

土佐湾における産卵期のマイワシ親魚の 成熟状態と分布について

村山 司*・青木 一郎*・石井 丈夫*

Maturation and Distribution of the Spawning Sardine in Tosa Bay

Tsukasa MURAYAMA*, Ichiro AOKI* and Takeo ISHII*

Abstract

A subpopulation of Japanese sardine, *Sardinops melanostictus* spawns in Tosa Bay in November and December. Maturity condition of the sardine at spawning period were investigated and compared between different regions of the Bay. Gonado-somatic index (GSI), hepato-somatic index (HSI) and condition factor (CF) were calculated, and developmental stage of gonad was histologically examined. The value of GSI and HSI of the fish in the eastern region of the Bay were higher than those in the central region of the Bay, but CF were not different for females and for males. The ovaries were at various developmental stages and there were differences in oocytes between the two regions. Many empty follicles were observed in the fish in the eastern region while atretic oocytes existed usually among developing yolked oocytes in the central region.

Though numerous sperms were present in testes of males of the both regions, cysts in the loubles were more in the eastern region than in the central region. In the eastern region spermatogenesis seemed to continue.

These results showed that the sardine spawned repeatedly in Tosa Bay, and that the females in the eastern region continued to spawn while those in the central region seemed to have lower spawning potential than those in the eastern region. This is consistent with the distribution of early developmental stage eggs of sardine in the Bay.

It was concluded that the schools of sardine were distributed separately in Tosa Bay according to their maturity conditions.

1. 緒 論

資源量変動の重要な要因の一つに産卵数の変動が挙げられる。親魚の内的(生理的)状態とそれをとりまく外的条件に関係して産み出される卵の数や質が変動すると言われている(ROTHSCHILD, 1986)。現在高い水準にあるマイワシ資源について、その資源量の変動機構を考える際、マイワシ親魚の産卵生態を生理学的な角度から検討することが重要である。

これまで、日本近海におけるマイワシの産卵・成熟の過程については、生殖腺重量および卵径組成の季節変化

や体長と成熟の関係などについて知見が得られており(相川, 1939; 浅見, 1953; 中井・宇佐美, 1962; 近藤ほか, 1976)、卵巣卵の組織学的変化については浅見(1953)の報告がある。産卵期を中心とした親魚の卵巣の発達・成熟過程に関しては石田(1959)、MATSUURA *et al.*(1989)などが検討しているが、親魚の産卵場における分布や産卵履歴についてはまだ未解明の部分が多い。

土佐湾では11月~12月に産卵するマイワシ個体群がみられる。1988年12月、東京大学海洋研究所白鳳丸を用いて(KH-88-5)土佐湾のマイワシを対象として卵稚仔、海洋環境、産卵親魚について調査が行なわれた。

本研究では、産卵期における親魚の成熟状態に着目し、卵の分布が多い水域、少ない水域にそれぞれ分布するマイワシ親魚の生殖腺の成熟状態、肝臓体重比および肥満

1990年8月24日受理

* 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute,
University of Tokyo, 1-15-1, Minamidai, Naka-
no, Tokyo 164, Japan.

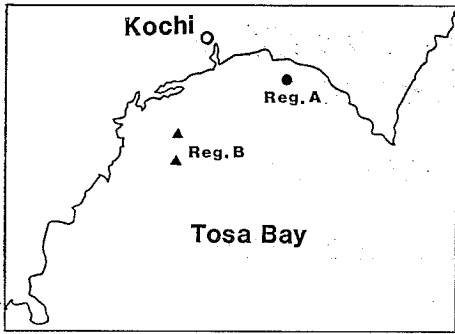


Fig. 1. Locations of samples of sardine taken during the cruise.

