

鹿児島湾産アカカマスの年齢, 成長および年級群組成

増田 育司,* 酒匂 貴文,^a 松下 剛,^b 白石 哲朗,^c
切通 淳一郎,^d 神村 祐司,^e 小澤 貴和

(2002年9月25日受付, 2003年3月4日受理)

鹿児島大学水産学部

Age, growth and year-class composition of brown barracuda
Sphyraena pinguis in Kagoshima Bay, southern Japan

YASUJI MASUDA,* TAKAFUMI SAKO,^a GOU MATSUSHITA,^b TETSURO SHIRAIISHI,^c
JUNICHIRO KIRIZUSHI,^d YUJI KAMIMURA^e AND TAKAKAZU OZAWA

Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Kagoshima 890-0056, Japan

The ages of brown barracuda *Sphyraena pinguis* sampled from Kagoshima Bay, southern Japan were determined from transverse sections of otoliths. The following two methods were used for age validation: (1) monthly change in marginal growth rate for 1574 sectioned otoliths sampled from the waters, and (2) monitoring of strong or weak year classes during five survey years. The former method revealed that one annulus was formed per year during spring to early summer months. The latter one also validated one annulus per year.

Assuming a birth date of June 1 from the monthly change in gonadosomatic indices, ages were assigned to every individual according to the number of opaque zones, and then fitted to the von Bertalanffy growth equations. Equations obtained were $L_t = 304.6\{1 - \exp[-0.433(t + 3.385)]\}$ for males, and $L_t = 337.5\{1 - \exp[-0.421(t + 2.972)]\}$ for females, where L_t is fork length (mm) at age t (year). These two equations were significantly different ($p < 0.01$) and the length of females calculated from the equation was larger than that of males at any age. Maximum age observed was 11 years for males and 8 years for females.

キーワード: アカカマス, 耳石横断切片, 年齢, 成長, 年級群組成, 優勢年級群, 劣勢年級群

スズキ目サバ亜目カマス科のアカカマス *Sphyraena pinguis* は本州中部以南の沿岸各地や黄海, 東~南シナ海に分布する魚種であり, 沿岸域における定置網, 地曳網および刺網漁業等の重要な漁獲対象種となっている。^{1,2)} 本種の生態については, 紀伊水道域での分布, 回遊, 産卵期について,³⁾ 山口県の瀬戸内海沿岸域における産卵期, 尾叉長組成, 食性について,⁴⁾ 相模湾での漁獲状況, 体長組成, 産卵期について,^{1,5)} 若狭湾西部海域での仔魚の鉛直分布と食性について,⁶⁾ 京都府沿岸での, 漁期, 漁場, 体長組成, 産卵期について,²⁾ 鱗によ

る年齢組成について,⁷⁾ 標識放流実験からみた移動について⁸⁾等の多くの報告があるが, 南九州海域における本種の生態学的知見はない。

そこで本研究では, 鹿児島県近海産アカカマスの資源管理を行う上でまず必要な年齢と成長に関する知見を得ることを目的とした。なお, 本種の年齢と成長に関しては, 前出の木幡¹⁾が体長組成におけるモードの移行から, 飯塚ら⁷⁾が鱗を用いた年齢査定結果から, それぞれ報告しているが, 近年の耳石を用いた年齢査定からは, 鱗による査定が年齢を過少に評価することが多くの魚類

* Tel : 81-99-286-4151. Fax : 81-99-286-4133. Email : masuda@fish.kagoshima-u.ac.jp

^a 現所属 : スターバックスコーヒージャパン株式会社 (Starbucks Coffee Japan, Ltd., Shibuya, Tokyo 150-0001, Japan)

^b 現所属 : 株式会社福岡魚市場 (Fukuoka Fish Market Co., Ltd., Fukuoka, Fukuoka 810-0072, Japan)

^c 現所属 : 九州大学大学院農学研究院 (Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, Fukuoka 812-8581, Japan)

^d 現所属 : 鹿児島県加世田農林水産事務所 (Kaseda Agriculture and Fisheries Office of Kagoshima Prefecture, Kaseda, Kagoshima 897-0000, Japan)

^e 現所属 : 城山合産株式会社 (Shiroyama-gousan Co., Ltd., Kagoshima, Kagoshima 894-1742, Japan)

で報告されている。⁹⁻¹²⁾ 本研究では, 現在最も正確に年齢が推定できるとされる耳石の横断切片を用いて本種の年齢と成長を明らかにすることを試みた。

材料および方法

材料 1994年4月~2001年3月にかけて, 鹿児島県中央卸売市場魚類市場に水揚げされた鹿児島湾産アカカマスならびに鹿児島市の谷山漁協と指宿市の指宿市岩本漁協所属の組合員から直接購入した同湾産アカカマス, 合計1631尾を標本に用いた。これらは Fig. 1 に示すように, 湾奥部では始良郡の隼人町と福山町, 垂水市牛根, 湾中部では鹿児島市谷山と同平川町, 指宿市岩本, 揖宿郡山川町と開聞町の各地先で, 大部分はカマス刺網(水深5~70 m), 一部は底曳網(水深約80~90 m)によって漁獲されたものである。

方法 購入した魚体は氷蔵して研究室に持ち帰り, 尾叉長 (FL : 下顎前端から尾鰭湾入部内縁中央まで) と体重 (BW) をそれぞれ1 mm と1 g 単位で測定した。生殖腺は摘出後, 肉眼により性の判別を行い(ただし, 未熟で肉眼による雌雄の判別が困難な場合は, 後日, 生殖腺固定標本の一部を2枚のスライドガラスに挟み込み, 生物顕微鏡で精細胞か卵細胞の有無を確認した), 10%ホルマリンで固定し, 後日その重量 (GW) を0.01 g 単位で秤量した。生殖腺体指数 Gonadosomatic index ($GSI=100 \times GW/(BW-GW)$) を算出し, その経月変化から産卵期を推定した。

左右の耳石は摘出後, 乾燥保存し, 後日右側(右側破損の場合は左側)の耳石をエポキシ樹脂に包埋後, 耳石の長軸方向に直角, かつ耳石の中心部を残すように, マイクロカッター(マルト-株式会社製 MC-201 型)で厚さ2 mm に切断し, さらに刃物研磨機(マキタ製作所製 9820 型, Grit 1000 MV のプレート使用)で厚さ0.2 mm になるまで両面を研磨した。¹³⁾ 研磨を終えた横断薄層切片は, 透明マニキュアを接着剤としてスライドガラス上に貼付し, 観察に供した。

