

氏 名(本籍)	小 <sup>こ</sup> 坂 <sup>さか</sup> 淳 <sup>すなお</sup>
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	農 第 4 2 5 号
学位授与年月日	平 成 3 年 3 月 14 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目	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
--------	---------------------------------

論文審査委員(主 査)	教 授 川 崎 健
	教 授 竹 内 昌 昭
	教 授 藤 尾 芳 久

# 論文内容要旨

サンマ *Cololabis saira* Brevoort は、北太平洋、日本海およびオホーツク海の亜熱帯海域から亜寒帯海域にかけての広い範囲の海洋表層に分布しており、北西太平洋においては日本、ソ連および台湾の棒受網漁業が漁獲対象としている重要な浮魚資源である。

サンマは予測が困難な小刻みな個体数変動をする硬骨魚類の代表とされているが、その変動の考察にとって基本的に重要な生活史がこれまでの研究において十分に解明されておらず、また変動単位としての個体群の構造が明確にされていない。

本研究は、これまでのサンマの生活史研究において課題として残されていた年齢・成長、成熟・産卵、分布・移動・回遊等の主要な問題点を全面的に明らかにし、新たな生活史に関する見解を確立し、また、その見解に基づき資源変動について考察することを目的としている。

なお本研究で用いた発育段階および成魚の魚体の型の区分は、次の体長範囲によった。

仔魚期： 2.5 cm 未満	成魚期： 20.0 cm 以上
稚魚期： 2.5～ 5.9 cm	小型魚：24.0cm未満
幼魚前期： 6.0～ 9.9 cm	中型魚：24.0～28.9cm
幼魚後期：10.0～14.9 cm	大型魚：29.0cm以上
未成魚期：15.0～19.9 cm	

## 1 年齢・生長

本研究では、鱗の隆起線間隔の広狭の変動の状況を電算機を用いて客観的に表現し、それと輪紋判読との対応を検討したが、漁期中の 29cm 未満のほとんどの中・小型魚の鱗には隆起線間隔が狭くなって形成される輪紋がなく、一方 29cm 以上の大部分の大型魚の鱗には明瞭な 1 つの輪紋が認められている(図1)。このことから大型魚の年齢が I + であり、中型魚と小型魚の年齢が少なくとも漁期半ばまでは年齢 0 + であると考えられる。

採集されたサンマの体長組成の経月変化(図 2)から、各発育段階の出現時期をみると、仔魚はほぼ周年にわたって現れるが秋季から春季、特に冬季に相対的に多く、稚魚は 2, 3 月頃に多く、幼魚および未成魚は春季から夏季にかけて多いが出現する期間は比較的短い。すなわち、稚魚期から幼魚期、未成魚期を経て成魚期へ移行する時期には生長が速いと考えられる。成魚期に達したサ

ンマは夏季の頃は比較的成長が速く、小型魚の大きさから中型魚の大きさへの移行も速いが、秋季以降成長は次第に停滞し、晩秋から冬季にかけては成長が遅くなると推察される。夏から秋にかけて大型魚は、前年の小・中型魚がやや生長してつながると推定できる体長である。

漁獲サンマの月別体長組成の世代解析では、中・小型魚と大型魚の間に明らかに発生年を異にすると推定される世代の分解が認められるが、中・小型魚については早い時期に月単位あるいは季節を異にする数個の発生集団の分解が可能であるが、時間が経過するに従ってそれらが融合される傾向があり、翌年には大型魚の一つの集団に収斂するものと推察される。

## 2 再生産

本研究では組織学的手法を用いてサンマの卵形成過程を明らかにし、それを基礎にして産卵様式、生殖周期等に関する問題を検討した。

サンマの卵巣の卵母細胞の発達様式は非同期発達型であり、排卵痕および発達の進んだ卵母細胞群の状況から、産卵が一産卵期に一回ではなく、多回産卵であることが推定される。

卵母細胞の発達段階とその卵径との関係は、発達初期の染色仁期の卵の大きさが平均 $0.05\mu\text{m}$ であるが成熟期のそれは $1.38\mu\text{m}$ である。吸水現象を起した排卵状態の成熟期の卵はかなり肥大し $1.70\sim 2.01\mu\text{m}$ の大きさに達している。

