

カタクチイワシの初期餌料環境と生残り—II

—クロロフィル-*a* および橈脚類ノープリウス
幼生の極大層と仔魚の分布—*

船 越 茂 雄**

Food and Survival of the Early Postlarvae of the Japanese Anchovy, *Engraulis japonica* (HOUTTUYN)—II —Distribution of Anchovy Larvae as Related to Occurrence of the Maximum Layers of Chlorophyll-*a* Concentration and Copepod Nauplius Densities—

Shigeo FUNAKOSHI**

Abstract

This paper deals with vertical microdistributions of chlorophyll-*a* concentration and densities of copepod nauplii and anchovy larvae. Field surveys were conducted in the western Enshu-Nada along the Pacific coast of central Japan in both June 1980 and February 1981. The results obtained were as follows;

(1) In June 1980, the chlorophyll-*a* maximum layers were found in the surface water occupied with low salinity water masses which spread over the open sea in spring to autumn intimately related with rainfall increase and vertical stratification. Densities of copepod nauplii and anchovy larvae were remarkably high in or around these layers. Such events, however, were not found in February 1981.

(2) Densities of copepod nauplii and other stages in or around these chlorophyll-*a* maximum layers, available for the first-feeding larval anchovy, were several times as high as the mean densities in other layers.

(3) The catch of "Shirasu" (anchovy larvae) from April to June in Enshu-Nada shows a positive correlation with the rainfall from January to March which closely related to the degree of spreading of low salinity water masses in the sea surface. This fact suggests that the spreading of low salinity water masses has a great influence upon the development of chlorophyll-*a* maximum layers and high densities of copepod in or around these layers offer good feeding conditions to larval anchovy and affect the survival of it.

1. 緒 言

前報(船越他, 1983)では橈脚類ノープリウス幼生出現個体数の季節変化, 分布様式の年変化とカタクチイワシの再生産との関係を主に旬から月の時間スケール, 数マイルから十数マイルの空間スケールから検討した。

カタクチイワシ資源の変動の原因を漁況の記述などの現象論から一歩踏み込んで具体的に説明するためには,

一連の発育段階・集合段階における生残機構が有機的関連をもって解明されなければならない。そして, その研究の糸口は初期減耗に関連した発育初期における仔魚と餌生物との遭遇機構の解明にあると考えられる。この目的を達するためには, 従来のような10マイルないしそれ以上の空間スケールにおける観測では不十分であり, それ以下のスケール, 例えば1マイルないしはそれ以下のスケールでの仔魚と餌生物のパッチの存在様式など微細分布の実体がまず明らかにされる必要がある。

近年, 動植物プランクトンの微細分布についての知識

* 1984年1月14日受理

** 愛知県水産試験場 Aichi Prefectural Fisheries Experimental Station, Gamagori, Aichi 443, Japan

は、測器の進歩を背景として、生産量や食物連鎖関係の研究また仔魚の摂餌生態の研究等の必要性からかなり蓄積されてきた。例えば、西条他(1974)は水平方向のクロロフィル-a量を、また LASKER (1975, '78), KIEFER and LASKER (1975) は垂直方向のクロロフィル-a量を、さらに MACKAS & BOYD (1979) は水平方向の動物プランクトン量を、また安樂(1975)は垂直方向の動物プランクトン量をそれぞれ扱い、微細分布の実体を明らかにしている。しかし、仔魚と餌料生物のパッチの遭遇、仔魚の生残りなど漁業生物学的な面から動植物プランクトンの微細分布を扱った報告は LASKER (1975, '78, '81) の一連の研究以外数えるほどしかない。LASKER は飼育実験を通じてある種の植物プランクトン (渦鞭毛藻類の一種、*Gymnodinium splendens*, 30~50 μm) が仔魚 (*Engraulis mordax*) の初期餌料として極めて有効なことを確かめ、これがカリフォルニア沖の水深 10~20 m に形成されるクロロフィル極大層中に仔魚の生残りによって十分な量が確保されていることを見出した。そして、垂直方向に数メートルの空間スケールにおけるこの極大層の生成、発達、消滅の過程、すなわち仔魚と餌生物との遭遇条件の良し悪しが湧昇の発達や低気圧の襲来と関連深いことを明らかにし、海象現象のモニタリングから年級群の発生量予測を行なうことにある程度成功した。

一方、日本近海の沿岸水域や亜表層クロロフィル極大層中においては、このような 30~50 μm の大きさを主体とした渦鞭毛藻類の分布は確認されておらず、カタクチイワシ仔魚の初期餌料として改めて橈脚類ノープリウス幼生の重要性が見直されている (関口, 1983)。しかし、カタクチイワシ仔魚や橈脚類ノープリウス幼生の微細分布を扱った研究は後者を数百メートルの水平スケールで取扱った STAR & MULLIN (1981) を除いてこれまでほとんどなく、その実体は余り知られていない。本報ではこうした点を踏まえカタクチイワシ本州太平洋系群の主要な産卵場の1つである遠州灘西部において、クロロフィル-a量と橈脚類ノープリウス幼生数、そしてカタクチイワシ卵仔魚数の垂直微細分布について調査を行ない、いくつかの知見を得たので報告する。なお、この報告で扱った微細分布の空間スケールは、垂直方向に 5~10 m、水平方向に 1~3 マイルである。

2. 材料と方法

垂直微細分布に関するデータは、1980年6月17日(成層期)と1981年2月18~19日(対流期)に遠州灘西部浜名

湖沖の大陸棚上を中心とした海域に、1~3海里間隔で各々6点、5点の観測点を設け (Fig. 1, Table 1), 船が調査点に到着後直ちに水深 50 m まで 5 m 間隔の水温、塩分、クロロフィル-a量、橈脚類各发育段階の個体数の観測を行なって得た。水温、塩分は STD (プレッシャー製) で観測した。また、クロロフィル-a量測定用の海水 500 ml と植物プランクトン計数用の海水 250 ml および橈脚類各发育段階の個体数計数用海水 1 l は、ポンプに連結したホースの先端を STD に固定し、STD で深度

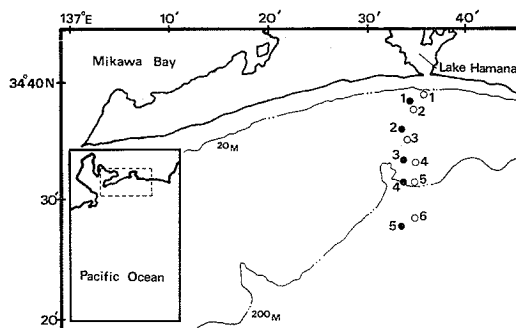


Fig. 1. Map of area studied. Open circles: sampling stations in June 1980, solid circles: sampling stations in February 1981.

