

## メバチ *Thunnus obesus* の産卵時刻と産卵多回性

二階堂英城\*・宮部尚純\*\*・上柳昭治\*\*\*

### Spawning time and frequency of bigeye tuna, *Thunnus obesus*

Hideki NIKAIDO\*, Naozumi MIYABE\*\* and Shoji UEYANAGI\*\*\*

#### Abstract

The purpose of this study is to investigate whether bigeye tuna, *Thunnus obesus* is a multiple spawner or not, and if so, then to know how often and how many eggs they spawn.

Bigeye tuna analyzed in the present study were captured by two longline training boats of Japanese fisheries high schools, one operated in the waters off Java (12°-14°S, 109°-115°E) from January 25 th to March 5 th of 1988, the other in the waters of south-western offshore of Hawaii (11°-13°N, 163°-176°W) from May 27 th to July 10 th of 1988. Materials used for histological examinations were composed of 72 and 97 ovaries sampled from the former and latter areas, respectively, and 50 testes from the latter area. The gonads examined were collected from the fish over 100 cm in fork length. The length measurement data by sex and gonad weight data which cover the whole operations were also used.

Most of the bigeye tunas taken by the two longline boats were sexually very active and judged to be spawning. From the analysis using information on gonosomatic index, mean egg diameter of the most advanced egg group by time as well as the occurrence of postovulatory follicles and maturation stages of the ovaries through the histological examination, it was inferred that the spawning took place from at around 19:00 to midnight in both areas.

The occurrence of postovulatory follicle and its degenerating stage by time indicated that the degeneration process takes about one day. Females with postovulatory follicle account for more than 90 % of the mature females (in tertiary yolk stage or more advanced stages) in most cases. This fact suggests that the same fish could continue to spawn nearly every day, although the

---

1991年3月16日受理 遠洋水産研究所業績 第271号

\* 日本栽培漁業協会 八重山事業場 (Yaeyama station, Japan Sea-farming Association; 148 Ohta, Aza Hukai, Ishigaki, Okinawa, 907-04, JAPAN)

\*\* 遠洋水産研究所 (National Research Institute of Far Seas Fisheries; 7-1, Orido 5 chome, Shimizu-shi, SHIZUOKA, 424 JAPAN)

\*\*\* 東海大学 海洋学部 (Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University; 20-1, Orido 3 chome, Shimizu-shi, SHIZUOKA, 424 JAPAN)

duration of spawning period could not be determined because of the limitation in sampling from the same fish.

Relationship between fork length (X cm) and number of eggs spawned per day (Y) was estimated for the two areas based on the counts of the most advanced egg group in the ovary. The equations are :

$$Y = 0.0058 X^{3.994} \dots \dots \dots \text{waters off Java}$$

$$Y = 0.0018 X^{4.175} \dots \dots \dots \text{south-western offshore of Hawaii}$$

## I. 緒 言

まぐろ類の産卵生態に関して、産卵期、産卵水域、成熟体長、群成熟度等についての知見は多いが、産卵時刻や産卵多回性は未だ十分に解明されていない。また、従来推定されている個体当たりの産卵数についても再検討の必要がある。

最近、カタクチイワシ類 (Hunter and Goldberg, 1980; Hunter and Macewicz, 1985) やマダイ (松浦ほか, 1986; Matsuyama *et al.*, 1988) を対象に、生殖腺成熟過程の組織学的検討によって、産卵多回性の研究が進められているが、同様の手法を用いて、まぐろ類やその近縁種についても、産卵多回性の研究が行われ、キハダ *Thunnus albacares* やカツオ *Katsuwonus pelamis* ではほぼ連日産卵する可能性が示唆されている (Schaefer, 1988; Hunter *et al.*, 1986)。また、スマ *Euthynnus lineatus* では産卵間隔が数日という結果が得られている (Schaefer, 1986)。更に、サワラ *Scomberomorus niphonius* についても、卵巢の組織や吸水卵の観察に基づいて、平均産卵間隔が 1.11~1.36 日と推定されている (岸田・会田, 1989)。

これらの産卵多回性に関する研究手法には大別して 2 つの方法 [1. 排卵の証拠となる排卵痕を用いる方法; 2. 吸水卵を用いる方法] が用いられる。これらの手法はいずれも成熟個体群を対象として産卵間隔を推定する方法であり、飼育観察の困難な魚種の産卵間隔の推定や自然条件下の産卵実態を把握するうえでは有効な手法である。排卵痕を用いる方法は、排卵痕の時間的退行過程を組織学的に把握しておく必要があるが、排卵の事実を確実にとらえることができ精度の良い推定が可能である。一方、吸水卵を用いる場合にはその出現時間が短いことから、一般的に採集が困難で、産卵間隔の推定値は信頼性が低い等の欠点がある (Hunter and Macewicz, 1985)。

本研究ではまぐろ類の 1 種であるメバチをとりあげ、その産卵多回性を明らかにすることを試みた。上記の理由から、排卵痕を用いる方法を適用し、本種の生殖腺成熟過程や産卵時刻・産卵頻度、個体の 1 日あたり産卵量等について知見が得られたので報告する。

## II. 材料及び方法

### 1. 材料の採取

メバチははえなわ、まき網、竿釣り等の漁法で漁獲される。特に、はえなわ漁法では吸水卵を持つ完熟個体が漁獲されることが知られており (木川, 1953; Kume, 1962; 安武ほか, 1973), そのため本研究で用いたメバチの生殖腺は同漁法により採集した。

標本採集は水産高等学校実習船に協力を依頼した。メバチの標本は、愛知県立三谷水産高等学校の愛知丸により、ジャワ沖水域 (12°-14°S, 109°-115°E) で 1988 年 1 月~3 月の期間に採集された 72 個体の

卵巣及び岩手県立宮古水産高等学校の第一りあす丸により、ハワイ南西水域 (11°-13°N, 163°-176°W) で1988年5月~7月の期間に採集された97個体の卵巣と50個体の精巣である。

これまでの知見から成熟個体は主として体長(尾叉長)100 cm以上のものに見られること、本研究の目的である産卵多回性の実態解明のためには生殖腺成熟の経時変化を把握する必要があることなどから、標本採集の対象魚は体長100 cm以上で、しかも船上に釣り上げられた時点で生きていたものとした。標本とした個体の採集時刻、体長を記録した後、生殖腺を摘出し、重量を測定した。その後迅速に採集標本を10%ホルマリンで固定した。採集時間(以下すべて現地時間で示す)は、揚縄の時間帯である14時から翌日の2時にわたる約12時間である。採集数は両海域とも14時台と深夜に少ない傾向があるが、それ以外は偏りは余りなく、生殖腺の成熟過程や排卵痕の時間的変化が観察可能と判断された(表1)。

生殖腺を採集しなかった他の個体についても体長、性別および生殖腺重量を記録した。

Table 1. Number of ovary samples by time at capture.

Area	Time												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2
Off Java	3	8	8	13	7	7	8	7	2	2	3	3	1
South-western offshore of Hawaii	3	14	10	10	7	12	7	8	4	16	4	2	0

## 2. 組織標本の作成

卵巣の中央部より組織小片を切り出し、パラフィン常法に従い、厚さ6 μmの切片とし、Haematoxylin-Eosin染色により、組織標本を作成した。

## 3. 卵巣卵の計数及び卵径の測定

組織標本作成の際と同様に卵巣中央部より1 g程度の組織片を切り出し、実体顕微鏡下で卵粒を分離した。そのうち、卵径組成の最発達卵団に相当する卵数を、重量法により推定した。

次に、成熟過程にある卵巣卵の卵径組成を求めるために、分離卵粒群から無作為に抽出した卵、約300粒について実体顕微鏡の接眼マイクロメーターにより卵径(卵が真球状でないものは長径)を0.025 mm単位で測定した。分離卵粒群のモードは卵径0.2 mm以下では見られないため(Yuen, 1955)、測定は卵径0.2 mm以上の卵について行った。

## 4. 水子卵の卵数及び重量の測定

卵巣腔中に残存していた産卵前の水子卵について、メスシリンダーを用いて全容量(cc)を測定し、更に1 cc中の卵数から全容量の卵数を推定した。また、無作為に抽出した約100粒について卵巣卵と同様の方法で卵径を測定した。水子卵粒100個当たりの重量を体長127 cm, 135 cm, 163 cmの3個体について、電子天秤により0.1 mg単位で測定した。

