

## 鱗によるミナミマグロの年令と成長\*

Age and growth of southern bluefin tuna *Thunnus  
maccoyii* (CASTELNAU) by use of scale

行 縄 茂 理

(遠洋水産研究所)

Mori YUKINAWA

(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

### Synopsis

The present paper deals with determination of age and growth of southern bluefin tuna by use of rings appearing on the scale. The samples were taken from 2,240 fishes in 1963-1968 around Australia caught by Japanese longline fishery, and in addition, the scale samples of 268 fishes taken by Australian surface fishery were offered from Division of Fisheries and Oceanography, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Fig. 1).

Growth curve was estimated only upon data from 2,240 fishes caught by Japanese longline fishery, because scale sampling in both fisheries was made from quite different part of fish body. Growth curve thus estimated was examined by mode of the length frequency and also by growth of tagged fishes. In addition, it was compared with the result (ROBINS 1962) drawn from length frequencies of the surface fishery catch.

Observed values of scale reading were standardized by a formula relating scale radius and fork length.

The results are as follows:

1. The scales were successfully read for 1,025 specimens among 2,508 samples. The rate of success is decreasing for the bigger fish (Table 1).
2. Growth of scale against fork length seems allometric. However, it appears linear for fish less than 153 cm. for which successful scale reading was done. Therefore, a linear relation was represented between fork length and scale radius (Fig. 3).
3. Ring on the scale was ascertained to be formed regularly from the following facts, **a**: The ring count increases with development of body length (Fig. 4), and **b**: A similarity in a relation between scale radius and ring radius in a fish of F. L. 94 cm. female, and as well, among five scale ring fishes (Figs. 5, 6). Furthermore, **c**: marginal increments indicate that each ring on the scale is formed once a year with regular time interval from September to October (Fig. 8), that is, the rings on the scale of southern bluefin tuna are the annuli.
4. The "Lee's phenomenon" was observed on the calculated lengths at each mean ring formation by age class (Table 3). It looks like suggesting the effect of fisheries selectivity. Therefore, the growth curve and growth equation were calculated by the mean value of three to eight age class (the last column of Table 6) in order to make the least effect of fisheries selectivity. The von Bertalanffy's equation calculated by fork length corresponding to full age is as below,

\* 1970年1月10日受理 遠洋水産研究所業績 第34号

$$Lt = 219.7 \{1 - e^{-0.135(t+0.04)}\}$$

Growth curves closely resemble among the sexes.

5. Growth of southern bluefin tuna estimated from length frequencies of Australian surface fisheries catches (ROBINS 1962) was slightly rapid than that obtained by the present study (Fig. 10), except for the young stage.
6. Growth of tagged fishes is generally slow than that obtained by the present study (Figs. 13, 14) and yet, the differences are not so significant, considering possible inaccuracies of measuring tagged fish length and possible hindrance in growth due to tagging.
7. The yearly variations of growth during 1963-1968 do not seem so big (Table 11).

ミナミマグロは、日本のマグロ延縄漁業の対象として近年著しく重要性が高まり、とくに、1960年頃より日本の延縄漁船によって強い漁獲の影響をうけ、資源状態の評価が急がれている(本間 1967)。

ミナミマグロの生態については、現在まで多くの研究者によって釣獲率、体長組成、成熟度、標識放流魚再捕記録などに基づいて主として分布、移動が明らかにされてきている(三村・中村 1959, 上村・本間 1959, SERVENTY 1956, 藁科 1960, 1968, 三村・藁科 1962, 三村 1962, ROBINS 1962, 木川 1964, HYND 1965, HYND 他 1966, 新宮・藁科 1965, 新宮 1967, 1968, 未刊)。しかし、年令に関しては、ROBINS (1962) が体長組成を用いて解析したものを除いて、SERVENTY (1956), HYND (1965) の断片的な報告があるに過ぎない。そして、標本の漁獲方法或いは年令査定の方法が異ると、推定された成長曲線が相違することが、例えばキハダについて知られている(F. A. O., 鈴木未刊)。したがって、ミナミマグロについても体長組成以外の材料を用いた年令査定結果と ROBINS の結果を比較検討する必要がある。著者は、鱗にあらわれる輪紋から成長曲線を推定し、体長組成にみられるモードや、標識魚の再捕結果とも併せて吟味したので報告する。

この研究を進めるにあたり、材料の収集に御協力頂いた各県水産試験場の試験船、水産高等学校の練習船の方々、オーストラリア沿岸にて漁獲される小型魚の鱗を提供して頂いたオーストラリアの Division of Fisheries and Oceanography, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization の各位、ならびに懇切なる御指導を頂いた林繁一当水研浮魚資源部第一研究室長、また有益なる助言をして頂いた木部崎修所長、福田嘉男企画連絡室長、須田明浮魚資源部長、山中一郎海洋部長および同所々員に対して深く感謝の意を表する。

### 材料およびその処理

魚類の硬組織が年令形質として用いられるにはいくつかの条件を具備しなければならない(岡地他 1958)。しかし、研究の実施にあたってはこれらの条件のほか、採取や処理の容易さも重要な条件となる(三谷 1960)。この条件は研究を始めるにあたって予見当をつけることができる。ミナミマグロではそれを最もよく満すものは鱗である。数個体の耳石について表面観察を行ったが、輪紋を判別することができなかった。また、耳石は脊椎骨と同様、採取、処理は容易ではない。したがって、ここでは鱗を材料として用いた。

使用した鱗は、1963~1968年にオーストラリア周辺のミナミマグロ漁場から得た(第1図)体長38~184cmの2,508尾のものである。このうち、2240尾は日本の延縄漁船および各県所属試験船、水産高等学校所属練習船によって、268尾はオーストラリアの表層漁業(竿釣、曳縄)によって漁獲されたものである。しかし、この2,508尾のうち、輪紋判読のできた個体は全体の41%にあたる1,025尾にすぎない。輪紋判読のできたものの割合は、小型魚で高く、大型魚程低下し、体長153cmを超えるものでは輪紋は全く判読できなかった(第1表)。

このうち、雌雄の判明しているものは試験船、練習船によって採鱗された雄180尾、雌104尾である。

採取した鱗の処理および鱗径  $R$  と輪紋径  $r_n$  の測定は、既報(藁田, 行繩 1960, 1963, 行繩, 藁田, 1963, 1967)の場合と全く同じ方法で実施した。

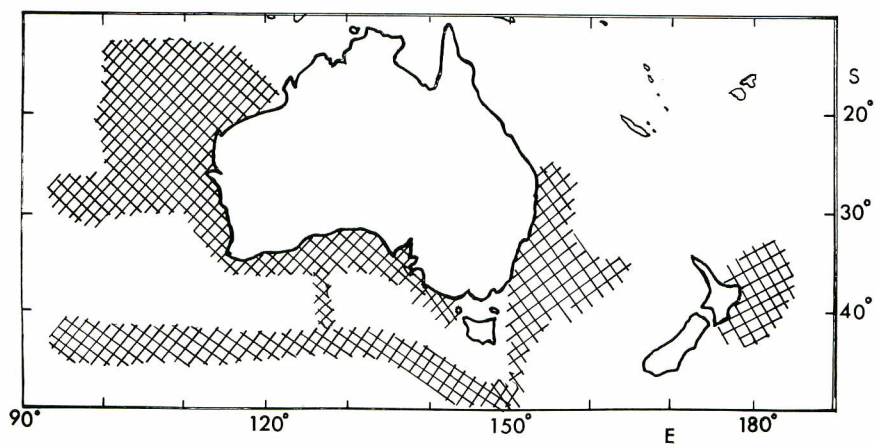


Fig. 1. Map of sampling area

**Table 1.** Number of southern bluefin tuna of different length class for scale reading, captured by longline and surface fisheries in the Australian waters, 1963-1968

Method of fishing	Longline fishery		Surface fishery	
	No. of fish taken by scales	No. of fish determined by scale rings	No. of fish taken by scales	No. of fish determined by scale rings
Year				
1963	591	219	211	154
1964	1,026	418	57	47
1965	333	67		
1966	99	15		
1967	102	56		
1968	89	49		
Total	2,240	824	268	201
Length class (cm)				
31-40			13	13
41-50			24	23
51-60			43	37
61-70	3	2	54	42
71-80	53	31	77	57
81-90	107	73	38	18
91-100	195	143	19	11
101-110	336	224		
111-120	348	167		
121-130	331	83		
131-140	320	65		
141-150	317	32		
151-160	165	4		
161-170	46			
171-180	15			
181-190	4			
Total	2,240	824	268	201

