

## 薩南周辺海域におけるマイワシ産卵群の 分布と成熟について

青木一郎\*・村山 司\*

### Distribution and Maturation of the Spawning Sardine, *Sardinops melanostictus* in the Waters off Southern Kyushu of Japan

Ichiro AOKI\* and Tsukasa MURAYAMA\*

#### Abstract

Distribution, abundance and maturity state of the spawning sardine was investigated in the waters off southern Kyushu, which is one of the main spawning grounds of Japanese sardine *Sardinops melanostictus*, in March 1990.

Acoustic surveys showed that spawning sardines off southern Kyushu were segregated by the Kuroshio front with shoals occurring in coastal waters of 18-19°C level in surface temperature and those occurring in Kuroshio waters of 20-21°C level in surface temperature.

Sardine were sampled from the coastal and Kuroshio regions. Gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) were measured, and developmental stage of gonad was histologically examined. While values of GSI were not different between fish from the two regions both for males and females, values of HSI of females from the Kuroshio region were higher than those from the coastal region. In addition, histological examinations showed that empty follicles were found in ovaries of females from the Kuroshio region, and that, on the other hand, no empty follicle were found and instead many atretic oocytes existed commonly in ovaries of females from the coastal region.

We may conclude as follows. The shoals of sardine during the spawning season were distributed separately in the coastal and Kuroshio waters according to their maturity conditions. Females in the Kuroshio region had higher spawning activity, but those in the coastal region tended to stop or end spawning.

#### 1. はじめに

薩南海域のマイワシの産卵場は1976年に形成されはじめ、1980年には伊豆諸島～房総沖海域を中心とする産卵場に代わって太平洋岸域の主産卵場となった(黒田, 1988a)。その過程において、薩南海域における卵や成魚の出現海域は、沿岸域から薩南海域の南部に年々拡大し、1980年には黒潮主流域に及ぶようになった(小西, 1983)。その後、黒潮主流域における産卵は年を追って顕著になり、薩南海域から日向灘沖、土佐湾沖、紀伊半島沖へと

黒潮下流域へ拡大を続け、1988, 1989年の産卵状況は、薩南海域から遠州灘沖の広い範囲の黒潮主流域に多くの卵が分布するという特徴を示している(黒田 1988b; 黒田・小西, 1989)。

このような産卵場の形成や移動の機構を理解するためには、成魚の産卵に関する生理・生態・行動を明らかにしていかなければならない。マイワシがいつ、どこで、どのように産卵するのか、その仕組みを知ることは資源変動機構を理解し、あるいは資源動向を予測するためにも大きな意義をもっている。

マイワシ九州系群については、柴山・谷(1987)と MATSUURA *et al.* (in press) が組織学的方法により九州西岸域の産卵場における成魚の成熟・産卵過程につい

1991年1月7日受理

\* 東京大学海洋研究所

Ocean Research Institute, University of Tokyo,  
Nakano, Tokyo 164, Japan.

Table 1. Sampling stations of spawning sardine, off southern Kyushu, March 1990.

Station	Date	Time	Location	Water depth (m)	Surface temp. (°C)	Mean current at 10 m-depth sp. dir.
I Coastal region	March 5	18:30-23:00	31°08.4' 131°13.4' 31°04.8'N 131°15.4'E	112-119	18.3-19.1	0.2 kt 259°
K Kuroshio region	March 9	01:00-03:30	31°21.0' 131°46.4' 31°25.8'N 131°50.6'E	730-853	20.7-20.8	2.4 kt 30°

て検討している。しかし、太平洋岸の主産卵場である薩南海域における成魚産卵群の成熟状態や産卵履歴についての生理生態学的知見は見あたらない。

本論文では、1990年3月の薩南海域における調査によって明らかになったマイワシ産卵成魚の分布構造および産卵・成熟についてのいくつかの特徴について報告する。

## 2. 試料と方法

東大海洋研究所淡青丸を用いて、1990年3月3～9日に薩南海域と日向灘の沿岸域～黒潮域において、計量魚探（古野電気製 FQ-50）によるマイワシ魚群分布の観測と釣りによる成魚の採集を行った。

**魚探観測** 計量魚探の周波数は 50 kHz、設定条件はパルス幅 1.2 ms、アッテネータ 20 dB、スレショールド 20～25 dB、積分層を 10 m 幅で 10-100 m までの 9 層、積分区間を 0.2 マイルとした。

このようにして、水平方向 0.2 マイル、鉛直方向 10 m 毎の単位メッシュについて得られる平均体積散乱強度 (SV) を記録紙上の像と対応させ、表層ノイズや海底二重反射のあるメッシュの除去および魚群像の確認を行って、必要に応じて水平・鉛直方向にさらに平均化した SV を求めた。

**成魚の採集と処理** 沿岸域 (I 点) と黒潮流軸付近 (K 点) の 2 点で、夜間に釣りによる採集を行った (Table 1, Fig. 1)。採集したマイワシは 10% ホルマリンで固定し、後日、被鱗体長 (BL)、体重 (BW)、生殖腺重量 (GW)、肝臓重量 (LW) を測定し、生殖腺体重比 ( $GS I = GW/BW \times 100$ )、肝臓体重比 ( $HS I = LW/BW \times 100$ )、肥満度 ( $CF = BW/BL^3 \times 10^3$ ) を算出した。また、生殖腺の一部のパラフィン切片を作成し、ヘマトキシリン-エオシン染色後検鏡した。

