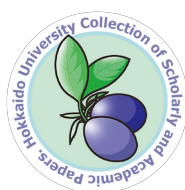




Title	中部北太平洋におけるサンマ <i>Cololabis saira</i> の耳石日周輪に基づく年齢と成長の推定
Author(s)	巢山, 哲; 桜井, 泰憲; 目黒, 敏美 他
Citation	日本水産学会誌, 58(9), 1607-1614 https://doi.org/10.2331/suisan.58.1607
Issue Date	1992
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/35541
Rights	© 1992 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	58_1607.pdf



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

巢山 哲, 桜井泰憲, 目黒敏美, 島崎健二

(1991 年 12 月 27 日受付)

Estimation of the Age and Growth of Pacific Saury *Cololabis saira*
in the Central North Pacific Ocean determined
by Otolith Daily Growth Increments^{*1,2}

Satoshi Suyama,^{*3} Yasunori Sakurai,^{*3} Toshimi Meguro,^{*3}
and Kenji Shimazaki^{*3}

The age, growth, and hatch dates of the Pacific saury *Cololabis saira* in the central North Pacific Ocean were estimated by analysing the microstructure of otoliths. Saury samples were collected by drift nets of several mesh sizes from July to August 1989. Growth increments of otoliths were counted under a scanning electron microscope. The sauries were divided into an almost tri-modal size distribution: a small-sized group ($\bar{x}$: 210 mm in knob length, range 200-240 mm), a medium-sized group ($\bar{x}$: 260 mm, 240-295 mm), and a large-sized group ($\bar{x}$: 315 mm, more than 295 mm). Ages in days of sauries of the large- and medium-sized groups were estimated at 560-690 days and 310-450 days, respectively. Birthdate analyses of the sauries showed that the large- and medium-sized groups were estimated to have hatched from November 1987 to January 1988 and from May to August 1988, respectively. It is estimated that the life span of the saury in the central North Pacific area is about 2 years.

サンマ *Cololabis saira* は、日本周辺から北米沿岸に至る北太平洋の亜熱帯海域から亜熱帯海域にかけて広く分布しており、¹⁾ 我が国では重要な漁獲対象種として古くから生態と資源に関する研究が行なわれている。しかし、その多くが初期生活史、回遊と海洋環境との関連および漁場形成に関するものであり、生物学的特性については不明な点が多く残されている。特に、年齢と成長についての研究は古くから行なわれているにもかかわらず、いまだに統一した見解は得られていない。²⁻⁶⁾ また、本種の研究の多くが漁獲対象海域である北西太平洋で行なわれ、未利用資源である中部北太平洋では調査の時期も夏季に限られているために、ごくわずかな知見が得られているに過ぎない。^{9,7)}

一方、1970 年代になって硬骨魚類の耳石に日周期的な輪紋が形成されることが発見され、⁸⁾ この手法を用いて魚類の日齢査定を行なう研究が数多く行なわれるようになった。⁹⁻¹¹⁾ サンマにおいても耳石に微細な輪紋が観察され、¹²⁾ この輪紋が日周輪であるとの仮定のもとに、

日齢と成長を推定する試みがなされている。⁶⁾ そして、耳石中に一日一本の輪紋が形成されることが孵化仔魚の飼育実験により確認され、¹³⁾ 耳石日周輪に基づく日齢査定が本種でも有効であることが示唆された。また、先に行なわれた耳石輪紋の解析結果⁶⁾ によると、北西太平洋では 1 年以内に体長 300 mm 以上のいわゆる大型魚に達するのに対し、北東太平洋では 300 日で 210 mm 程度にしか達しないと推定されている。このように、本種の成長は海域によって異なる可能性が指摘されたが、中部北太平洋における本種の年齢と成長に関する研究はこれまで行なわれておらず、それらを明らかにすることは北太平洋に広く分布する本種の資源構造を考える上で重要であると考えられる。

そこで本研究では、先に行なわれた研究⁶⁾ に準じて、稚魚期に形成が確認された耳石日周輪が成魚期においても形成されとの前提のもとに、中部北太平洋のサンマの年齢と成長を耳石の輪紋を計数することから推定した。そして、得られた結果から孵化時期を逆算し、さら

^{*1} 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第 255 号 (Contribution No. 255 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University).