度を調べ、産卵成熟過程について考察し、土佐湾内における産卵親魚の分布動態を探るうえでの一助とした。

2. 材料と方法

1988年12月18日、21日および22日に白鳳丸において、土佐湾内でマイワシ親魚を刺網および釣りによって捕獲した。これらの標本に加えて、12月14日高知県宇佐漁港において多鈎釣によってとられたマイワシを漁業者から入手した。捕獲地点および標本については Fig. 1., Table. 1 に示した。湾東部の点を Reg. A, 湾中央部の2点を Reg. B とし、サンプルを2つのグループに分けた。なお、Reg. B では2地点で捕獲を行なったが、両地点が距離的に近い位置にあるので、ここでは両地点をあわせて Reg. B とした。採集時刻は Reg. A では20:00~08:00, Reg. B では日出前後~08:00であった。

採集されたマイワシの親魚は10%ホルマリンにて固定した。被鱗体長 (BL), 体重 (BW), 生殖腺重量 (GW),

肝臓重量 (LW) を測定し、生殖腺体重比 ($GSI = (GW/BW) \times 100$), 肝臓体重比 ($HSI = (LW/BW) \times 100$), 肥満度 ($CF = (BW/BL^3) \times 10^3$) を算出した。また、生殖腺 (卵巣, 精巣) の一部をパラフィン包埋後、 $8\mu m$ の切片を作製しヘマトキシリン-エオシン (HE) 染色を施して検鏡した。なお、卵巣の成熟段階は山本 (1954), 排卵痕および退化変性卵については松浦ほか (1984), YAMAZAKI (1962) に準じて同定した。さらに、精巣成熟段階については KANEKO *et al.* (1985) に拠った。

3. 結果

両水域とも、捕獲されたマイワシのうち体長が、産卵・成熟に明らかに関与し得ると考えられるサイズである18cm を超えている個体について調べた。

(1) GSI, HSI および CF

両水域における個体の GSI, HSI および CF は Table 1 の通りである。まず、GSI について、平均値は Reg. A の雌魚では 3.5, Reg. B は 2.8 であったが、有意な差はなかった。雄魚では、Reg. A, Reg. B の平均値はそれぞれ 3.8, 2.5 で、Reg. A が有意に (t -検定, $p < 0.01$) 高かった。次に、両水域の個体について GSI の頻度分布を調べた結果 Fig. 2. のようになった。雌雄とも Reg. B では GSI が 2 以下の個体が多くみられた。GSI の頻度分布は両水域で有意に異なっており (χ^2 検定, $p < 0.01$), Reg. A で高い傾向にあった。

HSI については、雌雄とも両水域間に顕著な差がみられた。すなわち、雌魚は Reg. A が 1.3, Reg. B が 0.6 となり、また、雄魚は Reg. A が 0.8, Reg. B が 0.5 を示し、いずれも Reg. A が有意に (t -検定, $p <$

Table 1. Comparison of gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of sardines in different regions in Tosa Bay: mean \pm SE. $GSI = (GW/BW) \times 100$, $HSI = (LW/BW) \times 100$ and $CF = (BW/BL^3) \times 10^3$, where GW is gonad weight, BW body weight, LW liver weight and BL body length. The values of GSI and HSI of the fish in Reg. A were higher than those in Reg. B both for females and for males.

| | | GSI | HSI | CF |
|---|--------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ♀ | Reg. A | 3.5 \pm 1.8 (28) | 1.3 \pm 0.5 (28) | 10.8 \pm 1.0 (28) |
| | Reg. B | 2.8 \pm 2.3 (28) | 0.6 \pm 0.3 (26) | 10.5 \pm 1.6 (28) |
| ♂ | Reg. A | 3.8 \pm 1.8 (44) | 0.8 \pm 0.2 (43) | 10.5 \pm 1.4 (44) |
| | Reg. B | 2.5 \pm 1.7 (31) | 0.5 \pm 0.3 (27) | 10.3 \pm 1.1 (31) |

*: Levels of significance ($p < 0.01$ by t -test)

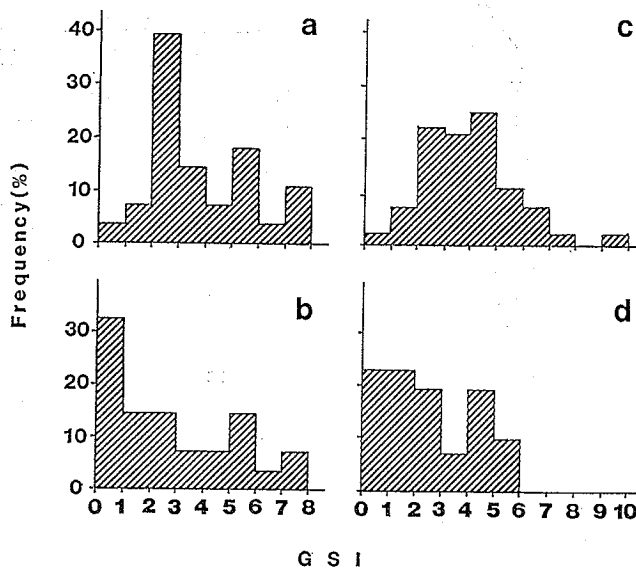


Fig. 2. Frequency distributions of GSI values of fish. The distributions were significantly different between Reg. A and Reg. B both for females and for males.