Table 1. Date and locality of sampling station.

St.	Date and time	Location (lat. N-long. E)
1	0857-0930 (17 June 1980)	34°39.0'-137°35.3'
2	0940-1015 (17 June 1980)	34°38.4'-137°34.0'
3	1100-1134 (17 June 1980)	34°35.6'-137°33.0'
4	1149-1225 (17 June 1980)	34°34.0'-137°34.2'
5	1241-1315 (17 June 1980)	34°32.2'-137°34.4'
6	1333-1405 (17 June 1980)	34°29.8'-137°34.1'

St.	Date and time	Location (lat. N-long. E)
1	2355-0024 (18-19 Feb. 1981)	34°38.1'-137°35.0'
2	2257-2330 (18 Feb. 1981)	34°36.5'-137°34.6'
3	2150-2224 (18 Feb. 1981)	34°34.4'-137°34.0'
4	2030-2105 (18 Feb. 1981)	34°31.0'-137°34.0'
5	1910-1950 (18 Feb. 1981)	34°27.5'-137°33.5'

を確認しながら所定層毎に採水した。

一方、カタクチイワシ卵仔魚とその他魚類卵仔魚は 10 m 間隔 (0, 10, 20, 30, 40, 50 m) の MTD ネット (口径 56 cm, 網目 330 μ m) を船速約 3 ノットで 15 分間曳網 (汲水量約 257 m³) して採集した。この際、ネットを所定層に維持するために 3 分間隔でワイヤー傾角を測定し、傾角が 45° になるよう船速を微調整した。なお水深が 50 m 以浅の海域では海底まで実施した。MTD ネット調査は、前記垂直分布調査終了後、船を移動させて、MTD ネットの曳網区間 (約 1,400 m) の中心が垂直分布調査点を通るようにして実施した。

こうして得た標本のうちクロロフィル-*a* は 500 ml 海水を冷蔵して実験室に持ち帰り、whatman GF/C で濾過し蛍光法によって分析した。また、植物プランクトンと橈脚類各发育段階の個体数は 250 ml と 1 l 海水を各々船上で 10% ホルマリン液で固定後、実験室に持ち帰り、250 ml の海水は 2 回、1 l の海水は 3 回 24 時間自然沈殿法をくり返し 10 ml に濃縮し、全個体数を顕微鏡で計数した。そして仔魚にとって摂餌可能な餌の大きさの出現個体数を算出するために、橈脚類の卵、ノープリウス幼生、コペポダイト期、成体の各发育段階別に卵径、体幅、体長を 50~100 個体について 10 μ m 単位で測定した。また、MTD ネットの標本は船上で 10% ホルマリン液で固定後、実験室に持ち帰りカタクチイワシ卵仔魚とその他魚類卵仔魚を選別し、各々の個体数を計数した。またカタクチイワシ卵については中井(1962)に従って A, B, C のステージ区分を行ない、カタクチイワシ仔魚については採集個体 514 尾のうち体の破損のない計 418 尾について測点別に前期仔魚、後期仔魚の個体数を調べ、各々の全長を測定した。

こうして得た水温、塩分、クロロフィル-*a*、橈脚類個体数と魚卵仔魚のデータは、5~10 m のスケールでの垂直方向における相互の分布の関係を見るために、各々について測点別垂直分布図を作成し検討した。その際約 1,400 m の MTD ネット曳網区間で採集した魚卵仔魚個体数は、前記水温、塩分等の調査点にプロットした。

3. 結 果

(1) 夏季成層期の垂直微細分布

海洋構造

St. 1~6 の調査海域全域の水深 10~15 m 以浅は、塩分値 31.2~34.0‰ の低塩分水塊に覆われ、それ以深は 34.1~34.7‰ を示し、全体として顕著な塩分躍層が形成されている (Fig. 2)。St. 1~3 の表層域は 32‰ 台、

St. 4~5 の表層域は 33‰ 台で沖合域ほど段階的に塩分値は高くなっている。一方、水温も塩分同様水深 10 m 付近で顕著な躍層を形成し、St. 1~5 の表層域では 22.0~22.7°C, St. 6 はやや高め 24°C を示している。すなわち、調査海域内の海洋構造は高温低塩な湾内系水が水深 10~15 m 以浅の表層域に広がり、夏季特有の二層構造を示している。しかし St. 6 付近では湾内系水の影響はほとんど見られず沿岸系水、黒潮系水の水塊特性 (船越他, 1979) を示している。

クロロフィル-*a* 量の垂直微細分布と極大層中の植物プランクトン

クロロフィル-*a*量は St. 4 を除く St. 1~5 の表層域で 3.10~3.90 μ g/l の濃度の極大層を形成し、それ以深では急減している (Fig. 2)。すなわち、この極大層は高温低塩な湾内系水に形成されている。一方、調査海域内では最も湾内系水の影響が小さく沿岸性ないしは沖合性の海況を示している St. 6 では、35 m 層に鋭いピークをもつ極大層が形成され、その値 4.6 μ g/l は調査海域内の極大層中最大である。しかし、この極大層の水深と水塊構造との間には対応関係は見られない。

