

学位論文題名

北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* (Brevoort) の
年齢、成長および成熟に関する研究

学位論文内容の要旨

さんま科 Scomberesoidae 魚類は全世界から4属4種が知られており、日本で漁獲されるサンマ *Cololabis saira* (Brevoort) は、日本近海から北米カリフォルニア沿岸に至る北太平洋の亜寒帯海域から亜熱帯海域にかけて広く分布している (Hubbs and Wisner, 1980)。本種はわが国において重要な漁獲対象種とされているが、その漁獲量および漁獲物の体長組成は年ごとに大きく変動することが知られている (福島ら、1990)。これらの変動の要因を解明するためには、各体長群のふ化時期を明確にした上で、季節ごとの産卵水準の変化やその後の成長、さらに海域別季節別、発生群の再生産サイクルの独立性について検討する必要があるが、その解明のためにはなお多くの課題が残されている。特に、年齢と成長の関係および寿命に関しては、古くから多くの研究が行われているにもかかわらず、得られた結果は一致していない。近年、耳石日周輪が魚類における有効な齢査定手段として注目されるようになり、この手法を用いて本種の日齢が判読され、一年以内に体長300 mmを越える大型群に達すると推定された (Watanabe *et al.*, 1988)。しかし、この寿命1年説はこれまで行われてきた耳石やウロコの年齢に基づく知見とは矛盾点が多い上に、申請者らは同様の手法を用いているにもかかわらず、異なった結果を得ており (Suyama *et al.*, 印刷中)、年齢・成長の問題は解決したとはいえない。

一方、本種の産卵期に関する研究は、季節ごとの仔稚魚の豊度の変化に基づいて行われているものがほとんどで、産卵親魚に関する知見はごく僅かである (例えば小坂, 1991)。本種のふ化仔魚は、ほぼ一年中採集されることから産卵期は周年にわたると推定されているが、季節の移行に伴う産卵水準の変動については、秋季および春季の年2回の産卵のピークがあるとする説 (例えば深

滝, 1959)と、冬を主産卵期とする説(Watanabe and Lo, 1989)があり、この点についても統一した見解が得られていない。また、産卵親魚の成熟特性、例えば、産卵に至る過程や産卵回数、産卵後の親魚の消長、季節ごとの発生群別の生活史あるいは異なる海域に生息する繁殖群の再生産の独立性など、資源学的に重要な課題が残されている。これらの課題を明らかにするためには、異なる海域に生息するサンマの年齢・成長および成熟様式を個体レベルで精査し、その共通点・相違点を比較・検討する必要がある。

そこで、本研究では最初に中部北太平洋および西部北太平洋で採集されたサンマについて、耳石日周輪に基づき年齢・成長関係の解析と比較を行った。また、これまでの研究で年齢形質として用いられ、冬季に形成されると報告されている耳石透明帯(例えば堀田, 1960)の形成時期についても、その前後の日周輪の計数から推定し、過去の知見との比較を行った。さらに、齢査定によって年齢・成長様式を明らかにした個体について、成熟特性を調べた。成熟過程を正確に把握するために卵巣を組織学的に観察し、これらの結果から成熟度を設定して、成熟・産卵に伴う年齢・成長様式、環境水温と成熟度の関係を求めた。最後に、年齢・成長と成熟・産卵の関係を中部北太平洋および西部北太平洋の両群で比較した。なお、周年にわたって標本採集を行った西部北太平洋の群については、以上の結果と回遊の関係も調べた。

本研究に用いた材料は、1989年2月から1992年12月に中部北太平洋および西部北太平洋で採集した。採集した個体は船上で体長の測定を行なった後、一部の個体の生殖腺をブアン氏液で固定し、耳石の観察と体の精密測定のために魚体は冷凍保存した。耳石日周輪の観察は、耳石をエポキシ樹脂に包埋して耳石核の中心まで研磨し、0.1 M EDTA-2Na溶液でエッチングしてから、走査型電子顕微鏡を用いて行なった。一方、耳石透明帯の観察は、摘出した耳石を蒸留水で洗浄してから室温で乾燥させ、スライドガラス上に滴下した標本用封入剤に封入した。これを、光学顕微鏡で落射光条件のもとで、40倍または100倍で観察と計測を行なった。生殖腺の観察は、通常のパラフィン法により作成した組織標本をヘマトキシリンおよびエオシンで染色して行なった。

