

## 陸奥湾に来遊するマダラの年齢と成長

桜井 泰憲\*・福田 慎作

### The age and growth of the spawning Pacific cod in the Mutsu Bay

Yasunori SAKURAI\* and Shinsaku HUKUDA

This work was done to obtain preliminary information on the age and growth of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the spawning period in the Mutsu Bay, Aomori Prefecture. Age determination was made by the cutting method of otoliths. This method for determining age was more reliable than the reading of annual growth rings on scales and vertebrae. The ages of 97 individuals sampled in winter 1983-1984 consisted of seven age-groups from 2 to 8 years of age. The Bertalanffy growth equation derived from the mean body length (cm) at each age was as follows:

$$L_t = 102.8 [1 - e^{-0.29(t-0.524)}]$$

The dominant spawning age groups of the fish in the Mutsu Bay were estimated to be composed of 4, 5 and 6 years of age.

マダラ, *Gadus macrocephalus* の年齢査定に関しては、これまで鱗 (松原 1938), 脊椎骨 (橋本 1974, 早川・中西 1979) を用いた報告があるが、高年齢魚の年齢は判読しづらい魚種とされている (北水研他 1956, 久保・吉原 1969)。しかしながら、本種の資源動態や生活史を解明するためには、精度の高い年齢査定方法の確立が必要である。

魚類の年齢査定において、耳石の切断面を研磨して薄板とし、顕鏡判読する方法が行われている (久保・吉原 1969)。マダラと近縁種のスケトウダラ, *Theragra chalcogramma* では耳石切断法が用いられ (石田 1954), また、最近では幼・稚仔魚の耳石を樹脂包埋し、それを研磨と薬品処理して走査電子顕微鏡によって、日周輪紋の読み取りが行われている (Nishimura & Yamada 1984)。

本報告では、冬季に陸奥湾へ産卵のため来遊するマ

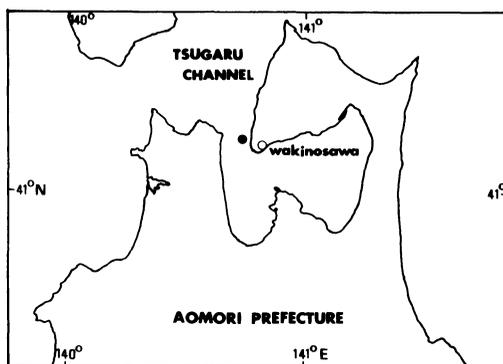


Fig. 1. Sampling location (●) of Pacific cod in the Mutsu Bay.

ダラを対象とし、耳石の切断と研磨により薄板標本を作製し、その年齢査定の検討を行うとともに、これらの結果に基づいて来遊群の成長および年齢構成を推定

\* 青森県営水族館 (Aomori Prefectural Asamushi Aquarium, Asamushi, Aomori-shi, Aomori-Ken)

Table 1. Comparison of weight and length of right and left otolith in Pacific cod.

	Sex	Total	Number of individuals (%)		
			Right>Left	R = L	R < L
Weight of otolith	Male	42	19 (45.3)	9 (21.4)	14 (33.3)
	Female	29	13 (44.8)	5 (17.3)	11 (37.9)
Length of otolith	Male	42	16 (38.1)	3 ( 7.9)	23 (54.8)
	Female	28	9 (32.1)	0	19 (67.9)

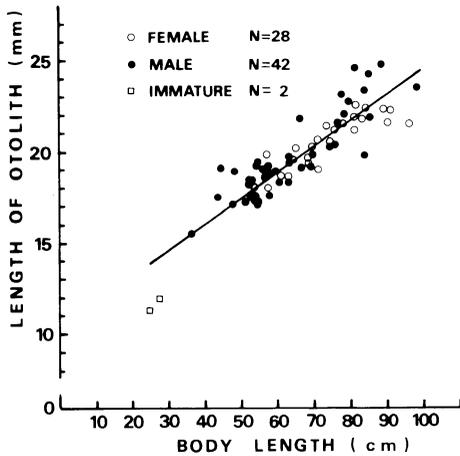


Fig. 2. Relationship between otolith length and body length in Pacific cod.