次に極大層中の植物プランクトン組成を見ると (Table 2)、St. 1~5 では珪藻類の出現種類数は少なく (4~7 種類以上)、*Thalassiosira* 属が卓越しているのに対し、St. 6 では目立った卓越種はなく、出現種類数は多い (26 種類以上)。そして、*Planktoniella sol*, *Hemiaulus hauckii*, *Eucampia cornuta*, *Climacodium biconcavum* など外海沖合域を生活の場としている種類は (丸茂他, 1966; 丸茂・村野, 1973)、St. 6 のみに出現している。一方、鞭毛藻類では全点で 12 μ m 以下の微小個体が卓越している。組成は珪藻類とは逆に、St. 6 の出現種類数は St. 1~5 に比べ少ない。これら珪藻類、鞭毛藻類の分布の特徴は前述の海洋構造の示す特徴と一致している。一方、St. 1~5 について見ると、*Thalassiosira* 属の出現量には St. 1~3 と St. 4~5 との間に不連続的変化がみとめられ、St. 4~5 の出現量は著しく多い。その他の珪藻類などの特徴も考慮すると、St. 1~5 の水塊はさらに 2 つの異質の水塊で構成されていると考えられる。

橈脚類ノープリウス幼生数の垂直微細分布

橈脚類ノープリウス幼生数は全点で顕著な極大層を形成している (Fig. 2)。St. 1~3 では表層域に形成されたクロロフィル-*a*量の極大層よりやや下層の 5~10 m 層に極大層が形成され、St. 5, 6 では両者は完全に一致している。また、クロロフィル-*a*量の極大層が見られなか

Table 2. Species composition and relative numerical abundance (cells/ml) of phytoplankton in the chlorophyll-*a* maximum layers in June 17, 1980.

Species	Station	1	2	3	4	5	6
Diatoms							
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>							0.1
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>							0.4
<i>Guinardia flaccida</i>							+
<i>Thalassiosira</i> spp.		4.8	4.8	31.2	244.0	475.2	8.4
<i>Coscinodiscus</i> spp.		0.1	0.1	+	+	0.1	0.1
<i>Planktoniella sol</i>							+
<i>Rhizosolenia</i> spp.			+				7.2
<i>Bacteriastrum</i> spp.							3.2
<i>Chaetoceros</i> spp.				+	+		14.8
<i>Cerataulina bergonii</i>		0.1		+			
<i>Hemiaulus hauckii</i>							0.4
<i>Ditylum brightwellii</i>					+	+	
<i>Eucampia zodiacus</i>							0.1
<i>E. cornuta</i>							1.6
<i>Climacodium biconcavum</i>							0.1
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		0.1			3.2	2.4	0.8
<i>Thalassiothrix</i> sp.							0.3
<i>Nitzschia seriota</i> cf.					0.6	0.3	11.2
Dinoflagellates							
Prorocentrales	>30 μ m	9.6	4.0	3.2	0.8	0.6	
	55~65					0.2	0.8
Dinophysiales	40~55		0.8	0.8	0.2	0.2	
Gymnodiniales	15~25	0.3	3.2	0.4	0.8	0.2	+
Peridinales	10~15	0.3	2.4	0.3			
	15~20	0.3	0.8	0.8	0.8	2.4	0.4
	30		0.4	0.2			
	<250	0.1	8.0	2.4	+	+	
Others							
Silicoflagellates	20~25	3.2	1.3	10.5	2.4	1.6	
Unknown microflagellates	<12	31.2	39.2	14.4	8.8	30.4	25.6

った St. 4 でも表層域にノープリウス幼生数の極大層が形成されている。これらノープリウス幼生数の極大層の厚みはおおむね 5~10 m で、出現個体数はきわめて多く、100 個体/l を越えるものもある (St. 2 の 10 m, 120 個体/l; St. 3 の 5 m, 106 個体/l; St. 4 の 0 m, 118 個体/l)。また、唯一 35 m 深付近くにクロロフィル-*a* 極大層の見られた St. 6 でも、それに対応してノープリウス幼生数の極大層が形成され、その対応関係が注目される。全般にノープリウス幼生数の極大層はクロロフィル-*a* 量の極大層付近に形成される。そして各点において極大層のノープリウス幼生数は、極大層を除く他の層の平均出現数の 1.7~4.6 倍 (平均 3.5 倍) に達している。

その他橈脚類の卵、コペポダイト期、成体はいずれもノープリウス幼生数の極大層と同じ層に極大層を形成す

る傾向がうかがえる (Fig. 2)。

カタクチイワシ卵仔魚の垂直微細分布と水平分布

カタクチイワシの卵は St. 2~6 で出現しているが、出現量は沖合域ほど多い傾向がある。一方、全長 2~10 mm の仔魚は全域で出現しているが、卵とは逆に沿岸域ほど多く出現している。卵の比較的多く出現した St. 3~6 について見ると、St. 3~5 では表層域に、また St. 6 では水深 30 m に分布のピークがあり、クロロフィル-*a* 量ないしはノープリウス幼生数の極大層と一致している (Fig. 2)。卵のステージは St. 3~5 の 0~10 m 層で若干 A-stage が出現したが、ほとんどは B、C-stage が中心で、さらに St. 3 では B-stage 中心、St. 4~6 では C-stage 中心と沖合域ほど発生段階の進んだものが多い。なお、調査海域の水温 20~22°C で卵が A-stage

