないし 3 回行なった。サイズ測定は、残りの濃縮液をさらに 2 ml に濃縮し、0.5 mm 罫線付スライドガラスへ移し、接眼レンズにマイクロメータを装置した生物顕微鏡（×100 又は ×200）を用いて行なった。10月、8月にはほぼ全細胞を、1月及び4月はそれぞれ全量の約 1/3 及び約 1/30 を測定した。また、検鏡においては、すべて細胞を単位として計数・計測し、10 μm 以上の個体を対象とした。また、刺毛をもつ個体では刺毛を除いてサイズ計測した。

サイズごとに以下の式を用いて多様度指数 ( $H'$ ) を求めた。

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i \quad S: \text{総種類数}$$

$p_i$ : 総個体数に対する、第  $i$  番目の種の個体数の割合

クロロフィル-a は、試水 1 l をガラス繊維濾紙（ワットマン GF/F 47 mm）で濾過し、濾紙を 5°C 以下で保存後、1 週間以内に西条（1975）の方法により 90% アセトンで抽出し、蛍光光度計で測定した。水温測定は DBT を用いて行ない、塩分測定はサリノメータ（オートラプ）を用いて行なった。

## 結 果

### 1. 一般海況

調査地点の1986年10月、1987年1月、4月及び8月の表層から水深 50 m 層までの水温・塩分の鉛直分布を Fig. 2 に示した。10月、1月は水温・塩分とも表層から 50 m 層までほとんど変化がなかった。4月は 10 m 層から 20 m 層で水温・塩分ともわずかに低下し、その変動幅はそれぞれ、約 1°C、約 0.1 であった。一方、8月は水温・塩分とも 10 m 以深で急激に変化し、水温では 50 m 層までに 10°C 程度低下し、塩分では 40 m 層までに 0.9 程度増加した。

透明度は10月、1月が 20 m、4月が 14 m、8月が 19 m であった。

### 2. 植物プランクトン現存量、群組成の季節変化

調査地点の各時期のクロロフィル-a 濃度及び珪藻細胞数の最大、最小と平均値を Table 1 に示した。10月及び1月のクロロフィル-a 濃度は共に平均 0.23 mg/m<sup>3</sup> で、4月は平均 1.05 mg/m<sup>3</sup> と約 5 倍量に増加し、8月は平均 0.35 mg/m<sup>3</sup> と再び減少した。また、珪藻細胞数は10月、1月及び8月は 10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup> 細胞/l 程度であった。4月は 10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup> 細胞/l と他の 3 時期に比べ 2 オーダー高かった。

出現した植物プランクトンは珪藻類 (Bacillariophyceae)、渦鞭毛藻類 (Dinophyceae)、黄金色藻

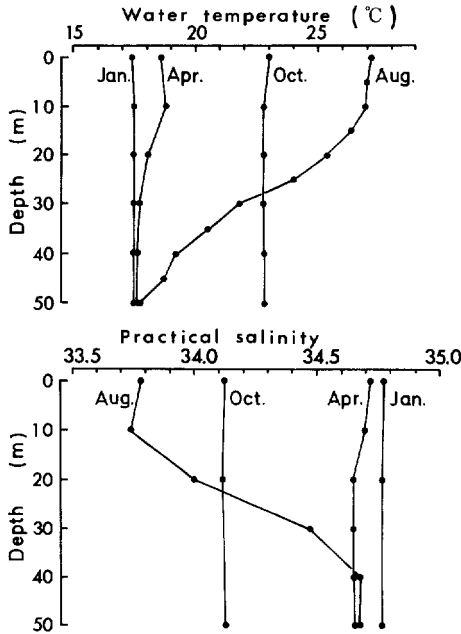


Fig. 2. Vertical profiles of temperature and practical salinity at sampling station.