Fig. 2 に示すように, 輪紋の最も明瞭な耳石溝 (sulcus acusticus) 背測に沿って (Fig. 2 の白線部), 輪紋(不透明帯の内縁)数を2名の観察者で数え, 計数値が一致した耳石のみを以降の解析に用いた。生物顕微鏡(倍率100倍)でマイクロメーターを用いて, Fig. 2 の白線部に沿って, 耳石の中心から第1番目の不透明帯の内縁までの直線距離 r_1 , および以降は隣り合う不透明帯の内縁間の距離 r_2, r_3, \dots, r_n を順次測定した。耳石径 Otolith radius は $OR = \sum r_i + \Delta r$ (Δr は最外輪紋から耳石縁辺までの距離)より求めた。耳石の縁辺成長率 Marginal growth rate ($MGR = \Delta r / r_n$, ただし r_n は最外輪紋とそれより一つ内側の輪紋間の距離)より輪紋形成期を求めた。

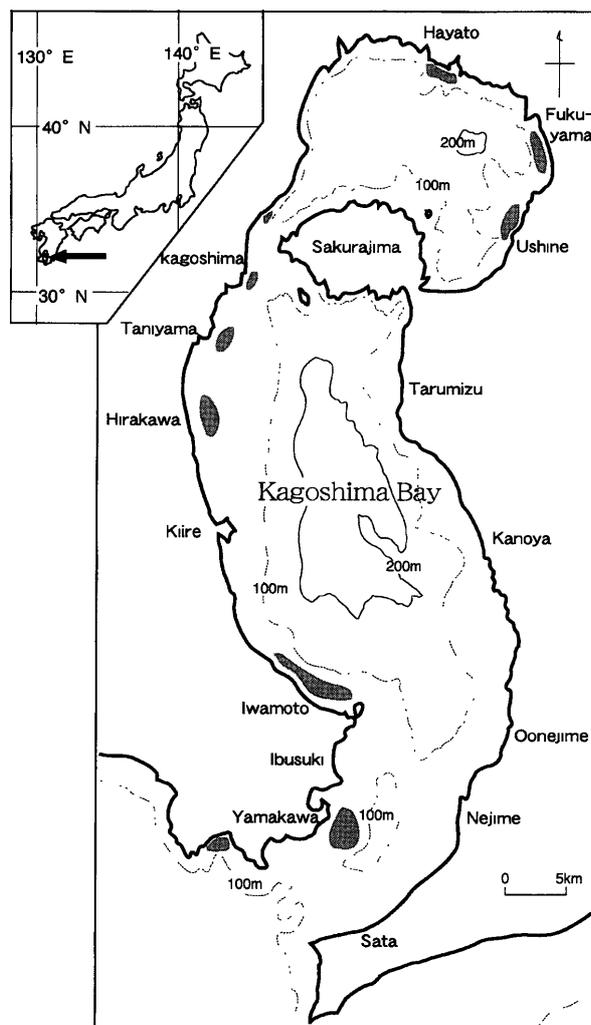


Fig. 1 Map of the sampling sites (shaded areas) of *Sphyrna pinguis* in Kagoshima Bay, southern Japan.

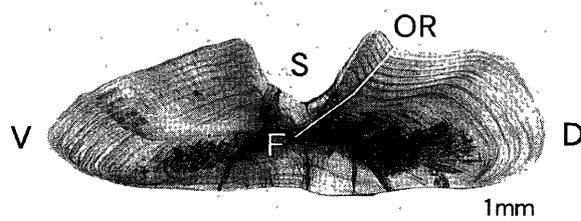


Fig. 2 Photograph of a transverse section of otolith from a male ($FL=315$ mm) with 8 annuli. F: focus, S: sulcus acusticus, V: ventral, D: dorsal. White line indicates the measurement axis of annual rings. OR: otolith radius from focus to dorsal side of sulcus acusticus.

成長式には von Bertalanffy の成長曲線を用い, コンピュータアプリケーションソフト「DeltaGraph 4.5」(日本ポラロイド(株)販売)のカーブフィット機能により,

非線型最小二乗法を用いて成長式の当てはめを行った。なお、本ソフトの反復計算アルゴリズム Levenberg-Marquardt 法は石塚¹⁴⁾の MS-DOS 用 N88BASIC プログラムでも用いられており、両者は全く同じ結果を示した。

結 果

産卵期の推定 Fig. 3 に生殖腺体指数 (GSI) の経月変化を雌雄別に示した。雌雄ともに生殖腺体指数は 5~8 月にかけて高い値を示し、この期間が鹿児島湾での本種の産卵期と推定された。産卵盛期は 6, 7 月とみなされた。

耳石輪紋の形状および読取一致率 耳石横断薄層切片を生物顕微鏡 (透過光下) で観察すると、中心部の不透明域に続いて透明帯と不透明帯が交互に、極めて明瞭に観察された (Fig. 2)。雌雄合わせて 1631 尾のアカカマスの耳石横断薄層切片を作成し、これらすべてを 2 名で観察した結果、このうち 1574 尾 (96.5%) について輪紋数が一致し、本年齢査定法の精度の高さが示唆された。

耳石輪紋の形成期の推定 雄の耳石の縁辺成長率 (MGR) の経月変化を Fig. 4 に、雌のそれを Fig. 5 に示した。これをみると、縁辺成長率は、雄の 1 輪群では 5~7 月に、2 輪群では 4~8 月に、3 輪群以上では 5

~8 月に低く、それ以降は次第に高くなる傾向が認められた。雌においても同様の傾向が認められた。このように、雌雄ともに、一年のある時期 (主として 5~7 月) にだけ縁辺成長率が低い、すなわちこの時期にのみ新輪紋が形成されることから、本輪紋は年輪であることが明らかとなった。

