

## 1979~1995年の九州周辺海域におけるマイワシの産卵量と分布

松岡正信<sup>†1</sup>, 小西芳信<sup>2</sup>

## Abundance and distributional changes of Japanese sardine eggs around Kyusyu, Japan, from 1979 to 1995

Masanobu MATSUOKA<sup>†1</sup> and Yoshinobu KONISHI<sup>2</sup>

Egg abundance and distributional changes of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* were studied in the waters around Kyushu, Japan, from 1979 to 1995. A total 13138 tows was undertaken for collecting eggs by six prefectural experimental stations and the Seikai National Fisheries Research Institute, using 45 cm diameter plankton nets. The egg abundance was calculated for each 30'×30' square and grouped into three large areas from north to south (Areas I (north of 34°N), II (34°~31°30'N), III (south of 31°30'N)). The total number of sardine eggs considerably fluctuated from  $47 \times 10^{12}$  in 1995 to  $2873 \times 10^{12}$  in 1987. The fluctuation mainly occurred in Area III. The egg abundance of this area drastically decreased from 1991, and was only  $0.3 \times 10^{12}$  in 1995. The spawning month showed secular change. In Area I, spawning occurred mainly in March in 1979 and 1980, April in 1981-1983, and May in 1984-1987. Spawning after 1988 has occurred in March and April. The main spawning grounds were located in Area I and Area II in 1979 and 1980. After 1981, the main spawning grounds gradually shifted to the south, and in 1987 most of the spawning occurred in Area III. The spawning temperature changed with the shift of the spawning area. In 1979, eggs were spawned in 13-19°C, although spawning occurred at the 21°C level in 1987. After 1991, the spawning temperature returned to 14-19°C.

**Key words:** *Sardinops melanostictus*, Japanese sardine, egg abundance, distribution, spawning season, spawning temperature

## はじめに

マイワシ *Sardinops melanostictus* は鮮魚として消費される他、養殖魚の餌料、フィッシュミール等に用いられ、産業上非常に重要な魚種のひとつである。

本種は代表的な多獲性浮魚類で、従来から大幅な資源変動をすることが知られている。1960年代の最低水準期を経過後、漁獲量は1973年以降急増して1976年には100万トンに達し、1980年には200万トンを越えて1984年には400万トンの大台に乗り、1988年には史上最高の463万トンになった(黒田, 1991)。しかし、1989年以降漁獲量は急激に減少し、1995年には約66万トンとなり(農林水産省統計情報部, 1997)、さらにその後も減少傾向が続いて

いる。

いわし類を主対象とした全国的な卵・稚仔調査が1978年から現在に至るまで本州以南の海域で行われ、西海区水産研究所ならびに西海ブロックの各県水産試験場でも実施されている。マイワシ卵の出現状況については、太平洋側では森ほか(1988)、菊池・小西(1990)、黒田(1991)、石田・菊池(1992)、さらに対馬暖流域も含む日本周辺については銭谷ほか(1995)および久保田ほか(1999)によって取りまとめられている。これらは一部を除いて年・月別に産卵量を集計して図示したものであり、対馬暖流域のデータは1990年以前のものとは含まれていない。日本海側における詳しい解析結果は後藤(1998)によって発表されている。しかし、九州周辺海域についてはこれまで公表されていなかった。そこで、本報では1979年から1995年までの薩南海域を含めた九州周辺海域のマイワシ産卵量と分布の動向について検討した。

## 材料と方法

1979~1995年に西海ブロック各県水産試験場(山口, 福岡,

2000年12月12日受付, 2001年4月17日受理

<sup>1</sup> 瀬戸内海区水産研究所

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Ohno, Hiroshima 739-0452, Japan

<sup>2</sup> 西海区水産研究所

Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu, Nagasaki 850-0951, Japan

<sup>†</sup> yamame@nnf.affrc.go.jp

**Table 1.** Number of net tows for collecting Japanese sardine eggs by six prefectures and the Seikai National Fisheries Research Institute.