## 3. 結果

**海況** 調査海域の表面水温の分布と黒潮流軸の位置を Fig. 1 に示す。表面水温は図中の細い実線で示される航

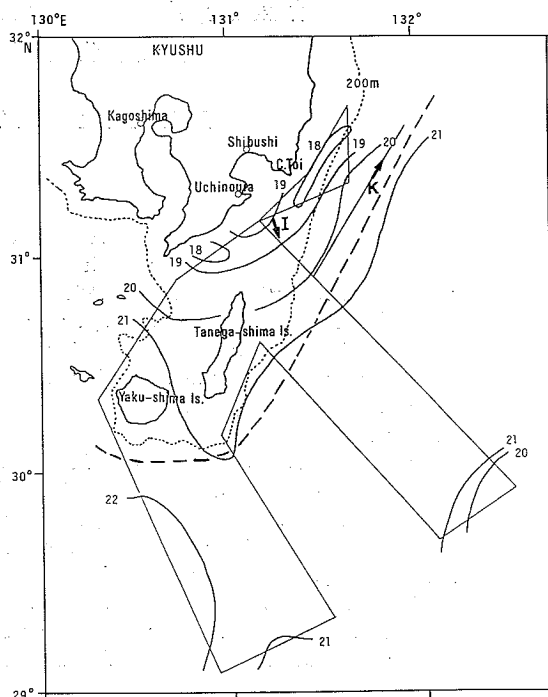


Fig. 1. Surface temperature and Kuroshio stream-axis (broken line) in the survey area off southern Kyushu. The surface temperature is based on the measurement along tracklines (thin lines) during March 3-9, 1990. The Kuroshio axis is given by the isotherm of 16.5°C at a depth of 200 m based on the Marine Report (March 1-14, No. 6, 1990) published by Hydrographic Department of the Maritime Safety of Japan. K and I are the sampling stations of sardine, and arrows indicate the initial and terminal positions of sampling.

跡上 (1990年3月3～9日) で観測された表面水温をもとに描かれている。黒潮流軸は、川合 (1972) に従って、200 m 深の水温 16.5°C の等温線として、「海洋速報」(海上保安庁水路部発行、1990年3月1～14日、第6号)

薩南周辺海域におけるマイワシ産卵群の分布と成熟について

から読みとったものである。

黒潮は種子島～都井岬沖を接岸して流れており、流軸の位置は都井岬沖で距岸30マイルであった。表面水温は、大隅海峡、日向灘南部の沿岸の陸棚及び陸棚縁辺ではほぼ  $18 \cdot 19^{\circ}\text{C}$  台、そのすぐ沖合いで  $20 \cdot 21^{\circ}\text{C}$  台であった。マイワシを採集した大隅海峡のI点と日向灘南部の黒潮流軸付近のK点においてドップラー潮流計により測定した流向流速は、それぞれ、 $259^{\circ}$ 、 $0.2\text{kt}$ 、および、

$30^{\circ}$ 、 $2.4\text{kt}$  であった (Table 1)。

魚群分布 調査海域では、 $10\text{-}30\text{m}$  層を中心とする連続的な層状の魚探記録像が多く現れ、釣りによってこの像の主体がマイワシであることを確認した (Fig. 2)。マイワシ魚群の魚探像には昼夜による明瞭な変化は認められなかった。

マイワシの魚探反応が出現する  $10\text{-}50\text{m}$  層について  $10$ マイル毎に平均SVを求め航跡上にプロットした

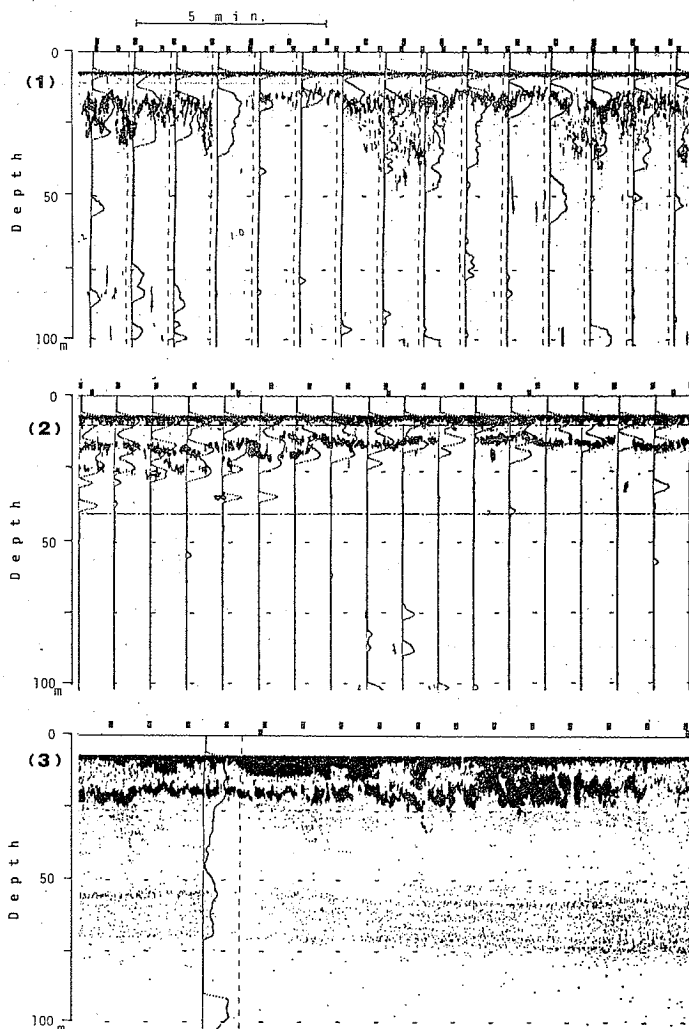


Fig. 2. Echograms of sardine shoals at 50 kHz. Vertical curves in the echograms indicate vertical profiles of volume scattering strength (SV) at 0.2 nautical mile intervals.

(1) at a position near St. I, ship speed 11 kt; daytime, 16:40-16:56 hr, March 3, 1990.

(2) drifting at St. I for sampling sardine; nighttime, 18:28-18:44 hr, March 5, 1990.

(3) drifting at St. K for sampling sardine; nighttime, 00:55-01:11 hr, March 9, 1990.

