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*

森 本 晴 之

(1992 年 4 月 24 日受付)

Time of Maximal Oocyte Hydration and Spawning in the Japanese Sardine in Tosa Bay, Southwestern Japan

Haruyuki Morimoto**

Tosa Bay in southwestern Japan is one of the main spawning grounds for the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* (Temminck et Schlegel). The time of maximal oocyte hydration and that of spawning in Japanese sardine were monitored in Tosa Bay by collecting fish by drift net about once an hour from 1,815 to 2,145 h on 18 November 1990. The water content in oocytes increased significantly until about 2,000 h but remained unchanged thereafter. Similarly, oocyte volume increased until about 2,000 h but remained constant thereafter. The frequency distribution of gonadosomatic index values changed drastically at about 2,100 h, and the total percentage of females with hydrated oocytes and ovulated eggs decreased from 45.9 to 21.8% at this time. These results indicate that the hydration of oocytes in Japanese sardine in Tosa Bay was completed at about 2,000 h and that the spawning started at about 2,100 h.

マイワシ *Sardinops melanostictus* の個体数の変動機構を解明するためには、一回当たりに産出される卵数を示すバッチ産卵数、卵径、卵質、産卵回数および産卵頻度など再生産能力に関する知見が必要とされる。これらについての報告はいくつかみられるが、¹⁻⁵⁾ それらのほとんどは、いまだ推論の域を出ていない。これらの不明な点を明らかにするためには、まず産卵活動の日周リズムを把握すること、特に、何時頃に卵母細胞が吸水を完了して、排卵し、産卵するかを正確に把握する必要がある。

排卵を誘起する一要因と考えられている卵母細胞の吸水過程に関する研究は、イワシ類ではカタクチイワシ *Engraulis mordax*^{6,7)} および *E. japonicus*^{8,9)} についての報告がいくつかあるが、マイワシについては、現在までみられていない。それは、マイワシが飼育下では自然産卵しないためである。^{10), 11)}

マイワシの産卵時刻に関する研究には、定期的に採集した卵の発生 stage を把握し、各 stage に達するまでに

要する時間を水温との関係式から求め、逆算する方法を用いて産卵時刻を推定した報告がある。^{11), 12)} しかし、この方法では、産出された卵の水温履歴を正確に求めなければならない、そのようにして得られた産卵時刻は誤差が比較的大きいと考えられる。しかし、最近、産卵親魚を用いて直接的に産卵時刻を求める方法が導入され、産卵の過程で短時間に分泌される卵成熟誘起ステロイドホルモンの血中量と採集時刻との関係¹⁴⁾ や卵巣の各成熟ステージの出現率と採集時刻との関係¹⁵⁾ から産卵時刻が検討されている。産卵の開始時刻を正確に求めるには、できる限り短い時間間隔で定期的に採集した産卵親魚の卵巣を用いて、卵母細胞の吸水から排卵を経て産卵に至る過程の経時変化を把握する方法が最良と考えられる。

マイワシ成魚を採集する手段には、釣り漁具と網漁具といった2種類の方法があるが、採集した個体の群れ全体に対する代表性の点からみると後者が優れていると言われている。網漁具では、一般にトロール網、巾着網、流し網の3漁具が用いられるが、イワシ類のような増泳

*1 本研究の要旨は、平成3年度日本水産学会春季大会および平成4年度日本水産学会春季大会において発表した。

*2 南海海区水産研究所 (Nansei National Fisheries Research Institute, Sanbashi-dori, Kochi 780, Japan).

*3 白石 学, 藤井一則: 成熟制御システムによるマイワシ産卵条件の解明. 農林水産系生態秩序の解明と最適制御に関する総合研究 (バイオコスモス計画) 平成元年度研究報告, 174-175 (1990).

*4 白石 学: マイワシ親魚の成熟と産卵. 浮魚資源—その再生産と加入機構, 月刊海洋, 24, 284-288 (1992).

*5 松浦修平: 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 (1992).

