

耳石によるカサゴの年齢査定における横断面法と表面法の信頼性の比較

林 周, 道津光生, 太田雅隆

(1993年12月6日受付)

Reliability of Surface Reading Methods to Count Otolith Opaque Zones on Aging in Marbled Rockfish *Sebastes marmoratus* Compared with the Cutaway Reading Method*¹Amane Hayashi,*² Kosei Dotsu,*² and Masataka Ohta*²

Cutaway and surface reading methods to count the number of opaque zones of sagittae were compared to test the reliability of aging marbled rockfish *Sebastes marmoratus* taken off Kyushu, Japan. A total of 175 specimens was examined with the two different methods. The maximum number of opaque zones recognized by the surface reading method was seven, as compared to eleven by the cutaway method. The difference in counts of opaque zones between the two methods increased with the increasing counts by the cutaway method. The opaque zone recognized by the cutaway method proved to be formed once a year. The annual formation of the opaque zone was also supported by the yearly shift of dominant year class. These results suggest that the conventional surface reading method is inadequate to age *S. marmoratus*, because of its underestimation.

キーワード: カサゴ, 耳石, 不透明帯, 年齢査定, 年齢組成, 年級群

カサゴは日本沿岸に広く分布する岩礁性底魚であり, 栽培漁業の対象種として種苗生産・放流技術が開発されている。本種では資源調査の一環として, 耳石透明帯や不透明帯を表面からの落射¹⁾または透過照明²⁾によって計数することで, 年齢査定が実施されてきた。³⁻⁵⁾

耳石による年齢査定では, 一般的に表面からの計数が不可能か不十分と思われる場合に横断面標本による計数が行われる。しかし, 不透明帯数が多くなると, 表面法による不透明帯数は横断面法に比べ過少評価されることが知られている。⁶⁾ 筆者らは, 佐賀県玄海町地先海域に生息するカサゴの年齢査定を耳石不透明帯の計数によって行う際に, 表面法と並行して横断面法を用い, 両法の比較を行った。

材料と方法

供試魚と耳石横断面標本 1986年12月~1990年2月に佐賀県玄海町地先海域において採集, もしくは付近の魚市場から購入したカサゴ459個体を用いた (Fig. 1, Table 1)。釣りによる採集魚は1988年までは帰港後に凍結して研究所へ移送した後, 1989年からは帰港後現地で直ちに, 全長および体重の測定, 性の判定, 耳石 (扁平石) の摘出を行った。購入魚は研究所へ凍結・移送後に

採集魚と同様に処理した。ただし, 1989年6月に購入した30個体は, 購入時に内蔵が除去されていたので, 性は不明であった。摘出した耳石は水洗後シリカゲルとともに小バイアル中に保存した。

耳石横断面標本は, 耳石を短径に沿った部位で二つに折り, 断面を核部位が露出するまで600~2,000番の耐水ペーパーで削った後, 仕上げに4,000番のエメリーパーペーパーで研磨した (Fig. 2)。

横断面法と表面法による耳石不透明帯数の比較 表面法と横断面法による耳石不透明帯数の差を明らかにするため, 1986年12月~1988年4月に採集したカサゴ175個体を用いて, 同一個体の耳石における両法の落射照明による計数結果を比較した (Table 1)。用いたカサゴの体長は, 範囲9.7~16.3 cm, 平均±標準偏差12.6±1.4 cm, 体重は同じく33.0~127.3 g, 66.4±21.8 gであった。これらのカサゴは, 水江¹⁾や三尾²⁾で用いられたもの (体長12~24 cm, ¹⁾ 体重10~330 g²⁾) に比べ小型であった。175個体中, 雄は55個体, 雌は119個体, 雌雄不明1個体で, 体長, 体重とも雄が大きかった。

横断面法による観察において透明帯と不透明帯を比較すると, 後者の方が幅が狭く明瞭であったので, 不透明帯を計数した。不透明核部は6月齢で形成が終了 (未公

*¹ 本研究は, 水産庁委託 "大量取水漁業資源影響検討事業" の一環として実施されたものの一部である。

*² (財)海洋生物環境研究所中央研究所 (Central Laboratory, Marine Ecology Research Institute, Onjuku, Chiba 299-51, Japan)。

