

寄稿

ゴマサバ *Scomber australasicus* に適した耳石による年齢査定法木村 量^{†1}, 梨田一也², 大関芳沖¹, 本多 仁²Age determination method suitable for spotted mackerel
Scomber australasicus using their otolithsRyo KIMURA^{1†}, Kazuya NASHIDA², Yoshioki OOZEKI¹, Hitoshi HONDA²

To develop aging method of spotted mackerel *Scomber australasicus*, we observed otolith from spotted mackerel (fork length: 280–425 mm) caught in June and July, 2000, near Cape Ashizuri, Kochi Prefecture, Japan. It was found that otolith immersed in xylene showed the most clear translucent zones among various media. Visible translucent zones accounted for 94% of the total otoliths examined. Comparing the number of translucent zones in otolith with the age estimated using scales, these two numbers agreed in about 40% of fishes and the number of translucent zones in otolith were less estimated than the number of annual rings in scale in 45% of fishes, but the cases in which the difference of the numbers was one or less accounted for 87% of the fishes. Otolith radius (OR) positively correlated with fork length (FL), and the regression line was expressed as: $FL(\text{mm}) = 136.8 \cdot OR(\text{mm}) + 48.5$ ($r^2 = 0.48$, $p < 0.01$). The mean distance from the otolith core to the first translucent zone was 1.59 mm, and the FL at the time of the first zone formation was estimated as 266 mm, that is almost same as 1 year FL reported previously. These results suggest that immersing otoliths in xylene is an effective method for age determination for spotted mackerel.

Key words: *Scomber australasicus*, spotted mackerel, otolith, scale, translucent zone

はじめに

ゴマサバ *Scomber australasicus* は日本周辺における産業上重要種でありながら、生息域や回遊状況などの生物情報は十分ではない (Collette and Nauen, 1983). 環境変動に伴う資源動態の把握やTACによる資源管理を進めるためには個体レベルでの信頼できる年齢査定方法が必要であるが、ゴマサバで推奨されている年齢形質の鱗 (近藤・黒田, 1966; 深代, 1987) は、鱗の脱落のためまき網漁業でのサンプル入手が困難なこと、輪紋の不明瞭な個体が多い等の問題点が指摘されている (渡邊ほか, 2001). サバ類の年齢形質としては、鱗以外に耳石、脊椎骨、鰓蓋骨等があげられ、ゴマサバでは脊椎骨 (岡地ほか, 1958) について年齢査定した報告があるが、耳石による年齢査定については

他魚種に比べて輪紋が不明瞭のためほとんど報告されていない。

鱗による年齢査定では、採取した鱗の大きさにばらつきがあり各輪紋までの距離が一定でないため、輪紋半径と体長の相関関係に基づく輪紋形成時の計算体長の推定が困難なことが挙げられるが、耳石を年齢形質として用いると、資源生物学上重要な情報となるコホート毎の各輪紋形成時の体長が推定できる利点がある。本研究では、ゴマサバの耳石輪紋が年齢査定に使用できるかどうかを検討するとともに、その輪紋数を現在ゴマサバの年齢形質として使用されている同一個体の鱗の輪紋数と比較して、耳石を使用する有効性を検討した。

材料と方法

試料には2000年に高知県足摺岬沖および以布利の定置網で漁獲された尾叉長 (FL) 280~425 mmのゴマサバ成魚を用いた。採集日6月4日、7月3日のものは銘柄が特大、大、中でFL 321~425 mm、採集日7月26日の銘柄は小中でFL 280~310 mmであった (Table 1). 摘出された耳石 (扁平石) は、水道水中で一定期間保存後乾燥保存した。なお、採集された全個体について胸鰭付近の鱗を採集し、鱗による年齢査定を耳石輪紋観察とは独立して行った。鱗の輪紋観察

2001年11月19日受付, 2002年9月3日受理

¹ 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所生物生態部
National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Fisheries Biology and Ecology Division, 2-12-4 Fukuura, Kanazaw-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 236-8648, Japan

² 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所黒潮研究部
National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Kuroshio Research Division, 6-1-21 Sanbashidoori, Kochi-shi, Kochi 780-8010, Japan

[†] rkim@affrc.go.jp

Table 1. List of fish samples in 2000.