Year	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Total
Yamaguchi Pref.	160	160	142	150	184	182	160	214	150	120	120	120	120	120	120	120	118	2460
Fukuoka Pref.	60	80	100	100	100	99	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110	120	1749
Saga Pref.	72	72	72	72	73	76	90	91	90	91	90	89	76	76	76	72	74	1352
Nagasaki Pref.	120	120	120	120	120	123	120	120	120	117	120	120	120	120	120	120	120	2040
Kumamoto Pref.	84	83	100	74	84	82	84	84	84	84	84	61	63	84	84	84	84	1408
Kagoshima Pref.	303	305	162	132	132	132	132	132	110	110	104	68	105	105	60	60	80	2232
Seikai N.F.R.I.	45	47	54	49	52	57	52	52	165	167	156	166	133	155	182	176	189	1897
Total	844	867	750	697	745	751	738	803	829	799	784	734	727	770	752	742	785	13138

佐賀, 長崎, 熊本および鹿児島県) が1~11月に実施した「200カイリ水域内漁業資源総合調査 卵・稚仔調査」(1995年から「我が国周辺漁業資源調査」と名称変更)のデータと, 西海区水産研究所が2~4月に行った調査データを合わせて用いた。曳網総数は13138回であった (Table 1)。マイワシ卵の採集には口径45 cmのプランクトンネット (丸特B型ネットまたは改良型ノルバックネット (森, 1989))を用いた。水深150m以深の場合はワイヤー長150m, 水深150m以浅の場合は水深相当のワイヤー長による鉛直曳網を行った。プランクトンネットの網口には予め無網試験を行った濾水計を取り付け, 濾水量を計測した。また, 各観測地点において表面水温, 塩分の測定を行った。得られた標本は現場において10%海水ホルマリン固定し, その後, マイワシ卵の査定・計数を行った。

産卵量の算出方法はNakai and Hattori (1962) および渡部 (1983) に従って, プランクトンネットにより採集された卵の数をもとに, 産卵量は次式により求めた。

$$E = \frac{1}{S} \cdot \frac{D_i}{d_j} \times A_j \cdot \frac{\sum X_j}{n}$$

ここで,  $E_{jt}$ :  $t$ 月の緯経度  $30' \times 30'$  の  $j$  升目内の産卵量

$D_i$ :  $t$ 月の日数

$d_j$ :  $j$  升目の平均ふ化日数

$S$ : 生残率 (0.571)

$A_j$ : 緯経度  $30' \times 30'$  の  $j$  升目の面積 ( $m^2$ )

$n$ : 採集点数

$X_j$ : 濾水率と網口面積により補正された後の  $j$  升目における海面  $1m^2$  当たり採集卵数

マイワシの受精後, C-stage 末 (ふ化まで) の所要日数は次式で求められる。

$$d_{-c末} = 9.8619 \times 10^{-17} \exp \left[ \frac{21915}{2} \cdot \frac{1}{(\bar{T} + 273.16)} \right]$$

(渡部: 未発表)

$T_{jt}$ :  $t$ 月  $j$  升目の卵数加重平均水温 ( $^{\circ}C$ ) は次式で求められる。

$$\bar{T}_{jt} = \frac{\sum_{k=1}^n (T_k X_k)}{\sum_{k=1}^n X_k}$$

$X_k$ :  $k$  採集地点の  $1m^2$  当たり卵数

$T_k$ :  $k$  採集地点の水温 (ここでは表面水温を用いることとした)

$n$ : 採集地点数

以上の計算により各単位海区の産卵量が求められる。産卵量は, I区 (日本海南西部を含む海域, 北緯  $34^{\circ}$  以北), II区 (九州西海域, 北緯  $31^{\circ}30' \sim 34^{\circ}$ ) および III区 (薩南海域, 北緯  $31^{\circ}30'$  以南) (Fig. 1) の各大海区ごとに集計した。

なお, 1986年以前には薩南海域での調査例が少なかつたために, III区の産卵量が実際よりやや低く見積もられているかもしれない。薩南海域の調査は, 東海区水産研究所 (現在, 中央水産研究所) と南西海区水産研究所も行ってきたが, それらのデータはここには含まれていない。

## 結果

### 産卵量の変化

1979~1995年までの九州周辺海域におけるマイワシ産卵量の変化を Fig. 2に示した。このうち, 1994年には種子島北端東の1定点で極端に高い採集例 (1曳網当たり約7000粒) があったために, 産卵量推定値は1065兆粒と非常に高い値となった (Fig. 2の点線部分)。採集卵の大部分が発生初期卵であったことから, この特異的に多い例は産卵直