耳石径と尾叉長との関係 耳石径 (OR) と尾叉長 (FL) の関係を Fig. 6 に示した。ベキ関数を当てはめた結果、雄のそれは $FL = 296.2 \times OR^{0.253}$, $r^2 = 0.466$, 雌のそれは $FL = 318.8 \times OR^{0.306}$, $r^2 = 0.399$ で表された。このように両者の r^2 値は必ずしも高くなく、本研究では通常用いられるバックカルキュレーション法は用いずに以下に述べる個体毎の年齢割り振り法を用いた。

年齢割り振り法 前述のように、生殖腺体指数 (GSI) の経月変化から鹿児島湾での本種の産卵盛期は 6, 7 月とみなされた。また、縁辺成長率 (MGR) の経月変化から輪紋形成期は主に 5~7 月と推定され、両期はほぼ一致した。そこで誕生日を 6 月 1 日と仮定し、各個体の採集月および輪紋 (不透明帯の内縁) の数と形成状況 (形成前か形成後か、すなわち最外輪紋から耳石縁辺までの距離 Δr が大きい小さいか) に応じて、個体毎に年齢割り振りを行った。例えば、5 月に採集された個体

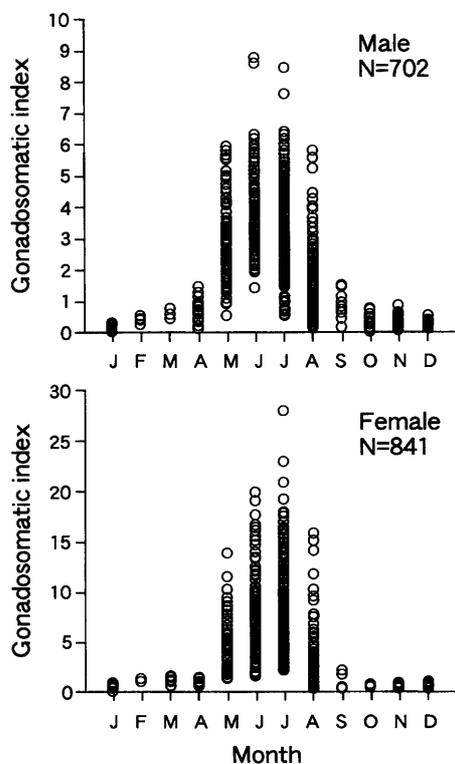


Fig. 3 Monthly changes in gonadosomatic index by sex.

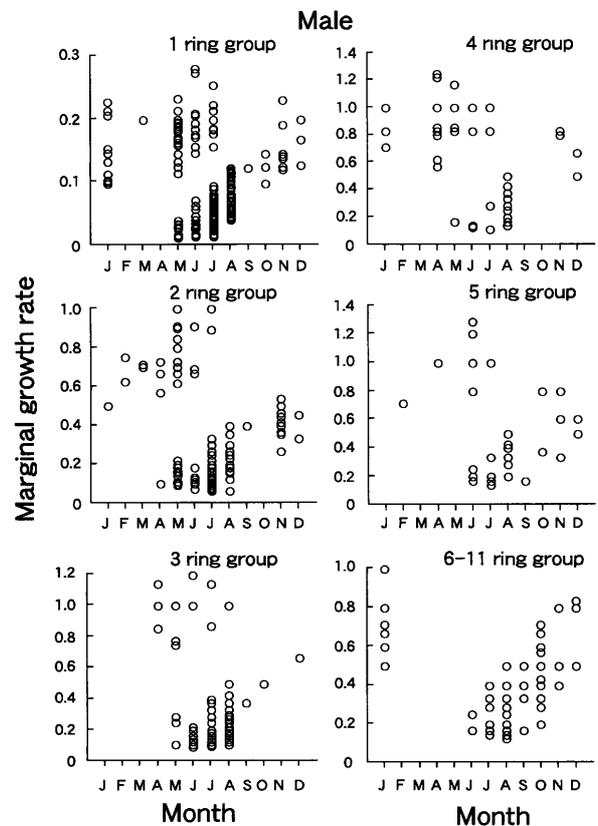


Fig. 4 Monthly changes in marginal growth rate for sectioned otoliths of male.

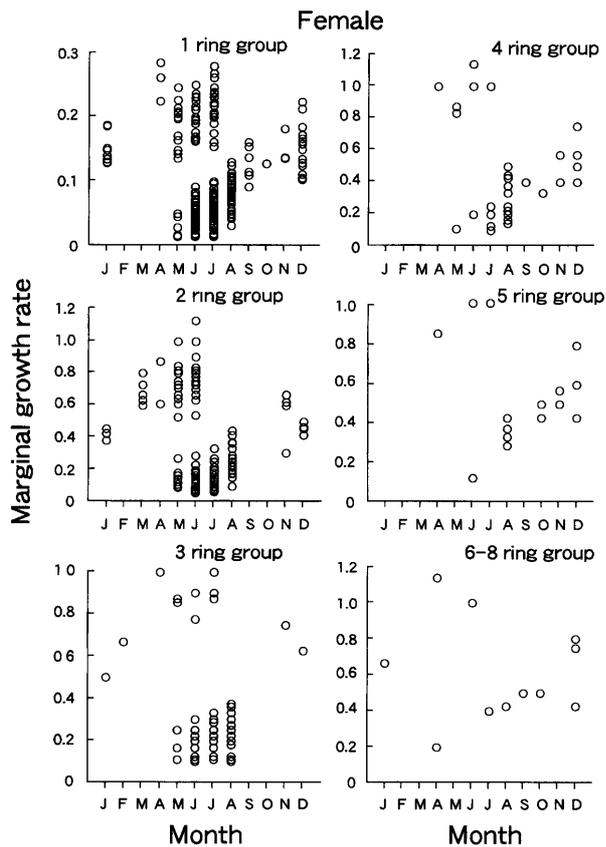


Fig. 5 Monthly changes in marginal growth rate for sectioned otoliths of female.