クロロフィルaおよび橈脚類ノープリウス幼生の極大層と仔魚の分布

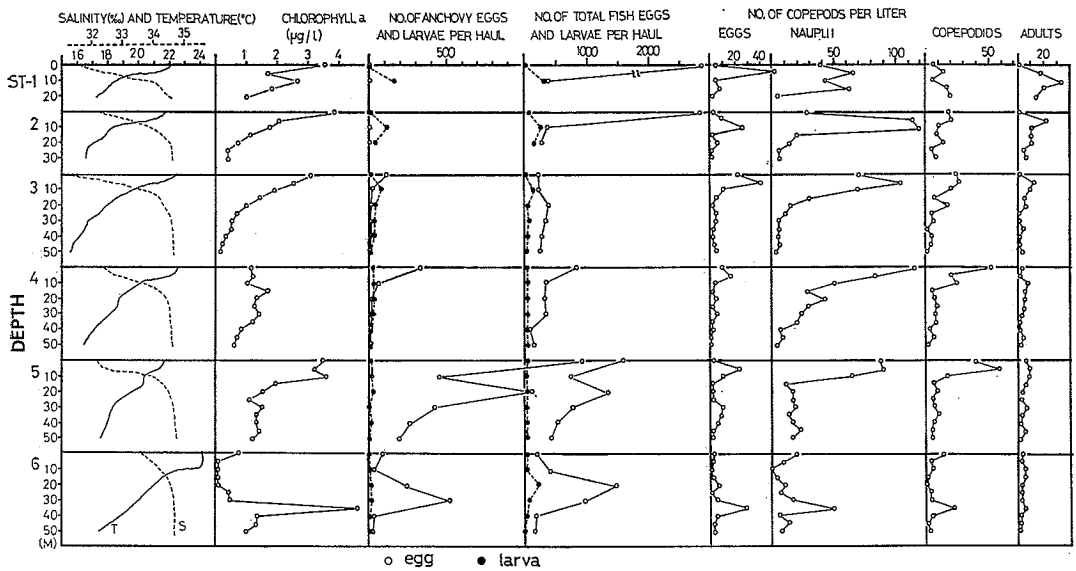


Fig. 2. Vertical distributions of water temperature, salinity, chlorophyll-a concentration, and the densities of different life stage of copepods and anchovies in June 1980.

から B-stage, B-stage から C-stage まで移行するに要する時間は各々 12~15 時間, 12~16 時間 (渡部, 未発表) であり, 一方 St. 3 から St. 6 までに要した観測所要時間は約 2 時間 30 分であるから, 観測時刻の違いに伴う stage の進行は無視される。仔魚の比較的多く出現した St. 1~3 では, 仔魚の分布のピークはクロロフィル-a 量の極大層よりやや下層の 10 m 層にあり, ノープリウス幼生数の極大層とほとんど一致している。

全魚卵, 仔魚についてもカタクチワシ同様の特徴が見い出せる。

MTD ネットで採集されたカタクチワシ前期仔魚の割合は沖合域ほど高く, 逆に後期仔魚 (全長 3.5~11.0 mm) の割合は沿岸域ほど高い (Fig. 3)。すなわち, 発育の進んだ個体ほどより沿岸側に多く分布している。この傾向は海底水深 50~60 m 付近より沿岸側で顕著である。同様な結果はマイワシ仔魚でも観察されている (船越・柳橋, 1983)。

橈脚類各発育段階の卵径, 体幅組成と摂餌可能個体の出現個体数

St. 1~6 の計 6 調査点内の橈脚類ノープリウス幼生数の極大層計 6 層における橈脚類各発育段階およびそれらを合計したものの平均出現個体数を卵径, 体幅組成別に Fig. 4 に示した。卵径は 40 µm にピークをもち 40~110 µm の範囲, ノープリウスは 60 µm にピークをもち 40~120 µm の範囲, コペポダイト期は 100 µm にピ

ークをもち 70~280 µm の範囲, 成体は明瞭なピークが見られず 90 µm 以上の大きさの分布型を示し, 全体の分布型は 50 µm にピークをもち左側に偏った分布型を示している。これは LASKER (1978) がカリフォルニア沖のクロロフィル極大層で得た分布型ときわめてよく類似している。

Fig. 4 のデータを大きさに対する出現個体数の累積値として示したのが Fig. 5 である。Fig. 5 には極大層 6 層を除く残り計 50 層の平均値についても同様に示した。日本産カタクチワシと形態的には類似した北米産カタクチワシ (*Engraulis mordax*) に関する全長と口幅の関係式 (HUNTER, 1977) を用いて, 日本産カタクチワシの外部栄養移行期の仔魚 (全長 3.5~3.6 mm) の口幅を計算すると 171~175 µm となる。カタクチワシ仔魚が仮にこの大きさまでの餌生物を摂餌できるとすれば, ノープリウス幼生数の極大層では約 167 個体/l の餌生物が保障されており, これは極大層 6 層を除く残り計 50 層の平均約 38 個体/l の 4.4 倍に相当する。

(2) 冬季対流期の垂直微細分布

調査海域内の水温, 塩分は各々 13°C 前後, 34.6% 前後を示し, 混合がよく進んでいるため上下の変化はほとんどなく, 典型的な対流期の水塊構造を示している (Fig. 6)。ただ, 水温は沿岸から沖合に向け高くなる傾向がうかがえる。また, 夏季見られたような低塩な湾内