表)しており, 耳石外縁の不透明帯は形成途中にあるものなので双方とも計数から除外し, 表面法, 横断面法とも, 内外両側を透明帯で挟まれている不透明帯を計数した。

表面法では二つの耳石のうち, 不透明帯が明瞭に観察される方を用いた。計数は実体顕微鏡(10~40倍)下で耳石を水に浸漬し, 耳石の長軸に沿って前方側で行った(Fig. 2A)。

横断面法では, 原則として左右無作為に選択した耳石の横断面に現れる不透明帯を実体顕微鏡(10~40倍: 落射照明)で計数した。耳石を粘土中に埋没して横断面のみを露出させ, 横断面以外の耳石表面から光の侵入を防止すると, 十分なコントラストが得られたので, 乾燥状態のまま計数した。横断面法による計数は, Fig. 2B中に黒矢印で示した計数軸に沿って行った。

横断面法では, 計数誤差を推定するために2回, 独立して計数した。さらに, 左右の耳石不透明帯数に差があるかどうかを検討するため, 無作為に選別した20個体について, 両側2個の耳石を用いて不透明帯を計数し,

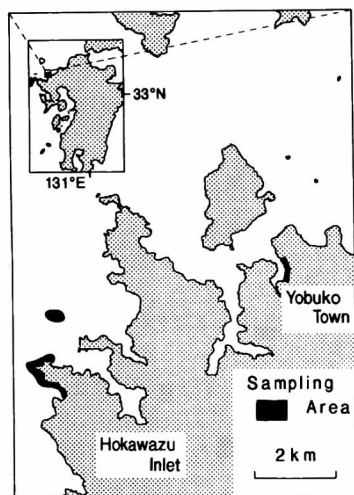


Fig. 1. Sampling areas of *Sebastiscus marmoratus*.

比較検討した。

横断面法で観察される耳石不透明帯の形成周期 横断面法で観察される不透明帯が年周輪であることを確認するため, 1989年4月~1990年2月に2カ月おきに玄海町地先で採集, もしくは付近の魚市場から購入したカサゴ284個体について, 耳石縁辺部での不透明帯形成状況を検討した(Table 1)。用いたカサゴの体長は, 範囲

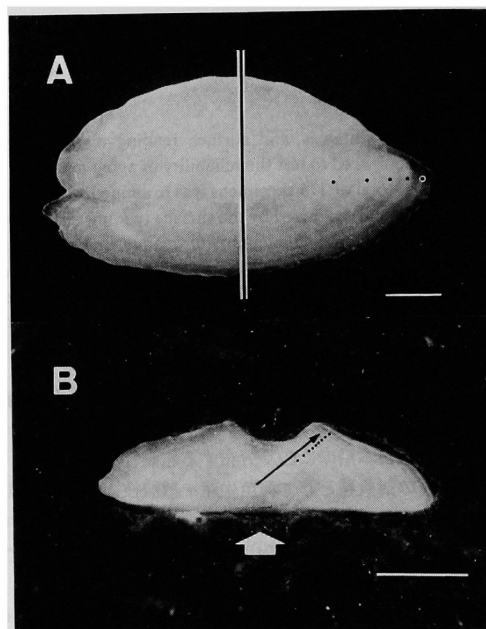


Fig. 2. Translucent and opaque zones of sagittae of *S. marmoratus*, female, 12.8 cm SL.

Sagittae were examined by the two different methods. (A) Surface reading method. The vertical line indicates a plane observed by the cutaway method. (B) Cutaway reading methods. The white arrow indicates the side observed by the surface method; Black arrow indicates the counting direction; bar, 1 mm. Five and nine opaque zones were recognized by surface and cutaway methods, respectively.

Table 1. Collection date of *S. marmoratus* examined

Date	No. of fish examined	Date	No. of fish examined
Dec. 23, 1986	14	Apr. 4-5, 1989	63
Jan. 15, 1987	49	Jun. 26, 1989	30*
Feb. 13, 1987	48	Aug. 8-9, 1989	75
Apr. 25-26, 1988	64	Oct. 21, 1989	32*
		Dec. 8, 1989	30*
		Feb. 14-15, 1990	54

* Purchased at Yobuko fish market.