鱗径、輪紋径の測定資料は月別に整理したが、延縄漁船の水揚物より得たものには操業期間が3ヶ月以上の長期にわたっていて、詳細な漁獲日時がわからないものもかなりある。

長期間にわたって操業した漁船から得た標本は、操業期間の中心となる月にとられたものとした。このような取扱いをしたために、漁船の水揚物から得た標本については、実際に漁獲した月と、ここで整理した月と1、2ヶ月ずれている場合もあり得る。材料を得た海域は広範囲にわたっているが、これらをすべて一括して取扱った。それは、これらの海域で漁獲されるミナミマグロは同一系群に属すると考えられているからである(三村・中村 1959, ROBINS 1962, 三村・薬科 1962, 新宮・薬科 1965, 新宮 1967)。

ミナミマグロの標識放流は殆んど C. S. I. R. O. の手によって実施されている。本報告で用いた資料は C. S. I. R. O. の Fisheries Field Bulletin Nos. 1~59 に掲載されている放流および再捕の時期、場所、体長の記録である。

体長測定資料は、1958~1965年に試験船、練習船によって得たものである。本報告で云う体長とは尾叉長(吻端から尾叉中央までの距離)であり、1cm単位で測定され、2cm単位で組成にまとめられている。また、魚市場において延縄漁船の水揚物について測定した体重測定資料もあるが、季節海域によって(生態面の変化)体長-体重関係が著しく変化し(薬科 1968)、成長を論ずるには不適であるので使用しなかった。

## 結 果

### 1. 採鱗部位および輪紋の型について

鱗を年令形質として用いる場合には、測定値の変動を小さくするために採鱗部位を定めるのが好ましい。マグロ類では、輪紋判読が容易にできる尾部の鱗が用いられている。

ミナミマグロについては、体長 130~140 cm の延縄漁獲物5尾の尾部における鱗を比較し、側線の下方の第5と第6腹側離鱗の間の鱗が輪紋の読取りや測定が最も容易であったので、この部分を採鱗部位に指定した。しかし、採取された鱗は必ずしも指定部位から採取されたものばかりではなかった。一方 C. S. I. R. O. で指定した採鱗部位は、第2背側離鱗下方の側線の腹側の部分である。採鱗指定部位が日本とオーストラリヤで相違しているのは、両国の漁業が対象としている魚の大きさが異っているためと思われる。オーストラリヤ沿岸の表層漁業は体長 110 cm 以下の主として 50~100 cm の小型魚を漁獲し、日本の延縄漁業の漁獲物は 100 cm 以上の主として 110~170 cm の魚体で構成されている。マグロ類の鱗は魚体の成長に伴って肥厚する。また、同一個体の中では、頭部に近いもの程大きく、かつ厚い。小型魚のみを対象として採鱗する場合には、同じ尾部においても、頭部に近い部位からとった比較的大きい鱗の方が輪紋の判読、測定が容易であり、大型魚の場合には、透影機の光線を透過しやすい尾柄に近い薄い鱗が適当な材料となるからであろう。

ミナミマグロの鱗は、他のマグロ類同様円鱗であって、隆起線は同心円状に形成されている。鱗には、隆起線が非常に狭い巾ではあるが、密になっていたり、或いは、切断されて、いわゆる“たちぎり”と称される状態になっているのがみられる。このような状態になっているものが弧となって同心円状の輪を作っているものを輪紋とした(図版)。

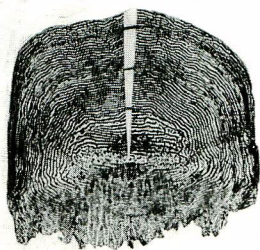
Plate



Scale with one ring from a fish of 40 cm.  
F. L. taken in western seas of Australia  
by ESTELLE STAR



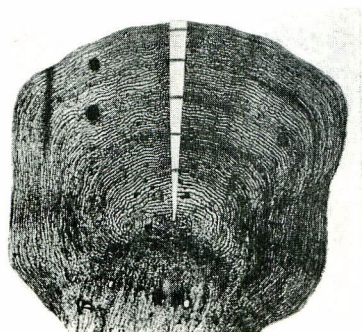
Scale with two rings from a fish of 62 cm.  
F. L. taken in western seas of Australia  
by ESTELLE STAR



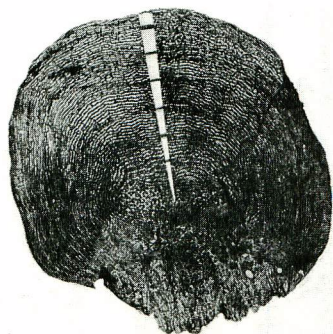
Scale with three rings from a fish of 81 cm.  
F. L. taken at Lat. 44°S, Long. 97°E. by  
*FUMI MARU* No. 2



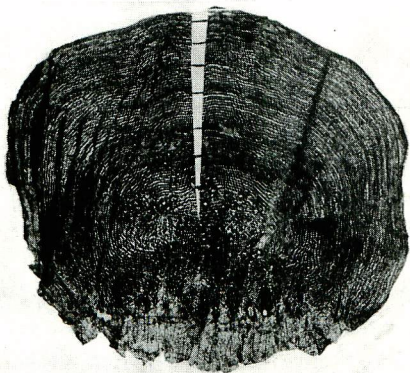
Scale with four rings from a fish of 108 cm.  
F. L. taken at Lat. 43°-46°S., Long. 147°-  
150°E., by *FUKURYU MARU* No. 21



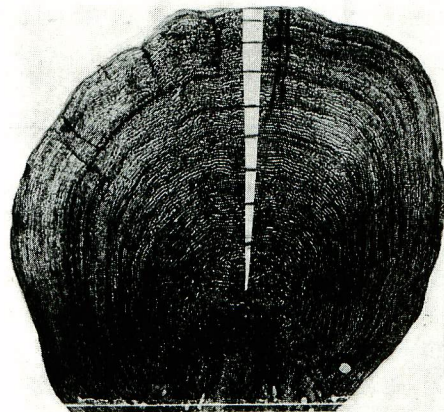
Scale with five rings from a fish of 123 cm.  
F. L. taken at 40°S., 176°E., by *MIKUNI*  
*MARU* No. 31



Scale with six rings from a fish of 124 cm.  
F. L. taken at Lat. 33°-38°S., Long. 152°-  
155°E. by *SHOYU MARU* No. 2



Scale with seven rings from a fish of 138 cm.  
F. L. taken at Lat. 27°S., Long. 105°E., by  
*GENYO MARU*



Scale with eight rings from a fish of 147 cm.  
F. L. taken at Lat. 30°S., Long. 100°E., by  
*MATSUSEI MARU* No. 15

## 2. 体長と鱗径

延縄漁獲物より得た標本の体長  $L$  (cm) と鱗径  $R$  (mm) との関係には非常に大きな変異がみられる(第2図)。この大きな“ばらつき”は同一部位鱗における個体間の変異のみでなく、指定部位以外から採鱗したこ

