HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 夏季の中部北太平洋におけるサンマの成熟と日齢 |
| Author(s) | 巣山, 哲; 桜井, 泰憲; 島崎, 健二 |
| Citation | 日本水産学会誌, 62(3), 361-369<br>https://doi.org/10.2331/suisan.62.361 |
| Issue Date | 1996-05-15 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/35565 |
| Rights | © 1996 公益社団法人日本水産学会 |
| Type | journal article |
| File Information | 62_361.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Nippon Suisan Gakkaishi 62(3), 361–369 (1996)

# 夏季の中部北太平洋におけるサンマの成熟と日齢

巣山 哲，桜井泰憲，島崎健二

(1994年12月6日受付)

# Maturation and Age in Days of Pacific Saury *Cololabis saira* (Brevoort) in the Central North Pacific Ocean during the Summer

Satoshi Suyama,*1 Yasunori Sakurai,*2 and Kenji Shimazaki*2

The maturation process and age in days of female Pacific saury *Cololabis saira* (Brevoort) in the central North Pacific Ocean were examined based on histological observations and otolith daily growth increments. The maturation process of Pacific saury used in this study (243–342 mm in knob length) was divided into 6 stages: early yolk vesicle stage, late yolk vesicle stage, yolk formation stage, maturation stage, atretic stage I, and atretic stage II. Atretic stage fish were considered to be post-spawning as many degenerated oocytes were observed. The large size group (more than 296 mm), in which fish were more than 1.5 years old as estimated from daily growth increments in otoliths, contained spawning and post-spawning individuals, although all individuals from the medium size group (241–295 mm), from 10 months to 1 year and 3 months old, were immature. Since post-spawning fish were seen to have recovered their initial condition factors, it is suggested that they survive beyond the first spawning season. Based on observations of asynchronously developing oocytes, it is considered that Pacific saury spawn several times during a single spawning season.

キーワード：サンマ，成熟過程，日齢，中部北太平洋

サンマ *Cololabis saira* (Brevoort) は日本において重要な漁獲対象種であり，漁期である8月中旬から12月頃までに主に棒受け網による漁獲が行なわれている。漁期中に漁獲されるサンマの体長組成には，一般に大型群，中型群，小型群などと呼ばれているいくつかのモードがあることが知られている。[1-4] これらの各体長群は，発生時期の違い，および年齢に起因して生じるものと考えられているが，本種の主産卵期については，年2回のピークがあるという報告と，[1,5,6] 冬を主産卵期とする報告[7]があり，現在まで明確な結論が出ていない。そして，これらの発生時期に関する研究は，主に稚魚ネットによって採集された仔稚魚の採集個体数の季節的変化に基づいて論じられているものがほとんどで，産卵期における親魚の成熟状態に関する報告は少ない。[6] そのため，サンマの繁殖特性，すなわち年齢と成熟の関係，一生の間の産卵回数および産卵後の親魚の消長など，水産資源学的に重要な問題は未解決のままである。

以上のことを解明するためには，年齢と成長が明らかにされている個体の成熟履歴，例えば成熟の開始や初回産卵の時期，あるいは産卵中の個体の体サイズと，そのときの年齢を明らかにする必要がある。また，これらの成熟状態の把握のためには，生殖腺の組織学的な観察を行なう[8]ことによって，生殖腺重量や生殖腺重量指数 (GSI) などの外面的変化だけでは捉えられない質的変化を明らかにする必要がある。本種に関する生殖腺の組織学的な研究はこれまでにも行なわれてきているが，[6,9,10] いずれも断片的なものであり，前述の課題を明らかにするには至っていない。

そこで，本研究では耳石日周輪によってその日齢と体サイズとの関係が求められている中部太平洋で採集されたサンマ[4]について，卵巣の組織学的観察を行なった。その結果に基づき，成熟度を設定して各個体の成熟状態の質的な指標を作成し，成熟度と肥満度，生殖腺重量，GSIなどの指数を対応させ，成熟に伴うこれらの指数の変化を明らかにした。最後に，各個体ごとの体長，日齢および成熟度を比較し，サンマの産卵様式と産卵後の消長などの繁殖特性を検討した。

*1 国際農林水産業研究センター水産部 (Fisheries Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan).
*2 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hokkaido 041, Japan).

## 材料と方法

本研究で用いた標本は，1989年7月および8月に北緯40°～50°，東経165°～175°（採集点HOG8913，14，18～23，26；計9点）[4]の海域において，北海道大学練習船北星丸（890 t）による調査航海で，調査用流し網を用いて採集された個体のうちの雌90個体である（Table 1）。採集した個体は，船上においてただちに生殖腺を取り出してブアン氏液に固定し，魚体は冷凍して保存した。これらの標本は研究室に持ち帰り，その体長（肉体長[11]），体重および固定した生殖腺の重量を測定した。固定した生殖腺の重量は，生の状態と異なることが予想されるため，これらの補正係数を求めて固定前の重量に換算した。この補正係数は，北海道茅部郡南茅部町で定置網によって採集された雌38個体の生殖腺を，固定前とブアン氏液固定後に計測して求めた。その結果，固定によって卵巣重量は増大し，補正係数は0.96となった。したがって，固定後の重量に補正係数を乗じた値を卵巣補正重量として用いた。体重は，解凍後計測した重量にこの卵巣補正重量を加えた値とし，この値をもとにGSI（生殖腺重量（g）×$10^2$/体重（g）），および肥満度（体重（g）×$10^3$/体長$^3$（cm））を目黒ら[3]に従って求めた。

卵巣の組織標本は通常のパラフィン法により作成し，厚さ8 μmの連続切片として，デラフィールドのヘマトキシリンおよびエオシンによって二重染色を施した。作成した切片は，光学顕微鏡を用いて40～400倍で観察した。