発達した卵巣における卵径組成は多峯型を示し、第3次卵黄球期に達した卵は急速に発達して成熟し、排卵されるものと推察される。

卵巣の発達段階と体長との関係(図3)をみると、染色仁期前・後期の発達段階の卵巣をもつ個体の体長は稚魚期の大きさに、周辺仁期前期は幼魚期、周辺仁期後期は未成魚期から成魚期の小型魚、卵黄胞期前期は成魚期の大きさに対応している。卵黄胞期後期以降の段階の個体の体長はいずれも $24\text{cm}$ 以上であった。

卵巣の発達段階と生殖腺指数( $GSI = (GW/BW) \times 100$ )との関係から、卵黄胞期前期と卵黄胞期後期との間の指数が0.4付近、第2次卵黄球期と第3次卵黄球期との間が2.0付近そして第3次卵黄球期と成熟期との間が4.0付近にあり、それらの間では卵巣の飛躍的な増重をともなった発達段階の移行が生起しているものと思われる(図4)。卵巣が成熟状態にあるものおよびほとんど成熟期へ移行する第3次卵黄球からの段階に対応するものが多く現れるのが

2・3月と6月であり、少なく現れるのが9月前後である。一方、卵巣が未発達で卵黄胞期前期までの段階と対応するものが多く出現するのが8月から10月にかけてであり、4月にも比較的多い。これらの変化からサンマの主産卵期は冬季と春季であると推定される。

また、サンマの卵巣の発達は秋に体長の大きい個体から進み、主産卵期と推定される冬季あるいは春季には成熟あるいはそれに近いG S Iのものは体長による差異が少なく、主産卵期には中・小型魚の大きさを成熟するものがあり、大型魚とともに産卵すると考えられる。

一回の産卵で産み出される産卵数はおよそ 1,000~3,000 個、抱卵数はおよそ 45,000~80,000個と推定される。

### 3 分布・移動・回遊

北西太平洋におけるサンマの分布・移動・回遊と海洋構造との関連(図 5)は、親潮水域から南下回遊した親魚に由来するところの主として冬季に亜熱帯モード水域で発生したサンマは、仔魚期に生長しながら黒潮前線に接近し、稚魚期への移行にともなって黒潮の北側へ移動する。夏季に生殖腺が発達して親潮水域へ回遊しない親魚に由来するところの主として秋季に混合水域内の北上暖水域で発生したサンマは、冬季間ゆっくり生長しながら仔魚~稚魚期を経過し、春季に黒潮外側域から移動してくる稚魚とともに北上回遊する。サンマはこの時期に急速に生長し、黒潮からの北上暖水により形成される前線付近で体長約10cmに生長したときに幼魚期前半から幼魚期後半へ移行し、さらに北側へ移動して、一層急速に生長し、未成魚期に達し、親潮前線を越えて親潮水域へ移動する。このグループは親潮水域内で索餌回遊し、夏から秋にかけ中型魚となり、南下回遊へ移る。

北上しながら産卵する親魚に由来するところの春季に北上暖水域で発生したサンマは、発生直後から急速に生長し、仔魚期・稚魚期を短期間に経過し、夏には幼魚期を経て未成魚となり、親潮水域へ移動して索餌回遊をする。このグループは秋には小型魚となって南下回遊へ移行し、生長が遅くなり、冬季から春季にかけて産卵に加わるものもあるが、翌春に再び沖合よりの北上回遊に転じ、やや生長速度が速まり、初夏には親潮水域内で大型魚として現れる。

#### 4 サンマの資源構造

性比、脊椎骨数等から漁獲対象となる時期のサンマ群はいくつかの集団からなると考えられ、体長頻度分布の世代解析において幾つかの発生集団の存在が推定されることと併せ考えると2つの系統群説は否定され、1つの系統群で遺伝的に異なる小集団があるとする考え方が支持される。