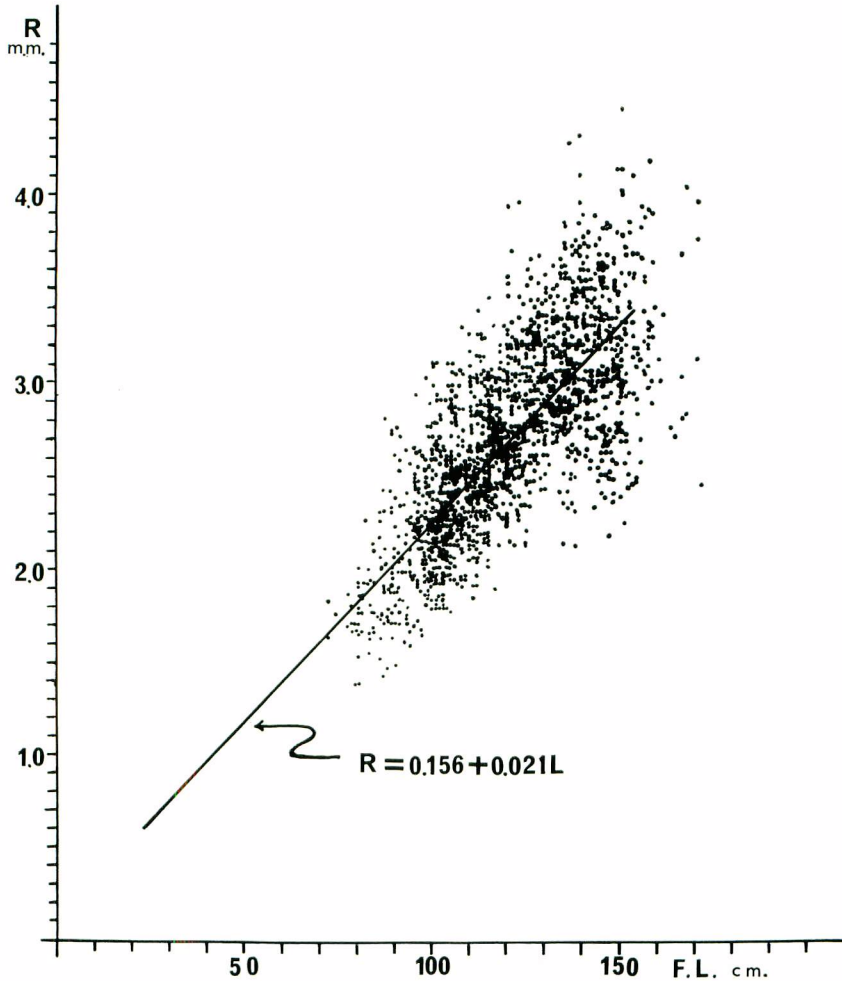


Fig. 2. Relation between fork length (F.L.cm.) and scale radius (R,mm.) of southern bluefin tuna taken by Japanese longline fishery straight line denote regression line of scale radius on fork length for fish of 71-153cm.

とによって生じた誤差も含まれていると考えられる。変異は大きいですが、体長に対する鱗径の成長は、体長 130～140 cm 附近からやや低下し、この附近から弯曲しているように見える。しかし、その弯曲する点のはっきりしないし、ばらつきも非常に大きい。また、鱗を採取する際に、小型魚ではやや指定部位の頭部寄りを、大型魚では尾柄寄りの部分に偏って採鱗されたことも考えられる。このようなことから、ミナミマグロの体長と鱗径の関係は allometry なるものである可能性も考えられるが、はっきりしないので、とりあえずここでは輪紋を判読できた 153 cm 以下のものについて、直線関係をあてはめても無理はないように思われるので、153 cm 以下の資料から体長に対する鱗径を

$$R = 0.156 + 0.021L \quad (1)$$

の直線式で表した。(第2図)この両者の関係については厳密な採鱗によって明らかにする必要がある。輪紋径の個体間変異を取扱う際には、測定値(実測値)そのものではなくて、(1)式の直線式を用いた(2)式によって標準化した。

$$r_{in} = \frac{r'_{in}}{R_i} (0.156 + 0.021L_i) \quad (2)$$

$r_{in}$  :  $i$  個体の第  $n$  輪の標準輪紋径 (mm.)

$r'_{in}$  :  $i$  個体の第  $n$  輪の実測輪紋径 (mm.)

$R_i$  :  $i$  個体の実測鱗径 (mm.)

$L_i$  :  $i$  個体の体長 (cm.)

オーストラリアの表層漁業で漁獲された標本においても体長に対する鱗径の変異はかなり大きい(第3図)。

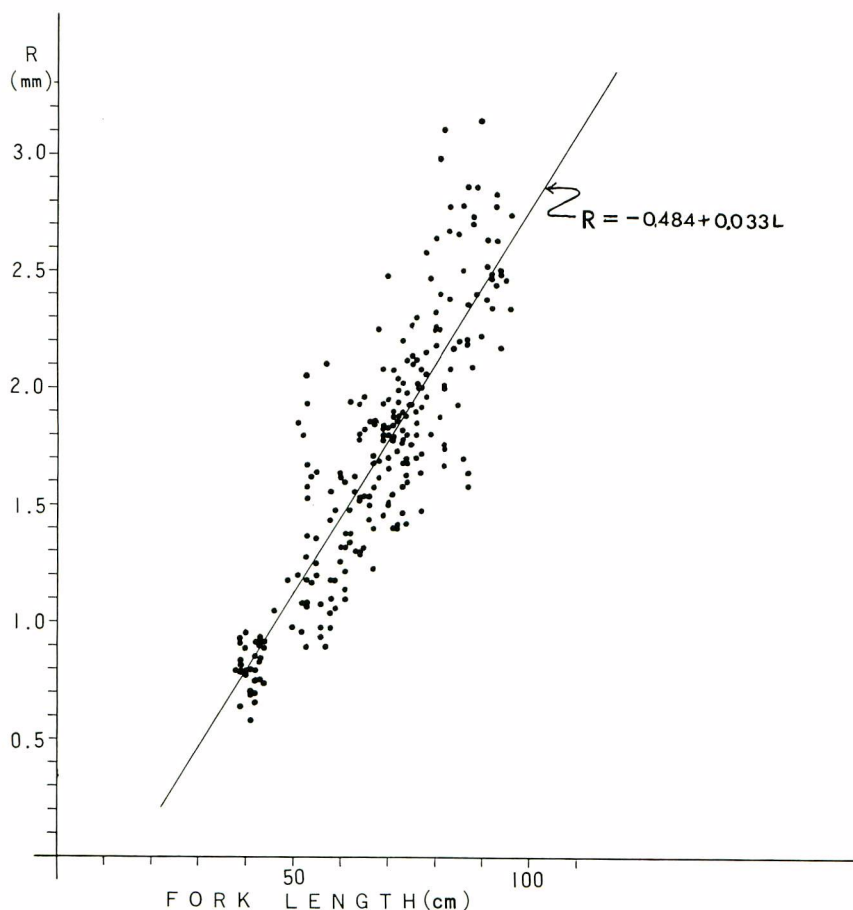


Fig. 3. Relation between fork length and scale radius (R.) of southern bluefin tuna taken by Australian surface fishery

$$R = -0.484 + 0.033L \quad (3)$$

があてはまる。この(3)式の回帰直線は延縄漁業の漁獲物のそれとは明らかに異り、一次の回帰係数は延縄漁獲物に比べて高くなっている。この違いは、採鱗部位および、体長範囲の相違によるものと考えられる。表層漁

業の漁獲物から採鱗したものは、その数も少なく、延縄漁獲物のもとは採鱗部位が異なっているので、延縄漁獲物より得た資料とは“こみ”にして使用することはできないようであり、成長曲線の検討には延縄漁獲物の資料のみを使用した。

### 3. 輪紋の規則性

ここで輪紋数を判読できた1,025尾は1~8輪のものであった。これらの輪紋が年令形質として有効であるためには、輪紋数、輪紋径にはつぎのような規則性が必要である。

- 1) 輪紋の数は体長の大きいもの程多い。
  - 2) 同一個体から採取した鱗の間では、輪紋数は一定であり、しかも各輪紋の鱗の上における相対位置も略一致する。
  - 3) 輪紋数の等しい個体から採取した鱗にも、鱗の上における各輪紋の相対位置は略一致する。
  - 4)  $n$  番目と  $n \pm 1$  番目(隣り合った輪紋)の間では、輪紋径組成は異り、その平均値は有意に異なる。
- これらの条件を検べるために、つぎの検討を行った。

- 1) 輪紋数別の体長組成を比較した。
- 2) 体長 64 cm 雌の1個体の尾部における種々の部位から大きさの異なる56枚の鱗を採取して、これらの輪紋の数をかぞえ、鱗径、輪紋径を測定した。各輪紋の相対位置の均一性は鱗径と輪紋径とが略原点を通る直線関係にあり、夫々の直線が有意に異なるかどうかによって吟味した。
- 3) 資料の多い5輪魚について、体長で補正した標準鱗径と輪紋径が略原点を通る回帰直線上に点在するかどうかを検べた。
- 4) 1~8輪の輪紋径組成および平均輪紋径を比較した。