力の比較的大きな魚種では、特に産卵期雌魚を採集する時、トロール網や巾着網を用いると、産卵直前の雌の過大サンプリングが生じるといわれている。¹⁸⁻¹⁹⁾ それは卵母細胞の吸水によって雌親魚の曳網回避能力が減少することが原因の一つであるとされている。しかし、流し網の場合、曳網という操作がないため、回避能力の違いによる過大サンプリングは、トロール網や巾着網に比べて生じにくいと考えられ、採集した個体の個体群への代表性は比較的高いと考えられる。

本研究では、産卵期に一定時間間隔で流し網によって採集した雌成魚を用いて、その卵巣の水分含有率、生殖腺体重比組成や吸水した卵母細胞をもつ雌（以下、吸水雌; female with hydrated oocytes）および排卵した卵をもつ雌（以下、排卵雌; female with ovulated eggs）の個体数の雌全個体数に占める割合の経時変化を調べ、卵母細胞の吸水完了および産卵開始時刻に関する知見を得たので報告する。

実験方法

1990年11月18日に、高知県調査船土佐海洋丸（48トン）を用いて、土佐湾中央部（Fig. 1）において、マイワシ成魚を採集した。採集には高さ10m、浮子側の長さ30mの流し網を用いた。また、用いた流し網は、採集個体のサイズに偏りが生じないようにするため、網目の大きさが38mm、43mmおよび48mmの網地を横方向に繋ぎ合わせたものであった。

採集回数は合計4回で、18時15分、19時5分、20時10分および21時10分に投網し、浸漬時間は各

Fig. 1. Sampling location of Japanese sardines. Closed circle, sampling location; dotted line, 200 m depth contour.

々30分間とした。魚群探知機による映像から、魚群が表層から水深60mにかけてはほぼ均一に分布していたと考えられたため、入網水深は10~40mの間に設定した。

採集したマイワシ成魚は採集時刻別に氷蔵して持ち帰り、雌魚を対象として、被鱗体長、体重（BW）および卵巣重量（GW）を測定し、生殖腺体重比（ $GSI = (GW/BW) \times 100$ ）を算出した。また、採集後10時間以内に卵巣を摘出し、その一部を5%ホルマリンで固定し、残りは常圧加熱乾燥法による水分含有率の測定に供した。また、鱗によって年令を査定した。

吸水した卵母細胞および排卵した卵を保有する卵巣の5%ホルマリン固定試料を用いて、測微計測装置を装着した実体顕微鏡により吸水した卵母細胞の細胞質径を測定した。ここで一般に、吸水し、透明化した卵は、ほぼ卵黄からなる細胞質を取り囲む細胞膜が卵膜に密着し、卵径=卵黄径とされるが、今回用いた吸水した卵母細胞は、5%ホルマリン固定処理によって卵膜が細胞質から若干遊離し、卵膜と細胞質が実体顕微鏡下で識別できたため、細胞質径を卵黄径とみなして測定した。細胞質径は長径と短径を測定し、卵母細胞が回転楕円体であると仮定して卵母細胞の体積を求めた。なお、計測は一つの卵巣につき約50個の卵母細胞について行った。

卵巣が吸水した卵母細胞および排卵した卵を保有することは、母体から採取する時に行った肉眼観察と5%ホルマリン固定卵巣の実体顕微鏡による観察ならびに水分含有率の測定を併用して決定した。水分含有率が89%前後の卵巣が吸水した卵母細胞を保有することは、本研究とは別に、1989年11月および1990年1月に採集した雌親魚のブロン固定した卵巣を用いて、組織学的検討によって確認されている。^{*8}

結果

採集尾数と体長・体重・年令組成 採集した雌マイワシ成魚の尾数は169尾であった。採集時刻毎にみると18時台、19時台、20時台および21時台でそれぞれ、17尾、81尾、48尾および23尾であった。採集時刻毎の雌成魚の被鱗体長組成および体重組成をそれぞれFig. 2, Fig. 3に示した。被鱗体長は、総採集試料では17.6~22.2cmの範囲で、0.5cm間隔の度数分布におけるモードが19.0~19.5cmであった。また、被鱗体長組成は、18時台のものを除き採集時刻によって大きな違いはなかった。体重は、総採集試料では55.3~153.7gの範囲で、10g間隔の度数分布におけるモードが80~

*8 森本晴之、石田 実、玉井恭一、齋藤 勉、樺田 晋：マイワシ成魚の栄養状態と再生産機能の関係解明、農林水産系生態秩序の解明と最適制御に関する総合研究（バイオコスモス計画）平成2年度研究報告、176-177（1991）。

Fig. 2. Scaled body length frequency distributions for female Japanese sardines from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990.