- a: Female in Reg. A
- b: Female in Reg. B
- c: Male in Reg. A
- d: Male in Reg. B

0.01) 高い値であった。また、Reg. A では HSI に雌雄差がみられた (t -検定, $p < 0.05$) が、Reg. B では差は認められなかった。

CF については雌雄いずれも両水域の間に顕著な差はみられなかった。

(2) 卵巣組織像

両水域の雌魚のうち卵巣の観察が可能な個体 (Reg. A 21個体, Reg. B 16個体) について調べた。

両水域ともさまざまな成熟段階の卵母細胞がみられた。まず、Reg. A の個体では、GSI の低い個体の卵巣は第1次卵黄球期およびそれ以前の成熟段階の卵母細胞から成り、それらの卵母細胞と同時に排卵痕を有するものが多くみられた (Fig. 3a)。GSI の上昇に対応して卵巣の成熟段階が進行し、GSI の高い個体では卵母細胞の多くは第3次卵黄球期に達しており (Fig. 3b)、一部に胚胞の移動を開始したのもあった。一方、Reg. B の個体では、GSI の低い個体では卵巣は卵黄期や第1次卵黄球期の段階であり、排卵痕は少なかった (Fig. 3c)。Reg. A の場合と同様に、GSI の上昇に同期して卵巣の成熟が進行し、GSI の高い個体では卵黄球期またはそ

れ以上の成熟段階に達したものがあつたが退化変性卵がふつうに (卵巣全体の約3分の1以上) みられる個体も存在した (Fig. 3d)。両水域の雌魚について、排卵痕を有する個体と退化変性卵が全体の約3分の1以上を占める個体の割合は Table 2. の通りである。Reg. A では排卵痕を有する個体が38.1%に達し、退化変性卵をふつうにもつ個体はほとんどみられなかった。一方、Reg. B では排卵痕をもつものが12.5%と相対的に少なかったが、退化変性卵が全体の約3分の1以上を占めた個体が18.8%にのぼっており、退化変性の進行する傾向が認められた。

(3) 精巣組織像

精巣は、いずれの水域の雄魚においても、精小葉が大きく発達し、多くの個体で精子が蓄積されているのが観察された。しかし、Reg. A では小葉中に胞嚢が多くみられる個体が多かったのに対し (Fig. 3e)、Reg. B の個体では胞嚢が疎らである個体が多かった (Fig. 3f)。Reg. A で精子形成が相対的に活発であると思われた。

(4) 卵巣成熟段階と HSI

雌魚において、同じ成熟段階、すなわち、卵黄球期の

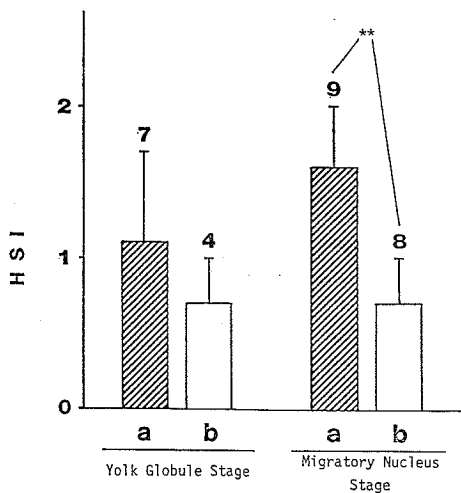


Fig. 4. Comparison of HSI of females at two ovarian developmental stages. The vertical bars represent mean and S. E., and figures on the tops are the number of fish examined. Though the value of GSI was not different among females at the same ovarian developmental stage, the value of HSI was higher for females from Reg. A than those from Reg. B.