で第1輪が形成前（まもなく形成される，すなわち Δr が大きい）か形成後（既に形成された，すなわち Δr が小さい）のものはいずれも $11/12=0.92$ 歳，6月に採集された個体で第1輪が形成前か形成後のものはいずれも $12/12=1$ 歳，7月に採集された個体で第1輪が形成前か形成後のものはいずれも $1+(1/12)=1.08$ 歳とした。2輪群以降も同様の手順で年齢割り振りを行った。

成長曲線 以上のようにして割り振った各個体の年齢と尾叉長，および年齢と体重のデータをもとに成長曲線の当てはめを行った。Fig. 7は雄739尾，雌835尾のデータから推定された尾叉長の成長曲線を示す。

雄： $L_t=304.6\{1-\exp[-0.433(t+3.385)]\}$ ，

雌： $L_t=337.5\{1-\exp[-0.421(t+2.972)]\}$ 。

いずれの年齢においても雌の方が雄より大きい体サイズを示した。 F -検定法により残差平方和を比較した結果，両曲線は有意水準1%で有意であった（ $F=367.680$ ， $P<0.01$ ）。このように尾叉長から見た場合，雌雄ともに1歳以降の成長は遅く，特に4歳以降はほとんど成長が見られなかった。出現した雄の最高年齢は11歳，雌のそれは8歳であった。

次に，体重の成長式を求めたところ（Fig. 8），

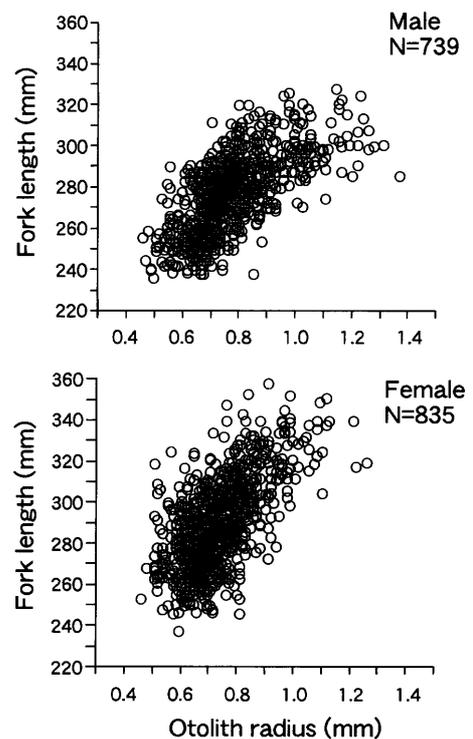


Fig. 6 Relationship between fork length and otolith radius for male and female *S. pinguis*. N: number of fish examined.

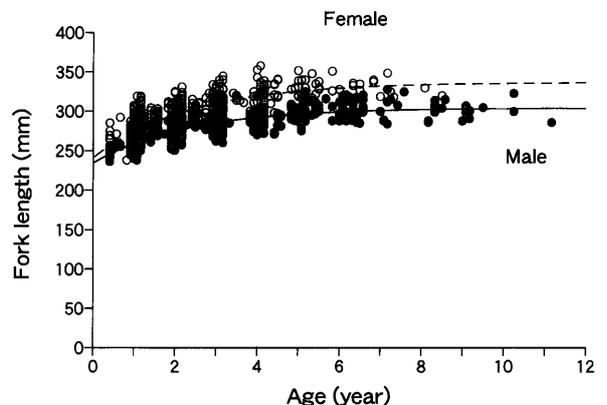


Fig. 7 Von Bertalanffy growth curves fitted to length-at-age data of male (solid circles) and female (open circles) *S. pinguis*.

雄： $W_t=178.6\{1-\exp[-0.498(t+3.046)]\}^3$ ，

雌： $W_t=232.2\{1-\exp[-0.558(t+2.326)]\}^3$

で表され，尾叉長の場合と同様に，いずれの年齢においても雌の方が雄より大きい体サイズを示した。残差平方和を比較した結果，両曲線は有意水準1%で有意であった（ $F=311.440$ ， $P<0.01$ ）。体重から見た場合も4歳以降の成長はほとんど見られなかった。

尾叉長組成の経月変化 Fig. 9と10は本研究で年齢

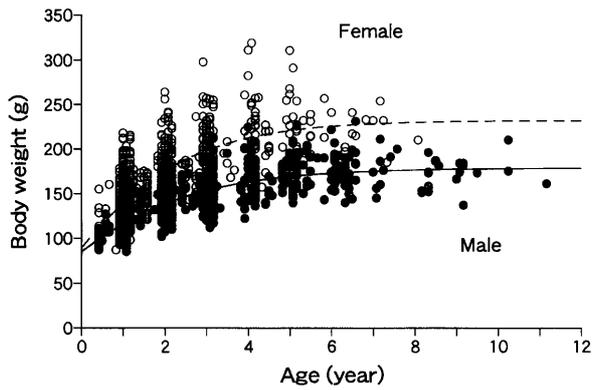


Fig. 8 Von Bertalanffy growth curves fitted to weight-at-age data of male (solid circles) and female (open circles) *S. pinguis*.

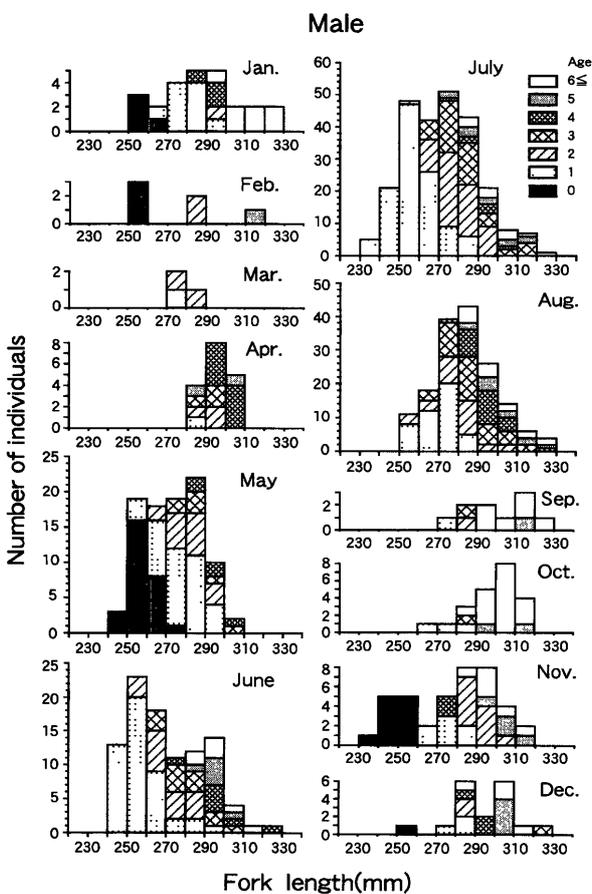


Fig. 9 Length-frequency distribution of male *S. pinguis* in Kagoshima Bay by month and by age. Ages were assigned based on a June 1 birth date (see the text).