The upper values in the figure indicate the time of sampling.

90 g であった。また、体重組成は、採集時刻によって大きな違いはなかった。年令組成は、1 歳、2 歳、3 歳および 4 歳以上がそれぞれ 8%、29%、50% および 13% を占めた。

GSI と卵巣水分含有率の関係 採集した雌成魚 169 個体のうち 154 個体の GSI と卵巣水分含有率の関係を Fig. 4 に示した。なお、残りの 15 個体の卵巣は、重量が 1 g 未満と少量であったために水分含有率測定が困難であった。GSI は 1.1 から 15.6 の範囲で、卵巣水分含有率は 66.2% から 91.6% の範囲であった。そして、卵巣の水分含有率は、GSI が 4 以下では大部分 80% 以下で、GSI が 4 から 6 の間は 70% 前後もしくは 89% 前後で、GSI が 6 以上では 89% 前後と高い値を示した。水分含有率が約 80% 以下の卵巣は、成熟過程の卵巣、もしくは産卵後の卵巣であり、89% 前後の卵巣は吸水中の卵母細胞や吸水を完了した卵母細胞、もしくは排卵した卵を保有する卵巣であった。

Fig. 3. Weight frequency distributions for female Japanese sardines from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990.

The upper values in the figure indicate the time of sampling.

Fig. 4. Water content in ovaries of female Japanese sardines sampled from Tosa Bay, southwestern Japan in November 1990 in relation to gonadosomatic index (GSI). GSI, 100 (weight of ovary/total body weight).

GSI の頻度分布およびその経時変化 採集した雌成魚の GSI の頻度分布を Fig. 5 に示した。この図では卵巣を最も成熟の進んだ卵母細胞の状態から、①吸水中の

Fig. 5. Frequency distribution of gonadosomatic index (GSI) values for female Japanese sardines sampled from Tosa Bay, southwestern Japan in November 1990.

The histogram representing the frequency of GSI values is subdivided to show the frequency of ovaries before hydration (open area), under hydration (striped area), after ovulation (solid area), and under spawning (stippled area). GSI, 100 (weight of ovary/total body weight).

卵母細胞を保有しない卵巣、②吸水中の卵母細胞を保有する卵巣、③排卵した卵を保有する卵巣および④産卵中の卵巣（僅かに排卵した卵母細胞を保有する卵巣）の4群に識別して示した。ヒストグラムの形状は2峰型を示し、GSIが2以上3未満と10以上11未満にモードがあり、GSIが6~8の個体の割合は極めて低かった。そして、GSIと卵巣の成熟状態の関係をみると、吸水中の卵母細胞を保有しない卵巣はGSIが0~6の範囲に、吸水中の卵母細胞を保有する卵巣はGSIが6~14の範囲に、排卵した卵を保有する卵巣はGSIが4~15の範囲に、および産卵中の卵巣はGSIが1~4の範囲にみられた。

次に、GSIの頻度分布の経時変化をFig. 6に示した。この図においても、卵巣を最も成熟の進んだ卵母細胞の状態から、Fig. 5と同様に4群に識別して示した。吸水中の卵母細胞もしくは排卵した卵を保有する雌で主に構成されるGSIが6以上の個体の割合は、18時台、19時台、20時台および21時台の採集個体で、それぞれ59%、52%、44%および17%と経時的に低くなり、21時台の採集個体ではその割合が著しく低下した。そして、これらGSIが6以上の個体の卵巣の成熟状態は、21時前後で大きく変化し、21時以前の採集個体では吸水中の卵母細胞を保有する卵巣が比較的多くみられたが、21時台の採集個体では吸水中の卵母細胞を保有する卵巣はみられず、排卵した卵を保有する卵巣のみが観察された。

一方、GSIが1以上2未満の個体の割合は、18時台、19時台、20時台および21時台の採集個体で、それぞれ0%、6%、13%および39%で、21時台の採集個体ではその割合が著しく高くなった。そして、これらの卵

Fig. 6. Frequency distributions of gonadosomatic index (GSI) values for female Japanese sardines from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990.