## 結　果

**卵形成の区分**　サンマの卵巣卵の発達の特徴を明らかにするため，小坂[6]に準じて卵細胞の発達段階の区分を行なった。

以下に周辺仁期以降の各期の概要を述べる。

1. 周辺仁期（Fig. 1-A）　細胞質が次第に増加し，ヘマトキシリンに濃染する。周辺仁期になると細胞質が増加してヘマトキシリン好染性は薄れ，濾胞細胞の厚さが増す。卵母細胞の直径（以下卵径）は，0.06～0.18 mmである。

2. 卵黄胞前期（Fig. 1-B）　卵径が0.15 mmに達する頃から，細胞質内に卵黄胞が出現する。卵黄胞は，はじめ細胞質中に少数出現し並び方も不規則であるが，次第にその数を増すとともに，濾胞細胞に沿って核を中心とした同心円上に2～3列に並ぶ。卵径は，0.15～0.34 mmである。

3. 卵黄胞後期（Fig. 1-C）　卵黄胞は，さらに数を増して核周辺に集まり，細胞質の半分以上を占めるようになる。卵径は，0.31～0.39 mmに達する。

4. 第1次卵黄球期（Fig. 1-D）　卵細胞中に卵黄顆粒が出現する。卵黄物質は，メダカ *Oryzias latipes* にお

**Table 1.** Collection records of Pacific saury sampled by surface gillnets in the central North Pacific Ocean during the summer in 1989

| Station | Date* | Location* | | Sea Surface Temp. (°C) | No. of Samples | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Lat.(N) | Long.(E) | | Total Catch | Gonads Observed |
| HOG8911 | July 17 | 47°31′N | 170°00′E | 8.4 | 0 | 0 |
| HOG8912 | July 18 | 46°01′N | 170°00′E | 8.6 | 0 | 0 |
| HOG8913 | July 19 | 44°30′N | 170°00′E | 9.8 | 3200 | 13 |
| HOG8914 | July 20 | 43°00′N | 170°00′E | 10.4 | 57797 | 11 |
| HOG8915 | July 22 | 40°01′N | 170°00′E | 16.2 | 2 | 0 |
| HOG8916 | July 23 | 38°30′N | 170°01′E | 20.4 | 0 | 0 |
| HOG8917 | July 25 | 38°30′N | 175°31′E | 22.3 | 0 | 0 |
| HOG8918 | July 26 | 40°01′N | 175°30′E | 19.8 | 13 | 4 |
| HOG8919 | July 28 | 42°15′N | 175°30′E | 15.2 | 109 | 7 |
| HOG8920 | July 29 | 43°45′N | 175°30′E | 11.6 | 699 | 15 |
| HOG8921 | July 30 | 45°15′N | 175°32′E | 10.7 | 812 | 13 |
| HOG8922 | July 31 | 46°45′N | 175°32′E | 9.8 | 75 | 9 |
| HOG8923 | Aug. 1 | 47°45′N | 174°29′E | 10.2 | 2522 | 8 |
| HOG8924 | Aug. 2 | 48°18′N | 172°12′E | 10.1 | 3055 | 0 |
| HOG8925 | Aug. 4 | 49°30′N | 167°09′E | 11.1 | 297 | 0 |
| HOG8926 | Aug. 5 | 50°00′N | 165°01′E | 11.8 | 2658 | 10 |

* Date and location denote when the gillnets were set. The nets were hauled the next morning.