これらの諸検討を行った結果は以下のごとくである。

- 1) 輪紋を判読できた1~8輪の体長組成を比較すると、上述した前提は略満足されている。

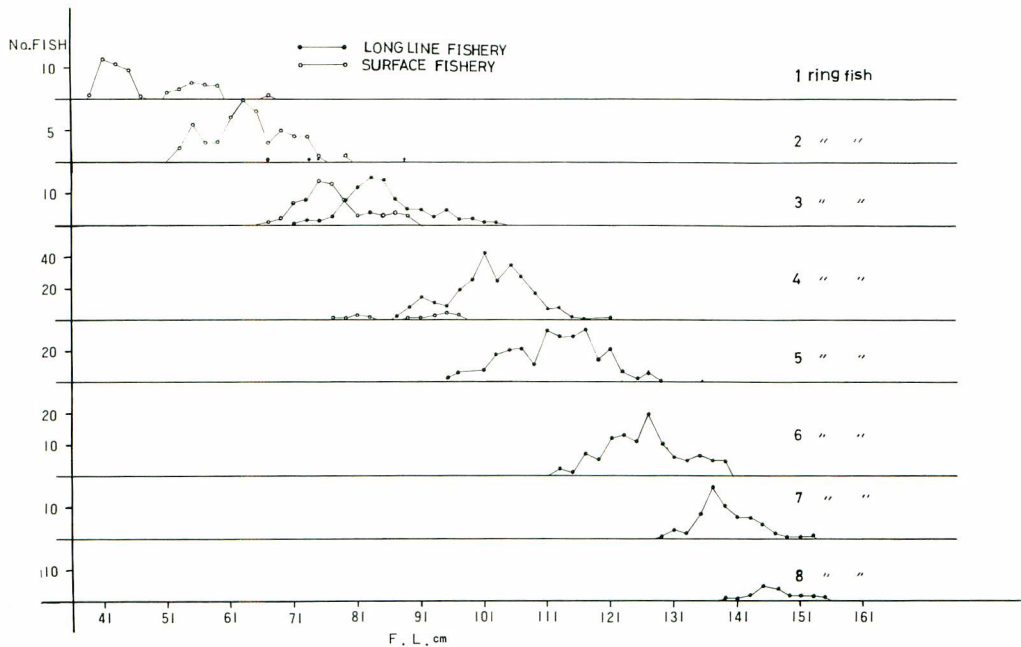


Fig. 4. Length composition of fish with one to eight rings caught by longline and surface fisheries in the Australian waters, 1963-1968



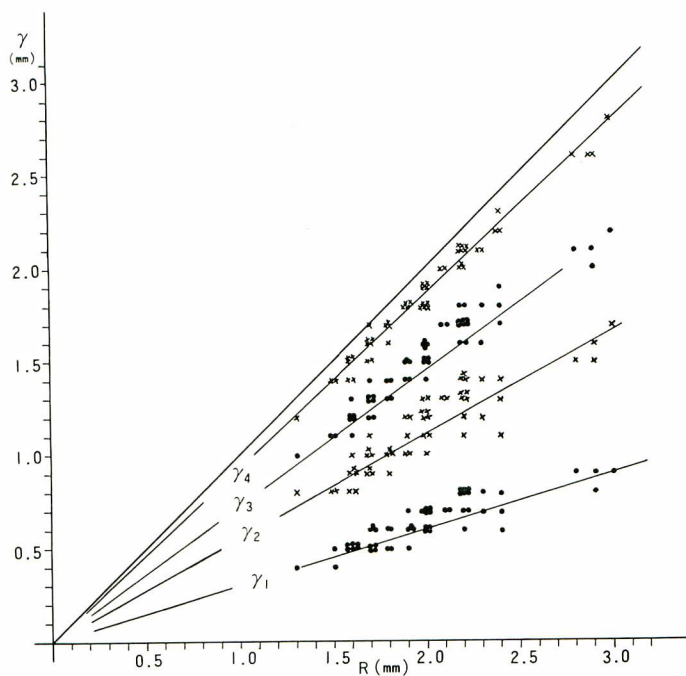


Fig. 5. Relation between scale radius ( $R$ ) and ring radius ( $r$ ) of scale taken one side of caudal peduncle of a female, 94 cm in fork length  $r_1$ ...1st ring  $r_2$ ...2nd ring  $r_3$ ...3rd ring  $r_4$ ...4th ring

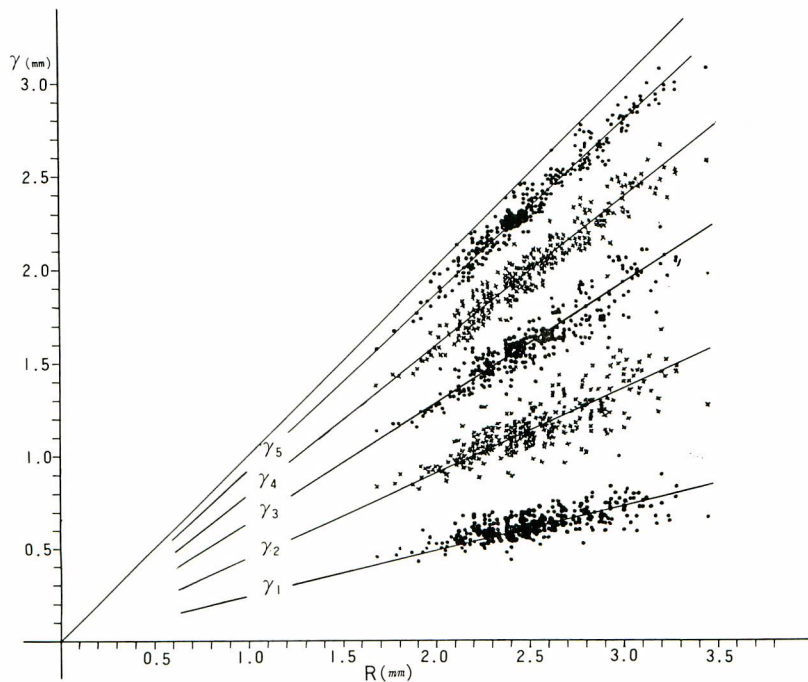


Fig. 6. Relation between scale radius ( $R$ ) and ring radius ( $r$ ) of 266 fishes with five rings  $r_1$ ...1st ring  $r_2$ ...2nd ring  $r_3$ ...3rd ring  $r_4$ ...4th ring  $r_5$ ...5th ring

すなわち、体長が大きければ輪紋数は多く、輪紋数の少ない小型魚程  $n$  輪魚と  $n+1$  輪魚の体長組成とは明瞭に分離している。輪紋数が増加するにつれて分離は不明瞭となり、重複する部分が多くなるが、モードは相互に異っている（第4図）。

2) 体長 94 cm の 1 個体からとった 56 枚の鱗にはすべて 4 輪が認められた。これら 4 つの鱗径に対する輪紋径の回帰直線は互に有意に異り、しかも、略原点を通っている。したがって、同一個体からとられた鱗は、略同じ相対位置に同数の輪紋数をもっといえる（第5図）。

3) 5 輪魚の各輪紋も同一個体の場合と同様な相対位置に形成されているのが認められ、夫々の回帰直線は略原点を通り、夫々の回帰直線は有意に異なる（第6図）。

4) 1~8 輪の輪紋径組成を比較すると、内側に形成された輪紋程隣り合った組成と重なり合う部分は少なく、外側に形成されている輪紋数の大きなものになるにしたがって、隣り合った組成との分離は不明瞭である（第7図）。一般に、魚類の成長は、高年齢になる程小さくなるので、輪紋径組成にみられるこの変化は、ここで

