

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

村山 司*・三谷 勇**・青木 一郎***

Estimation of the Spawning Period of the Pacific Mackerel *Scomber japonicus* Based on the Changes in Gonad Index and the Ovarian Histology

Tsukasa MURAYAMA*, Isamu MITANI** and Ichiro AOKI***

Abstract

Reproductive system is a fundamental element in understanding fish stock variability. The Pacific mackerel *Scomber japonicus* stock has been at a low level for about last 10 years. Then, we examined the changes in gonad index (KG) and the ovarian histology of the female Pacific mackerel which were captured from February to July in 1992 in the region of Izu islands, in order to know the spawning pattern of the Pacific mackerel. And the correlation between KG and ovarian histological characteristics was reported. The division of spawning period was determined based on both the changes in KG and the histological observation.

With the development of the ovary, KG increased gradually. Judging from the ovarian characteristics, the Pacific mackerel proved to do a multiple spawning. KG seemed to decrease to 2-4 after ovulation. It is suggested that the spawning season of the Pacific mackerel began in the middle of March and ended in June. In the division of the spawning season, however, the peak term of spawning estimated by the changes in KG was different from that based on the ovarian histological observation. For the understanding of the movement of the spawning potential during the spawning period, it is necessary to examine not only the changes in KG but also the ovarian histology.

1. 緒 論

近年、極めて低い水準にあるマサバ資源の変動機構を検討する際には、資源動態に関与する重要な要因の一つである親魚の産卵生態を把握することが不可欠である。さば属魚類資源は、1983年以降の低水準期において産卵期及び産卵域が顕著に変動している(黒田, 1992)。一般に、親魚の生理的状态の動向が産卵数(量)

の変動に関与するとされ(ROTHSCHILD, 1986)、不安定に変動する産卵期や産卵域の消長については、分布する親魚の成熟状態が有効な指標になると考えられる。従って、マサバにおいて、産卵生態を把握するためには、まず性成熟様式について解析することが必要である。これまでマサバの産卵・成熟過程に関しては、立石(1957)が組織学的手法による卵巣の成熟段階の区分について記載しており、澤田・蒔田(1972)は卵径組成からみた成熟過程の解析を行っている。また、今井(1992)、平井・河尻(1992)は生殖腺熟度指数を指標とした性成熟及び産卵期について考察している。しかしながら、卵巣組織像の変化に基づく成熟過程に関する検討は十分ではなく、マサバの産卵様式に関して正確な理解が得られているとは言い難い。

本研究では、伊豆諸島近海を主産卵場とするマサバ太平洋系群において、その性成熟様式を理解するひと

1994年7月27日受理

* 水産工学研究所 National Research Institute of Fisheries Engineering, Ebidai, Hasaki, Kashima, Ibaraki, 314-04, Japan.

** 神奈川県水産試験場 Kanagawa Prefectural Fishery Experimental Station, Youroushi, Jogashima, Misaki, Miura, Kanagawa, 238-02, Japan.

*** 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai, Nakano, Tokyo, 164, Japan.

つの方策として、雌の親魚の卵巢組織像に基づいた成熟過程の解析から産卵期を推定するとともに、生殖腺成熟度指数を指標とする方法により推定された産卵期との比較・検討を試みた。

2. 材料と方法

1992年2月6, 18, 20, 23, 27日, 3月3, 8, 9, 12, 16, 22日, 4月14, 21, 27日, 5月12, 25, 29日, 6月4, 21, 29日及び7月14, 22日に伊豆諸島近海において捕獲された雌のマサバ親魚を神奈川県サバ釣漁業者及び神奈川県水産試験場調査船江の島丸から入手した。なお、捕獲は日没から日の出までの夜間に行ったが、正確な時刻は不明である。採集された親魚は尾叉長(FL), 卵巢重量(GW)を測定, 成熟度指数(KG, $(GW \div FL^3) \times 10^4$)を算出した。また、これらのうち2月18日, 3月22日, 4月14日, 5月12日, 6月4, 21, 29日及び7月22日に捕獲されたものについては、卵巢の一部を10%ホルマリンで固定, パラフィン包埋し, 8 μ mの切片を作製後, ヘマトキシリン・エオシン(HE)染色を施して, 卵巢成熟状態を光学顕微鏡で観察した。