** : Levels of significance ($p < 0.01$ by t -test)
 a : Females from Reg. A
 b : Females from Reg. B

Table 2. Percentages of females which contained empty follicles and those which contained atretic oocytes. In females in Reg. A, many empty follicles were found in ovaries; on the other hand, in females in Reg. B, few newly formed empty follicles were found, and atretic oocytes existed among developing yolked oocytes.

| | Empty follicles | Atretic oocytes |
|--------|-----------------|-----------------|
| Reg. A | 38.1% | 0.0% |
| Reg. B | 12.5 | 18.8 |

段階および胚胞移動期の段階にあり、退行変性のみられない個体どうしについて、それぞれ両水域間で HSI の値を比較した (Fig. 4)。まず、卵黄球期にある個体の HSI は、Reg. A が 1.1、Reg. B が 0.7 となり、Reg. A が高い値を示した。次に、胚胞移動期の段階に達した個体では、Reg. A が 1.6、Reg. B が 0.7 で、Reg. A の個体が有意に (t -検定, $p < 0.01$) 高い結果となった。

4. 考 辞

GSI について、平均値では雌魚で両水域間に顕著な

差はみられなかったが、これは、後述するような雌魚の繰り返し産卵により産卵周期のあいだに GSI が大きく変動するためと思われる。GSI ごとの頻度分布においては雌雄とも両水域間に差があり、成熟状態による個体の分布に違いがあることが示唆された。GSI の逡を考えあわせると、これらの結果は東部水域が高い GSI を有する個体が多く、中央部水域は GSI の低い個体が多い傾向にあることを物語っている。

HSI では雌雄とも東部水域が顕著に高い値となった。また、雌魚における同じ卵巣成熟段階にある個体どうしの比較についても、東部水域が高い HSI である結果が得られた。雌魚では、肝臓が卵黄前駆物質であるヴィテロジェニンの合成場所である (長浜, 1982) ので、HSI に差があったことは肝臓におけるヴィテロジェニン合成の機能にも何らかの違いが生じている可能性が考えられる。東部水域に比して中央部水域で退行変性卵の割合の高い個体が多く、卵黄形成に違いがあったこともこのことを裏付けていると思われる。また、東部水域の HSI には顕著な雌雄差があったが、これは産卵期中にある硬骨魚においてみられる現象 (小栗, 1977) と合致している。

CF は体長と体重から算出される値であるため、特に、生殖腺の重量が体重の大きな割合を占めるような産卵期の親魚については、CF が必ずしもその個体の栄養状態を明瞭に反映しているとは言い難い。従って、CF に差がみられなかったことが両水域の親魚の栄養状態が同程度であることを意味すると断言することはできず、今後は脂質含量のような、より正確に栄養状態を反映するような要素について測定する必要がある。

雌の卵巣組織像において、東部水域の親魚の卵巣は第 3 次卵黄球期までの、成熟段階の異なるいくつかの卵母細胞がみられ、また、排卵痕を有した個体が多くみられたことは、マイワシが繰り返し産卵を行なっており、東部水域では産卵・成熟がまだ継続されていることを物語っている。一方、中央部水域では、相対的に、新しく形成された排卵痕を有する個体が少なく退行変性卵が卵巣卵の約 3 分の 1 以上を占める個体が多く出現していることから、中央部水域では成熟・産卵がすでに終了している個体が多いと考えられる。

一方、雄魚では、両水域間の GSI の値の差が精巢の成熟度の違いを反映したものと考えられる。組織像から中央部水域ですでに精子形成が低下していることが観察された。中央部水域での雄の成熟度の低下は、同水域の雌魚の成熟度の低下と同調しており、その作用機序が注