中部北太平洋で採集したサンマの耳石日周輪から推定された日齢は、体長296 mm以上の個体(大型群)では497~776日、240~295 mm(中型群)の個体では292~439日であった。一方、西部北太平洋で採集された個体の日齢は、体長200~240 mmの個体(小型群)で204~287日、241~280 mmの個体では286~509日、そして体長281 mm以上の個体では502~684日であった。両海域の群間に

おける成長を比較するため中型群以上の日間成長率を求めたところ、それぞれ0.19および0.18 mmであり、両者の間には有為な差は認められず、大型群に達するには1年半以上を要すると考えられた。そこで、西部北太平洋の各体長群のふ化時期を求めるため、標本を採集した日付から日齢を差し引いてふ化月を推定した。その結果、小型群および大型群は秋季から冬季、中型群は春季から夏季にふ化したと推定され、大型群と小型群の年齢はおおよそ1歳異なると考えられた。このように本研究の結果は、Watanabe *et al.* (1988)が同様の手法を用いて一年以内に大型群に達するとした結果と大きく異なっていた。

そのため、これまでに菅間(1957)や堀田(1960)らが、冬季に形成されると報告している耳石透明帯の形成時期および形成が開始される体長を、耳石日周輪の計数結果から求めて過去の知見と比較・検討した。観察の結果、耳石透明帯にあたる部分では輪紋の幅が非常に密または計数が不能になっており、この部分の前後の日周輪を計数したところ、透明帯は11月から3月にわたって形成されていると推算され、過去の報告のとおり冬季を中心に形成されていると考えられた。また、透明帯の中では耳石日周輪の間隔が狭くなっていたことから、透明帯は冬季に本種の体成長の低下に伴って形成されることが考えられ、日周輪が計数できなかった個体では日齢を低く見積もっている可能性が示された。次に、透明帯の形成が開始される体長を推定するため、耳石核から透明帯の間の日周輪を計数した。この間には298~345本の日周輪が計数され、輪紋数-体長の関係から逆算すると透明帯の形成が開始された時点では、小型群以上に達していたと推定された。堀田(1960)の報告によれば、小型群および中型群では冬季に最初の透明帯が形成されることが報告されており、日周輪と透明帯の関係はこれまでの知見とは矛盾しないことが示された。したがって、これまで行われた耳石透明帯に基づいた年齢・成長の研究は、最初の透明帯が形成されるまでの年齢査定に問題があったものと考えられた。

次に、サンマの成熟特性を明らかにするため、雌の卵巣の組織学的観察から卵巣卵の発達様式を調べ、個体の成熟度を設定した。卵巣卵の発達様式は非同期型を示し、成熟個体の卵径頻度分布は多峰型であったことから、一産卵期に多数回産卵を行うものと推定された。また、産卵後の雌では卵巣内に多数の退行卵が観察された。雌の成熟度は卵巣内の最も発達した卵を基準として、周辺仁期、卵黄胞前期、卵黄胞後期、卵黄形成期、成熟・完熟期、退行期Ⅰ、退行期Ⅱの7期に区分した。このうち、産卵期の成熟度である成熟・完熟期以降の個体は大半が体長270 mm以上の個体であり、この体長範囲は中型群以上に相

当した。さらに、日齢が明らかな個体を用いてその成熟度と対応させた結果、卵の成熟が始まっていると考えられる卵黄形成期以降の個体は、中部北太平洋および西部北太平洋とも体長が290mm以上で、その日齢は530より高齢であった。この中には産卵後と思われる退行期Ⅰおよび退行期Ⅱの個体が含まれ、その肥満度は回復していた。これらのことから、両海域のサンマとも1.5歳頃の中型群から大型群に成長する間に初回成熟し、それ以降も生存して再び産卵する可能性が示唆された。

最後に、周年にわたって採集を行った西部北太平洋の群について、その回遊と年齢・成長様式と成熟・産卵との関係を調べた。このサンマ群は、冬季に本州の南方の海域に分布し、春季に北上して夏季には亜寒帯極前線を越えて北方海域に回遊し、秋季に再び南下して道東、三陸沖で漁獲されることが知られている。本研究においては、6～7月の北上を開始しているとみなされる群の体長組成には290～300 mmを中心とするモードが見られ、この中には産卵中の個体が含まれていた。さらに、この時期の標本と耳石透明帯の出現タイプが同じで、体長の連なる群は秋季以降の南下期に採集され、10月には再び産卵個体が出現した。

