

## 伊豆諸島海域におけるマサバ (*Scomber japonicus*) の成熟と産卵

山田朋秀\*<sup>1</sup>・青木一郎\*<sup>1</sup>・白石 学\*<sup>2</sup>・三谷 勇\*<sup>3</sup>

### Maturation and spawning of the Japanese chub mackerel, *Scomber japonicus*, in the sea area of Izu Islands.

Tomohide YAMADA\*<sup>1</sup>, Ichiro AOKI\*<sup>1</sup>, Manabu SHIRAIISHI\*<sup>2</sup>, and Isamu MITANI\*<sup>3</sup>

#### Abstract

In order to clarify the maturation and spawning, the female chub mackerel, *Scomber japonicus*, were sampled during the spawning season in the sea area of Izu Islands from 1993 to 1995. The maturation and spawning characteristic of females were estimated with histological observation and the sex plasma steroid hormone levels by radio immuno assay methods (RIA). Females with postovulatory follicles were detected on females with tertiary yolk globule and migratory nucleus oocytes. This results indicated that the maturation to the next spawning progressed soon. Among 273 females, 19 females spawned almost every day. The plasma estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>) level increased from primary yolk globule oocyte stage and had a peak at tertiary yolk globule oocyte stage. The E<sub>2</sub> level of females with postovulatory follicles was high. We supposed that keeping of high E<sub>2</sub> level after ovulation was characteristic of chub mackerel.

#### 1. 序論

日本近海のマサバ資源は1970年代には資源の高水準期を形成し100万トン以上の好漁が続いていた。しかし、その後1980年代に入ると減少に転じ、近年は低水準で横ばい傾向で推移している。

マサバの資源変動の要因としては様々な説がある。代表的なものとしては次の3つがあげられる。1) 人為的要因: まき網船などによる漁獲努力の増加に伴い産卵親魚群の加入が減少する(川崎, 1971)。2) 環境

変動: 日本近海の親魚資源尾数の減少や産卵量の急減は、卵から幼魚期に至る過程で、産卵場である島まわりや索餌水域の環境条件の傾向的な悪化(産卵水域の傾向的な低温化や親潮接岸分枝の強勢など)に深いかわり合いがある(宇佐美, 1973)。また、カルフォルニア海域における北米のマサバ個体群の仔稚魚の生残率は、エルニーニョ現象と関連していた(SINCLAIR *et al.*, 1985)。3) 種間競合: マイワシやサンマなど他のプランクトン食性浮魚類との餌の競合(ROUGHGARDEN, 1983; KAWASAKI, 1992)。しかし、これらの説は具体的資料に基づいて証明されたわけではなく、現在のところ推測の域をでていない。

マサバの資源変動機構の理解および適切な資源評価と管理を行うためには、マサバ親魚の産卵生態の理解が不可欠である。現在までに、組織学的手法からアメリカ西海岸のマサバの産卵頻度、産卵数(DICKERSON

1996年8月8日受理

\*<sup>1</sup> 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Nakano, Tokyo 164, Japan.

\*<sup>2</sup> 養殖研究所 National Research Institute of Aquaculture, Nansei, Watarai, Mie 516-01, Japan

\*<sup>3</sup> 神奈川県水産総合研究所相模湾試験場 Kanagawa Prefectural Fishery Experimental Station, Odawara, Kanagawa 250, Japan

*et al.*, 1992), 伊豆諸島海域のマサバの産卵時刻, 産卵数, 産卵頻度 (YAMADA *et al.*, submitted), そして産卵期 (村山ほか, 1995) が明らかになっている。

本研究では, マサバの資源水準の評価に卵数法, 特に daily egg production method (DEPM) (ALBERT, 1993) を適用する際の基礎資料を得ることと, 太平洋系群の産卵動態を解明するために, 1993年から1995年の伊豆諸島海域において産卵期のマサバを採集し, 組織学的手法と性成熟に関するホルモン血中濃度の測定から卵巣の成熟状態を把握し, 本種の産卵特性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 材料と方法

### (1) サンプルング

1993年2月から5月および1995年4月から5月にかけて, 神奈川県水産試験場の調査船江ノ島丸 (99 t) と神奈川県のサバ釣り漁船により, 伊豆諸島海域で成熟した雌のマサバを釣りとタモ抄いにより夜間 (18~4時) に採集した。また, 1994年3月, 4月および6月に, 東京大学海洋研究所研究船白鳳丸 (3987 t) と同研究船淡青丸 (470 t) により, 伊豆諸島海域で成熟した雌のマサバを流し刺し網 (目合75mm) と釣りにより夜間 (17~3時) 採集した。