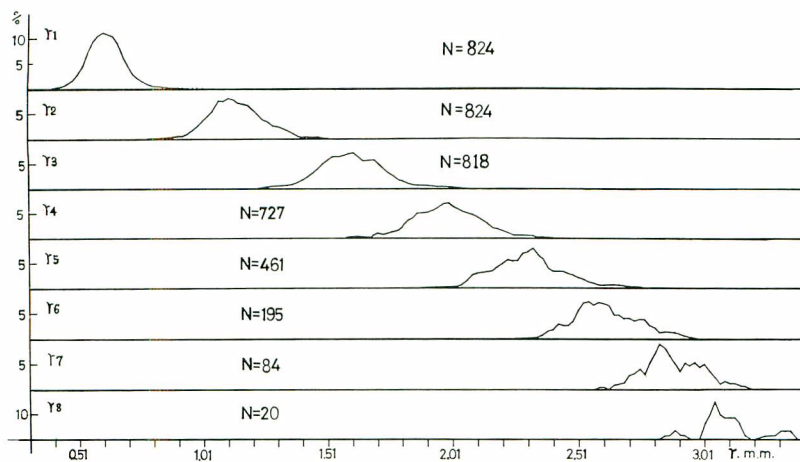


Fig. 7. Ring radius frequencies of one to eight ring fish by ring count

Table 2. Mean(M. mm.) and standard deviation(S. D. mm.) of ring radius and fork length( $l$ , cm.) when the ring formed calculated from formula of relation of ring radius and fork length

Sex		$r_n$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$
♂ + ♀ + Un-known	M mm		0.632	1.157	1.609	1.993	2.317	2.613	2.891	3.089
	S. D.		0.07	0.12	0.12	0.13	0.07	0.12	0.12	0.10
	$l$ cm		22.67	47.67	69.19	87.48	102.90	117.00	130.24	139.67
Male	M mm		0.632	1.158	1.613	2.003	2.309	2.599	2.840	3.073
	S. D.		0.07	0.10	0.11	0.12	0.10	0.09	0.06	0.06
	$l$ cm		22.65	47.73	69.40	87.94	102.54	116.32	127.81	139.92
Female	M mm		0.632	1.164	1.602	1.999	2.334	2.623	2.845	3.083
	S. D.		0.07	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.07	0.05
	$l$ cm		22.66	48.01	68.83	87.74	103.73	117.50	128.02	139.40

規定した輪紋が年令に対応していることを示唆していると考えられる。輪紋別の平均輪紋径および、その形成時の計算体長も内側の輪紋程その間隔は広く明瞭に異り、外側の輪紋では相接近しているが、それでも相互に有意に異っている。この傾向は雌雄別にみても窺われる（第2表）。

平均輪紋径の形成体長は(1)式の  $R$  に平均輪紋径を代入して算出した。

$$l_n = \frac{r_n - 0.156}{0.021} \tag{4}$$

$l_n$  : 第  $n$  輪の平均輪紋径の計算体長

$r_n$  : 第  $n$  輪の平均輪紋径

以上の検討結果から、本研究で規定した輪紋は、魚体の成長に伴って形成されたとみて差支えないと考える。そして、鱗が年令形質として有効であることを示している。

### 4. 輪紋形成期

鱗にみられる輪紋が魚体の成長に対応して形成されることを確かめたが、つぎに輪紋が形成される時期を明ら

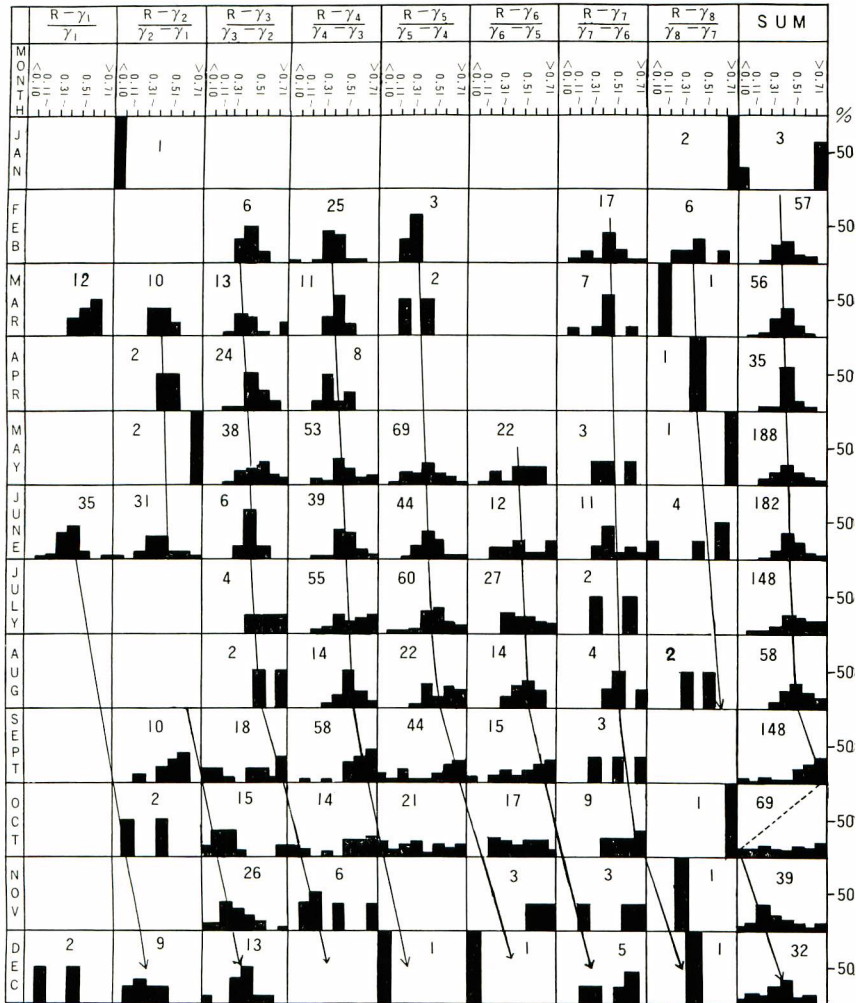


Fig. 8. Monthly change of marginal growth rate  $\left(\frac{R-r_m}{r_m-r_{m-1}}\right)$  of scales of southern bluefin tuna. Numerals denote number of fish

かにする必要がある。これを直接たしかめるために、鱗の外縁と最も外側に形成されている輪紋との間隔の季節変化を検べた。輪紋の間隔は年令によって変化する(第2表)ので、鱗の外縁と最外側の輪紋との間隔ではなく、これと最外側の輪紋とそのすぐ内側にある輪紋との間隔に対する比、すなわち、鱗の辺端成長率  $m$  を用いる(米盛・相川 1956) のがよいと考える。

$m$  は(5)式で示される。

$$m = \frac{R - r_m}{r_m - r_{m-1}} \quad (5)$$

$r_m$  : 最外側の輪紋径  
 $r_{m-1}$  : 最外側の輪紋のすぐ内側にある輪紋径  
 $R$  : 鱗径

辺端成長率の組成は多数の個体が特定の季節に輪紋を形成した場合には、輪紋が形成される時に最大値附近と最小値附近に2つのモードが現われ、その後大きい値のモードは消失し、小さい値をもつモードは漸次大きい値に移行する形の季節変化が期待される〔勿論、一枚の鱗については理論的に鋸歯状の変化を示すはずである(例えば能勢他 1955)〕。

輪紋数別に、辺端成長率の月別組成を比較すると、資料が断片的に得られている1輪魚は別として、他のものでは、特定の季節にのみ輪紋が形成される場合に期待される季節変化が認められる(第8図)。すなわち、9、10月は双峯型の組成となっている。その後小さいモードの値は図中に矢印で示した増大傾向を示す。この増大の様相は季節によって異なり、2~8月の間はゆるやかであり、9~2月の間は速くなる。すなわち、春から夏にかけて速い。そして、9月には最大値にモードが位置し、別に最小値附近にもモードが出現する。10月には極端に大きい値と小さい値にモードをもつ双峯型となり、大きい方のモードはその後1輪多い輪紋の低い値のモードにつながってゆくと考えてよいようである。なお、極端に小さい値をもつ個体が僅かではあるが、9、10月以外の時期にもみられるが、その1因として一部の標本では、漁獲した月と資料整理の月の間に多少のずれがあることをあげることができる。

いずれにしても本研究で規定した輪紋は、1年1回、9、10月を中心に形成されるいわゆる年輪と考えることができる。ミナミマグロの輪紋形成期である9、10月は南半球の春の季節に相当するが、これはマグロ類のうちで最も近縁関係にあるクロマグロ(岩井他 1965)でも北半球の春に輪紋が形成される(行繩・藪田 1967)ことと一致する。また、分類学的(岩井他 1965)にも生態的にも多少異っているキハダ、メバチでも春は輪紋形成期の1つにあっている(藪田他 1960, 行繩・藪田 1963)。輪紋が形成される機構については解明できないが、地域的に、分類学的に異っているもの間に共通性のみられることは興味深い。