#### 5 生活史に基づいたサンマの資源変動についての新たな考察

ここでは1～4で明らかにした生活史の新しい考え方に基づいて資源量を推定し、その変動について考察を試みる。

資源量の推定は、まず年々の仔魚の発生数量を推定し、次いでその数量から理論的死亡曲線式を適用する方法に準じて産卵数を推算し、それにもとづいて卵数法に準じて行った。

年齢別資源尾数は、年齢0+がほぼ3～4年の間隔で中位の水準あるいはひじょうに高い水準に増加し、次の増加年まで順次減少する傾向を示し、波状的な経年変化をみせる。これに対し年齢I+の資源尾数の変動は、1978年に年齢0+の1977年の飛躍的な増大に対応して大きく増大したように、傾向的には年齢0+の変化に1年遅れで同調して変化をみせるようであるが、その水準が低い時には明瞭でない(図6)。

年齢別資源量は資源尾数の変動に対応した変動をみせ、年齢0+の資源量が3～4年の間隔で増加し、その翌年に年齢I+の資源量が増加するという1年ずれた変動傾向を辿る。年齢別の資源量変動はそれぞれ波状的な傾向をみせるが、合計の資源量の変動は、年齢0+と年齢I+の変動のずれと個体の重量差が反映して必ずしも波状的とはならず、年々小刻みな変動を示している。

漁獲量水準の高かった1950年代から最も水準の低い1969年にかけてのサンマ個体群は、食物の保障の度合が次第に悪くなる中で、魚体小型化と同時に個体数の減少が生じ、再生産については産卵魚の年齢をI+主体から0+主体へと変化させることによってその過程を速めて、個体当りの産卵数の減少を保障するように変化したと推定される。すなわち、生活条件の変化に対し、サンマ個体群は生活史における個体維持の側面と種族維持の側面とを統一的に変化させることによって、種の生残りをはかっていると考えられる。

