九州北東部沿岸におけるアオギスの年齢と成長

伊元 九 弥, 吉岡 直 樹, 北 島 力, 松井 誠 一

(1996年10月16日受付)

The Age and Growth of Blue Whiting, *Sillago parvisquamis*
Distributed in the Coastal Waters of North Eastern Kyushu^{*1}Hisaya Imoto,^{*2} Naoki Yoshioka,^{*3}
Chikara Kitajima,^{*4} and Seiichi Matsui^{*2}

The age and growth of the blue whiting, *Sillago parvisquamis*, were examined, based upon the ring marks on scales of 248 individuals caught in the coastal waters of Buzen sea (north eastern Kyushu, Fukuoka and Oita Prefecture) from 1992 to 1996. The relationship between the radius of scale (R) and the total length of the fish ($T.L.$) was shown by the formulae: ♀, $T.L. = 76.576R + 24.008$, ♂, $T.L. = 70.192R + 32.691$. Examination of marginal increment of scale showed that the ring mark formed twice in a year, in June and October. The ring mark in June was considered to be a real ring as the spawning season of this fish extends from May to July. The average growth curve was shown by the formulae:

$$\text{♀} : Lt = 332.532[1 - \exp\{-0.642(t + 0.256)\}]$$

$$\text{♂} : Lt = 288.609[1 - \exp\{-0.577(t + 0.479)\}]$$

Lt , total length at age; t , age.

キーワード: アオギス, 鱗, 年齢査定, 成長

アオギス *Sillago parvisquamis* は河川の流入する干潟や河口域などを中心とした浅海域に生息するキス科キス属の魚であり, かつては東京湾, 伊勢湾, 和歌の浦, 吉野川河口など, 東京湾から鹿児島県吹上浜にいたるわが国の広い範囲に分布していた。¹⁾ しかし, 干潟の埋め立てや河口域への生活排水の流入などによりその生息域が激減し, 現在では福岡県北部から大分県北部にかけての豊前海沿岸部, 別府湾北部の守江湾だけに分布しているにすぎない。²⁾

本種についての形態学上の報告³⁻⁴⁾は比較的多くなされているものの, その生態についてはほとんど研究されておらず, 資源の現状把握や管理をする上においても, その生活史や繁殖生態などの生物学的特性を解明することが急務とされている。

今回は, 鱗を用いた年齢査定を行い, その形質としての有効性について検討するとともに, 本種の年齢と成長について検討した。

材料および方法

福岡県北九州市曾根海岸から大分県豊後高田市桂川河口にかけての豊前海沿岸部で1992年9月から1996年2月に釣り, 刺網, 小型定置網により248個体を採集した。供試魚の大部分は鱗を採取した後10%中性ホルマリン溶液で固定し全長, 体長, 体重, 生殖腺重量を測定した。鱗は胸鰭基部より各尾約20枚採取し, 5%苛性ソーダに約24時間浸漬したのち水洗し, 再生鱗を除いてグリセリンとともに2枚のスライドグラスへ挟み込み, 光学顕微鏡および実体顕微鏡を用いて透過光によって雌雄別に観察した。雌雄の判別は生殖腺の観察により行った。

またホルマリン標本の他に, 釣りて採集した当歳魚47尾を1994年9月から飼育し, 飼育開始直後と, 約9カ月後の1995年6月, 約13カ月後の10月そして約17カ月後の1996年2月に鱗を採取し, 同一個体の標

^{*1} 九州大学農学部附属水産実験所業績 No. 222.

^{*2} 九州大学農学部附属水産実験所 (Fishery Research Laboratory, Kyushu University, Tsuyazaki Munakata, Fukuoka 811-33, Japan).

^{*3} 福岡県水産林務部 (Fisheries Branch, Prefectural Government of Fukuoka, 7-7 Higashikouen, Hakata, Fukuoka 812, Japan).

^{*4} 広島県広島市西区山田新町 2-7-13.