### (2) 魚体測定

1993年と1995年のサンプルは船内で冷蔵保存し, 神奈川県水産試験場に持ち帰り全長, 尾叉長 (mm), 体重 (0.1g) を測定した。その後卵巣を摘出し, 卵巣重量 (0.1g), 卵巣除去重量 (0.1g) を測定した。測定後卵巣を10%ホルマリン溶液で固定した。

1994年では, 白鳳丸と淡青丸で採集した個体は船内で全長, 尾叉長 (mm) の測定を行った。そして測定後卵巣を取りだし, 10%ホルマリン溶液で固定した。魚体は船内で冷凍保存し, 研究室に持ち帰り, 解凍後卵巣除去重量 (0.1g) を測定した。卵巣重量 (0.1g) の測定も下船後研究室で行った。

1993年の調査では合計227個体, 1994年は合計42個体, 1995年は4個体の成熟した雌のマサバを採集した。1993年に採集した雌の平均尾叉長は381mm, 1994年は328mm, 1995年は344mmであった。

個体の成熟度の指数としてGSI (Gonad somatic index) を以下の式で求めた。

$$GSI = (\text{Gonad Weight (g)} / \text{Somatic Weight (g)}) \times 100$$

### (3) 組織学的観察

ホルマリン固定した卵巣の一部を切除し, パラフィン包埋を行い組織切片を作成後, ヘマトキシリン・エオシン染色を施して光学顕微鏡で観察した。また, 卵巣の部位により成熟度と排卵後ろ胞の新旧に差がないかどうかを調べるために予備的観察を行った。任意の12個体の卵巣の右前部, 右中央部, 右後部, 左前部, 左中央部, 左後部の計6ヶ所から卵巣を切除し同様に観察したが, それらについて差は見られなかった。

### (4) 成熟段階, 排卵後ろ胞の分類

マサバの卵巣卵の成熟段階はYAMAMOTO (1956), WEST (1990) に従い, 周辺仁期, 卵黄体期, 第一次卵黄体期, 第二次卵黄体期, 第三次卵黄体期, 胚胞移動期および水和卵の計7段階に分類した。マサバの卵巣にはいくつかの段階の卵母細胞が同時に存在するが, 最も成熟が進んだ卵母細胞を成熟段階とした。

排卵後ろ胞の経過時間はDICKERSON *et al.* (1992) のマサバの排卵後ろ胞の観察に従い, 以下のように推定した。

排卵後1日以内 (PO<sup>0</sup>): ろ胞は大きく収縮しないが, ループ状に折り重なり複雑な形状をなしている。内腔に顆粒や顆粒状の物質を含んでいる。内腔に明らかな顆粒膜細胞が存在している。

排卵後1~2日 (PO<sup>1</sup>): ろ胞は収縮し, 単調な形状をなしている。内腔にある顆粒や顆粒状の物質, 顆粒膜細胞は排卵後1日以内のものに比べ少なくなっている。

排卵後2日以上 (PO<sup>2</sup>): ろ胞はかなり収縮して小さくなり, 単調な形状となる。内腔にある顆粒や顆粒状の物質がほとんど見られなくなる。

本研究では, 胚胞移動期の卵母細胞を持つ個体は1日以内に産卵するものとみなし (DICKERSON *et al.*, 1992), 排卵後1日以内の排卵後ろ胞と水和卵を同時に持つものは産卵中とみなした。

### (5) 血清ホルモン濃度

血中ホルモン濃度測定のため, 1994年の調査で釣りと刺し網で採集されたマサバの雌について, 船上で尾柄部から注射筒により血液を採集した。血液から船上で遠心分離器 (15, 000rpm, 15min) によりすみやかに血清を抽出し, -20°C で冷凍保存した。冷凍保存した血清を研究室に持ち帰り, RIA法により E<sub>2</sub> (est-

**Table 1.** Frequency of the maturation stage for each GSI. N: Number of females PN: perinucleolar stage YV: yolk vesicle stage PY: primary yolk globule stage SY: secondary yolk globule stage TY: tertiary yolk globule stage MN: migratory nucleus stage, HO: hydrated oocytes, HO+PO<sup>a</sup>: hydrated oocytes and postovulatory follicles within 1 day after ovulation. Number in parentheses shows the percentage of individuals with postovulatory follicles to the number of samples (N) of each GSI.