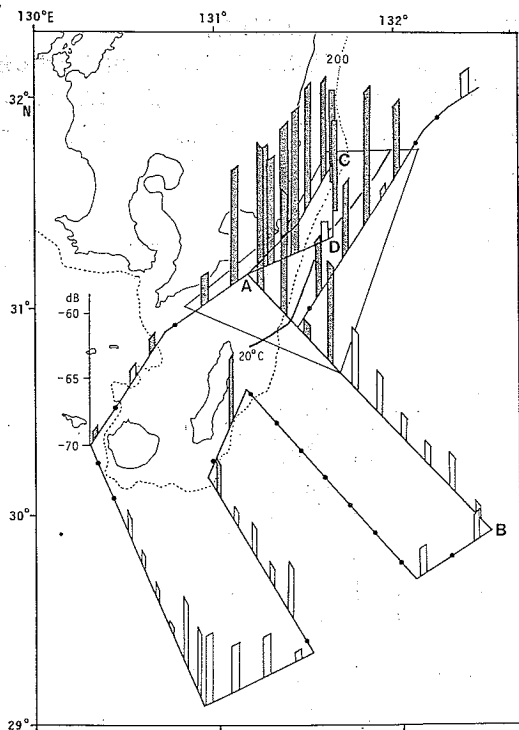


Fig. 3. Tracklines and distribution of echo abundance in the waters off southern, Kyushu, March 3-9, 1990. Vertical bars show mean volume scattering strength (SV) for the depth range of 10-50 m and distance interval of 10 nautical miles. Sardine shoals occurred in the blocks where SVs are given by hatched bars. Abundance of sardine within the rectangle was estimated to be 186,000 ton. The distribution area of the rectangle was divided by 20°C isotherm, and fish densities of the two regions, coastal and Kuroshio region, were compared each other. The fish density in the coastal region was estimated to be 2.5 times that in the Kuroshio region. A, B, C and D denote the points at which the ship course was altered, they are used later.

(Fig. 3)。マイワシの分布の特徴は次のようにまとめられる。

- ① 大隅海峡東部～日向灘南部の水深 200 m 以浅の沿岸域には多くの魚群が集合していた。表面水温はほぼ 18・19°C 台であった。
- ② 沖合いの黒潮流軸付近にも魚群が分布した。水温は 20・21°C 台であった。
- ③ 種子島南の水深 200 m の水域付近にも魚群がみられた。

④ 大隅海峡西部、屋久島の西方海域では魚群は少なかった。

⑤ 黒潮主流域よりも沖合いには魚群は全く出現しなかった。

内之浦(火崎)沖の測線 A-B (Fig. 3) に沿った、沿岸から黒潮域にいたる横断面 (A 点から 60 マイルまで) の SV と水温の断面図を Fig. 4 に示す。水平方向 0.2 マイル、鉛直方向 10 m の単位メッシュについての平均 SV の値をもとに SV の等量線を描いた。水温は、A 点からの距離が 0, 10, 20, 30 マイルの 4 点における CTD 観測に基づいている。

50 m 以浅の SV の強い部分 (図中の赤い部分) がマイワシ魚群の分布域を示している。一方、水温 21°C 台の黒潮域の 30-100 m 層に分布する強い SV の部分は魚探像の形状からプランクトンによる散乱層と判断された。

なお、SV の測定は 3 月 3 日 16:39-22:17 に、CTD 観測は 3 月 6 日 20:10-3 月 7 日 03:37 の間に行われ、2 つの観測には約 3 日のずれがある。しかし、各観測時の表面水温から推測すると、21°C の等温線は 3 月 3 日の SV 計測時には Fig. 4 で示した位置よりも数マイル沖にあったかも知れないが、フロントの位置などの水温構造に大きな差はなかったと考えられる。このことを考慮にいれても、Fig. 4 に示されるマイワシ魚群分布の特徴として次のことが明らかである。

マイワシは 18・19°C 台の黒潮フロントの沿岸水側に多く分布した。そして、フロントよりも沖合い側では魚群の分布はいったん途切れる傾向にあるが、水温 21°C 台の黒潮主流域にも量的には少ないがマイワシ魚群が分布した。なお、Fig. 4 には示さなかった A 点から 60 マイルをこえる沖合い域には前述のようにマイワシは出現しなかった。

黒潮フロントがマイワシの分布の境界になっていることは別の測線 C-D-A (Fig. 3) に沿った 0.2 マイル毎の 10-50 m 層の平均 SV と表面水温の変化にも示される (Fig. 5)。水温が 19°C よりも低い沿岸水側では SV が高く、20°C 台の高水温域では SV が低くなった。この測線よりも沖合いの黒潮流軸付近において魚群が出現することはすでに Fig. 3 で示した通りである。

3 月上旬の本調査によると、薩南周辺海域のマイワシ産卵群は、黒潮フロントを分布の境界として、沿岸域に分布する魚群と、黒潮主流域に分布する魚群からなる分布構造をもっていたと結論できる。

この 2 つの魚群の分布密度を比較するために、Fig. 3

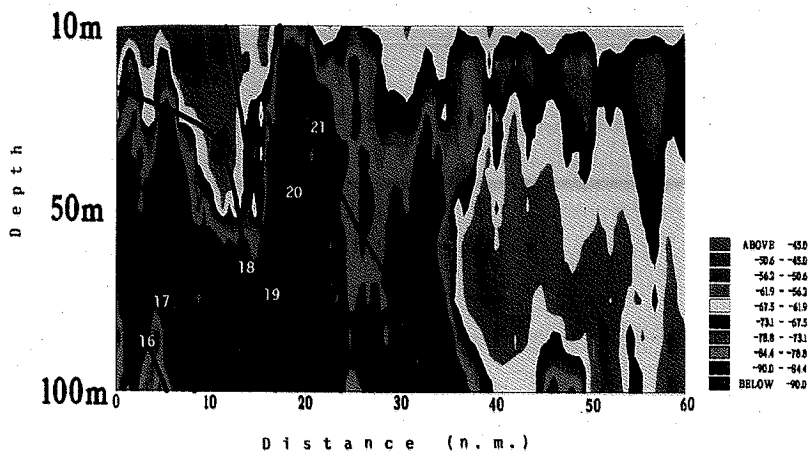


Fig. 4. Distribution of volume scattering strength (SV) at 50 kHz along a transect A-B crossing the Kuroshio stream-axis; 16:39-22:17 hr, March 3, 1990. Vertical and horizontal axes indicate depth from the sea surface and distance from the point A (Fig. 3), respectively. Values of SV are shown in color scales of 10 steps in dB. Vertical section of temperature was obtained by CTD observations.