Sampling date	Category in fish market	FL range (mm)	Number of fish examined
June 4	Extra Large	396–425	6
	Large	360–401	10
	Medium	321–356	12
July 3	Large	360–401	10
	Medium	321–356	12
July 26	Extra small	280–310	20
Total			70

には、深代 (1987) および花井 (1999) の方法を用いたが、観察部分として鱗の露出部を使用した。

予備的な検討として、蒸留水、キシレン、レモゾール (キシレン代替品、和光純薬 (株))、ユーキッド、グリセリン、エタノールを透徹剤として耳石を浸漬し観察を行った (Cailliet *et al.*, 1986; Secor *et al.*, 1992)。その結果、透明帯がもっとも明瞭に観察できた透徹剤であるキシレンを用いて輪紋 (=透明帯) 計数を行った。小型シャーレにキシレンを満たし、耳石を数秒から数分間浸漬した状態で観察した。耳石観察には実体顕微鏡を用い、ファイバースコープによる落射光と黒色背景を用いて主に20倍で観察した。

輪紋計数時に体長の情報を隠すために、耳石観察に先立って、乱数表にしたがって70個の耳石を並べ変えて観察順序をランダムにした。各耳石について、透明帯の数をカウントし、耳石の縁辺部が透明帯か不透明帯かを観察した。さらに耳石ごとの透明帯の観察しやすさの状態を、次の5段階で記録した：A、非常に明瞭；B、明瞭；C、識別可；D、不明瞭；E、識別不可。

尾叉長と耳石半径の関係式を得るため、耳石の核から postrostrum 縁辺までの半径 (耳石水平後方半径、以下耳石半径と省略) を測定した (Fig. 1)。また、このライン上で核から各透明帯外縁部までの距離 (以下輪径) をマイクロメータによって倍率20倍、0.01 mmの単位で測定した。これらの情報を用いて、耳石長一尾叉長との関係から第一輪形成時の尾叉長を推定した。さらにこれらの観察結果と同一個体の鱗輪紋観察結果を比較した。

結果

キシレンによる透徹処理を行う前は、大半の耳石の表面が白く、実体顕微鏡下でも輪紋構造が見えにくい状態であった。これは耳石摘出後1ヶ月以上水に浸漬して保存していたことによって耳石表面が石膏様になってしまったことに起因すると考えられた (Devries and Frie, 1996)。浸漬して数秒でキシレンが耳石へ浸透しはじめ、白く不透明な表面の内部が透き通るように見え、内部の透明帯と不透明帯の識

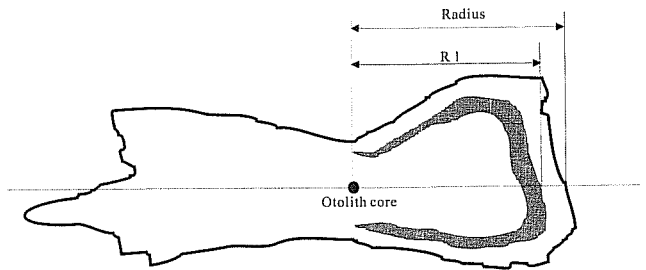


Figure 1. Schematic figure of spotted mackerel's otolith (sagitta). Gray area indicates the translucent zone.

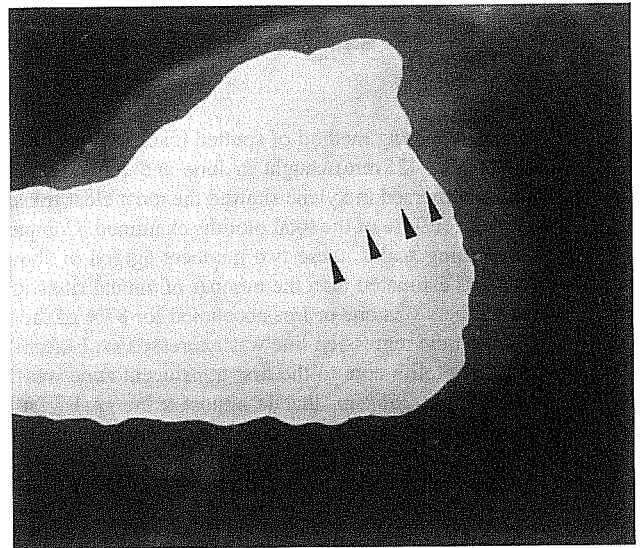


Figure 2. Spotted mackerel otolith (sagitta) with four translucent zones (arrows).