3. 結果

(1) 卵巢成熟段階及びKGとの対比

まず, 松山・松浦(1982)及びMATSUYAMA *et al.*(1990)に準拠して卵母細胞の成熟段階を同定した。すなわち, 卵黄胞期; 細胞質の周辺部に卵黄胞が出現したもの, 第1次卵黄球期; 細胞質に卵黄球が蓄積し始めたもの, 第2次卵黄球期; 卵黄球がほぼ細胞質全体に充滿した状態のもの, 第3次卵黄球期; 核の周囲に大型の油球が分布しているもの, 胚胞移動期; 核が細胞質の縁辺部(動物極)へ移動しているもの, 最終成熟期; 卵黄球の融合がみられ, 卵が透明になった状態のもの, である。

卵巢において, 卵母細胞の成熟は同期しておらず, さまざまな成熟段階の卵母細胞がみられた(Fig. 1-A, B)。また, 排卵痕がみられる一方で卵黄蓄積の進んだ卵母細胞が存在するものもあった(Fig. 1-B)。このことから, マサバは繰り返し産卵を行うことが推察された。排卵痕は, 濾胞(特に顆粒膜細胞)の核が明瞭に配列し, 排卵後まだ間もないと思われるものから, 濾胞腔が小さく, 核も不明瞭で, 排卵後やや時間を経過したと考えられるものまで種々みられた。

次に卵巢成熟段階とKGとの対応を調べた(Table 1)。その際, 最も成熟した卵母細胞の成熟段階をその

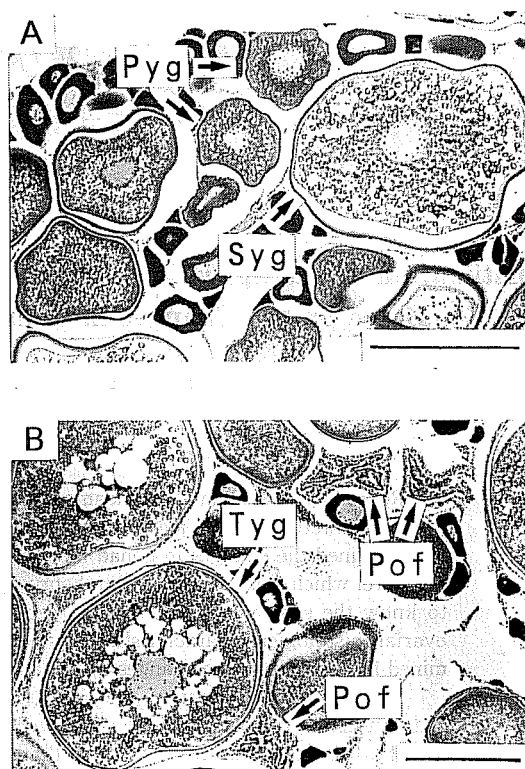


Fig. 1. Ovarian histology of the Pacific mackerel of gonad index (KG) 4 (A) and 5 (B). Pyg, primary yolk globule stage; Syg, secondary yolk globule stage; Tyg, tertiary yolk globule stage; Pof, postovulatory follicle. Horizontal bars represent 500 μ m.

卵巢の成熟段階とした。卵黄胞期の卵巢はKGが3以下の個体で観察され, 0-1において最も多かった。KGが2以上になると, 卵黄球期のものがみられるようになり, 第1次卵黄球期のものはKG4まで, 第2次卵黄球期は7まで, そして第3次卵黄球期は2以上のすべてのKGで存在した。KGが5以上になると胚胞移動期にある個体が観察されるようになった。最終成熟期にあるものはKG10における1個体のみであった。以上のように, KGの上昇にともない卵巢の成熟の進行がみられ, KGと卵母細胞の成熟はある程度対応していた。排卵痕は, 排卵後間もないと思われるものがKGが2以上で認められたが, 特にKGが4を示す個体において最も多かった。このことから, マサバは排卵後にKGが2から4程度まで低下することが示唆された。排卵痕が観察された個体はほとんどが第3次卵黄球期の状態のものであった。排卵痕はKGが9の個体

Table 1. Frequency of females which belong to different ovarian stages at each gonad index (KG) and those with postovulatory follicles and atretic oocytes.