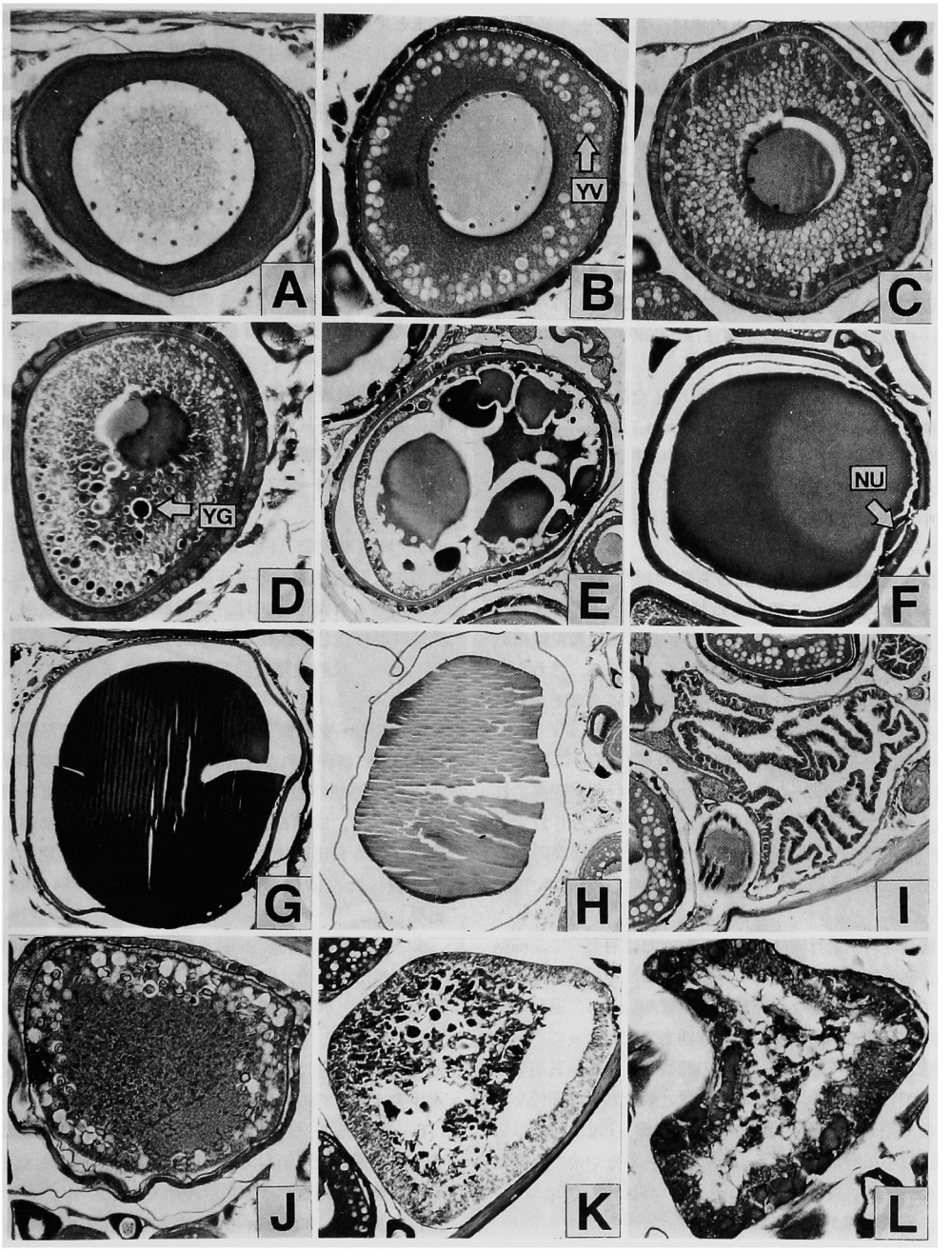



**Fig. 1.** Photomicrographs of sections from the ovary of the Pacific saury fixed in Bouin's fluid and stained with haematoxylin and eosin.

A, oocyte in the peri-nucleolus stage ×270; B, oocyte in the early yolk vesicle stage. *YV* yolk vesicles ×190; C, oocyte in the late yolk vesicle stage ×120; D, oocyte in the primary yolk stage. *YG* yolk globules ×170; E, oocyte in the secondary yolk stage ×135; F, oocyte in the tertiary yolk stage. *NU* nucleus ×75; ×75; G, oocyte in the prematuration stage ×60; H, oocyte in the maturation stage ×50; I, empty follicle ×170; J, atretic egg from the yolk vesicle stage ×190; K, atretic egg from the yolk stage ×150; M, atretic egg in advanced stage of degeneration ×170.

いて報告[12]されているのと同様に，蓄積とともに融合する。第1次卵黄球期では，融合した卵黄球が核の大きさを超えない程度である。この時期の卵径は，0.36～0.41 mm である。

5. 第2次卵黄球期（Fig. 1-E） 卵黄球は次第に大きさを増し核径を超えるが，核は極端に遍在はしない。卵径は，0.52～0.85 mm である。

6. 第3次卵黄球期（Fig. 1-F） 卵黄物質は細胞質のほとんどを占めて大きな塊となるが，一部は濾胞細胞周辺に小塊として存在する。核は濾胞細胞寄りに片寄るが，核膜は認識できる。卵径は，0.90～1.07 mm である。

7. 成熟期（Fig. 1-G） 卵黄は完全に融合し，核膜が消失する。卵径は，1.03～1.16 mm である。

8. 完熟期（Fig. 1-H） 完熟期に達した卵は，排卵されて卵巣腔に集まる。この時期には，排卵後濾胞が卵巣中に観察される。完熟期の卵径は，1.21～1.32 mm である。

**排卵後濾胞および退行卵の消長** 成熟期以降の卵を持つ4個体のうち，3個体では排卵後濾胞が観察された（Fig. 1-I）。しかし，このうちの2個体では顆粒膜細胞の形態も不明瞭となり退縮していたことから，これらは時間の経過とともに比較的早く吸収されるものと思われた。

一方，今回観察した90個体のうち66.6%にあたる59個体（体長262～342 mm）では，退行卵が観察された。サンマの退行卵については，すでに報告されている[6,9,10]が，その明確な位置づけと消長の過程が明らかでないため，本研究ではその分類と吸収過程について検討した。

観察された退行卵は，核が変形または消失して，細胞質が濾胞細胞に吸収されていた。また，退行卵中に残存している卵黄胞および卵黄球の位置や数から，退行の開始時期は卵黄胞前期から卵黄球期までにわたっていると判断された。そのため，退行の開始時期を細胞質内に残存している卵黄胞，卵黄球の位置と数，および卵径をもとに分類した。卵黄胞期からの退行卵（Fig. 1-J）は，細胞質中に卵黄物質らしいものが見られない点から判断した。一方，卵黄球期から退行した退行卵（Fig. 1-K）は，卵黄物質が観察された。

なお，細胞質の吸収が進んだ退行卵（Fig. 2-L）では，退行開始の時期が特定できなかったため，これらは退行時期不明の不明退行卵として扱った。

**卵巣卵の発達様式と成熟度の設定** 卵巣卵には，これまで報告されてきたように，[6,9,10,13]様々な発達段階の卵が見られ，非同期発達型の卵発達を示した。

退行卵は，卵黄胞後期および卵黄球期の卵では卵巣内にまとまって出現することが多かったのに対し，卵黄胞前期の退行卵は卵巣中に少数出現することが多かった。以上の知見から，卵巣内で最も発達した卵の発達段階および退行卵の出現を指標として，卵黄胞前期以降の組織学的な成熟度を設定した。以下に各成熟度の特徴を述べる。

1. 卵黄胞前期（Fig. 2-A） 最も発達した卵は卵黄胞前期までであり，かつ卵黄胞後期以降の退行卵は存在せず，一部の個体で卵黄胞前期または退行開始時期不明の退行卵が観察された。この成熟度の個体は，体長が243～326 mm までの45個体で，全標本数の50.0%を占めた。

2. 卵黄胞後期（Fig. 2-B） 最も発達した卵が卵黄胞後期に達しており，卵黄胞前期と同様に一部では卵黄胞前期または不明退行卵が見られた。卵黄胞後期の個体は，体長が274～327 mm の10個体で全標本中11.1%であった。

