

## 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\*

船越 茂雄\*\*・柳橋 茂昭\*\*\*

### Environmental Characteristics during the Spawning Period and in the Spawning Area of the Japanese Sardine, *Sardinops melanosticta* (T. and S.) in the Coastal Waters off Enshu-nada, the Pacific Coast of Central Honshu

Shigeo FUNAKOSHI\*\* and Shigeaki YANAGIBASHI\*\*\*

#### Abstract

This paper deals with the environmental characteristics of spawning season and ground of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (T. & S.), and considers the conditions prevailing in winter to spring of the following year when "Shirasu" (early juveniles of the sardine) have abundantly appeared. The results were following:

- (1) Meandering patterns of the Kuroshio Current were types A and As during the periods from 1976 to 1980 surveyed.
- (2) Sardine's spawning occurred from February to April (mainly in March) and then sardine's larvae (Shirasu) were commercially fished in April to May in annual catch of 500-1700 tons in this area by boat sein. This means that sardine's early life would begin in the cold season, mainly in the period with the lowest temperature in every year.
- (3) The sardine's eggs and larvae collected by plankton net in the shelf waters 15 miles off the land were more than 90% and 77% of total collections. The main spawning area was characterized with 15.1-17.6°C and 34.5-34.8‰ that was formed by mixing of the coastal waters with the Kuroshio waters.
- (4) The fact that the sardine's early life begins in the period with the lowest temperature in every year would have certain adaptive values for the sardine. Firstly because the larvae would be possible to survive in a poor condition of their foods by using lower energy for metabolism and then storing relatively higher available energy. Secondly because soon after the larvae appeared in the coastal waters, herbivorous zooplanktons (e. g. *Calanus sinicus*) become abundant in relation to vernal blooming of diatoms, while potential predators (carnivorous zooplanktons) and competitors (larvae of other fishes) are still lower in biomass.

#### 1. 緒 言

マイワシなど多獲性浮魚類の初期減耗については、これまでプランクトンネットの採集結果から推定した生残

曲線 (NAKAI, 1962; NAKAI and HATTORI, 1962; 渡部, 1981) や年令別漁獲尾数から推定した生残曲線 (WATANABE, 1977) によって明らかにされている。この初期減耗要因について HJOLT (1914, 1926) は仔魚が摂餌しうる餌生物の量と質の重要性を指摘した。その後の実験研究 (ニシン: ROSENTHAL and HEMPEL, 1970, カタクチイワシ: O'CONNELL and RAYMOND, 1970; LASKER *et al.*, 1970 など) の結果は HJOLT の

\* 1983年7月25日受理

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

\*\*\* 愛知県栽培漁業センター Aichi Prefectural Fisheries Farm, Atsumi, Aichi 441-36, Japan

この仮説を裏付けている。このような仔魚と餌生物の遭遇をめぐる生残りの問題は、一面では種の産卵場とその時期における生物的・非生物的環境と深く関連していると考えられ、資源の変動機構を究明する際の1つの糸口となりうる可能性を含んでいる。

本報では以上の視点から、従来とかく別々の研究課題として扱われてきた卵仔魚とプランクトンという2つの対象を出来る限り関連づけて扱うことを試みた。そして、マイワシの産卵期と産卵場におけるプランクトン環境を整理する中で、マイワシが短期間に莫大な個体群の再生産を行ないうる生物学的特性が明らかになってきた。

## 2. 試料と方法

マイワシ卵仔魚およびプランクトンは1976~'80年に遠州灘沿岸の渥美外海域において毎月実施した愛知県水産試験場による沿岸定線観測(18観測点)の際、丸特Bネット(口径45 cm, 網目 330 $\mu$ m)を用いて水深150 m (150 m以浅の場合には海底付近)から垂直曳きで採集した(Fig. 1)。そのうち、マイワシ卵仔魚試料は1976年から1980年までの5年間のものを使用したが、プランクトン試料は1978~'80年に採集されたものを使用した。なお各採集点において水温、塩分、透明度、水色の測定も行なった。また、この定期観測とは別に、マイワシ卵仔魚とプ

ランクトンの分布特性および海洋構造の対応関係を明らかにするために、1979年2, 3月に渥美外海の大陸棚上において1~3マイル間隔でMTD各層採集ネット(口径56 cm, 網目330 $\mu$ m)と丸特Bネットを用いて調査した。2月の調査では大陸棚東西に2本の平行な観測定

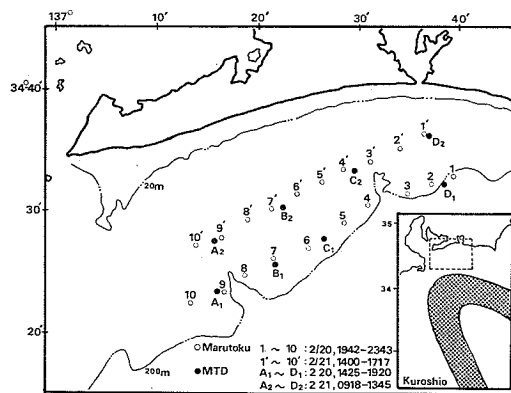


Fig. 2. Area surveyed for sardine's spawning on February 20-21, 1979. Open circles indicate sampling stations of sardine eggs and larvae with Marutoku net and closed circles indicate with MTD net.

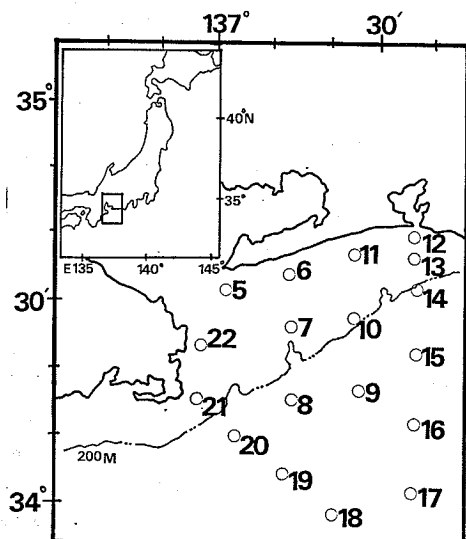


Fig. 1. Studying area and sampling stations monthly covered by Aichi Prefectural Fisheries Experimental Station.

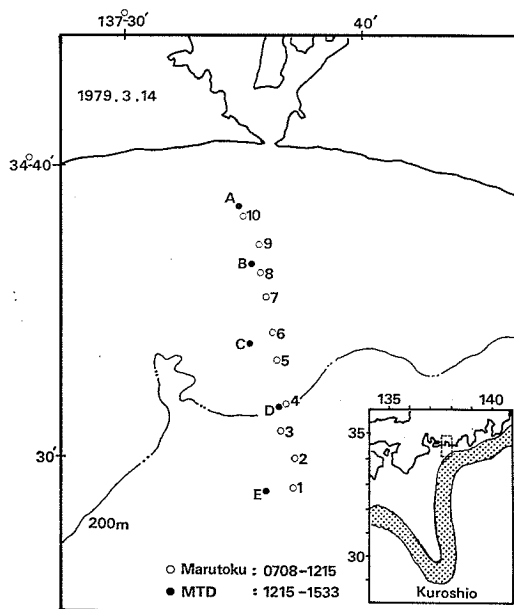


Fig. 3. Area surveyed for sardine's spawning on March 14, 1979. Open circles indicate sampling stations of sardine eggs and larvae with Marutoku net and closed circles indicate with MTD net.