KG	N	Yv	Pyg	Syg	Tyg	MN	FM
0-1	5	5..					
2	3	1		1	1*		
3	5	1	2		2*		
4	14		1	1	12*****		
5	10				9**	1	
6	19			2*	12*..	5.	
7	9			4	4*	1	
8	9				8***	1	
9	5				2*	3	
10	3				1	1	1
11≤	3				2	1	

N, the number of fish examined; Yv, yolk vesicle stage; Pyg, primary yolk globule stage; Syg, secondary yolk globule stage; Tyg, tertiary yolk globule stage; MN, migratory nucleus stage; FM, final maturational stage. Asterisks (*) mean the females with postovulatory follicles and circles (•) indicate the individuals which atretic oocytes occupied more than ca. 1/3 of ovary.

においてまで観察されたが、それより大きいKGでは排卵痕の判別が不能であった。退行変性卵については、KGが6まで上昇したもので多く認められた。

(2) KGの時期別推移と成熟段階の区分

Fig. 2は各時期の平均KGの変動である。平均KGは、2月から3月にかけて2前後の低い値で推移した。

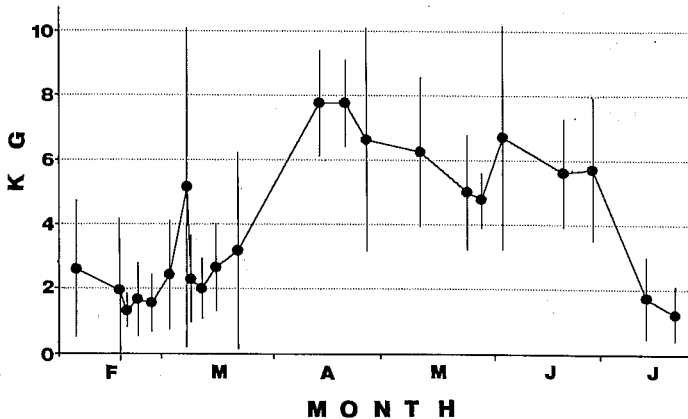


Fig. 2. Changes in mean gonad index ($KG = (GW/FL^3) \times 10^4$) of the Pacific mackerel. Vertical bars represent standard deviation.

4月になると8付近まで上昇し、その後6月まで6前後の高い値を維持したが、7月には低下した。

各時期における各個体の体長とKGの分布はFig. 3のようであった。まず、2月はKGの高い個体もみられたが、全体的に低い個体が多かった。3月はまだ低いものも多いが、5を超える個体の割合が多くなった。4月は、体長の小さいものを除いて大部分が5を超えるKGを示すようになり、5月及び6月になるといろいろなKGを有する個体がみられた。しかし、7月ではほとんどが低い値のKGであった。

各時期のKGの分布から、一都三県サバ漁海況検討会(神奈川県水産試験場ほか, 1986)の基準に基づき産卵期の区分を行った(Fig. 4)。その結果、KG 2以上が全体の50%を越えるがKG 5以上は半数以下である中熟期は3月22日前後までで、KG 5-10が全体の50から100%を占める産卵前期は3月22日ごろから4月21日ごろであり、この時点を経過した後、KG 5-10が全体の100から50%へと低下する産卵後期が4月21日前後から6月末までとなった。そして、KG 5以上が50%未満となる産卵末期が7月以降と考えられた。

(3) 各時期における卵巣成熟状態

親魚の卵巣成熟状態の時期的変化について観察した(Table 2)。

2月18日の捕獲個体では、第1次、第2次卵黄球期の段階にまで達したものがみられた。しかし、それ以上の成熟段階のものや排卵痕はみられなかったことから、この時点では、卵黄の蓄積は進行しているもののまだ産卵には至っていないと考えられた。3月22日の