3. 卵黄形成期（Fig. 2-C） 卵巣内で最も進んだ卵が第1次卵黄球期から第3次卵黄球期に達している。今回採集された個体では，卵巣形成中の個体は第3次卵黄球期に達した体長324 mm の1個体のみであった。そのため，成熟段階を卵黄形成期としてまとめて扱った。

4. 成熟・完熟期（Fig. 2-D） 卵巣中に成熟期または卵巣腔に排卵された完熟期の卵か，排卵後濾胞が存在する。成熟期の個体が3個体，完熟期の個体は1個体出現したが，成熟期の個体のうち2個体では排卵後濾胞が観察され産卵中と思われたため，この2期はまとめて扱った。体長314～342 mm の4個体（4.4%）が出現した。

5. 退行期Ⅰ（Fig. 2-E） 卵黄形成中の卵からの退行卵を持つ個体で，卵巣内の卵黄形成中の卵の一部が退行しており，卵黄物質が多く蓄積されている卵ほど明瞭な退行像を示していた。なお，排卵後濾胞は観察されなかった。これらは，体長305～322 mm の4個体で全標本中の4.4%であった。

6. 退行期Ⅱ（Fig. 2-F） 卵巣中の卵黄胞後期の卵の一部が退行像を示している個体で，最も発達した正常卵は卵黄胞前期または卵黄胞後期の卵であった。これらは，体長303～328 mm の26個体で全標本中28.9%であった。

なお，卵黄胞前期または後期の成熟度の個体においても，卵巣中に吸収の進んだ不明退行卵が観察される個体が現れたが，退行卵の退行開始時期が特定できなかったため，これらは退行期には含めていない。

**成熟度と体長および各種指数の関係**（Table 2）

1. 体長 本研究で採集されたサンマは，その体長組

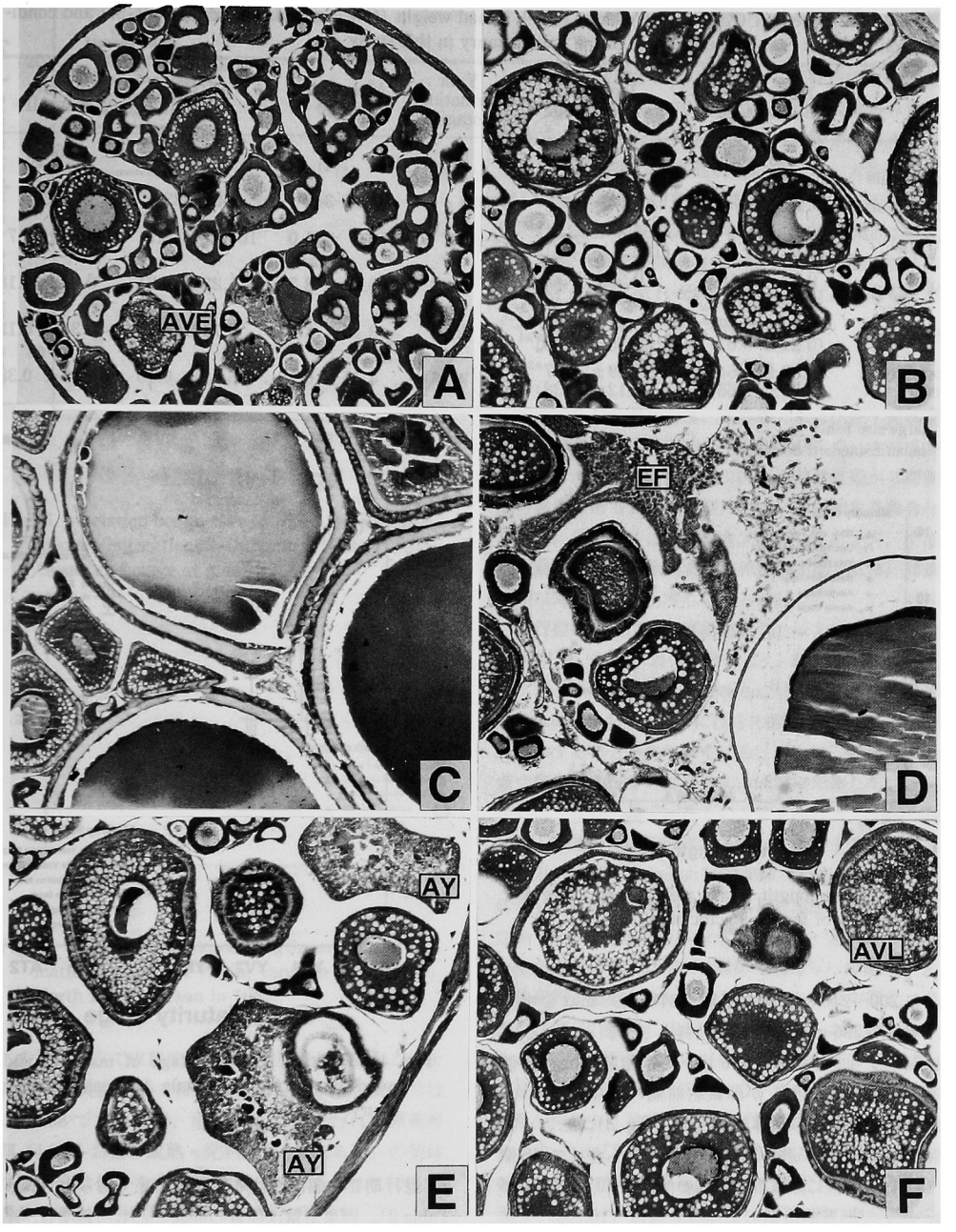



**Fig. 2.** Photomicrographs of sections from the ovary of the Pacific saury fixed in Bouin's fluid and stained with haematoxylin and eosin ×80.