Table 1. Chlorophyll-a concentration and cell number of diatoms at sampling station

Date	Chlorophyll-a concentration (mg/m <sup>3</sup> )			Cell number of diatom (×10 <sup>3</sup> cells/l)		
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
Oct. '86	0.17	0.27	0.23	0.45	0.73	0.60
Jan. '87	0.19	0.27	0.23	1.04	1.29	1.13
Apr. '87	0.90	1.34	1.05	58.34	99.39	76.29
Aug. '87	0.16	0.55	0.35	0.33	0.62	0.50

Table 2. Class composition of phytoplankton community in each water layer

Date	Water Layer (m)	Class Composition (%)		
		Bacillariophyceae	Dinophyceae	Chrysophyceae
Oct. '86	0	86.5	10.7	2.9
	20	87.6	6.8	5.6
	50	77.4	14.0	8.5
Jan. '87	0	92.2	2.7	5.1
	20	91.2	6.0	2.8
	50	91.7	4.4	3.9
Apr. '87	0	96.6	3.0	0.4
	20	98.7	0.4	0.9
	50	97.5	1.2	1.3
Aug. '87	0	73.5	24.3	2.2
	20	68.9	26.3	4.8
	50	97.5	0.4	2.1

類 (Chrysophyceae) に属するものが大部分であった。各水深におけるこれら 3 群の割合の季節変化を Table 2 に示した。珪藻類の占める割合は四季を通じて高く、特に 1 月、4 月は 90% 以上を占めた。渦鞭毛藻類の割合は 8 月が高く、表層及び 20 m 層では 25% 前後を占めた。しかし、50 m 層は 0.4% と低く、これは *Ceratium* spp. が出現しなかった為である。黄金色藻類は周年を通して出現したが、その割合は低く、0.4~8.5% を占めた。

### 3. 植物プランクトンのサイズ組成

調査地点の表層の植物プランクトンのサイズ組成を Fig. 3 に示した。植物プランクトンのサイズ組成は、4 時期とも 100  $\mu\text{m}$  以下の個体の割合が高く、その割合は 10 月、1 月、4 月及び 8 月でそれぞれ 77%, 88%, 92% 及び 61% であった。そして、200  $\mu\text{m}$  以下の個体は、それぞれ 89%, 99%, 98% 及び 82% と大部分を占め、特に、1 月と 4 月は小型個体の割合が高かった。

サイズ組成のヒストグラムの形状は、200  $\mu\text{m}$  以下でみれば 4 時期とも主なピークは 2 つあり、最も頻度の高いサイズは 10 月、4 月及び 8 月の 3 時期が 40  $\mu\text{m}$ 、1 月が 20  $\mu\text{m}$  であった。そして、それらの頻度は 10 月、1 月、4 月及び 8 月でそれぞれ 19.7%, 39.9%, 19.0% 及び 14.2% で、1 月が高く、8 月が低かった。2 番目に頻度の高いサイズは 10 月、1 月、4 月及び 8 月でそれぞれ 80  $\mu\text{m}$ 、90  $\mu\text{m}$ 、70  $\mu\text{m}$  及び 200  $\mu\text{m}$  であり、特に 8 月に大型個体の割合が高く、これは大型の渦鞭毛藻類 (*Ceratium* spp.) が多く出現した為であった。以上のように表層の植物プランクトンのサイズ組成では、頻度の最も高いサイズが四季を通じて一致もしくは非常に近かったが、その頻度において大きな差が認められた。

調査地点の植物プランクトンの水深別サイズ組成を Fig. 4 に示した。各時期とも 200  $\mu\text{m}$  以下の個体についてサイズ組成を示した。10 月のサイズ組成のヒストグラムは、表層では 40  $\mu\text{m}$  に大きなピークが認められたが、水深 20 m 層では明瞭なピークが認められなくなり、水深 50 m 層では小さな個体ほど割合が高くなった。1 月のサイズ組成のヒストグラムは各水深ともほぼ同じで、20  $\mu\text{m}$  に高いピークが認められ、80~90  $\mu\text{m}$  に低いピークが認められた。4 月のサイズ組成のヒストグラムは、表層では 40  $\mu\text{m}$  と 70~80  $\mu\text{m}$  に比較的高いピークが認められたが、20 m 層、50 m 層と水深が増すにつれ、40  $\mu\text{m}$  のピークが低くなり、代わって 30  $\mu\text{m}$  の頻度が高くなった。また、70~80  $\mu\text{m}$  のピークが低くなり、水深 50 m 層では単峰型となった。8 月のサイズ組成のヒストグラムは水深 20 m 層を境として大きく異なり、水深 20 m 以浅で比較的高かった 100~200  $\mu\text{m}$  の頻度が 50 m 層ではほとんど無くなった。これは *Ceratium* spp. が 50 m 層に分布しなかった為である。以上のように、小型個体の割合が高い 1 月を除く 3 時期は、水深が深くなるにつれて小型個体の割合が高くなった。