^{*2} 本研究の要は平成 2 年度日本水産学会春季大会において発表した。

^{*3} 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

に従来冬季に形成されると言われている耳石の透明帯の形成時期^{8,14)}をこの輪紋から推定することによって、透明帯の齢形質としての有効性についても検討した。

材 料 と 方 法

本研究で用いた材料は、1989年7月17日から8月6日に中部北太平洋における16の調査点で、北海道大学水産学部練習船北星丸が調査用流網¹⁵⁾を用いて採集したものである (Fig. 1, Table 1)。投網は17時45分頃から行ない、翌朝4時頃から揚網した。設網時間はおおよそ10~12時間である。

採集されたサンマは、船上において個体数の計数と体長の測定を行った。体長は下顎先端から肉質部末端まで

の肉体長 (knob length)¹⁶⁾とした。採集個体数がきわめて多い場合には、体長測定を1目合につき300個体を上限として行なった。

耳石の微細輪紋を観察するために、6点で採集された142個体を冷凍保存して持ち帰った。これらは、実験室において再度体長を測定した後、耳石扁平石を取り出して輪紋の観察に供した。観察は原則として左側の耳石で行なったが、紛失、破損または奇形と判断した場合には右側の耳石を用いて、既往の方法³⁾に準じて観察用標本を作成した。すなわち、摘出した耳石を蒸留水で洗浄して乾燥させた後、長径と短径を接眼マイクロメーターで計測した。次に、この耳石をエポキシ樹脂に包埋して半日以上乾燥させ、炭素紙 #1500 および硬組織用研磨紙 (9 μm , 3 μm) を用いて研磨した。研磨は耳石扁平面短軸方

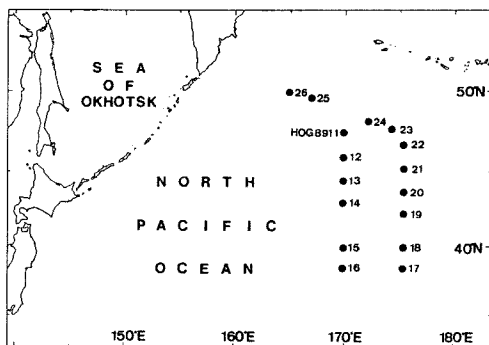


Fig. 1. Sampling locations by research drift net in the central North Pacific Ocean. Figures indicate sampling stations in Table 1.

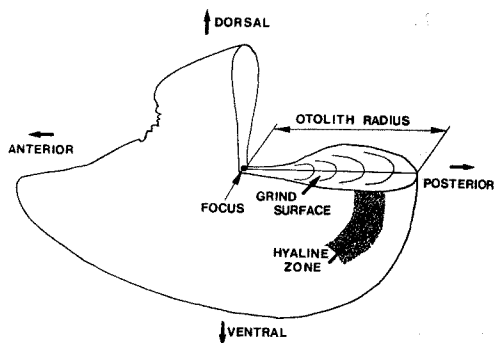


Fig. 2. Method of measurement for points of saury otolith in this study.

Table 1. Collection records of saury sampled by drift net in the central North Pacific Ocean

Station	Date*	Location*		No. of samples		
		Lat.	Long.	Total catch	Measurement	Observation of otoliths
HOG 8911	17, Jul., '89	47°31'N	170°00'E	0	0	0
HOG 8912	18, Jul., '89	46°01'N	170°00'E	0	0	0
HOG 8913	19, Jul., '89	44°30'N	170°00'E	3200	761	29
HOG 8914	20, Jul., '89	43°00'N	170°00'E	57797	1095	28
HOG 8915	22, Jul., '89	40°01'N	170°00'E	2	2	0
HOG 8916	23, Jul., '89	38°30'N	170°01'E	0	0	0
HOG 8917	25, Jul., '89	38°30'N	175°31'E	0	0	0
HOG 8918	26, Jul., '89	40°01'N	175°30'E	13	13	7
HOG 8919	28, Jul., '89	42°15'N	175°30'E	109	100	16
HOG 8920	29, Jul., '89	43°45'N	175°30'E	699	319	30
HOG 8921	30, Jul., '89	45°15'N	175°32'E	812	438	32
HOG 8922	31, Jul., '89	46°45'N	175°32'E	75	71	0
HOG 8923	1, Aug., '89	47°45'N	174°29'E	2522	623	0
HOG 8924	2, Aug., '89	48°18'N	172°12'E	3055	614	0
HOG 8925	4, Aug., '89	49°30'N	167°09'E	297	240	0
HOG 8926	5, Aug., '89	50°00'N	165°01'E	2658	755	0

* Date and locations are denoted the day and locations set the drift net. Net was hauled next morning.

向に対して約 60° の角度で、かつ長軸に対し平行の方向に耳石核の中心まで行なった。この耳石を 0.1 M EDTA-2Na 溶液で 50 秒間エッチングし、白金パラジウムを蒸着した後、走査型電子顕微鏡で観察した。検鏡は 15 KV で行ない、倍率 1,000 倍で写真を撮影した。この