A, ovary of the early yolk stage. *AVE*, atresic egg from the early yolk vesicle stage; B, ovary of the late yolk vesicle stage; C, ovary of the yolk formation stage; D, ovary of the maturation stage. *EF*, empty follicle; E, ovary of the atretic stage I. *AY*, atretic egg from the late yolk stage; F, ovary of the atretic stage II. *AVL*, atretic egg from the late yolk vesicle stage.

**Table 2.** Knob length (KnL), body weight (BW), gonad weight (GW), gonadsomatic index (GSI) and condition factor at each maturity stage of the Pacific saury in this study

| | Early yolk vesicle stage | Late yolk vesicle stage | Yolk formation stage | Maturation stage | Atretic stage I | Atretic stage II |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. of individuals | 45 (10)*1 | 10 (9)*1 | 1 (1)*1 | 4 (4)*1 | 4 (4)*1 | 26 (26)*1 |
| KnL (mm) | 243–326 | 274–327 | 324 | 314–342 | 305–322 | 303–328 |
| BW (g) | 108.0 ±39.6*2 (176.9 ±17.6)*1 | 155.8 ±23.5*2 (162.1 ±14.8)*1 | 144.7 | 150.6 ±11.0 | 167.2 ±12.1 | 167.2 ±12.7 |
| GW (g) | 0.21± 0.10*2 (0.35± 0.10)*1 | 0.54± 0.17*2 (0.57± 0.14)*1 | 4.28 | 5.45± 3.31 | 1.22± 0.21 | 0.57± 0.18 |
| GSI | 0.20± 0.06*2 (0.21± 0.07)*1 | 0.34± 0.08*2 (0.35± 0.08)*1 | 2.96 | 3.49± 1.82 | 0.74± 0.15 | 0.34± 0.12 |
| Condition factor | 4.89± 0.64*2 (5.73± 0.65)*1 | 5.09± 0.37*2 (5.12± 0.38)*1 | 4.25 | 4.35± 0.13 | 5.38± 0.10 | 5.42± 0.38 |

*1 large-size fish.
*2 mean±standard deviation.

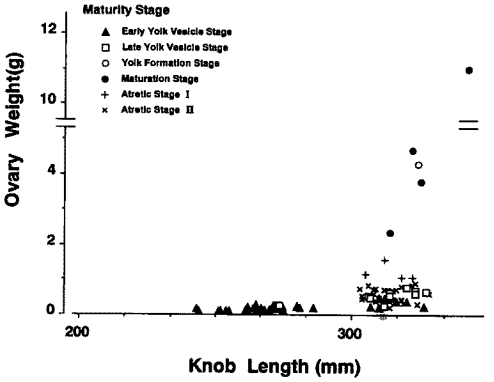



**Fig. 3.** Knob length, ovary weight, and stage of maturity of female Pacific saury.

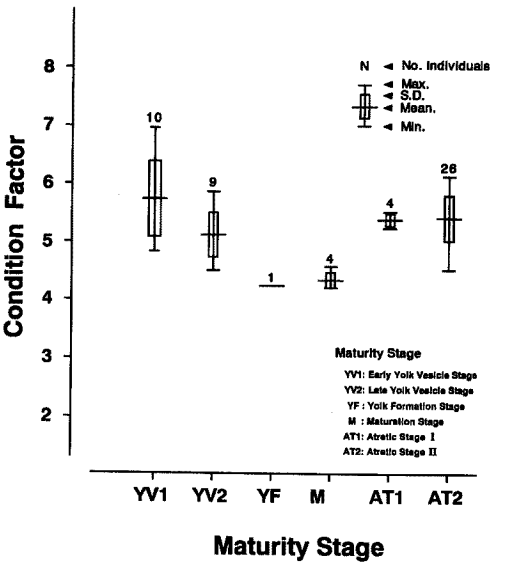



**Fig. 4.** Relation between stage of maturity and condition factor in female large-size Pacific saury.

成から200～240 mmを小型群，241～295 mmを中型群，そして296 mm以上を大型群として扱っている。[4] これらのうち，体長295 mm以下の中型群では，36個体中35個体（97.2%）が卵黄胞前期の個体であり，1個体が卵黄胞後期の個体であった（Fig. 3）。一方，大型群54個体では，退行期Ⅱの個体が最も多くて26個体（48.1%），次に卵黄細胞前期の個体が10個体（18.5%），次いで卵黄胞後期の個体は9個体（16.7%）であった。

2. 卵巣重量およびGSI　次に成熟度と卵巣重量の関係を比較した。卵黄胞前期では0.21±0.10 g（平均±標準偏差；以下同様），卵黄胞後期には卵巣重量は0.54±0.17 g，卵黄形成期には4.28 gと急増した。そして，成熟・完熟期の個体の卵巣重量は5.45±3.31 g，産卵が終了した退行期Ⅰの個体では，卵巣重量が1.22±0.21 g，退行期Ⅱの個体では0.57±0.18 gであった（Fig. 3, Table 2）。卵巣重量は卵黄の形成とともに急増し，産卵後は再び低い値を示した。GSIも生殖線重量と同様の変化を示し，卵黄胞前期では0.20±0.06，卵黄胞後期は0.34±0.08，卵黄形成期は2.96，成熟・完熟期は3.49±1.82，退行期Ⅰの個体では，0.74±0.15，そして退行期Ⅱの個体で0.34±0.12であった。

3. 肥満度（Fig. 4）　成熟に伴う肥満度の変化を明らかにするため，すべてが未熟魚と考えられた中型魚を除

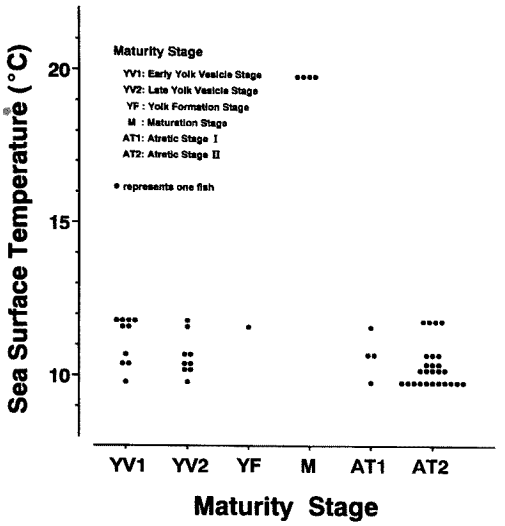



**Fig. 5.** Relation between sea surface temperature at sampling stations in the central North Pacific Ocean and stage of maturity.