別が可能になった (Fig. 2)。また、ファイバースコープの光の照射角度と明るさを加減することでより内部構造が見えやすくなった。

70個の耳石の輪紋を観察した結果、読みやすさの程度別の個体数はそれぞれA: 2, B: 11, C: 25, D: 28, E: 4個体であった。輪紋が明瞭に観察できる個体 (AとB) の割合は20%程度と少なかったが、Eを除く94%の耳石で輪紋を数えることができた。輪紋が観察できた個体のうち、耳石縁辺が透明帯であったものは13個体で、不透明帯であったものは53個体であった。縁辺が透明帯である個体の割合は6月18%、7月21%と、採集月による大きな差は見られなかった。

耳石の輪紋数が1, 2, 3, 4, 5の個体数はそれぞれ29, 17, 9, 9, 2で、各輪紋までの平均輪径 (mm) は、それぞれ第一輪1.59, 第二輪1.87, 第三輪2.10, 第四輪2.25, 第五輪2.55であった。各輪径の標準偏差は平均値の5.5–10.9%で、輪紋数群別の平均輪径 (r_i) は輪紋数が多くなるにしたがい減少する傾向があった (Table 2)。同一個体における耳石輪紋数

Table 2. Mean radius (r_i) for each number of translucent zone class.

Number of Translucent zones	N	Mean otolith radius (mm)				
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
1	29	1.70				
2	17	1.50	1.89			
3	9	1.56	1.92	2.16		
4	9	1.45	1.81	2.06	2.23	
5	2	1.55	1.80	2.00	2.33	2.55
Total	66					
Pooled		1.59	1.87	2.10	2.25	2.55
SD		0.17	0.16	0.17	0.16	0.14
CV(%)		10.9	8.7	7.9	7.2	5.5

Table 3. Differences (A-B) between the number of the translucent zones in otolith (A) and the age estimated using scale (B) of the same individual of spotted mackerel.

Difference (A-B)	Frequency	Percentage
+2	3	4.5
+1	8	12.1
0	26	39.4
-1	24	36.4
-2	5	7.6
	66	100.0

と鱗輪紋数を比較すると、両者が一致していた割合は39%で、鱗に比べて耳石輪紋数が少なかった個体の割合は45%であった。輪紋数が一致していなかった場合両者の差は最大2であり、輪紋数の差が1以内であった個体の割合は87%を占めた (Table 3)。

今回測定されたゴマサバの耳石半径は最大2.80 mm、最小1.75 mmの範囲であった。このゴマサバの耳石半径 (OR) と尾叉長 (FL) の関係をプロットすると Fig. 3 のようになり、その回帰直線は $FL=136.8 \cdot OR+48.5$ ($r^2=0.48, p<0.01$) であった。この尾叉長と耳石半径の関係式にあてはめて推定された上記第一輪 ($r_1=1.59$) 形成時の平均尾叉長は266 mmであった。

耳石の輪紋数に対して尾叉長をプロットすると、輪紋数1群の尾叉長範囲は283~367 mmで、330~367 mmの個体が19個体含まれていた。輪紋数2, 3, 4, 5の個体はそれぞれ尾叉長範囲が280~367, 296~396, 355~425, 383~424 mmであった (Fig. 4)。輪紋数1~5群の平均尾叉長はそれぞれ328, 325, 367, 396, 404 mmで、輪紋数1群のほうが輪紋数2