GSI	N	PN	%							
			YV	PY	SY	TY	MN	HO	HO+PO <sup>a</sup>	
<2	8	25.0	50.0	25.0						
2-3	12		41.7	50.0			8.3			
3-4	9			44.4			55.6(44.4)			
4-5	28			25.0	10.7		64.2(39.3)			
5-6	26			34.6	7.6(3.8)		42.3(26.9)	15.4(3.8)		
6-7	43			4.7	4.7		72.0(30.2)	18.6(11.6)		
7-8	33			9.1	6.1		69.6(21.2)	15.2(12.1)		
8-9	33				6.1		75.7(21.2)	15.2(9.1)	3.0	
9-10	27				7.4		7.4(18.5)	81.5(3.7)		3.7
10-11	23			4.3	4.3		78.3(8.7)	4.3	4.3	4.3
11-12	10						80.0(20.0)	10.0	10.0	
12-13	6						33.3		50.0	16.6
13-14	3							33.3	66.6(33.3)	
14-15	5						20.0	20.0	60.0	
15<	7						14.3		42.9	42.9

radiol-17 $\beta$ ) と diOH (17 $\alpha$ , 20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one) のホルモン濃度を測定した。測定法は KAGAWA *et al.* (1981, 1982) と YOUNG *et al.* (1983) の方法によった。ホルモン濃度の測定を行った個体は E<sub>2</sub> については33個体, diOH では34個体であった。

### 3. 結果

#### (1) 卵巣の成熟状態と GSI の変化

卵巣の組織像による成熟状態と GSI とを比較した (Table 1)。卵黄胞期の卵巣を持つ個体は GSI が 3 未満の個体で認められた。第 1 次卵黄球期と第 2 次卵黄球期の卵巣を持つ個体は GSI が 11 未満で認められた。第 3 次卵黄球期の卵巣を持つ個体は GSI が 2 以上の広範囲に存在していた。第 3 次卵黄球期の個体のうち、排卵後ろ胞を持つ個体の平均 GSI (6.76) は排卵後ろ胞を持たない個体の平均 GSI (8.26) より低い値を示した ( $P < 0.05$ ,  $t$  検定)。胚胞移動期の卵巣を持つ個体は GSI が 5 以上であった。胚胞移動期の個体についても、排卵後ろ胞を持つ個体の平均 GSI (7.31) は排卵後ろ胞を持たない個体の平均 GSI (8.89) より低い値を示した ( $P < 0.05$ ,  $t$  検定)。卵巣中に水和卵を持つ個体は GSI が 8 以上、水和卵と排卵後 1 日以内の排卵後ろ胞を持つ産卵中の個体は GSI が 9 以上であっ

た。排卵後ろ胞の卵巣を持つ個体の GSI は 3 ~ 14 の広範囲にわたった。

これら排卵後ろ胞の卵巣を持つ個体について、排卵後ろ胞の経過時間と卵巣の成熟段階を表したのが Table 2 である。排卵後ろ胞を持つ個体は第 2 次卵黄球期と水和卵の段階ではそれぞれ 1 個体しか存在せず、ほとんどは第 3 次卵黄球期と胚胞移動期であった。このことはマサバでは、産卵後の間もない段階において、すでに次の産卵に関わると予想される卵母細胞の卵黄蓄積が進んだ段階にあることを示している。排卵後ろ胞の経過時間による卵巣の成熟段階に有意な差はなかった ( $p > 0.05$ ,  $\chi^2$  検定)。また、排卵後ろ胞の経過時間により平均 GSI の値 ( $PO^a = 6.62$ ,  $PO^b = 7.49$ ,  $PO^c = 7.43$ ) にも有意差は見られなかった ( $P > 0.05$ , ANOVA)。

3 年間の合計 273 個体のうち 19 個体のサンプルでは Table 3 のように胚胞移動期の卵、水和卵、排卵後ろ胞を同時に持っていた。2 日連続して産卵したと考えられる、①排卵後 1 日以内の排卵後ろ胞 ( $PO^a$ ) と排卵後 1 ~ 2 日の排卵後ろ胞 ( $PO^b$ ) を同時に持つ個体が 5 個体、②胚胞移動期の卵母細胞 (MN) と排卵後 1 日以内の排卵後ろ胞 ( $PO^a$ ) を同時に持つ個体が 5 個体、③水和卵 (HO) と排卵後 1 ~ 2 日の排卵後ろ