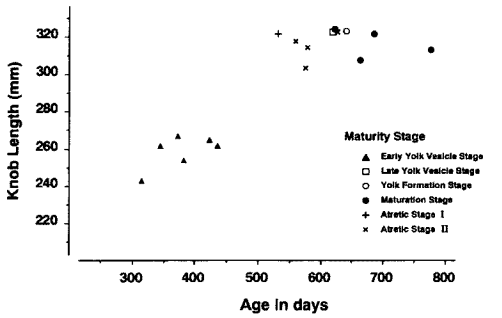



**Fig. 6.** Age in days, knob length, and stage of maturity of female Pacific saury in the central North Pacific Ocean in 1989.

き，大型群のみで成熟度と肥満度の関係を比較した。その結果，卵黄胞前期では5.73±0.65，卵黄胞後期では5.12±0.38であったが，産卵が近いと思われる卵黄形成期（4.25）および成熟・完熟期（4.35±0.13）の個体では肥満度は低くなり，退行期Ⅰでは5.38±0.10，退行期Ⅱでは5.42±0.38と再び高い値を示した。

**成熟度と水温の関係**（Fig. 5） 今回サンマが採集された採集点の表面水温は，9.8～19.8℃で，表面水温が8.6℃以下の2点（HOG8911, HOG8912）および20.4℃以上の2点（HOG8916, HOG8917）ではサンマは採集されなかった。大型群における成熟度と水温の関係を見ると，産卵中の個体は19.8℃の高水温海域で採集されたのに対し，退行期の個体は10～12℃付近で採集された。卵黄胞前期の個体は11.8℃で最も多く採集された。

**成熟度と日齢の関係**（Fig. 6） 本研究で生殖腺を観察した個体のうちの16個体は，耳石日周輪から日齢が推定されている。[4] 中型群では，日齢が314から435で，その成熟度は卵黄胞前期であった。大型群は日齢531から776で，卵黄胞前期以降の各成熟度の個体が出現した。この中には産卵中，または産卵間近と考えられる個体（卵黄形成期および成熟・完熟期）が3個体含まれ，日齢はそれぞれ623, 685，および776であった。

## 考　察

今回得られた標本では，産卵中である成熟・完熟期の個体は体長314～342 mmの4個体のみで，すべて大型群であった。また，大型群では，卵黄胞前期から卵黄形成の途中である卵黄形成期，および退行卵を多数含む退行期Ⅰ，退行期Ⅱの個体が含まれていた。一方，中型群の成熟度は卵黄胞前期または卵黄胞後期であり，卵黄形成期以降の個体は出現しなかった。

退行卵の出現は，非同期発達型を示す他の魚種，例えばメダカ，[12] 北米カタクチイワシ *Engraulis mordax*，[14] マイワシ *Sardinops melanostictus*，[15,16] シマガツオ *Brama japonica*[17] では，産卵中にはその割合が低いが，産卵後に増加することが知られている。これは，産卵終了の時点で発達が進んでいながらも，成熟期に達していない卵が退行・吸収されているものと考えられる。今回の観察でも，卵巣中に退行卵がまとまって存在する退行期Ⅰおよび退行期Ⅱをあわせた計30個体（全個体中の33.3%）については，産卵後の個体である可能性が示唆される。つまり，大型群54個体のうち，成熟・完熟期の4個体をあわせた半数以上の34個体（63.0%）が産卵中または経産魚と推定された。以上のことから，中部北太平洋におけるこの時期には，中型群では明らかに経産魚であるという個体が現れないのに対し，大型群は半数以上の経産魚を含んでいると思われる。なお，排卵後濾胞が産卵後も卵巣中に長期にわたって観察される種，例えばスケトウダラ *Theragra chalcogramma* などでは，経産魚を卵巣中の排卵後濾胞によって推定できる場合がある。[18] しかし，今回の観察では，成熟期の卵を持った2個体では，前回産卵したときに生じたと考えられる排卵後濾胞は既に吸収が進んでおり，さらに退行期Ⅰの個体ではその痕跡が全く観察されなかった。したがって，本種の排卵後濾胞はメダカ[19]や北米カタクチイワシ[14]などと同じく，産卵後比較的早く吸収・消失すると思われ，排卵後濾胞の有無による経産魚の推定は困難と考えられる。今回観察した大型群の中には，卵黄胞前期およ

び卵黄胞後期の個体が計19個体出現した。これらの個体に関しては，未産魚であるか，あるいは卵黄形成期の卵がすべて退行して完全に吸収された，という2つの可能性が考えられる。しかし，今回の結果のみでは，これらの個体が経産魚であるかは特定できなかった。