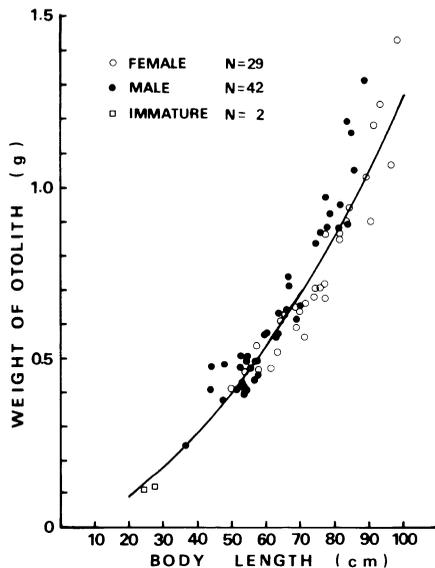


Fig. 3. Relationship between otolith weight and body length in Pacific cod.

した。

稿を進めるにあたり、数々の御指導と御助言を頂いた青森県水産増殖センター横山勝幸氏、並びに青森県管浅虫水族館早川豊氏に厚くお礼申し上げる。

## 材料と方法

供試魚は、1983年12月と1984年1月に、下北半島の陸奥湾湾口部に位置する脇野沢の沖合に設置された底建網（水深50～65m）で漁獲された計96尾である（Fig. 1）。耳石は頭部を切断して左右からそれぞれ採取し、標本ビンに水と共に収容保存した。

耳石包埋標本の作製には、長方形の亚克力架台にビニールテープと紙で枠を作り、半透明のエポキシ接着剤（24時間硬化型）を、アルコールランプで溶かしながら流し込み、この中に耳石を浸漬し、約80℃の恒温器内で1～2時間で硬化させた。硬化包埋標本の切断には、小型切断機（マルトーカッター、MC100型）を用いた。まず最初に、亚克力架台より耳石を封入した硬化ブロックを切り出し、次いでそれを耳石中央部の短軸方向に0.5～0.7mmの厚さで切断し、2～4枚の標本を作成した。

その後、水を入れた平板な容器内の耐水研磨紙上で、厚さ約0.1～0.3mmに研磨した。

作成した耳石薄片標本は、水に浸漬させ、実体顕微鏡を用いて暗視野の状態で耳石輪紋の読み取りを行った。

## 結果と考察

カレイ類では、無眼側と有眼側の耳石は形態的に不相称であるため、耳石を年齢査定に用いる場合には無眼側の耳石に統一している（久保・吉原1969）。そこでマダラについて、左右の耳石の形態差を耳石長と耳石重量で比較を行った（Table 1）。その結果、耳石長、