## 5. 成長曲線

上述の検討結果から、輪紋は年輪を示していると考えられ、輪紋の数によって各個体の年令を推定した。この結果を用いて成長曲線を求めるには、年令別の平均体長を算定する必要がある。年令別平均体長の推定値として例えば次に示すようなものがあげられる。

- 1) 輪紋判読した個体の年令別平均体長
- 2) 年令を無視した各輪紋形成時の平均体長
- 3) 年令別の各輪紋形成時の平均体長

マグロ類の漁獲対象期における成長は VON BERTALANFFY の式によく適合することが知られている(CLEMENS 1961, HENNEMUTH 1961a, SHOMURA & KEALA 1962, RODRIGUEZ-RODA 1962, 行繩・藪田 1963, 1967)。

この式の適合度は WALFORD の定差図によって検べられる。上記した3つの方法による年令別平均体長と、それによって成長曲線を求め、さらに、夫々の平均体長のもつ問題点を吟味する。

最初に第一の方法である輪紋判読個体の年令別平均体長を求めると、

2才魚…77.8 cm, 3才魚…83.8 cm, 4才魚…99.7 cm, 5才魚…114.9 cm, 6才魚…124.7 cm,

7才魚…137.7 cm, 8才魚…145.4 cm,

となる。これらの値を用いて、WALFORDの定差図を画くと、2才魚と3才魚の値に対して求めた第1点が著しく外れるが、他の各点は略一直線上に並ぶ。第1点については、この点を求めた一方の値の2才魚は僅かに6個体であり、また、延縄によって漁獲される最小型であり、とくに漁業の選択性をうけていると考えられるので、2才魚の平均体長を除いてVON BERTALANFFYの成長式の常数項を求めると、

$$L_{\infty} 198.2 \text{ cm}, K 0.154, t_0 -0.437$$

を得る。

輪紋判読できた個体は年間を通じて一様に得られてはならず、年令によっても異なるが、5~7月に多く得られているので、資料の平均採集月を6月中旬とすると、この式による平均発生月は5.5ヶ月+(-0.437×12ヶ月)=0.3ヶ月つまり、1月上旬となる。また、この式による年令別の各計算体長は6月における平均体長を示すことになる。その計算結果は

1才魚…39.4 cm, 2才魚…62.1 cm, 3才魚…81.5 cm, 4才魚…98.1 cm, 5才魚…112.4 cm, 6才魚…124.6 cm, 7才魚…135.1 cm, 8才魚…144.1 cm

となる。ここで第1の方法による年令別平均体長について考えてみる。もし、輪紋判読できた個体が、海中における各年令の魚からの無作為標本であれば、年令別体長の組成または平均を用いるのが例えば計算体長を求める際に生ずる誤差を含まないという理由から最もよい方法である。しかし、漁業によって獲られた標本から推定した体長が、海中における実際のストックの平均体長を反映しているという保証はない。かりに、漁獲物がストックからの無作為標本であるとしても、採鱗した標本が漁獲物から無作為に抽出されたとは限らないし、さらに、輪紋判読のできた個体が採鱗個体の半分以下といったような事実から示唆されるように、無作為標本から年令別の体長資料が得られていない可能性の方がむしろ大きいと考えられる。年令査定を行った個体の体長組成、または、平均値から海中におけるストックの平均的な成長を求めるためには、海中における実際のストックからの無作為標本であるかを確かめる必要がある。現在では、マグロ類について漁獲物から得た標本と海中のストックとの関係を直接確かめる方法はない。しかし、このことについての手掛りをLEE現象が存在するかどうかによって得ることができよう。マグロ類ではキハダ、メバチについてLEE現象が認められており(鈴木未発表, 行縄・藪田 1963), キハダでは若年魚では成長のよいものを、高年魚では成長の悪いものを漁獲しているようである(鈴木未発表)。勿論LEE現象は漁具の選択性のみによって生ずるものではなく、いくつかの原因があり(久保・吉原 1957), 体長と鱗長との成長量が比例していない場合にも期待される。ミナミマグロの場合、鱗の成長は体長とは必ずしも比例しているとはいえないような面も窺われるようであったが、先に述べたように、輪紋判読できた153 cm以下のものについては直線とみて差支えないと判断され、両者が比例しないことによる影響は小さいと考えられる。また、鱗の収縮については現在では全く不明であり、同一個体から長年月に亘って連続採鱗することによって明らかにされると思われる。このためには飼育或いは、バイオテレメトリーの導入をする必要がある。

輪紋が判読できた824個体について、年令別に輪紋形成時の平均体長を計算した。その結果、各輪紋に対する計算体長は7才魚を除いて若令魚について求めたもの程大きい傾向がみられる(第3表)。つきに性の判明している雄180個体、雌104個体について、夫々輪紋形成時の平均体長を年令別に計算すると、雌雄共に僅か3個体の資料ではあるが、8才魚から求めた値がそれより若い年令のものから求めた値より大きい。そのほか、雄の3才魚の2輪、5才魚の5輪、雌の3才魚の1, 2輪の値がそれより高年令のものから求めたものより小さくなっている。しかし、少なくとも6才魚まではかなり明瞭なLEE現象の傾向が認められる。そして、7, 8才では反LEE現象的な傾向も示唆されるようである。この6, 7才を境にしてLEE現象の現われ方が変るように見えるが、この点については、これが誤差か、偶然か、事実の反映であるかよくわからないが、6, 7才はミナミマグロの生態の変化する年令、すなわち、ミナミマグロの成熟体長は約130 cmであり、ここで推定した6, 7才は124.7 cm, 137.7 cmであり、6才以下が未成魚、7才以上が成熟魚とみることができる。そして、ミナミマグロは若魚期、未成魚期、成魚期で明瞭にすみ分けており、成熟し始めると産卵に先立って西風皮流々域からオーストラリア北西沖合に移動する。つまり、成魚期と未成魚期では漁場が

**Table 3.** Calculated length(cm.) of southern bluefin tuna for each annulus

Sex	Age of fish	Fork length at the formation of:								Number of fish
		1st annulus	2nd annulus	3rd annulus	4th annulus	5th annulus	6th annulus	7th annulus	8th annulus	
Male, female and unknown	2	30.0	60.8							6
	3	24.0	50.1	72.7						91
	4	22.8	47.8	70.0	89.6					266
	5	22.2	46.9	68.1	86.7	102.9				266
	6	22.1	46.4	67.7	86.3	102.2	117.0			111
	7	23.0	47.6	68.6	87.0	103.0	117.4	130.9		64
	8	21.6	46.7	67.6	85.0	101.1	115.2	128.2	139.7	20
	Male	3	25.0	50.5	75.9					
4		23.4	56.9	70.7	90.9					58
5		22.5	47.6	68.4	86.7	94.8				71
6		22.0	46.6	67.9	86.0	101.5	116.4			29
7		20.8	44.1	65.0	84.4	99.7	114.3	127.8		8
8		24.1	51.1	71.8	88.0	103.5	115.8	128.1	139.6	3
Female	3	22.1	48.3	72.1						1
	4	23.3	48.5	70.3	90.1					24
	5	22.8	47.8	69.1	87.8	104.7				44
	6	21.9	46.0	67.8	87.0	103.8	118.7			24
	7	22.3	48.0	66.5	83.8	100.0	114.5	127.6		8
	8	22.9	47.0	66.5	84.1	100.3	115.6	128.8	139.4	3

異なる (新宮 1967)。我々の得た標本も 6 才以下はオーストラリア南部沖合からタスマン海、ニュージーランド附近にかけて得たものが殆んどで、30°S 以北の産卵場からのものは僅かに 1.5 % にすぎないが、7, 8 才ではその半数以上は産卵場から得ている (第 4 表)。このように、6, 7 才は生態や漁場が異なり、それに伴い漁業

**Table 4.** Number of individuals of immature, two through six age and adult, seven and eight age determined as such by scale reading  
Number in parenthesis denote percentage

