

薩南海域におけるマイワシとカタクチイワシの産卵水深に関する観察例

松岡 正信^{*1}・宮地 邦明^{*2}・加藤 修^{*3}

Some observations on the spawning depth of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, off southern Kyushu, Japan

Masanobu MATSUOKA^{*1}, Kuniaki MIYAJI^{*2} and Osamu KATOH^{*3}

Abstract The vertical distribution of eggs of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and the eggs of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, was investigated to clarify their respective spawning depths. Net sampling was made at the station of N35 55 , E130 29 . Vertical tows using a 45cm diameter net from 150m depth were done every two hours 15 times from 18:00, March 1 to 6:00, March 3, 1992. Horizontal tows using 60cm diameter nets with net closing apparatus were simultaneously conducted at five layers of approximately 1m, 20m, 40m, 60m and 80m, for 15 minutes, and carried out 15 times such as vertical tows. AA stage eggs (from fertilization to beginning of enlargement of perivitelline space) of Japanese sardine were mostly collected at 40m depth at 22:00, March 1, at 40m depth at 20:00 and 22:00, March 2, and at 60m depth at 0:00, March 3. This means that the spawning depth of this species was approximately 40~60m. Unfertilized and disintegrating eggs were largely collected at 80m depth at 0:00, March 2 and at 40m depth at 22:00, March 2. These eggs seem to sink rapidly after spawning. Although A stage eggs (from end of AA stage to closing of blastopore) distributed from the surface to the 80m layer, a lot of eggs were collected at 20~60m depth at 4:00 and 6:00, March 2. A few AA stage eggs (from fertilization to cleavage) of Japanese anchovy were collected at 22:00, March 1 to 2:00, March 2. Many AA stage eggs were caught at 22:00, March 2 to 2:00, March 3. Most eggs distributed at the surface and the 20m depth layer. Therefore, it is considered that the spawning depth of this species was approximately 0~20m. In this species, the unfertilized and disintegrating eggs as collected in Japanese sardine were not recognized. A stage eggs (to the attainment of blastoderm to 1/2 of yolk length) were mainly caught at 18:00, March 1 and from 2:00 to 6:00, March 3. On March 3, A stage eggs were mostly distributed from the surface to the 20m depth layer such as AA stage eggs. This result shows that the spawning depth of these two species does not overlap, in the case where the two species coexist.

Key word: *Sardinops melanostictus*, Japanese sardine, *Engraulis japonicus*, Japanese anchovy, spawning depth, vertical distribution

2001年9月26日受理 (Accepted on September 26, 2001)

水産総合研究センター業績 A 第8号 (Contribution No.A 8 from Fisheries Research Agency)

^{*1}瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Ohno, Hiroshima 739-0452, Japan)

^{*2}遠洋水産研究所 〒424-8633 静岡県清水市折戸5-7-1 (National Research Institute of Far Seas Fisheries, Orido, Shimizu 424-8633, Japan)

^{*3}日本海区水産研究所 〒951-8121 新潟県新潟市水道町1-5939-22 (Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido, Niigata 951-8121, Japan)

マイワシ *Sardinops melanostictus* は、鮮魚、養殖餌料、フィッシュミール等に用いられる重要魚種の一つである。本種は代表的な多獲性浮魚類で、大幅な資源変動をすることが知られている。1980年代の大半は高水準であったが、1989年以降急減してその後もなお減少傾向が続いている。

マイワシの生態、特に産卵生態や初期生態に関してはまだ未解決の点が多く残されている。これは本種の資源量が低水準の時期には研究が途切れがちになることも一つの要因であろう。マイワシの産卵水深に関しては西村（1960）と伊東（1961）の報告がある。前者は本種の産卵水深は20～23mと推定したが、これはあくまで卵の浮上速度からの推定にすぎない。後者は放出直後あるいは発生初期の卵の採集結果からみて、放卵水深は表面から70mもの範囲に及び、その最上層は放卵時刻・時期さらに魚群の大きさなどによって異なり変異に富むが、一般的にいて表層から中層（30～50m）にあると推定している。

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* の産卵水深に関する報告も少なく、中田、今井（1981）は水深20m付近と推定しており、桑原、鈴木（1984）は50m前後と推定している。また、Iseki and Kiyomoto（1997）は産卵後まもないカタクチイワシ卵は表層に最も多いと報告している。

以上の研究はマイワシとカタクチイワシの個別の結果であって、両種が同じ海域で産卵している場合を比較した例はこれまでにない。松岡ら（1998）は薩南海域において1時間ごと46回の稚魚ネットの連続鉛直曳網を行った結果、マイワシとカタクチイワシの産卵時刻にずれがあることを報告した。従って、産卵水深についても両種が同じ海域で産卵を行っている場合の実態を明らかにする必要がある。

マイワシの産卵時刻については多くの知見がある（伊東ら、1954；松浦、1992；森本、1993；松岡ら、1998）。しかし、産卵水深や垂直分布に関しては知見が少ないため、さらに研究する必要がある。また、Matsuoka and Konishi（1996）は薩南海域において未受精のまま崩壊したのではないかとと思われるマイワシ卵を多数見出した。この卵の出現水深等の知見も得るために、産卵時刻を中心にして稚魚ネットの連続鉛直曳網および多層同時水平曳網を行った結果を報告する。