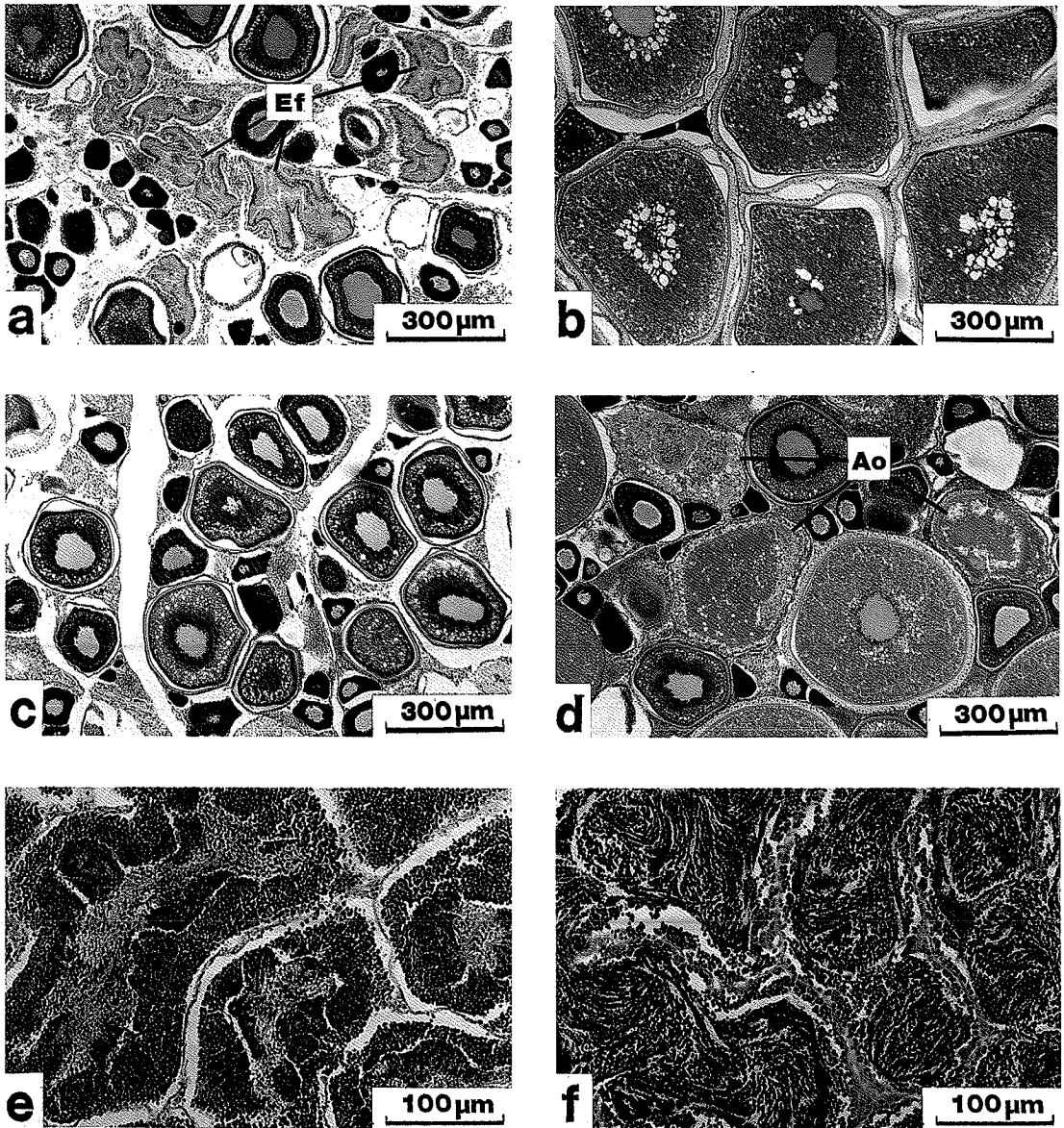


Fig. 3. Gonadal histology of *Sardinops melanostictus* of each region. Hematoxylin and eosin stain.

- a. Ovary from Reg. A with low GSI value. Empty follicles (Ef) were frequently observed.
- b. Ovary from Reg. A with high GSI value. The oocytes reached tertiary yolk globule stage.
- c. Ovary from Reg. B with low GSI value.
- d. Ovary from Reg. B with high GSI value. Atretic oocytes (Ao) were present among developing yolked oocytes.
- e. Testis from Reg. A. GSI value was 5.4 and many cysts were recognized in the lobules.
- f. Testis from Reg. B. GSI value was 5.8.