査定が可能であった 1574 個体の尾叉長組成を雌雄別、月別、年齢別に示したものである。標本の多くは水揚げされた漁獲物の中からランダム（無作為）に採集されたものであり、年齢は前述のように、6月1日を誕生日として割り振り、調査した7年間のデータを月毎にプー

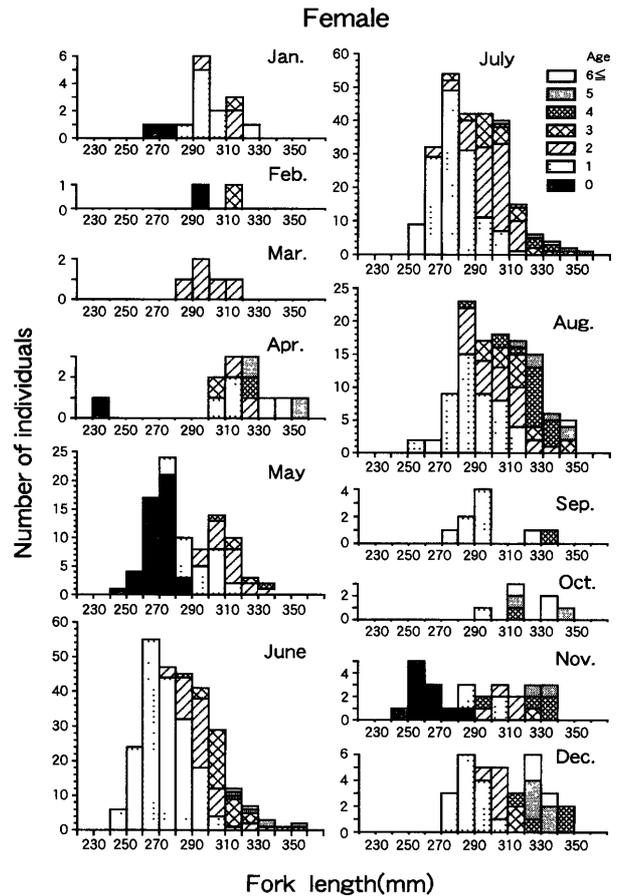


Fig. 10 Length-frequency distribution of female *S. pinguis* in Kagoshima Bay by month and by age.

ルしたものである。これをみると、雄 (Fig. 9) では 0~11 齢、雌 (Fig. 10) では 0~8 齢まで出現したにもかかわらず、尾叉長組成としては単峰型ないし 2 峰型が見られるにすぎなかった。顕著な 2 峰型が見られた雄の 11 月や雌の 5 月では、小型群はいずれも当歳魚 (0 歳魚) が主であったが、大型群はいずれも複数の年齢群から構成されていた。若齢群について見ると、5~8 月の産卵期に産み出されたアカカマスは、その年の 11 月に雌雄ともに当歳魚 (0 歳魚) として漁獲され始め (尾叉長範囲は雄で 230~260 mm, 雌で 240~290 mm)、翌年の産卵初期である 5 月にまとめて漁獲された。これら 0 歳魚は、加齢により翌月の 6 月に一歳魚となり、産卵後期の 8 月まで漁獲物の主要な構成員を成し、7 月から 8 月の間の成長が著しかった。2 歳魚以降については、成長曲線の項で述べたように、成長が穏やかであり、各年齢群の尾叉長範囲の重複が著しかった。

年級群組成 本研究で解析に用いた 1574 尾のうち 1184 尾については、産卵期 (5~8 月) に水揚げされた選別前の魚の中から一部をランダム (無作為) 抽出し、

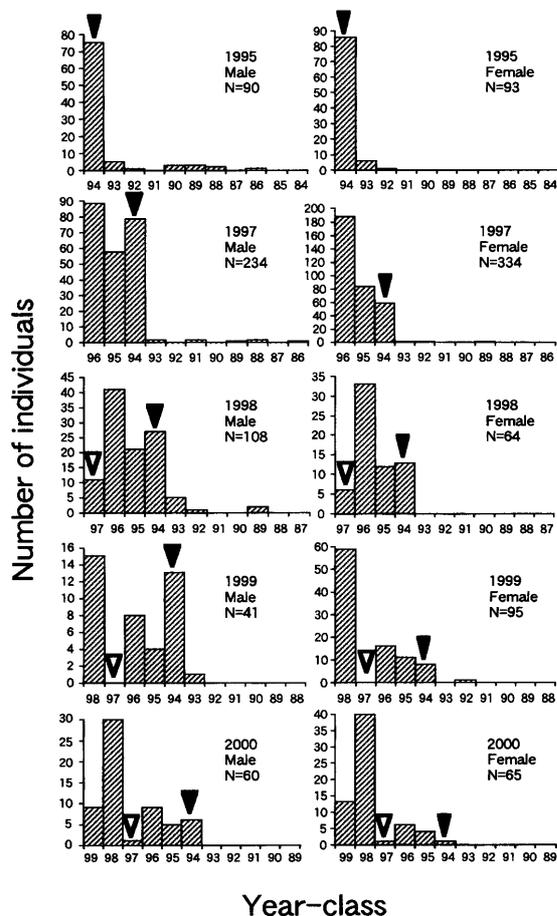


Fig. 11 Year-class composition of *S. pinguis* in Kagoshima Bay. Specimens collected randomly during spawning season (May to August) of 1995 and 1997 to 2000 were used for the analysis. Solid and open triangles indicate the 1994 and 1997 year-classes, respectively.