The upper values in the figure indicate the time of sampling. The sets of histograms representing the frequency of GSI values are subdivided to show the frequency of ovaries before hydration (open area), under hydration (striped area), after ovulation (solid area), and under spawning (stippled area). GSI, 100 (weight of ovary/total body weight).

巣の成熟状態は、21時前後で大きく変化し、21時台の採集個体では産卵中の個体の割合が著しく高くなった。この傾向はGSIが2以上3未満の個体についても同様であった。このように、GSIの頻度分布は21時を境として有意に変化した ($P < 0.05$, U-検定)。

吸水雌および排卵雌の個体数の雌全個体数に占める割合の経時変化 吸水雌および排卵雌の個体数の雌全個体数に占める割合の経時変化をTable 1に示した。吸水雌の割合は18時台、19時台、20時台および21時台の採集個体でそれぞれ47.1% (17個体中8個体)、45.7% (81個体中37個体)、27.1% (48個体中13個体) および0% (23個体中0個体) で、20時以降に低くなった。排卵雌の割合は、18時台、19時台、20時台および21時台の採集個体でそれぞれ5.9% (17個体中1個体)、6.2% (81個体中5個体)、18.8% (48個体中9個体) および21.7% (23個体中5個体) で、20時以降に高く

Table 1. Percentage of female Japanese sardines with hydrated oocytes and ovulated eggs from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990

Time	Females with hydrated oocytes (%)	Females with ovulated eggs (%)	Total no. of females
1815–1845	47.1	5.9	17
1905–1935	45.7	6.2	81
2010–2040	27.1	18.8	48
2110–2140	0	21.7	23

なった。そして、吸水雌と排卵雌を合計した割合は、18 時台、19 時台および 20 時台の採集個体では、それぞれ 53.0%、51.9% および 45.9% と若干低下したが、大きな変化は見られなかった。しかし、21 時台の採集個体ではその割合が 21.7% と急激に低下した。

一方、GSI が低いにもかかわらず卵巣中に排卵した卵を僅かながら保有する個体、すなわち産卵中の個体の雌全個体数に占める割合は、18 時台、19 時台、20 時台および 21 時台の採集個体でそれぞれ 0% (17 個体中 0 個体)、2.5% (81 個体中 2 個体)、6.3% (48 個体中 3 個体) および 30.4% (23 個体中 7 個体) で、21 時以降に著しく高くなった。

吸水過程にある卵母細胞を保有する卵巣の水分含有率の経時変化 吸水過程にある卵母細胞を保有する卵巣の水分含有率が採集時刻によってどの程度異なるかどうかを調べ、Table 2 に示した。なお、ここでの卵巣には、排卵した卵をもつ卵巣も含む。18 時台、19 時台、20 時台および 21 時台に採集した個体の卵巣水分含有率は、それぞれ $86.9 \pm 1.0\%$ 、 $88.4 \pm 1.3\%$ 、 $89.4 \pm 0.9\%$ および $89.1 \pm 0.7\%$ で、20 時台に採集した個体の卵巣水分含有率は 18 時台および 19 時台のそれらに比べて、有意に高かった (それぞれ $P < 0.001$, $P < 0.005$, t -検定)。そして、20 時台と 21 時台に採集した個体の卵巣水分含有率には有意差が見られなかった。このことから、卵母細胞の吸水は 20 時前後まで進行し、20 時前後に完了したと考えられた。

吸水過程にある卵母細胞中の卵黄体積の経時変化 吸水過程にある卵母細胞中の卵黄体積の経時変化を Table 3 に示した。なお、ここでの卵巣には、排卵した卵をもつ卵巣も含む。18 時台、19 時台、20 時台および 21 時台に採集した個体の吸水過程にある卵母細胞中の卵黄体積は、それぞれ $3.72 \pm 0.52 \times 10^{-1} \text{ mm}^3$ 、 $3.99 \pm 0.49 \times 10^{-1} \text{ mm}^3$ 、 $4.52 \pm 0.52 \times 10^{-1} \text{ mm}^3$ および $4.38 \pm 0.36 \times 10^{-1} \text{ mm}^3$ で、20 時台に採集した個体の吸水過程にある卵母細胞中の卵黄体積は、18 時台および 19 時台の採集個体のそれらに比べて、有意に大きかった (共に $P < 0.001$,

Table 2. Water content of the ovaries in Japanese sardine females with hydrated oocytes and ovulated eggs from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990

Time	Water content of ovaries (%)	Total no. of ovaries
1815–1845	86.9 ± 1.0	9
1905–1935	88.4 ± 1.3	42
2010–2040	89.4 ± 0.9	22
2110–2140	89.1 ± 0.7	5

Values of water content are given as mean $\pm$ S.D.