写真を最終倍率 1,000 倍で焼付け、耳石輪紋の計数と計測を行なった (Fig. 2)。

輪紋の計数は翼 (rostrum) と反対の方向で行った。観察された輪紋はすべて計数したが、輪紋計数に先だち各輪紋を明瞭、不明瞭および輪紋計数不能帯に分けた。す

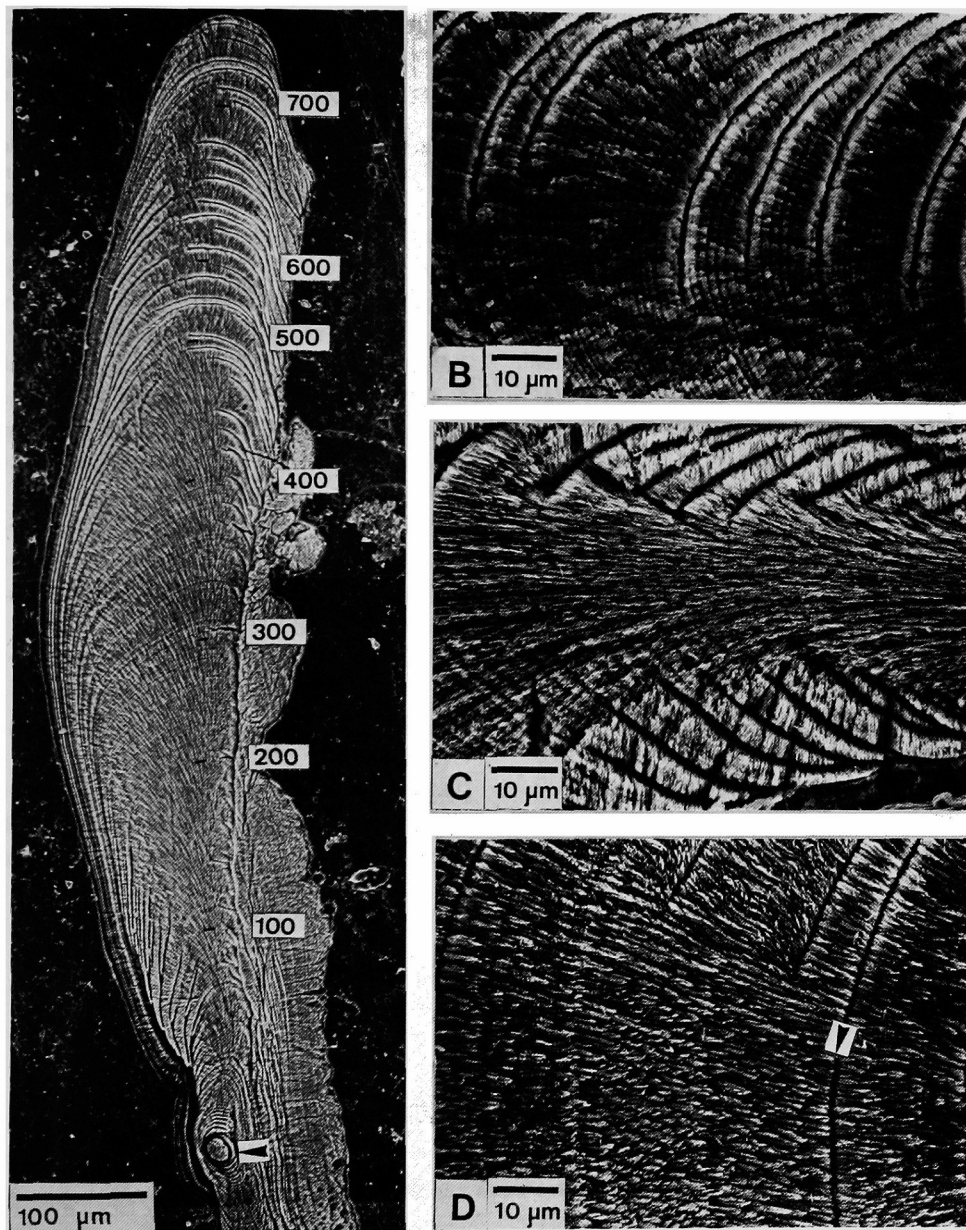


Fig. 3. Scanning electron micrographs of ground and etched otoliths of saury. A: Otolith with 781 increments from 314 mm knob length (=KnL) saury. Arrow indicates focus and numbers show the number of increments from the focus. B: Zone of distinct increments. C: Zone of indistinct increments. D: Uncountable zone and arrow indicates widely etched broad groove.

なわち、輪紋が鮮明に読み取れるものを明瞭輪紋 (Fig. 3-B)、輪紋が不鮮明であるが計数可能な輪紋を不明瞭輪紋 (Fig. 3-C) として扱い、輪紋が計数不能な部分がまとまって出現した部分は計数不能帯 (Fig. 3-D) とした。この輪紋計数不能帯では、前後 10 本ずつの平均輪紋幅を 1 本の輪紋間隔と推定し、その本数を推算した。なお、一部の個体では EDTA により深くエッチングされた欠刻状の輪紋がみられることがあったが (Fig. 3-D)、この輪紋も明瞭輪紋一本として扱った。そして、総輪紋数は明瞭および不明瞭な輪紋数に、計数不能帯の推定輪紋数を加えた数とした。しかし、総輪紋数のうちほとんどの輪紋が不明瞭または計数不能である個体も多数現われた。これらの個体は計数値の信頼性が低いと考えられたため解析の対象から除外し、日齢解析には明瞭輪紋の数が総輪紋数に対して過半数を占める個体のみを用いた。その結果、耳石輪紋を観察した 142 個体のうち計数可能個体と判断された 39 個体のみを以下の計数と計測に用いた。また、孵化時の仔魚にはすでに 5 本前後の輪紋が形成されていることが知られているため、¹³⁾ 日齢は総輪紋数から 5 を引いた値とした。