## 5. 生殖腺熟度指数 (Gonosomatic Index-GSI)

生殖腺の熟度を表わす指標として、生殖腺重量 (g) / 体長<sup>3</sup> (cm) × 10<sup>4</sup>を用いた。

### III. 結 果

#### 1. 漁獲物の性状

##### 1. 1 体長組成

インド洋のジャワ沖水域とハワイ南西水域について、雌雄別の体長組成を図1に示す。

##### a. ジャワ沖水域

はえなわ操業は1月25日から3月5日まで比較的限られた水域で行われたが、体長組成は以下の4期間に分けて示した。

A期間：1月25日 - 2月1日；13° - 14° S, 113° - 115° E

B期間：2月3日 - 2月14日；12° - 13° S, 109° - 111° E

C期間：2月17日 - 2月25日；12° - 14° S, 111° - 114° E

D期間：2月26日 - 3月5日；12° - 13° S, 111° - 112° E

漁獲されたメバチの体長範囲は体長50 cmから160 cmにわたるが、全期間を通じて、雌雄ともにほぼ100 cm以上の個体が大部分を占めている。体長140 cm以上の大型魚では、雌より雄が若干多い傾向がみられたが、各期間とも体長組成に大きな相違はなく、ほぼ同様の体長組成を示す魚群であったと考えられる。図中に黒色で示した体長100 cm以上の卵巣採集個体の体長組成は、全体のそれをよく反映しているが、標本採集の割合はA期間の38%を除き、その他では20%前後でハワイ南西水域と比べてあまり高くない。

##### b. ハワイ南西水域

はえなわ操業が行われた5月27日から7月10日までを以下の3期間に分けて、雌雄別に体長組成を示した。A期間とB,C期間では操業水域が異なっている。

A期間：5月27日 - 6月3日；11° - 12° N, 175° - 176° W

B期間：6月6日 - 6月25日；11° - 12° N, 164° - 169° W

C期間：6月26日 - 7月10日；12° - 13° N, 163° - 168° W

各期間とも体長の出現範囲はほぼ同様で、80cm前後から180cmであるが、体長100cm以下のものが少ないことはジャワ沖水域と似ている。各期間とも雌雄の漁獲物体長組成は類似しているが、体長150cm以上では明らかに雄の割合が高い傾向が認められる。B期間の魚群がA,C期間と比べて大型の魚体組成を示している。卵巣採集個体の体長組成（図中黒色で示す）は、各期間とも全漁獲魚のそれに類似しており、標本の採集割合は40~50%となっている。

##### 1. 2 生殖腺熟度指数 (GSI) 組成

ジャワ沖とハワイ南西の両水域で採集された全ての雌のGSI組成を期間別に示した（図2）。また、標本とした個体のGSIを黒色で示した。標本採取の際、体長100cm以下の個体は除いたのでGSI1.0以下のものはほとんど出現していない。

##### a. ジャワ沖水域

GSIの範囲は1.0未満から10.0に及ぶが、採集卵巣はGSI2.0以下のものはほとんど出現せず、5.0以上のものが多い。

##### b. ハワイ南西水域

GSIの出現範囲は、ジャワ沖水域と同様、広範囲に及んでいる。C期間では体長組成で小型のものの割合が比較的多いことを反映して、GSI2.0以下のものの割合が他の期間と比べて高い。採集卵巣のGSIは

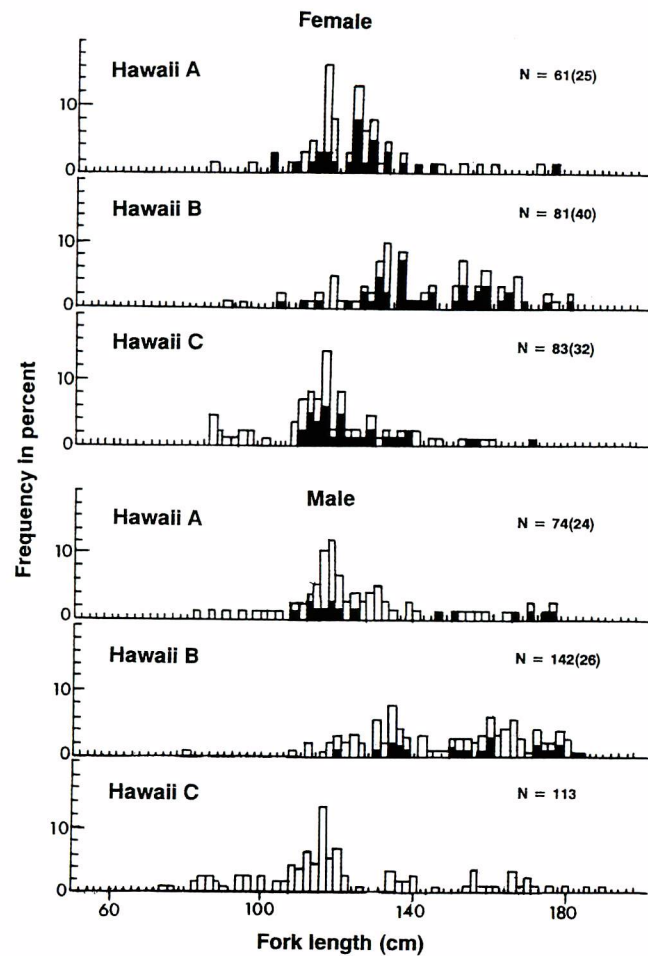
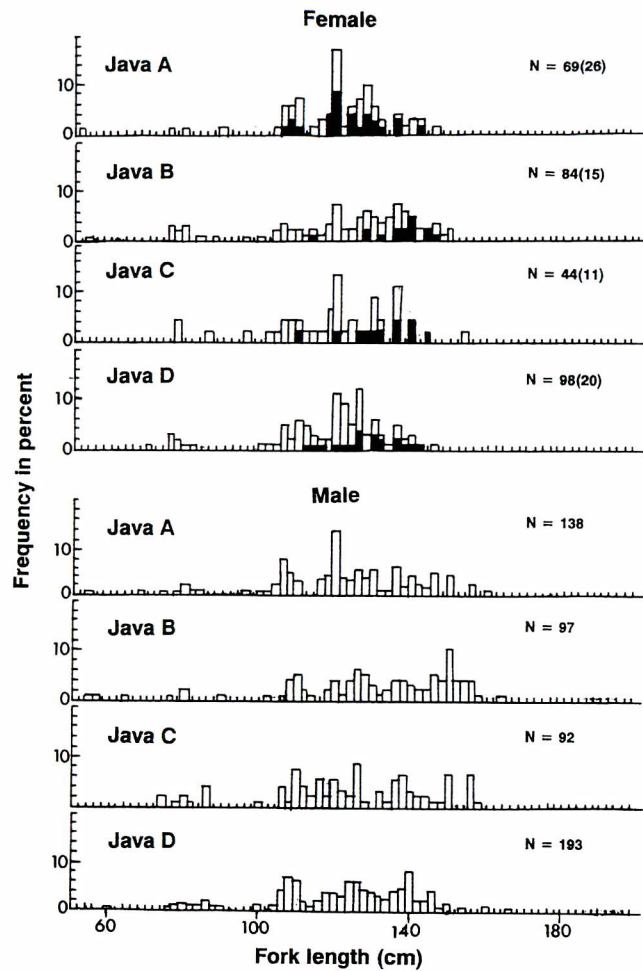


Fig. 1. Length frequency distribution of bigeye tuna by sex. Shaded area represents fishes from which gonad samples were taken. N denotes the number of fish and the number of gonad samples (in parenthesis), respectively.

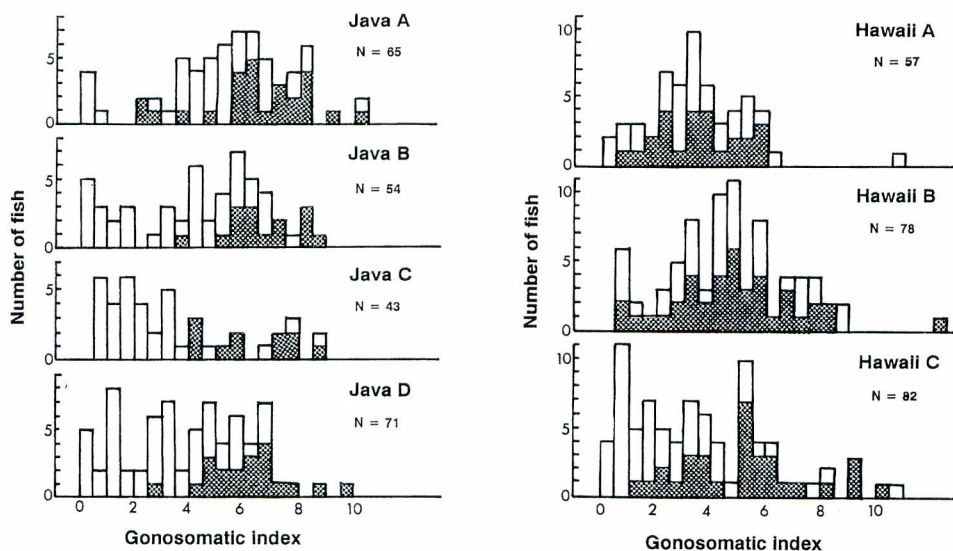


Fig. 2. Frequency distribution of gonosomatic index of female bigeye tuna. Shaded area shows those sampled for gonad. N denotes the number of fish with gonad weight measurement.