**Table 2.** Number of individuals and average of GSI in each maturation stage and state of postovulatory follicles. SY: secondary yolk globule stage, TY: tertiary yolk globule stage, MN: migratory nucleus stage, HO: hydrated oocyte stage, PO<sup>a</sup>: postovulatory follicles within 1 day after ovulation, PO<sup>b</sup>: postovulatory follicles 1 to 2 day after ovulation, PO<sup>c</sup>: postovulatory follicles over 2 days after ovulation N: Number of females SD: Standard deviation

	Average of GSI±SD	SY	TY	MN	HO
PO <sup>a</sup>	6.62±4.53	1	36	8	0
PO <sup>b</sup>	7.49±2.87	0	16	8	1
PO <sup>c</sup>	7.43±3.48	0	12	3	0
	N	14	161	31	16

**Table 3.** Number of chub mackerel females with the migratory nucleus oocyte, hydrated oocyte, and postovulatory follicles simultaneously, and spawning interval of these females and sampling day. MN: migratory nucleus oocyte, HO: hydrated oocyte, PO<sup>a</sup>: postovulatory follicles within 1 day after ovulation, and PO<sup>b</sup>: postovulatory follicles 1 to 2 day after ovulation.

Spawning states present in ovary	Minimal day interval between spawning	Number of females	Sampling date			
			1993		1994	
			April 26	May 27	May 31	April 26
PO <sup>a</sup> +PO <sup>b</sup>	1	5	1	1	3	
MN+PO <sup>a</sup>	1	5		3	2	
HO+PO <sup>b</sup>	1	1	1			
MN+PO <sup>a</sup> +PO <sup>b</sup>	1	3		3		
MN+PO <sup>b</sup>	2	5		2	1	2
Total		19	2	9	6	2
Number of total samples		273	97	60	18	21

胞 (PO<sup>b</sup>) を同時に持つ個体が1個体, 3日連続して産卵したと思われる④胚胞移動期の卵母細胞 (MN) と排卵後1日以内の排卵後ろ胞 (PO<sup>a</sup>) と排卵後1~2日の排卵後ろ胞 (PO<sup>b</sup>) を同時に持つ個体が3個体, そして1日おきに産卵したと考えられる⑤胚胞移動期の卵母細胞 (MN) と排卵後1~2日の排卵後ろ胞 (PO<sup>b</sup>) を同時に持つ個体が5個体であった。これら19個体は高い頻度で産卵していたものと推定された。19個体のうち15個体が1993年5月27日と31日に採集された。

## (2) 血清ホルモン濃度の変化

マサバの卵母細胞に卵黄が蓄積し始める第1次卵黄球期から E<sub>2</sub> の濃度が上昇し始め, 第3次卵黄球期に濃度が最大となり, 胚胞移動期, 水和卵と成熟が進むにつれ減少した (Fig. 1)。水和卵を持つ個体 (HO) では1個体であったが, その個体の最も成熟が進んだ段階の卵母細胞は第1次卵黄球期であり, E<sub>2</sub> の濃度

は低い濃度を示した。一方, 1個体採集された産卵中の個体 (HO+PO<sup>a</sup>) は, 比較的高い E<sub>2</sub> の濃度 (5.0ng/ml) を示し, この個体は, 第3次卵黄球期に達した卵母細胞を持っていた。同様に排卵後1日以内 (PO<sup>a</sup>) 2日以内 (PO<sup>b</sup>) の排卵後ろ胞を持つ個体 (11個体) はいずれも第3次卵黄球期の卵母細胞を持っていた。これらの個体は第2次, 第3次卵黄球期にある個体に匹敵する高い E<sub>2</sub> 濃度を示した。

diOH の濃度は胚胞移動期に減少したが, 卵巣の各成熟段階において大きな変動は見られなかった (Fig. 1)。

## (3) 採集漁具による成熟状態の違い

1994年4月24-26日, 6月7-9日にかけて, 刺網 (1反) は1回につき2時間ずつ計3回行い, 釣りはこの期間中毎日2~4時間行った。刺し網を行った時間帯は19時~22時, 釣りを行った時間帯は19時~0時にかけてであった。なお, 刺し網は30mの深度に設