耳石の透明帯の観察は、時計皿中のキシロールに耳石を沈めて、落射光条件下で光学顕微鏡で行なった。さらに、輪紋が計数できた個体のうち、反対側の耳石が残っている 25 個体については 40 倍で写真撮影を行い、ロストラムと反対方向の耳石長軸に平行な線上で透明帯の位置と幅を計測した (Fig. 2)。

結 果

採集個体数と体長組成 16 点の採集調査点のうち、12 点で総計 71,239 個体のサンマが採集された。このうち、体長を計測した 5,031 個体の体長範囲は 126~342 mm であり、その体長組成には 210 mm, 260 mm およ

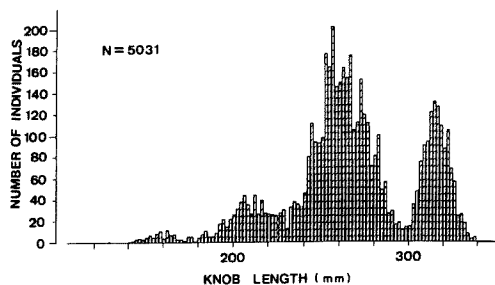


Fig. 4. Knob length (mm) frequency distribution of saury collected by drift net in the central North Pacific Ocean from July to August 1989.

び 315 mm を中心とした 3 つの卓越したモードが見られた (Fig. 4)。そこで、本研究ではこれらの体長群を小型群、中型群および大型群と称し、それぞれの体長範囲を 201~240 mm, 241~295 mm および 296 mm 以上とした。また、200 mm 以下の個体は極小群として扱った。各群の個体数の割合は、極小群 5%, 小型群 13%, 中型群 57% そして大型群 25% であった。

輪紋の状態およびその特徴 観察された輪紋の形状は、これまでの報告^{5,12,13)} と同様であった (Fig. 3-A)。すなわち、耳石の中心には長径約 20 μ m の核があり、これを中心として輪紋が形成されていた。

なお、今回 142 個体を観察したうち、輪紋が計数可能であったのは 39 個体 (27.4%) のみであった。その他の個体で輪紋が計数不可能であった要因は、摘出の際の紛失、破損および耳石が奇形であったもの 18 個体 (12.7%), 研磨の失敗によるもの 38 個体 (26.8%), 輪紋が観察されたが明瞭輪紋数の割合が総輪紋数の 50% 以下であるため計数不能としたものが 47 個体 (33.1%) で

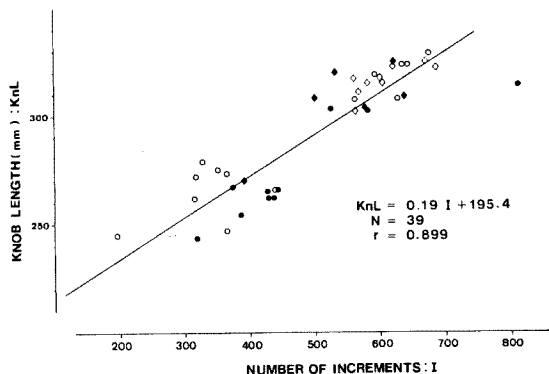


Fig. 5. Relationship between knob length (mm) and the number of increments. Symbols show the rate of distinct increments: ●; rate of distinctly increments number of total increments is more than 85%, ○; 75-85%, ◆; 70-75%, and ◇; 50-70%.

あった。

体長と輪紋数の関係 輪紋の計数が可能であった 39 個体の中で、最も輪紋数が多かったのは体長 314 mm の個体の 781 本であり、逆に輪紋数の最も少なかったのは体長 245 mm の 297 本であった。また、これらの標本のうち体長が最大の個体は 329 mm で、その輪紋数は 677 本であったのに対し、最小の個体は 243 mm で 319 本であった (Fig. 5)。これら 39 個体の輪紋数 (I) と体長 (KnL , 単位 mm) の関係は、次の直線式で表わされた。

$$KnL = 0.19 I + 195.4$$

($N=39$, $r=0.899$, $P<0.01$, N 個体数, r 相関係数, P 危険率)

また、総輪紋数中に占める明瞭輪紋の割合によって各個体の計数結果に信頼度をつけ、それらを Fig. 5 に示した。すなわち、明瞭な輪紋が 85% 以上の個体を信頼度 1, 75~84.9% を信頼度 2, 70~74.9% を信頼度 3, 50~69.9% の個体を信頼度 4 とした。この図に示したように、同じ体長の個体間では、信頼度の高い個体は信頼度の低い個体よりも輪紋数が多く計数される傾向があった。