### 4. 植物プランクトンのサイズ別種組成

調査地点の植物プランクトンの水深別・サイズ別種組成を Fig. 5 に示した。各時期とも 200  $\mu\text{m}$  以下の個体について種組成を示した。なお、種 (属) 名を記していない箇所は、その頻度が 5% 以下のものである。10 月は、サイズ 10~50  $\mu\text{m}$  の範囲では *Chaetoceros* spp. と *Thalassiosira*

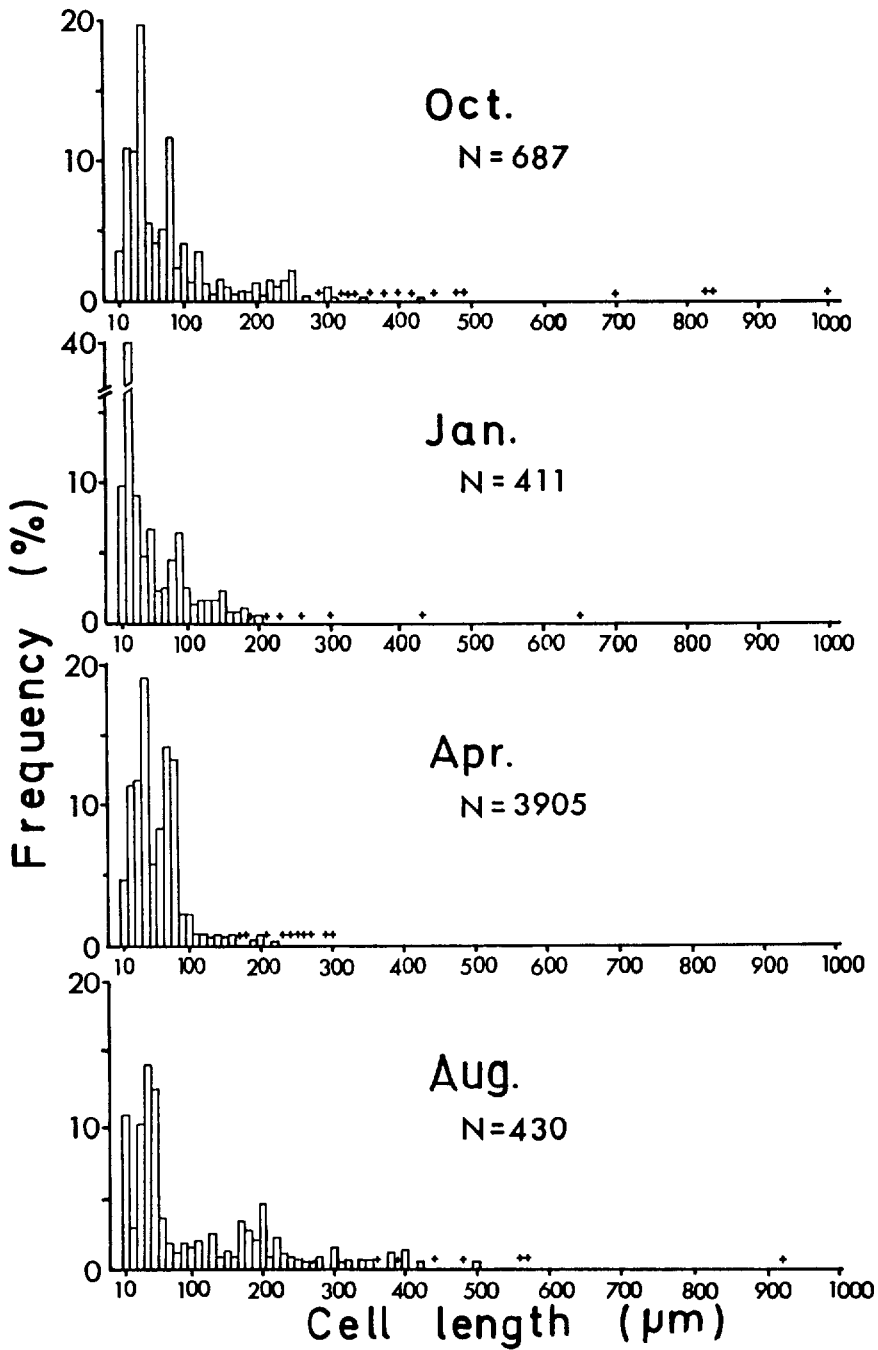


Fig. 3. Seasonal changes in size composition of phytoplankton community in surface water layer at sampling station. Algal size is expressed in terms of the longer diameter of cell. The mark "+" indicates that the frequency is less than 0.3%.