線を設けた (Fig. 2)。また、3月の調査では浜名湖沿岸において大陸棚を南北に縦断する定線を設けた (Fig. 3)。MTD ネットの曳網層は 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100m の 8 層を基本として、船速 2 ノットで 30 分間水平曳を実施した。また、丸特 B ネットは水深 50m からの垂直曳きを行なった。珪藻類の量はプランクトンの全沈殿量に占める割合から算出し、1978~'80年の期間でマイワシ卵の採集があった月の計 102 標本 (1978年 4月 18本, '79年 2月 18本, 3月 18本, 4月 18本, '80年 2月 12本, 3月 18本) について、珪藻類が全沈殿量の 30% 以上の地点を珪藻類濃密分布域と定義し、珪藻類優占種の組成を調べた。動物プランクトンは出現量の多かった *Centropages abdominalis*, *Acartia clausi*, *Noctiluca miliaris*, *Paracalanus parvus*, *Calanus sinicus* の橈脚類 5 種と Sagittoidea, 外洋性プランクトンの 2 つの分類群について種類別あるいは分類群別個体数を計数した。

### 3. 結 果

#### (1) 産卵期の生物および非生物的环境特性

渥美外海におけるマイワシ卵は 1~5 月に出現し、卵

分布量の 98.5% は 2~4 月に分布する。一方、仔魚 (船曳網で漁獲された後期仔魚) は 1~6 月に採集され、その 98% は 3~5 月に出現する。従って仔魚出現期は卵のそれより約 1 カ月遅い (Fig. 4-A)。産卵期における大陸棚上の平均表層水温は 14.8 (2月)~15.4°C (4月) で、年間の最低水温期から早春の水温上昇期に対応している (Fig. 4-B)。

大陸棚上の動物プランクトン現存量は、温帯域の特徴である春 (4月) と秋 (11月) にピークをもつ 2 峰型を示し、春のピークは 4 月に急激に形成される (Fig. 4-C)。マイワシ仔魚の育成期 (3~5月) における動物プランクトン群集構造を見ると、橈脚類は *Calanus sinicus*, *Euchirella rostrata* などが増加し、高水温時に出現する *Clausocalanus*, *Ctenocalanus*, *Oithona*, *Oncaea*, *Corycaeus* は未だ少なく、*Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* などが優占する。すなわち、この時期の橈脚類群集は、目立った優占種のいない多種組成から *C. sinicus* などの 2, 3 の優占種へと組成が変化する (Fig. 4-F, G, I, K)。

一方、この時期にはある種のオキアミが繁殖し、大陸

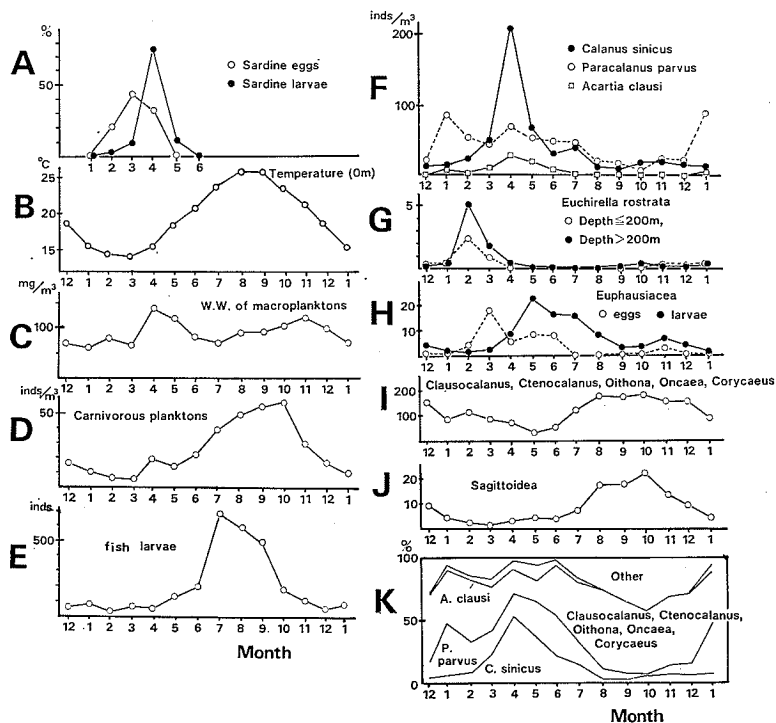


Fig. 4. Abundance of sardine eggs and larvae in relation to several environmental conditions in the shelf waters during the spawning period in 1978 to 1980 off Enshu-nada.

棚縁辺では多量の卵が分布し、さらに珪藻類濃密分布域ではメタノープリウスやカリプトピス幼生が多量に採集される (Fig. 4-H)。

ところで、マイワシ卵仔魚の強力な捕食者となりうる肉食性動物プランクトン現存量が1~5月に最低となることは特に注目される (Fig. 4-D, J)。ここで取り上げた肉食性動物プランクトンはHydromedusae, Siphonophora, Amphipoda, Sagittoidea, Decapoda larva (Crustacea), 浮遊性腹足類で、これらによる卵仔魚の捕食については多くの報告がある (FRASER, 1969; LEBOUR, 1923; 浜田, 1965; LILLELUND and LASKER, 1971)。

また、マイワシ仔魚の出現期は年間を通じ他種の仔魚出現量の最も少ない時期であり、餌料面での競合が避けられる (Fig. 4-E)。村中(1977)は駿河湾周辺域における仔魚出現量の月別変化を多様性指数で示し、同様な結果を得ている。

(2) 卵仔魚の水平・垂直分布と非生物的環境

渥美外海においてマイワシ産卵場が目立って形成され

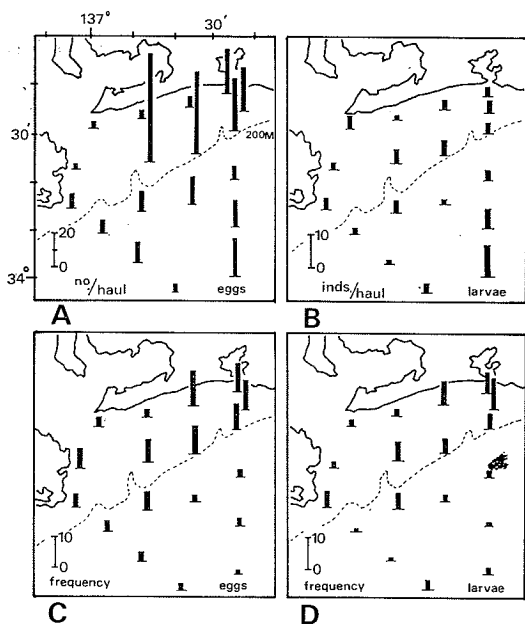


Fig. 5. Abundance of sardine eggs and larvae collected by Marutoku net in 1976 to 1980.

- A: average numbers of eggs per haul
- B: average numbers of larvae per haul
- C: frequency of egg occurrence in the samples collected during 5 years
- D: frequency of larva occurrence in the samples collected during 5 years

始めたのは1976年2月からで、1975年から出現した黒潮の大蛇行期に対応している。沿岸定線観測結果によれば当海域におけるマイワシ卵は志摩半島から浜名湖沿岸に東西に延びる水深 200m 以浅の大陸棚上の東半分の海域に多く分布し、特に浜名湖沿岸では卵の出現頻度も高く、主要な産卵場が形成されている。つまり1976年から1980年までの調査によれば全採集回数90回のうち浜名湖沿岸の St-10~14 では52%に当たる47回の採集があった (Fig. 5)。一方、仔魚は卵に比べ距岸 40 海里以上の沖合域でも分布しているが、採集頻度では卵同様浜名湖沿岸を中心とした大陸棚上で高く、産卵場周辺は仔魚の主要な分布域となっている。つまり1976年から1980年ま

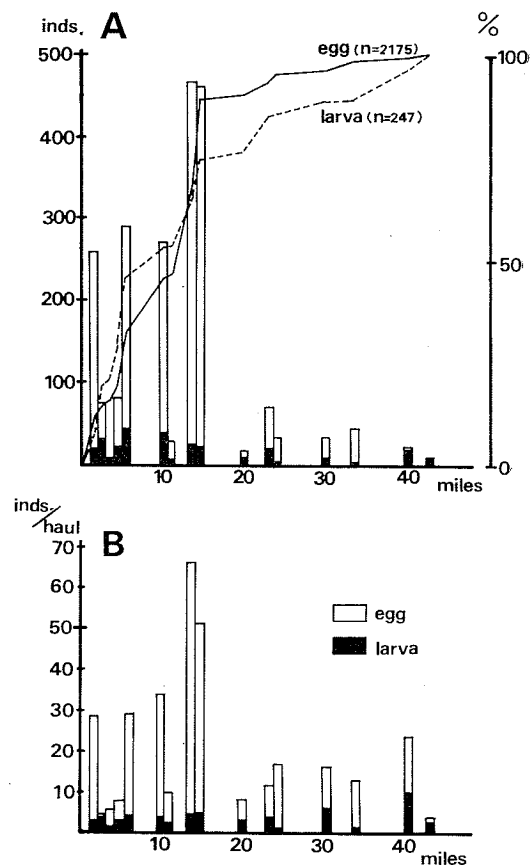


Fig. 6. Abundance of sardine eggs and larvae collected with Marutoku net in relation to the distance off the land in 1976 to 1980.