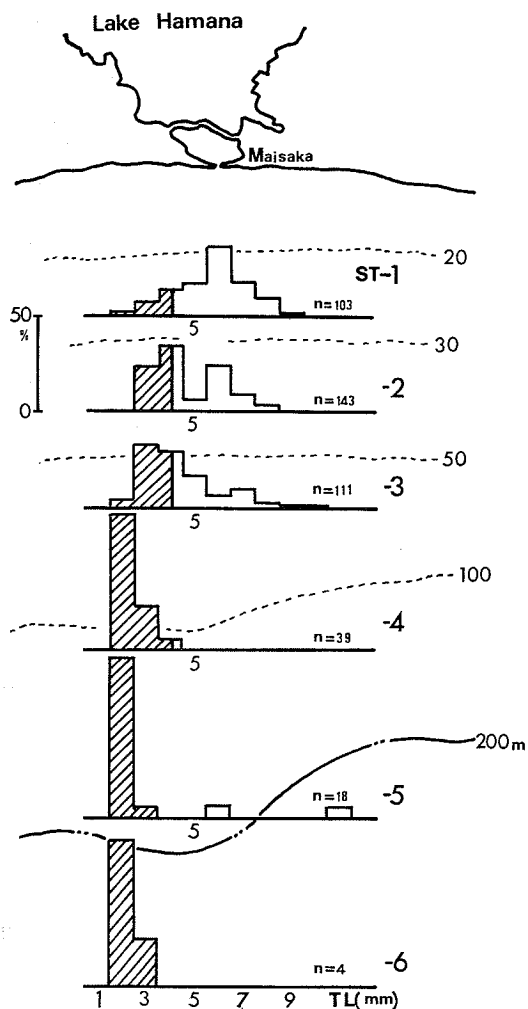


Fig. 3. Frequency percentage of larval lengths of anchovies collected by MTD net in June 1980. Hatched area: frequency percentage of pre-larva's length
n : number of larvae measured

系水の影響は全く見られない。

クロロフィル-a量は沿岸側ほど高いが、最大値でも $1.1 \mu\text{g/l}$ (St. 1) で、1980年6月17日に観測された最大値 $4.57 \mu\text{g/l}$ の約 $1/4$ と小さい。また、垂直方向の変化は小さく最大でも St. 5 の $0\sim 50\text{m}$ 間で $0.01\sim 0.40 \mu\text{g/l}$ である (Fig. 6)。これは6月の調査における最大変化幅 $0.01\sim 4.57 \mu\text{g/l}$ の約 $1/10$ である。

橈脚類ノープリウス幼生数は夏季に比べ少なく、最大でも St. 2 の 5m の 38 個体/l で (6月における調査の最大値 120 個体/l の約 $1/3$)、ほとんどは $10\sim 20$ 個体/l

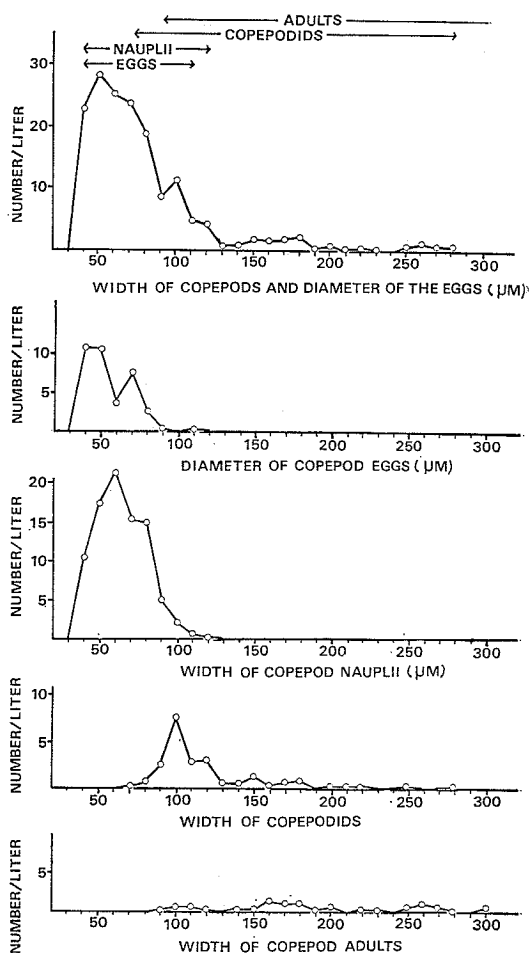


Fig. 4. Size distribution (mean of six stations) of the eggs, nauplii, copepodids and adults of copepods from the layer where the maximum densities of copepod nauplii were found.

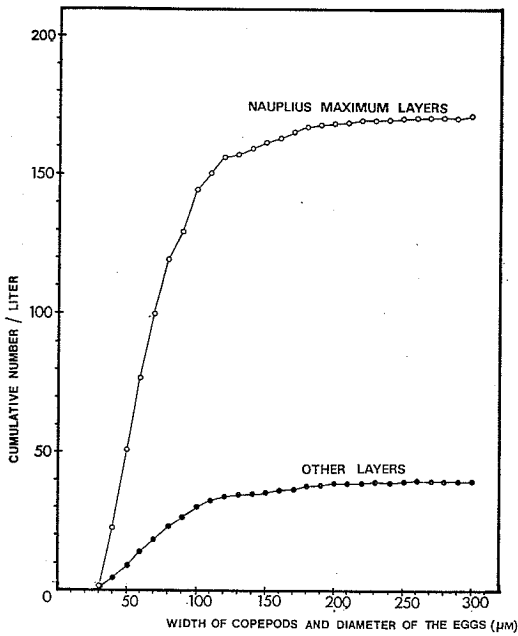
の水準である。また、夏季に見られたような極大層の形成はなく、上下ともほぼ均一な分布を示している (Fig. 6)。出現個体数は全般に沿岸側で $20\sim 30$ 個体/l と相対的に多く、沖合側では 15 個体/l 以下と少ない。

その他橈脚類の卵、コペポダイト期、成体についても夏季のような顕著な極大層の形成は見られない。ただし、St. 1, 2 では橈脚類の卵に小さな極大層がみとめられる。

4. 考 察

仔魚の生残を環境要素との関連で問題とする場合、対象とする現象—微細分布のスケールが問題となる。HUNTER (1972) の実験結果によれば、北米産のカタクチ

クロロフィル a および橈脚類ノープリウス幼生の極大層と仔魚の分布



イワシ仔魚の1日の索餌可能水量はほぼ体長の3乗に比例する。仮に仔魚の体長を0.35 cmとするとこの値は約43 cm³になる。これは一辺が約3.5 cmの立方体の体積に相当するが、このような微小空間を単位とした現象を天然海域で追跡することは不可能に近い。仮に動植物プランクトンの連続分布が把握されても、それに対応して仔魚の分布を把握することは現在のところ技術的に不可能である。さらに高い密度で分布する動植物プランクトンは採水等の手段で点採集しても十分解析に耐えられるだけの個体数は得られるが、最大密度でもせいぜい1 m³当たり数個体(未発表)の低密度で分布する仔魚ではこのようなことは不可能に近い。したがって、天然海域で仔

←Fig. 5. Cumulative densities of copepods in relation to their width and diameter.