試料と方法

調査は西海区水産研究所漁業調査船「陽光丸」によって、1992年2月21日から薩南海域の広い範囲にわたって行われた。まず、大まかなグリッド調査を2回

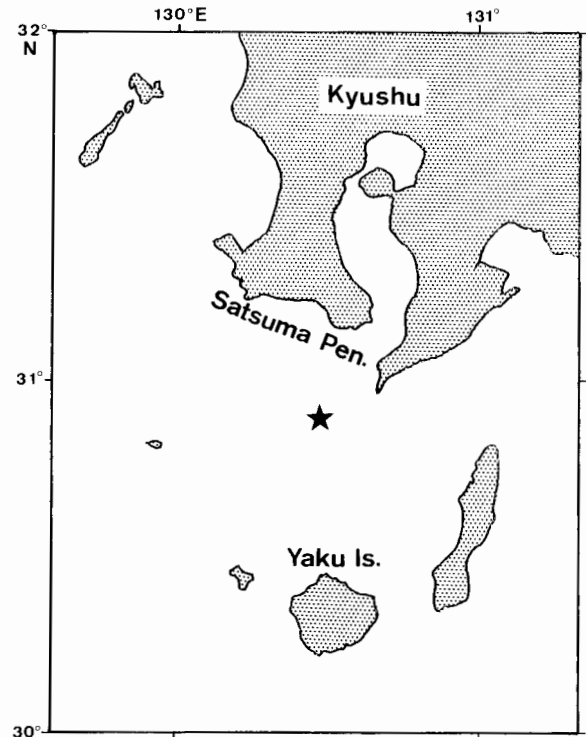


Fig. 1. Map showing sampling station. An asterisk indicates the station where the net samplings were conducted.

と、黒潮を横断する精密調査を1回行った。その結果、数年前まで屋久島・種子島南方まで広い海域にわたっていたマイワシ産卵場はほぼ消滅しており、卵の分布は薩摩・大隅半島の沿岸よりに限られていた。そこで、比較的多く卵が採集された星印の定点（北緯35°55′，東経130°29′）において連続採集調査を行った（Fig. 1）。

鉛直曳網に用いたネットは口径45cm、目合0.335mmの改良型ノルパックネット（森、1988）で、多層同時水平曳網に用いたのは口径60cm、開口比3.77、目合0.335mmのネットである。まず、改良型ノルパックネットの鉛直曳網（ワイヤー長150m）を行い、その後5層の同時水平曳網を行った。口径60cmネットは各曳網水深が、ほぼ水面下、20m、40m、60m、80mになるように曳網ワイヤーに取り付けた。調査船が停止した状態で、ネットを沈下させた後、2ノット前後で15分間曳網した。ネット閉鎖装置として General Oceanics 社の Double Trip Mechanism を用いた。ワイヤーの最深部末端にはネットゾンデを取り付け、曳網中にその水深がほぼ水平になるように船の速力を微調整した。なお、魚探記録紙上のネットゾンデの軌跡から、ワイヤーが直線であると仮定して各ネットの平均的な曳網水深を算出した。ネットを沈下後、所定水深に達するまでに、より深い層の卵等が多少混入している可能性がある。曳網は3月1日18時から3月2日

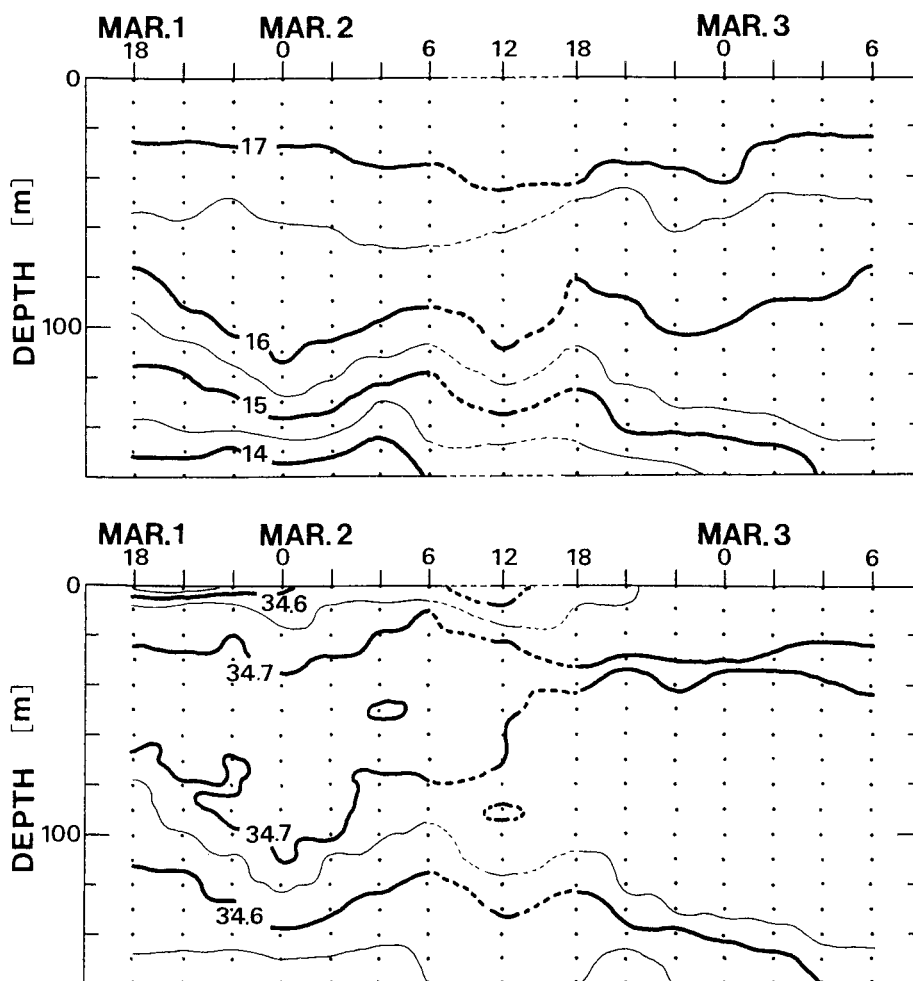


Fig. 2. Vertical distribution of water temperature ($^{\circ}\text{C}$ (top)) and salinity (bottom) during the net samplings.