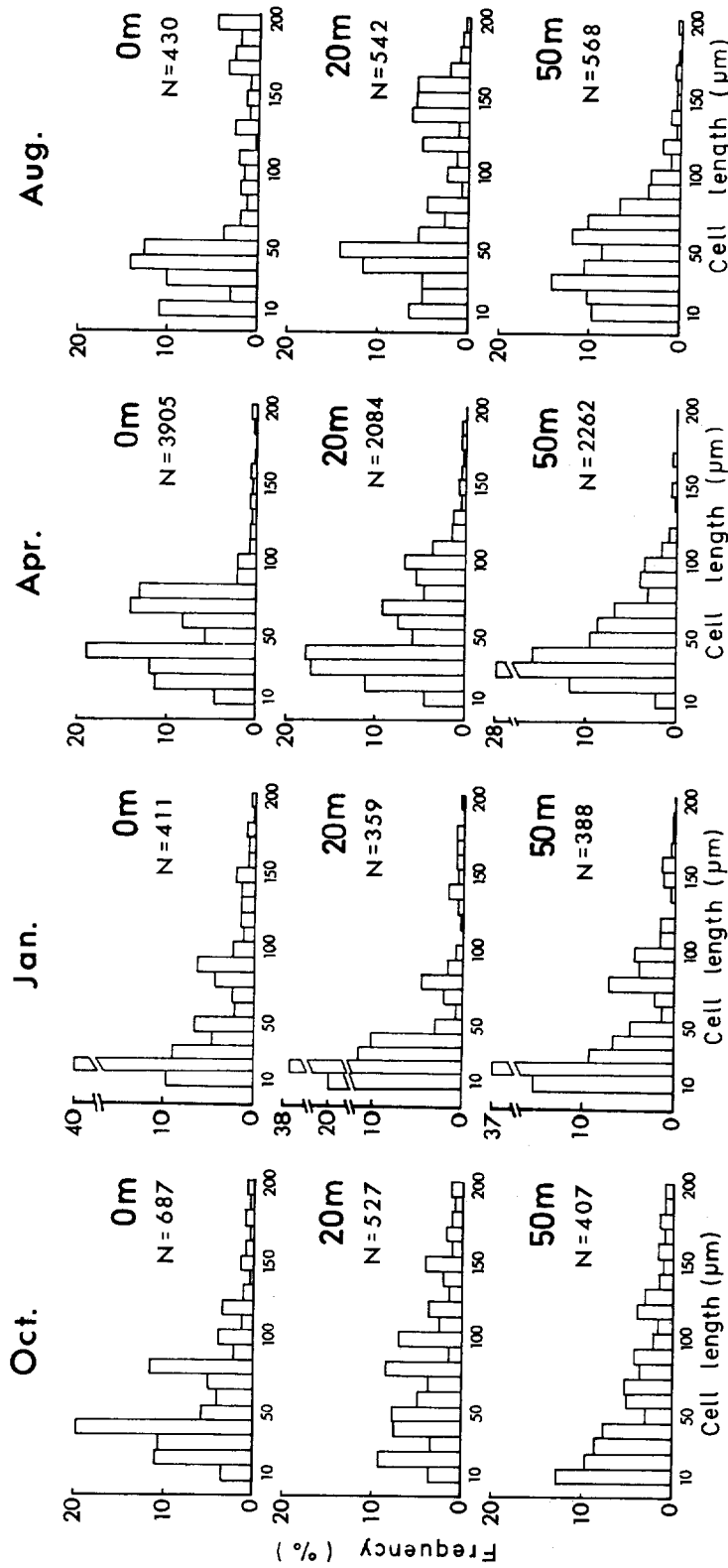


Fig. 4. Vertical changes in size composition of phytoplankton community at sampling station. Algal size is expressed in terms of the longer diameter of cell.