以上のことから、秋季の道東・三陸沖で漁獲対象とされる群のうち、大型群は春季の北上回遊時に既に産卵を行った経産卵魚であり、この北上回遊時に索餌して肥満度を増し、秋季以降の南下回遊期に再び産卵をする可能性が考えられた。一方、秋季に南下回遊する中型群では、11月以降に成熟個体が出現することから、この時期に初回産卵をすると推定された。すなわち、この秋季の産卵期における年齢は大型群で約2歳、中型群で1.5歳と考えられた。また、中部北太平洋と西部北太平洋のサンマの群の間には、両者の年齢・成長と成熟・産卵様式には顕著な差がないことが示唆された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 島 崎 健 二 副 査 教 授 麦 谷 泰 雄
副 査 教 授 小 城 春 雄 副 査 助 教 授 桜 井 泰 憲

学位論文題名

北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* (Brevoort) の 年齢、成長および成熟に関する研究

サンマ *Cololabis saira* は、わが国の重要な漁獲対象種であるが、その漁獲量や体長組成の年変動が大きい。これまで多くのサンマに関しての資源学的研究が行われてきたにも拘わらず、年齢、寿命、成長、成熟過程、回遊機構、地域個体群の独立性等の基礎的情報は今なお欠如しているのが現状である。

本研究は、西部北太平洋および中部北太平洋で採集されたサンマを標本として、体長・体重計測、耳石日周輪の計測、卵巣卵の組織観察からサンマの年齢、成長、成熟特性を解析した。特記すべき点を要約すると次のように示し得る。

1) 耳石日周輪から推定された日齢は、体長 281mm 以上の大型群は 497～776 日、体長 240～295mm の中型群は 286～509 日、体長 200～240mm の小型群は 204～287 日であった。孵化時期は小型群および大型群は秋季から冬季、中型群は春期から夏季であった。大型群と小型群の差はおよそ一歳であった。また、海域間の成長率に差はなかった。

2) 耳石透明帯の形成時期は、11月より翌年3月の間であった。

耳石核から透明帯形成開始までの日数は 298～345 日で、その時点での体長は 230～270mm (小型群) 以上に達していたと推定された。従って、透明帯は小型魚以降の年齢査定指標とな

り得ると認められた。

3) 雌の卵巣の組織学的観察から卵巣卵の発達様式を調べ、個体の成熟度を設定した。卵巣卵の発達様式は非同時型を示した。成熟度は卵巣内の最も発達した卵を基準として、周辺仁期(体長:93~251mm)、卵黄胞前期(213~334mm)、卵黄胞後期(209~321mm)、卵黄形成期(266~336mm)、成熟・完熟期(269~330mm)、退行期Ⅰ(261~340mm)、退行期Ⅱ(258~324mm)の7期に区分した。

4) 成熟個体の卵径頻度分布は多峰型であったことから、サンマは一産卵期に多数回産卵するものと推定された。卵巣組織観察から初回産卵体長は270mm以上と推定された。また、日齢が明らかな個体の卵巣組織観察では、産卵個体は体長が290mm以上で、その日齢は530より高齢であった。この中には、産卵後と思われる退行期Ⅰおよび退行期Ⅱの個体が含まれ、その肥満度は回復していた。このことから、サンマは1.5歳頃の中型群から大型群に成長する間に初回産卵し、それ以降も生存して再び産卵する可能性が示唆された。

5) 道東三陸沖の西部北太平洋での周年にわたる採集標本から、6~7月の北上群は体長組成に290~300mmのモードを持ち、この中には産卵中の個体が含まれていた。さらに、秋季以降の南下群は体長組成に300~310mmのモードを持ち、10月には再び産卵個体が出現した。これらの観察は3)で得られた仮説が事実であることを明らかにした。なお、産卵中の個体は、表面水温15.2~23.6°Cの海域で見出された。

6) サンマ大型群は、春季の北上回遊期には既に産卵を終了した経産卵魚であり、この北上回遊時に索餌して肥満度を増し、秋季以降の南下回遊期に再び産卵することが考えられた。一方、秋季に南下回遊する中型群では、11月以降に成熟個体が出現することから、この時期に初回産卵すると推定された。秋季の産卵期における年齢は、大型群で約2歳、そして中型

群で1.5歳と考えられた。

以上の結果は、多獲性浮魚資源として重要なサンマの生活史説明にとって必須なパラメーターである年齢、成長、成熟、そして回遊機構を明らかにしたに止まらず、資源量および体長組成が年ごとに大きく変動する要因を説明する上での貴重な指針をもたらしたものと高く評価される。よって、主査・副査は本論文が博士（水産学）の学位請求論文として相当の価値を有するものと認定した。