示形成を追跡した。鱗の採取にあたっては、以前に採取した箇所と重複しないよう注意して行った。飼育には1 kℓポリカーボネイト水槽を用い、流量は4 l/min前後に、通気量250~500 ml/minに調整した。給餌は1日2回(9:00, 14:00)行い、餌料にはオキアミとアオゴカイを適宜与えた。

アオギスの鱗はFig. 1に示すように櫛鱗であり、鱗の隆起線形成の中心部から被鱗部周辺へ向かう4本から10本の放射状溝条と、鱗周辺と平行に同心円状に走る隆起線が明瞭に形成されている。アオギスの隆起線は鱗の露出部の直前で消失し、全円を形成せず側辺部において数本が融合・断続・消滅などの配列の異常をおこすことによる“断ち切り”現象を呈するが、ホンニベ,⁵⁾ シログチ,⁶⁾ コイチ,⁷⁾ アカムツ,⁸⁾ シロギス,⁹⁾ マダイ¹⁰⁾などの鱗において年齢形質として認められるような明瞭な“断ち切り”ではない。隆起線はなめらかな連続線状の輪紋帯と波状の不連続な輪紋帯(各々S帯, W帯と以下称す)の2種類が交互に幅広く形成されていた。これらの全ての境界部を成長標示の基準として、各々に同等の重みを置いて1標示として測定した。

鱗径と標示径の測定については、Fig. 1に示したように隆起線の形成の中心部(focus)から被覆部と露出部の境界線に引いた直線に対し、被覆部の縁辺に向かってたてた垂線を測定軸とし、中心部(F)から鱗縁までの距離を鱗径(R), それぞれの標示までの距離を標示径(r_n , $n=1, 2, 3, \dots$)とした。各尾20枚前後の鱗径と標示径の実測値の平均を測定値として用いた。

結 果

鱗に5標示をもつ全長252 mm, 体長218 mmの個体(1995年6月13日採集:雄)の種々の部位から鱗を採取し、それらの鱗径と標示径との関係をFig. 2に示した。いずれの部位の測定値も5本の回帰直線上に分布し、標示の相似性が認められ、部位による差はなかった。

Fig. 2. Relationship between scale radius and annulus radii in the scale taken from various body parts of the sample specimen with 252 mm total length (Male).

Fig. 1. Photographs showing the scale of *S. parvisquamis*.

A: A 2-ridges scale of *S. parvisquamis*.

B: Smooth circuli areas and wavy circuli area on the scale.

F: focus; R: scale radius; r1, r2: annulus radii; S: smooth circuli areas; W: wavy circuli area.

また、雌 153 個体、雄 95 個体について鱗径 R (mm) と全長 $T.L.$ (mm) の関係を Fig. 3 に示し、両者の関係式 (1), (2) を最小自乗法により求めた。

$$\text{♀} : T.L. = 76.576 \times R + 24.008 \quad (1)$$

(データ数=153, 相関係数=0.966)

$$\text{♂} : T.L. = 70.192 \times R + 32.691 \quad (2)$$

(データ数=95, 相関係数=0.938)

標示形成時期を知るために、各月の縁辺成長率 $[(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})]$ の平均値の変化を Fig. 4 に示し

た。同月のサンプルでも、年級群が異なると r_n と r_{n-1} の比率が大きく異なってくるため、各標示期ごとの縁辺成長率を示した。第 2 標示期以降についてみると、1 月から 4 月までは縁辺成長率は約 1.0~1.6 と比較的高い範囲で変動したが、5 月に急激に減少し、その後 9 月まで増加傾向を示した。そして 10 月に再び成長率は減少した後、12 月まで増加する傾向が認められた。この傾向は、第 1 標示期の 5 月から第 2 標示期の 12 月にかけても同様に認められた。なお、縁辺成長率については雌

Fig. 3. Relationship between total length and scale radius in each sex of *S. parvisquamis*. Left indicates female, 153 specimens. Right indicates male, 95 specimens.