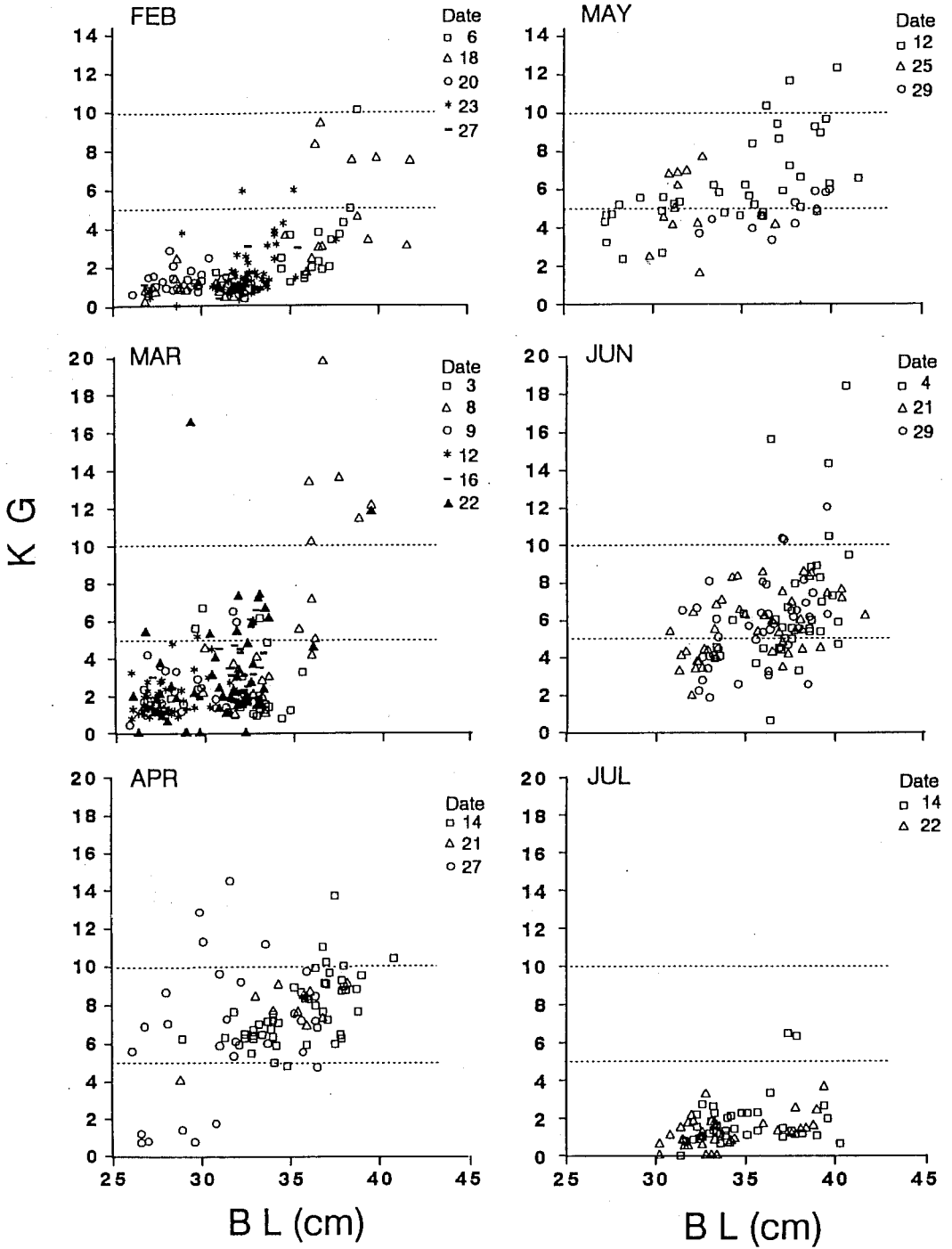


Fig. 3. Distribution of gonad index at every body length in different months.

Table 2. Frequency of females which belong to different ovarian stages at each date.