購入したものである。これらの無作為標本を用いて鹿児島湾産アカカマスの年級群組成を検討した (Fig. 11)。図中の黒塗りの逆三角形は1994年級群を示すが、これをみると、1994年級群は、雄では調査しなかった1996年を除いて1995年から2000年のいずれの年においても、雌では1995と1998の両年でその優勢さが窺われた。一方、1997年級群 (図中の白抜き逆三角形) は雌雄ともに1998~2000年の引き続く3年において劣勢であった。このように鹿児島湾産アカカマスにおいては優勢および劣勢年級群の存在が明らかになった。

考 察

年齢査定法の正当性の立証 Beamish and McFarlane⁹⁾は年齢査定法の正当性を立証 (Validation) する方法として、(I)全年齢群に適用できる (i)標識放流法による年輪形成の確認、(ii)年齢の知られている魚の捕獲、(II)成長の初期段階に適用できる (iii)体長組成における

モード解析、(iv)優勢年級群の追跡、(v)年齢形質縁辺部の調査 (いわゆる縁辺成長率や縁辺部における透明帯、不透明帯の出現割合)、(vi)同一年齢群におけるバックカルキュレーションされた体長と観察された体長の比較、(vii)他の年齢査定法との比較、等を挙げている。本研究では、年齢形質縁辺部の調査、すなわち耳石の縁辺成長率の解析を行ったが、その結果、雌雄ともに1~5の各輪紋群、および分析尾数は少ないが6輪群以上で、縁辺成長率が一年間のある時期に低い値を示し、本輪紋が年輪であることが立証された。さらに本研究では、ランダムに採集した標本をもとに5年間の年級群組成を検討した結果、優勢年級群と劣勢年級群の存在が経年的に追跡され、この点からも本年齢査定法の正当性が検証され得た。

年齢と成長 本種の年齢と成長に関しては、木幡¹⁾が相模湾産アカカマスにおいて体長組成のモードの移行から、0~2歳までの成長を追っている。一方、飯塚ら⁷⁾は京都府沿岸に來遊するアカカマスの鱗を用いた年齢査定結果から0~3輪紋群の存在を報告している。前述のように、本研究では雄で最高11輪を、雌で8輪を持つ個体が観察され、これら既報の論文と大きく異なった。飯塚ら⁷⁾は「耳石はその中心部が著しく白濁しているため焦点が定まらず、年齢形質としては不適切」と述べている。アカカマスを始めとする多くの魚の耳石は確かにその中心部は白濁して焦点が定まらないが、横断薄層切片にすると中心部の読み取りが可能であるし、何よりも輪紋が鱗以上に明瞭である。Fig. 12は鹿児島湾産アカカマスにおける同一個体の耳石と鱗の輪紋構造を数例示したものである。これを見ると、鹿児島湾産アカカマスにおいても京都府沿岸産のものと同様に鱗上では輪紋は多くて3~4輪しかみられなかったが、耳石上ではより多くの輪紋が明瞭に観察された。近年の耳石を用いた年齢査定からも、鱗による査定が年齢を過少に評価することが、淡水魚の white sucker *Catostomus commersoni*⁹⁾や walleyes *Stizostedion vitreum*,¹⁰⁾ 海水魚のギンダラ *Anoplopoma fimbria*¹¹⁾ やスケトウダラ *Theragra chalcogramma*¹²⁾ 等多くの魚類で報告されている。Beamish and McFarlane¹⁵⁾はこの理由として、鱗はその縁辺域で活発に成長するが、魚体の成長が止まると鱗の成長も停止するのに対して、耳石はその体内側 (耳石溝側) に向かって成長し続け、結果として、耳石切片を用いた方が正確な年齢の読み取りが可能であると報告している。本研究結果 (Fig. 7と8) から明らかのように、アカカマスは4歳頃まで成長し続けるが、それ以降はあまり成長しなくなる。飯塚ら⁷⁾および本研究 (Fig. 12) で、アカカマスの鱗上で輪紋は多くて3~4輪しかみられなかった理由は、この4歳以降の魚体の成長の鈍化によるものと推察される。

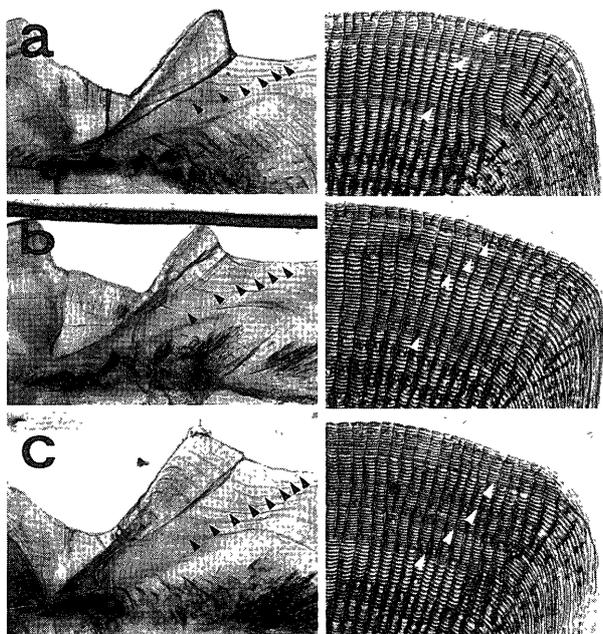


Fig. 12 Ring marks on otoliths (solid triangles) and scales (open triangles) of the three representative specimens of *S. pinguis* sampled in Kagoshima Bay. a: male, FL=299 mm, b: male, FL=304 mm, c: male, FL=314 mm.

先に Fig. 6 で耳石径と尾叉長の関係を示したが、ここでは同じ尾叉長でありながら耳石径が倍以上も異なる場合が見られた。Fig. 7 と 8 の成長曲線で示されるように、本種は 1 歳時までは極めて急激に成長するがそれ以降はあまり成長せず、結果として同じ尾叉長の個体は非常に幅広い年齢層を含むことになる。一方、前述のように、耳石は加齢に伴ってその体内側（耳石溝側）に向かって成長し続けるので耳石径は増加する。このように、尾叉長の成長が耳石径の成長に劣る、いわゆる劣成長¹⁶⁾が同じ尾叉長でありながら幅の広い耳石径の出現を生み出す原因と考えられる。