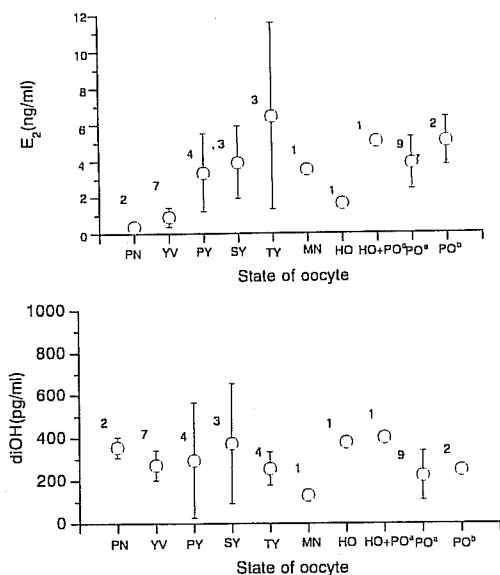


Fig. 1 Relation between state of oocyte, postovulatory follicles and change of the levels of E<sub>2</sub> (estradiol-17β) and diOH (17α, 20β-dihydroxy 4-pregnen-3-one).

- PN: perinucleolar stage  
 YV: yolk vesicle stage  
 PY: primary yolk globule stage  
 SY: secondary yolk globule stage  
 TY: tertiary yolk globule stage  
 MN: migratory nucleus stage  
 HO: hydrated oocytes  
 HO+PO<sup>a</sup>: hydrated oocytes and postovulatory follicles within 1day after ovulation  
 PO<sup>a</sup>: postovulatory follicles within 1day after ovulation  
 PO<sup>b</sup>: postovulatory follicles 1 day to 2day after ovulation

置し、釣りも刺し網と同等の深度であった。また、刺し網を設置後船と数百メートルの距離をおいたので、船の灯火の影響はないものと考えられた。

刺網で採集されたサンプルは9個体、釣りで採集された個体は21個体であった (Table 4)。第3次卵黄球期と胚胞移動期の成熟状態の個体は、両方の漁具で採集された。しかし、第1次卵黄球期と第2次卵黄球期の個体は釣りによってのみ、水和卵を持つ個体は刺し網によってのみ採集された。水和卵を持つ個体は釣りより刺し網によって多く採集された ( $P < 0.05$ , FISHERの直接確率検定法)。一方、マサバの採集時期により水和卵を持つ個体の採集数に差はなかった ( $P > 0.05$ , FISHERの直接確率検定法)。マサバの産卵時刻が

Table 4. Number of females which were caught by fishing and gill net in April and June 1994. PY: primary yolk globule stage, SY: secondary yolk globule stage, TY: tertiary yolk globule stage, MN: migratory nucleus stage, HO: hydrated oocyte stage, PO<sup>a</sup>: postovulatory follicles within 1 day after ovulation

	Angling		Gill Net	
	N		N	
PY	2	0	0	0
SY	2	0	0	0
TY	15	4	4	4
MN	2	1	1	1
HO	0	2	2	2
HO+PO <sup>a</sup>	0	2	2	2
	21	9		

22時から0時と推定されていることを考えると (YAMADA *et al.*, submitted), 2つの漁具の採集時間帯のわずかな差が採集に及ぼす影響はなかったものと判断された。

#### 4. 考察

マサバは卵巣の成熟が進むにつれ、GSIの値は大きくなっていく傾向が認められたが、排卵後ろ胞の卵巣を持つ個体のGSIは広範囲にわたった。1回の産卵の後では卵巣が収縮しているため、GSIが低い個体でも産卵に関与していることが示された。渡部 (1970) はマサバ卵の出現とKG ( $GW(g)/FL(cm)^3 \times 1000$ ) の関係からKGが5以上のものが産卵個体であるとした。KGとGSIの値はほぼ同様である。本研究では胚胞移動期の卵母細胞を持つ個体はGSIが5以上であったが、第3次卵黄球期の卵母細胞を持つ個体は産卵直後にGSIが5以下になっていた個体がみうけられた。このことからマサバのような多回性産卵魚では、GSIのみでは産卵期において産卵活動が正しく判断できないものと考えられる。

村山ほか (1995) はマサバでは第3次卵黄球期の段階に多く排卵後ろ胞が認められたことから、排卵時には、次の排卵に向けた卵母細胞の成熟は、マイワシより進んでいると考えた。本研究においても、排卵後ろ胞が第3次卵黄球期の段階と胚胞移動期の段階に認められていることから、産卵間隔が短いことが示唆された。