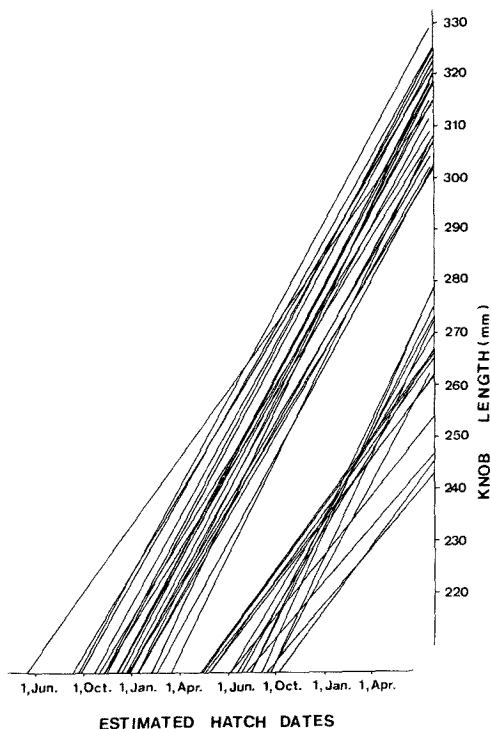


Fig. 6. Relationship between knob length (mm) and estimated hatch date based on back calculation of otolith increments from the date of capture.

また、中型群 16 個体のうち信頼度 1 の個体が 7 個体 (43.8%) であったのに対し、大型群 23 個体では信頼度 1 の個体は 3 個体 (13.0%) のみであった。これは、大型群では輪紋の計数不能帯が現われる個体が多く (23 個体中 21 個体), そのために信頼度が低くなっている。

このように、体長 240~294 mm の中型群は孵化後 10~15 カ月、295 mm 以上の大型群は孵化後 18~23 カ月の個体であると考えられた。なお、孵化後 2 年を越えていると思われる個体が、1 個体のみ現れた。

耳石日周輪にもとづく孵化時期の推定 前項で示した 39 個体の結果に基づき、採集日から日齢を差し引くことにより体長群ごとの孵化時期を推定した (Fig. 6)。その結果、大型群 23 個体の孵化時期は、1987 年 6 月中旬から 1988 年 3 月下旬であり、その主要な孵化時期は 1987 年 11 月上旬から 1988 年 1 月中旬であった。一方、中型群 16 個体では 1988 年 5 月中旬から 10 月上旬であり、その主要な孵化時期は 5 月中旬から 8 月上旬であった。

このように、大型群の孵化時期はおもに秋季から冬季であったのに対し、中型群では春季から夏季であり、両群の孵化時期は完全に分離していた。

透明帯の形成時期 次に、透明帯の形成時期と、その形成時における成長の変化を検討した。

まず、体長と透明帯の有無について調べるため、体長 218~333 mm の 188 個体について光学顕微鏡で耳石を観察した。その結果、大型群では 75 個体中 69 個体 (92.0%) で透明帯が観察されたのに対し、中型群以下の個体では 113 個体中 112 個体 (99.1%) で透明帯が観察されなかった (Fig. 7)。

次に、透明帯の形成時期を調べるために、日周輪の計数と透明帯の有無の判別がともにできた 25 個体について、双方の位置関係を検討した。観察を行なった 25 個体のうち、大型群 15 個体では透明帯が観察されたが、中型群 10 個体では透明帯は見られなかった。そこで大型群 15 個体について、耳石半径上で透明帯の位置および幅を計測して電顕写真上の最大距離を耳石半径に換算したところ、2 個体を除いて透明帯にあたる部分は輪紋計数不能帯の位置とほぼ一致した。そこで、透明帯と輪紋計数不能帯がともに出現した 13 個体について、耳石透明帯に最も近い輪紋計数不能帯を透明帯とみなして、その形成時期を輪紋数から逆算した。その結果、透明帯の形成時期は 12 月下旬から 1 月中旬を中心に 10 月から翌年 4 月頃にわたっていると推定された (Fig. 8)。

さらに、透明帯が形成されると推定された冬季における耳石の成長率の変化を検討するために、透明帯が観察された個体のうち輪紋計数不能帯が現われなかった体長 302 mm と 314 mm の 2 個体について、月ごとの耳石