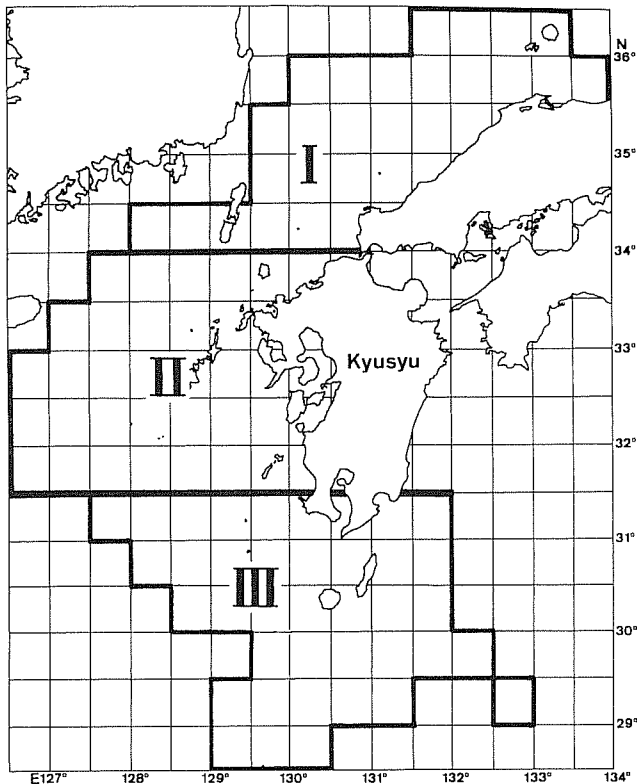


Figure 1. Map showing three large areas (I, II and III) for estimating egg production of Japanese sardine.

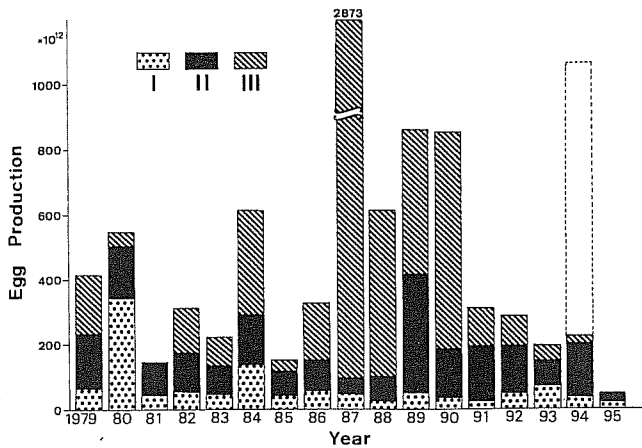


Figure 2. Egg production of Japanese sardine in the waters around Kyushu from 1979 to 1995, divided into the Areas I, II and III (see Fig. 1). A bar in broken line in 1994 indicates an egg production estimated from all the net tow data including anomalously high density of sardine eggs.

後の密集した卵群を採集したためと思われる。この単位海区を除外すれば221兆粒と、ほぼ1993年並となる。

1979～1995年の期間内でのマイワシ産卵量の最低値は1995年の47兆粒、最高値は1987年の2873兆粒と60倍以

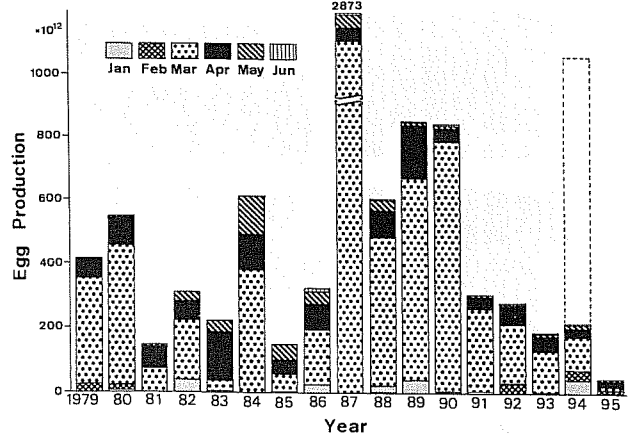


Figure 3. Total egg production of Japanese sardine in each month (January to June) in the waters around Kyushu from 1979 to 1995. A bar in broken line in 1994 indicates an egg production estimated from all the net tow data including anomalously high density of sardine eggs.