Upper: mean of six nauplius maximum layers in six stations.

Lower: mean of fifty layers in six stations except nauplius maximum layers.

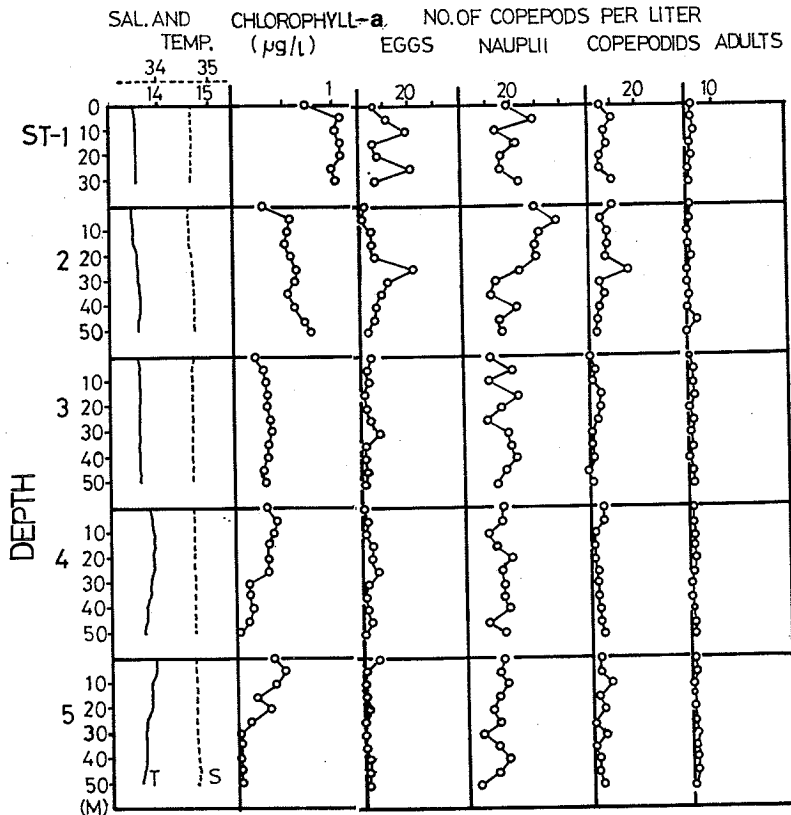


Fig. 6. Vertical distributions of water temperature, salinity, chlorophyll-a concentration, and the densities of different life stage of copepods in February 1981.

魚と餌との微細分布の実態を把握しようとするれば、ある程度大きなスケールで現象を追跡せざるを得ず、また絶えず両者の間の著しい分布密度の違いが調査方法、データの解析をむずかしくする。この報告では特に垂直方向の微細分布の実態解明に重点を置き、クロロフィル-*a*、ノープリウス幼生等は 5 m 間隔、卵仔魚は 10 m 間隔の空間スケールで調査を実施した。しかし前者がいわば点として把握されたのに対し、後者は半径 28 cm (MTD ネットの半径)、水平距離約 1,400 m の円柱内の総個体数としてしか把握されず、厳密な意味で両者の分布の対応関係を議論することは出来ない。しかし、後述するように両者の対応関係には、水塊の二層構造との関連で極大層の一致など一定の規則性が見出されたことから、この報告で扱ったデータと解析から得られた結果は、ある程度現象を正しく反映しているものと考えられる。

カタクチワシ本州太平洋系群の主要な再生産の場である遠州灘西部における 1980 年 6 月成層期の調査によれば、水深 0~10 m の表層域や 35 m の中層域で顕著なクロロフィル-*a* 量、橈脚類ノープリウス幼生数の極大層が見出された。極大層におけるクロロフィル-*a* の濃度は 3.1~4.6 $\mu\text{g}/\text{l}$ で、この値は黒田他 (1976) が遠州灘沖合の極大層で観測した通常の値 0.6~1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ よりもかなり大きく、1 点での観測値 3.71 $\mu\text{g}/\text{l}$ に匹敵する。また、この値は SAJO 他 (1969) が大陸棚上を含む黒潮流域沿岸の極大層で観測した値 0.4~1.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ と比較してもかなり大きい。これは、今回の観測で見出されたクロロフィル-*a* 量の極大層の形成に、高い生産力をもつ湾内系水が関与していたためと考えられる。事実、クロロフィル-*a* 量の極大層の形成がみとめられた St. 1~3, 5 の表層域は塩分値 34‰ 以下の低塩な水塊に覆われていた。このような水塊の二層構造は、降水量の増加に伴って毎年春から秋の高温期に見られ、しかも低塩な湾内系水中では春から秋の高温期には動植物プランクトンが活発に繁殖し、現存量は外海沿岸水中に比べ著しく高い。したがって、このような海洋構造の下では、表層付近においてクロロフィル-*a* 量の極大層が水平的に相当な広がりをもって層状に形成される可能性が強い。一方 St. 6 の水深 35 m に見られたクロロフィル-*a* 量の極大層は、湾内水でなく塩分値 34.8‰ の黒潮系水に対応しているものと考えられる。その成因は不明であるが、クロロフィル-*a* の濃度 4.6 $\mu\text{g}/\text{l}$ は調査域で最大を示している。このクロロフィル-*a* 極大層中の植物プランクトンは珪藻類では *Thalassiosira* 属、鞭毛藻類では 12 μm 以下の微小な個体が 8,800~39,200 個体/l と卓越し、カタ

クチワシ仔魚の生残にとって有効な 30~50 μm の個体 (LASKER, 1975) は 2,600 個体ときわめて少ない。ただし、標本がホルマリン固定のため無数の鞭毛藻類は出現したとしても多くが見失われている可能性が高い。