アカカマスの産卵期については生殖腺体指数の経月変化から、相模湾、¹⁾ 紀伊水道域、³⁾ 瀬戸内海の周防灘⁴⁾の各海域でいずれも 6, 7 月、京都府沿岸域で 6~8 月（盛期は 7 月）^{2,7)}と報告されており、本研究での 5~8 月（盛期は 6, 7 月）と合致する。一方、若齢期の成長については、体長組成の経月変化から、周防灘ではその年の 4~7 月に産卵されたものが 8~9 月にはすでに尾叉長で 50~150 mm に、10~12 月には 170~250 mm に成長すると推察されている。⁴⁾ 相模湾においても、6~7 月に産み出されたアカカマスは 9 月上旬には体長で 18~19 cm（尾叉長に換算すると 20~21 cm）、10 月上旬以降に 21~22 cm（尾叉長で 23~24 cm）に達すると報告されている。¹⁾ これらの既報の研究結果を総合すると、アカカマスの幼期の成長は極めて早く、発生後約半年で尾

叉長 25 cm 程度に成長すると考えられる。本研究では、尾叉長 23 cm 以下の小型個体は入手できず、幼期の成長は明らかに出来なかったが、Fig. 9 と 10 に示すように、11 月には尾叉長で 24~26 cm にモードを持つ当歳魚が漁獲されており、当海域でも発生後約半年で、尾叉長 25 cm 程度に達すると推察される。この当歳魚は翌年の 7 月には、雄で 25~26 cm (Fig. 9)、雌で 27~28 cm (Fig. 10) にモードを持つ。京都府沿岸域では、7 月に鱗上に第 1 輪を持つ魚の尾叉長モードは 25 cm と報告されていることから、⁷⁾ 鹿児島湾海域のアカカマスの方が若干成長が良いものと判断される。尾叉長 30 cm 以上のアカカマスについては、京都府沿岸域では 7 月に 2 ないし 3 輪紋を持つと報告されているが、⁷⁾ 本研究では同時期に雄で 9 輪紋、雌で 8 輪紋まで観察されている。前述のように鱗を用いた年齢査定法は年齢を過少に評価している可能性が高く、海域間の成長のより正確な比較のためには、耳石横断切片を用いた他海域での年齢査定調査が必要であろう。

本種の年齢組成については、Fig. 11 の年級群組成から読みとれるように、雌雄ともに 7 歳以上の高齢魚が見られるが、その出現数はわずかであり、漁獲物の主体は雌雄ともに 1 から 5, 6 歳までである。より高齢な個体の少数の出現はおそらく優勢年級群が生き残ったものと考えられ、この点を検証するためには優勢年級群（1994 年級群）の継続調査が必要であろう。さらに今後は、優勢ないし劣勢年級群の出現が漁獲量の多少にどの程度係わっているのかを検討するとともに、本種の成熟、産卵、生残等を始めとする各種の生態学的特性を明らかにし、本種の資源管理方策を示す必要があろう。

謝 辞

材料を集めるに当たりお世話になった、鹿児島市中央卸売市場の職員の方々、鹿児島市谷山漁協、指宿市岩本漁協を始めとする多くの漁協の組合員、職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 木幡 孜. 相模湾産重要魚種の生態-III ヤマトカマス *Sphyaena japonica* Cuvier アカカマス *Sphyaena pinguis* Günther について. 昭和 47 年度事業報告, 神奈川県水試相模湾支所, 小田原, 1973; 31-41.
- 2) 飯塚 覚, 井上 壽, 植田恵司. 京都府沿岸のアカカマス漁業とその生態に関する一考察. 京都府海洋セ研報 1984; 8: 9-13.
- 3) 多々良薫. 紀伊水道域のカマス科 *Sphyaena* 魚類について (I) (I)アカカマス *Sphyaena pinguis* Gunther について (II)ヤマトカマス *Sphyaena japonica* Cuvier & Valenciennes について. 内海区水研研報 1953; 4: 125-129.
- 4) 前川兼佑. 瀬戸内海, 特に山口県沿海における漁業の調整管理と資源培養に関する研究. 山口県内海水試調査研究業績 1961; 11: 132-135.

- 5) 木幡 孜. 相模湾産かます類の漁況と近年における高令魚の出現について. 南西外海の資源・海洋研究 1986; **2**: 53-62.
- 6) 桑原昭彦, 鈴木重喜. 若狭湾西部海域におけるマアジ, アカカマス仔魚の鉛直分布と食性. 京都府海洋セ研報 1982; **6**: 13-17.
- 7) 飯塚 覚, 井上 寿, 西岡 純, 河岸 賢. 京都府沿岸に来遊するアカカマスの鱗の輪紋形成要因と年令について. 京都府海洋セ研報 1985; **9**: 45-50.
- 8) 飯塚 覚, 河岸 賢, 西岡 純, 宗清正廣. 標識放流実験からみた若狭湾西部海域のアカカマスの移動. 京都府海洋セ研報 1988; **11**: 43-49.
- 9) Beamish RJ, McFarlane GA. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1983; **112**: 735-743.
- 10) Erickson CM. Age determination of Manitoban walleyes using otoliths, dorsal spines, and scales. *North Am. J. Fish. Manage.* 1983; **3**: 176-181.
- 11) Beamish RJ, Chilton DE. Preliminary evaluation of a method to determine the age of sablefish (*Anoplopoma fimbria*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982; **39**: 277-287.
- 12) Beamish RJ, McFarlane GA. A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye pollock: the world's largest fishery. In: Secor DH, Dean JM, Campana SE (eds) *Recent Developments in Fish Otolith Research*. Univ. South Carolina Press, Columbia. 1995; 545-565.
- 13) Masuda Y, Ozawa T, Onoue S, Hamada T. Age and growth of the flathead, *Platycephalus indicus*, from the coastal waters of west Kyushu, Japan. *Fish. Res.* 2000; **46**: 113-121.
- 14) 石塚吉生. 非線型最小二乗法による von Bertalanffy 成長式の当てはめ. 「パソコンによる資源解析プログラム集」(東海区水研数理統計部編) 東海区水産研究所, 東京. 1988; 1-15.
- 15) Beamish RJ, McFarlane GA. Current trends in age determination methodology. In: Summerfelt RC, Hall GE (eds) *Age and Growth of Fish*. Iowa State Univ. Press, Ames. 1987; 15-42.
- 16) 山岸 宏. 「成長の生物学」講談社, 東京. 1977; 150-153.