午前6時まで2時間ごとに7回、正午に1回、さらに18時から3月3日午前6時まで2時間ごとに7回の計15回行った。この他に、曳網前にCTD (Neil Brown MARK III B) による1 mごとの水温・塩分観測を行った。ネット採集物は直ちに10%海水ホルマリンで固定して持ち帰り、マイワシとカタクチイワシの卵を選別し、発育段階別に計数した。

マイワシ卵の発育段階は基本的に伊東 (1961) に従った。ただし、尾部先端が頭部に達してから以降の卵はふ化直前のCCステージとした。カタクチイワシ卵の発育段階は概ね桑原、鈴木 (1984) に従ったが、卵割前の卵をAAステージとし、尾部が卵長径の1/2以上のものをCCステージとした。

結 果

海洋環境

Fig. 2は連続採集を行った期間における水温(上)と塩分(下)のCTD観測結果を示している。鉛直曳

網が行われた水深150mは 14°C 台であり、表層は 17°C 台であった。水平曳網が行われた80m以浅はほぼ 16°C 台から 17°C 台の範囲にあり、水温躍層より浅い水域であった。塩分は調査の前半には 34.7 台の水層が多かったが、後半にはほとんどの曳網水層が 34.6 台となった。

マイワシ

鉛直曳網の結果では、3月1日の夜は相対的に産卵直後のAA卵があまり採集されなかった。しかし2日の22時にはAA卵とともに未受精卵が崩壊したと思われる卵 (Matsuoka and Konishi, 1996, Fig. 3) が多く採集された。この卵は3日0時にも採集されたが、その後はみられなかった (Fig. 3)。

水平曳網の結果では、AA卵は3月1日22時の水深40m付近、2日20時の40m付近、2日22時の40m付近および3日0時の60m付近で最も多く採集された。従って、この時の産卵水深は40~60m、特に40m付近であったと思われる。この他に、ほとんどの曳網で若干のAA卵が採集された (Fig. 4)。

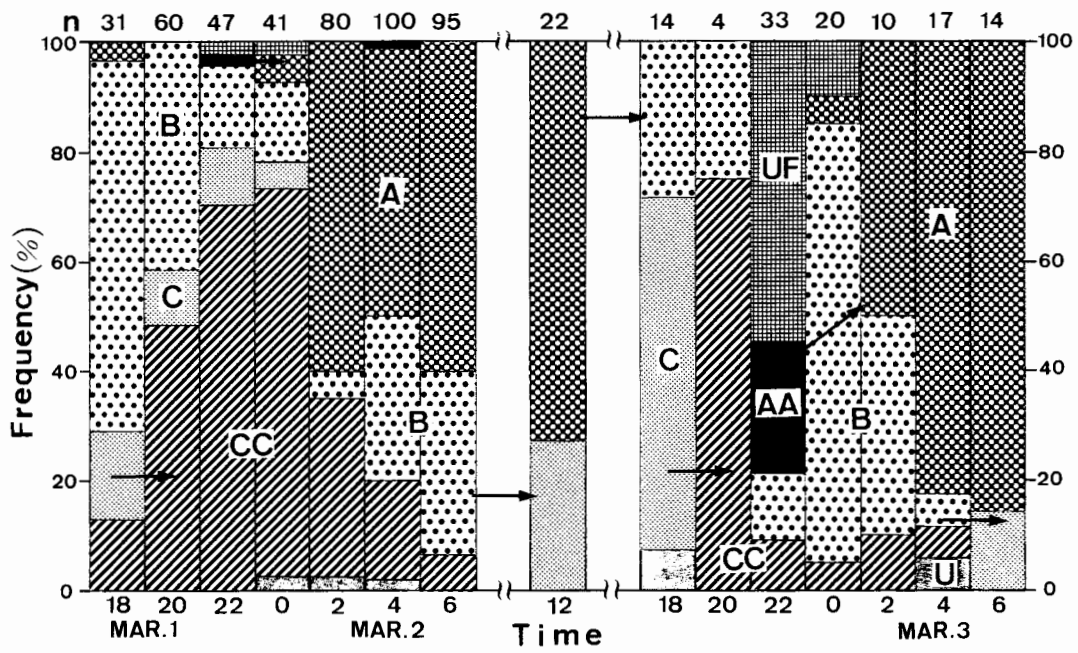


Fig. 3. Frequency (%) of respective stages of Japanese sardine eggs sampled by intermittent vertical tows. AA (from fertilization to beginning of enlargement of perivitelline space), A (to closing of blastopore), B (to detaching of caudal end from yolk), C (to attaching of caudal end to head region) and CC (to hatching) indicate the developmental stages. UF indicates the unfertilized and disintegrating eggs, and U undefined ones. Arrows show transformation of egg stage. The number above each bar shows egg number collected per haul.