10.5~23.4 cm, 平均±標準偏差 14.3±2.3 cm, 体重 (6月購入の30個体を除く) は同じく 35.0~412.5 g, 100.8±65.7 g であった。6月購入の30個体を除く254個体中, 雄は41個体, 雌は212個体を占め, その他に雌雄同体が1個体存在した。

この検討では, 前記の方法に従って不透明帯を計数後, 縁辺部を40倍の実体顕微鏡で観察し, A) 縁辺が透明帯で, その幅が直前の不透明帯より広いもの, B) 縁辺が不透明帯のもの, C) 縁辺が透明帯で, その幅が直前の不透明帯以下のもの, に区分して記録した。A-B および B-C の判定は, 耳石内側半周に渡って観察した結果, 縁辺に不透明帯が部分的に存在する場合は B に, 透明帯が部分的に存在する場合は C に区分した。A-B の区分は耳石前後端で行い, 両方で異なった場合には A とした。

結果

横断面法と表面法による耳石不透明帯数の比較 Fig. 2 は, 1988年4月26日に採集された体長12.8 cmの雌カサゴの耳石である。表面法と比較して横断面法の方がより明瞭な不透明帯を観察することができた。横断面法による独立した2回の計数で, 97%にあたる170個体で計数値が一致し, 4個体で1本, 1個体で2本の差が見られた。

2回の計数が一致した170個体について, 横断面法と表面法による計数値を Table 2 に示した。表面法では8本以上の不透明帯は計数されなかったが, 横断面法では5個体で10本以上の不透明帯が計数された。わずか5個体(2.9%)で横断面法による計数値が表面法より少なかったのに対し, はるかに多い95個体(55.9%)では横断面法による計数値が表面法を上回った。そして, 両法による計数値が一致する個体の割合は, 横断面法による計数値が5~7と増すにつれて激減した (Table 2)。さらに, 横断面法による計数値に対する両法の計数差の平均と不偏分散の平方根を Fig. 3 に示した。計数差は, 横断面法による計数値が増えるに従って増加する傾向が認められた。

横断面法による左右両耳石の計数では, 20個体中19個体で不透明帯数が一致した。一致しなかった1個体では, 一方の耳石で最外側の不透明帯の外側に透明帯が存在したのに, 他方ではそれが見られず, 不透明帯数はそれぞれ6本および5本とされた。すなわち, 左右の耳石に実質的な差異が認められたわけではなく, 計数基準で1本の差が生じたものであった。したがって, 実際の年齢査定ではいずれか一方を計数すれば十分と考えられる。

横断面法で観察される耳石不透明帯の形成周期 284個体の観察において3~15本の耳石不透明帯が計数されたが, 不透明帯が10本以上の耳石は, 縁辺部における形成層の判定が困難であったので, 解析にはそれら43個体を除く241個体を用いた。

これらのカサゴについて, 耳石縁辺部の透明-不透明の状態を観察した結果を Fig. 4 に示した。雌雄こみの場合, 4月には縁辺部が広い透明帯の個体が64%を占めていた。しかし, 6~8月には縁辺部が不透明帯の個体が75~96%と優占し, 10月には縁辺部が狭い透明帯の個体が93%と優占するようになった。それ以後の12~2月には縁辺部が広い透明帯の個体が68~73%に増加した。したがって, カサゴの耳石断面に見られる不透明帯は,

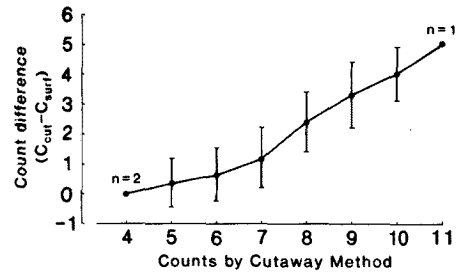


Fig. 3. Difference ($C_{cut} - C_{surf}$) in counts of otolith opaque zones of *S. marmoratus* between surface and cutaway reading methods in relation to counts by the cutaway method.