Age group	North of 30°S. West of 130°E	South of 30°S. West of 110°E.	East of 110°E.	Total
2-6	11 (1.5)	51 (6.9)	678 (91.6)	740 (100)
7-8	45 (53.6)	3 (3.6)	36 (42.9)	84 (100)

の選択性も変化することは一応考えられる。しかし、第 3 表にみられるごとく、7 才では反 LEE の形であるが、8 才では 7 才の値よりも小さく、反 LEE 現象は一貫してみられない (雌、雄の場合は 8 才) 点から考えて、選択性の働き方が変わる可能性はあるが、ここでは一応一貫した LEE 現象が存在すると考える。

ここで求めた輪紋形成時の計算体長に認められた LEE 現象がもし、漁業の選択性を反映しているものであれば、漁獲された個体の年齢別平均体長ではなくて、輪紋形成時の平均体長によって成長曲線を推定した方が正しい値を与えるはずである。

ここでは、先ず第 2 の材料魚の年齢を無視して、輪紋判読ができた全個体による各輪紋平均値 (第 1~8 輪)

の計算体長（第2表の性不問，雄，雌の夫々の項の最下欄）について試みる。これらの値を用いて定差図による成長式への適合度推定を行うと，各点は直線上に並ぶ，なお，個体数は少ないが，雄，雌夫々についてみてもやはり VON BERTALANFFY の成長式が適合するといえる。これらの値から求めた成長係数は

	$L_{\infty}$	$K$	$t_0$
全資料	205.9 cm	0.146	0.211
雄	201.4 cm	0.149	0.184
雌	202.4 cm	0.149	0.193

となり，いずれもよく一致した値となっている。また，成長曲線の雌雄差もないので，以後の考察では性別には取扱わないことにする。

さらに，厳密に言えば，もし，漁業の選択性によって LEE 現象が生じた場合には，成長係数を年令別により，上記した第3の方法による年令別平均輪紋形成時の体長を推定し，これらの値を用いて計算した年令別の成長式から求めた年令別推定体長を平均して，改めてストックに対する成長係数を計算する必要がある。

年令別に推定した計算体長（第3表）を用いて，WALFORD の定差図に2つ以上点を求められる3才以上のものについて図表上に点を求めると，各年令共略直線上に並ぶ，この定差図の回帰直線から VON BERTALANFFY の成長式の常数を各年令別に求めると，3つの常数には，若年時から高年時の間には，一貫した傾

**Table 5.** Parameters of vonBertalanffy's equation estimates for three to eight age

Age	$L_{\infty}$ (cm)	$K$	$t_0$ (year)
3	218.9	0.144	0.193
4	235.6	0.126	0.195
5	210.7	0.140	0.218
6	220.5	0.130	0.191
7	224.2	0.128	0.158
8	205.2	0.145	0.245

向はみられない（第5表）。

第5表の常数を用いて，各年令における各輪紋形成体長を計算した（第6表）。漁具の選択性等が働いてス

**Table 6.** Calculates length(cm) at ring formation in each age calculated from vonBertalanffy's equation, Parameters of which were given in table 5  
Numerals in parenthesis denote extraporates values

Age of fish	1st annulus	2nd annulus	3rd annulus	4th annulus	5th annulus	6th annulus	7th annulus	8th annulus
3	24.0	50.1	72.7	(92.2)	(109.2)	(123.8)	(136.6)	(148.6)
4	22.7	47.8	70.0	89.5	(106.5)	(122.0)	(135.4)	(147.2)
5	21.8	46.5	68.0	86.7	103.0	(117.1)	(129.3)	(140.0)
6	22.0	46.2	67.5	86.1	102.5	116.9	(129.6)	(140.7)
7	22.9	47.1	68.3	87.0	103.5	118.0	130.7	(141.9)
8	21.3	46.1	67.6	86.2	102.2	116.1	128.2	138.6
Mean	22.5	47.3	69.0	88.0	104.5	119.0	131.6	142.7

トック内の成長のよい部分或いは悪い部分のものを標本としたとすると，第6表の値は成長の早いもの，おそいものを網羅していると考えられる。平均的な成長曲線を得ようとするとき，各年令毎に算出したものの平均値を用いればよいと考えられる（第6表最下欄）。これらの平均値により定差図を画くと，各点は一直線によくのり（第9図），VON BERTALANFFY の成長式があてはめられる。成長式の常数を求めると，

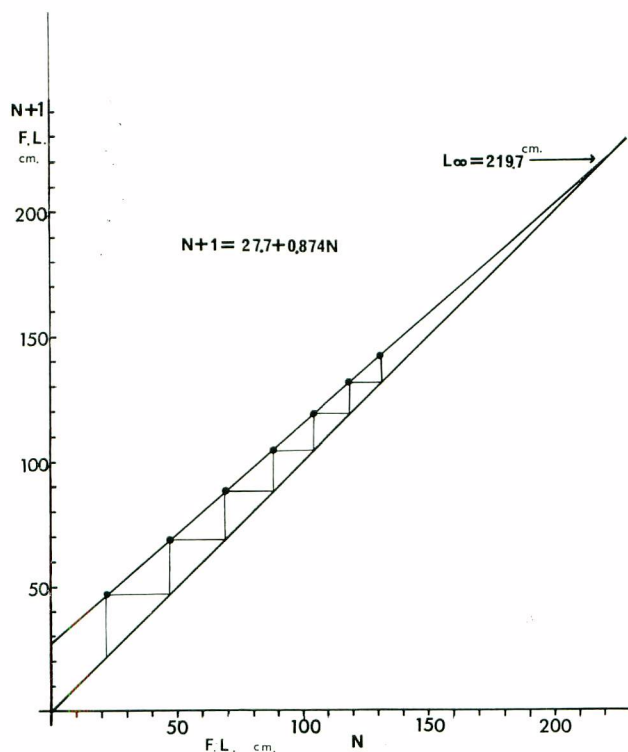


Fig. 9. Walford's diagram of southern bluefin tuna Growth based on mean length given in Table 6

$L_{\infty}$  219.7 cm,  $K$  0.135,  $t_0$  0.212 を得る。輪紋が10月初めに形成されるとすると、ミナミマグロは、9ヶ月 + (0.212 × 12ヶ月) = 11.5ヶ月 すなわち、12月中旬に発生したことになる。

年令別に求めた計算体長を基礎とするこの方法は、LEE現象がみられ、しかも、それが漁業の選択性に起因していることが確かめられた場合には最も適切な方法である。ここで取扱った資料では LEE現象が示唆されるので、とりあえず第3の方法で求めた成長曲線を最も妥当であると考えておく。また、ここで年令別に推定した成長曲線から求めた各輪紋の形成時の体長を単純に平均したが、もし、各年令で選択的にとられた発生群の割合がわかればより正しい年令別平均体長が求められるであろう。

これまで述べてきた3つの方法によって求めた成長式の常数を列記すると

方法	$L_{\infty}$	$K$	$t_0$
1	198.2 cm	0.154	-0.437
2	205.9 cm	0.146	0.211
3	219.7 cm	0.135	0.212

となり、 $L_{\infty}$  が大きい程  $K$  の値は小さい。ミナミマグロの体型が発生初期から同じではないので、 $t_0$  の値は以後の成長傾向に対してはあまり大きな意味をもたない。他の2つの常数  $L_{\infty}$  と  $K$  は互に関連をもっている。ここでは  $L_{\infty}$  について3つの方法から求めた数値を検討してみる。

ミナミマグロの実測されている最大体長は 225 cm であるが、180 cm 以上の魚体は問題にならない位に少なく、さらに、200 cm 以上のものの出現頻度は稀とってよく、1958~1965年の間に試験船、練習船によって測定された約10万尾のうち僅かに20尾にすぎない。したがって、ここで得られた3つの  $L_{\infty}$  のうちでは、輪紋形成体長に基く2つの値 205.9 cm と 219.7 cm とは一応妥当なものといえよう。さらに、もし漁業



の選択性が働いていると仮定した場合には、第3の方法が最も妥当なものであるはずである。したがって、第3の方法から求めた成長式

$$L_t = 219.7 \left\{ 1 - e^{-0.135(t' - 0.212)} \right\} \quad t' \dots \text{仮の年令}$$