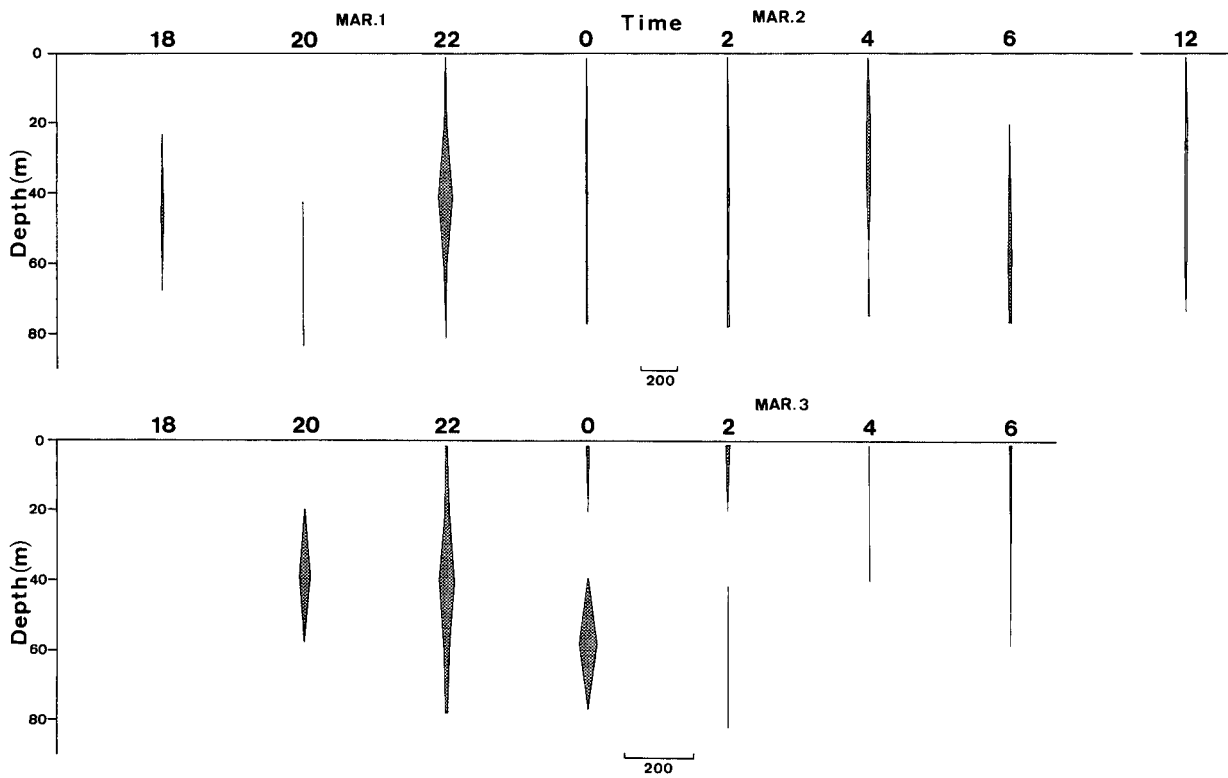


Fig. 4. Vertical distribution of AA stage eggs of Japanese sardine sampled by horizontal tows every two hours from 18:00, March 1 to 6:00, March 3. Egg numbers were calculated per 100m³ filtered water volume. Scale indicates 200 individuals.

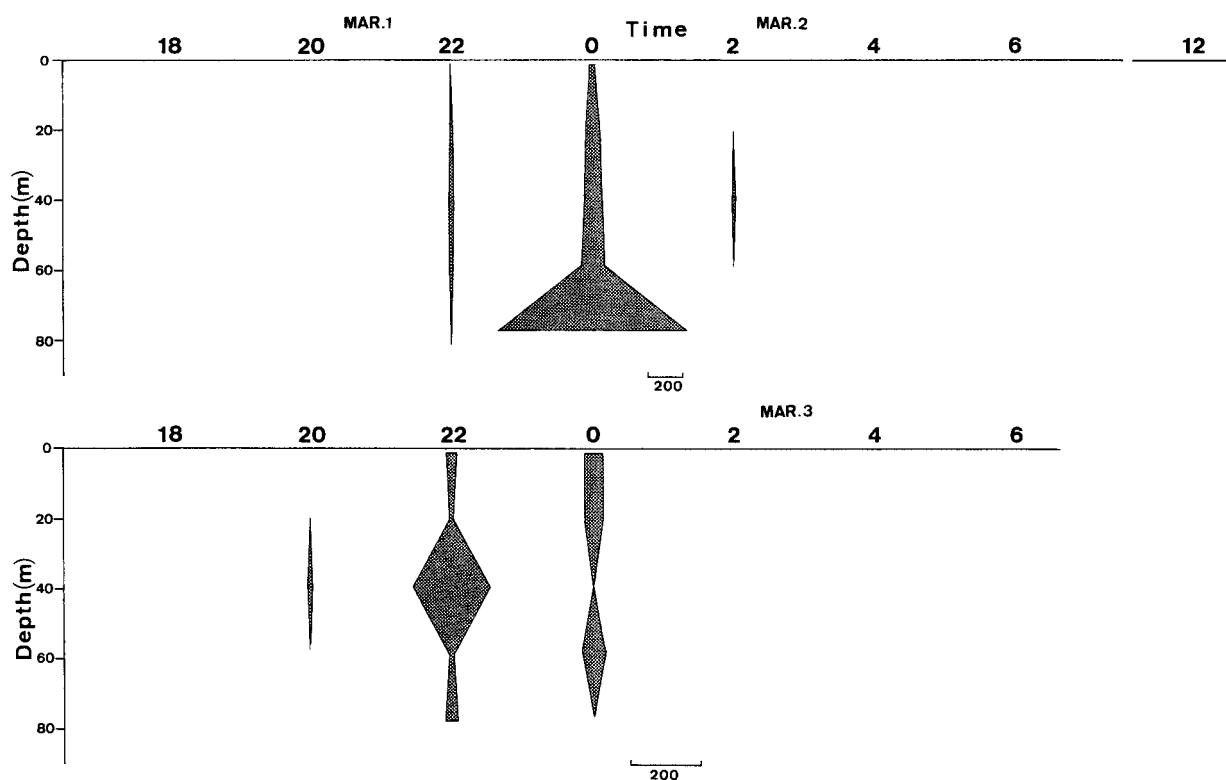


Fig. 5. Vertical distribution of the unfertilized and disintegrating eggs of Japanese sardine sampled by horizontal tows every two hours from 18:00, March 1 to 6:00, March 3. Egg numbers were calculated per 100m³ filtered water volume. Scale indicates 200 individuals.