退行期の個体が多数出現することは，すでに産卵期のピークをすぎていることも示していると考えられる。これまでのサンマの産卵期に関する研究では，仔稚魚の採集個体数の季節的変化[5,7,20]および親魚の生殖腺指数月別変化の結果[6]から，6月まで高かった産卵水準が7月から低下して，この時期は産卵の水準が最も低いと考えられている。本研究で出現した退行期Ⅰ，退行期Ⅱの個体は，春から初夏にかけて産卵を行なった個体であろうと推定される。なお，退行期Ⅰでは卵黄形成期の卵からの退行卵が，退行期Ⅱの個体は卵黄胞後期からの退行卵が観察された。退行期Ⅱの個体は，退行期Ⅰの個体よりもさらに退行・吸収が進んで卵黄を含む卵はすべて吸収され，さらに卵黄胞後期の卵も吸収されている個体と推定される。退行期Ⅰの個体では，卵黄形成中の卵の一部またはすべてが退行像を示していたが，卵黄胞後期の卵は退行像を示していなかった。これは，退行がすべての発達段階の卵で一斉に起こるのではなく，発生の進んだ卵細胞から退行が始まるためと思われた。また，産卵終了時に，ある一定以上に発達が進んでいる卵は，その後退行・吸収されていくと考えられるが，最終的にどの段階まで発達した卵までが退行するのか，また吸収が完全に終了した時点で，卵巣中の卵組成がどのようになるのかについては，周年を通した卵巣の組織学的観察が必要であろう。

大型群では，卵黄胞前期，卵黄胞後期，退行期Ⅰ，および退行期Ⅱの個体は，水温の低い北側の採集点で採集されたのに対し，産卵中の個体は水温の高い南側の採集点でのみ得られている。1982年から1985年に同海域での調査結果をまとめた目黒ら[3]も，北側海域では未熟な個体が，南側海域では成熟した個体が採集されたことを報告している。今回の結果では，北側の採集点で採集された個体の中には経産魚と推定される退行期Ⅰ，退行期Ⅱの個体を含むことが示された。つまり，産卵を終えた個体は，すぐに北上回遊を開始するものと考えられた。

前述のように，本種の卵巣卵は非同期発達型を示した。この発達型を示す魚種は産卵期が長く，その間に未発達の卵細胞から卵黄形成期への卵細胞の補充が起こることが知られている。[21] 本研究でも，排卵後濾胞が観察された個体で卵黄形成中の卵が同時に見られ，これまでに報告されているように本種は1回の産卵期内には数回産卵するものと思われた。しかし，明確な産卵回数については，産卵期の個体を多く観察したうえで結論づける必要があろう。

今回観察を行なった中部北太平洋のサンマの一部は，耳石日周輪によって日齢査定を行なっている。[4] その結果，中型群が孵化後10カ月～1年3カ月で春から夏生まれ，大型群では1年6カ月～2年弱で秋から冬生まれと考えられている。この結果に中型群が未産魚で大型群を経産魚とする今回の結果をあわせると，初回成熟は孵化後1年半頃の中型魚から大型魚に移行する時期に起こると考えられる。また，経産魚と思われる退行期Ⅰの個体でも，成熟・完熟期に低下した肥満度が回復しているのが観察されたため，産卵後も死亡することなく次の産卵期に再び産卵を行なうものと考えられた。

北西太平洋において漁獲される群については，耳石日周輪の計数結果から1年程度で300 mmに達し，[22] 大型群については前年の秋季に孵化したものと推定されている。[23] しかし，著者らが160°E以西で採集されたサンマの耳石日周輪を計数した結果，その成長は中部北太平洋のものと差がなかった。[24] そして，6月から8月に西部北太平洋において，生殖腺の重量とその状態を肉眼的に観察した結果では，成熟した個体は大型群のみでみられ，中型群はいずれも未熟であったと報告されており，[20] 本研究の結果と一致している。このように，両海域ではその成長と成熟過程に差があるとは考え難く，中部北太平洋における産卵魚の存在は，この海域において北西太平洋と年齢と成長が異なる独立した個体群が形成されていることを示すものではないと考えられる。アイソザイムによってサンマ群を遺伝学的に異なる小集団に分け，各群の移動を推定した研究では，160°E以東において7月に採集された群が，8～11月に日本の近海にも来遊する可能性を示している。[25-27] さらに，寄生虫 *Pennella* sp. の寄生率からみた結果からも，両海域のサンマ群の独立性については否定的である。[28-30]

西部北太平洋では，秋の南下時期おいて生殖腺重量の増加が大型群および中型群で起き，12月には一部が産卵を始めることが知られている。[6,13,18,31,32] 初回産卵を行なっている大型群は，2回目の産卵をこの時期に行ない，その年齢は2歳程度に達していると思われる。つまり，秋から冬に生まれた個体は，1年半後の春から夏に少なくとも一部の個体が初回産卵を行ない，その半年後の秋から冬に再び産卵すると推定される。一方，春から夏に生まれた個体は，1年半後の秋から冬に初回産卵を行なうものと推定された。このような産卵周期を持つのであれば，2つの発生群は互いに遺伝的に隔離されることはないと考えられる。

以上に，中部北太平洋のサンマの年齢と成熟について論議したが，今回の結果では産卵水準が最も低いとされ

る夏季[6,7,20]に標本の採集を行なったため，産卵魚の情報が不足していること，発生時期の違いがその後の生活史に及ぼす影響が明らかになっていない。また，大型魚において経産魚がどの程度含まれているか明確ではないなどの問題点が挙げられる。そのため，主産卵期における産卵魚の体長組成の検討や大型魚の成熟の割合，異なった産卵時期における産卵魚の生物特性の比較，さらに産卵後における卵巣卵の組織学的変化の詳細な観察が今後必要とされよう。

## 謝　辞

本論文をまとめるにあたり，有益なご助言をいただいた元北海道大学水産学部教授高橋裕哉博士，北海道大学水産学部小城春雄教授ならびに国際農林水産業研究センター水産部 Marcy N. Wilder 博士に謝意を表する。また，標本の採集に快く御協力を頂いた北海道大学水産学部練習船北星丸船長，士官をはじめ乗組員各位に深く感謝申し上げる。