1.1~3.0の割合がジャワ沖水域と比べて多い傾向がみられた。

### 1. 3 性 比

水域・期間毎に性比(雄/雌+雄)の変化を表2に示した。両水域の各期間を通じて雄の割合が高く(54-68%),  $\chi^2$ 乗検定の結果両水域とも1期間を除いて雄が有意に卓越していた。この傾向はメバチの成熟魚群に共通した性質と考えられ(Kume and Joseph, 1966; 木川, 1966; 久米, 1969), 大型になるほど雄の割合が高い。

ジャワ沖ではB期間を除きかなり雄の割合が高いが, 体長組成には各期間にほとんど差がない。一方, ハワイ南西水域ではB期間で同様に雄の割合が高いが, 他の2期間ではやや低い。B期間は他の2期間に較べて, 大型の個体が多かったことによるものと考えられる(図1)。

Table 2. Observed sex ratio (% : male/male+female) and the results of Chi-square test assuming 1:1 sex ratio for bigeye tuna.

Period/Area	Off Java				South-western offshore of Hawaii			
	Male	Female	Sex ratio	Chi-squares	Male	Female	Sex ratio	Chi-squares
A	128	69	65.0	17.6701 **	74	61	54.8	1.2519
B	97	84	53.6	0.9337	141	81	63.5	16.2162 **
C	92	44	67.6	16.9412 **	113	83	57.7	4.5918 *
D	193	98	66.3	31.0137 **				
Total	510	295	63.4	57.4224 **	328	225	59.3	19.1844 **

\* significant at 5% level.

\*\*significant at 1% level.

## 2. 生殖腺の成熟過程

生殖腺の成熟過程を経時的に検討するため、生殖腺について以下の検討をした。

### 2. 1 卵巣卵の成熟

卵巣の組織標本を観察した結果、多くの標本において、卵巣中の最も発達した卵が第3次卵黄球期以上の成熟段階にあった。これらの卵巣中には、第1次、第2次卵黄球期や卵黄顆粒期、染色仁期等の卵も混在していた。卵成熟の時間的経過を検討するため、各卵巣を、最も発達した卵団の卵細胞成熟状況に基づいて、次のように4段階に分類した。

#### 第3次卵黄球期 (Tertiary yolk stage-TY・Plate 1,A)

この段階に分類される卵細胞は卵黄の蓄積がほぼ終了し、卵黄球(好エオシン性の小球)が核周辺から外縁まで密に分布する。また、小球状の油球が同様に分布する。この段階の卵径はホルマリン固定のもので約0.5-0.6mm前後のものが多く観察された。

#### 胚胞移動期 (Migratory nucleus stage-MN・Plate 1,B)

核が動物極側に移動し、卵黄球の融合の徴候が観察される。この段階の卵細胞の発達速度はかなり早い。卵径0.7mm-0.9mm程度。

#### 前成熟期 (Pre-mature stage-PM・Plate 1,C)

核は移動終了後、消失するが、卵黄球の融合がまだ完全な状態にない卵細胞をこの段階に分類した。卵径は約0.9-0.95mm。

#### 成熟期 (Mature stage-M・Plate 1,D)

吸水した卵細胞の卵黄物質は完全に融合し、小油球も融合して1つの油球として観察される。卵径は約1.0-1.1mmに達する。

今回採集した標本は、ほとんどが前述した4段階の何れかに分類された。しかし、以下に述べるように、上記と異なった成熟段階のものも若干出現した。

#### スペント及び休止期 (Spent and Resting stage)

卵黄球期以後の発達した卵細胞が観察されず、多くの閉鎖濾胞が観察される卵巣をスペントとして分類した。スペントは、産卵期間中に産卵活動を再開する可能性は低いと考えられる。また、体長は十分大きく産卵に関与すると思われる個体であるが、卵黄蓄積のみられない未熟な卵母細胞しか観察されず、閉鎖濾胞、排卵痕を持たない卵巣は休止期として分類した。

### 2. 2 排卵痕 (postovulatory follicle) の退行過程

排卵痕は、成熟期の卵が濾胞より卵巣腔へ排卵された後の二層の細胞層(外側の莢膜細胞層と内側の顆粒細胞層)よりなる濾胞細胞で、排卵の証拠となる。

組織標本を観察すると、排卵直後であることを示唆する明瞭な排卵痕組織像から、時間経過とともに退行が進んだと考えられる種々の過程の排卵痕が認められ、これを次の3段階に分類した。退行が更に進むと排卵痕は卵巣組織中に吸収され、消失すると考えられる。

#### 初期排卵痕 (Early stage: Plate 2,A)

排卵直後もしくは経過時間の短いものと考えられる段階である。濾胞は非常に明瞭で退行の徴候が少なく、外郭は不規則なループ状を呈する。莢膜は薄く糸状で、その内側に好塩基性の明瞭な核を持つ顆粒細胞が規則的に配列している。

#### 中期排卵痕 (Middle stage: Plate 2,B)

排卵後ある程度時間が経過していると考えられる段階である。明瞭な退行の徴候を示し、排卵

痕は全般に収縮している。莢膜は比較的肥厚し、顆粒細胞は明瞭ではあるが一部核の凝縮がみられ、帯状の配列は不明瞭である。

#### 後期排卵痕 (Late stage: Plate 2, C)

排卵痕の退行吸収のほぼ末期的な段階と考えられる。この段階では濾胞は非常に収縮している。莢膜は非常に厚く、凝縮した核が不規則に点在する。顆粒細胞はほとんど確認できず、凝縮した核がわずかに莢膜に付着したように見える。

初期排卵痕は、Hunter *et al.*, (1986) がカツオについて報告している排卵直後から2時間程度の排卵痕に、またSchaefer, (1988) がキハダについて報告している0-6時間内の排卵痕に対応している。後期排卵痕は前者の排卵後24時間程度の排卵痕に、また後者の18-24時間後の排卵痕に、それぞれ対応するものと判断された。なお、以上の排卵痕とは別に、複数の発達段階の卵細胞が退行変性を生じた、種々の退行過程の閉鎖濾胞(退行変性卵: Atretic follicle)の組織像が観察される卵巣もみられた。

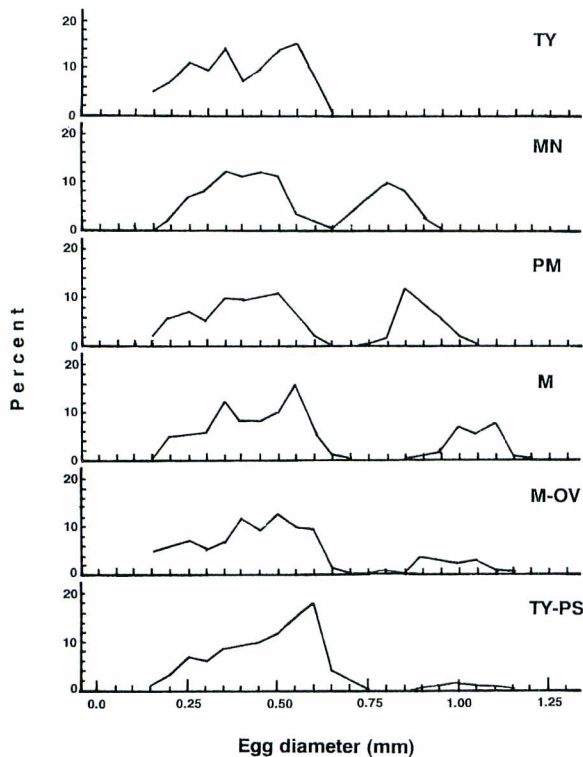


Fig. 3. Frequency distribution of egg diameter (>0.2 mm) by developmental stage of ovary.

- TY : tertiary yolk stage.
- MN : migratory nucleus stage.
- PM : premature stage.
- M : mature stage.
- M-OV : ovulating in mature stage.
- TY-PS : postspawning in tertiary yolk stage.