上の変動が認められた。このような変動の主要因はIII区の薩南海域での産卵量に由来している。ことに1987年は屋久島および種子島の南方海域で非常に多くの産卵があった。この傾向は1990年まで続き、その後極端な減少傾向に転じた。

II区でも明らかに産卵量の経年変化が認められる。この区では1989年の産卵量が362兆粒と高い値であったが、その他は1979年の165兆粒以下であった。I区では1980年に344兆粒というかなり高い産卵量推定値が得られ、1984年には139兆粒と比較的高かったが、他の年は70兆粒以下であった。

1980年はI区とII区の合計値が502兆粒で、これらの区の合計値としては調査期間中で最も多く、その後両区の産卵量は1981年から1988年までは全体として低い状態に留まった。このように九州西岸以北の産卵量が少ない期間は、薩南海域が主産卵場であった期間とほぼ一致している。

1991年以降、薩南海域 (III区) における産卵量が激減し、1995年には0.3兆粒とほとんど壊滅状態となった。一方、I区とII区の産卵量の合計値は1990年から1994年まで200兆粒前後を維持しながら推移し、薩南海域に比べて相対的にこの海域の産卵場としての重要性が高まった。しかし、1995年にはI区、II区ともかなり減少した。

#### 産卵時期の変化

Fig. 3はマイワシ産卵量を月別に示したものである。九州西海域では3月の産卵量が最も多く、4月と5月がこれに次いでいた。特に産卵量の多かった1979, 1980, 1984, 1987～1990年では、3月の産卵が主体となっていた。

次にI, II, IIIの大海区ごとに産卵量の月別割合をFig. 4に示した。III区の薩南海域では調査が不十分な月があるの

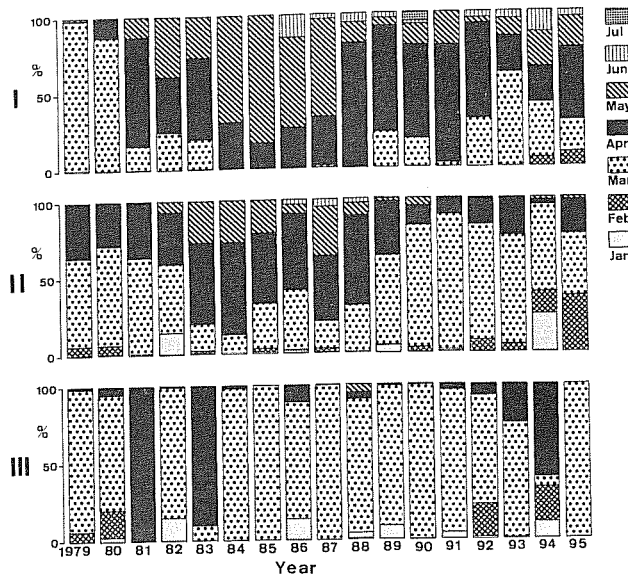


Figure 4. Proportion of egg production of Japanese sardine in each month from January to July. In Area III, number of net samples was relatively small before 1986.

で、I区とII区について検討する。

I区では1979年と1980年は主として3月に産卵が行われ、その後1981~1983年までは産卵ピークは4月となり、1984~1987年までは5月がピークとなった。このようにわずか数年の間に2ヶ月の産卵の遅れが認められた。一方、1988年からは一転して産卵期は早まる傾向にあり、4月から3月へ移行しつつあった。

II区については1982年までは産卵ピークは3月にあったが、1983年からは4月となり、1989年以降は再び3月がピークとなった。以上のように、資源の高水準期にはI区およびII区とも産卵期のピークが遅れる傾向が認められた。

#### 産卵場の変化

Fig. 5Aは1980年3月の卵の分布図である。この年は山口県沿岸および壱岐から五島列島周辺の海域でかなり多くの産卵が行われていた。薩南海域におけるマイワシ産卵場は1976年以降に形成・拡大してきた(小西, 1983)。Fig. 5Bに示した1987年3月では、産卵の中心は屋久島、種子島の南方にあり、その他の海域ではごくわずかしが認められなかった。

Fig. 5Cに示した1989年3月には、薩南海域だけでなく甕島から五島灘に至る広い海域が産卵場となった。また、量的には少ないが山口県沿岸にまで産卵場が広がっており、産卵場の北偏が明瞭に認められた。