これらクロロフィル-*a* 量の極大層とはほぼ対応してノープリウス幼生を始めとした橈脚類各発育段階の極大層が形成され、仔魚にとって摂餌可能な橈脚類分布密度は極大層を除く他の層の平均密度の数倍の 160 個体/l 以上の値が観測された。この 100 個体/l 以上の密度がカタクチワシ仔魚の生残りにとって十分か否かの論議は別として、カタクチワシの主要な再生産の場でこのようなクロロフィル-*a* 量の極大層と対応してノープリウス幼生を始めとした橈脚類の極大層が形成され、しかもこれにカタクチワシを始めその他魚類卵仔魚の濃密分布 (極大層) が対応するという事実は、仔魚の生残機構を考える上で注目すべき現象と言える。例えば、高い密度の植物プランクトンの存在が食物連鎖関係を通してノープリウス幼生などの動物プランクトンの繁殖や集合を促し、仔魚の餌環境を好適なものとするであろう。とくに植物プランクトンを十分摂餌した動物プランクトンで仔魚を飼育すると、成長や生残が向上するという実験結果は (MOFFATT, 1981)、クロロフィル-*a* 量やノープリウス幼生数の極大層と仔魚の遭遇が生残にとってきわめて重要なことを示唆している。北米産カタクチワシでは前期仔魚の段階ですでに垂直移動を行なう可能性があり (WEIHS, 1980)、さらにまだ眼が十分機能していない状態で、*Gymnodinium splendens* のパッチに集合する (HUNTER and THOMAS, 1974)。また、後期仔魚になると明らかに日周期的垂直移動を行なう (HUNTER and SANCHEZ, 1976)。これらのことは、仔魚が垂直移動の過程で餌料生物のパッチに遭遇するとその中に留まることを意味し、仔魚と餌料生物のパッチの遭遇が仔魚の垂直移動を契機として効果的にまた必然性をもって実現されることを示唆している (田中, 1983)。

クロロフィル-*a* 量、ノープリウス幼生数の極大層とカタクチワシ仔魚の分布の対応は、個体レベルの生残ばかりか、極大層の形成が毎年春から秋に特徴的に見られる一定の海洋構造と対応し、かつ数マイルから数十マイルの水平スケールをもつことから個体群レベルにおける生残の問題とも深く関係してこよう。このことは湾内系水の外海への広がり、換言すれば春から秋における水塊の二層構造の発達程度がカタクチワシの再生産の良否に重大な影響を及ぼす可能性を示唆している。湾内系水の発達に関わる要因には、降水量の多寡、水温躍層の発

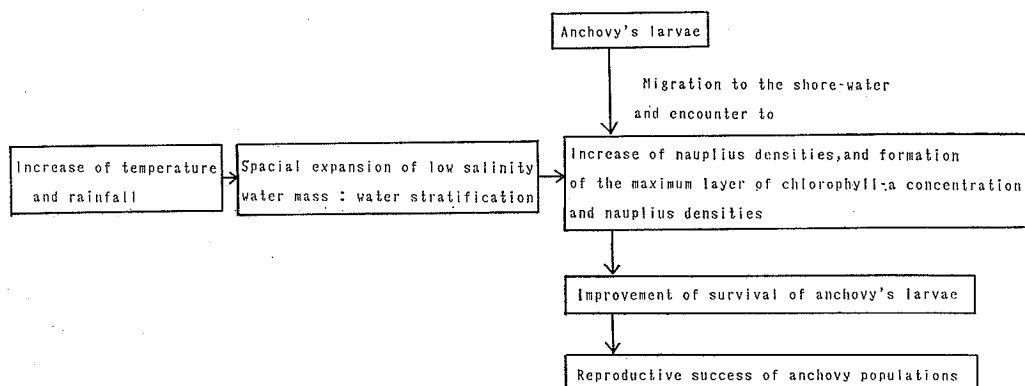


Fig. 7. Hypothetical diagram concerning the survival of anchovy's larvae in relation to formation of maximum layers of copepod nauplius densities in the coastal region.

達、黒潮系水の接近、気象条件に関係した海の安定性等いくつかあるが、このうち黒潮系水とカタクチイワシの再生産との関係については前報(船越他, 1983)で検討した。上記要因の中で湾内系水の発達に最も直接的に影響を及ぼすのは降水量である。降水量が多ければ当然河川流量も多くなるが、この河川流量と湾内系水の拡張面積の間には $r=0.78$ の高い正の相関がある(船越他, 1979)。一方、1~3月の累積降水量と年間の70~80%を占める4~6月の遠州灘西部のカタクチシラス漁獲量の間には $r=0.66$ の正の相関がみとめられる(愛知水試, 1960)。同様な結果は、遠州灘東部から駿河湾西部においても見られ、1~3月の平均降水量と4~6月のカタクチシラス漁獲量の間には $r=0.82$ の正の相関がみとめられている(上原, 1962)。

これらのことは、湾内系水の発達が垂直方向の極大層の発達を通して仔魚の餌料環境を好転させ、その生残率を高める(Fig. 7)、という先の推定にある程度の根拠を与えている。また、沿岸域ほど仔魚の全長は大きく、また後期仔魚の出現割合が高い現象(Fig. 3)は、湾内系水の影響がより強くまた長期間にわたって及んでいる沿岸域ほど、餌料条件は良好となり、より沿岸でふ化した仔魚ほど生残率が高まる可能性を示唆し、前述の推定を支持している。

5. 要 約

本邦最大のシラス漁場の1つである遠州灘西部海域で、イワシ類の主要な初期餌料である橈脚類ノープリウス幼生の垂直微細分布とクロロフィル-*a*、カタクチイワシ卵仔魚の分布の関係を調べ、以下の結果を得た。