Date	Yv	Pyg	Syg	Tyg	MN	FM
18 Feb.		2	5			
22 Mar.		1	1	3	1	
14 Apr.				2	4	
12 May				17	3	
4 Jun.			1	12	2	1
21 Jun.				5	1	
29 Jun.	2		1	14	2	
22 Jul.	5					

Yv, yolk vesicle stage; Pyg, primary yolk globule stage; Syg, secondary yolk globule stage; Tyg, tertiary yolk globule stage; MN, migratory nucleus stage; FM, final maturational stage.

ものになるとやや成熟が進み、胚胞移動期に達した個体がみられるようになった。4月14日以降6月21日までの捕獲個体では、第3次卵黄球期、胚胞移動期及び最終成熟期にある卵巣が多く出現し、また、排卵痕を有する個体も多くみられた。すなわち、この期間では産卵が活発に行われていることが考えられた。6月29日になると、依然として第3次卵黄球期以降の成熟した卵母細胞や排卵痕がみられたが、卵黄胞期以前の未熟な状態のものや退行変性卵を多く含む卵巣も出現するようになった。これは、すでに産卵盛期ではないものの、まだ産卵は継続中であることを示唆している。7月22日では、卵巣は退縮したものが多く、ほとんどが卵黄胞期かそれ以前の未熟な状態であった。また、大型の退行変性卵と周辺二期卵母細胞とが共存する個体もあった。

以上の卵巣成熟状態の組織学的観察の結果より、本

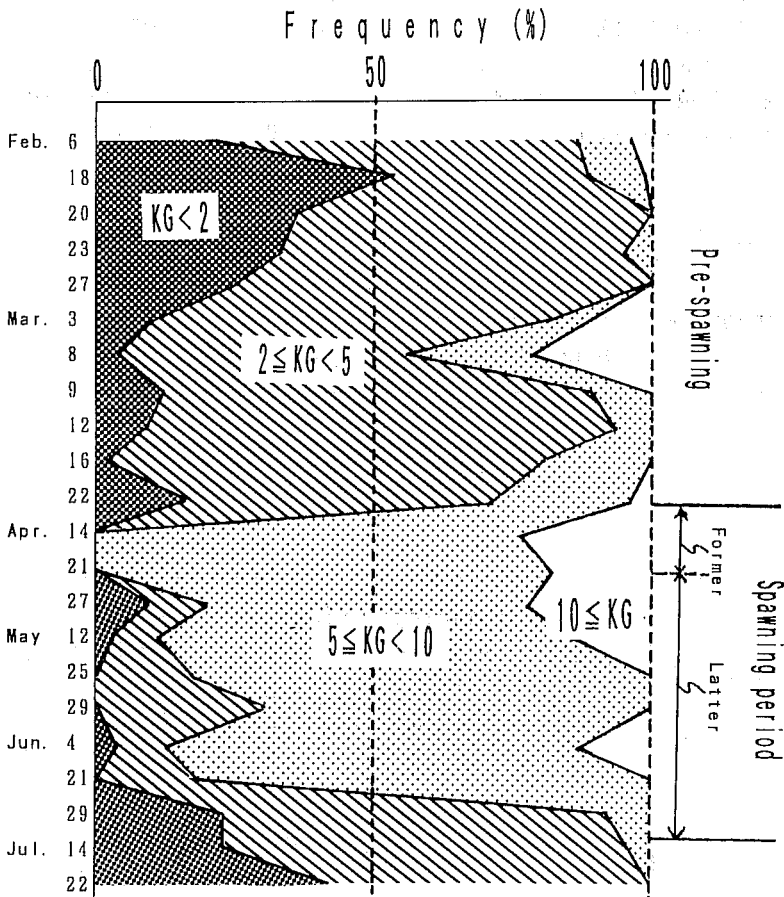


Fig. 4. The division of the spawning season estimated by the gonad index (KG).