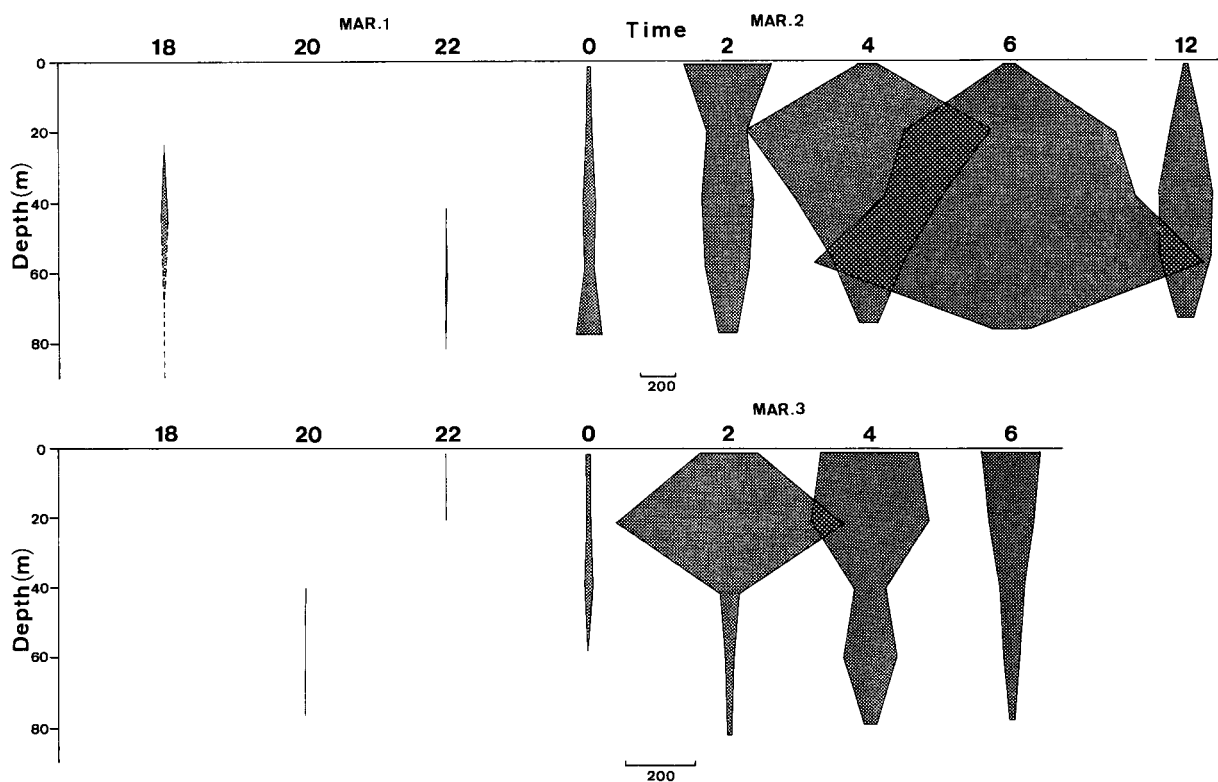


Fig. 6. Vertical distribution of A stage eggs of Japanese sardine sampled by horizontal tows every two hours from 18:00, March 1 to 6:00, March 3. Egg numbers were calculated per 100m³ filtered water volume. Scale indicates 200 individuals.

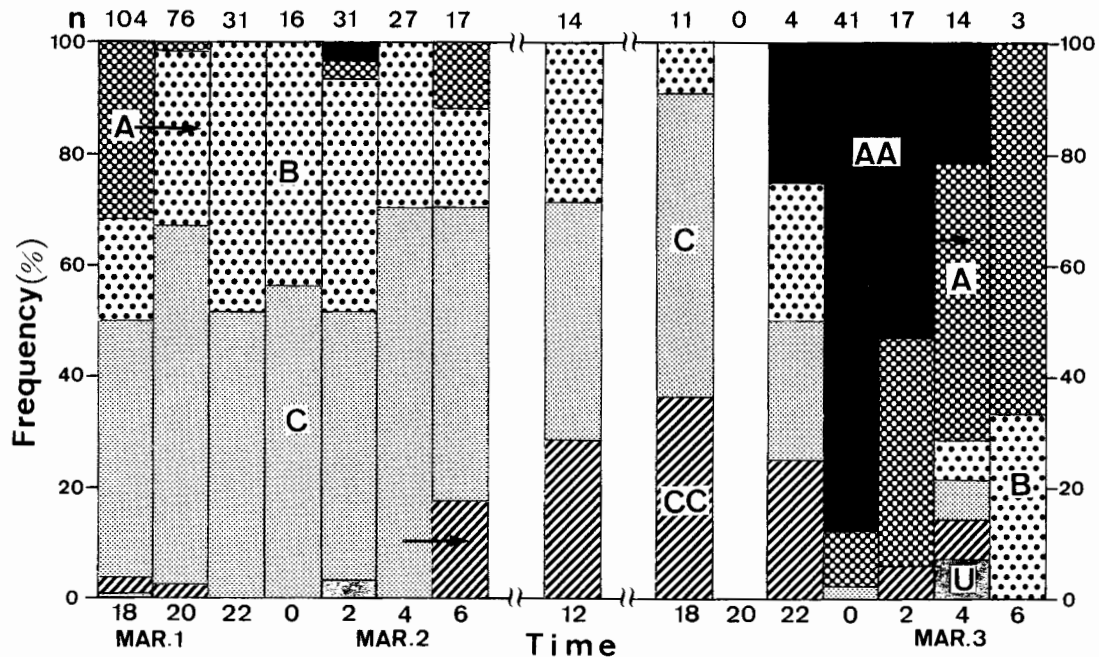


Fig. 7. Frequency (%) of respective stages of Japanese anchovy eggs sampled by intermittent vertical tows. AA (from fertilization to cleavage), A (to attainment of blastoderm to 1/2 of yolk length), B (to detaching of caudal end from yolk), C (to attainment of caudal length to 1/2 of yolk length) and CC (to hatching) indicate the developmental stages. U indicates undefined ones. Arrows show transformation of egg stage. The number above each bar shows egg number collected per haul.