1993年3月(Fig. 5D)には、産卵場が分離する傾向や山口県沖の産卵場が顕著になるなど、産卵場の北偏が一層明確となった。

#### 産卵水温の変化

1979年は水温13~19°C台で主な産卵が行われていた(Fig. 6A)。一方、薩南海域が主産卵場となっていた1987年は21°C台の高水温域で産卵が行われていた(Fig. 6B)。その後産卵場の北偏傾向が顕著になった1989年には21°C台でも一部の産卵は行われていたが、むしろ13.5°C以上、特に17~19°C台付近の産卵が多く認められた(Fig. 6C)。また、薩南海域の産卵量が激減した1991年以降では21°C台のような高水温下での産卵はほとんどみられなくなり、14~19°C台の水温で行われていた(Fig. 6D)。1994年に特異的に大量の卵が採集された観測地点でも16°C台と低い水温であった。

#### 考察

主要浮魚類の組織的な産卵調査の取りまとめは森ほか(1988)が常磐から薩南海域について初めて行った(1978年1月~1986年12月分)。日本海および九州西海域を含めた全国的なデータ集計は1991年からなされている(銭谷ほか, 1995)。本報告で示したように1987年の九州周辺の産卵量は2878兆粒と非常に高かった。これは同年の太平洋岸域での集計による1860兆粒(菊地・小西, 1990)をはるかに上回った。この原因は同年3月の薩南海域における数少ない曳網結果による変動の影響を表していると考えられる。すなわち、本報告の値には西海区水産研究所の調査データが大きく影響しているが、太平洋岸域の集計にはこれが含まれていないためである。今後も産卵調査結果の精度を向上させるために、全国的な集計が継続されることが望まれる。また、薩南海域は海水の流動構造の変化に伴いマイワシ卵仔魚の空間分布の変動が激しいため、産卵調査の精度を向上させるには海洋現象の時空間スケールに合わせて卵・稚仔調査計画をたてる必要がある(宮地, 1991)。

薩南海域の産卵群の由来については明瞭な結論はまだ得られていない。マイワシについて小規模の標識放流調査は行われたことはあるが(末広, 1951)、大規模な調査は行い難いこともその一つの要因かもしれない。庄島(1988)は薩摩半島沿岸域では九州西岸域を南下した九州系群が産卵することも考えられる一方、屋久島・種子島近海の黒潮域では主として九州東岸を南下した親魚群によって産卵が行われている可能性が強いと推定している。また、黒田(1991)は12~3月の産卵期に日向灘を南下した産卵群と九州西岸を南下した産卵群の混合が想定されると述べている。本研究からは、Fig. 5A~Dに示された産卵場の変化を考慮すると、日本海南西部、九州西海域および薩南海域に至る産卵群の南下位置が経年的に変化してきたのではないかと推定される。すなわち、資源の低水準期には対馬暖流域を生息場とするマイワシは日本海南西部や九州西海域において産卵し、資源の高水準期には早期(2~3月)に産卵する主群は薩南海域まで至って産卵するものと思われる。