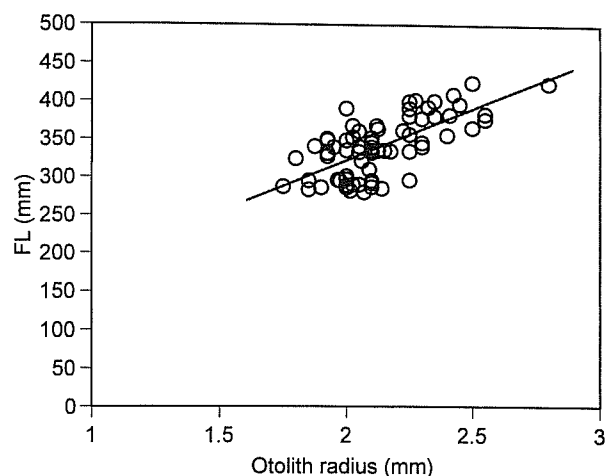


Figure 3. Relationship between the otolith radius and the fork length of spotted mackerel. Line indicates the regression ($Y=136.8 X+48.5, r^2=0.48, p<0.01$).

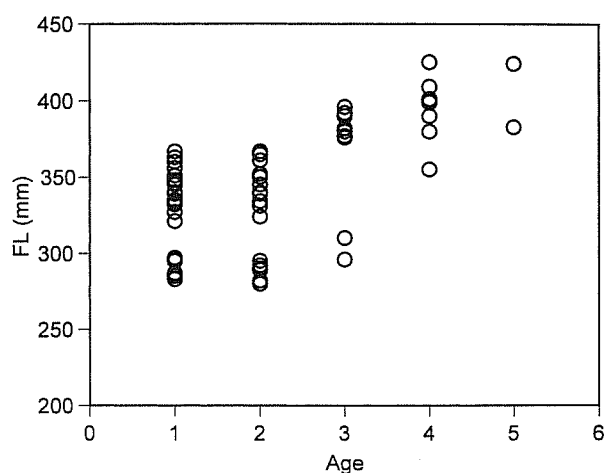


Figure 4. Scatter-plot of the fork length on the estimated age based on otolith annual rings for spotted mackerel (n=66).

群よりもわずかに大きく、尾叉長の標準偏差は平均値の5.0~10.1%であった。しかし、同一個体で鱗と耳石の輪紋数が一致した26個体のみをプロットすると、輪紋数1群の尾叉長は283~297 mmとなり (Fig. 5)、輪紋数1~5群の平均尾叉長はそれぞれ291, 338, 378, 405, 424 mmで、輪紋数の増加に応じて尾叉長が滑らかに増加した。1個体だけの輪紋数5群を除き、尾叉長標準偏差の平均値に対する割合も0.8~2.7%と非常に小さくなった。

考察

渡邊 (1997) は、魚類一般について鱗による年齢査定についての問題点として、他の年齢形質に比べて特に高齢魚で過少推定になることが多いこと、鱗の脱落による再生鱗、体内のカルシウム不足に対応しカルシウム再吸収の可能性

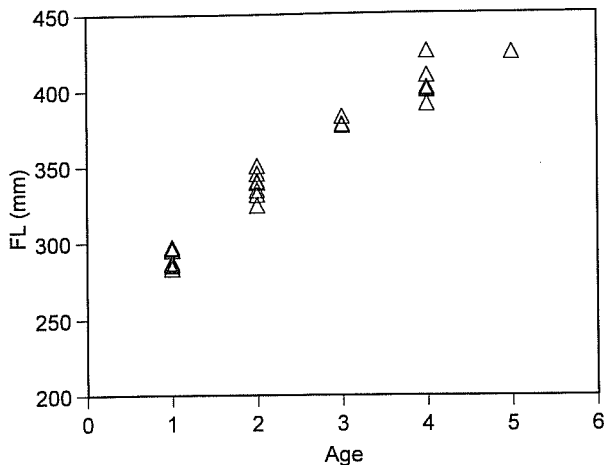


Figure 5. Scatter-plot of the fork length on the estimated age based on otolith rings and scale rings for spotted mackerel. Only individuals for which these two readings had the same value ($n=26$) are used.