- (1) 夏季の成層期、湾内系水の拡張期には、沿岸域の水塊構造は二層構造を示し、表層の湾内系水に対応して垂直方向にはクロロフィル-*a*量、橈脚類ノープリウス幼生数の極大層が形成される。この極大層付近ではカタクチイワシ卵仔魚の高い密度での分布が見られた。一方、冬季の対流期、湾内系水の縮少期にはこうした極大層は形成されない。
- (2) 橈脚類ノープリウス幼生数の極大層におけるカタクチイワシ仔魚の摂餌可能な餌密度は、極大層を除く他の層の平均密度の数倍に達した。このことは極大層の存在が仔魚の生残にとって重要なことを示唆した。
- (3) 湾内系水の拡張面積と関連の深い降水量(1~3月)とカタクチシラス漁獲量(4~6月)の間には正の相関がみとめられることから、湾内系水の拡大は沿岸域におけるノープリウス幼生数の極大層の広がりや発達を促し、仔魚の生残率を高めると推定された。

謝辞: 本報告をまとめるにあたり、有益な批判と助言をいただき、また英文作成にも御援助いただいた三重大学水産学部の関口秀夫博士に心からお礼を申し上げる。東海区水産研究所伊東祐方博士、近藤恵一博士、木立孝室長にはこの研究の機会を提供して下さったことに対し感謝する。また、当水試尾張分場柳橋茂昭氏には植物プランクトンの同定に関し多大の御協力をいただいた。また、長年困難な海上調査に従事された調査船海幸丸の筒井久吉船長はじめ乗組員の方々に謝意を表す。

文 献

- ANRAKU, M. (1975) Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar. Biol.*, **30**, 79-87.
- 愛知県水産試験場 (1960) しらす漁獲量と降雨量. 愛知県水産試験場業務報告, 18-22.
- 船越茂雄・村中文夫・池田 正 (1983) カタクチイワシの初期餌料環境と生残り—I 駿河湾から熊野灘海域における橈脚類ノープリウス幼生の分布. 水産海洋研究会報, **44**, 76-86.
- 船越茂雄・柳橋茂昭・岩瀬重元 (1979) 三河湾ならびに渥美外海の平均的漁況. 水産海洋研究会報, **34**, 115-127.
- 船越茂雄・柳橋茂昭 (1983) 遠州灘沿岸の渥美外海域におけるマイワシ産卵場および産卵期の環境特性. 水産海洋研究会報, **44**, 29-43.
- HUNTER, J.R. (1972) Swimming and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, U.S., **70**, 821-838.
- HUNTER, J.R. and G.L. THOMAS (1974) Effect of prey distribution and density on the searching and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax* GIRARD. In, *The Early Life History of Fish*, ed. J.H.S. BLAXTER, Springer-Verlag, 559-574.
- HUNTER, J.R. and C. SANCHEZ (1976) Diel changes in swimbladder inflation of the larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.* U.S., **74**, 847-855.
- HUNTER, J.R. (1977) Behavior and survival of northern anchovy *Engraulis mordax* larvae. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest.*, Rep., **19**, 138-146.
- HUNTER, J.R. (1981) Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In, *Marine Fish Larvae*, ed. R. LASKER, University of Washington Press, 60-77.
- KIEFER, P.A. and R. LASKER (1975) Two blooms of *Gymnodinium splendens*, an unarmored dinoflagellate. *Fish. Bull.*, **73**, 675-678.
- 黒田一紀・馬場信夫・高橋晴久 (1976) 遠州灘海域におけるクロロフィル色素の鉛直分布. *海と空*, **52**, 35-39.
- LASKER, R. (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bull.*, **73**, 453-462.
- LASKER, R. (1978) The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: identification of factors contributing to recruitment failure. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **173**, 212-230.
- LASKER, R. (1981) The role of a stable ocean in larval survival and subsequent recruitment. In, *Marine Fish Larvae*, ed. R. LASKER, University of Washington Press, 80-87.
- 丸茂隆三他 (1966) 珪藻類その他. *日本プランクトン図鑑*-1, 蒼鷹社, 67 pp.
- 丸茂隆三・村野正昭 (1973) 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移. *海*, **11**(2), 10-22.
- 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. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 475-480.
- MACKAS, D.L. and C. BOYD (1979) Spectral analysis of zooplankton spatial heterogeneity. *Science*, **204**, 62-64.
- 農林水産技術会議 (1961) イワシ類後期仔魚の食餌と加入量の関係. 水産資源に関する共同研究推進会議報告書, 102-121.
- O'CONNELL, C.P. (1981) Estimation by histological methods of the percent of starving larvae of the northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the sea. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, **178**, 357-360.
- 西條八束・増田 親・湯浅泰昌 (1974) 三河湾表層水の水温, PH, 溶存酸素ならびにクロロフィル量の航走連続測定. 名古屋大学水圏科学研究所業績報告, 28-34.
- 関口秀夫 (1983) 生物生産機構における生物と環境との関係—イワシ類仔魚の生残りをめぐって. 水産海洋研究会報, **42**, 49-50.
- STAR, J.L. and M.M. MULLIN (1981) Zooplankton assemblages in three areas of the north Pacific as revealed by continuous horizontal transects. *Deep-Sea Res.*, **28**, 1303-1322.
- 田中 克 (1983) 海産仔魚の摂餌と生残り—VI クロロフィル極大層の仔魚の生残りに果たす役割. *海洋と生物*, **5**(2), 142-149.
- 上原 進 (1962) 遠州灘を中心とした漁況と海況—I カツオおよびシラス漁況と海況との関係について. 東海区水産研究所報告, **34**, 55-66.
- WEIHS, D. (1980) Respiration and depth control as possible responses for swimming of northern anchovy, *Engraulis mordax*, yolk sac larvae. *Fish. Bull.*, **78**, 109-117.
- SAIJO, Y., S. IZUKA and O. ASAOKA (1969) Chlorophyll maxima in Kuroshio and adjacent area. *Marine Biology*, **4**, 190-196.