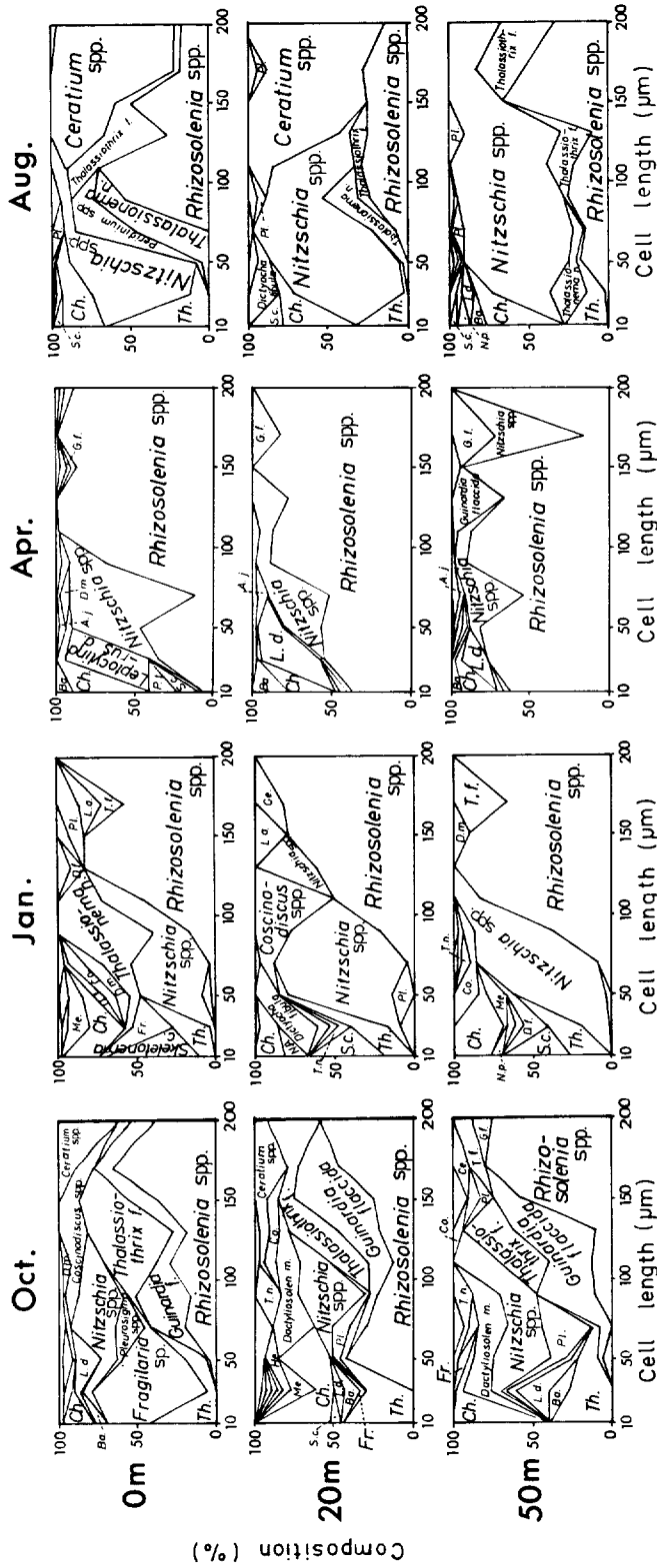


Fig. 5. Species composition of phytoplankton community in each water layer and each size.

A. j.; *Asterionella japonica*, Ba.; *Bacteriastrium* spp., Ce.; *Ceratium* spp., Ch.; *Chaetoceros* spp., Co.; *Coscinodiscus* spp., D. f.; *Dietyocha fibula*, D. m.; *Dactylosolen mediterraneus*, Fr.; *Fragilaria* sp., G. f.; *Guinardia flaccida*, He.; *Hemianulus* spp., L. a.; *Licmophora abbreviata*, L. d.; *Leptocyrindrus damicus*, Me.; *Melosira* sp., N. p.; *Neodelphinus pelagica*, Pl.; *Pleurosigma* spp., P. t.; *Prorocentrum brevistrum*, S. c.; *Skeletonema costatum*, T. f.; *Thalassiothrix frauenfeldii*, Th.; *Thalassiosira* spp., T. n.; *Thalassioema nitzschoides*.