Fig. 4. Monthly changes of marginal growth index in each mark group.
marginal growth index = $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$ ($n=1, 2, 3, \dots$)

雌間に有意な差が認められなかったため、(標示群別に F 検定, 有為水準 5%) 雌雄の区別はしなかった。

また、標示形成期追跡のため飼育した当歳魚 47 尾の鱗を観察した結果、1994 年 9 月には無標示であった全個体が 1995 年 6 月には W 帯へ移行し 1 標示を形成した。この時の縁辺成長率の平均値は 0.317 (標準偏差 = 0.063) であったが、6 月に採集した天然の 1 標示個体の平均値 0.262 よりも若干高い値を示した。さらに 1995 年 10 月に再び飼育個体の鱗を観察した結果、全個体 (飼育期間中に 18 尾が死亡したため 1995 年 10 月には 29 尾) とともに W 帯から S 帯へ移行しておらず、その縁辺成長率の平均値は 0.642 (標準偏差 = 0.044) であった。そして 1996 年 2 月には 29 尾中 20 尾が W 帯から S 帯へ移行し 2 標示を形成していた。その縁辺成長率の平均値は 1.109 (標準偏差 = 0.051) で、2 月に採集した天然の 2 標示個体の平均値 1.348 よりも若干低い値を示した。

次に、本種の産卵期を推定するために生殖腺指数 (以下 G.S.I. と記す) の月別変化を雌雄別に Fig. 5 に示した。G.S.I. は生殖腺重量 $\times 100 / (\text{体重} - \text{生殖腺重量})$ で求めた。雌の G.S.I. は 5 月から 6 月にピークとなり、その後徐々に減少し、10 月には約 2.0 となった。雄についても、雌のような急激な変化は見られないものの、5 月から 8 月の G.S.I. が他の月に比べて高かった。9 月における標本は全て当歳魚であったため、G.S.I. 値はプロットできず空白となっている。これらの結果から本種の産卵期は 5 月から 7 月であり、産卵の盛期は 6 月と推察される。また実際に、飼育個体が水槽内で自然産卵を開始したのが 1995 年 6 月 20 日 (水温 22°C) であ

Fig. 5. Monthly changes of the gonad somatic index (G.S.I.) in each sex. Open circles indicate the female, solid circles the male.

り、産卵個体は全て 1 歳以上であった。

ところで、一定の部位から採取された鱗でもその大きさに変異があるため、これらを標準化する必要がある。標示径は鱗径に正比例している点に着目し、(1), (2)式から各個体の標準鱗径 $\hat{R}$ を計算し、実測鱗径 R との比 $\hat{R}/R$ を求め、これを各鱗の各標示径 r_n にそれぞれ乗じることにより標示径を標準化し、さらにその標準標示径について標示群別にそれぞれの平均値を求め、Table 1 に示した。各標示径について雌雄で Lee 現象が認められたため、標示数と各標示径について直線的関係を想定し、その回帰式を求め、その式に標示数を代入することにより補正を行った。そして、補正した標示径から、各標示形成時の計算体長を (1), (2) 式により算出し、Table 1 に併記した。

考 察

本種の産卵盛期が 6 月と推察されることから、年齢の加算を 6 月で行った。鱗の縁辺成長率と輪紋帯の形状から判断すると、当歳魚では 1 年を通じて標示は形成されず、なめらかな連続線状の輪紋を呈し、1 歳魚以降は、5 月から 6 月にかけて S 帯から W 帯へ移行する際に、10 月から 11 月にかけては逆に W 帯から S 帯へ移行する際に標示が形成され始める。しかし、飼育個体の鱗では前述したように 1995 年 10 月には S 帯へ移行しておらず、2 月にはすでに移行していたことから判断すると、これは標示測定時が W 帯の終期、または S 帯移行直後に相当しており、10 月には標示の判別が困難であったものと考えられ、また自然環境下と飼育環境下、特に水温変動の違いもその原因の一つと考えられる。W 帯は 5 月から 6 月、S 帯は 10 月から 11 月にかけて形成を開始する。すなわち標示は年 2 回形成されるが、産卵期である 5 月から 6 月にかけて形成される標示を年齢形質とした。

すなわち、Table 1 において r_1 で 1 歳、 r_3 で 2 歳、 r_5 で 3 歳、 r_7 で 4 歳となり、それをもとに非線形最小自乗法を用いて、von Bertalanffy の成長式を求めると、(5), (6) 式で表される。

$$\text{♀} : Lt = 332.532[1 - \exp\{-0.642(t + 0.256)\}] \quad (5)$$

(データ数 = 153, 決定係数 = 0.991)

$$\text{♂} : Lt = 288.609[1 - \exp\{-0.577(t + 0.479)\}] \quad (6)$$

(データ数 = 95, 決定係数 = 0.904)