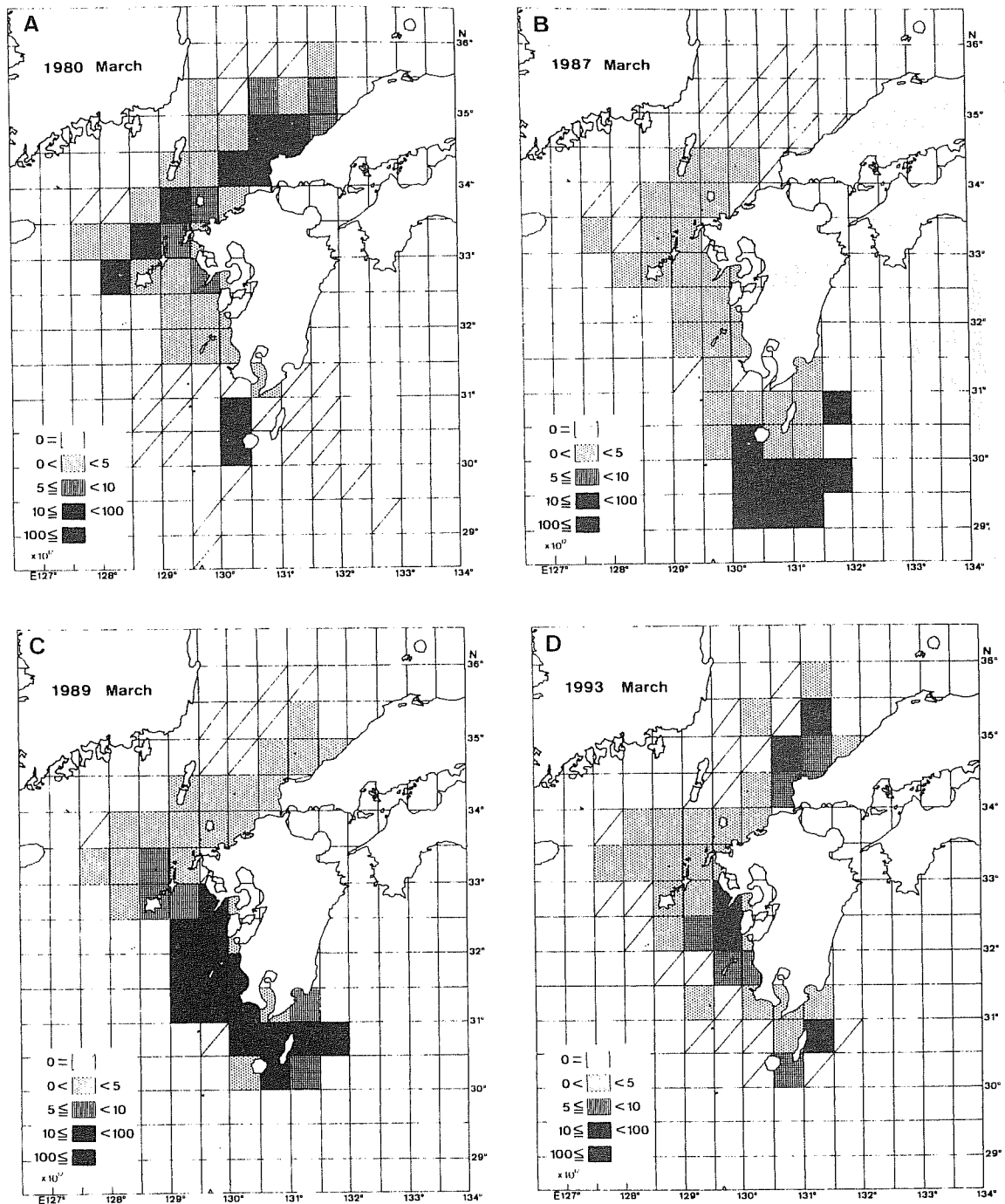


Figure 5. Distribution of Japanese sardine eggs in March in 1980 (A), 1987 (B), 1989 (C), and 1993 (D).

資源が減少すると早期に産卵する主群が消滅し、後期(4~5月)にI区やII区で産卵する群が目立つため、産卵場が北偏するようにみえると推察される。

産卵期に関しては、資源の高水準期には日本海西南部のI区と九州西部海域のII区の産卵期に遅れが生じた。この理由の一つとして、資源の増大による成長の遅れや成熟の

遅れが産卵期に影響したことも考えられる。他の理由としては、資源の高水準期には早期に産卵可能な群が南下して、薩南海域において2~3月頃に産卵し、若齢魚および成長や成熟の遅れた群が、I区やII区において4~5月に産卵したとも推測される。黒田(1991)によると、マイワシ資源の高水準は1980年と1981年の卓越年級群によって維持され