があることなどを紹介し、年齢形質としての有効性について疑問を指摘している。このような欠点は耳石にはあてはまらないため、耳石のほうが年齢形質として有利である。近藤・黒田 (1966) はサバ類、特にマサバ *Scomber japonicus* の年齢形質を比較し鱗の使用を推奨したが、グリセリンを浸漬に用いた。吉原 (1955) はキシレン浸漬によってマサバ耳石の年輪を数えており、International Council for the Exploration of the Sea (ICES) ではマサバ耳石をユークリット包埋によって観察している (Lucio, 1997)。これらのことから、水やアルコール類よりも透徹剤の使用が、サバ類耳石の輪紋を観察する上で効果が高いと考えられる。

本研究の結果、鱗と耳石の輪紋数が一致した個体は39%、鱗よりも耳石で輪紋数が多い個体が16%、少ない個体が45%で (Table 3)、全体として耳石輪紋数は鱗よりやや過少評価となっていた。これはキシレンに浸漬することにより輪紋が観察しやすくなったとはいえ、耳石の輪紋が明瞭に見えるAとBの個体は20%で、40%の個体の耳石は不明瞭(D)という観察結果を反映して、本来見えるべき輪紋を見落としている可能性がある。耳石と鱗の輪紋数が一致した26個体では観察しやすさの程度は、それぞれA: 1, B: 4, C: 13, D: 8となっており、全体の観察しやすさの傾向に比べてCの占める割合が12%増加しDの割合が12%減っており、輪紋の観察しやすさの向上が輪紋数一致率の向上に寄与する可能性があると考えられる。ゴマサバ耳石の形状から、体軸横断切片において核を含む断面では十分な耳石成長を捉えることは難しい。予備的な検討で横断切片を作ってみたが他の魚種に見られるような耳石内部の明瞭な輪紋が認められなかったため、ゴマサバの耳石では横断切片で輪紋を判読することが困難であると考えられる。

今回の観察法による透明帯は、論文の図から推察して

Fitch (1951) の水に浸漬したマサバの耳石や、吉原 (1955) によるキシレンに浸漬したマサバの耳石と同じ部位を計測していると考えられる。本研究の結果における第一輪までの距離は平均 1.59 ± 0.17 mm で、吉原 (1955) がマサバ耳石で測定した第一輪までの距離 1.67 mm に近い値であった。今回のサンプルでは耳石径 1.75 mm 以上 (尾叉長 280 mm 以上) の測定に基づいて、耳石径 1.59 mm 時点の尾叉長を推定したが、これは外挿による推定なので、今後より小型の尾叉長-耳石関係を調べて補強する必要がある。なお、Table 2 に示した各輪までの平均距離は、耳石と鱗の輪紋数が一致した26個体のみで計算した r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 (1.54, 1.86, 2.11, 2.26, 2.65 mm) とほぼ同じであったため、第一輪までの距離による尾叉長推定については、耳石を用いた年齢過少推定傾向による影響は少ないと考えられる。

岡地ほか (1958) は東シナ海産ゴマサバについて脊椎骨を用いて年齢査定を行い、満1歳時で尾叉長 287 mm と推定したが、深代 (1987) は関東近海のゴマサバを鱗によって年齢査定し、満1歳時で尾叉長 237 mm と推定しており、本研究の第一輪形成時の推定尾叉長 266 mm とこれらの数字とは 20-30 mm の差がある。しかし、山川 (1999) の体長組成解析によると、熊野灘におけるゴマサバ1歳魚は毎年4月時点で平均尾叉長 260-285 mm 程度であるが、1歳魚の体長は年によって最大 50 mm の差があり、300 mm 以上の年もあると推定している。1999年4月から2000年7月にかけて高知県西部海域の定置網で漁獲されたゴマサバの尾叉長組成を詳しく調べた新谷 (2001) によると、本研究で用いた耳石の透明帯形成完了時期と考えられる (梨田, 未発表) 3-5月の尾叉長モードは 260 mm から 290 mm の間であった。したがって、今回計測した第一輪はゴマサバの最初の年輪を表していると考えて妥当であろう。