- A: total (inds.) and cumulative numbers (%)
- B: average numbers per haul

での調査によれば浜名湖沿岸では仔魚全採集回数68回の50%に当たる34回の採集があった (Fig. 5)。次に、浜名湖沿岸における卵仔魚分布量を距岸別にみると、卵は距岸15マイル内の大陸棚上で採集時の個体数は多く、また出現頻度も高いために、距岸15海里内の大陸棚上の総採集数は全体の90%に達している。一方、仔魚については採集時の個体数の大きさには卵において見られたような海域差は見られないが、出現頻度は卵同様大陸棚上で高く、その結果仔魚採集総数の77%が距岸15マイル内の大陸棚上に集中している (Fig. 6)。

ところで、近年のマイワシ太平洋系群の産卵場は伊豆諸島から房総近海に形成され、卵仔魚は黒潮内側域広く距岸50~60海里沖合まで分布し、特に黒潮強流帯付近に卵濃密域が見られる。一方、熊野灘から遠州灘における産卵場は主に大陸棚上に限られ、黒潮強流帯付近まで広く形成されることはない (渡部, 1981)。したがって、近年のマイワシ太平洋系群の産卵場には大別して沖合と沿岸の2型があると考えられる。一方、沿岸海域における卵濃密出現域は水温 15.1~17.6°C (10m)、塩分 34.5~34.8‰ (10m)、水色 4~5、透明度 17~21m の海域に対応する (Fig. 7)。この海域は沿岸系水の中では最も沖合黒潮系水に近く、黒潮系水の影響を受ける高温高塩分水塊に相当する (船越他, 1979)。当海域で水温 15.1°C 以上 (10m) の高水温条件を満たす環境は、黒潮流路が大蛇行し、A型ないしはAs型流路 (東海区長期漁況予報 No. 44, 1978) を呈する時作られやすい。黒潮流路がA型やAs型でない時の大陸棚上の表層水温は 12.8

(2月)~14.0°C (4月)でA型、As型時に比べ3~4°C低い (船越他, 1979)。

次に1979年2月 (大陸棚東西) と3月 (大陸棚南北) の調査結果から卵仔魚の微細分布と非生物的環境について見てみる。黒潮流路がAs型流路を示し当海域に近接した海況時にあった2月の卵分布を見ると (Fig. 8)、卵は沿岸側定線では全点で採集され (丸特Bネット, 17~382 no./haul)、一方沖合側定線では高松沖海底谷周辺と浜名湖沖でわずかに採集された。この2つの卵分布域は黒潮系水と沿岸系水との境界域に相当し、水温塩分の水

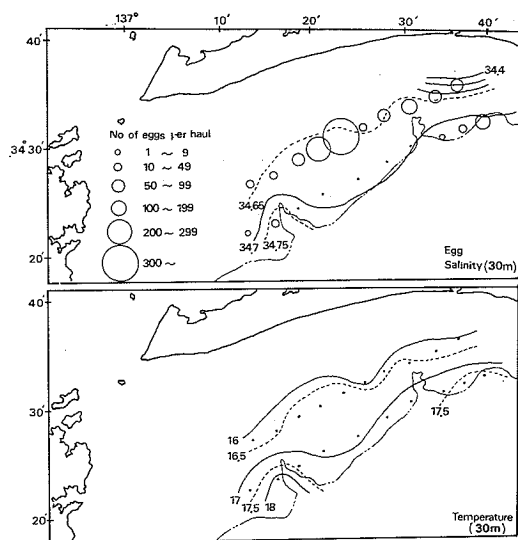


Fig. 8. Abundance of sardine eggs collected on February 20-21, 1979 in relation to hydrographic conditions.

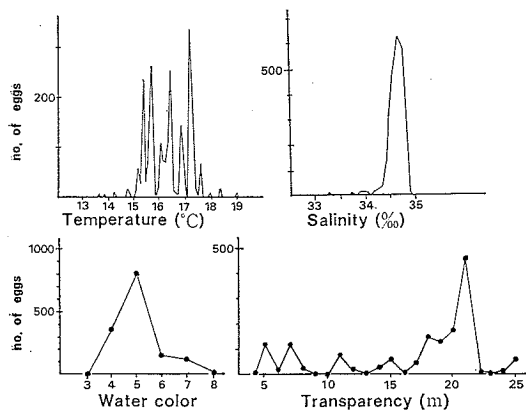


Fig. 7. Relationships between numbers of sardine eggs collected with Marutoku net, temperature, salinity (10m), water color and transparency in 1976 to 1980.

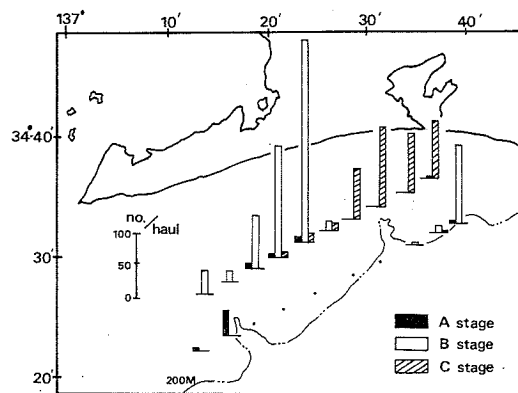


Fig. 9. Abundance of sardine eggs collected on February 20-21, 1979 in relation to their developmental stages.

平傾度が相対的に大きい海域である。一方、沿岸側定線の卵分布密度には著しい差が見られ、パッチ状分布の可能性が示唆される。これら卵分布域の環境は水温 16~

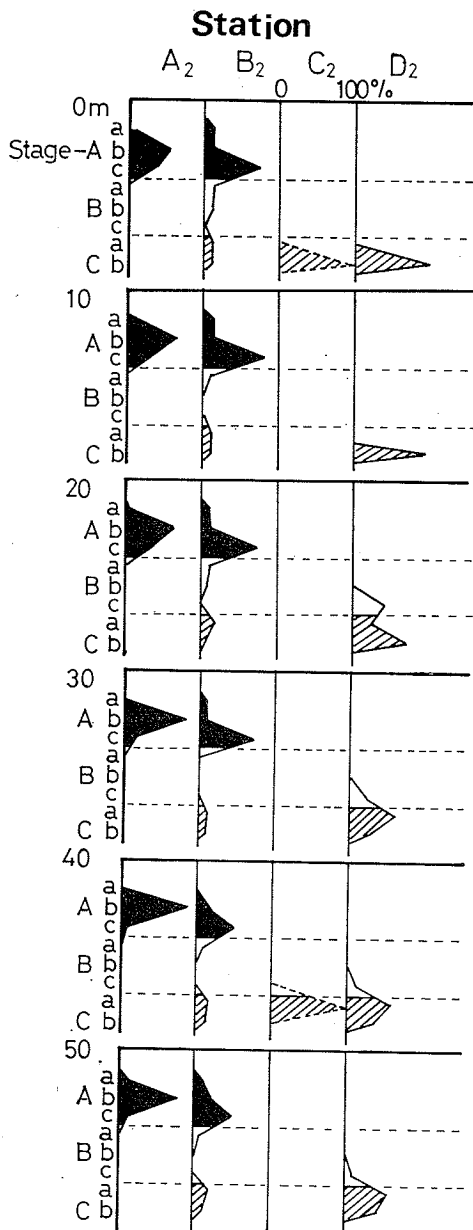


Fig. 10. Abundance of sardine eggs collected with MTD net at 12 (a.m.), on February 21, 1979 in relation to sampling station, depth and developmental stages.