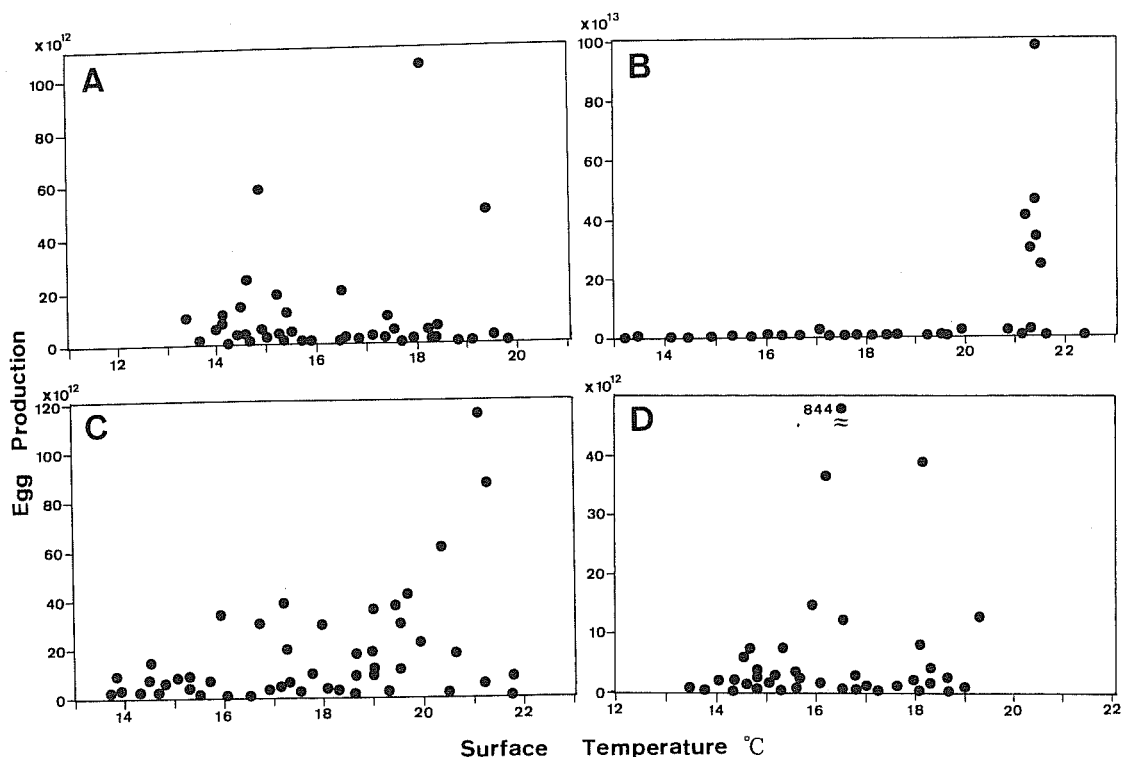


Figure 6. Relationships between the sea surface temperature (°C) and the egg production of Japanese sardine in 1979 (A), 1987 (B), 1989 (C), and 1994 (D).

ていたという。これらが薩南海域の早期産卵群であったと考えられる。また、本研究で近年はI区やII区で産卵期が早まっていることが示された。これに関しては、薩南海域まで南下し早期に産卵していた群がほぼ消滅し、その後生まれた群が成長し南下することなく比較的早期(3月)に産卵するようになったのではないかと推定される。

伊東(1961)は、日本近海におけるマイワシの産卵水温は10~20°Cの範囲にあり、黒潮あるいは対馬暖流の上流域で高く、下流域では低いと述べている。Nakai and Hattori(1962)は1949~1951年の日本近海の産卵場における発生初期卵の出現と表面水温から水温11.1~19.1°C(適水温13~16°C)をマイワシの産卵水温とした。マイワシの産卵水温は、資源の高水準期と低水準期では大きく異なる。資源の高水準期には薩南海域に産卵場が形成される特徴があり、その産卵水温は産卵場の中で最も高く、主産卵水温は17~21°Cである(黒田, 1991)。戦前の大漁期にも薩南海域に産卵場が形成され、その産卵水温は18~20°Cであった(Nakai, 1962)。松岡(1995)は23.5°Cで卵をふ化させた結果、ふ化率、正常ふ化率、摂餌開始期生残率および摂餌率とも21°Cに比べて低い値を示した。銭谷(2000)は23°Cではふ化時の体長が19°Cより小さく、ふ化後約2時間で全て死亡したと報告するとともに、マイワシがふ化後正常に発育する上限水温は21~23°Cの間にあると推定し

ている。Fig. 5BとFig. 6Bに示したように1987年には屋久島と種子島の南方の21°C台の海域で非常に多くの卵が採集された。このような高温はマイワシ卵のふ化およびその後の発育にとって上限に近い環境であろうと思われる。高水温下での産卵のメリットは卵期が短く、この間の減耗が少なくなることである。すなわち、うまくいけば初期減耗が減って資源が増大するが、もし、21°C台以上の高水温域に卵仔魚が輸送された場合には資源が壊滅状態になるといった、危険性をはらんだ産卵様式であると考えられる。マイワシがなぜ資源の高水準期に高水温域で産卵するのかは明らかではないが、このような現象はその後の産卵場の崩壊および資源の激減を暗示しているように思われる。