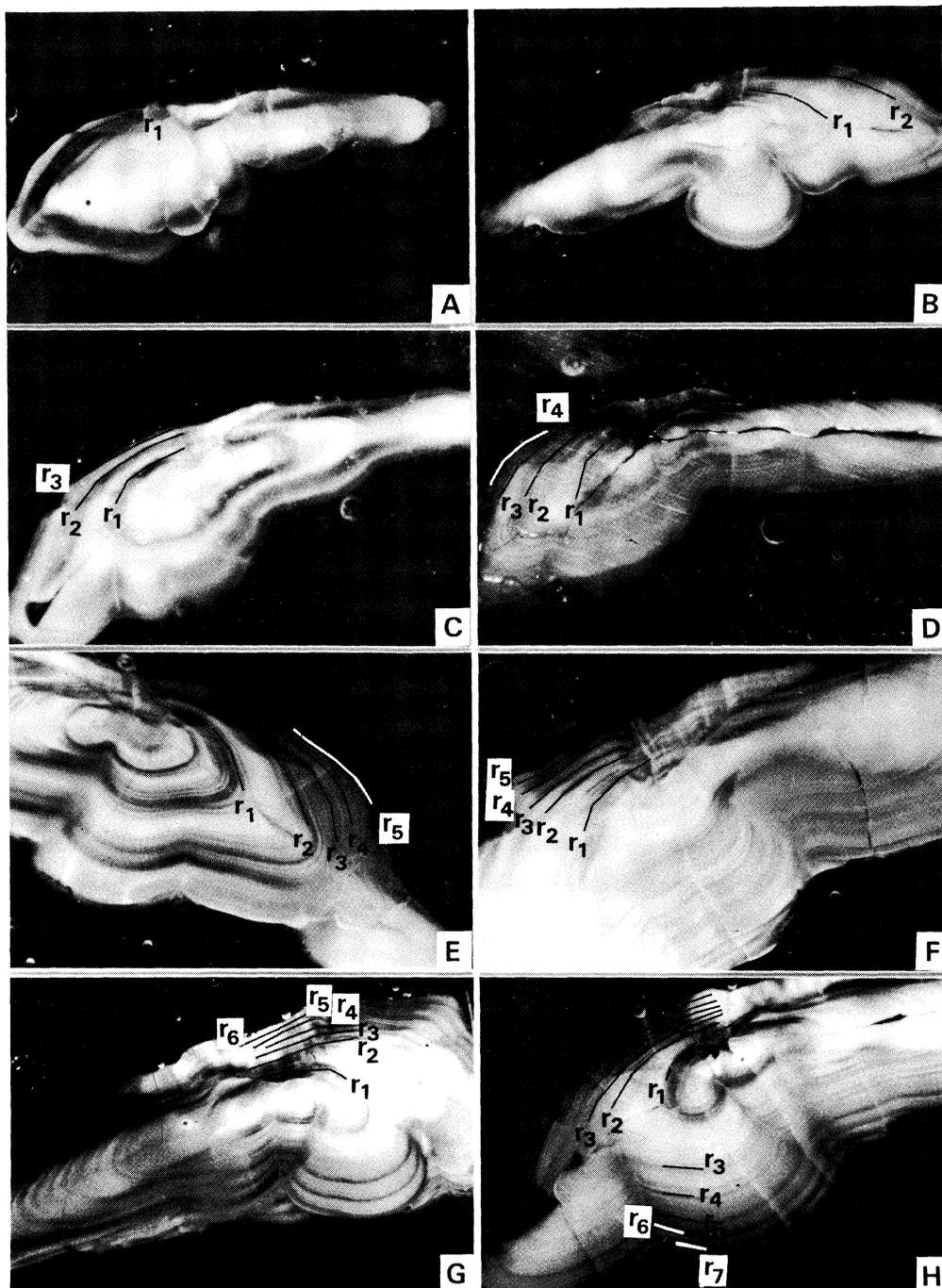


Fig. 4. Sections of the otolith in Pacific cod.

- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>A.</b> 2 years of age, BL : 279 mm | <b>B.</b> 2 years of age, BL : 365 mm |
| <b>C.</b> 3 years of age, BL : 540 mm | <b>D.</b> 4 years of age, BL : 575 mm |
| <b>E.</b> 5 years of age, BL : 615 mm | <b>F.</b> 6 years of age, BL : 770 mm |
| <b>G.</b> 7 years of age, BL : 905 mm | <b>H.</b> 8 years of age, BL : 935 mm |

Table 2. Observed and estimated body length (cm) by age group in Pacific cod collected from December 1983 to January 1984.

Age	Number of individuals	Body length (cm)		
		Mean $\pm$ S.D.	(range)	Calculated*
1				13.3
2	3	29.8 $\pm$ 4.88	(25.0–36.5)	35.9
3	5	52.8 $\pm$ 3.50	(47.6–56.5)	52.7
4	26	58.8 $\pm$ 8.23	(44.1–76.0)	65.4
5	29	66.9 $\pm$ 8.32	(53.0–82.5)	74.9
6	17	73.8 $\pm$ 9.53	(52.5–83.5)	81.9
7	13	88.2 $\pm$ 3.78	(82.0–96.5)	87.2
8	3	92.0 $\pm$ 6.02	(84.0–98.5)	91.1

\* Based on Bertalanffy growth equation.