本研究の結果、輪紋数1群で尾叉長 330 mm 以上の個体が多く出現したことは、耳石単独での年齢査定では年齢を過少評価している可能性を示唆しており、計数結果の妥当性については耳石輪紋の読み方を含めて今後検討しなくてはならない課題である。ゴマサバでは鱗の輪紋も、本研究で示した耳石輪紋も他魚種に比べて明瞭でない特徴がある。このため、ゴマサバでは鱗による年齢査定だけでなく、耳石輪紋計数を併用して一致した場合のみを扱うことによって、年齢の誤査定の危険を減少させる必要があると考えられる。また、年齢形質上は鱗よりも耳石の使用が望ましいことに加え、体長と輪紋径の関係に基づく体長逆算が可能であることから耳石の使用を検討することが必要であろう。今後、周年にわたる定期的なサンプリングにより、本研究で観察された耳石輪紋の周期性を確認することが前提であるが、耳石による年齢査定法が確立するまでは、ゴマサバの正確な年齢査定には両者の併用が望ましいと考えられる。

謝辞

供試魚のサンプリングにご協力頂いた清水漁業協同組合と以布利大敷組合の関係職員の方々に感謝するとともに、耳石の撮影方法に御助言を頂いた中央水産研究所黒潮研究部の阪地英男主任研究官、耳石観察作業に協力頂いた生物生態研究室の進藤節子氏に謝意を表す。また、ゴマサバの生物情報を提供して頂いた中央水産研究所生物生態部の渡邊千夏子氏に感謝する。

引用文献

- Cailliet G. M., M. S. Love and A. W. Ebeling (1986) Age and Growth. In: Fishes: A Field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification, and Natural History. Wadsworth Publishing Company, Belmont, 144-157.
- Collette, B. B. and C. E. Nauen (1983) Scombrids of the world (FAO species catalogue vol. 2). FAO Fish. Synop., 125, 137pp.
- Devries D. H. and R. V. Frie (1996) Determination of age and growth. In: Fisheries Techniques 2nd edition, ed. B.R. Murphy & Willis, American Fisheries Society, Bethesda, 483-512.
- Fitch, J. E. (1951) Age composition of the Southern California catch of Pacific mackerel 1939-40 through 1950-51. Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bulletin 83, 1-73.
- 深代邦明 (1987) 関東近海におけるゴマサバの年齢と成長 (予報). 千葉県水試研報, 45, 27-30.
- 花井孝之 (1999) 伊豆諸島海域におけるゴマサバ資源特性について. 中央ブロック長期漁海況予報, 107, 中央水産研究所, 横浜, 32-39.
- 近藤恵一・黒田一紀 (1966) サバ属魚類の成長-I. 東海水研報, 45, 31-60.
- Lucio P. (1997) Biological aspects of spanish (chub) mackerel (*Scomber japonicus*, Houttuyn, 1782) in the Bay of Biscay from the Basque country catches. ICES C.M. 1997/BB: 10, 34pp.
- 新谷淑生 (2001) 高知県西部海域の定置網で漁獲されるサバ類の尾叉長組成. 黒潮の資源海洋研究 第2号, 中央水産研究所, 高知, 119-121.
- 岡地伊佐雄・辻 敏・花村宣彦・竹下貢二・三尾真一・相川広秋 (1958) 第6節 ゴマサバの年齢と成長. 対馬暖流開発調査報告書 第4輯 (漁業資源編), 水産庁, 東京, 35-38.
- Secor D. H., J. M. Dean, and E. H. Laban (1992) Otolith removal and preparation for microstructural examination. In: Otolith microstructure examination and analysis, ed. D. K. Stevenson & Campana, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 117, 19-57.
- 渡邊千夏子・小林憲一・川端 淳・梨田一也 (2001) マサバとゴマサバの年齢と成長. 水産海洋研究, 65, 202-204.
- 渡邊良朗 (1997) 年齢形質の有効性の検討. 水産動物の成長解析, 赤嶺・麦谷編, 恒星社厚生閣, 東京, 17-27.
- 山川 卓 (1999) 熊野灘におけるゴマサバの漁獲状況と尾叉長組成. 中央ブロック長期漁海況予報, 107, 中央水産研究所, 横浜, 25-31.
- 吉原英吉 (1955) サバの耳石に顕れる輪紋に就いて. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 21, 214-217.