*1 $P < 0.001$, *2 $P < 0.005$ (t -test).

Table 3. Yolk volume of hydrated oocytes and ovulated eggs in the ovaries of female Japanese sardines from Tosa Bay, southwestern Japan sampled at different times of day in November 1990

Time	Yolk volume ($\times 10^{-1} \text{ mm}^3$)	Total no. of ovaries
1815–1845	3.72 ± 0.52	9
1905–1935	3.99 ± 0.49	42
2010–2040	4.52 ± 0.52	22
2110–2140	4.38 ± 0.36	5

Values of yolk volume are given as mean $\pm$ S.D. of 50 oocytes or eggs of each ovary. * $P < 0.001$ (t -test).

t -検定)。そして、20 時台と 21 時台に採集した個体間では有意差が見られなかった。そして、この吸水過程にある卵母細胞の卵黄体積の増加傾向は卵巣の水分含有率の増加傾向とよく一致した。

考 察

マイワシの産卵時刻について、伊東ら¹¹⁾は、能登半島近海で採集した卵の発生 stage、採集時刻および発生速度から、20 時から 24 時の間で、特に集中的に産卵が行われるのは 20 時から 22 時までの時間帯であると推定している。California sardine *Sardina caerulea* においても、同様の方法で、産卵は 20 時から 24 時の 4 時間に限られていると報告されている。¹²⁾ 最近、白石¹⁴⁾ は、産卵親魚を用いて内分泌学的に産卵時刻を推定し、薩南海域で採集したマイワシでは、最終成熟・排卵から産卵の過程で短時間に分泌される卵成熟誘起ステロイドホルモンの血中量が 20 時から 23 時の間に高くなり、本海域におけるマイワシの産卵時刻は 20 時から 23 時の間であると推定している。また、松浦¹⁵⁾ は、同海域におけるマイワシの産卵時刻について、3~4 時間間隔で採集した産卵親魚の各成熟ステージの出現率の変化から、20 時から 23 時の間であると推定している。本研究では、産卵時刻を直接的に求める手法の 1 つとして、採集した産卵

期成魚の GSI の頻度分布の経時変化や吸水雌および排卵雌の個体数の雌全個体数に占める割合の経時変化を指標として用いた。そして、19 時 5 分から 19 時 35 分の間に採集した試料と 20 時 10 分から 20 時 40 分の間に採集した試料とで、両指標が若干変化し、20 時台に産卵を行った個体もわずかながらみられたと考えられるが、20 時 10 分から 20 時 40 分の間に採集した試料と 21 時 10 分から 21 時 40 分の間に採集した試料とで両指標が大きく変化したことは、産卵がその間の 21 時前後の極めて短時間に大規模に開始されたことを示すと考えられる。また、GSI が低いにもかかわらず卵巣中に排卵した卵を僅かながら保有する個体、すなわち産卵中の個体の割合が 21 時以降に急激に高くなったことは、そのことを裏付けられると思われる。このように、マイワシが極めて短時間に群れとしてまとまって産卵することは、流れの比較的強い環境下において、受精の成功率を高める戦略の一つと考えられる。

この 21 時という産卵開始時刻は、伊東らの推定した産卵時間帯である 20 時から 24 時および白石や松浦の推定した 20 時から 23 時の間にあてはまったが、伊東らの調査が日本海で 5 月に、白石や松浦の調査が薩南海域で 2~3 月に、今回の調査が土佐湾で 11 月に行われたことを考慮すると、マイワシの産卵時刻は地域的・時期的にあまり影響されず、種固有のものであると推察される。しかし、カタクチイワシの場合、産卵時刻の決定は明期の終了時刻に係わっていることが知られている。^{8,9)} この点については、マイワシでは現在まで不明であり、今後、明期の終了時刻が異なる採集日の個体を用いて検討する必要がある。また、伊東らの調査が 1950 年代でマイワシ資源の低水準期で行われ、著者の調査や白石、松浦の調査が近年の資源高水準期で行われたことを考慮すると、産卵時刻は資源水準に関係のないものと思われる。