低水温の影響について、カルフォルニアマイワシ *Sardinops caerulea* では14°C未満ではふ化仔魚の死亡率が非常に高く、13°C未満では網膜の色素沈着や顎の形成に支障を来すことが知られている(Lasker, 1964)。松岡(2001)は低水温下におけるマイワシのふ化実験を行った結果、13.8°Cではふ化率や摂餌開始期生残率等に問題はなかったが、10.8°Cでは摂餌開始期生残率がかなり減少した。以上のことを考慮すると、マイワシ卵仔魚の最適水温は14~19°C程度であろうと思われる。

マイワシは現在激減しているが、本種の特性からみて数十年後には再び増加に転ずるものと推定される。その時の

ために今後とも産卵調査等のモニタリングや研究の継続性が維持されることが望まれる。

### 謝 辞

長年にわたってマイワシ産卵調査を行い、多くのデータを蓄積された元西海区水産研究所浮魚資源生態研究室長庄島洋一氏に御礼申し上げる。また、産卵調査に従事された各県水産試験場の方々に感謝する。西海区水産研究所東シナ海漁業資源部長原一郎博士には本論文を校閲していただいた。ここに記して御礼申し上げる。

### 引用文献

- 後藤常夫 (1998) 1979~1994年春季の日本海におけるマイワシの卵豊度と分布。日本研報, 48, 51-60.
- 石田 実・菊地 弘 (編) (1992) 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1989年1月~1990年12月。水産庁南西海区水産研究所・中央水産研究所, 東京, 86 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。日本研報, 9, 1-227.
- 菊地 弘・小西芳信 (編) (1990) 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1987年1月~1988年12月。水産庁中央水産研究所・南西海区水産研究所, 東京, 72 pp.
- 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。南西水研報, 15, 103-121.
- 久保田洋・大関芳沖・石田 実・小西芳信・後藤常夫・銭谷弘・木村 量 (編) (1999) 日本周辺水域における主要浮魚類の卵仔魚分布 (1994-1996)。水産庁中央水産研究所, 東京, 352 pp.
- 黒田一紀 (1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究。中央水研報, 3, 25-278.
- Lasker, R. (1964) An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. *Copeia*, 1964, 399-405.
- 松岡正信 (1995) マイワシ卵のふ化率および摂餌開始期生残率等に及ぼす水温と塩分の影響。西水研報, 73, 37-44.
- 松岡正信 (2001) マイワシ卵のふ化率および摂餌開始期生残率に及ぼす低水温の影響。日本誌, 67, (印刷中).
- 宮地邦明 (1991) 九州南西海域における黒潮小蛇行に伴う渦流の変動およびその魚卵稚仔輸送への影響。西水研報, 69, 1-77.
- 森慶一郎 (1989) イワシ類等を主対象とする卵稚仔調査結果の一括とりまとめ・公表および採集方法の統一に関する提案。1988年度漁業資源研究会議, 浮魚・環境合同部会報告, 80-89.
- 森慶一郎・黒田一紀・小西芳信 (編) (1988) 日本の太平洋岸 (常磐~薩南海域) におけるマイワシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1978年1月~1986年12月。水産庁東海区水産研究所, 東京, 321 pp.
- Nakai, Z. (1962) Preliminary studies on fluctuation in the Japanese sardine stock, mainly for the prewar period. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9, 1-22.
- 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, 23-60.
- 農林水産省統計情報部 (1997) 平成7年漁業・養殖業生産統計年報。農林統計協会, 東京, 309 pp.
- 末広恭雄 (1951) 魚類学。岩波書店, 東京, 349 pp.
- 庄島洋一 (1988) 西日本海域に來遊するマイワシの系統群。1986年度漁業資源研究会議, 第19回浮魚部会報告, 27-36.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法。水産資源の解析と評価, 石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29 pp.
- 銭谷 弘 (2000) 太平洋岸域におけるマイワシの資源変動に関連した初期生態に関する研究。瀬戸内水研報, 3, (印刷中).
- 銭谷 弘・石田 実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村 量 (編) (1995) 日本周辺水域における主要浮魚類の卵仔魚分布。水産庁中央水産研究所, 東京, 368 pp.