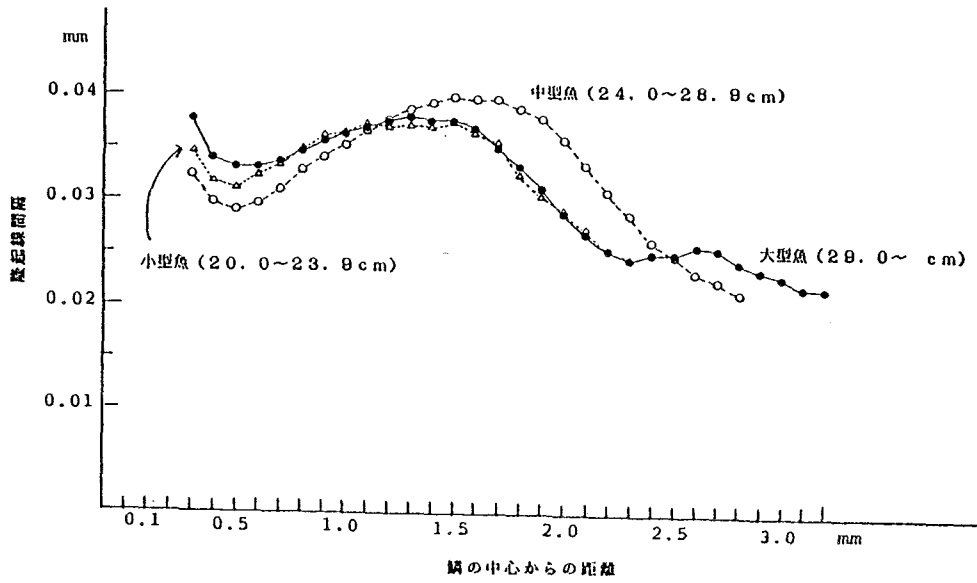


図1 サンマの魚体別鱗の生長にともなう隆起線間隔の変化

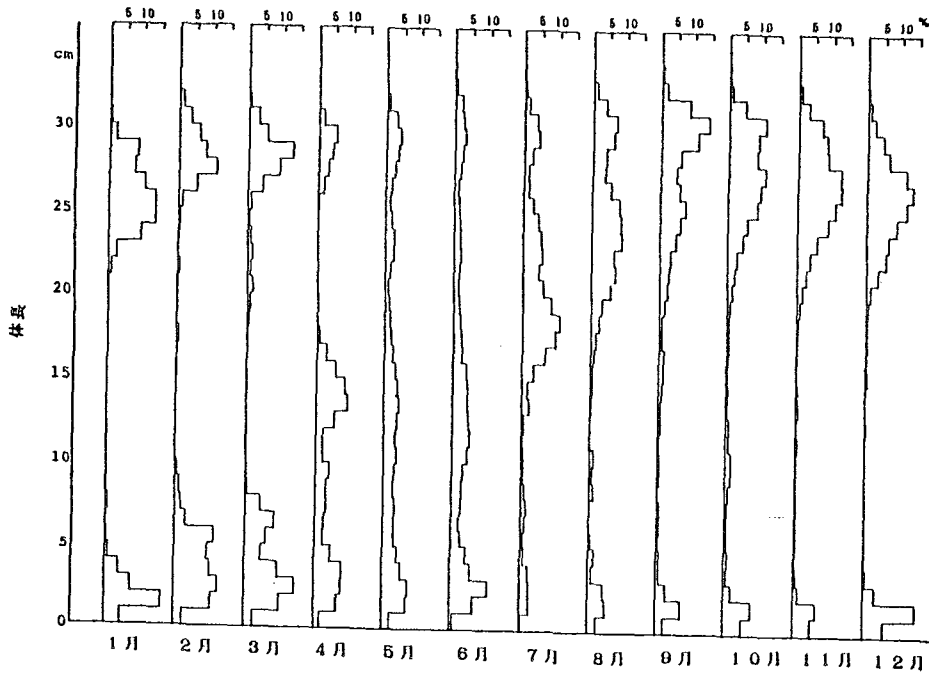


図2 サンマの総体的体長組成の推移

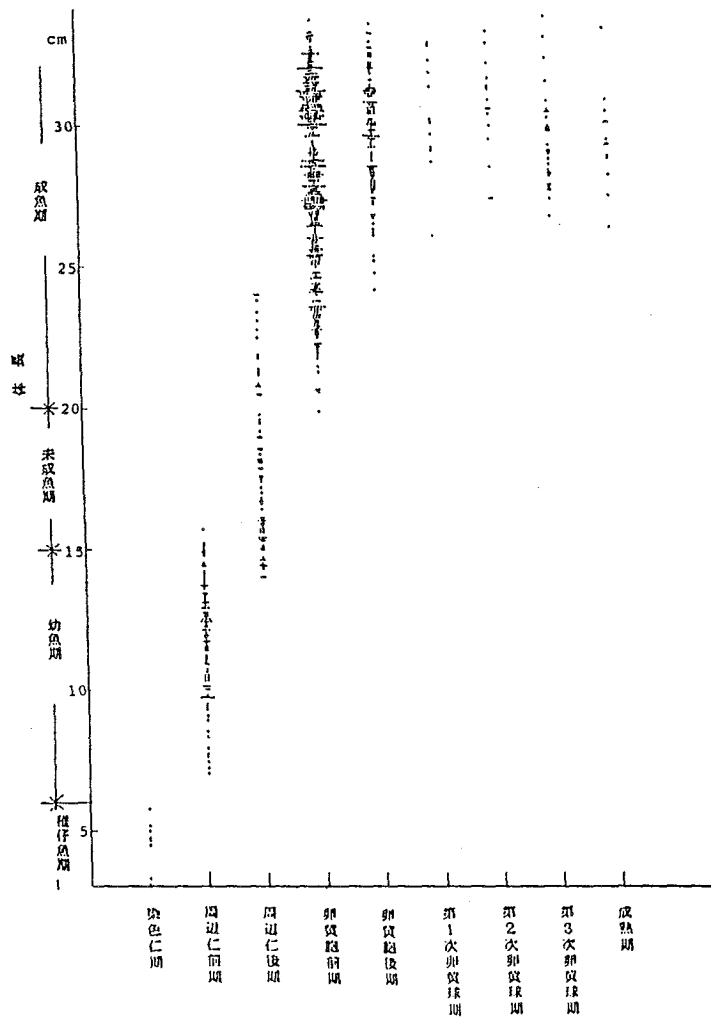


図3 サンマの卵巣の発達段階と体長との関係

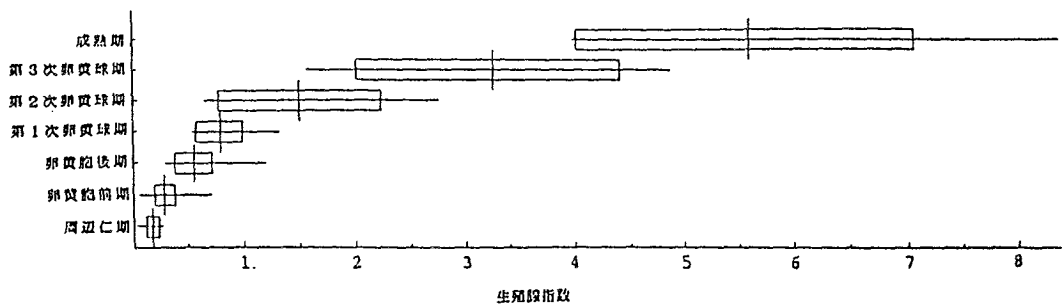


図4 サンマ卵巣の発達段階別の生殖腺指数 (GSI) 範囲、平均値および標準偏差

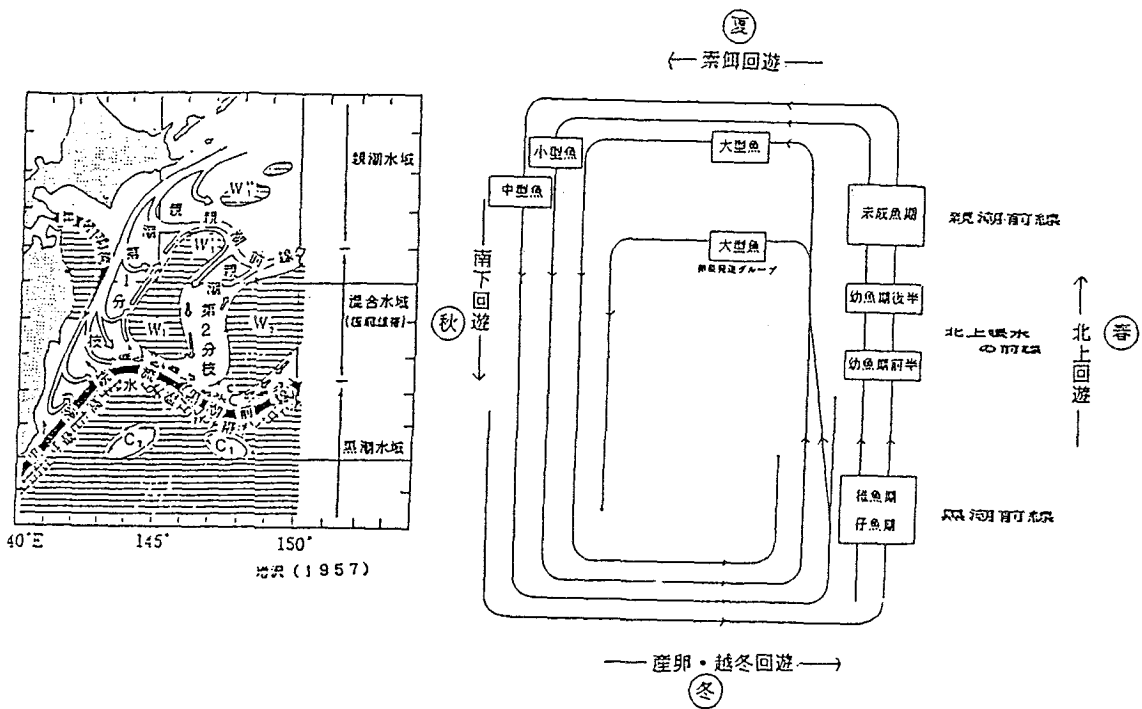


図5 サンマの分布・移動・回遊と海洋構造との関連の概念図

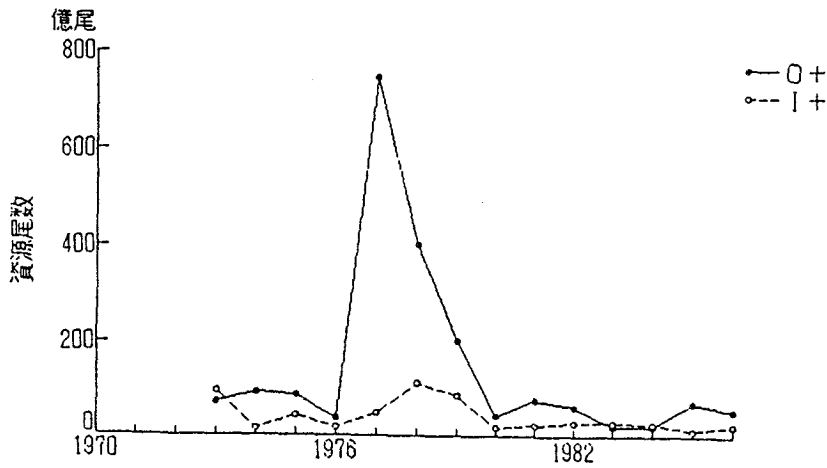


図6 年齢別資源尾数の推移



## 審査結果の要旨

この研究の目的は、これまでのサンマの生活史研究において課題として残されていた年齢・成長、成熟・産卵、分布・移動・回遊等の主要な問題点を全面的に明らかにし、新たな生活史に関する見解を確立し、また、その見解に基づき資源変動について考察することにおかれている。著者は1952～1986年の35年間に北西太平洋の広い範囲から収集した23,068標本、852,433個体の仔魚期から成魚までの各発育段階の材料を用いた。