日本水産学会誌掲載報文要旨

鹿児島湾産アカカマスの年齢、成長および年級群組成

増田育司, 酒匂貴文, 松下 剛, 白石哲朗,
切通淳一郎, 神村祐司, 小澤貴和 (鹿大水)

鹿児島湾産アカカマス 1631 尾の耳石横断薄層切片をもとに、本種の年齢と成長を検討した結果、縁辺成長率の経月変化および優勢ないし劣勢年級群の経年出現状況から、用いた耳石輪紋（不透明帯内縁）は年輪であることが立証された。6月1日を誕生日と仮定して、輪紋数に応じて個体毎に年齢を割り振り、Bertalanffy の成長式を当てはめた結果、雄は $L_t = 304.6\{1 - \exp[-0.433(t + 3.385)]\}$ 、雌は $L_t = 337.5\{1 - \exp[-0.421(t + 2.972)]\}$ で表された。両式は有意に異なり、いずれの年齢においても雌は雄より大きい体サイズを示した。最高年齢は雄で 11 歳、雌で 8 歳であった。

日水誌, 69(5), 709-716 (2003)

同一環境下で継代飼育されたアユ *Plecoglossus altivelis* 3 品種間における温度適応力の差異

岡部正也 (高知内水漁セ), 関 伸吾 (高知大農),
西山 勝 (高知宿毛漁指), 桑原秀俊 (高知水試),
佐伯 昭 (高知内水漁セ), 山岡耕作 (高知大農)

由来の異なるアユ 3 品種 205~220 日齢魚を用い、異なる馴致温度に対する耐性温度を指標として温度適応力を比較した。耐性温度には品種間で明らかな差異が認められ、15~23°C に馴致した場合の臨界最高・最低温度の平均値は、海系 29.7~32.2°C, 2.5~6.0°C, 琵琶湖系 28.7~31.7°C, 2.3~5.3°C, 瀬戸川産人工陸封型 29.7~33.0°C, 1.7~5.0°C および初期致死温度から算出した温度耐忍領域は海系 481°C², 琵琶湖系 415°C², 瀬戸川産人工陸封型 517°C² となった。これら 3 品種は、孵化後同一環境下で飼育してきたことから、アユの温度適応力には品種差が存在することが示唆された。

日水誌, 69(5), 717-725 (2003)

日本産アイナメ科魚類 7 種の mtDNA の PCR-RFLP 分析による種判別

柳本 卓 (北水研)

日本周辺に分布するアイナメ科 7 種 (アイナメ, クジメ, スジアイナメ, ウサギアイナメ, エゾアイナメ, ホッケ, 及びキタノホッケ) の PCR-RFLP 分析による種判別法を検討した。成魚筋肉から DNA を抽出し、PCR 法にてミトコンドリア DNA の 12S rRNA-16Sr RNA コード領域を増幅して塩基配列分析を行った。7 種を判別できる制限酵素を検索し、PCR 産物を制限酵素消化し電気泳動を行った。*DdeI*, *DpnII*, *MspI* の 3 種類の酵素の切断型から得られたハプロタイプの違いから、7 魚種を遺伝子レベルで判別できることが示唆された。

日水誌, 69(5), 726-732 (2003)

実験水槽におけるブルーギルによるモツゴの捕食

片野 修, 中村智幸, 山本祥一郎 (中央水研)

水槽内でブルーギルに捕食されるモツゴの個体数および最大体長を調べた。初期標準体長が 2.5~7.9 cm の生きたモツゴ 15 個体と、標準体長 5.7~14.3 cm のブルーギル 1 個体を水槽に収容し、ブルーギルによるモツゴの捕食を 10 日間調べた。体長 5.7 cm の 1 個体を除くすべてのブルーギルがモツゴを捕食した。ブルーギルに捕食されたモツゴの最大体長および総重量はブルーギルの体長と相関し、1 個体のブルーギルは最大で 1 日あたり 5.8 g (ブルーギルの体重の 5.6%) のモツゴを捕食した。

日水誌, 69(5), 733-737 (2003)

第一卵割阻止処理によるサクラマスの四倍体誘起に伴う発生異常

阪尾寿々, 藤本貴史, 田中 稔 (北大院水),

山羽悦郎 (北大フィールド科セ), 荒井克俊 (北大院水)

染色体操作において第一卵割阻止処理胚の生残率は極端に低いことが知られている。本研究では四倍体誘起個体が死亡する原因を細胞学的に解明することを目的とした。通常受精後 10°C の水温条件下で培養し、第一卵割を阻止する目的で受精後 5 時間から 7 時間に、700 kg/cm², 7 分間の圧力処理を施した。処理胚では、初期卵割期に分裂異常、胞胚期に無核細胞、発眼期に異数体およびモザイク個体の出現が認められた。これらの異常胚出現が四倍体誘起胚の生残率を低下させる原因であると考えられた。

日水誌, 69(5), 728-748 (2003)

琵琶湖アユ沖すくい網漁業の漁船規模に階層性を考慮した場合の漁業管理に関する理論的研究

劉 穎, 桜本和美, 北原 武, 鈴木直樹 (東水大)

琵琶湖のアユ沖すくい網漁業を例とし、漁船規模に関し、馬力数の低い方から順に階層 1, 階層 2 および階層 3 の 3 階層が存在する場合の漁業管理問題を理論的に検討し、純利益を非協力動的ゲーム問題の解として求めた。シミュレーションにより上記解の挙動を調べた結果、①初期資源尾数が低いときは階層 1 の純利益が多く、初期資源尾数の増加に伴いより高い階層の純利益が増加する、②推定された 10 年間の初期資源尾数に対する総純利益は階層 2 が最も多い、③階層 3 の漁業者数が増加するにしたがい、全体の純利益は減少する、等がわかった。

日水誌, 69(5), 749-756 (2003)

人工種苗生産ブリ仔稚魚におけるタウリン含量の変化および天然稚魚との比較

松成宏之, 竹内俊郎 (東水大), 村田裕子 (中央水研),

高橋 誠, 石橋矩久 (日裁協),

中田 久, 荒川敏久 (長崎水試)

異なる餌料系列を用いた種苗生産過程におけるブリ仔稚魚お