未受精卵が崩壊したと思われる卵は 3月1日22時～2日2時までの3曳網と、2日20時～3日0時までの3曳網だけで採集された。最も多かったのは2日0時の水深80m付近で、次は2日22時の40m付近であった (Fig. 5)。

Fig. 6はA卵の垂直分布を示している。A卵は表層から水深80m付近まで幅広く分布していたが、特に3月2日は4時から6時に、水深20～60m付近に多かった。3日は2時から6時に表層から20m付近に多く分布していた。

カタクチイワシ

鉛直曳網の結果では3月1日から2日にかけての夜にはAA卵はあまり採集されず、2日の2時に少しみられたのみであった。その後のstageであるA卵もわずかししか採集されなかった。しかし、2日から3日の夜には調査地点付近で多くの産卵があった。AA卵は2日22時から3日4時まで採集され、それに続くA卵も多くみられた (Fig. 7)。

水平曳網の結果では、AA卵は3月1日22時に水深40mと60mでやや多くみられた。2日は22時に40mで比較的多く、3日0時には表層から40m付近に非常に多く、2時は20m付近にやや多く分布していた (Fig. 8)。この図からカタクチイワシの産卵中心は

0～20m付近と思われた。また、カタクチイワシにおいてはマイワシにみられたような未受精卵が崩壊したと思われるような卵はほとんど採集されなかった。

Fig. 9はA卵の垂直分布を示している。3月2日には18時に发育の進んだA卵が採集されたが、その後は非常に少なかった。3日には0時に表層で少しみられた後、2時には20m付近で多く採集された。その後4時には表層から20mで多く、6時には表層のみで多く採集された。

考 察

マイワシのAA卵とは、海中に放出されてから囲卵腔が形成されるまでのわずか数10分 (Matsuoka and Konishi, 1996) の間の卵であるため、まとまって採集されることは極めて少ない。Nakai (1962) は囲卵腔のない未受精卵と考えた卵を395,910粒の採集卵中に7粒のみ見出している。このようなAA卵が水深40mと60mで比較的多く採集されたことから、その付近の水深帯が産卵水深であると判断される。1993年3月13日と14日に天草西沖で刺網採集を行ったところ、この水深付近で産卵直後や産卵直前の親魚が多く採集された (松岡, 1997)。その調査では、産卵時刻 (伊東ら, 1954; 松浦, 1992; 森本, 1993; 松岡ら,

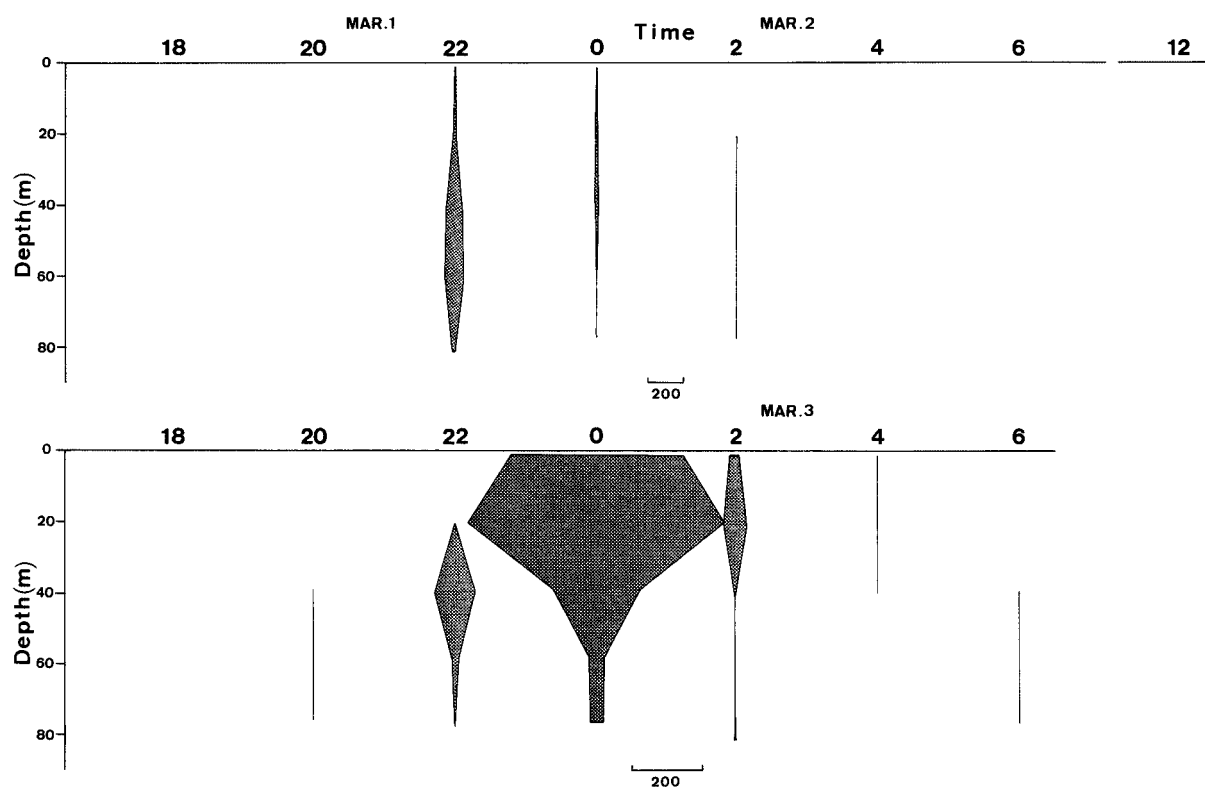


Fig. 8. Vertical distribution of AA stage eggs of Japanese anchovy by horizontal tows sampled every two hours from 18:00, March 1 to 6:00, March 3. Egg numbers were calculated per 100m³ filtered water volume. Scale indicates 200 individuals.