A<sub>a</sub>~C<sub>b</sub>: developmental stages (after NAKAI, 1962)

17°C (30m), 塩分 34.65~34.75‰ (30m) を示し、等水温線、等塩分線の形は海底谷に沿った黒潮系水の進入にともなって波状型を呈している。一方、発育段階別の卵分布によれば (Fig. 9), 沿岸側定線には産卵時刻の異なる2つの卵群が存在し、2~3マイルの水平スケールでパッチを形成し、互いに混在していない。すなわち、St. 1~4 では C-stage 卵群, St. 6~10 では B-stage 卵群が主に分布し、西の海域ほど発育段階は若い。同様な分布傾向は MTD 各層採集ネットによる垂直分布にも示されている (Fig. 10)。なお、丸特ネットとの観測時刻の違いから西の海域では A-stage 卵群が中心となっている。ここで用いた卵の A~C の3段階の区分と Aa~c, Ba~c, Ca~b の8段階の区分は NAKAI (1962) の卵発生段階区分によった。さらに2月と同様当海域に黒潮が近接した3月における大陸棚南北に沿った卵分布を見ると (Fig. 11), 卵濃密分布域は St-A, St-B, St-C の南北8マイルの幅をもった沿岸側3点で見られ、その沖合側では急減している (卵は全域で A-stage 卵が卓越)。調査海域には水温 17~18°C, 塩分 34.75~34.79‰ の高温高かんな水塊が広く分布しているが、この水塊は黒潮系水の特徴を有し (中村・山中, 1980), 黒潮水の一部が調査海域に進入したことを示している。このため距岸3海里, 9海里付近に2つの沿岸前線が形成されている。前者は浜名湖系水と沿岸系水, 後者は沿岸

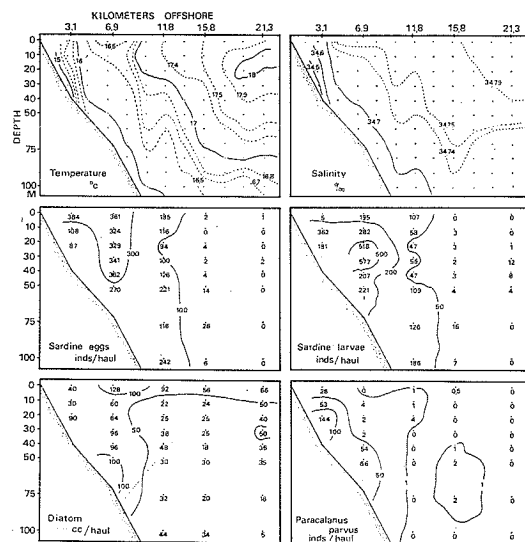


Fig. 11. Distribution of sardine eggs and larvae along several environmental conditions off the Lake Hamana on March 14, 1979.

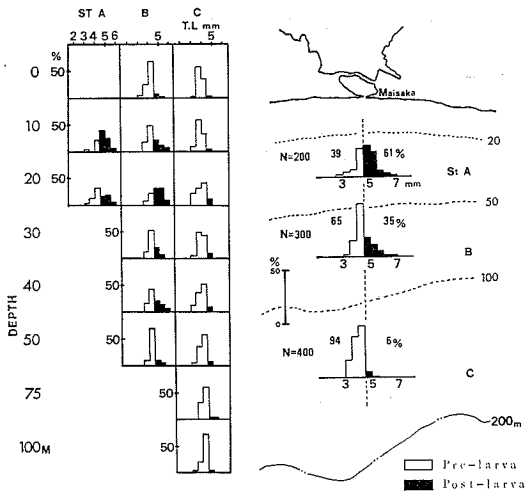


Fig. 12. Frequency distribution of body length of sardine larvae (based on horizontal collection by MTD net) in relation to locality and depth off the Lake Hamana on March 14, 1979.

系水と黒潮系水との潮境に相当し、前述した卵濃密分布域はこれら2つの前線に挟まれた水温 15.5~17.4°C、塩分 34.5~34.75‰、水色 4、透明度 16~18m を示す沿岸系水と黒潮系水の混合域に対応して形成されている。

次にマイワシ仔魚の发育段階別水平分布密度について見る (Fig. 12)。仔魚は St-A, B, C で多数採集されたが、測点別の各層合計採集仔魚について前期仔魚、後期仔魚の割合を見ると、前期仔魚の出現割合は St-A 39%、St-B 65%、St-C 94% と沖合ほど高くなり、逆に後期仔魚の出現割合は 6% から 61% へと沿岸域に近づくほど高まっている。同様な傾向は垂直方向の各層別にも認められる。

この調査ではマイワシ以外にマサバ、ウルメイワシ、カタクチイワシの卵も多数採集されたが、4魚種間には明確な分布域の相違が見られ、マイワシ卵仔魚は沿岸側、マサバ卵 (B~C-stage) は沖合側、ウルメイワシ (B~C-stage)・カタクチイワシ卵 (A-stage) はその中間水域に分布していた (Fig. 13)。また、垂直分布様式にも魚種間に相違が見られた。

### (3) 卵仔魚の水平・垂直分布と生物的環境

#### (珪藻類との関係)

1978年から1980年の2~4月における沿岸定線観測で得られた計 102 標本について珪藻類優占種の組成を調べマイワシ卵採集状況との関係を検討した (Table 1)。卵は計 33 点において 1,102 粒採集され、そのうち 28 点 (85

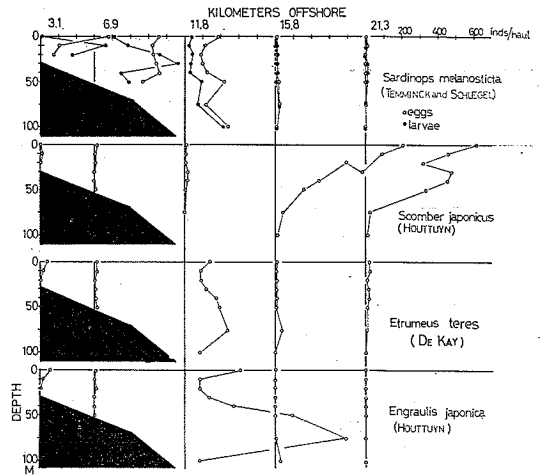


Fig. 13. Vertical distribution of the eggs and larvae of sardine, mackerel, round herring and anchovy (these collected with MTD net) off the Lake Hamana on March 14, 1979.

%)、卵数では 1,033 粒 (94%) が珪藻類濃密分布域で採集された。一方、珪藻類濃密分布域でないのに卵の採集のあった点は 5 点 (10%)、卵数では 69 粒 (6%) と割合は低かった。すなわち、珪藻類濃密分布域とマイワシ卵分布の間には極めて高い相関が見られた。マイワシ卵分布域における珪藻類優占種は外海域で大繁殖する *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros socialis* などであり、湾内に分布の中心がある *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia setigera* などは低密度であった。次に、卵と珪藻類優占種の分布の特徴を見ると (Fig. 14)、卵分布域はほとんどの場合、珪藻類濃密分布域内にある。この調査期間における珪藻類優占種は、1978年4月の *Thalassiosira subtilis*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Skeletonema costatum*, 1979年2月の *Th. subtilis*, 3月の *Th. subtilis*, *St. palmeriana*, 4月の *Th. subtilis*, 1980年2月の *Th. subtilis*, *Rhizosolenia setigera*, *Sk. costatum*, *Coscinodiscus* sp. 3月の *Th. subtilis*, *Chaetoceros socialis*, *Rh. setigera*, *Th. condensata* の計 7 種類であった。また、優占種には遷移があること、そして珪藻類濃密分布域では、時に *Th. subtilis* などの単一種が卓越することがあった。

次にマイワシ卵と珪藻類の分布の関係を1979年2月と3月のMTD各層採集ネットの標本について検討した。2月の調査で得られた計 54 標本の解析結果によると (Table 2)、1測点当たり卵採集量は標本数の少ない珪

Table 1. Relation of abundance of sardine eggs to the abundance and composition of diatoms collected with Marutoku net from 1978 to 1980.

Settling volume of diatom in the net sample		Station numbers surveyed	Station numbers of egg occurrence	Cumulative numbers of sardine eggs
A Settling volume of diatom $\geq 30\%$				
First dominant species	Second dominant species			
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	1	0	0
<i>Sk. costatum</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>	2	0	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	—	1	0	0
<i>Thalassiosira condensata</i>	<i>Chaetoceros</i> spp.	1	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	0	0
<i>St. palmeriana</i>	<i>Chaetoceros</i> spp.	1	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Thalassiosira subtilis</i>	2	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>	4	2	4
<i>St. palmeriana</i>	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1	1	6
<i>Chaetoceros socialis</i>	—	7	4	30
<i>Thalassiosira subtilis</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	1	45
<i>Th. subtilis</i>	<i>Chaetoceros socialis</i>	7	2	60
<i>Th. subtilis</i>	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	5	5	230
<i>Th. subtilis</i>	—	19	13	658
Total		53	28	1033
B Settling volume of diatom $< 30\%$				
Total		49	5	69
Total		102	33	1102

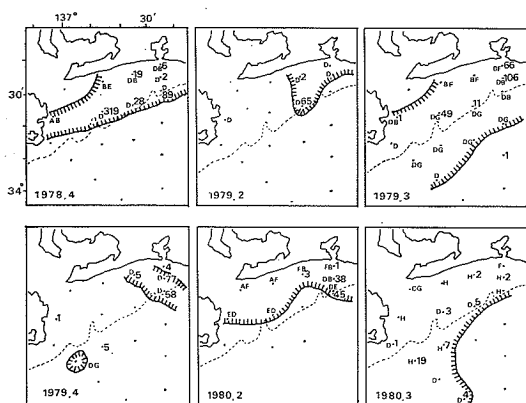


Fig. 14. Abundance of sardine eggs in relation to diatom biomass. Hatched Area: settling volume of diatom exceeding more than 30% of the total plankton biomass.