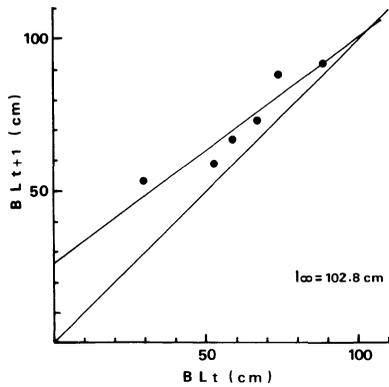


Fig. 5. Fitting the Bertalanffy growth equation to the Pacific cod data by the Walford graphic method.

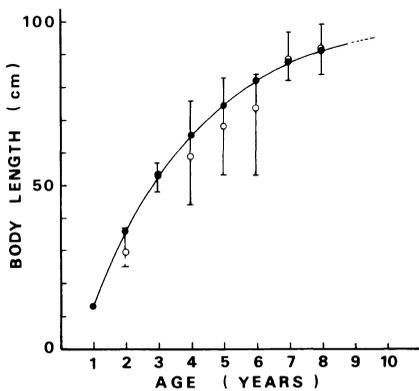


Fig. 6. Growth curve of Pacific cod. Open circles are the average body length of Pacific cod in each age group. Vertical bars denote the range of body length of the fish. The fitted curve was obtained with the Bertalanffy growth equation.

重量とも左右では一定の不相称性は見い出せなかった。従って、体長と耳石長、耳石重量の関係には左右の耳石の計測値の平均値を用いた。耳石長と体長 (Fig. 2) および耳石重量と体長 (Fig. 3) から次の回帰式が得られた。なお、ここでは雌雄を一括して関係式を求めた。

体長 (BL, cm) と耳石長 (OL, mm)

$$OL = 10.35 + 0.141 BL$$

$$(N=72 \quad r=0.894 \quad P<0.001)$$

体長 (cm) と耳石重 (OW, g)

$$OW = 5.49 \times 10^{-4} BL^{1.681}$$

$$(N=73 \quad r=0.962 \quad P<0.001)$$

各年齢毎の耳石断面像を Fig. 4-A~H に示した。本種の耳石には不透明帯と透明帯の輪紋が順次形成されており、耳石外縁部には Fig. 4-A の2歳魚を除き、いずれも透明帯が観察された。このことは、冬季に成長停滞を示す透明帯が形成されることを示唆している。また、Fig. 4-B, C, E のように耳石核中心部を切断した標本では、耳石核と  $r_1$  (1 齢の輪紋) の間に細い透明帯が観察された。しかし、いずれの場合も、耳石核と  $r_1$  のほぼ中間に形成され、また耳石核からこの透明帯までの距離は  $r_1$  と  $r_2$  の距離に比べて明らかに短く、さらに年輪と判断した輪紋に比べて細く不明瞭である場合が多かった。このことから、この輪紋は孵化後1年目の間に何らかの成長停滞もしくは生理的变化を反映して形成されたものと推定された。

年齢の読み取りは  $r_1$  までを1 齢  $r_2$  までを2 齢と順次行ったが、最高齢魚は Fig. 4-H の8歳魚であった。本種の耳石は外観からは年齢を読み取ることが不可能に近く、また、脊椎骨や鱗では高齢魚の読み取り精度が低下することが指摘されているが (橋本 1974), 耳石の切断研磨法ではより精度の高い年齢査定

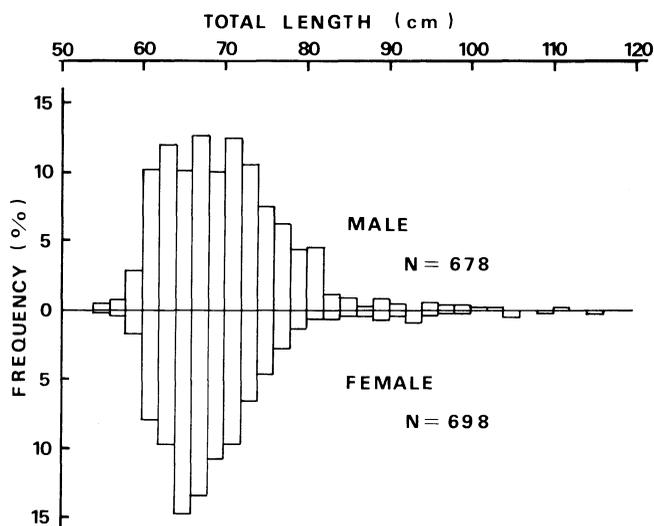


Fig. 7. Total body length distribution of spawning Pacific cod migrated to the Mutsu Bay in winter 1983-1984.