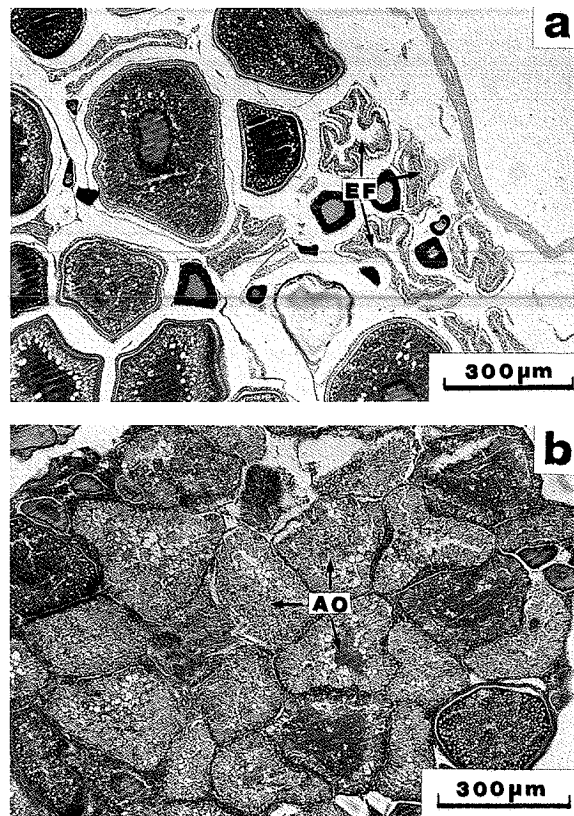


Fig. 7. Photomicrographs of ovaries of the sardine.  
 a. ovary of the sardine taken at St. K. Empty follicles (EF) were observed.  
 b. ovary of the sardine taken at St. I. Many atretic oocytes (AO) were present.



薩南周辺海域におけるマイワシ産卵群の分布と成熟について

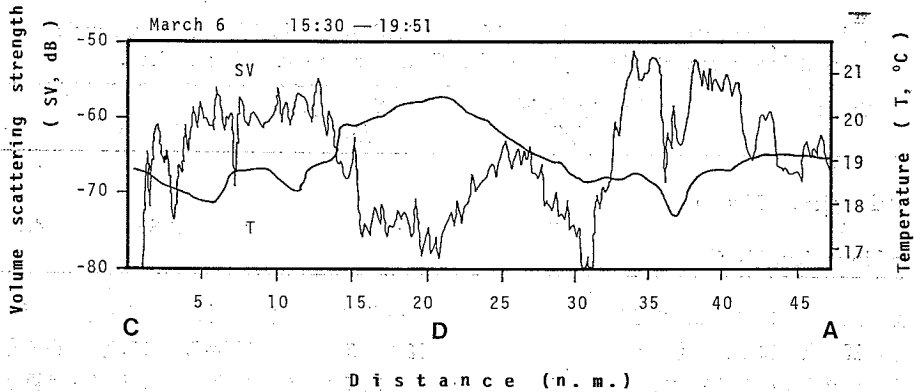


Fig. 5. Changes of volume scattering strength (SV) and surface temperature along a transect C-D-A (Fig. 3). SV is a mean for the depth range of 10-50 m and distance interval of 0.2 nautical mile.

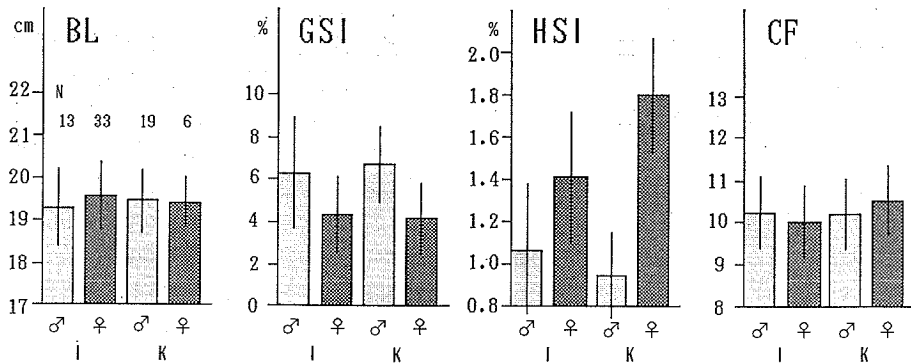


Fig. 6. Comparison of body length (BL), gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of the sardine from the different regions, Sts. I and K, off southern Kyushu: N, sample size; column, mean; bar, SD.

に示した枠内の海域において表面水温 20°C 未満 (沿岸域) と 20°C 以上 (黒潮域) の水域に分け、10-50 m 層の平均 SV を求めた。その結果、平均 SV は 20°C 未満の沿岸域では -59.4 dB, そして 20°C 以上の黒潮域では -63.3 dB となった。両水域に分布するマイワシの魚体の大きさには差がないと推定されるので (後述, Fig 6 参照), 平均 SV は魚群密度としても 3.9 dB の差, すなわち黒潮域に対して沿岸域は 2.5 倍の魚群密度であったと推定される。

この枠内の全水域のマイワシ魚群量 (10-50 m 層) を試算すると次のようになる。

マイワシのターゲットストレングス (TS) と尾叉長 (FL) の関係式  $TS = -65.8 + 20 \log FL$  (MIYANO HANA *et al.*, in press) を用い、採集された 71 個体のマイワシの平均体長 (被鱗体長) 19.5 cm をもとに  $TS = -40$  dB と算出した。10-50 m 層の全平均 SV = -60.7 dB, 採

集されたマイワシの平均体重 = 75.3 g, 試算水域面積 =  $7.22 \times 10^9 \text{ m}^2$  から、魚群量は 18.6 万トンと計算された。

**成魚の成熟状態** 沿岸域の I 点と黒潮流軸付近の K 点の 2 点で (Fig. 1, Table 1) 採集したマイワシ成魚を採集地点別、雌雄別に計 4 つのグループに分け、体長, GSI, HSI, 肥満度 (CF) を比較した (Fig. 6)。なお、平均値の差の検定は t-検定で行った。

体長は、4 つのグループの各平均値で 19.3~19.6 cm の範囲にあり、採集地点および雌雄の間には差はなかった。I 点の雄の 1 個体が 17 cm 台、同じく雌の 2 個体が 21 cm 以上であったことを除くと、いずれのグループでも体長は 18-21 cm の範囲にあり、モードは 19-20 cm であった。なお、図には示さなかったが体重についても 4 つのグループの間に全く差はなかった (平均値は 74.2~76.4 g)。したがって、肥満度にも差はなく、魚体の大きさの点では 4 つのグループの間に違いは全くない。ま

Table 2. Percentages of females which contained empty follicles and those which contained many atretic oocytes, and GSIs at the two sampling stations.