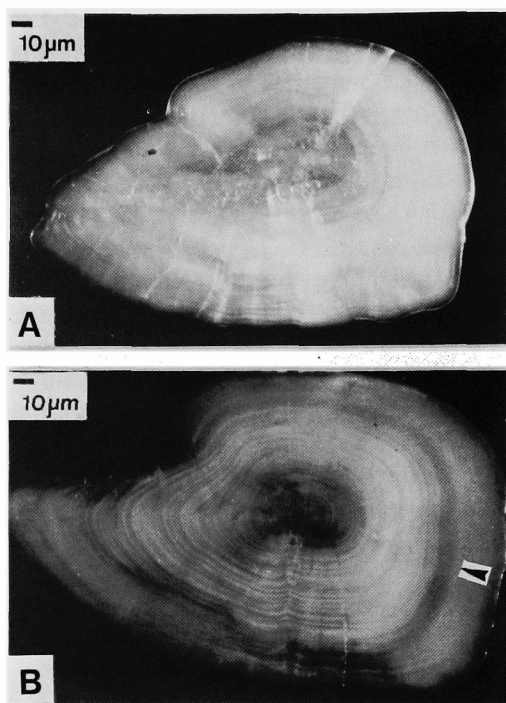


Fig. 7. Light micrographs of saury otoliths. A: Otolith from 267 mm in *KnL* saury. B: Otolith from 303 mm in *KnL* saury. Arrow shows hyaline zone.

の成長幅を計測した。これには、各月の日数分の輪紋間隔を電顕写真上で計測し、耳石半径に換算した上で 30 日あたりの成長した間隔を求めた (Fig. 9)。この結果、302 mm の個体は 11 月から翌年 3 月、314 mm の個体では 9 月から翌年 1 月にかけ成長が低下しており、透明帯が形成される時期には耳石の成長が低下していると考えられた。

そこで、この成長の低下率を求めるために、輪紋間隔の広がった 5 月と狭かった 12 月における一日当りの平均輪紋幅を求めた。この値から以下の式によって成長の低下率を求めた。

$$\text{低下率 (\%)} = (W_5 - W_{12}) \times 10^2 / W_5$$

(W_5 : 5 月における一日当りの平均輪紋幅, W_{12} : 12 月における一日当りの平均輪紋幅)

この結果、302 mm の個体の低下率は 43.0% であったのに対し、314 mm の個体では 29.9% であった。したがって、冬季における成長の低下率には 10% 以上の違いがあり、その個体差は大きいと考えられた。

以上の結果から、大型群のみで観察される透明帯はおもに冬季に形成され、この時期には耳石の成長が低下しているために、日周輪は不明瞭になっていると推察され

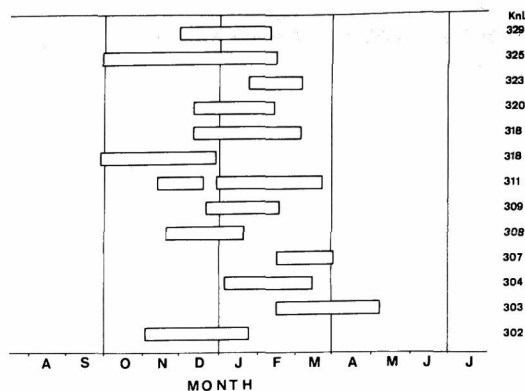


Fig. 8. Formation period of uncountable zone (i.e. hyaline zones) in otolith.

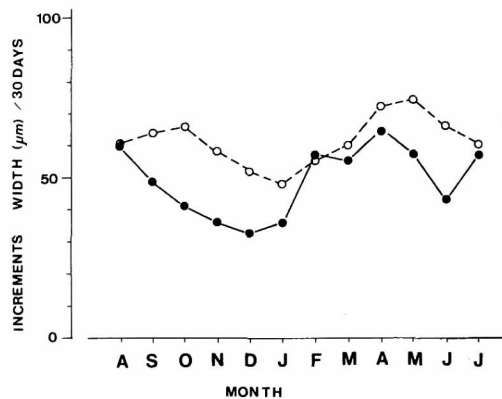


Fig. 9. Monthly change in daily otolith increment growth for 2 samples. ●, 302 mm in *KnL*; ○, 314 mm in *KnL*.

た。

考 察

本研究を行った夏季の中部北太平洋において採集されたサンマの体長組成には、210 mm、260 mm および 315 mm の 3 つの卓越したモードが見られた。そして、耳石輪紋の計数による日齢査定から、主要な孵化時期は体長 315 mm を中心とした大型群では 2 年前の 11 月上旬から前年の 1 月中旬までの秋季から冬季、260 mm を中心とした中型群では前年の 5 月中旬から 8 月上旬の春季から夏季であると考えられた。これらの個体の年齢は、採集された年の 11 月から翌年の 1 月における秋季から冬季産卵期には大型群は 2 歳、中型群では 1.5 歳程度になると推定された。なお、孵化時期の分布から推定すると、産卵のピークは冬季および夏季を中心とする年 2 回と考えられたことから、今回日齢査定を行わなかつ