### 2.3 卵径組成

2.1で定義した卵巣成熟段階(第3次卵黄球期, 胚胞移動期, 前成熟期, 成熟期)に加えて, 排卵中及び産卵後の段階(後述)について, それぞれに属する卵巣標本から選んだ卵径組成を図3に示した。ただし, この図には排卵された成熟卵は含まれていない。

図3から卵巣卵の成熟, 発達過程が推察され, 平均卵径が0.5mmを越える第3次卵黄球期の卵団が分離発達して胚胞移動期, 前成熟期を経て成熟卵となる。卵径1mmに達した成熟卵(水子卵)は組織から卵巣腔中に排卵され, 体外へ放出(産卵)される。また排卵されない場合もあり(図3のTY-PS), その場合には水子卵は退行吸収される。また, この図から, 第3次卵黄球期卵団が発達を開始し, 完熟卵団に成長するのに平行して, 卵径0.5mm以下の卵が成長発達し, 前者の産卵が行われる時点には, 卵径モードが0.5mmを越える第3次卵黄球期卵団を形成する状況がうかがわれる。

### 2.4 精巢の成熟

精巢の内部組織は, 結合繊維組織に囲まれた小葉(lobule)構造を示し, 小葉内の壁側で活発な精母細胞の分裂と精子形成が観察された(Plate 3, A)。精母細胞の分裂増殖は精巢外縁部でより活発で, 精巢内側にかけて精子が充満し(Plate 3, B), 小葉の融



合拡大と輸精小管への連絡が観察された(Plate 3,C)。GSIが0.36(体長112cm,精巣重量50g)のように小さな精巣でも精子形成がみられ,輸精小管に精子が充満している様子が観察された(Plate 3,D,E)。精巣の大きさにかかわらず,各標本で精子形成が行われており,卵巢の様な成熟過程の段階区分は困難であった。

### 3. 成熟過程の経時変化

卵巢卵の最発達卵団の成熟・排卵痕の退行・卵径の増大過程等の経時的な推移について検討する。経時変化は周日を通して観察されるべきであるが,II-1.材料の採取で説明したように,はえなわ操業の時間は14時から翌日2時のほぼ12時間で,それ以外の時間帯からは標本が得られなかった。

#### 3.1 卵巢成熟段階の経時変化

上記の時間帯で卵巢成熟段階は,胚胞移動期,前成熟期,成熟期,第3次卵黄球期の順に出現する傾向がみられたので,この順に,これらの段階の経時的出現状況を,ジャワ沖水域とハワイ南西水域について,図4に示した。

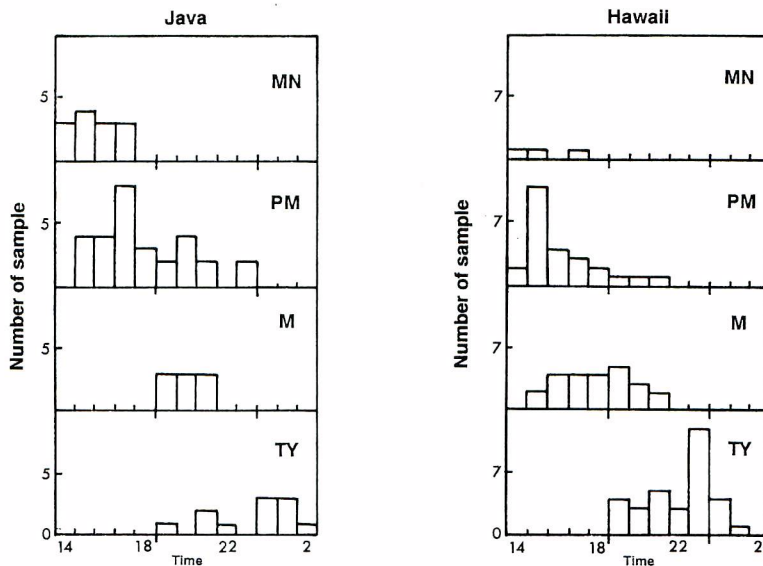


Fig. 4. Occurrence of developmental stage of ovary with postovulatory follicle by time.

MN : migratory nucleus stage.

PM : premature stage.

M : mature stage.

TY : tertiary yolk stage.

#### a. ジャワ沖水域

胚胞移動期の卵巢は,標本採集開始後の14時から17時にわたり出現し,18時以降出現していない。前成熟期の卵巢は,17時を出現モードとして15時から23時まで出現する。成熟期卵巢は,19時から21時にかけて出現し,卵黄球期卵巢は19時頃から採集の終了する深夜2時頃まで出現したが,19時以前には出現していない。

## b. ハワイ南西水域

胚胞移動期にあたる卵巣は出現数がかなり少なかったが、14時から17時まで出現し、それ以後の出現はなかった。前成熟期卵巣は、15時をモードとして14時から21時まで出現する。成熟期卵巣は、19時頃をモードとして15時から21時に出現がみられる。卵黄球期卵巣は、23時をモードとして19時から採集の終了する1時まで出現した。

両水域に共通して、胚胞移動期と成熟期の終了時刻の時間差は4時間程度と推定される。卵黄球期卵巣の出現は産卵後の卵巣を意味するわけで、出現のピークが深夜となっている。

## 3. 2 排卵痕退行過程の経時変化

排卵痕の退行過程は前記の通り3段階に分類された。そのうち後期排卵痕が最も多く観察され、中期排卵痕が最も少なかった。また、異なった段階の排卵痕、例えば初期と中期、中期と後期が同時に観察された場合も多く見られた。そこで前記の3段階に加えて、同時に2段階が観察された場合を含めて、それらの経時的出現状況を図5に示した。初期排卵痕の出現時刻は、ジャワ沖水域ではサンプル数が少ないので明らかな傾向はうかがえないが、ハワイ南西水域では18時前後から翌日1時に及び、その中心は深夜となると思われる。また、後期排卵痕の出現時刻は14時から0時に及ぶが、15時から18時が出現のピークで深夜には後期排卵痕はほとんど出現していない。

このような排卵痕の出現状況から、排卵痕の出現から吸収まではほぼ一日の周期で行われるものと考えられる。また、資料が得られていない早朝から午前中にかけてが、中期排卵痕の主な出現時間帯と推測される。

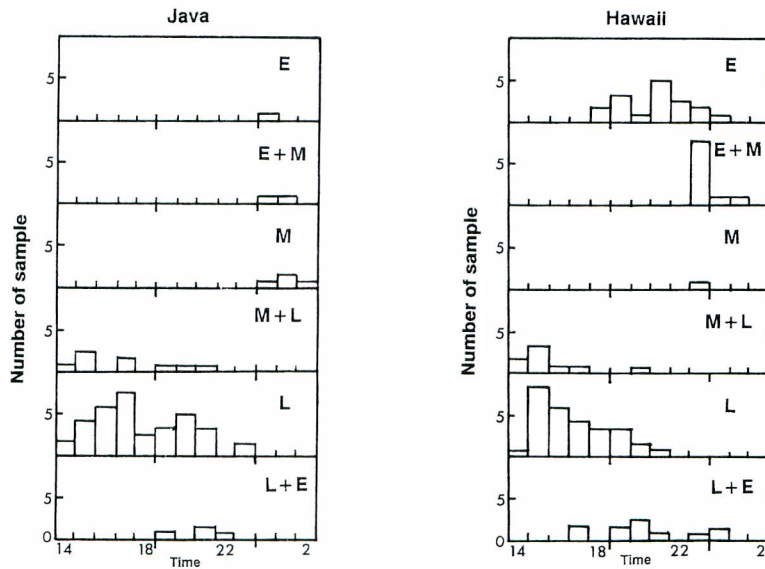


Fig. 5. Occurrence of degenerated stage of postovulatory follicle by time.

E : early stage.  
M : middle stage.  
L : late stage.