年齢・成長について筆者は、鱗の隆起線間隔の変化を電算機を用いて客観的に表現し、それと鱗紋判読との対応を検討した結果、大型魚の年齢がI+, 中型魚と小型魚が0+であることを示した。また、体長組成の変化から、仔魚は秋季から春季、特に冬季に相対的に多く、稚魚は2, 3月頃に多く、幼魚および未成魚は春季から夏季にかけて多いことを明らかにし、稚魚期から幼魚期、未成魚期を経て成魚へ移行する時期に成長が速いことを示した。さらに筆者は体長組成の世代解析を行い、中・小型魚と大型魚の間に発生年を異にする世代の分解があることを明らかにし、中・小型魚については早い時期に季節を異にする数個の発生集団の分解があるが、時間の経過とともにそれらが融合し、翌年には大型魚の一つの集団に収斂することを示した。

次に再生産に関して、組織学的手法を用いて卵形成過程を明らかにし、それに基づき卵母細胞の発達様式が非同期発達型で多回産卵であること、第3次卵黄球期に達した卵が急速に成熟して排卵されること、卵巣の発達段階と発育段階とが対応関係にあることを明らかにした。卵巣の発達段階と生殖腺指数との関係から主産卵期が冬季と春季であることを明らかにし、その時期には中・小型魚も成熟し、大型魚とともに産卵することを示した。また産卵数がおよそ1,000～3,000個、抱卵数がおよそ45,000～80,000個であることを示した。

資源構造について、性比、脊椎骨数等から北西太平洋ではサンマはいくつかの集団を形成して生活しているとの知見を示し、2つの系統群説を否定し、1つの系統群が遺伝的組成の多様な小集団から構成されているという考え方を支持した。

年齢別資源尾数は、年齢0+がほぼ3～4年の間隔で高い水準に増加し、次の増加年まで順次減少する傾向を示し、波動的な経年変化をみせ、これに対し、年齢I+の資源尾数の変動は年齢0+の変化に1年遅れで同調する変化と考えられるが、資源水準が低い時期には明瞭でないことを明らかにした。年齢別資源量は資源尾数の変動に対応した変動を示すが、合計の資源量の変動は必ずしも波動的とはならず、年々小刻みな変動を示すことを明らかにした。

このように、筆者は、これまで混迷していたサンマの資源研究について、その基礎となる生活史を全面的に解明し、資源変動の単位としての系統群について2つの系統群説を否定する知見を示した。この生活史に基づいて資源量の推定を行い、資源の変動状況を把握し、考察を加えた。

この研究成果は今後、資源の変動予測や漁業資源管理の研究等へ発展的に貢献するところが大きく、学位を授与するに値すると考えられる。