結果を引き出すことが可能と判断された。

そこで、この方法で年齢を読み取った計96尾の査定結果に基づいて、陸奥湾に來遊するマダラの年齢構成と成長式の推定を試みた。Table 2 に各年級毎の平均体長とその標準偏差を示した。当該海域に冬季來遊するマダラは産卵群が主体となっていることから、2歳以下の若齢群は少なく、平均体長で58.8 cmと66.9 cmの4, 5歳魚が標本中の57%を占めていた。これらの各年級群の平均体長をWALFORDの定差図にあてはめ (Fig. 5), 次の直線回帰式と極限体長 ( $l_{\infty}$ ) を求めた。

$$BL_{t+1} = 0.747BL_t + 26.0$$

$$l_{\infty} = 102.8 \text{ cm}$$

これらの結果を von BERTARANFFY の成長式にあてはめ、各年齢ごとの平均体長と体長範囲を Fig. 6 に示したが、その成長式は

$$BL_t = 102.8 \left[ 1 - e^{-0.291(t-0.524)} \right]$$

となった。

また、これより求めた年齢ごとの計算体長を Table 2 に付記した。

次に、1983年12月～1984年3月までに陸奥湾へ産卵回遊したマダラの年齢構成の検討を行った。Fig. 7 に83年12月から84年3月にかけて、陸奥湾内で漁獲されたマダラの雌雄の全長組成の頻度分布を示した。これより雌雄とも60 cmから80 cmまでのものが全体の90%強を占めている。そこで、耳石摘出に供し

た計96尾の魚体測定結果をもとに、全長 (TL, cm) と体長 (BL, cm) の直線回帰式を求めると

$$BL = 0.929TL - 0.388$$

$$(N = 96, r = 0.998, P < 0.001)$$

となり、これを体長に換算すると約55 cmから74 cmである。これは Table 2 の年齢ごとの実測体長からみると4～6歳魚に相当し、4, 5歳魚が産卵の主群をなすと推定される。この結果は川村・小久保 (1948) の1946年度冬季の調査結果に類似し、陸奥湾のマダラ資源は4, 5歳の年級群が支えてきたものと推察される。

以上に、マダラの耳石の切断研磨法による年齢査定と産卵群の年齢構成を推定したが、本種の資源動態や生態に関する知見は、未だ乏しいのが現状である。近年、青森県においても、親魚の標識放流による回遊経路の追跡や孵化放流技術の開発が進められており (横山ら 1984), 今後とも年齢構成などの資源特性を明らかにしていく必要がある。

## 引用文献

- 松原喜代松 1938. 沖鱈および根鱈に就いて I. 年齢組成, 全長および体重. 日水会誌 8: 249-250.
- 川村輝良・小久保清治 1948. 陸奥湾産鱈に就いて. 青森県水産資源調査報告 1: 186-191.
- 石田昭夫 1954. 北海道周辺のスケトウダラの年齢査

- 定と、耳石にあらわれた形質の海区による差異について、北水研報 11:36-67.
- 北海道区水産研究所・北海道立水産試験場・北海道区底魚資源研究集団 1956. 北海道の機船底曳網漁業とその資源, マダラ. 北海道区資源調査報告 1:44-50.
- 久保伊津男・吉原友吉 1969. 年齢形質, 年齢査定法, 水産資源学, 共立出版 1-134.
- 橋本良平 1974. 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究, 東北水研研報 33:51-67.
- 早川豊・中西広義 1981. マダラ増殖試験, 青水増事業概要 10:158-169
- 横山勝幸・金田一拓志・福田慎作・工藤敏博・小倉大二郎・早川豊・中西広義 1984. マダラ増殖試験, 青水増事業報告 13:244-252.
- NISHIMURA, A. and YAMADA, J. 1984. Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), as determined by otolith daily growth increments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 82:191-205.