- A: *Skeletonema costatum*
- B: *Stephanopyxis palmeriana*
- C: *Thalassiosira condensata*
- D: *Thalassiosira subtilis*
- E: *Coscinodiscus* spp.
- F: *Rhizosolenia setigera*
- G: *Chaetoceros* spp.
- H: *Chaetoceros socialis*

Table 2. Relationships between the abundance of sardine eggs and diatoms collected with MTD net on February 20-21, 1979.

Settling volume of diatom in the net sample (%)	Sample numbers	(A)	(B)	(B)/(A)
80 <	7	7	84666	12095
60 ~ 80	4	4	16058	4015
40 ~ 60	1	0	0	0
20 ~ 40	9	6	8238	1373
>20	33	8	1747	218
Total	54	25	110709	

藻類 40~60% のランクを除き、珪藻類 (*Th. subtilis* 優占) の割合が高くなると増加する。同様に3月の調査で得られた計33標本の解析結果 (Table 3) も珪藻類の割合の増加とともに卵採集量が増加することを示している。また、卵濃密分布域は珪藻類現存量 50 cc/haul 以上の海域と一致している (Fig. 11)。

(動物プランクトンとの関係)

沿岸定線観測で得られた標本のうちマイワシ卵は卵出



Table 3. Relationships between the abundance of sardine eggs and diatoms collected with MTD net on March 14, 1979.

Abundance of diatom in the net sample (cc/haul)	Sample numbers	(A)	(B)	(B)/(A)
100<	2	2	630	315
80 ~ 100	4	4	975	244
60 ~ 80	3	3	654	218
40 ~ 60	6	4	514	129
20 ~ 40	16	13	1053	81
<20	2	0	0	0
Total	33	26	3826	

現率（観測測点数に対する卵出現測点数の割合）と卵分布密度（測点当たり採集卵数）で表現し、動物プランクトンの分布は組成比または分布密度（橈脚類では標本中の全橈脚類個体数に対する対象種の個体数割合、Sagittidaeではマクロプランクトン全個体数に対する割合、Noctilucaは分布密度で表現した）で表現し、両者の関係を検討した（Fig. 15）。ここで外洋性プランクトンと呼んだ分類群（山路, 1966）は、*Neocalanus gracilis*, *N. robustior*, *Eucalanus attenuatus*, *E. elongatus*, *E. crassus*, *Euchaeta marina*, *Scolecithrix danae* の橈脚類7種類と *Sagitta pacifica*, Hyperiidae (*Hyperia*を除く) のそれぞれの成体を指す。冬春季（2～4月）には *C. abdominalis*, *A. clausi*, *N. miliaris* は内湾系水、外洋性プランクトンは沖合系水（黒潮系水）、*P. parvus*, *C. sinicus* はその中間に位置する沿岸系水を指標する。ここで言う内湾系水、沿岸系水、沖合系水（黒潮系水）とは各々内湾から接沿岸域（水深30m以浅）、大陸棚上、大陸棚沖合の海域にほぼ対応する（船越他, 1979）。

マイワシ卵は *Centropages abdominalis* の組成比2%以下（この種は全域では0～10%を示す）の分布の外縁域に集中して分布し、組成比0.1～2%で最も多く出現する（57%）。沿岸性の強い *Acartia clausi* では、卵は組成比20%以下（この種は全域では8～77%を示す）の分布の外縁域に集中して分布し、組成比10～20%で最も出現する（75%）。*Noctiluca miliaris* では、卵は  $10^3$  cells/m<sup>3</sup> 以下の海域に出現し（この種は全域では  $1 \sim 10^5$  cells/m<sup>3</sup> を示す）、特に  $1 \sim 10^2$  cells/m<sup>3</sup> の分布域の外縁域に集中して分布し、 $1 \sim 10$  cells/m<sup>3</sup> で最も多く出現する（90%）。*Paracalanus parvus* では、卵は組成

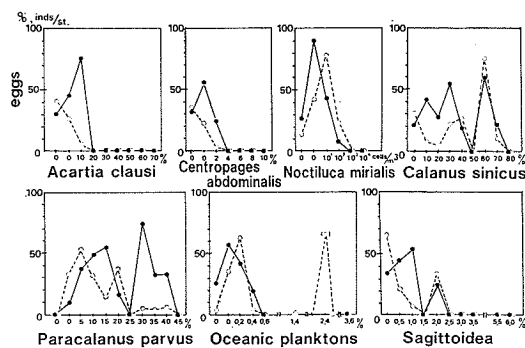


Fig. 15. Sardine egg numbers per station (○) and percentage of egg occurrence stations to total surveyed (●) related with composition of macroplanktons.

比0.1～45%の全域で出現するが、卵出現率、卵分布密度のピークは組成比0.1～20%の分布域で重なり、ここが卵分布の中心であることを示す。*Calanus sinicus* との関係は明瞭でないが、卵出現率、卵分布密度のピークは組成比60～70%で重なり、ここが卵分布の中心であることを示す。外洋性プランクトンとの関係では、卵は組成比0.4%以下（これらの種は全域では0～4%を示す）の分布の外縁域に集中している。Sagittidaeとの関係では、卵は組成比2.5%以下（これらの種は全域では0～7%を示す）の低密度域に集中分布する。

以上の結果から、マイワシ卵分布域におけるプランクトン分布特性は次のように要約される。卵は *C. abdominalis*, *A. clausi*, *N. miliaris* などの内湾性種や外洋性プランクトンなど沖合性種の卓越する海域には分布せず、それらがともに重複出現するような中間海域に集中して分布する。こうした海域では *C. sinicus* が優占し *P. parvus* 組成比が0.1～20%を示し、Sagittidaeの分布密度が周辺海域と比べて低い傾向にあり、前述したように *T. subtilis*, *C. socialis* などの珪藻類が濃密に分布する。

1979年3月の調査ではマイワシ卵濃密分布域は前述したように珪藻類現存量50cc/haul以上の海域と対応したが、動物プランクトンでは *P. parvus* 分布域（現存量1～144 inds./haul）によく対応している。一方、この調査ではマイワシ以外にマサバ、ウルメイワシ、カタクチワシも採集されたが、これら4魚種の生物環境特性の違いを検討した（Table 4）。マイワシ卵の濃密分布域は、他の海域に比べて珪藻類現存量が多く、橈脚類では *C. sinicus*, *P. parvus* の出現比率が高く、*Euchaeta* spp. の出現比率は低い。また、Sagittidaeでは *S.*

Table 4. Relationships between the egg abundance of the sardine, mackerel, round herring and anchovy, and the composition of plankton samples collected with MTD net on March 14, 1979.

A: settling volume                      B: percentage to total copepods  
C: percentage to total *Sagitta*      D: Percentage to total macroplankton

Plankton species studied its composition	Egg numbers per haul and sampling location				
	Sardine eggs $\geq 300$ A(0m), B(0, 10, 20, 30, 40)	Round herring and anchovy eggs $\geq 100$ C(0, 30, 40, 50, 75)	Mackerel eggs $\geq 200$ D(0, 10, 20, 30, 40) E(0, 10, 20, 30, 40, 50)	Mackerel eggs $\leq 50$ D(75, 100) E(75, 100)	
A Diatoms (cc)	81	48	39	16	
B <i>Calanus sinicus</i> (%)	63.2	35.1	39.5	10.8	
<i>Paracalanus parvus</i> (%)	3.5	1.3	0.5	0	
<i>Euchaeta marina</i> (%)	4.1	5.0	6.1	15.7	
<i>Acartia clausi</i> (%)	1.7	0	0	0	
C <i>Sagitta nageae</i> (%)	51.2	0	0	0	
<i>S. minima</i> (%)	25.3	31.8	36.3	10.2	
<i>S. enflata</i> (%)	6.3	18.2	23.9	37.4	
<i>S. pacifica</i> (%)	8.3	31.8	25.4	46.6	
D <i>Euphausia</i> larvae (%)	8.1	5.8	1.7	1.2	
<i>Sagitta</i> spp. (%)	0.7	3.0	6.4	4.0	
Hyperidea (%)	0	0.9	0.7	0.8	
<i>Noctiluca miliaris</i> (cells/haul)	600	0	0	0	