海域のマサバでは、3月の中旬ごろから産卵を開始する雌魚が現われ、4月から6月中旬ごろまで盛んに産卵が繰り返された後、7月にはほぼ産卵が終了することが明らかとなった。

4. 考 察

本研究において、マサバの卵巢成熟過程が示され、マサバは繰り返し産卵を行っていることが推察された。胚胞移動期の個体はKGが5以上になると出現しており、これらの個体はまもなく排卵すると推察された。渡部(1970)は卵・稚仔の出現からKGが5以上で産卵するとしたが、本研究における卵巢の成熟状態からもそのことが裏付けられた。なお、透明卵を有する個体が少なかったが、これは親魚の採集時刻と漁具の選択性が関連しているかもしれない。成熟状態について他の海産魚と比較すると、マサバの排卵痕はほとんどが第3次卵黄球期の段階の卵巢にみられた(Table 1)が、これは排卵痕が第3次卵黄球期以降の段階の卵母細胞と共存するマダイ(MATSUYAMA *et al.*, 1988)と類似しているが、排卵痕が第1次卵黄球期の卵巢に多いマイワシ(MURAYAMA *et al.*, 1994)とは異なっ

た。このことから、マサバは排卵時には、次の排卵に向けた卵母細胞の成熟はマイワシよりも進んでいることがわかった。しかしながら、本結果だけではマサバの生殖周期や産卵間隔について解明することはできず、今後の課題である。

従来マサバでは、宇佐美(1965)及び渡部(1970)の報告にあるように、KGに基づいて成熟段階が区分され産卵期の推定が行われている。そこで、KGを指標として本年のマサバの産卵期の推定をすると、産卵期(産卵前期及び後期)は3月22日から6月末となった(Fig. 4)。このことは、関東近海のマサバでは、1991年度(神奈川県水産試験場ほか, 1991)と同様に本研究を実施した年度も長い産卵期間すなわち長期にわたる産卵が行われていたことを示唆している。

本研究で得られた結果について、KGにもとづいて区分された成熟段階と卵巢組織観察によって検討された成熟段階の比較を行った(Fig. 5)。その結果、全体の産卵期については両者とも3月中旬から6月いっぱいまでと、ほぼ一致していた。これは、産卵開始まで(あるいは終了以降)は各個体の卵母細胞の成熟(退縮)がみな同期して進行するので、KGも一様に上昇(低

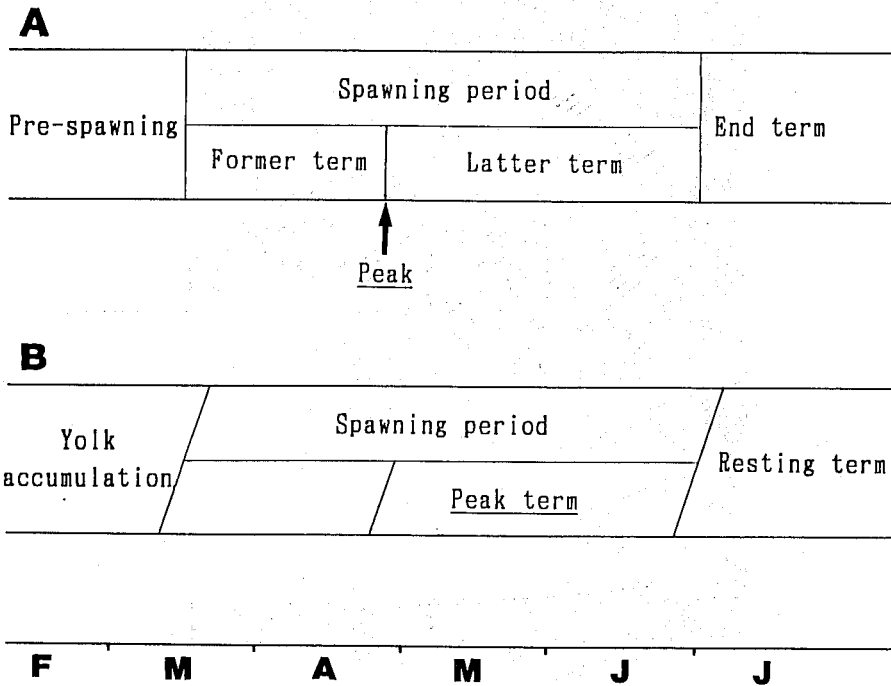


Fig. 5. Comparison of the spawning season estimated by the gonad index (A) with that based on the ovarian histological observation (B). The time of the peak term are different in the two.