例えば、本研究におけるサンプルのうち19個体は、2日あるいは3日連続の産卵があったと推定された。

卵母細胞の状態から、いくつかのバッチをほとんど毎日順番に放出すると思われる。マサバと同じサバ科のカツオは産卵盛期にはほぼ毎日産卵する (HUNTER *et al.*, 1986)。DICKERSON *et al.* (1992) の研究ではマサバ成熟雌の271個体中32個体がほぼ毎日産卵したと報告されている。YAMADA *et al.* (submitted) は、排卵後濾胞と卵母細胞の組織学的観察により、産卵頻度を推定した結果、1993年において4月下旬および5月中旬と比較し、5月下旬の方がマサバの産卵頻度は高く、その時期が産卵盛期であると推定した。本研究ではほぼ毎日産卵したと推定される個体が5月下旬に多く採集された。この結果は産卵盛期では、カツオと同様にマサバにおいてもほぼ毎日産卵を行う個体が出現することを示唆している。

他の卵生脊椎動物と同様に卵黄蛋白質前駆物質のピテロゲニンの合成を促進するステロイドホルモンである estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>) の濃度の変化は数種の海産魚類において報告されてきた (MACGREGOR *et al.*, 1981; 大池ほか, 1985; OUCHI *et al.*, 1988; MATSUYAMA *et al.*, 1991, 1994; MURAYAMA *et al.*, 1994)。

本研究の結果よりマサバでは他の硬骨魚類と同様に、卵黄蓄積が終了した卵母細胞はE<sub>2</sub>を産生しなくなると考えられる。一方、本研究において排卵後ろ胞を持った個体のE<sub>2</sub>の濃度は高かった。このことは多回性産卵魚であるマサバが比較的短い産卵間隔を持ち、産卵後間もない時点で、次回の産卵に備えて卵黄蓄積が進行していることを示している。5日ごとに産卵するタナゴは、その産卵周期を通して比較的高いE<sub>2</sub>濃度を維持することが報告されている (SHIMIZU *et al.*, 1985)。排卵後も高いE<sub>2</sub>濃度を示すのはマサバの特徴であると思われる。

サケ科魚類共通の卵成熟誘起ホルモンである17 $\alpha$ , 20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one (diOH) は、メダカ (*Oryzias latipes*) (SAKAI *et al.*, 1987, 1988), キンギョ (*Carassius auratus*) (KOBAYASHI *et al.*, 1987, 1988), マダイ (*Pagrus major*) (OUCHI *et al.*, 1988), マイワシ (*Sardinops melanostictus*) (MATSUYAMA *et al.*, 1991, 1994; MURAYAMA *et al.*, 1994) などでも卵成熟の誘起に重要な役割を果たしている。アマゴ (*Oncorhynchus rhodurus*) においては卵成熟期の数日にわたり diOH は高い値 (50-70ng/ml) を示した (YOUNG *et al.*, 1983)。これとは対照的に産卵期にはほぼ毎日産卵を繰り返すメダカでは diOH の生成の期間は極めて短く産卵前の数時間に限られた (SAKAI *et*

*al.*, 1988)。キンギョにおいても diOH が検出されるのは卵成熟時の極めて限られた短い時間帯であることが報告されている (KOBAYASHI *et al.*, 1985)。またマイワシでは、卵母細胞の最終成熟段階において diOH のホルモン濃度のピークは 8ng/ml (MURAYAMA *et al.*, 1994), 71ng/ml (MATSUYAMA *et al.*, 1994) という高い値を示した。しかし、本研究においてマサバでは顕著な diOH のピークが認められなかった。ホルモン濃度を測定したマサバ標本の採集された時間帯は、19時から24時までと限られた時間帯であった。diOH の濃度は採集時間帯により影響を受ける可能性があり、今後採集時間帯を十分考慮に入れて検討する余地がある。また、Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) において、卵成熟を誘起するホルモンは diOH ではなく、主に 17 $\alpha$ , 20 $\beta$ , 21-trihydroxy-4-pregnen-3-one (20 $\beta$ -S) であった (TRANT and THOMAS, 1989a, 1989b)。魚種により卵成熟誘起効果を示すステロイドホルモンは異なる可能性があるため、マサバの場合も diOH の他、別のホルモンについても検討する余地がある。