最終成熟とともに起こる吸水は、卵母細胞が卵巣薄板から卵巣腔に離脱する、いわゆる排卵を誘起する一要因であることが知られている。¹⁸⁻¹⁸⁾ 吸水が完了し、排卵された卵が、産卵されるまで体内に保持される時間は魚種によって大きく異なることが知られている。ニジマス *Oncorhynchus mykiss* では排卵後 1~2 週間体内に保持され、¹⁹⁾ 18~20 日後でも正常な卵が産出されるという。²⁰⁾ アユ *Plecoglossus altivelis*²¹⁾ やマコガレイ *Pleuronectes yokohamae*¹⁸⁾ では 1~2 日、マダイ *Pagrus major* では、3 時間程度とされている。^{22),*7)} イワシ類では、カタクチイワシについての報告があり、吸水過程を完了し、排卵してから、産卵するまでに要する時間が極

めて短いことが知られているが、^{8,9)} その保持時間については報告されていない。マイワシにおいては、今回の結果、すなわち吸水過程にある卵母細胞を保有する卵巣の水分含有率の経時変化から、卵母細胞の吸水は 20 時前後に完了したと考えられ、また、産卵開始時刻が 21 時前後であったことから、吸水過程を完了してから産卵するまでに要する時間が約 1 時間であると考えられた。このように、マイワシは、吸水を完了してから排卵を経て産卵するまでの時間が他魚種に比べて短かいことが伺えた。これまでに、産卵適水温が高い魚種ほど、排卵後速やかに産卵しないと発卵率の低下が起こることが知られている。²³⁾ 今回マイワシ産卵親魚を採集した海域の魚群分布水深の水温は 21.8°C で、ニジマスやアユの産卵適水温とされている 10~12°C および 15~16°C に比べ高温であったため、吸水を完了し、排卵後、速やかに産卵したのかもしれない。そして、このことは、11 月の土佐湾におけるマイワシの場合、吸水完了個体や排卵個体を採集できる時間が非常に短いことを示している。

吸水完了個体や排卵個体を採集することは、卵径やバッチ産卵数などの再生産能力を求め、それらを比較する研究において重要である。

一般に魚類では、放卵された時の卵サイズが大きければ、その孵化仔魚の索餌能力や飢餓に耐える力が大きいとされており、²⁴⁾ 大西洋ニシン *Clupea harengus* では卵サイズと孵化時の仔魚の体長や前期仔魚時の成長量の間に正の相関関係があることが知られている。²⁵⁾ 今回の結果では、卵黄体積は吸水過程においては有意に増加し、吸水が完了すると一定となった。一般に、硬骨魚類では、卵母細胞の容積や湿重量は吸水によって 3~4 倍に増えるが、²⁶⁾ その乾燥重量は吸水前後でほとんど変化しないこと^{27,28)} が知られている。また、マコガレイにおいては、卵母細胞の吸水量は卵黄球の吸水量にほぼ等しいとされている。²⁹⁾ したがって、今回観察された吸水過程における卵黄体積の増加は栄養物が供給されたためではなく、単に卵黄が水分を吸収して膨張したものと考えるのが妥当であるが、卵黄の大きさと孵化仔魚の成長量や飢餓耐性との関係を検討する時、卵黄の大きさの増加が停止した、吸水完了の個体を用いることは必須と考えられる。

そして今回、吸水過程にある卵母細胞を保有する卵巣の水分含有率が採集時刻の経過とともに増加し、89%前後で一定になったことは、マイワシにおいては、卵母細胞の吸水完了および卵黄の体積増加の停止を知る手法として卵巣の水分含有率を測定することは、簡単かつ有効であり、その指標として水分含有率 89% を用いること

*7 松浦修平、松山倫也、藤井敏彦、大内康敬、角 建造：連続採集法により推定したマダイ卵巣の日周成熟リズム、昭和 59 年度福岡水産試験場研究業務報告、125-130 (1984)。