$Lt(\text{mm})$ は t 歳における全長である。

また、体重 ($B.W.$) と全長 ($T.L.$) の間には

$$\text{♀} : B.W. = 3.563 \times 10^{-6} \times T.L.^{3.104} \quad (7)$$

(データ数 = 153, 決定係数 = 0.930)

$$\sigma : B.W. = 1.950 \times 10^{-5} \times T.L.^{2.794} \quad (8)$$

(データ数=95, 決定係数=0.918)

の関係があることから, (5), (6)式の Lt を(7), (8)式の $T.L.$ に代入することにより, (5), (6)式を体重に変換すると各々(9), (10)式で表される。

$$\varphi : Wt = 239.655[1 - \exp\{-0.676(t + 0.217)\}]^{3.104} \quad (9)$$

$$\sigma : Wt = 145.929[1 - \exp\{-0.536(t + 0.515)\}]^{2.794} \quad (10)$$

$Wt(g)$ は t 歳における体重である。

また, 本研究では10月に形成される標示についても無視せずに, 同様の処理を行った。W帯からS帯へ移行する際の標示形成期である10月は, 年齢を加算する6月を基準とすると1/3歳となる。その標示の形成期に

Table 1. Calculated annulus radii(mm) and back-calculated total length(mm) in each mark group of *Sillago parvisquamis* Female

Mark group	Number of specimens	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
0	38							
1	41	2.051						
2	40	2.101	2.491					
3	7	2.023	2.480	3.031				
4	9	1.831	2.382	2.970	3.213			
5	12	1.905	2.412	2.968	3.201	3.515		
6	3	1.781	2.391	2.951	3.211	3.373	3.521	
7	3	1.790	2.291	2.934	3.140	3.391	3.509	3.750
Mean of standard annulus radii		1.926	2.408	2.971	3.191	3.426	3.515	3.750
Calculated annulus radii		2.091	2.496	3.013	3.223	3.488	3.521	3.750
Back-calculated total length		184.1	215.1	254.7	270.8	291.1	293.6	311.2

Mark group	Number of specimens	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
0	25							
1	51	1.851						
2	2	1.832	2.301					
3	6	1.754	2.271	2.701				
4	0	—	—	—	—			
5	8	1.621	2.202	2.690	2.871	3.040		
6	0	—	—	—	—	—	—	
7	3	1.406	2.098	2.689	2.801	3.003	3.267	3.361
Mean of standard annulus radii		1.693	2.218	2.680	2.836	3.022	3.267	3.361
Calculated annulus radii		1.886	2.308	2.699	2.906	3.040	3.267	3.361
Back-calculated total length		165.1	194.7	222.1	236.7	246.1	262.0	268.6

Table 2. Back-calculated total length (Lt) in each sex of *Sillago parvisquamis* based on equations (5), (6) and sex rate of female at age

t (age)	1	1+1/3	2	2+1/3	3	3+1/3	4
Lt (mm) Female	184.1	212.4	254.5	269.3	291.5	299.3	310.9
Lt (mm) Male	165.7	186.9	219.6	231.5	249.8	256.6	266.8
Sex Rate*	30.7		58.8		65.2		75.0

* Sex Rate(%) = ($\varphi / \varphi + \sigma$) $\times$ 100

おける全長を(5), (6)式から求め、年齢別計算全長と調査から得られた性比とを Table 2 に示した。この表から、年齢が高くなるにつれ雌の占める割合も高くなるという傾向が見られる。実際に筆者らは、1993 年から 1995 年にかけてアオギスの人工授精を行ったが、その際大型個体のほとんどが雌であり、雄のほとんどは全長 200 mm を下回る小型の個体であった。このような年齢や魚体の大きさによる性比の偏り現象の原因として、性による成長速度や寿命の違いのほか、性転換が考えられる。しかしながら、生殖腺の組織像にはそのような証拠は認められなかったため、本種は性転換せず、雄の成長速度が雌のそれより下回るのかあるいは雄の寿命が雌よりも短いのではないかとすることが示唆された。