The vertical bar indicates the square root of unbiased variance.

Table 2. Comparison of opaque zone counts between surface and cutaway reading methods

No. by surf. method	No. by cutaway method								Total
	4	5	6	7	8	9	10	11	
3		2		1					3
4	2	22	9	4	2	1			40
5		39	18	11	2	2	1		73
6		3	25	7	4	1	2	1	43
7			2	4	2	2	1		11
Total	2	66	54	27	10	6	4	1	170

Otoliths were examined by the two different methods for 175 fishes. Stable counts were not available for five fishes.

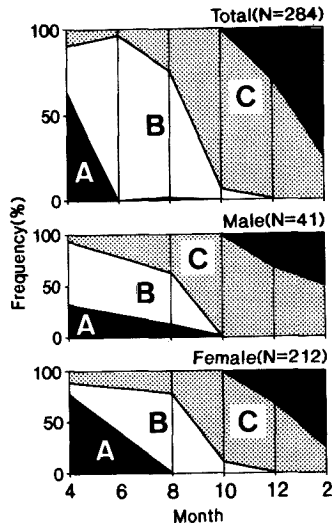


Fig. 4. Bimonthly changes in the appearance of otolith margin of *S. marmoratus* observed by the cutaway reading method by reflective light.

A: thick translucent zone, B: opaque zone, C: thin translucent zone.

水江¹⁾や三尾²⁾の結果と同様に、夏期を中心にして1年に1本形成される年周輪であると結論される。また表面法による結果¹⁾と同様に、雄の方が雌よりも耳石不透明帯形成時期がやや早いことが示唆された (Fig. 4)。

耳石不透明帯数分布の経年変化 以上の検討を通じて、特定の不透明帯計数値が卓越する場合が目立った。このような卓越年級群の存在の有無を確認するため、調査海域におけるおよそ1年間隔の標本魚として1987年2月の48個体、1988年4月の64個体、1989年4月の63個体、1990年2月の54個体、計229個体を選択し (Table 1)、各群における耳石不透明帯の度数分布を求めた。その結果を Fig. 5 に示す。1987年2月には不透明帯数5本の個体が卓越し、全体の50%を占めた。以後、卓越群の不透明帯数は毎年1本ずつ増加し、1990年2月には8本の個体が全体の46%を占めて卓越するようになった。このことから、調査海域におけるカサゴ個体群には卓越年級群が存在し、かつ耳石不透明帯が1年に1本形成される年周輪であることが支持された。

考 察

本研究において、カサゴの年齢形質とされる耳石不透明帯の観察に横断面法を用いたところ、左右耳石間で同数の不透明帯を、高い再現性をもって明瞭に計数し得た。横断面法による不透明帯は年周期的に形成され、かつ、卓越年級群の識別を可能にすることも確かめられた。こ

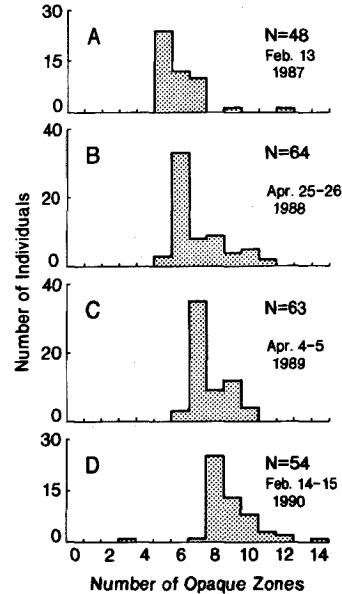


Fig. 5. Shift of mode in the frequency distribution of otolith opaque zone counts of *S. marmoratus* caught in about one year intervals.

Table 3. Number of otolith translucent and opaque zones of *S. marmoratus* hitherto reported and present counts

Location	Number of zones	Observation method
Nagasaki ¹⁾	1- 8	surface
Fukuoka ²⁾	1- 7	surface
Oita ³⁾	1- 7	surface
Miyazaki ³⁾	2-10	surface
Ehime ³⁾	1- 6	surface
Kagoshima ³⁾	1- 5	surface
Yamaguchi ⁴⁾	1- 5	surface
Kagawa ⁵⁾	1- 7	surface
Present study	3-15*	cutaway

* Result from whole (459) fishes examined.