目される。

この親魚をサンプリングした時期には、発生初期の卵が東部水域に多く見られたが、中央部水域にはほとんど見られなかった (MATSUSHITA *et al.*, 1989)。このことと親魚の成熟状態の差は一致する。

以上のことより、マイワシ雌魚は一定の周期で産卵を繰り返して行っており、東部水域がその産卵水域であると考え得る。すなわち、土佐湾ではマイワシはその成熟状態により分布している水域が異なっていると思われる。

親魚(雌魚)の栄養状態の低下が卵母細胞の退行・吸収を招いたり、Fecundity や卵質の低下を引き起こすことが知られている (TYLER and DUNN, 1976; WATANABE *et al.*, 1984; ROTHSCHILD, 1986)。また、環境条件の変化によっても退行変性卵が出現することが示唆されている (大池ほか, 1985)。従って、卵巣自体がすでに退行過程に入っている中央部水域の個体に関しては、餌条件あるいは環境条件の変化による生理的変調が起こったと推察できる。しかしながら、そのような内的変化がその水域で起き産卵を終了したものなのか、あるいは、別の異なる水域(産卵水域)で起き産卵を終了し、そこから離脱・移動してきたものなのかは不明である。今後は、マイワシの産卵生態を明らかにするにあたり産卵周期や産卵開始・終了要因などの生理的機構についての解明が必要である。

5. 謝 辞

終わりに臨み、土佐湾のマイワシについて多くのご教示を頂いた南西水研の小西芳信氏(現、西海区水研)ならびに高知水試の松村春樹氏に深く感謝する。また、調査にご協力頂いた東大海洋研究所白鳳丸の神野洋一等航海士(船長代理)をはじめ乗組員の方々に心からお礼申し上げます。

文 献

- 相川廣秋 (1939) マイワシの産卵期および産卵区域に就て. 日水誌, 8, 227-232.
- 浅見忠彦 (1953) イワシ類の卵巣卵に関する研究. 日水誌, 19, 398-404.
- 石田力一・鶴川正雄・有田節子 (1959) マイワシ *Sardinops melanosticta* (Teminck & Schlegel) の産卵回数について (予報). 北水研報, 20, 139-144.
- KANEKO, T. and I. HANYU (1985) Annual reproductive cycle of the Chichibu-Goby *Tridentiger obscurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 51, 1645-1650.
- 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄 (1976) マイワシの生態と資源. 水産研究叢書, 30, 日本水産資源保護協会, 68pp.
- MATSUSHITA, K., T. SUGIMOTO and M. SHIMIZU (1989) Possible importance of inshore-offshore physical dispersal for prevailed pelagic fish recruitment potential. Submitted to Proceeding of International Symposium on the Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment.
- 松浦修平・松山倫也・藤井敏彦・大内康敬・角 健造 (1984) 連続採集法により推定したマダイ卵巣の日周生殖リズム. 昭和59年度福岡県水産試験場研究業務報告, 125-130.
- MATSUURA, S., M. MATSUYAMA, T. OTSUKA, K. TAKESHITA, T. MITANI and N. OGAWA (1989) Histological maturity scales, maturation and spawning in Kyusyu-subpopulation sardine, *Sardinops melanostictus*. Submitted to Proceeding of International Symposium on the Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment, 1. 20.
- 長浜嘉孝 (1982) 水産動物の成熟・産卵に関する内分泌機構. 魚介類の成熟産卵の制御, 水産学シリーズ, 41, 23-37, 恒星社厚生閣, 東京.
- 中井甚二郎・宇佐美修造 (1962) マイワシ成熟度の季節変化. 東海区水研報, 9, 151-171.
- 小栗幹郎 (1977) 生殖. 魚類生理学概論, 田村保編, 156-180, 恒星社厚生閣, 東京.
- 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卵熟度と血中ステロイドホルモン. 養殖研報, 7, 13-20.
- ROTHSCHILD, B. J. (1986) Dynamics of marine fish populations. Harvard University press, Cambridge, 277pp.
- TYLER, A. V. and R. S. DUNN (1976) Ration, growth and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, with hypotheses regarding population homeostasis. J. Fish. Res. Board. Can., 33, 63-75.
- WATANABE T., T. ARAKAWA, C. KITAJIMA and S. FUJITA (1984) Effects of nutritional quality of blood stock diets on reproduction of red sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 50, 495-501.
- 山本喜一郎 (1954) 海産魚類の成熟度に関する研究 II, クロガレイ雌魚の成熟度について. 北水研報, 11, 68-77.
- YAMAZAKI, F. (1962) Effects of hypophysectomy on the ovulation, oviposition and sexual behavior in the goldfish, *Carassius auratus*. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 13, 39-46.