*nageae* が優占し、それ以外の種類の出現比率は低い。その他同海域では、オキアミ類幼生の出現比率が高いのに対して、クラゲノミ類 (Hyperidea) の出現比率は低く、沿岸側では *A. clausi*, *N. miliaris* が少量分布している。

一方、マサバ卵分布域はマイワシに比べて *C. sinicus*, *P. parvus* の出現比率は低いのに対して、*Euchaeta* spp. の出現比率は高い。また、Sagittoidea では *S. minima* が第1優占種で、次いで *S. enflata*, *S. pacifica* がかなり出現し、さらに *S. nageae* 以外の *Sagitta* 類、クラゲノミ類の比率も高くオキアミ類幼生は少ない。カタクチイワシ、ウルメイワシ卵分布域ではマイワシ、マサバの中間的なプランクトン相を示している。

このように各魚種の卵仔魚分布域ではプランクトン相から見た生物環境特性は相異しており、独自の生物環境と対応していると考えられる。

ところで、魚卵採集数の著しく多い海域のプランクトン現存量が周辺海域に比べ格段に少ないという経験的な現象がある。MTD ネットで採集されたマイワシ卵 (X: no./haul) と橈脚類個体数 (Y: inds./haul) の間にはべき関数的な関係 ( $Y=1755X^{-0.35}$ ) が認められ、卵の分布密度が高くなると橈脚類個体数は急減する (Fig. 16)。一方、橈脚類個体数の少ない標本中の珪藻類沈殿量の相

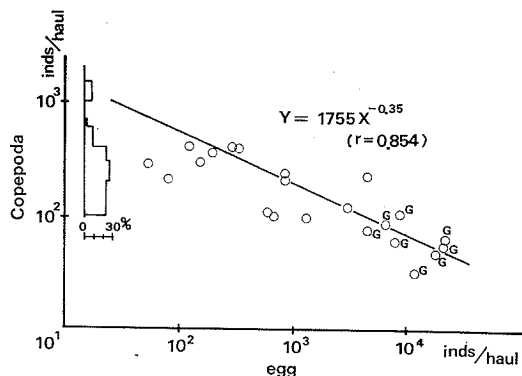


Fig. 16. Relation of sardine egg numbers to copepod abundance collected with MTD net on February 21, 1979.

G: settling volume of diatoms occupied more than 70% of the sample volume  
Histogram: frequency distribution of copepods in the negative stations of sardine eggs

対的比率は高く、珪藻類沈殿量が標本全体の 70% 以上の標本中では卵分布量も著しく多い。この標本中の橈脚類平均個体数 (64 inds./haul) は、卵採集のなかった計 26 標本中の同個体数 (368 inds./haul) の 17% と少ない。すなわち、マイワシ卵は珪藻類現存量が相対的に著しく

多く、逆に橈脚類現存量が相対的に著しく少ない水塊中により多く分布した。この原因の1つとして産卵親魚による捕食が考えられる。畔田他(1979)は、杵岐水道においてカタクチイワシ魚群による捕食圧が水塊中の動物プランクトン現存量を変化させるほど強く、捕食圧が無視出来ないことを明らかにした。産卵親魚による捕食の可能性は、この調査におけるマイワシ卵分布密度が著しく高かったことから推定される。すなわち、卵分布密度が最大を示した St. A<sub>2</sub> の 20m 層の値 45 no./m<sup>3</sup> は、日本産マイワシの太平洋系群の主産卵場である伊豆諸島付近で観測される最大付近の値 20 no./m<sup>3</sup> (東海区水研, 1979~'80 より計算) の 2.8 倍、カリフォルニア・サーズンで観測された最大付近の値 0.8 no./m<sup>3</sup> (MURPHY, 1961) の 56 倍となっていた。このようなマイワシ卵の高密度の分布は、黒潮の著しい接岸によって産卵場が大陸棚上の狭い海域に形成されたことに起因すると考えられる。すなわち、当海域においてこの 6 年にマイワシ卵が採集された計 17 か月の黒潮流路と卵分布量の関係によれば、丸特 B ネットによる平均卵分布量は A 型時 12.3 no./haul, As 型時 33.9 no./haul と沿岸域の面積がより狭くなる As 型時が A 型時の 2.8 倍の値である。

(4) マイワシ仔魚の消化管内容物

1979年3月にMTD各層採集ネットで得られたマイワシ仔魚のうち開口した計157尾について消化管内容物調査を実施した。そのうち46.5%が摂餌しており、内容物の98%は直径60~80μmの*P. parvus*と推定され

る橈脚類の卵であった。そして、橈脚類の nauplius 幼生を摂餌していた個体はわずかに 2% であった。橈脚類の卵は仔魚 1 個体当たり 1~10個摂餌されており、肛門付近に存在していたものも含めて大部分は未消化の状態であった。摂餌魚の多く採集された St. B の摂餌率を見ると (Fig. 17), 10~50m 各層の平均摂餌率は 50% と高く、水深 30m で 79% と最高摂餌率が観察された。消化管内から橈脚類の卵が多く観察された例として BJORKE (1978) などのニシンについての観察があり、卵が未消化の状態に残っていることや、卵のみでは生残りが低いことが指摘されている。

4. 考 察

マイワシは大規模で長期的な資源変動を行なう(伊東, 1961)。これはマイワシという種に固有の個体数調節機式と考えられるが現在のところこの個体数調節機構については未解明の問題が多い。しかし、その変動の主因が初期減耗をめぐる問題にあることは、従来の多くの研究によって指摘されている。この初期減耗過程においては産卵場をめぐる再生産の問題が特に重要と考えられ、生活史の中で最も生命力の弱い卵仔魚が生残っていくためには、おそらく産卵時とふ化時においてその種にとって最良の環境中に存在していることが必要と考えられる。

マイワシ産卵期は春の珪藻類の大増殖と引き続く動物プランクトンの大増殖期に対応し、この時期の動物プランクトン現存量は年間を最大を示し、また群集は年間でも最も単純化し、*C. sinicus* など少数が優占する。このことは現存量の増大とあいまって同一種によるパッチの形成頻度を高め、ふ化仔魚にとっての摂餌条件を有利にする可能性をもっている (Fig. 18)。また、この時期は卵仔魚の捕食者となりうる卵仔魚捕食性動物プランクトンおよびマイワシの競合種を含む魚類仔魚が年間を通じて最も少ない。河井・石橋 (1981) は数理モデルから卵仔魚捕食性プランクトンによる捕食が魚類の初期減耗の主要な原因になりうることを述べており、上記の事実は注目される現象である。このようにマイワシの産卵時期には仔魚の餌料条件の確保と捕食者、競合種との遭遇回避という生物環境の面で 2 つの適応現象が見られる。この適応によってマイワシは大きな個体群の再生産を短期間に集中出来るものと考えられる。

一方、マイワシの産卵が水温の年間最低期に対応して行なわれることも、この種の大きな個体群の再生産を可能とする一つの要因として考えられる。すなわち、一般に水温が低いと新陳代謝が抑制され、獲得したエネルギー

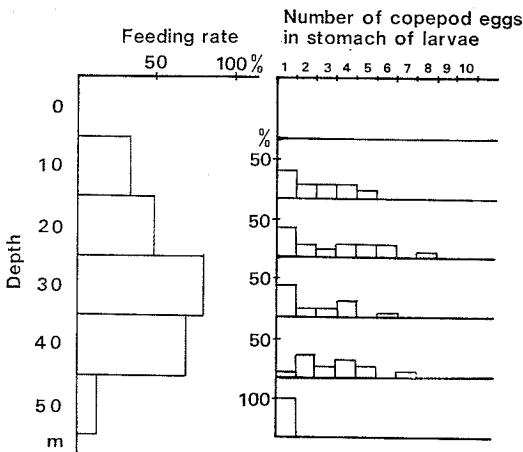


Fig. 17. Ratio of food (copepod eggs) contained sardine larvae and frequency distribution of copepod eggs contained in a stomach at each depth observed at the station B on March 14, 1979.