本種と同属のシロギスについて、瀬戸内海産⁹⁾では標示は春に年 1 回形成され、筑前海産¹¹⁾では春と秋の年 2 回形成されると報告されている。しかし、春、秋の輪紋の違いや標示形成の要因については言及されていない。標示形成に関して内因性の成因と外因性のものがあると考えられている。内因性成因として甲状腺機能^{12,13)}、副腎皮質の機能^{14,15)}、蛋白同化ステロイド¹⁶⁾や生息環境の変化の影響などの内分泌的要因が、外因性成因としては水温¹⁷⁻²¹⁾、塩分^{*5}、餌の量²⁰⁻²²⁾と質²⁰⁻²³⁾などである。それらが季節、河川遡上・降下、成熟産卵や生理的変動などの標示として鱗や耳石などの形質に出現する。筆者らのアオギスの採集場所、時期および個体数と漁業者や遊漁者からの捕獲の聞き取り情報をもとに本種の移動生態について推測し、それらと輪紋や標示との関連を以下に考察した。

本種は、水温が上昇し始める 5 月頃、産卵のため豊前海の沿岸の浅所や河口域に出現し、9 月頃までここで育成する。その後は水温の下降に伴い沖合の深所に移動し、4 月頃まで過ごすものと考えられる。すなわち、秋から初春を環境の安定した沖合に、春から初秋を水温や塩分など環境変動の著しい河口域周辺の浅海に生息し、越冬、産卵・育成回遊を行う。上述の成因を考慮すると、これらの移動時期に標示が形成され、その後の移動までは沖合では安定した環境を反映して連続したなめらかな輪紋を、河口域では特に水温と塩分の変動が影響し、不連続な波型の輪紋を形成することが推察される。また、当歳魚については、9 月上旬から 10 月上旬までは河口域で採集されるが、それ以降冬季から春季にかけての河口域での捕獲は稀である。このことから、当歳魚は 10 月以降、水温の下降に伴い沖合の深所に移動するため、その鱗には 10 月に標示が形成されず、1 年を通じて無標示なのではないかと推察される。今後、塩分や

Fig. 6. Comparison of growth of *S. parvisquamis* (open circles) and *S. japonica* quated from Tikuzen Sea¹¹⁾ (solid circles) and Seto Inland Sea⁹⁾ (solid triangles).

水温などの環境要因を変動した飼育実験を行い、実証する必要がある。

シロギスの成長については、瀬戸内海産⁹⁾では 1 歳魚で 190 mm、2 歳魚で 135 mm、3 歳魚で 160 mm、4 歳魚で 175 mm (標準体長) に達し、筑前海産¹¹⁾では 1 歳魚で 150 mm、2 歳魚で 198 mm、3 歳魚で 232 mm、4 歳魚で 252 mm、5 歳魚で 265 mm (尾叉長) に達すると報告されている。これらの結果を全長に換算し、アオギスの雌雄の平均値と比較した (Fig. 6)。全長への換算は、それぞれの報告^{9,11)}に掲載されている次式により行った。

$$\text{瀬戸内海産}^9): T.L. = 1.163 \times S.L. - 0.081$$

$$\text{筑前海産}^{11}): T.L. = 1.025 \times F.L. + 1.168$$

($T.L.$: 全長, $S.L.$: 標準体長, $F.L.$: 尾叉長)

その結果、両海域のシロギス^{9,11)}とアオギスでは、1 歳魚からすでに後者の成長の方が良い。2 海域だけの比較であるが、シロギスの成長よりアオギスの方が良く、一般的にもシロギスよりアオギスの方が大きくなるといわれている。¹⁾

(5), (6)式からアオギスの極限体長 (全長) は、雌が 332.5 mm、雄が 288.6 mm で、筆者らが採集した個体の最大全長は、雌が 343.0 mm、雄が 288.2 mm であった。

鱗を用いた年齢査定によりアオギスの年齢と成長について検討したが、本種の生息域が局限され、しかもこの水域においても生息数が少なく、¹⁾ 周年通しての一定した標本の採取が困難であったため、月別、標示群別の標

*5 尾崎久雄, 池田弥生: キンギョの鱗の成長に対する塩度の効果. 日本水産学会昭和 44 年度秋季大会講演要旨集, 1969, p. 15.