ができると考えられる。

吸水雌や排卵雌を採集することは、多回産卵魚のバッチ産卵数⁸⁰⁾や産卵頻度⁸¹⁾を推定する時に有効であることが知られている。今回採集した雌成魚において、卵巣の水分含有率が 89% 前後に達して、卵母細胞の吸水をほぼ完了したと考えられる個体の GSI が、4.5 から 15.6 の幅をもった。このことから、バッチ産卵数の個体差は、かなり大きいものであることは予想され得る。また、多回産卵魚の天然の個体群における産卵頻度を求める方法の一つとして、吸水雌および排卵雌の個体数の雌全個体数に占める割合から産卵頻度を定量的に推定するという方法がある。⁸¹⁾ 例えば、吸水雌および排卵雌の個体数の雌全個体数に占める割合が 20% ならば、産卵は 5 (=100/20) 日に 1 回行われるという理論である。この方法によると本研究のマイワシ個体群では、その割合が約 50% であったことから、産卵が 2 日に 1 回行われることになる。しかし、もしそうなら、卵母細胞が吸水していない残りの 50% の雌の卵巣の成熟状態の足並が揃っていなければならないが、実際には、GSI 組成や卵巣水分含有率からみて、それら卵巣の成熟状態は様々であった。このことから、マイワシ産卵群は約半数が同調的に産卵するが、日によって産卵する雌の割合が大きく異なると予想される。したがって、マイワシの産卵頻度を正確に求めるためには、産卵期間中に同一個体群を対象に何日にもわたる連続した採集調査が必要である。

謝 辞

本研究の遂行およびとりまとめにあたり有益な助言と議論を頂いた、南西海区水産研究所小坂 淳博士、花岡 藤雄氏 (1992. 3. 退官)、小西芳信氏 (現西海区水産研究所)、広田祐一博士、石田 実氏、玉井恭一博士に、また、数々の分析において、御協力を頂いた同研究所吉本 淳氏に感謝の意を表する。また、マイワシ成魚採集調査に御協力いただいた高知県水産試験場 窪田 敏文 場長 (1991. 3. 退官)、松木征史氏並びに米田 実氏、高知県土佐海洋丸沖浜和人船長をはじめ乗組員の方々に心から御礼申し上げる。本研究の一部は科学技術庁科学技術振興調整費重点基礎研究の一環として行われた。記して関係各位に御礼申し上げる。

文 献

- 1) F. N. Clark: Maturity of the California sardine (*Sardina caerulea*), determined by ova diameter measurements. *Calif. Div. Fish Game, Fish Bull.*, **42**, 1-49 (1934).
- 2) 浅見忠彦: イワシ類の卵巣卵に関する研究. 日本誌, **19**, 398-404 (1953).
- 3) 石田力一, 鶴川正雄, 有田節子: マイワシ *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel) の産卵回数について(予報). 北水研報, **20**, 139-144, 2PLS (1959).
- 4) 伊東祐方: 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日