### 3.3 最発達卵団の平均卵径の経時変化

卵巣中の最発達卵団に属する卵の大きさ(平均卵径)には、0.4-0.6mmおよび0.8-1.1mmの明瞭な2つのモードが認められた。そこで両者を区別して平均卵径の経時変化を図6に示す。ジャワ沖水域とハワイ南西水域に共通する傾向として、14時以降卵径が増大して、19時前後にピークに達することが認められる。また、この時間から0.5~0.6mm程度の卵径のものが出現するが、これは第3次卵黄球期卵で、次回の産卵の予備群と考えられる。この卵団では少なくとも午前2時頃までは卵径の増加はみられない。2時から14時までの時間帯に、平均卵径が経時的にどのように増加してゆくのか不明であるが、卵巣発達段階別の平均卵径の変化(図4)からみて第3次卵黄球期から胚胞移動期に発達する過程での変化が大きいものと考えられる。ジャワ沖では14時前後であるが、ハワイ南西水域ではそれよりやや早い時間帯と推察される。

### 3.4 生殖腺熟度指数(GSI)の経時変化

採集時刻別に生殖腺熟度指数の推移を図7, 8に示す。図7から雌のGSIは、ジャワ沖水域では22時以降、ハワイ南西水域では20時以降低い値を示し、直前に当たる19時前後に最高値を示す傾向がみられる。前者は産卵による卵巣重量の低下を、後者は排卵に先立って起こる吸水による卵径の増大を表すものと推察される。雄のGSIの平均値(図8)は、14時~15時が最も大きく、その後あまり変化が明瞭でなく、雌の経時変化とほとんど対応していない。雄はいつでも放精可能な状態にあるから、漁獲時または精巣摘出時に精子の流出があった可能性がある。

### 4. 排卵・産卵時刻の推定

以上に述べた結果は、排卵が18時前後から始まり、産卵が夜間に行なわれることを示唆している。排卵、産卵の時刻をより詳細に把握するため、以下の検討を行なった。

卵巣標本の中には、卵巣腔中に組織から排卵された透明熟卵(水子卵)がみられるものがある。水子卵・初期排卵痕の有無及び組織中の成熟期卵の有無に基づき、

1. 排卵直前 (Preovulation Stage) : 成熟期卵があり、初期排卵痕及び水子卵がない卵巣、
2. 排卵中 (Ovulating Stage) : 成熟期卵、初期排卵痕及び水子卵の全てがある卵巣、
3. 排卵後 (Postovulation Stage) : 初期排卵痕、水子卵があるが成熟期卵がない卵巣、
4. 産卵後 (Postspawning Stage) : 初期排卵痕はあるが水子卵及び成熟期卵がない卵巣、

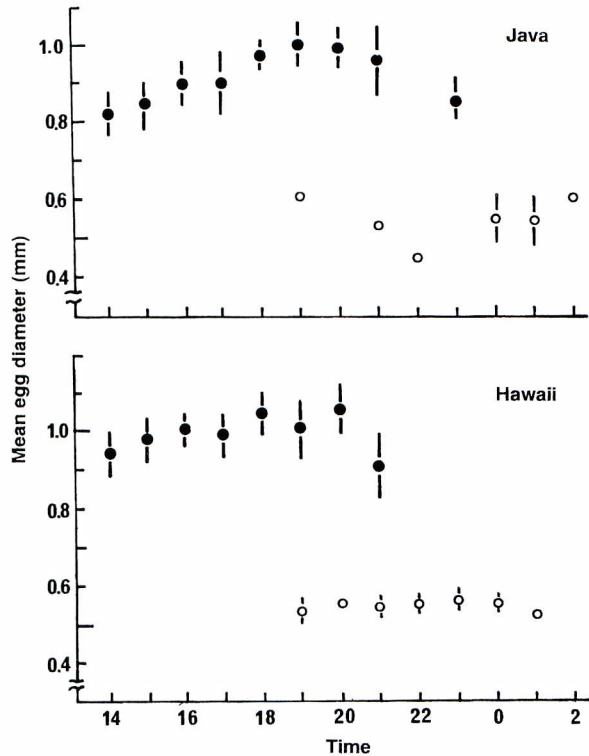


Fig. 6. Changes in mean egg diameter of the most advanced eggs by time, grouped by the diameter range smaller (open circle) and larger than 0.7 mm (solid circle). Bars represent  $\pm$  standard deviation.

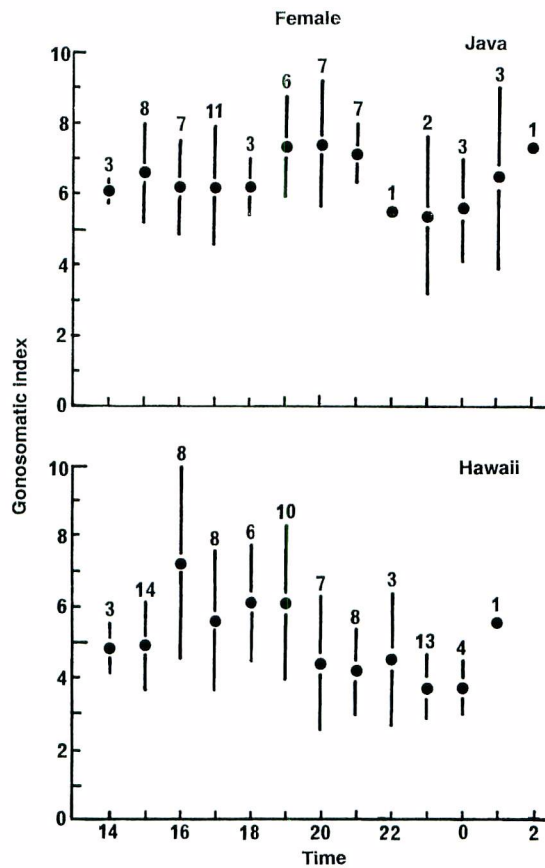


Fig. 7. Changes in mean gonosomatic index of female bigeye tuna by time. Circles, bars and the numerics represent average,  $\pm$ standard deviation of GSI and the number of samples, respectively.

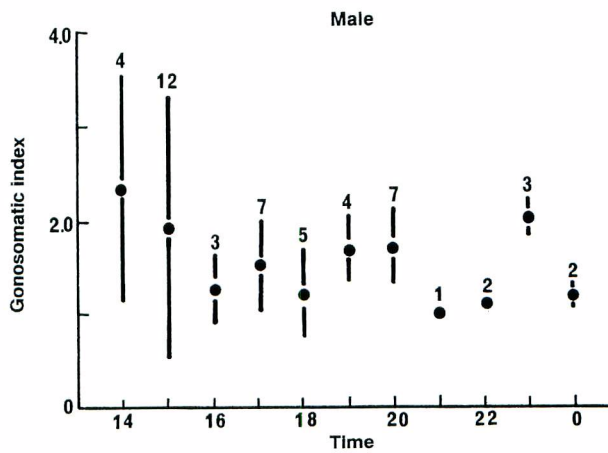


Fig. 8. Changes in mean gonosomatic index of male bigeye tuna by time. Circles, bars and the numerics represent average,  $\pm$ standard deviation of GSI and the number of samples, respectively.

の4段階を設定した。

ジャワ沖水域の標本からは第2, 3段階のものは得られなかったが, 段階別の出現時刻の推移を示すと図9のようになる。この図から, 排卵直前の個体の出現終了時刻は, 両水域を通じて21時前後とみられる。排卵中の個体の出現は17時~21時にわたり, 出現終了の時刻は前者の出現終了時刻とほぼ等しい。排卵後と産卵後の段階の出現時刻はほぼ一致し, 19時から2時にわたる。また, 産卵後に属する個体の出現頻度が深夜に高い傾向がみられる。

以上のことから, 排卵は18時前後に始まり, 深夜にかけて行なわれること, 産卵は19時頃から始まり深夜に及ぶが, 特に21時以降深夜にかけてが盛んであることが明らかにされた。

### 5. 産卵間隔

今回得られた卵巣標本は, スペント或いは休止期とみられるものはわずかで, 大部分は産卵活動中のものであった。また, 排卵痕の出現・消失がほぼ1日と考えられることから, 排卵痕を有する個体は前日に産卵したものとみられる。従って, 全成熟個体中の排卵痕を有する個体の割合の逆数を産卵間隔(平均産卵日間隔)と考えることが可能である。

表3に, ジャワ沖, ハワイ南西水域の各採集期間について, 排卵痕を持つ個体の割合, 産卵間隔の算定値を示した。卵巣卵は, 3. 成熟過程の経時変化で述べたように第3次卵黄球期から胚胞移動期, 前成熟期, 成熟期を経て産卵されるが, 産卵時には次に産卵される卵が, すでに第3次卵黄球期にまで発達してきている。従って, 第3次卵黄球期以降の成熟段階にある卵巣を持つ個体を成熟とみなした。多

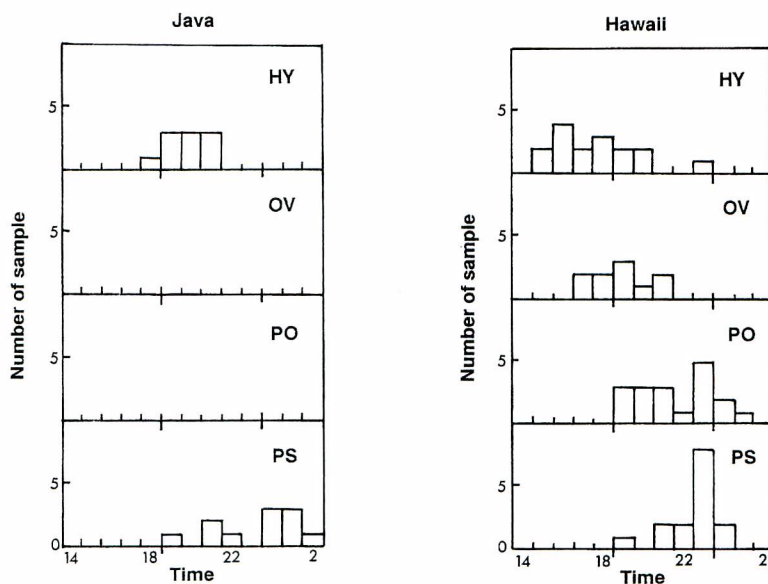


Fig. 9 Occurrence of ovulation stage by time.