spp. の割合が各水深で高く, *Fragilaria* sp. は表層で高い割合を占めた。サイズ 50  $\mu\text{m}$  以上では *Nitzschia* spp., *Guinardia flaccida*, *Thalassiothrix frauenfeldii* 及び *Rhizosolenia* spp. の割合が高く, それらの割合は各水深でほぼ同じであった。1月, サイズ 10~50  $\mu\text{m}$  の範囲では *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp. 及び *Thalassiosira* spp. の割合が各水深で高く, それらの割合は各水深でほぼ同じであった。また, *Fragilaria* sp. が10月同様に, 表層で比較的高い割合を占めた。サイズ 50  $\mu\text{m}$  以上では *Nitzschia* spp. と *Rhizosolenia* spp. の割合が各水深で高かったが, *Thalassiosira nitzschiioides* が表層で, *Coscinodiscus* spp. が 20 m 層で高い割合を占めた。4月, サイズ 10~50  $\mu\text{m}$  の範囲では *Leptocylindrus danicus* と *Chaetoceros* spp. の割合が高かったが, それらの割合は水深が増すと減少し, 代わって *Rhizosolenia* spp. の割合が増加した。サイズ 50  $\mu\text{m}$  以上では *Rhizosolenia* spp. が大部分を占めた。8月, サイズ 10~50  $\mu\text{m}$  の範囲では *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros* spp. 及び *Nitzschia* spp. の割合が各水深で高く, 水深が増すにつれて, *Thalassiosira* spp. の割合が低くなり, *Chaetoceros* spp. や他の藻類の割合が高くなった。サイズ 50  $\mu\text{m}$  以上では *Nitzschia* spp. と *Rhizosolenia* spp. の割合が高かった。また, *Ceratium* spp. が表層及び 20 m 層でかなり高い割合を示したが, 50 m 層では出現しなかった。以上のように種(属)組成の鉛直変化では, 四季を通じてどの水深にも比較的多く出現した群と, ある時期, ある水深に限って多く出現した種, 群が認められた。

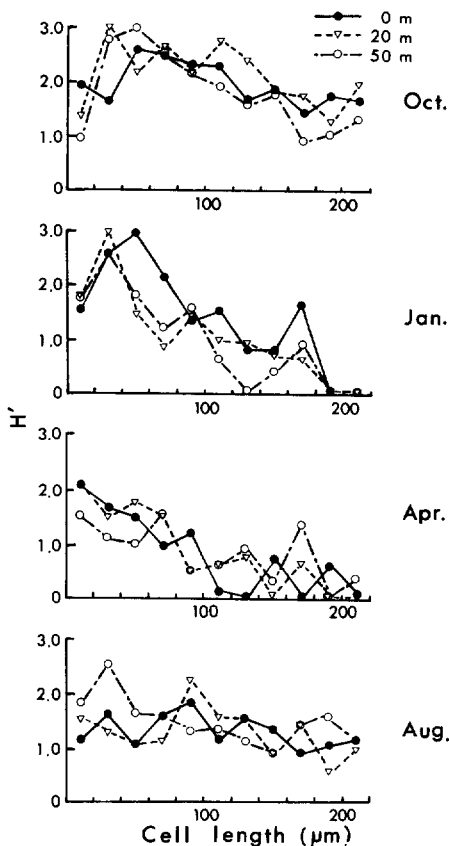


Fig. 6. Diversity index ( $H'$ ) of phytoplankton community in each water layer and each size.

## 5. 植物プランクトンのサイズ別多様度

植物プランクトンのサイズ別多様度 ( $H'$ ) を求め、Fig. 6 に示した。各時期とも水深によって多様度の大きな差異はなかった。10月及び1月の  $30\ \mu\text{m}$  以下を除けば、いずれの季節もサイズが大きくなると多様度が低下する傾向が認められた。また、8月はその傾向がやや不明瞭になり、10月と共に、 $200\ \mu\text{m}$  以上でも比較的高い多様度が認められた。

## 考 察

今回調査した地点は、陸から  $1.8\ \text{km}$  程度と沿岸部に含まれながらも、近くに大きな河川水の流入がないことや塩分、透明度が比較的高かったこと、珪藻細胞数が本州南方海域の黒潮主流部での数値 (川原田 1965) に近かったこと、さらに植物プランクトン現存量の秋季の顕著な増加がなかったことなどから、陸水の影響よりも黒潮系水の影響が強いと考えられる。また、4回の調査中には、赤潮発生等特異な事象は認められず、今回行なった植物プランクトンのサイズ分析は、当海域に普遍的に出現する群を対象としたものであったと考えられる。