Station	Empty follicles (%)	Atretic oocytes (%)	GSI	
			Range	Mean
I (Coastal region, N=24)	0	46	1.6-8.4	4.3
K (Kuroshio region, N=6)	100	0	2.3-7.4	4.2

た、すべて産卵成魚とみなすことができる。

GSIはI点、K点ともに雌よりも雄の方が高かった。一方、雌雄ともに2点間における差はなかった。各グループの平均値と標準偏差は、I点の雄では $6.4 \pm 2.6$ 、雌では $4.6 \pm 1.9$ 、K点の雄では $6.8 \pm 1.8$ 、雌では $4.2 \pm 1.6$ であった。

HSIについてみると、雄に比べて雌の方が高く、さらに、雌では沿岸域のI点よりも黒潮域のK点で高い値を示した。4つのグループの平均値と標準偏差はI点の雄では $1.08 \pm 0.30$ 、雌では $1.42 \pm 0.32$ 、K点の雄では $0.95 \pm 0.20$ 、雌では $1.80 \pm 0.27$ であった。雌では卵黄前駆物質が肝臓で合成され、成熟期には肝臓が大きくなることが知られている(会田, 1974)ので、雌のHSIの2点間の差は黒潮域の雌の方が生理的に産卵活動が高いことを示唆している。

次に、K点の雌魚6個体すべてと、I点の雌魚24個体の卵巣組織を観察した。

いずれの個体の卵巣にも卵黄胞期から卵黄球期の成熟段階の卵母細胞がみられた。一部の卵母細胞に胚胞の移動の開始が認められる個体もあった。特徴的なことは、K点の雌魚の卵巣には排卵痕がみられ(Fig. 7a)、I点の雌魚の卵巣には退行変性卵が多くみられた(Fig. 7b)ということであった。排卵痕を有する個体と退行変性卵を多く(卵巣全体の約1/3以上)有する個体の割合をTable 2に示す。2つの地点の間ではGSIには差がなかったが、排卵痕と退行変性卵の出現状況が全く異なっていた。K点の雌は採集した6個体すべてが排卵痕をもち、退行変性卵が多い個体はなかった。それに対して、I点の雌では観察した24個体に排卵痕はみられず、逆に、退行変性卵が多い個体が半数を占めた。マイワシでは排卵痕は産卵後長くても2日後には消失してしまうといわれている(白石・淡路, 投稿中)。卵巣の組織像から、K点の黒潮域の雌は最近に産卵経験をもち、今後も産卵が継続される可能性があることを示している。一方、I点の沿岸域の雌では産卵は終了あるいは休止傾向にあると推測される。

一部の雄の精巣(I点, 5個体, GSI=6.5~11.1, K点, 5個体, GSI=6.5~11.2)の組織も観察したが雌とは異なり2つの地点間における差は認められなかった。いずれの個体も精小葉が大きく発達し、精子が蓄積されていた。

#### 4. 考 察

**近年の産卵状況との比較** 1985, '86年頃には、マイワシ成魚は黒潮外側域にまで分布を拡大し、同時に卵も同水域に多量に分布した(花岡・小西, 1988)。しかし、1989年には、薩南海域や日向灘におけるマイワシの卵は黒潮主流域を中心としてその内側域に分布し、外側域にはほとんど出現しなかった(小西・石田, 1989)。

本調査の前に行われた南西海区水産研究所の産卵調査(1990年2月9~26日)によると(小西芳信・石田 実, 私信)、魚群は大隅海峡と日向灘の黒潮フロントから沿岸側に多量に分布し、日向灘南部沖の黒潮主流域にもいくらか分布した。また、種子島・屋久島南の、沿岸から黒潮主流域にかけても魚群が出現した。マイワシ卵は種子島・屋久島南から日向灘南部沖の黒潮フロントと主流域に多く分布し、沿岸域では少なかった。

3月上旬の本調査の結果をこれらと比べると、種子島・屋久島南の魚群が減少したが、マイワシ成魚の分布傾向は変わらないといえる。また、マイワシ卵の分布についても、ほぼ同様の結果が得られている(松下, 投稿中)。このように、本調査およびその前に行われた南西海区水産研究所の調査によると、前年と同様に1990年も薩南海域や日向灘沖の黒潮外側域にはマイワシ魚群や卵は出現しなかった。薩南周辺海域における産卵域は黒潮主流域であるけれども、1980年代中~後半の分布傾向から変化しつつあるように思われる。

**産卵場の意義** マイワシ成魚は沿岸域と黒潮主流域に分布し、前者の方が量的には多かったが、卵巣の観察に基づくと、主流域の魚群は活発に産卵を行っており、それに対して、沿岸域の魚群はあまり産卵していないと推定された。このことは卵の分布傾向(松下, 投稿中)と



よく一致しており、沿岸域と黒潮主流域の各1点ずつの採集であるが、各採集点は概ね海域を代表していると考えてよいだろう。

Fig. 5 に結果を示した観測と同時に行われた卵の航走連続採集の結果によると、魚群のいるフロントの沿岸側で卵は出現せず、フロント域から黒潮側に卵が出現した(松下, 投稿中)。また、3月5日の夜間、沿岸域のマイワシ採集点(I点)で数度ネット採集を行ったが、魚探にはマイワシ魚群の反応が強く出ているにもかかわらず卵はほとんど採集されなかった。これらのことはI点で採集した雌の卵巣の状態とよく一致している。