た体長 210 mm 前後にモードをもつ小型群の年齢は、前年の秋季から当年の冬季に孵化した 8 カ月程度の 0 歳魚群であり、これらは翌年に大型群として出現する群であろうと推測された。また、日齢が最大の個体は 776 日でその体長が 314 mm であったこと、および最大体長であった 329 mm に個体の年齢が 2 歳に達していないことから、中部北太平洋における本種の最大寿命は 2 年程度と考えられた。

本研究では以上の結果が得られたが、今回の方法では以下の 3 点について検討すべき必要があると考えられた。第一に、稚魚期までの飼育実験で確認されている耳石日周輪が、今回観察した大型個体にも日周的に形成され続けているかである。他の魚種で 24 時間を単位とする光周期のもとで行なわれた飼育実験では、調べられたほとんどすべての魚種において一日一本の輪紋が形成されることが知られている。¹⁷⁾ また、メルルーサ科の 2 種 *Merluccius* sp. と *Merluccius angustimanus* において耳石年齢と耳石日周輪による日齢査定と比較を行なったところ、双方の結果はほぼ一致した。¹⁸⁾ このように、日周輪は耳石の成長が続く限り形成されると考えられている¹⁹⁾が、この実証のためには、本種においても成魚期に日周輪が形成されているか、飼育実験により確認を行なうことが必要であろう。

次に、透明帯における輪紋数の問題である。今回、透明帯においては 2 個体を除き輪紋がまったく計数できず、透明帯において輪紋が計数できた個体では、この部分の輪紋間隔が狭くなっていた。これは、透明帯が形成されたと考えられる冬季間の成長の低下を反映したものと考えられ、^{11,17,20)} 輪紋の間隔の低下が輪紋の観察、計数を困難にしていると考えられた。他の魚種、例えばメルルーサ科の一種 *Merluccius bilinearis* では冬季に形成される耳石日周輪の間隔が、およそ 1/10 になることが知られている。¹⁷⁾ 本種でも、成長の悪い 12 月には 5 月に較べて 30% 以上輪紋間隔が狭くなることが観察された。今回は、これらの輪紋計数不能帯での輪紋数を前後の輪紋数から推定しているため、透明帯部分の輪紋数を過小評価していると考えられる。したがって、透明帯が観察された大型群の実際の孵化日および透明帯の形成時期は、今回の結果よりも早い時期と推定される。また、透明帯において輪紋が計数が出来た 2 個体の冬季の成長の低下率を比較すると 10% 以上の差があり、透明帯の形成時期および冬季の成長の低下率には個体差がかなりあると思われた。

最後に、輪紋の計数が出来なかった個体の数が、計数可能な個体数を上回った点である。この輪紋の明瞭さがかどの様な原因によるのかは不明であるが、成長の良否に起因するものであれば、明瞭な輪紋が多い個体のみで成

長を検討するのは問題が残ることになる。

今回の研究では以上の結果を得ることができたが、北東太平洋と北西太平洋のサンマの日齢を同様に耳石輪紋から推定した結果⁶⁾と比較すると、中部北太平洋のサンマは北東太平洋における成長に近いようである。先に行なわれた研究では、北西太平洋では約 1 年で 300 mm に達するのに対し、北東太平洋では 240 日で 187 mm、300 日で 210 mm 程度にしか成長しないと推定されており、8 カ月で 210 mm に達すると推定された本研究の結果に比較的近かった。

サンマの産卵時期の推定は、卵の定量的な採集が困難なために、おもに仔稚魚の豊度の季節変化によって研究されている。北西太平洋においては、サンマの産卵はほぼ周年にわたることが知られているが、産卵のピークは 11~1 月および 3~5 月の年 2 回とする報告^{21,22)}と、産卵期が 9 月から翌年 6 月までにわたり、その主産卵期が 1~3 月が主産卵期とする結果²³⁾がある。今回の研究では、中部北太平洋におけるサンマの主産卵期は 5~8 月および 11~1 月の年 2 回と考えられた。こうした産卵期の相違が海域の差によるものか、冬に生まれた個体の生残率が低いためか、あるいは本研究において 1~3 月孵化した個体が採集されなかったのか、中部北太平洋における周年的なサンマの仔稚魚の出現、豊度および分布に関する知見が得られていないため、今後検討されるべき問題であろう。

ところで、前述のように耳石の透明帯は冬季を中心に形成され、齢形質として有効である可能性が今回示唆された。これまでに耳石縁辺部の状態の観察から行なわれた透明帯形成時期の研究では、北東太平洋では冬季から春季、⁴⁾ 北西太平洋では 11~3 月、¹⁴⁾ または 10~12 月を中心とした 9~2 月³⁾であることが知られており、今回の結果と大きな差は認められなかった。そして、中部北太平洋および北西太平洋の既往の報告においても、透明帯は大型群の耳石の比較的縁辺付近に一本観察されている。^{3,14)} もし、中部北太平洋と北西太平洋の両海域で本種の成長が異なるならば、大型群の耳石にみられる透明帯の位置、あるいは各体長群と透明帯の有無の対応も異なると考えられる。このように、耳石透明帯から判断すると北西太平洋と中部北太平洋において、本種の成長に差があるとする結果は矛盾を生じることになる。そのため、北西太平洋のサンマの成長についても、耳石輪紋から再検討する必要があるだろう。なお、年齢が 1 年を越える中型群では耳石に透明帯が観察されなかった。大型群と孵化時期がおおよそ半年ずれている中型群では、大型群より耳石の中心寄りに透明帯が形成されるはずである。しかし、光学顕微鏡で観察すると、耳石核の中心付近は広く透明になっている (Fig. 7)。そのため、透明帯として