- HY : hydrated stage.
- OV : ovulating stage.
- PO : postovulating stage.
- PS : postspawning stage.

**Table 3.** Results of histological examination of ovaries from bigeye tuna taken by longline gear.

Sampling period	Survey area	No. of specimens	Mature* <sup>1</sup> specimens (X)	Specimens with POF* <sup>2</sup> (Y)	Percent spawning (Y/X)	Spawning frequency (X/Y)* <sup>3</sup>
Java A 1988	1/25-2/1 13°-14°S, 113°-115°E	26	24	22	91.7%	1.09
B	2/3-2/14 12°-13°S, 109°-111°E	15	15	15	100.0%	1.00
C	2/17-2/25 12°-14°S, 111°-114°E	11	11	7	63.6%	1.57
D	2/26-3/5 12°-13°S, 111°-112°E	20	20	18	90.0%	1.11
Hawaii A 1988	5/27-6/3 11°-12°N, 175°-176°W	25	23	22	95.7%	1.04
B	6/6-6/25 11°-12°N, 164°-169°W	40	37	34	91.9%	1.09
C	6/25-7/10 12°-13°N, 163°-168°W	32	30	29	96.7%	1.03

\* 1 Ovaries in tertiary yolk stage or in more advanced stages.

\* 2 POF: Postovulatory follicle.

\* 3 Days per spawning.

くの期間で成熟雌の割合が高く、また、排卵痕を持つ個体の割合もジャワ沖のC期間を除き90%~100%の高率であった。産卵日間隔も1.0~1.1で、このことから各個体はほとんど毎日、産卵していることがわかる。

#### 6. 1日当たり産卵数

次に、1日当たり産卵数の推定を試みた。表4に、卵巣腔に水子卵を保有していた卵巣について、水子卵数の算定値を示した。卵巣組織中に成熟卵がみられず水子卵のみ保有していた場合と、組織中に排卵前の成熟卵が存在する場合とあり、後者については、成熟卵数の推定値も合わせて示した。

水子卵のみ保有していた個体の水子卵粒数は約5万から78万に及ぶが、60万以上は体長150cm以上の大型魚のものであった。体外へ流出過程にあると推察されるこれらの水子卵推定値は、1日当たり産卵数としては明らかに過小と考えられる。水子卵数と組織中の成熟卵数の推定値を加えたものでは、38万から278万に及んでいる。なお、水子卵の平均卵径は1.102mm、水子卵の重量は1500個で1g(0.67mg/egg)という値が得られた。

水子卵数に基づく産卵数推定には以上のように過小推定の可能性があるため、排卵前の卵巣について組織中の成熟卵数により、1日当たり産卵数の推定を行った。前述の卵径組成作成に用いられた、胚胎移動期、前成熟期、成熟期に属する卵巣について、分離成熟卵団の卵粒数の推定値と体長の関係を図10に示す。水域別に1日当たり産卵数(Y)の体長(Xcm)に対する回帰式を求めると、

$$\text{ジャワ沖水域} \quad Y = 0.0058 \cdot X^{3.994}$$

$$\text{ハワイ南西水域} \quad Y = 0.0018 \cdot X^{4.175}$$

となる。

得られた回帰式に基づき、体長に対する1日当たり産卵数を両水域で比較したのが表5である。同一体長における産卵数は、ジャワ沖水域ではハワイ南西水域と比べてかなり多い。

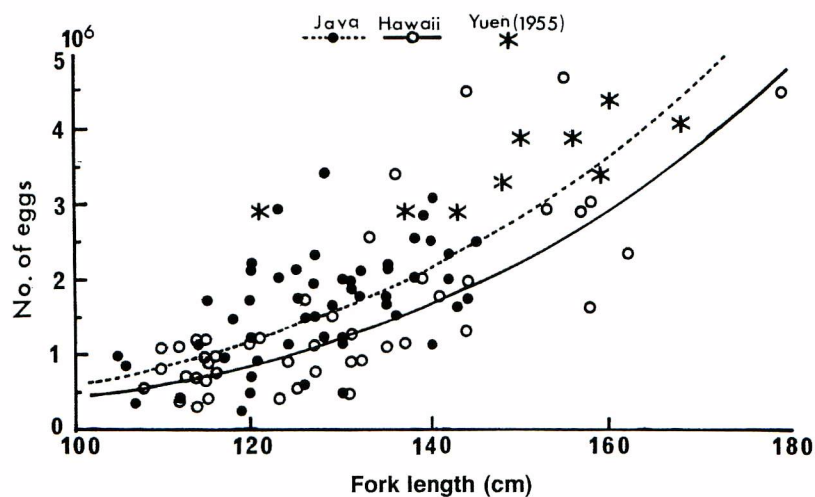
**Table 4.** List of mature ovaries of bigeye tuna with hydrated eggs in its ovary and the calculated number of hydrated eggs.

Sample No.	Sampling time	FL (cm)	GW (g)	GSI	Volume of ovulated egg (cc)	Number of hydrated egg			
						1 cc <sup>-1</sup>	Ovulated (10 <sup>3</sup> )	Unovulated (10 <sup>3</sup> )	Total (10 <sup>3</sup> )
F 02 B 05	20 : 40	123	1000	5.37	360	1032	371	—	371
F 03 B 01	20 : 30	127	510	2.49	46	1159	53	—	53
F 03 B 02	23 : 10	118	580	3.53	99	1003	99	—	99
F 04 B 03	23 : 20	123	700	3.76	207	1278	264	112	376
F 12 B 05	0 : 30	163	1740	4.02	580	1054	611	—	611
F 13 B 03	21 : 00	156	1800	4.74	685	1135	777	—	777
F 14 B 01	23 : 10	135	1040	4.23	312	1260	393	—	393
F 17 B 02	21 : 20	135	1050	4.27	323	1046	338	—	338
F 25 B 01	1 : 10	125	1100	5.63	188	850	160	—	160
F 26 B 03	19 : 00	152	1600	4.56	236	977	230	—	230
F 28 B 05	21 : 30	131	1150	5.12	398	1132	450	532	982
F 29 B 02	18 : 30	136	2300	9.14	541	1132	612	1680	2292
F 33 B 02	18 : 00	117	1200	7.49	111	1178	130	1037	1167
F 33 B 03	19 : 00	111	800	5.85	361	1024	369	156	525
F 36 B 01	19 : 30	137	2700	10.50	214	929	199	2576	2775

FL : Fork length

GW : Gonad weight

GSI : Gonosomatic index



**Fig. 10** Number of eggs spawned per day by length for bigeye tuna. Estimated relationships ( $Y = a \cdot X^b$ ) between length and the number of eggs spawned per day are plotted for fish caught in the waters off Java (broken line) and south-western offshore of Hawaii (solid line), respectively.

**Table 5.** Number of eggs spawned per day by size of fish.  
(Unit: 10<sup>6</sup>)

Fork length (cm)	Off Java	South-western offshore of Hawaii
100	0.56	0.40
110	0.83	0.63
120	1.17	0.86
130	1.61	1.20
140	2.16	1.64
150	2.85	2.19
160	3.69	2.87
170	4.70	3.69
180	5.90	4.69

#### IV. 考 察

##### 1. 排卵・産卵時刻について

メバチの排卵・産卵時刻に関して、既往の知見を検討したが、記録されたものはほとんど例がない。はえなわの漁獲物を用いた人工授精やふ化を取り扱った、木川、(1953)、Kume、(1962)；安武ほか、(1973)等の報告のいずれにも、完熟卵を採集した時刻の記載がみられない。しかし、安武ほか、(1973)に関する記録\*として、18時前後にしばしば、また、20時頃、23時頃に完熟卵が採取された記録がある。また、ジャワ海において、メバチの熟卵採集の1例が、日没後の残照が消えてからしばらく後(20時前後と推定)であり、また、放卵直後の魚体が深夜に釣獲された等の記録\*\*がある。これらの知見は本種の排卵、産卵時刻に関する今回の研究結果と一致している。