今回認められた植物プランクトンのサイズ組成・サイズ別構成種の鉛直的变化を海水の物理的要因から考察すると、8月においては、植物プランクトンのサイズ組成及び出現種が水深  $20\ \text{m}$  以浅と  $50\ \text{m}$  層で大きく異なっていたが、このことは水温・塩分の鉛直分布から水深  $10\ \text{m}$  から  $40\ \text{m}$  にかけて躍層の存在が示唆されたことによく対応していた。しかし、1月、4月及び10月においては、水温・塩分の鉛直分布から、海水は表層から底層まで比較的良く混合されていたと考えられたが、1月では植物プランクトンのサイズ  $50\sim 120\ \mu\text{m}$  の構成種が水深によって異なっており、4月及び10月ではサイズ組成が水深によって大きく異なっていた。このように植物プランクトンのサイズ組成、サイズ別構成種が鉛直的に異なった原因は海水の物理的要因だけでは説明がつかず、海水の対流速度と植物プランクトンの増殖速度の関係、種の浮游特性等の多くの要因が複雑に絡み合ったことによるものと考えられる。

四国太平洋側沿岸域は魚類仔稚の重要な成育場であることが知られており、近年、マイワシ産卵域の南下等もあってその重要性は益々高くなっている。調査海域の仔稚魚の餌料 (植物プランクトン) 環境を季節別、水深別に評価する場合、クロロフィル-a量や細胞数を用いる方法にサイズ組成・サイズ別種組成を考慮した方法を加えると評価の精度が大きく向上することが、今回の結果から認められる。もし前者の方法から得られる結果だけを見ると、餌料環境は調査した10月、1月及び8月の3時期の間で大きな差異はなかったと判断されるだろう。しかし、後者の方法による結果をみると、サイズヒストグラムの形状が時期によって異なっていたこと、さらに同じサイズの植物プランクトンでも、その構成種 (属) が時期で大きく異なっていたこと等から、餌料環境は季節的にかなり異なっていたことがわかる。また、餌料環境を鉛直的に評価する場合でも、クロロフィル-a量や細胞数による量的な評価に、サイズ組成・サイズ別種組成を考慮することによって質的な評価を加えることができると思われる。

仔稚魚の餌料としての植物プランクトンの重要性は、緒言に述べたように、離乳食的役割と補

助食的役割があると考えられている。摂餌開始時に口の小さな魚種にとっては 30~40  $\mu\text{m}$  程度の餌生物が高密度に分布することが重要であると考えられている (田中 1981a)。調査海域の植物プランクトンのサイズ組成は各季節とも 40  $\mu\text{m}$  もしくは 20  $\mu\text{m}$  に最大ピークがあり、口の小さな魚種にとってはサイズの好環境であったと言える。また、調査した10月、4月では水深が深いほどサイズの小さな個体の割合が高かったが、発育初期の仔魚は主に下層に布し、成長した個体ほど上層に出現する傾向があること (田中 1981b) を考慮すると、仔魚にとって好都合な状況であったと考えられる。また、50  $\mu\text{m}$  以下の植物プランクトンは、それ以上のサイズのものに比べ、周年を通して量的な割合が高いだけでなく、種類数が多く、多様度が高い傾向があった。単一種を摂餌する場合、もしその種が消化の悪いものであったり、栄養的に偏りがあるときは、仔稚魚にとって成育の障害をもたらし、生残にも影響を及ぼすことが考えられる。したがって、多くの種を摂餌する方がそれらの危険にさらされる率が低いことを考慮すると、50  $\mu\text{m}$  以下の植物プランクトンの多様度が高いことは、これを餌料とする摂餌開始期の仔魚にとって、さらに有利であったと考えられる。

本研究では、細胞を単位としてサイズを測定したが、多くの植物プランクトンは群体を形成することが知られ、今回測定した種も群体を形成するものも少なくなかった。また、口径より大きなサイズの餌を視覚によって摂餌しない魚種にとって、植物プランクトンが群体を形成して大型化することは、摂餌活動に大きな影響を与える。この場合、サイズ組成から仔魚の餌料環境を判断するためには、植物プランクトンのサイズは群体のまま測定する必要がある。しかし、採集段階及び試料の濃縮段階での破損を考えると、植物プランクトンの群体のサイズを天然のまま測定することはかなり困難なことであると思われる、今後、何等かの工夫が必要である。