れに対して、表面法による計数では、横断面法より計数値が低くなり、不透明帯数が増すほどその差が開く傾向が認められた。

過去に表面法を用いて計数されたカサゴの耳石不透明帯数を Table 3 にとりまとめた。計数基準が明確でない場合が多いので直接的な比較はむずかしいが、カサゴ放流技術開発研究会による宮崎県の結果³⁾を除くと、計数された輪紋数の最大値は7~8本であった。このことは、表面法による計数では最大で7本の不透明帯しか計数されなかった本研究の結果と類似している (Table 2)。こ

れと対照的に、横断面法による計数では、10本以上の不透明帯をもつ耳石が、Table 2の170個体を含む計459個体中の48個体に見いだされている。このことは従来の表面法による年齢査定が、年齢を低く見積もっていた可能性を強く示している。この影響は、7歳魚以上の年齢査定で特に大きく現れると考えられる。

Fujiwara and Hankin⁶⁾によると、ギンダラの耳石は、年齢の増大に伴い、耳石半径の成長が極端に減少する。しかし、耳石厚は直線的に成長を続け、その結果として表面法の観察面では不透明帯間隔が計数できないほど狭くなる。このことが表面法と横断面法で耳石不透明帯数が異なる原因と考えられている。他方、本研究のカサゴでは、表面法で観察される部位の不透明帯間隔は横断面法の計数軸のそれより広かった (Fig. 2)。しかも、耳石縁辺部における透明帯-不透明帯形成過程の横断面法による観察結果は、表面法による水江¹⁾や三尾²⁾の結果と同一であった。これらのことは、少なくとも縁辺から2本目までの不透明帯は不透明帯数にかかわらず、表面法でも確実に観察されることを示している。したがって、本種における両法の計数差の原因は、横断面法で計数される密になった部分 (Fig. 2の例では、横断面法による第5輪より外側)の不透明帯が、表面法では上下に重なった不透明帯層により識別不能になるためと考えられる。これらの点から、表面法による計数値は横断面法によるそれよりも信頼性に乏しく、年齢査定に用いるのは不適當と考えられる。

実際の年齢査定では、最初の不透明帯が何齢で形成されるかを明らかにしておく必要がある。飼育1歳魚の耳

石において、核部位以外の不透明帯は観察されなかった (林ら、未発表)ので、最初の不透明帯は1~2歳魚で形成されると思われる。したがって、核部位を除いた不透明帯数に+1したものが年齢と推察される。現在、飼育2歳魚における不透明帯形成を確認するために飼育実験を継続中である。

謝 辞

水産庁研究部漁場保全課の方々には、本研究を行う機会を与えて頂いた。株式会社東久栄と外津漁業協同組合の方々には標本の採集にご協力を頂いた。東京大学海洋研究所教授 川口弘一博士と東京大学名誉教授 羽生功博士には、本稿の校閲を頂いた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 水江一弘: カサゴの研究—III. カサゴの耳石に顯れる輪紋及びカサゴの成長に就て。長崎大水研報, 7, 1-9 (1958).
- 2) 三尾真一: 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究—II. カサゴの年令, 成長および成熟。九大農芸誌, 18, 437-449 (1961).
- 3) カサゴ放流技術開発研究会: カサゴ放流技術開発調査研究報告, 瀬戸内海栽培漁業協会, 神戸, 1975, pp. 36-43.
- 4) 有齒真琴, 松浦秀喜, 大内俊彦, 道中和彦: カサゴの放流技術開発に関する研究。山外水試研報, 16, 32-52 (1978).
- 5) 横川浩治, 井口政紀, 山賀賢一: 播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの年齢, 成長, および肥満度。水産増殖, 40, 227-234 (1992).
- 6) S. Fujiwara and D. G. Hankin: Aging discrepancy related to asymmetrical otolith growth for sablefish *Anoplopoma fimbria* in northern California. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 27-31 (1988).