キハダでは、原田ほか、(1971)が、20時15分頃完熟卵が採集されたことを報告しており、Schaefer、(1988)は、20時～24時が産卵時刻と推定している。カツオは、通常夜間に産卵する(Hunter *et al.*, 1986)と報告されている。これらの結果はメバチの推定産卵時刻によく対応している。太平洋クロマグロについては、中村、(1938)が、はえなわで漁獲された個体から熟卵が17時35分に採取されたと報告している。また、生簀で飼育中の太平洋クロマグロの行動観察から、産卵行動と考えられる追尾行動が盛んにみられるのは、15時～20時の時間帯とされている\*\*\*。一方、地中海のシシリー島周辺における大西洋クロマグロの産卵行動が午前7時から11時にかけて観察されている(日本科学協会、1979)。クロマグロでは他のマグロ類と若干相違するが、マグロ類の産卵活動の中心は夜間にあると推察される。その生態的理由について考えてみると、マグロ類では産卵からふ化まで約1昼夜を要することから、最も食害を受け易いふ化仔魚の出現が夜間に相当する。このことはメバチの生残戦略として有利なはずである。クロマグロの場合には、ふ化までの時間が30時間以上と長いこと(原田ほか、1979)が、産卵時刻が他のマグロ類と

\* 著者の1人(安武)による野帳の記録。

\*\* 本報告の著者の1人(上柳)による野帳の記録。

\*\*\* 近畿大学水産研究所、乗田孝雄氏よりの聴取による。



異なることに関連している可能性がある。実際、太平洋クロマグロの産卵が上述の15~20時とし、ふ化までの時間を考慮すると、仔魚のふ化は夜間となる。

## 2. 1日当たり産卵量について

Yuen, (1955)は、太平洋のメバチについて、卵巢中の最発達卵団の卵粒数を、体重約40kg~110kgの魚体について求め、290~630万と推定している。この体重を、森田, (1973)の体長-体重関係式によって体長に変換すると約120cm~170cmに相当する。これから本研究の結果と比較すると、図10に示したようにYuen, (1955)の結果は相当に大きい値となる。この相違は、本研究の1日当たり産卵量の推定が、第3次卵黄球期の卵巢を除いた、より成熟の進んだ成熟卵についてのみ行なったのに対し、Yuen, (1955)は、第3次卵黄球期の卵巢についても算定したためと考えられる。

インド洋のジャワ沖水域と太平洋のハワイ南西水域の間で産卵量の推定値に差がみられることについては、図2及び図7に示されるGSI(換言すれば生殖腺重量)の相違によると考えられる。インド洋のメバチと太平洋のメバチについて、普遍的にGSIに明瞭な相違があるか否か、今まで十分な比較検討がなされていないので、立入った考察は出来ないが、もし、両者に差異があるとすれば、このことは系群のちがいを示唆するものと考えられる。

また、表4に水子卵を持つ個体の水子卵数と組織中に入った成熟卵数が示されているが、成熟卵数の変動の幅が十万から数百万であるのに比べて水子卵は大部分が数十万とかなり安定した数値を示す。このことは一日の排卵が何回かに分けて行なわれる可能性を示唆するものと思われる。

## 3. 1産卵期間中の産卵数

産卵期間中のメバチの産卵間隔はほぼ一日であることが判明したが、メバチの個体としての産卵期間は不明である。GSIの季節変化等から東部太平洋では3ヵ月程度の産卵盛期が想定されるが(久米,1979)、これら産卵群への成熟魚の加入や逸散があるのかどうか、あるとすればどの程度なのか解明されておらず、今後の課題として残される。従って、1産卵期間中の産卵量の推定は困難である。しかし、少なくとも現在考えられている産卵期間中(3ヵ月程度)同一個体が毎日産卵するとすれば、雌1個体当たり数千万粒から数億粒という膨大な産卵数となる。本種が非常に大きい産卵ポテンシャルを持っていることが示唆される。

## 謝 辞

本研究を取りまとめるに当たり、終始、熱心かつ貴重な助言をいただいた遠洋水産研究所浮魚資源部鈴木治郎氏に心から御礼申し上げます。また、貴重な標本を採集していただいた、愛知県立三谷水産高等学校実習船愛知丸、岩手県立宮古水産高等学校実習船第一りあす丸の乗組員並びに関係の方々、標本の処理、測定に協力された東海大学有園功二氏に深謝する。更に、文献の紹介を含めて種々御教示いただいた前遠洋水産研究所木川昭二氏、九州大学農学部松浦修平氏、全米熱帯まぐろ委員会(IATTC)のMr. Kurt M. Schaefer氏、近畿大学水産研究所乗田孝雄氏、論文の校閲の労をとられた遠洋水産研究所浮魚資源部長岡田啓介氏、内容の論議に加わっていただいた同部辻祥子氏に厚く御礼申し上げます。

## 要 約

メバチの産卵は近縁種であるキハダやカツオの産卵生態から類推すると産卵多回型と考えられるが、実証されていない。また、産卵時刻や産卵頻度等はほとんど不明である。本研究の目的は、これら産卵に関する実体を把握することである。

分析に用いた材料は、1988年1月下旬から3月上旬に東部インド洋のジャワ沖水域（12°～14°S, 109°～115°E）及び同年5月下旬から7月上旬にハワイ南西沖水域（11°～13°N, 163°～176°W）で2隻の水産高等学校実習船によりはえなわで漁獲された体長（尾叉長）100 cm以上のそれぞれ雌72個体、雌97個体と雄50個体（後者の水域のみ）の生殖腺及び同期間中に漁獲されたメバチの体長、性別並びに生殖腺重量である。

漁獲されたメバチは、その生殖腺の性状から非常に成熟の進んだ状態にあり、産卵群と判断された。生殖腺熟度指数及び最発達卵団の平均卵径の経時変化と、組織学的観察による排卵痕の有無及び卵巣の成熟過程から、産卵は両水域ともに現地時間で19時から深夜にかけて行なわれると推定された。

卵巣組織中の排卵痕の有無及びその退行過程の観察から、排卵痕の出現から消失までおよそ一日と考えられた。成熟雌（第3次卵黄球期以降）中に占める排卵痕を持つ個体の割合は、ほとんどの期間で90%を越えることが判明し、このことは、同一個体がほぼ毎日産卵することを示唆した。しかしながら、現段階では同一個体からのサンプリングが困難なため産卵期間及び産卵期間中の産卵回数を明らかにすることができなかった。

卵巣中の最発達卵団の計数値から体長（X cm）と一日当たり産卵数（Y）間の関係式が、ジャワ沖水域及びハワイ南西水域について、それぞれ以下のように求められた。

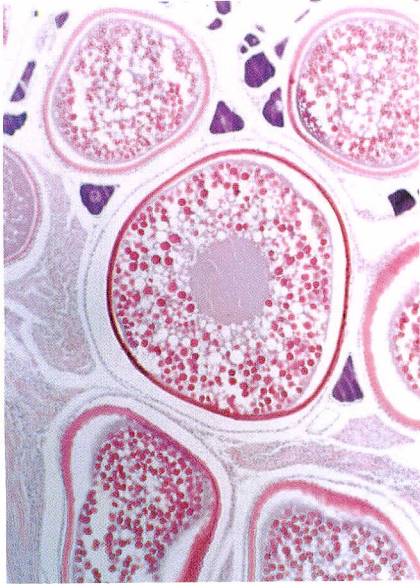
$$Y = 0.0058 \cdot X^{3.994} \quad (\text{ジャワ沖水域})$$

$$Y = 0.0018 \cdot X^{4.175} \quad (\text{ハワイ南西水域})$$

## 引 用 文 献

- 原田輝雄・水野兼八郎・村田修・宮下盛・古谷秀樹（1971）：キハダの人工ふ化と仔魚飼育について。近大農紀要，4, 145-151.
- 原田輝雄・村田修・宮下盛・小田誠二・横山達雄・米島久司（1979）：クロマグロの人工種苗生産の研究— II. 水温がふ化に及ぼす影響。昭和54年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，86.
- HUNTER, J. R. and S. R. GOLDBERG（1980）：Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*, *Fish. Bull.*, U.S., 77(3), 641-652.
- HUNTER, J. R. and B. J. MACEWICZ（1985）：Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In R. Lasker(Editor), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 36, 79-94.
- HUNTER, J. R., B. J. MACEWICZ and J. R. SIBERT（1986）：The spawning frequency of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fish. Bull.*, U.S., 84(4), 895-903.
- 木川昭二(1953)：南部マーシャル群島近海におけるメバチの産卵。南海区水研業績集，1, 1-10.
- 木川昭二(1966)：太平洋のマグロ延縄漁場におけるメバチ及びキハダ成熟魚の分布と海域別産卵可能量