マサバの産卵は22時から0時にかけて活発になる (YAMADA *et al.*, submitted)。本研究の1994年におけるマサバの採集時刻は、釣り、刺し網ともに水と卵を持った個体を採集できる可能性が等しくあった。しかし、全体の採集数は少ないが、水と卵を持った個体は刺し網の方で多く採集された。採集方法によってマサバ標本に偏りが生じる可能性が考えられた。澤田と時田 (1972) は同様に釣りによって、完熟卵を持つ雌を採集できなかったことを報告している。マサバにおいて完熟した卵巣をもつ産卵群は漁獲される群とは別の群を形成し、おそらく灯火につかず餌もとらないでいる (渡部, 1970)。産卵量や資源量を推定する際には、選択性のない漁具が必要となる。例えば、巻き網の場合は親魚の逃避、タモ抄いや釣りの場合には光と撒き餌による誘因が考えられる。一方、刺し網では、光や撒き餌による誘因が排除され、漁具による攪乱も少ないと考えられるので、魚の遊泳層に設置すればより自然に近い状態で親魚が採集できると予想される。刺し網はよりよいサンプリング方法と考えられるが、目合による選択性が生じる。刺し網による親魚のサンプリングの場合は様々なサイズの目合が必要であろう。

DEPM 法は、原理としては産卵期中の1回の調査航海による親魚量推定を可能にしている。この場合産卵頻度が高い、産卵盛期に行うのがよいと考えられる。

しかし、マサバの場合は年による産卵盛期の変動やバッチ産卵数の季節変動については明らかになっていない。また漁具による採集親魚の偏りも考慮されていない。現在のところ、マサバに関してはDEPM法を適用する際、産卵期中に何回か時期を変えて、さらに適切な漁具（例えば中層刺し網）を用いる必要があると考えられる。

## 5. 謝辞

本研究を行うにあたり、標本採集に御協力していただいた江ノ島丸、淡青丸、そして白鳳丸の乗組員の皆様ならびに研究者の方々と神奈川県水産試験場の職員の皆様に感謝の意を表す。また、本稿に貴重な助言を頂いた東京大学海洋研究所塚本勝己教授、益田玲爾博士そして阪倉良孝博士に深く感謝する。