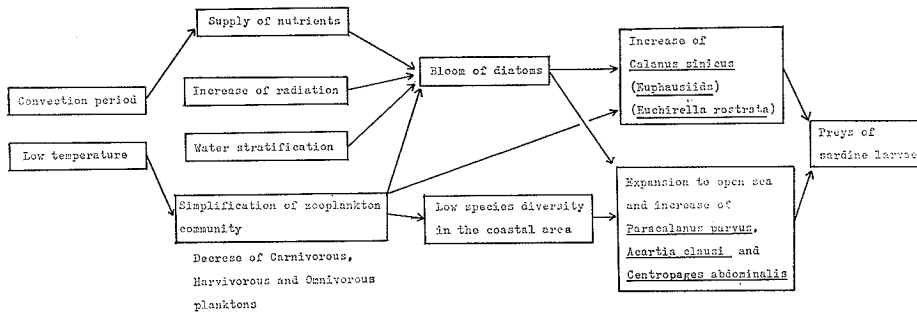


Fig. 18. Conceptual schematic of the plankton community in sardine's spawning period in Enshu-nada.

一は体成分の蓄積により多く回されるが、このことは春夏の高水温期に比べ相対的に少ない摂餌量で生残りを可能にすると考えられる。

マイワシの産卵場には生物環境から見て顕著な海域特性が見られる。1978～'80年の観察によれば、産卵場は周辺海域に比べて珪藻類現存量（優占種、*Th. subtilis*, *Ch. socialis* など）が著しく多かった。木立（1968）は1962～'63年の仙台湾から外房沖におけるマイワシの食性調査から、成魚は南下前期（10～12月）には動物プランクトンを主に摂餌するが、南下後期から産卵期にかけては珪藻類が圧倒的に多くなると述べている。マイワシには食物に対する選択性はないから、以上の結果はマイワシが珪藻類の大増殖時期に産卵すること、そして珪藻類の相対的に多く分布する海域で産卵することを間接的に示唆している。こうした卵と珪藻類の分布の一致という現象には珪藻類の餌としての重要性よりもむしろ次にくる動物性プランクトンの増殖にふ化仔魚がタイミングよく遭遇することにあると考えられる。1979年3月のマイワシ仔魚消化管内容物調査によれば、主として *P. parvus* と推定される橈脚類の卵が消化管内に見られたが、この事実を調査時の海水中には前述した高密度の珪藻類の出現とともに橈脚類の卵が高密度で分布していたことを示唆している。

ところで、仔魚の餌としての珪藻類の重要性については否定的見解が多い。例えば、LASKER（1975）は今回卵とその分布において優占種となった *Chaetoceros*, *Thalassiosira* 属のように spin や chain をもつ種類は仔魚の餌としては不適と述べている。また、田中（1981）は珪藻類の栄養価、仔魚の消化能力の面から珪藻類だけでは仔魚の十分な発育と成長は困難であると指摘している。ただ、仔魚の栄養要求を満たす餌料として珪藻類あるいは橈脚類の卵は不適、橈脚類の nauplius 幼生は好

適（マイワシ仔魚の主要な餌は Copepoda nauplius である、農林水産技術会議、1961）ということになると、個々の仔魚の生残りにはきわめて偶然的要素が作用することになる。例えば、橈脚類の卵は数時間から1～2日でふ化し nauplius 幼生となるが、PNR (point of no return) までの期間が1.5日前後であるイワシ類仔魚（LASKER, 1970）が生残るためには、このタイミングに合致してふ化する必要がある。このことはかなり偶然的要素を含んでいる。

ところでマイワシ産卵場の生物環境には珪藻類以外に動物プランクトン相においても特徴的な海域分布が見い出された。すなわち、産卵場は *C. abdominalis*, *N. miliaris*, *A. clausi* などの内湾性プランクトンや *Neocalanus*, *Eucalanus* を始めとした外湾性プランクトンの濃密分布域には形成されず、それらがともに重複出現するような中間海域に主として形成され、こうした海域は捕食者である *Sagitta* 現存量が少なく、相対的に *P. parvus*, *C. sinicus* 現存量が多かった。このような場の選択は主として産卵場としての好適水温帯（表層水温、15.1～17.6°C）の選択を通して行なわれるものと考えられる。この時期のマイワシ産卵群にとって、沿岸側の12～13°Cの低水温帯（この時期この内側は当海域においては北方冷水性魚類であるイカナゴの生活域となっており、マイワシとの競合が回避されている）は生理的に越えることの出来ない障壁となっている。一方沖合側への産卵場の広がりを規制する第1の要因は黒潮の存在そのものと考えられる。このようにして決定されたマイワシの産卵場は、生物環境として見れば、ふ化仔魚の餌料条件、卵仔魚捕食者現存量、競合種の現存量という3者のバランスがマイワシという種の再生産にとって有利な場であると考えられる。こうした産卵場の生物環境は魚種によって異なると考えられ、例としてマイワシとマサバとを比較

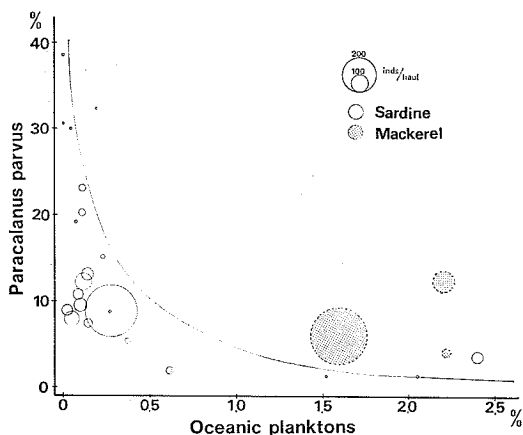


Fig. 19. Characteristics of macroplankton in the spawning areas of the sardine and mackerel from 1978 to 1980 (relationships between relative ratio of *P. parvus* and oceanic planktons).

した (Fig. 19)。両者のプランクトン相は明確に質を異にし、マサバはより沖合性の特徴を示す。さらに、こうした環境は黒潮流路の変動によって面積、地理的位置ともかなり変化するものと考えられる。このことをマイワシ産卵場について、1979年3月(接岸時:黒潮中心部の位置は御前崎南方35海里で黒潮流路はAs型)、1980年3月(離岸時:同御前崎南方210海里で黒潮流路はA型)を例にとり示した (Fig. 20)。ここでは、マイワシ産卵場が黒潮の離岸時においてより沖合に向かって拡大する様子が珪藻類濃密分布域の広さ、対応する動物プランクトン相の変化などとともに動的に示されている。

一方、産卵親魚が相対的に好適な生物環境中で産卵することは、この好適な生物環境が仔魚の索餌場として十分利用される可能性を示唆している。これが現実とすれば仔魚は一定期間卵の時代に産み出された水塊中に留まっていなければならない。このことは、(1)卵から前期仔魚、後期仔魚初期におけるこれらの遊泳力がきわめて弱いこと、(2)この時代の仔魚の運動が主に重力による沈降を補正すること、(3)これらは一般に水の理化学的変化に敏感なこと、(4)人工飼育においても普通止水の方が飼育し易く、頻繁な水換えは多くの場合致命的であること(以上、倉田, 1978)などの生物学的根拠から十分現実的なものと考えられる。また、沿岸域における卵仔魚の分散が予想外に小さいことは、1979年2月の調査において、産卵時刻に約24時間の差(中井, 1962)がある2つの卵群が、24時間経過後も中心部の距離がわずか

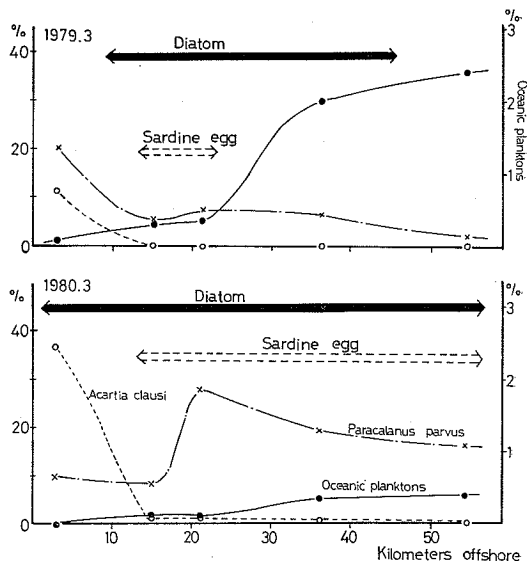


Fig. 20. Relationships between abundance of sardine eggs and diatoms (settling volume above 30%) and the percentage of some zooplanktons in the net sample. Upper: the Kuroshio located on 35 miles south of Omaezaki on March, 1979. Lower: the Kuroshio located on 210 miles south of Omaezaki on March, 1980.