- 水研報, **9**, 143-161 (1961).
- 5) 宇佐美修造: 日本産マイワシ *Sardinops melanosticta* (T. & S.) の再生産力—I. 日本海大羽マイワシの卵径組成からみた成熟と卵数. 東海水研報, **38**, 1-30, 1 PL (1964).
- 6) J. R. Hunter and B. J. Macewicz: Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, **21**, 139-149 (1980).
- 7) J. R. Hunter and R. Leong: The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull., U. S.*, **79**, 215-230 (1981).
- 8) 篠田義成: III. 成熟・産卵リズム 8. カクチイワシ. 海産魚の成熟・産卵リズム (日本水産学会編) 水産学シリーズ 85, 恒星社厚生閣, 東京, 1991, pp. 101-112.
- 9) 篠田義成: カクチイワシの成熟・産卵と再生産力の調節に関する研究. 水工研報, **13**, 129-168 (1992).
- 10) M. Matsuyama, S. Adachi, Y. Nagahama, C. Kitajima, and S. Matsuura: Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*: relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. *Mar. Biol.*, **108**, 21-29 (1991).
- 11) 伊東祐方, 渡辺和春, 西村三郎, 笠原昭吾: 能登海域におけるマイワシの産卵時刻と夜間行動. 日本水研報, **1**, 1-16 (1954).
- 12) E. H. Ahlstrom: Studies on the Pacific pilchard or sardine (*Sardinops caerulea*) 4. Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. *U. S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept.*, **23**, 1-26 (1943).
- 13) J. R. Hunter and S. R. Goldberg: Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull., U. S.*, **77**, 641-652 (1980).
- 14) G. D. Stauffer and S. J. Picquelle: Estimate of the spawning biomass of the northern anchovy central subpopulation for the 1980-81 fishing season. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, **22**, 8-13 (1981).
- 15) J. Alheit, V. H. Alarcon, and B. J. Macewicz: Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis rigens*. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, **25**, 43-52 (1984).
- 16) 広瀬慶二: 魚類の排卵の内分泌支配. 東海水研報, **74**, 67-81 (1973).
- 17) K. Hirose, T. Hirano, and R. Ishida: Effects of salmon gonadotropin on ovulation in the ayu, *Plecoglossus altivelis*, with special reference to water balance. *Comp. Biochem. Physiol.*, **47A**, 283-289 (1974).
- 18) 尾城 隆, 日比谷 京: 完熟に伴うマコガレイ卵母細胞の吸水と濾胞破裂の促進について. 日本誌, **47**, 835-841 (1981).
- 19) 酒井 清, 野村 稔, 降島忠夫, 大渡 斉: ニジマス卵の過熟現象について—II 過熟過程における発眼率, 孵化率および異常稚魚出現率の変化. 日本誌, **41**, 855-860 (1975).
- 20) 野村 稔, 酒井 清, 降島忠夫: ニジマス卵の過熟現象について—I. “過熟卵”の形態ならびに出現時期. 日本誌, **40**, 977-984 (1974).
- 21) K. Hirose, R. Ishida, and K. Sakai: Induced ovulation of ayu using human chorionic gonadotropin (HCG), with special reference to changes in several characteristics of eggs retained in the body cavity after ovulation. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 409-416 (1977).
- 22) M. Matsuyama, S. Adachi, Y. Nagahama, and S. Matsuura: Diurnal rhythm of oocyte development and plasma steroid hormone levels in the female red sea bream, *Pagrus major*, during the spawning season. *Aquaculture*, **73**, 357-372 (1988).
- 23) 酒井 清: V. 産出卵の卵質評価 10. 淡水魚. 魚類の成熟と産卵—その基礎と応用 (日本水産学会編), 水産学シリーズ 6, 恒星社厚生閣, 東京, 1974, pp. 100-112.
- 24) 川崎 健: 浮魚資源, 新水産学全集 9, 第 1 版, 恒星社厚生閣, 東京, 1982, pp. 141-151.
- 25) J. H. S. Blaxter and G. Hempel: The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J. du. Cons.*,

- 28, 211-240 (1963).
- 26) T. W. Fulton: On the growth and maturation of the ovarian eggs of the teleostean fishes. *Annu. Rep. Fish. Board Scotl.*, **16**, 88-124 (1898).
- 27) F. LeClus: Dry mass yolked oocytes of the South West African pilchard *Sardinops ocellata* in relation to maturity stages and spawning cycles, 1972-1974. *Investl. Rep. Sea Fish. Brch. S. Afr.*, **119**, 1-29 (1979).
- 28) M. S. Greeley Jr, H. Hols and R. A. Wallace: Changes in size, hydration and low molecular weight osmotic effectors during meiotic maturation of *Fundulus* oocytes *in vivo*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **100A**, 639-647 (1991).
- 29) 尾城 隆, 日比谷 京: マコガレイ卵母細胞の完熟過程で起こる卵黄球の融合・溶解と吸水現象との関係について. 日本誌, **47**, 1123-1130 (1981).
- 30) J. R. Hunter, N. C. H. Lo, and R. J. H. Leong: Batch fecundity in multiple spawning fishes, in "An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*" (ed. by R. Lasker), *U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS*, **36**, 67-77 (1985).
- 31) J. R. Hunter and B. J. Macewicz: Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes, in "An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*" (ed. by R. Lasker), *U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS*, **36**, 79-94 (1985).