## 文 献

- ALHEIT, J. (1993). Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes. A review and evaluation. *Bull. Mar. Sci.* **53**, 750-767.
- DICKERSON, T., MACEWICZ, B. J. and HUNTER, J. R. (1992). Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel *Scomber japonicus* during 1985. *CalCOFI Rep.* **33**, 130-140.
- HUNTER, J. R., MACEWICZ, B. J. and SIBERT, J. R. (1986). The spawning frequency of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, from south Pacific. *Fish. Bull., US.* **84**, 895-903.
- KAGAWA, H., YOUNG, G., ADACHI, S. and NAGAHAMA, Y. (1982). Estradiol-17 $\beta$  production in Amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*) ovarian follicles: Role of the thecal and granulosa. *Gen. Comp. Endocrinol.* **47**, 440-448.
- KAGAWA, H., TAKANO, K. and NAGAHAMA, Y. (1981). Correlation of plasma estradiol-17 $\beta$  and progesterone levels with ultrastructure and histochemistry of ovarian follicles in the white-spotted char, *Salvelinus leucomaenis*. *Cell Tissue Res.* **218**, 315-329.
- 川崎 健 (1971). マサバ太平洋系群の資源変動について. 東海区水産研究所研究報告. **66**, 75-85.
- KAWASAKI, T. (1992). Mechanisms governing fluctuations in pelagic fish population. *S. Afr. J. Mar. Sci.* **12**, 873-879.
- KOBAYASHI, M., AIDA, K. and HANYU, I. (1987). Hormone changes during ovulation and effects of steroid hormones on plasma gonadotropin levels and ovulation in goldfish. *Gen. Comp. Endocrinol.* **67**, 24-32.
- KOBAYASHI, M., AIDA, K., FURUKAWA, K., LAW, Y. K., MORIKAWA, T. and HANYU, I. (1988). Development of sensitivity to maturation-inducing steroids in the oocytes of the daily spawning teleost, the kisu *Sillago japonica*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **72**, 264-271.
- KOBAYASHI, M., AIDA, K. & HANYU, I. (1985). Radioimmunoassay for silver carp gonadotropin. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **51** (7), 1085-1091.
- MACGREGOR III, R., DINDO, J. J. and FINUCANE, J. H. (1981). Changes in serum androgens and estrogens during spawning in bluefish, *Pomatomus saltator*, and king mackerel, *Scombermorus cavalla*. *Can. J. Zool.* **59**, 1749-1754.
- MATSUYAMA, M., ADACHI, S., NAGAHAMA, Y., KITAJIMA, C. and MATSUURA, S. (1991). Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*: relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. *Marine Biology.* **108**, 21-29.
- MATSUYAMA, M., FUKUDA, T., IKEURA, S., NAGAHAMA, Y. and MATSUURA, S. (1994). Spawning characteristics and steroid hormone profiles in the wild female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*. *Fisheries Science.* **60** (6), 703-706.
- MURAYAMA, T., SHIRAIISHI, M. and AOKI, I. (1994). Changes in ovarian development and plasma levels of sex steroid hormones in the wild females Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) during the spawning period. *J. Fish Biol.* **45**, 235-245.
- 村山 司・三谷 勇・青木一郎 (1995). 卵巣成熟度及び卵巣組織像に基づくマサバ太平洋系群の産卵期の推定. 水産海洋研究. **59**, 11-17.
- 大池一臣・足立伸次・長浜嘉孝・松本淳 (1985). 産卵期の養殖ブリと天然産ブリの卵巣成熟度と血中ステロイドホルモン. 養殖研究所研究報告. **7**, 13-20.
- OUCHI, K., ADACHI, S. and NAGAHAMA, Y. (1988). Changes in plasma levels of steroid hormones during sexual maturation of female red seabream *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi.* **54**, 585-591.
- ROUGHGARDEN, J. (1983). Competition and theory in community ecology. *Am. Nat.* **122**, 583-601.
- SAKAI, N., IWAMATSU, T., YAMAUCHI, K. and NAGAHAMA, Y. (1987). Development of the steroidogenic capacity of medaka (*Oryzias latipes*) ovarian follicles during vitellogenesis and oocyte maturation. *Gen. Comp. Endocrinol.* **66**, 333-342.
- SAKAI, N., IWAMATSU, T., YAMAUCHI, K., SUZUKI, N. and NAGAHAMA, Y. (1988). Influence of follicular development on steroid production in the medaka (*Oryzias latipes*) ovarian follicle in response to exogenous substrates. *Gen. Comp. Endocrinol.* **71**, 516-523.
- 澤田貴義・時田道雄 (1972). 卵径組成からみた関東近海のマサバの成熟. 静岡県水産試験場研究報告. **5**, 31-36.
- SHIMIZU, A., AIDA, K. and HANNYU, I. (1985). Endocrine profiles during the short reproduction cycle of an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **60**, 361-371.
- SINCLAIR, M., TREMBLAY, M. J. and BERNAL, P. (1985). El

- Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: Support for Hjort's second hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **42**, 602-608.
- TRANT, J. M. and THOMAS, P. (1989). Change in ovarian steroidogenesis in vitro associated with final maturation of Atlantic croaker oocytes. *Gen. Comp. Endocrinol.* **75**, 405-412.
- TRANT, J. M. and THOMAS, P. (1989). Isolation of a novel maturation-inducing steroid produced in vitro by ovaries of Atlantic croaker. *Gen. Comp. Endocrinol.* **75**, 397-404.
- 宇佐美修造 (1973). マサバの資源学的研究 とくにマサバ太平洋系群の成魚について. 東海区水産研究所研究報告. **76**, 71-179.
- 渡部泰輔 (1970). マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究. 東海区水産研究所研究報告. **62**, 1-283.
- WEST, G. (1990). Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* **41**, 199-222.
- YAMADA, T., AOKI, I. and MITANI, I. (submitted). Spawning time, spawning frequency and fecundity of Japanese chub mackerel, *Scomber japonicus* in the sea area of Izu Islands. *Fishery Science*.
- YAMAMOTO, K. (1956). Studies on the formation of fish eggs. Annual cycle in the development of ovarian eggs in the flounder, *Liopsetta obscura*. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool.* **12**, 362-372.
- YOUNG, G., CRIM, L. W., KAGAWA, H., KANBEGAWA, A. and NAGAHAMA, Y. (1983). Plasma  $17\alpha, 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one levels during sexual maturation of amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*): Correlation with plasma gonadotropin and in vitro production by ovarian follicles. *Gen. Comp. Endocrinol.* **51**, 96-105.