下) するためと考えられる。しかし、産卵期内の成熟状態については両者に差異がみられた。すなわち、KGによる成熟段階区分 (Fig. 5-A) では4月中旬が産卵期のピークで、それ以降次第に産卵ポテンシャルが後退していくと考えられたのに対し、卵巣組織観察による成熟段階区分 (Fig. 5-B) では4月中旬以降6月中旬までが産卵盛期と推察された。このような差異が生じた理由として以下のことが考え得る。繰り返し産卵の場合、排卵直後には卵巣重量が減少し、KGが一時的に低下する (結果参照)。しかし、そのようなKGの低下はその個体の産卵の終了を意味しているのではない。産卵 (排卵) が活発な時期ほど各個体が種々の位相の成熟段階におかれるため、高低さまざまなKGの個体が共存することになる。また、退行変性卵を含む場合の卵巣では正常に成熟が進行している卵巣と卵巣重量に違いは生じないので、KGの数値から正常卵と退行変性卵を含む卵巣を区別することができない。KGによる成熟段階区分には上記のような排卵によるKGの低下や退行変性卵の有無が無視されているため、実際の産卵ポテンシャルの変動とは異なったものであると言える。このように、卵巣重量を用いた成熟度 (すなわちKG) はその個体の成熟状態を正確に示しているとは限らず、KGの値に基づく産卵期の区分は必ずしも実際の産卵動態を反映しているとは言い難い。産卵期全体を知る際にはKGがある程度指標にはなるものの、産卵期内における産卵ポテンシャルの動態を把握する場合には、KGのみではなく卵巣についての組織学的な検討を施すことも必要である。

文 献

平井一行・河尻正博 (1992) 関東近海のマサバ資源とたも抄い漁業の現状。水産海洋研究, 56, 451-454.
今井正昭 (1992) さば類の成熟と産卵。水産海洋研究, 56, 53-56.

神奈川県水産試験場・静岡県水産試験場・東京都水産試験場・千葉県水産試験場 (1986) 関東近海のマサバについて (昭和60年の調査及び研究成果), 38-45.
神奈川県水産試験場・静岡県水産試験場・東京都水産試験場・千葉県水産試験場 (1991) 関東近海のマサバについて (平成3年の調査及び研究成果), 7-9.
黒田一紀 (1992) 日本の太平洋沿岸域におけるさば属魚類の産卵期, 産卵場及び産卵量水準の動向。水産海洋研究, 56, 65-72.
松山倫也・松浦修平 (1982) 組織学的観察に基づく筑後川産卵型アユの成熟・産卵様式。日水誌, 48, 1573-1582.
MATSUYAMA, M., S. ADACHI 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.
MATSUYAMA, M., S. ADACHI, Y. NAGAHAMA, K. MARUYAMA and S. MATSUURA (1990) Diurnal rhythm of serum steroid hormone levels in the Japanese whiting, *Sillago japonica*, a daily-spawning teleost. *Fish Physiol. Biochem.*, 8, 329-338.
MURAYAMA, T., M. SHIRAIISHI and I. AOKI (1994) Changes in ovarian development, GSI, egg diameter and plasma levels of sex steroid hormones in the wild female Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) during the spawning period. *J. Fish. Biol.*, 45, 235-245.
ROTHSCHILD, B.J. (1986) Dynamics of marine fish populations. Harvard University press, Cambridge, 277 pp.
澤田貴義・蒔田道雄 (1972) 卵径組成からみた関東近海のマサバの成熟。静岡水試研報, 5, 31-36.
立石新吉 (1957) サバ生殖巣の組織学的研究。水産庁対馬暖流開発調査報告書, 4, 50-52.
宇佐美修造 (1965) 魚群の性成熟過程からみたマサバの集合特性について。東海区水研報, 47, 85-100.
渡部泰輔 (1970) マサバの発育初期における生態・形態ならびに資源変動に関する研究。東海区水研報, 62, 1-283.