1950年頃の調査によれば、マイワシの産卵は陸棚上の沿岸で行われていた(中井ほか, 1955; 山中・伊東, 1954)。薩南海域に産卵場が形成され始めた1976年には産卵場はまだ沿岸域にあり、魚群の分布と卵の分布は対応していた(小西, 1983)。1980年代になって、年々、卵の分布は沿岸域から黒潮主流域にその中心が移っていった。すなわち、マイワシはそれまでの沿岸産卵から1980年以降、沖合の黒潮の中に産卵場所を選択するように産卵の戦術を変化させたとみることができる。花岡(1988)、花岡・小西(1988)のデータによって1985-'87年の2-3月における魚群の分布と卵の分布を比較してみると、水深200m以深の沖合域では両者の分布は概ね一致する。しかし、大隅海峡や志布志湾沖の水深200m以浅の沿岸域ではむしろ、魚群は多いが卵は少ないとみなせる。このことは、マイワシは沿岸にも分布するが、沿岸では産卵せずに黒潮域で産卵することを示唆している。本調査の前に行われた南西海区水産研究所の調査の結果(小西・石田, 私信)も、沿岸域に多量の魚群が分布するが卵の出現は比較的少ないことを示していた。これらのことから推測すると、2-3月に沿岸に分布する魚群は産卵前と後の成魚であると思われる。すなわち、マイワシは産卵の前に沿岸域に集合するが、そこでは産卵せず、黒潮フロントあるいはそれを越えて主流域で産卵し、産卵後再び沿岸に戻り、北上回遊していくと想定される。志布志湾周辺域では例年11月下旬頃に先行産卵群が出現するという(黒田, 1987)こと、そして、1984年以降産卵後の中大羽イワシが日向灘や豊後水道で多獲されるようになってきていること(花岡, 1987)もその根拠としてあげられよう。しかし、その想定回遊ルートの実証は今後の詳細な調査を待つ必要があることはいくまでもない。

SHARP (1980) は、適切な環境下に卵を生むことが魚の一生の仕事であると述べている。マイワシの産卵場は

資源の増加にともなって、黒潮の上流域である薩南海域に形成され、さらに黒潮主流域へと移り、マイワシの分離浮遊性卵と浮遊性仔魚の分散を大きくする方向に変化した。珊瑚礁の魚類によくみられる浮遊性の卵や仔魚の分散の適応的意義について、BARLOW (1981) は、それは、成魚が移動せずにパッチ状にある生息域に子を最大限分散・定着させることにあったと考えた。それに対して、DOHERTY *et al.* (1985) は、仔魚の生存のための餌はパッチ状で不安定な環境下にあるのでコーホートのメンバーの間で危険を分散させることに適応的意義があると考えた。これらの説はマイワシのような浮遊性卵仔魚期をもつ浮魚にも適合できよう。マイワシは、個体群の大きさが増すにつれ種内の競争も強くなるので、繁殖成功率をあげるためにいっそう分散の効果が大きい海域で産卵するようになったと考えることができる。

しかし、卵仔魚を分散させることは、一方で、加入する生息場に達するためには新たな死亡を招く危険も伴うという不利益な面がある(DOHERTY *et al.*, 1985)。この問題に対して、DOHERTY *et al.* (1985) は数値シミュレーションで分散の不利益よりも有利性の方が優ることを示唆した。JOHANNES (1978) は、あまりにも広く分散し過ぎるのは、再び生息場に出会えなくなるといふ損失が大きすぎることになるので適応的でない指摘している。

沿岸産卵から沖合産卵への転換と、およびそれぞれの産卵行動がどのような生理学的、生態学的メカニズムによっているのか、それが資源変動機構の解明の1つのキーである。

マイワシは1産卵期に多回産卵するとされており(石田ほか, 1959; NAKAI, 1962)、これも子の死亡の可能性を分散させる意義をもつだろう。卵仔魚の分散を大きくするために産卵場所を適応的に変化させたように、あるいはそれにとまって、産卵回数や産卵数が変化している可能性も十分ある。今後、これらの産卵特性に関する正確な把握も求められよう。

GSI 九州北西海域のマイワシについての1950-51年の調査結果(中井・宇佐美, 1962)によると、成熟係数( $KG = GW/BL^3 \times 10^4$ )の平均は2月で7-8、3月で6-7であり、雄の方が平均値は少し高い傾向にあり、モードも雌に比べて雄は2-4高かった。ただ、KGの範囲は、雄では15以上にならないのに対して、雌では頻度は少ないが30ぐらいまでの高い値になることが示されている。

1974-77年に常磐〜房総沖海域に來遊したマイワシの

成熟係数は2-3月にピークになり、平均で雌は6-8、雄は10前後であった(平本, 1981)。平均 KG は雄の方が雌よりも高かった。

ここで、 $GSI=KG/CF \times 10$  の関係があるので、CF が10であれば KG と GSI は等しくなる。このことを考慮に入れても、先の資料(中井・宇佐美, 1962; 平本, 1981)におけるピーク月に比べて、本調査で採集された成魚の GSI の平均値は雌雄ともに少し低い(Fig. 6)。最大値も雄で11.2、雌で8.4と低い値にとどまった。この説明として次のことが考えられる。巻網や流網による漁獲物に比べて魚の側の行動の影響がより強い釣りでは産卵直前の GSI のかなり高い個体は何らかの要因でとれにくいことが考えられる。雌の KG は産卵直前の完熟期では20-40になる(宇佐美, 1964)。卵の出現状況や排卵痕をもつ個体がいることから産卵直前の雌がいはいはらずはなく、とりわけ成熟がかなり進んだ産卵直前の雌が採集できていないと考えられる。また、沿岸には退行変性卵を多くもった個体が多くみられたことから、産卵のピークをすこし過ぎているために全体に GSI が少し低下していた可能性も考えられる。

雄と雌の GSI を比較すると、雄の方が平均値で2高く(Fig. 6)、これは平本(1981)、中井・宇佐美(1962)のデータで示されている、KG が平均値あるいはモードで雌よりも雄の方が高いことと一致する。

繁殖の成功度を増加させる繁殖努力は、配偶子産生努力、つがい形成努力、保護努力に分けられ、繁殖努力をこの3つの要素にどう分配するかが適応度と関係する(グロス・前川, 1989)。GSI は配偶子産生努力の大きさを表わしているとみることができる(MILLER, 1984)。一般に、成熟した魚の GSI は雌では20-40になるが、雄では5以下であるという(グロス・前川, 1989)。そして、雄は雌に比べて配偶子産生努力が小さい分、つがい形成努力や保護努力に時間とエネルギーを向けることになる。これに対して、マイワシの成熟した雄の GSI は高い部類にはいる。マイワシの雄は雌と同様に繁殖努力をひたすら配偶子形成に向け、精巢を大きくすることによって繁殖成功度を高める方向に進化したとみることができる。