## 要 約

1986年10月、1987年1月、4月及び8月に、室戸岬東部沿岸域の植物プランクトンのサイズ組成をマイクロメータを装着した光学顕微鏡を用いて調べ、その季節変動及び鉛直変動を明らかにした。

表層の植物プランクトンのサイズ組成のヒストグラムの形状は、出現頻度の高い 200  $\mu\text{m}$  以下で見れば、4時期とも主なピークは2つあった。出現頻度の最も高いサイズは10月、4月及び8月の3時期は 40  $\mu\text{m}$  で、1月は 20  $\mu\text{m}$  と、四季を通じて一致もしくは非常に近かった。しかし、その頻度は、10月、1月、4月及び8月で、それぞれ19.7%、39.9%、19.0%及び14.2%と、大きな差が認められた。サイズ組成の鉛直変化では、小型個体の割合が高い1月を除く3時期は、水深が深くなるにつれて小型個体の割合が高くなった。種 (属) 組成の鉛直変化では、*Chaetoceros* spp., *Nitzschia* spp. 及び *Rhizosolenia* spp. のように、四季を通じてどの水深にも比較的多く出現した群の他、*Fragilaria* sp. (10月の表層)、*Thalassionema nitzschioides* (1月の表層)、*Coscinodiscus* spp. (1月の20 m 層)、*Ceratium* spp. (8月の表層及び20 m 層) のように、ある時期のある水深に限って多く出現した種、群もみられた。水温・塩分の鉛直変化から、10月、1

月及び4月は海水が表層から底層まで比較的良好に混合されていた時期であると考えられ、上に述べた現象は海水の物理的要因だけでは説明がつかないことが明らかとなった。サイズ別多様度では、10月及び1月の30  $\mu\text{m}$  以下を除けば、いずれの季節もサイズが大きくなると、多様度が低下する傾向があった。

四国太平洋側沿岸域は魚類仔稚の重要な育成場であるが、調査海域の仔稚魚の餌料（植物プランクトン）環境を季節別、水深別に評価する場合、クロロフィル-a量や細胞数を用いる方法にサイズ組成・サイズ別種組成を考慮した方法を加えると評価の精度が大きく向上することが、今回の結果から認められた。

## 文 献

- HUNTER, J. R., 1977: Behavior and survival of northern anchovy *Engaulis mordax* larvae. *Calif. Coop. Oceanic. Fish Invest. Rep.*, **19**, 138-146.
- 川原田 裕, 1975: 北太平洋における植物プランクトンの分布。「海洋プランクトン」(元田 茂編), 海洋科学基礎講座6, 東海大学出版会, 東京, 8-25.
- LEBOUR, M. V., 1919: The food of young fish. no. III, *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **12**, 361-324.
- MALONE, T. C., 1980: Algal size. In "The physiological ecology of phytoplankton" (ed. by MORRIS, I.), Blackwell Scientific Publications, London, 433-463.
- MARAK, R. R., 1960: Food habits of larval cod, haddock and coalfish in the Gulf of Maine and Georges Bank area. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **25**, 147-157.
- MOFFATT, N., 1981: Survival and growth of northern anchovy larvae on low zooplankton densities as affected by the presence of a chlorella bloom. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 475-480.
- 西条八束, 1975: クロロフィルの測定法. 日本陸水学会誌, **36**, 103-109.
- SHERMAN, K. and K. HONEY, 1971: Seasonal variations in the food of larval herring in coastal waters of central Marine. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, **160**, 121-124.
- 田中 克, 1981a: 海産仔魚の摂餌と生残—IV 天然海域における餌生物の密度. 海洋と生物, **3**(4), 293-299.
- 田中 克, 1981b: 海産仔魚の摂餌と生残—V 魚卵・仔魚の垂直分布と垂直移動. 海洋と生物, **3**(5), 379-386.
- WARE, D. M., B. R. de MENDIOLA and D. S. NEWHOUSE, 1981: Behavior of first-feeding Peruvian anchoveta larvae, *Engraulis ringens*. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 467-474.