の識別は困難になっていると思われる。また、耳石輪紋の計数不能帯も観察されなかったことから、冬季において大型群と中型群では水温等の生息環境が異なる可能性もある。

なお、産卵期を年2回とし耳石の透明帯、鱗の隆起線間隔、および飼育実験から北西太平洋のサンマの成長を求めた報告では、漁期中の中型群は初春から初夏にかけて発生した1.5歳の群、小型群および大型群は晩秋から冬季にかけて発生した1.0および2.0歳の群であると推測されている。³⁾ この結果と本研究の結果では、その成長に約半年の差がみられたが、これは孵化後半年間の成長を20~50mmと低く見積りすぎているためと思われる。飼育実験の結果では、60日間で79mmに達することが知られている。¹³⁾ その後の成長、すなわち小型群は翌年大型群となり、中型群は大型群および小型群と孵化時期におよそ半年の差があるとする結果は、本研究の結果と一致する。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり適切な御助言をいただき、御校閲頂いた水産庁中央水産研究所渡邊良朗博士に謝意を表す。また、本研究を進めるにあたり、有益なご助言をいただいた北海道大学水産学部麦谷泰雄教授、同小城春雄助教授ならびに水産庁遠洋水産研究所西村明博士に感謝申し上げる。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) C. L. Hubbs and R. L. Wisner: Revision of the sauries (Pisces, Scomberesocidae) with descriptions of two new genera and one new species. *Fish. Bull., U.S.*, 77, 521-566 (1980).
- 2) M. Hatanaka: Biological studies on the population of the saury, *Cololabis saira* (Brevoort). Part I. Reproduction and growth. *Tohoku J. Agr. Res.*, 6, 227-269 (1955).
- 3) 堀田秀之: 鱗・耳石によるサンマのボビュレーション構造の分析とその成長. 東北水研報, 16, 41-64 (1960).
- 4) J. S. Sunada: Age and growth of the Pacific saury, *Cololabis saira*. *Calif. Fish and Game*, 60, 64-73 (1974).

- 5) 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).
- 6) 小達 繁: 北太平洋におけるサンマの分布. 北大水産北洋研業集, 特別号, 353-381 (1977).
- 7) 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. 北大水産集報, 38, 126-138 (1987).
- 8) G. Pannella: Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173, 1124-1127 (1971).
- 9) A. Nishimura and J. Yamada: Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), as determined by otolith daily growth increments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 82, 191-205 (1984).
- 10) O. Tabeta, K. Tanaka, J. Yamada and W. Tzeng: Aspects of the early life history of the Japanese eel *Anguilla japonica* determined from otolith microstructure. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1727-1734 (1987).
- 11) B. Morales-Nin and S. Ralston: Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian waters. *J. Fish Biol.*, 36, 191-203 (1990).
- 12) 西村 明, 渡辺良朗, 山田寿郎: サンマ耳石の日周輪様微細輪紋構造. 東北水研報, 47, 33-35 (1985).
- 13) Y. Watanabe and Y. Kuji: Verification of daily growth increment formation in saury otoliths by rearing larvae from hatching. *Japan. J. Ichthyol.*, 38, 11-15 (1991).
- 14) 菅間慧一: 耳石の性状からみたサンマのボビュレーション構造—I. 北水研報告, 16, 1-12 (1957).
- 15) 島崎健二, 山本昭一, 目黒敏美: 表層性魚類に対する非選択的調査用漁し網. 北大水産集報, 35, 17-27 (1984).
- 16) 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. 東北水研報, 7, 1-11 (1956).
- 17) S. E. Campana and J. D. Neilson: Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 1014-1032 (1985).
- 18) E. B. Brothers, C. P. Mathews and R. Lasker: Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fish. Bull., U.S.*, 74, 1-8 (1976).
- 19) 麦谷泰雄: 水産動物の日周活動(羽生 功, 田端満生編), 恒星社厚生閣, 東京, 1988, pp. 35-47.
- 20) G. Pannella: Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. in "Ageing of fishes" (ed. by T. B. Bagenal), Uwhin bros. Ltd., London, 1974, pp. 28-39.
- 21) 深滝 弘: 日本海産重要魚類・稚仔の周年にわたる出現および生態について—II. 日水研報, 7, 17-42 (1959).
- 22) 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. 東北水研報, 7, 70-102 (1956).
- 23) 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).