KAWASAKI (1980) はマイワシをニシン・マサバ・カツオと同じに GSI の雌雄差がないグループにいれ、雄も雌と同じ大きさの生殖巣をもつことは回遊性の浮魚の特性であるとした。マイワシの産卵行動の観察の報告はまだないが、雄は繁殖努力を精子形成に配分するので、雌雄でペアを作ったり、雄が雌を確保するために戦ったり

するために時間とエネルギーを消費せずに、雄と雌が交じって群れて産卵する様式をとると推論される。この単純な産卵行動は隠れ場のない海洋の表層域に生息する浮魚の成魚自らの対捕食に備えた産卵行動であると考えられる。

**性比** 採集したマイワシの雌雄比はI点(沿岸域)とK点(黒潮域)で大きく異なっており、I点では雌が多く(雄:雌=1:2.5)、K点では雄が多かった(雄:雌=1:0.3)。この性比は2点間および1:1と比べて有意な差が認められた( $\chi^2$ 検定)。マイワシでは、群による性比の変動が産卵期ではほかの時期と比べて極めて大きいことがすでに報告されている(平本, 1981; 伊東, 1961)。同様のことは北米産カタクチイワシでも報告されている(KLINGBEIL, 1978)。この性比の変動性は産卵行動に関係しているのであろう。北米産カタクチイワシでは、産卵は雄の多い群れで行われると推定されている(HUNTER and GOLDBERG, 1980; LAROCHE and RICHARDSON, 1980)。一方、マイワシについては、伊東(1961)は、性比が1に近い群れで水子状態の個体を多く含むことから、産卵時には性比は1に近づくとする見方をしている。本調査では卵巣に排卵痕があった黒潮域のK点の採集魚には雄が多かったが、サンプル数も少なく産卵直前の個体がとれていないので産卵時の性比については確かなことはまだいえない。群れて産卵する魚種では産卵時には雌よりも雄が多いことが知られている(MAGNUSON and PRESCOTT, 1966; CONOVER and KYNARD, 1984; 酒井, 1987)。産卵行動の観察とあわせて今後検討すべき課題である。

**魚群量推定** 計量魚探による魚群量推定においては、マイワシの魚探像の多くは50mより浅い層に出現したので10-50m層に限定した。10m以浅の層にも少し出現したが10m以浅はノイズが多いので計算からは除いた。また、50m以深までマイワシ像が広がっていることもあったが、マイワシではないと思われる別の形状の魚探像がそこには現われることが多く、ほかの魚種の混合を避けるために50m深までとした。したがって、Fig. 3に記した海域の魚群量18.6万トンはやや過小評価になっているかも知れない。

過去の漁獲量によると、宮崎県の主要4漁港(島浦、北浦、門川、青島)の3月期の水揚げ量は1986-88年は1万-1.2万トン、1989年は2.2万トンであった(宮崎水試, 1988-'90)。ここで計算した魚群量の推定値は、この3月期1カ月間の水揚げ量の約10倍に当たることになる。ちなみに、宮崎県の主要4漁港の年間水揚げ量は

1986年6万トン, 87年8万トン, 88年12万トンであった(宮崎水試, 1988-'90)。本州南西海区の年間の漁獲量は, 1986年16万トン, 87年17万トン, 88年21万トンであった(花岡, 1990)。

## 5. おわりに

3月上旬の一時期の一回の調査であるが, 魚群の分布構造と成魚の成熟状態や産卵履歴など, 薩南周辺海域のマイワシ産卵群の産卵生態について新しいデータを示すことができた。時間の一断面で得られたデータについて, 既往の文献や本調査の前に行われた南西海区水産研究所の調査結果とも比較し, その意義を検討した。今後, 時空間を追ってこのようなデータを積み重ねることによって, 本論文で述べたいいくつかの推測・仮説をさらに実証していく必要がある。

マイワシ産卵群の中には, 産卵活動の活発な魚群と不活発な魚群があり, それらはそれぞれ黒潮主流域と沿岸域の異なった分布域をもっていることが示唆された。この分布域と成熟状態を異にする2つの魚群の関係に焦点をあて, それを明らかにすることによってマイワシはいつ, どこで, どの様に産卵する仕組みをもっているのかを知ることができるであろう。そのために, 音響調査による魚群分布の精査と, 詳細な成魚の生理学的・遺伝学的解析が必要である。例えば, 沿岸域と黒潮域で雄はGSIでも精巢の組織像でも差が認められなかったが, 実際に雄では海域差がないのだろうか, 沿岸域の退行変性卵を多くもつ雌個体は産卵が終了しているのかあるいは再び繰り返し産卵するのだろうか, 産卵成魚は沿岸域と黒潮域をどのように移動しているのだろうか, 今後解明が待たれる課題である。

## 謝 辞

水産庁南西海区水産研究所の小西芳信氏(現, 西海区水産研究所)と石田実氏には1990年の産卵調査の貴重な観測資料を提供して頂いた。また, 水産庁養殖研究所の白石学博士にはマイワシの産卵生理について御教示頂いた。ここに深く感謝の意を表する。そして, 調査にご協力頂いた東大海洋研究所淡青丸の上之清尚船長をはじめ乗組員の方々, 同研究所平石智徳博士(現, 北海道大学水産学部)に心からお礼申し上げる。原稿に対して多くの貴重なコメントを頂いたレビュアーの方に感謝します。