2~3マイルしか離れておらず、しかも混在せずに孤立分離して分布していたことから推定される。こうした内容を支持する物理的根拠もいくつかある。例えば相模湾におけるレーダーブイ調査(蓮沼, 1979)、五島海域における漂流板追跡調査(小川, 1976)などは沿岸水の複雑な流動特性を明らかにし、卵仔魚の分散がけっしてスムーズでないことを示唆している。

マイワシの産卵期が水温年間最低期に一致し、また珪藻類の大増殖と引き続く *C. sinicus* を始めた動物プランクトンの大増殖と密接に関係していること、さらに卵仔魚捕食者との遭遇回避、競合種との競合回避が適応的に達成されていることなどは、とりもなおさずこれら生物的・非生物的環境条件の年変動と産卵期のタイミングが初期減耗過程を通して資源変動の主因となりうることを示唆している。さらに産卵場そのものの場所特性が珪藻類や動物プランクトンの分布と密接に関係し、しかもこうした海域が黒潮流路の変動ともない沿岸域に形成されたり沖合域に形成されたりすることは、マイワシ仔魚の栄養状態が沿岸に近い程良好なこと(農林水産技術会議, 1961; NAKAI, 1962)などから見て、産卵場の

形成場所そのものも同様に資源変動の重要な要因になりうることを示唆している。1980年8月の黒潮大蛇行(A型)の消滅にともない沿岸域は低温化し、珪藻類の大増殖は目立って見られなくなった(未発表)。そしてこれと機を一にして当海域におけるマイワシ産卵量は激減した(1980年以降の産卵量はそれ以前の1/20~1/30)。両者のこの現象的一致はこれまで考察してきた環境と産卵期、産卵場をめぐる関係がかなり本質的な内容であることを裏づけている。また、種によって産卵場の生物的非生物的场所特性が異なることは、生物的環境の年変化、黒潮流路の変動などが魚種交替現象に結びついていく可能性を示唆している。

### 謝 辞

本報告を御校閲下さった東海区水研黒田一紀氏、英文作成と内容について種々御指導いただいた三重大関口秀夫氏には心から感謝いたします。また、東海区水研木立孝氏、渡部泰輔氏には有益な御意見を聞かせていただきました。また、長年困難な海上での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します。

### 要 約

マイワシ産卵期と産卵場における生物および非生物的環境特性に関し以下の知見が得られた。

- (1) 考察の対象とした1976~'80年の期間、黒潮流路はA, As型で経過した。
- (2) 渥美外海におけるマイワシの産卵は2~4月(3月中心)に行なわれ、そのシラスは沿岸域の船曳網によって毎年4~5月に集中的に漁獲された(毎年の漁獲量500~1,700トン)。このように、マイワシの再生産は水温の年間最低期に対応して行なわれた。
- (3) 卵の90%、仔魚の77%は距岸15マイル内の大陸棚上で採集され、産卵場は表層水温15.1~17.6°C、塩分34.5~34.8‰の高温高かんな水塊中(沿岸系水と黒潮系水の混合域)に形成された。
- (4) マイワシの再生産が水温の年間最低期に対応して行なわれることは、2つの点で仔魚の生残率を高める適応的意義をもつと考えられた。1つは、仔魚が高水温期に比べ相対的に新陳代謝を抑制することによって、獲得したエネルギーを体成分の蓄積に回すため、少ない餌生物量での生残りが可能となることである。もう1つは、仔魚の成育期が沿岸域における春季の珪藻類の大増殖と引きつづく*Calanus sinicus*を始めとした

動物プランクトンの大増殖期に対応するため、好適な餌料環境に遭遇できることと、この時期は捕食者である肉食性動物プランクトンや競合種としてのその他魚類仔魚現存量の年間最低期に一致するため仔魚の生残率が高まると考えられることである。

- (5) マイワシ産卵場には一定の生物的非生物的场所特性が見い出され、しかもこうした場所特性は種によって異なることが示唆された。このことは生物的環境の年変化、黒潮流路の変動などが魚種交替現象に結びついていく可能性を示唆した。

### 文 献

- 畔田正格・他(1979) 宍岐水道におけるカタクチイワシの漁場形成機構。カタクチイワシ共同調査報告書, 106-121。西海区水研他。
- BJØRKE, H. (1978) Food and feeding of young herring larvae of Norwegian spawners. Fisk. Dir. Skr. Ser. Hav-Unders., **16**, 405-421.
- FRASER, J.H. (1969) Experimental feeding of some medusae and chaetognatha. J. Fish. Res. Bd. Canada, **26**, 1743-1762.
- 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海況。水産海洋研究会報, **34**, 115-127.
- 船越茂雄・柳橋茂昭(1981) 渥美外海におけるマイワシ産卵場の環境特性。東海ブロック卵稚仔プランクトン調査研究担当者協議会議事録 No. 1, 東海区水研。
- HJORT, J. (1914) Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, **20**, 1-228
- HJORT, J. (1926) Fluctuations in the year classes of important food fishes. J. Cons. int. Explor. Mer, **1**, 5-38.
- 浜田尚雄(1965) マントヤムシ *Sagitta crassa* TOKIOKA とイカナゴ親魚および稚仔の食餌関係(予報)。兵庫水試報, 別冊 No. 3, 1-6.
- 平本紀久雄(1981) マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における発育と生活に関する研究。千葉水試研究報告, (39), 127 pp.
- 蓮沼啓一(1979) 卵稚仔魚の輸送・拡散・生き残りに関する環境の研究。科研費研究成果報告書, 71 pp.
- 伊東祐方(1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究。日本海区水研研究報告, (9), 1-227.
- 河井智康・石橋喜美子(1981) 資源解析のための魚類の比較生物学的研究-V. プランクトン食害による初期減耗に関する数量解析。東海区水研研究報告, (104), 55-66.
- 川崎 健(1982) 浮魚資源。208 pp. 恒星社厚生閣, 東京。

- 木立 孝 (1968) マイワシの食性について. 東海区長期漁況予報, (15), 14-15. 東海区水研.
- 倉田 博 (1978) 発育初期死亡について. 漁業資源研究会議報, (22), 42-45.
- LEBOUR, M. V. (1923) The food of plankton organisms. II. J. Marine Biol. Assoc. U. K., **13**, 70-92.
- LILLELUND, K. and R. LASKER (1971) Laboratory studies of predation by marine copepods on fish larvae. Fish. Bull., **69**(3), 665-667.
- LASKER, R. (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull., U. S., **73**, 453-462.
- LASKER, R., H. M. FEDER, G. H. THEILACKER and R. C. MAY (1970) Feeding, growth, and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. Mar. Biol., **5**(4), 345-353.
- 村中文夫 (1977) 魚卵稚仔. 駿河湾漁場開発調査報告書, 124-145. 静岡水試.
- MURPHY, G. I. (1961) Oceanography and variations in the Pacific sardine population. Cal. Coop. Fish. Invest., Report 8, 55-64.
- NAKAI, Z. (1962) Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (T.&S.), Japan. Jour. Ichthy., **9**(1/6).
- NAKAI, Z. (1962) Studies of influences environmental factors upon fertilization and development of the Japanese sardine egg—with some reference to the number of their ova. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (9), 109-150.
- NAKAI, Z. and S. HATTORI (1962) Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year, 1949 through 1951. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (9), 23-53.
- 中村保昭・山中一郎 (1980) 黒潮の指標となる表面水温. 1980年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 105-106.
- 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. and L. P. RAYMOND (1970) The effect of food density on survival and growth of early post yolk sac larvae of the northern anchovy (*Engraulis mordax* GIRAND) in the laboratory. J. exp. mar. Biol. Ecol. **5**, 187-197.
- 小川嘉彦 (1976) プイ追跡結果からみた表層の流れ. 水産海洋研究会報, **28**, 59-62.
- ROSENTHAL, H. and G. HEMPEL (1970) Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (*Clupea harengus*). In Marine Food Chains, ed. J. H. STEELE, Univ. Calif. Press, 344-364.
- 東海区水研 (1978) 長期漁況予報, 44.
- 東海区水研 (1979~'80) 卵稚仔プランクトン担当者会議資料.
- 田中 克 (1981) 海産仔魚の摂餌と生残 I, 天然海域における食性. 海洋と生物, **11**, 440-447.
- WATANABE, T. (1977) Operative utilization of the neritic pelagic fish resources with large yield viewed from the reproduction and recruitment. Rep. Fish. Resources Inv. Scientists Fisheries Agency Japanese Government (19), 67-83.
- 渡部泰輔 (1981) マイワシの初期減耗について. 漁業資源研究会議報, (22), 67-87.
- 山路 勇 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑. 保育社, 東京.