## 文　献

1) 堀田秀之：鱗・耳石によるサンマのポピュレーション構造の分析とその成長．東北水研研報，**16**, 41-64 (1960).
2) 松宮義晴，田中昌一：体長組成解析によるサンマのいわゆる大型・中型等の検討．東北水研研報，**33**, 1-18 (1974).
3) 目黒敏美，安間　元，梶原善之，山口秀一，山本昭一，島崎健二：北西太平洋におけるサンマの南北分布．北大水産彙報，**38**, 126-138 (1987).
4) 巣山　哲，桜井泰憲，目黒敏美，島崎健二：中部北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* の耳石日周輪に基づく年齢と成長の推定．日水誌，**58**, 1607-1614 (1992).
5) 深滝　弘：日本海産重要魚類卵・稚仔の周年にわたる出現および生態についてII．日水研研報，**7**, 17-42 (1959).
6) 小坂　淳：北西太平洋におけるサンマの生活史とそれにもとづく資源変動の考察．博士論文，東北大学，仙台，1991, p. 113.
7) Y. Watanabe and N. C. H. Lo: Larval production and mortality of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northwestern Pacific Ocean. *Fish. Bull. U. S.*, **87**, 601-613 (1989).
8) K. Yamamoto: Studies on the formation of fish eggs I. Annual cycle in the development of ovarian eggs in the flounder, *Liopsetta obscura*. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI*, **12**, 362-373 (1956).
9) 堀　義彦，高橋　惇，田村和子：終漁期のサンマについて，I　卵巣に関する二・三の観察．茨城水試研報，昭和43年度，9-17 (1969).
10) M. Sato: Some considerations on the "North to south turning migration" mechanism of the Pacific saury, *Cololabis saira* (Brevoort). *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ.*, **Spe Vol.**, 73-78 (1981).
11) 木村喜之助：標準体長として測るべき魚体の部位に就いて．東北水研研報，**7**, 1-11 (1956).
12) K. Yamamoto and H. Yoshioka: Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **15**, 5-19 (1964).
13) M. Hatanaka: Biological studies on the population of the saury, *Cololabis saira* (Brevoort). *Tohoku J. Agr. Res.*, **6**, 227-268 (1956).
14) J. R. Hunter and B. J. Macewicz：多回産卵魚における産卵頻度の算定，「総産卵量による浮き魚類の資源量推定法」(R. Lasker 編，渡邊良朗，辻　祥子　訳)，東北区水産研究所，塩釜，1989, pp. 147-178.
15) S. Matsuura, M. Matsuyama, T. Otsuka, K. Takeshita, T. Minami, and N. Ogawa: Histological maturity scales, maturation and spawning in Kyushu-subpopulation sardine, *Sardinops melanostictus*. *Proc. Int. Symp.* Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment (ed. by T. Kawasaki *et al.*) Pergamon Press, Oxford, 1991, pp. 221-228.
16) 村山　司，青木一郎，石井丈夫：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．水産海洋研究，**54**, 357-363 (1990).
17) 尹　泰憲，島崎健二：北太平洋におけるシマガツオ *Brama japonica* Hilgendorf の卵巣卵の発達過程からみた生殖周期．北大水産北洋研業績集，特別号，79-90 (1981).
18) 尹　泰憲：北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期．北大水産彙報，**32**, 22-38 (1981).
19) 香川浩彦，高野和則：メダカの排卵前後における卵濾胞，特に顆粒膜細胞の電顕ならびに酵素組織学的観察．北大水産彙報，**30**, 191-204 (1979).
20) 小達　繁：東北海区に於けるサンマ稚魚の分布と産卵魚の成熟状態．東北水研研報，**7**, 70-102 (1956).
21) 高野和則：卵巣の構造と配偶子形成，「水族繁殖学」(隆島史夫，羽生功　編) 第1版，緑書房，東京，1989, pp. 3-34.
22) Y. Watanabe, J. L. Butler, and T. Mori: Growth of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northeastern and northwestern Pacific Ocean. *Fish. Bull. U. S.*, **86**, 489-498 (1988).
23) 福島信一，渡辺良朗，小川嘉彦：北太平洋におけるサンマの季節別発生群と大型魚，中型魚，小型魚との対応．東北水研研報，**52**, 17-27 (1990).
24) S. Suyama, Y. Sakurai, and K. Shimazaki: Age and growth of Pacific saury *Cololabis saira* (Brevoort) in the western North Pacific Ocean estimated from daily otolith growth increments. *Fish. Sci.*, **62**, 1-7 (1996).
25) 原　素之，木島明博，藤尾芳久：サンマ群のアイソザイムによる集団遺伝学的研究．東北水研研報，**45**, 1-17 (1982).
26) 原　素之，木島明博，藤尾芳久：日本近海および沖合に分布するサンマ群の集団構造に関する遺伝学的研究．東北水研研報，**45**, 19-32 (1982).
27) 木島明博，原　素之，藤尾芳久：サンマ群の集団構造および回遊経路についての遺伝学的研究．東北水研研報，**46**, 39-51 (1984).
28) K. Nagasawa, Y. Imai, and K. Ishida: Distribution, abundance, and effect of *Pennella* sp. (Copepoda: Pennellidae), parasitic on the saury, *Cololabis saira* (Brevoort), in the western North Pacific Ocean and adjacent seas, 1984. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, **40**, 35-42 (1985).
29) 渡辺良朗，小坂　淳，谷野保夫，高橋章策：1983年における寄生性橈脚類ペンネラのサンマへの寄生状況．東北水研研報，**47**, 37-46 (1985).
30) 小坂　淳，渡辺良朗，谷野保夫，高橋章策：寄生虫ペンネラ *Pennella* sp. の分布からみたサンマ *Cololabis saira* Brevoort の生態．東北水研研報，**47**, 79-91 (1985).
31) 小達　繁，永沼　璋：サンマの肥満度に就いて．東北水研研報，**7**, 37-53 (1956).
32) 三島清吉，小城春男，島崎健二，大迫正尚：亜寒帯海洋前線周辺海域における浮魚群集の類型化．北大水　北洋研業績集，特別号，105-118 (1981).