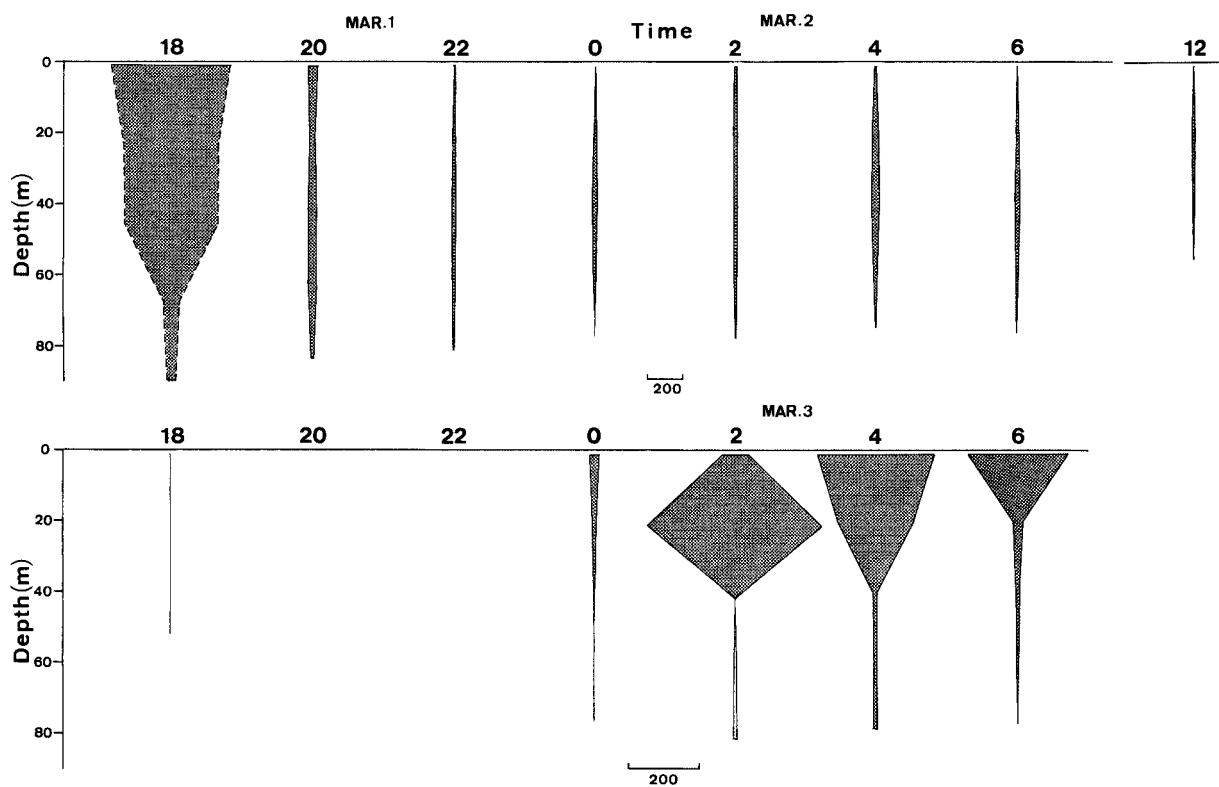


Fig. 9. Vertical distribution of A stage eggs of Japanese anchovy by horizontal tows every two hours from 18:00, March 1 to 6:00, March 3. Dotted lines at 18:00, March 1, shows speculated values because of revolution miss of flow meters. Egg numbers were calculated per 100m³ filtered water volume. Scale indicates 200 individuals.

1998) と考えられる20時~20時30分まで1反の刺網(目合48mm, 全長50m, 網幅10m)を水深35~40mに沈下させた。網幅が10mであるから刺網の網地は35~50mの範囲にあったことになる。その結果13日には143個体, 14日には250個体の親魚が採集された。13日に採集された雌個体のうち, 24.4%が卵巢中に産卵直前の抱水卵や産卵直後の排卵後濾胞を持っていた。14日についても16.7%の個体がこれらの卵や排卵後濾胞を持っていた。すなわち, 35~50mの水深は産卵水深に合致していたものと考えられる。

前述のように, マイワシの産卵水深について西村(1960)は20~23m, 伊東(1961)は最多層は中層(30~50m)にあると推定した。今回の結果は後者に近かった。また, 青木, 村山(1991)は1990年3月の薩南海域におけるマイワシの魚探記録像は10~30m層を中心に現れ, 昼夜による明瞭な分布層の変化は認められなかったと報告している。今回のネット曳網中の魚探記録像では, 魚影は表層から50~60m付近までみられた。従って, 深い層に分布する魚群がマイワシの産卵群である可能性が高いと思われる。

AA卵は, 3月1日22時, 2日20時, 22時, 3日0時の他にもごくわずかながらほとんどの時間帯で採集された(Fig. 4)。マイワシの産卵は極めて短時間にまとまって行われるといわれている(森本, 1993)。これらの卵は実際の産卵時間帯(20~22時頃)に産卵されたものではなく, それらに続く発育段階の卵も採集されなかったことから, 正常に産卵された受精卵ではないものと思われる(AA卵のうち36.7%が20~22時以外で採集された)。あるいは雌の体内に産卵されずに残留していた卵が時としてこぼれ出すといったことがあるのかもしれない。

未受精卵が崩壊したと思われる卵は3月2日0時の水深80m付近で極めて多く採集された。1日22時に水深40m付近を中心に産卵が行われていることから, 産卵後すみやかに沈下したのではないかと考えられる。Iseki and Kiyomoto(1997)はカタクチイワシの死卵が底層に極めて多いと報告している。Matsuoka and Konishi(1996)は本種の人工授精を行い, 未受精崩壊卵が容器の底に沈下することを観察している。2日22時には40m付近でこのような卵がかなり多く採集された。AA卵もこの時刻にこの層で比較的多く採集されていることから, ちょうど産卵直後の様子を捉えたものと思われる。このような発育能力のない崩壊卵が多量に採集されたことはMatsuoka and Konishi(1996)以外には報告されていない。また, 薩南海域以外(九州西海域, 日本海南西部海域)ではこのような卵は観察されていない(松岡, 未発表)。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ていたという。マイワシの寿命について, Tokai Reg. Fish. Res. Lab(1960)によるマイワシの寿命に関する記載によると, 鱗による年令査定では, 高齢魚としては8歳のものがわずかにみられるという。萱野ら(1998)は, キジハタの高齢魚の卵は若齢魚のものに比べて小さく, ふ化仔魚の奇形率も高かったと報告している。一般に高齢魚の卵質は良くないものと考えられるが, 上記の未受精崩壊卵と思われるものはかなり高齢な魚によってもたらされたものではないかと推定される。マイワシが減少した後の産卵調査の結果, 卵自体が少なくなると共に, このような未受精崩壊卵と思われる卵もみられなくなった(松岡, 未発表)。