## 文 献

会田勝美(1974) 卵黄たん白の蓄積。魚類の成熟と産

- 卵, 水産学シリーズ 6, 日本水産学会編, 恒社厚生閣, 東京, 88-99.
- BARLOW, G.W. (1981) Patterns of parental investment, dispersal and size among coral-reef fishes. *Env. Biol. Fish.*, **6**, 65-85.
- CONOVER, D.O. and B.E. KYNARD (1984) Field and laboratory observations of spawning periodicity and behavior of a northern population of the Atlantic silverside, *Menidia menidia* (Pisces: Atherinidae). *Env. Biol. Fish.*, **11**, 161-171.
- DOHERTY, P.J., D.M. WILLIAMS, and P.F. SALE (1985) The adaptive significance of larval dispersal in coral reef fishes. *Env. Biol. Fish.*, **12**, 81-90.
- グロス, M.R.・前川光司(1989) 魚類の繁殖戦略の進化。魚類の繁殖行動, 後藤 晃・前川光司編, 東海大学出版会, 東京, 161-201.
- 花岡藤雄(1987) 1986年海域別情報・漁況・本州南方海域。水産海洋研究会報, **51**, 181.
- 花岡藤雄(1988) 計量魚探による薩南～四国沖のマイワシ産卵親魚量の推定。水産音響シンポジウム講演論文集, 水産工学研究所, 36-40.
- 花岡藤雄(1990) 1989年海域別情報・漁況・本州南方海域。水産海洋研究, **54**, 210-211.
- 花岡藤雄・小西芳信(1988) 南西海区における近年の産卵場形成と卵稚仔の補給状況。1986年度漁業資源研究会議, 第19回浮魚部会報告, 59-71.
- 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。千葉水試研報, **39**, 1-127.
- HUNTER, J.R. and S.R. GOLDBERG (1980) Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, **77**, 641-652.
- 石田力一・鶴川正雄・有田節子(1959) マイワシ *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK & SCHLEGEL) の産卵回数について(予報)。北海道区水研報, **20**, 139-144.
- 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。日本海区水研報, **9**, 1-227.
- JOHANNES, R.E. (1978) Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Env. Biol. Fish.*, **3**, 65-84.
- 川合英夫(1972) 黒潮と親潮の海況学。海洋物理Ⅱ, 海洋科学基礎講座, 東海大学出版会, 東京, 129-321.
- KAWASAKI, T. (1980) Fundamental relations among the selections of life history in the marine teleosts. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 280-293.
- KLINGBEIL, R.A. (1978) Sex ratios of the northern anchovy, *Engraulis mordax*, off southern California. *Calif. Fish and Game*, **64**, 200-209.
- 小西芳信(1983) 薩南海域におけるマイワシの卵・仔魚の分布, 1976-1981年。南西海区水研報, **15**, 103-121.

- 小西芳信・石田 実 (1989) 平成元年2~4月の南西外海におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ属, マアジ卵・仔稚魚の分布状況. 中央水研ブロック卵・稚仔, プランクトン調査研究担当者協議会研究報告, **9**, 52-67.
- 黒田一紀 (1987) 黒潮主流域におけるマイワシ成魚の出現について. 水産海洋研究会報, **51**, 373-376.
- 黒田一紀 (1988a) 本邦の太平洋沿岸域におけるマイワシ主産卵場の変遷. 水産海洋研究会報, **52**, 289-296.
- 黒田一紀 (1988b) 昭和63年冬春季におけるマイワシ卵・仔稚魚の分布状況と産卵量水準の経年変化傾向からみた再生産の動向. 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研究報告, **8**, 65-71.
- 黒田一紀・小西芳信 (1989) 1989年冬春季におけるマイワシ卵・仔稚魚の分布状況と産卵量水準の経年変化傾向からみた再生産の動向. 中央水研ブロック卵・稚仔, プランクトン調査研究担当者協議会研究報告, **9**, 76-91.
- LAROCHE, J.L. and S.L. RICHARDSON (1980) Reproduction of northern anchovy, *Engraulis mordax*, off Oregon and Washington. Fish. Bull., **78**, 603-618.
- MAGNUSON, J.J. and J.H. PRESCOTT (1966) Courtship, locomotion, feeding, and miscellaneous behaviour of Pacific bonito (*Sarda chiliensis*). Anim. Behav., **14**, 54-67.
- 松下克己 フロント付近における浮遊卵仔魚パッチの追跡. 水産海洋研究, 投稿中.
- MATSUURA, S., M. MATSUYAMA, T. OTSUKA, K. TAKESHITA, T. MITANI and N. OGAWA Histological maturity scales, maturation and spawning in Kyushu-subpopulation sardine, *Sardinops melanostictus*. Proc. Int. Symp. Long-term Var. of Pelagic Fish Popul. and Their Env. in press.
- MILLER, P.J. (1984) The tokology of gobioid fishes. In, Fish Reproduction, eds. G.W. POTTS and R.J. WOOTON, Academic Press, London, 119-153.
- MIYANO HANA, Y., K. ISHII, and M. FURUSAWA Measurements and analyses on dorsal aspect target strength of six species of fish at four frequencies. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int, Explor. Mer, in press.
- 宮崎県水産試験場 (1988-1990) 漁況海況予報事業結果報告書.
- NAKAI, Z. (1962) Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK & SCHLEGEL). Jap. J. Ichthyol., **9**, 1-115.
- 中井甚二郎・宇佐美修造・服部茂昌・本城康至・林繁一 (1955) 昭和24~26年鰯資源協同研究経過報告, 東海区水産研究所, 1-84.
- 中井甚二郎・宇佐美修造 (1962) マイワシ成熟度の季節的变化. 東海区水研報, **9**, 151-171.
- 酒井治己 (1987) ウグイ類. 日本の淡水魚, 水野信彦・後藤 晃編, 東海大学出版会, 東京, 18-30.
- SHARP, G.D. (1980) Report of the workshop on effects of environmental variation on survival of larval pelagic fishes. IOC Workshop Report, **28**, 15-63.
- 柴山雅洋・谷 雄策 (1987) 宍道水道における小羽マイワシの近年の漁獲変動. 水産海洋研究会報, **51**, 151-155.
- 白石 学・淡路雅彦 飼育下におけるマイワシの産卵と排卵濾胞について. 日本水産学会誌, 投稿中.
- 宇佐美修造 (1964) 日本産マイワシ *Sardinops melanosticta* (T. & S.) の再生産力について I, 日本海大羽イワシの卵径組成からみた成熟と卵数. 東海区水研報, **38**, 1-30.
- 山中一郎・伊東祐方 (1957) 昭和29年鰯資源協同研究経過報告, 日本海区水産研究所, 1-177.