本数の偏りが大きく、標示形成率や特定の年級群を対象とした標示形成期の検討ができなかった。今後も周年にわたる天然個体採集を継続し、各月の鱗の縁辺成長率、成長速度の月別変化の検討や、飼育個体と天然個体による標示形成様式の差異についての検討が求められる。

文 献

- 1) 日本水産資源保護協会：日本の希少な野生生物に関する基礎資料（Ⅱ），235-239（1995）。
- 2) M. Sano and K. Mochizuki: A revision of the Japanese silagini fishes. *Japan. J. Ichthyol.*, **31**, 136-149 (1984).
- 3) R. J. McKay: FAO Fisheries Synopsis No. 125. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 1992, pp. 56-57.
- 4) 望月賢二：「アオギス」について。魚類学雑誌，**28**, 199-201 (1981)。
- 5) 花淵信夫：東シナ海・黄海産ホンニベの漁業生物学的研究—(Ⅱ)。年齢と成長について。西水研研報，**35**, 51-60 (1967)。
- 6) 小島喜久雄：東シナ海・黄海産シログチの年齢と成長。西水研研報，**35**, 61-76 (1967)。
- 7) S. Kakuda and K. Nakai: On the age and growth of *Nibea albiflora*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **46**, 139-143 (1980)。
- 8) 小島喜久雄：日本海西南海域産アカムツの年齢と成長。西水研研報，**44**, 93-113 (1976)。
- 9) 角田俊平：底流網によるキスの生態とその資源に関する研究。広大水産産学部紀要，**9**, 15-20 (1970)。
- 10) 三尾真一：九州における沿岸魚類の資源生物学的研究Ⅳ。九大農芸雑誌，**19**, 507-520 (1962)。
- 11) 伊藤正博，内田秀和：筑前海におけるシログチの年齢と成長。西海区ブロック魚類研究会報，**7**, 39-44 (1990)。
- 12) 尾崎久雄，池田弥生，安田秀明：キンギョ (*Carassius auratus* L.) の鱗の成長に対するサイロキシンの効果。うろこ，**2**, 22-61 (1969)。
- 13) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョ (*Carassius auratus* L.) の鱗成長に及ぼす抗甲状腺剤（チオウレア，メチルチオウラシル，メルカゾール）の効果。うろこ，**4**, 17-51 (1969)。
- 14) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョ (*Carassius auratus* L.) の鱗の成長に対するコーチゾンの効果。うろこ，**5**, 29-59 (1970)。
- 15) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョ (*Carassius auratus* L.) の鱗の成長に対する副腎皮質機能の影響。うろこ，**7**, 15-32 (1971)。
- 16) 池田弥生：キンギョ (*Carassius auratus* L.) の鱗の成長に対する蛋白同化ステロイド（4-Chlorotestosterone capronate）の効果。うろこ，**6**, 19-45 (1970)。
- 17) K. Ouchi: Effects of water temperature on the scale growth and width of the ridge distance in goldfish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **35**, 25-33 (1969)。
- 18) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョの鱗の成長。日水誌，**39**, 25-33 (1973)。
- 19) 荒井修亮，坂本 恒：マダイ鱗の隆起線形成に及ぼす水温の影響。日水誌，**61**, 316-319 (1995)。
- 20) 安田秀明：鱗の輪紋の研究—Ⅱ。輪紋の形成。日水誌，**25**, 95-99 (1959)。
- 21) 久保伊津男，吉原友吉：水産資源学，第3版，共立出版株式会社，東京，1957, pp. 60-62。
- 22) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョの鱗成長に及ぼす給餌量の影響。日水誌，**40**, 859-868 (1974)。
- 23) 池田弥生，尾崎久雄，安田秀明：キンギョの鱗の成長に対する種々の餌料の効果。日水誌，**40**, 877-887 (1974)。