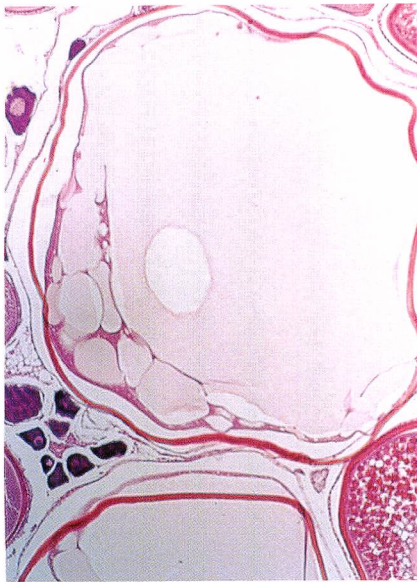
- の考察. 南海区水研報, 23,131-208.
- 岸田 達・会田勝美(1989): 瀬戸内海中西部におけるサワラの成熟と産卵. 日水学誌, 55(12), 2065-2074.
- KUME, S. (1962): A note on the artificial fertilization of bigeye tuna, *Parathunnus mebachi* (Kishinouye). 南海区水研報, 15, 79-84.
- KUME, S. and J. JOSEPH (1966): Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (LOWE), from the Japanese long-line fishery in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 11(2), 47-99.
- 久米 漸(1969): メバチの生態学的研究—VI, 赤道(16°N以南)ならびに南部赤道太平洋における分布と魚体に関する既往の知見と集約と, 若干の考察. 遠洋水研報, 1, 77-98.
- 久米 漸(1979): 太平洋におけるメバチの生態と資源. 水産研究叢書, 32. 54pp.
- 松浦修平・松山倫也・藤井敏彦・大内康敬・角健造(1986): 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年度福岡水試研報, 125-130.
- MATSUYAMA, M., S. ADACHI, Y. NAGAHAMA and S. MATSUURA (1988): 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.
- 日本科学協会(1979): Studies for the development of the artificial propagation and culture of tunas. Interim report. The Japan science society., 1-27.
- 森田安雄(1973): メバチ・キハダの鰓, 内臓抜き重量からの生重量推定. 遠洋水研報, 9, 109-121.
- 中村廣司(1938): マグロ *Thunnus orientalis* (Schlegel) の習性に就て(予報). 動雑, 50(5), 279-281.
- SCHAEFER, K. M. (1986): Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 19(2), 169-260.
- SCHAEFER, K. M. (1988): クリッパートン島水域におけるキハダの産卵時刻と産卵頻度および今後の研究計画(日本語訳). 昭和62年度マグロ漁業研究協議会報告書. 遠洋水研, 118-126.
- 安武 洋・西 源二郎・森 慶一郎(1973): 船上におけるメバチ, *Thunnus obesus*, の人工受精, 初期飼育および前期仔魚の形態. 遠洋水研報, 8, 71-78.
- YUEN, H. S. H. (1955): Maturity and fecundity of bigeye tuna in the Pacific. U.S. Fish. Wildl. Serv., Spe. Sci. Rep., 150, 1-30.



A : Tertiary yolk stage. ×80.



B : Migratory nucleus stage. ×80.

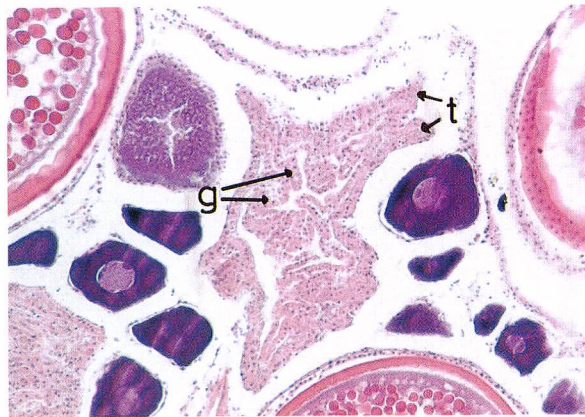


C : Pre-mature stage. ×80.

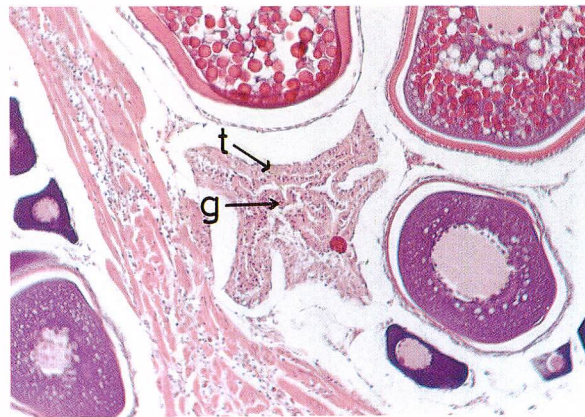


D : Mature stage. ×80.

Plate 1. Histological cross section of bigeye tuna ovary by developmental stage.



A : Early stage.  $\times 180$ .

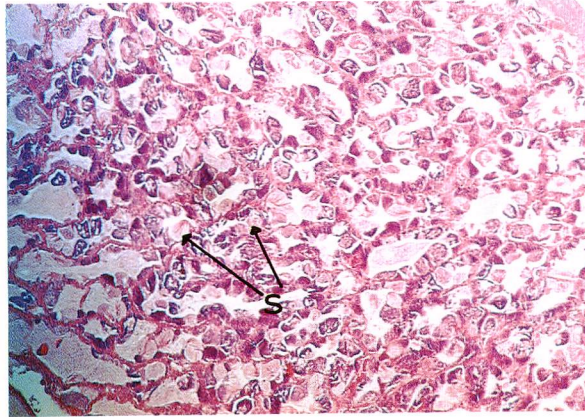


B : Middle stage.  $\times 180$ .

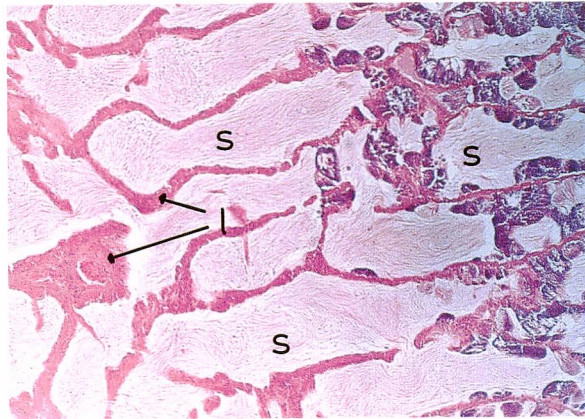


C : Late stage.  $\times 180$ .

**Plate 2.** Histological cross section of bigeye tuna ovary by degenerating stage of postovulatory follicle.  
g = granulosa cell layer t = thecal cell layer



A : Outer part. Spermatogenesis near the periphery of lobule.  $\times 40$ .

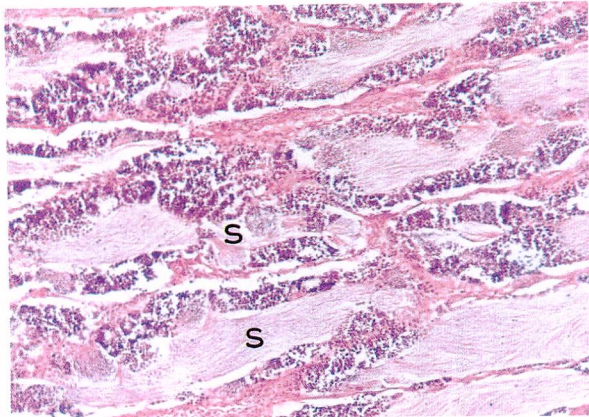


B : Middle part. Spermatozoa congregation in the small sperm duct.  $\times 100$ .

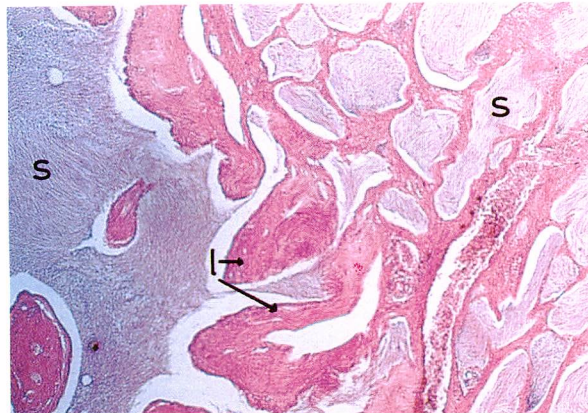


C : Inner part. Small sperm duct and lumen of testis filled with spermatozoa.  $\times 100$ .  
Fork length 112 cm, gonad weight 50 g, GSI 0.36

**Plate 3.** Histological cross section of bigeye tuna testis.  
l=lobule wall s=spermatozoa



D : Spermatogenesis in the lobule.  $\times 200$ .



E : Small sperm duct and lumen of testis filled with spermatozoa.  $\times 100$ .