A卵は3月2日の早朝には水深20~60mに多く, 3日早朝には表層から20m付近で多く採集された。A卵だけでなく全てのステージの卵についてみても同様の傾向があった。小西(1980)は潮岬から薩南海域を調査した結果, マイワシ卵は表層に極めて多く分布し, 50m以深では少ないと報告している。今回の結果ではA卵が水深60m付近で大量に採集され, 小西(1980)の結果とはやや異なっている。また, 3月2日早朝と3日早朝のA卵の分布水深はかなり違いがある。このような卵の分布水深の相違は調査日における海洋環境によるものと思われる。田中(1993)はマイワシの発生初期と中期卵の比重は海水より小さく, 浮上速度は1~2mm/sと報告している。すなわち, 海洋環境が安定した状態では卵は表層に浮上するが, 不安定な場合には60m以深にも分布するものと考えられる。

カタクチイワシのAA卵は表層から水深80mまでみられたが, 最も多く採集されたのは表層と20mであった。従って, この調査時の本種の産卵中心は0~20mと考えられる。前述のように, カタクチイワシの産卵水深について中田, 今井(1981)は水深20m付近, 桑原, 鈴木(1984)は50m前後と報告している。今回の結果はこれらの報告よりさらに浅い層で産卵が行われたことを示している。本調査においては, マイワシの産卵水深は40~60mであり, カタクチイワシよりかなり深い層で産卵が行われていた。松岡ら(1998)はマイワシとカタクチイワシがごく近接して存在する場合には産卵時刻が異なるという調査結果を報告している。本調査の鉛直曳網の結果でも, マイワシAA卵は22時に, カタクチイワシAA卵は22~4時に採集されており, 産卵時刻にずれが認められた。多層同時水平曳網の結果から両種は産卵水深も異にしている例が示された。本観察例は2晩の産卵結果によるものであり, 例数が少ないために確定的な結論に至っていないかもしれない。現在, マイワシは激減した状態にあ

り調査研究も容易ではないが、今後マイワシ資源が増大した場合には産卵水深を含めた産卵生態や初期生態に関する知見がさらに充実されることが望まれる。

謝 辞

本研究は西海区水産研究所に在任中に行ったものである。当研究所漁業調査船「陽光丸」の乗組員諸氏には卵採集にご協力いただいた。当研究所東シナ海漁業資源部浮魚生態研究室長小西芳信博士には本論文の校閲をしていただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

文 献

- 青木一郎, 村山 司, 1991: 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. 水産海洋研究, 55, 93 - 104 .
- Iseki, K. and Kiyomoto, Y., 1997: Distribution and settling of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs at the spawning ground off Changjiang River in the East China Sea. *Fish. Oceanogr.*, 6, 205 - 210 .
- 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. 日水研研報, 9, 1 - 201 .
- 伊東祐方, 渡辺和春, 西村三郎, 笠原昭吾, 1954: 能登海域におけるマイワシの産卵時刻と夜間の行動. 日水研年報, 1, 1 - 16 .
- 萱野泰久, 何 玉環, 原 隆, 福永丈人, 1998: 年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質. 水産増殖, 46, 213 - 218 .
- 小西芳信, 1980: マイワシとウルメイワシの卵・仔魚の垂直分布について. 南西水研研報, 12, 93 - 103 .
- 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. 中央水研研報, 3, 25 - 278 .
- 桑原昭彦, 鈴木重喜, 1984: 若狭湾西部海域におけるカタクチイワシ卵・稚仔魚の鉛直分布の昼夜変化. 日水誌, 50, 1285 - 1292 .
- 松岡正信, 1997: 九州西海域における産卵期のマイワシ卵巣の組織学的観察, 特に排卵後濾胞と産卵周期について(予報). 西水研研報, 75, 45 - 53 .
- Matsuoka, M. and Konishi, Y., 1996: Morphological characteristics of unfertilized eggs of the Japanese sardine, compared with fertilized ones. *Fisheries Sci.*, 62, 855 - 859 .
- 松岡正信, 宮地邦明, 中村保昭, 吳 蓉, 劉 紅斌, 1998: 薩南海域における連続ネット採集結果からみたマイワシおよびカタクチイワシの産卵時刻と卵発生. 西水研研報, 76, 1 - 10 .
- 松浦修平, 1992: マイワシの生殖周期. 浮魚資源 その再生産と加入機構. 月刊海洋, 24, 289 - 294 .
- 森慶一郎, 1988: イワシ類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 .
- 森本晴之, 1993: 土佐湾のマイワシにおける卵母細胞の吸水完了および産卵開始時刻. 日水誌, 59, 7 - 14 .
- Nakai Z., 1962: Studies of influences of environmental factors upon fertilization and development of the Japanese sardine eggs-with some reference to the number of their ova. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9, 109 - 150 .
- 中田尚宏, 今井千文, 1981: 神奈川県城ヶ島沖における魚卵・仔魚の垂直分布について. 神奈川県水試研報, 3, 19 - 27 .
- 西村三郎, 1960: マイワシ発生初期卵群の海中における行動. 日本海洋学会誌, 16, 25 - 35 .
- 田中祐志, 1993: マイワシ卵の比重変化と鉛直移動. 沿岸海洋研究ノート, 31, 17 - 25 .
- Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 1960: Synopsis on the biology of *Sardinops melanosticta* (Temminck and Schlegel). *FAO Fisheries Biology Synopsis*, 11, 213 - 244 .