を用いることにする。ここで、この式から計算される成長曲線は輪紋形成期を起点として計算されたものである。したがって、発生時を起点としたものに換算する必要がある。

ミナミマグロの産卵期は9月から翌年の3月の略半年の長期間にわたっている(三村・中村 1959, ROBINS 1962, 木川 1964)。このようなわけで、個体毎に発生時からの年令を算定するのは非常に困難であるので、産卵期の中央の1月を起算点とする。そうすると、産卵期と輪紋形成期の9、10月とは略3ヶ月(0.25年)の差を生じ、輪紋形成時の体長は満年令ではなくて、発生後0.75年、1.75年……7.75年の体長である。ここで、第1輪形成体長が0.75年か1.75年後のものかという点については、第1輪形成以後の成長や、定差図の吟味から0.75年後に達する体長と考えられる。したがって、第2輪は1.75年……第8輪は7.75年後の平均体長ということになる。そうすると、第3の方法で求めた成長式のパラメーターのうち、 $t_0$ は $0.212 - 0.25 = -0.04$ と変えることによって発生後満年令の計算体長を求めることができる。この値を代入すると、ミナミマグロの成長は

$$L_t = 219.7 \left\{ 1 - e^{-0.135(t + 0.04)} \right\} \quad t \dots \text{実年令}$$

によって表わされ、成長曲線(第10図)および、各年令に対応した体長が求められる(第7表)。

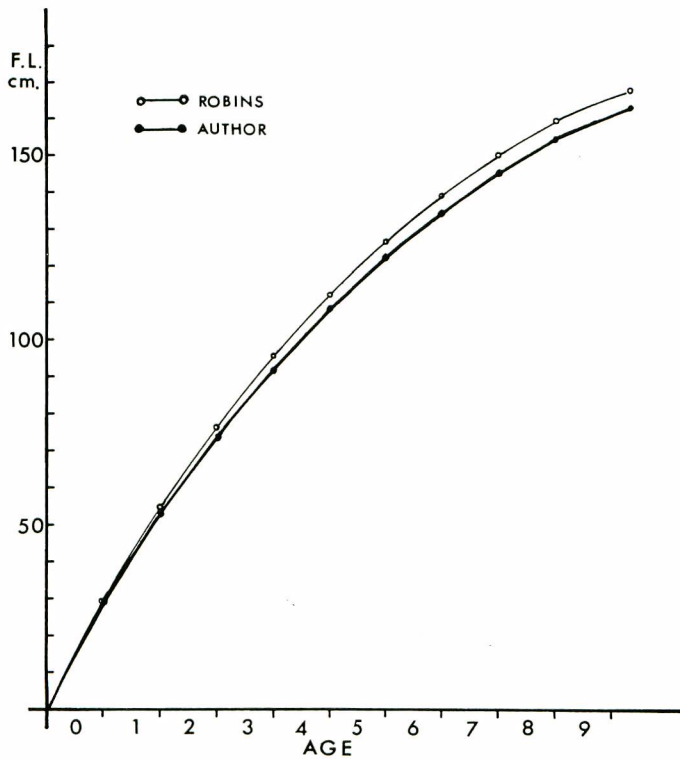


Fig. 10. Growth curve of southern bluefin tuna based on mean length given in table 7 (bold line) together with another growth curve of southern bluefin tuna by ROBINS (1962) based on length composition (fine line)

**Table 7.** Fork length range against absolute age calculated by vonBertalanffy's equation based on mean length given in table 6

Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8
F. L. cm.	<28.8	28.8— 52.9	52.9— 73.9	73.9— 92.3	92.3— 108.4	108.4— 122.4	122.4— 134.7	134.7— 145.4	145.4— 154.8

### 考 察

漁業の選択性の影響が最も少ない成長曲線を得るには、年齢別に求めた計算体長から算出する方法が最もよいと考えられたので、選択作用の実態はよくわからないが、一応この方法によって推定した成長式

$$L_t = 219.7 \left\{ 1 - e^{-0.135(t+0.04)} \right\}$$

によってミナミマグロの成長を表わすことにした。この式は1963~1968年の間、オーストラリア近海で延縄漁船によって漁獲された標本に基いており、この式が、漁獲された年、漁法、年齢査定の方法が異っても適用されるかどうかを考察する。

前に述べたように、ミナミマグロの成長についてはSERVENTY (1956), ROBINS (1962), HYND (1965) が表層漁業の漁獲物の体長組成から論じている。これらのうち、3年以上の長期にわたって成長曲線を求めているのは、ROBINSの報告のみである。まず、これらの報告による成長度の推定値と鱗から求めた推定値との差が統計的な誤差程度であるかどうかを吟味することはできる。つぎに、延縄漁業の漁獲物については多くの体長測定資料を得ているが、このうち、未成魚と成魚とが同時に漁獲され、広い体長範囲にわたって標本が得られるオーストラリア南東海域からのミナミマグロの体長組成にみられるモードと、鱗から得た計算体長とを比較することは、さきに想定した漁業の選択性を吟味することに役立つと考えられる。さらに、標識魚の体長の増大量と対比することによって、ここに推定した成長曲線の妥当性を吟味することができる。

ミナミマグロの標識放流はその殆んどがC. S. I. R. O.の手によって、表層漁業漁獲物を用いて実施されているが、標識魚は表層漁業のみでなく、延縄漁業によっても再捕されている。標識魚から求められる成長量(体長の増大量)は、標識をつけることによる影響および、標識時における体長測定の困難さに伴う誤差を含んでいるとはいえ、同一個体の体長の増大値を示している。したがって、この値と比較することは、成長曲線の妥当性と、さらに漁業の選択性に関する一つの目安を与えるものと考えられる。最後に、ここで扱った鱗は数年間にとられたものである。したがって、この期間内における成長量の年級による差を検べることは、この成長曲線を将来漁獲対象ストックに適用する際に生ずる誤差を見積るための一つの目安を与えると思われる。

以上のような種々の観点から、本研究で得た成長に関する推定値を吟味した結果はつぎに述べるとおりである。

まず、オーストラリアの表層漁業漁獲物から得られた結果と、延縄漁業漁獲物に基づいた推定値と対比すると、略類似しているといえそうである。ROBINS (1962)の報告からの成長方程式(新宮が計算…未刊)は

$$L_t = 222.5 \left\{ 1 - e^{-0.142(t-0.01)} \right\}$$

という僅かな差が2つの成長方程式の差になる。指数関数を含む項の値は、 $t$ が大きくなる程差は大きくなる。また、 $L_\infty$ の2.8cmの差は鱗の219.7cmの僅かに1.3%にすぎず、 $L_\infty$ のこの差は誤差の範囲と考えてよいであろう。この2つの式のある体長に対する推定年齢は、年間増大量の大きい若令魚では殆んど変わらないが、高令になると大きくなる。例えば151cmの魚はROBINSの式からは8才魚であるが、鱗から求めた成長曲線上では略8.5才に相当する(第10図)。この程度の差は直接年齢を査定したものではなく、体長から年齢を求める場合にはさけられない誤差と思われる。したがって、この2つの成長曲線は略類似すると考えられる。

キハダについて鈴木(未発表)は、体長組成のモードから得られた成長曲線は、漁具の選択性のため、 $L_\infty$

が小さく、 $K$  が大きくなる傾向があることを指摘している。キハダの例に比べると、ROBINS がミナミマグロについて求めた成長曲線は、それが漁獲物の体長組成で、しかも、生活史のごく初期にあたる部分の資料に基づいているにもかかわらず、鱗の結果とはよく一致しているといえる。その理由としては C. S. I. R. O. を中心として進められている研究から、つぎのように考えることができそうである。オーストラリアの表層漁業は 1~5 才の若年魚を対象としており、これらの体長組成をそのまま用いれば、当然この漁業に固有な選択性の影響をうけるはずである。しかし、C. S. I. R. O. の研究者はミナミマグロには異った 3 つの “stock” を区別している (HYND 1965)。この “stock” は一応発生の時期、場所を少しづつ異にする集団、つまり、新宮 (1967) のいう発生集団に相当するものであろう。ROBINS が成長曲線を推定した過程は詳しく発表されていないが、“stock” (発生集団) 別にモードを追跡している可能性がある。もし、そうならば、この “stock” を区別することによって漁業の選択性の影響を除いていることが考えられる。つまり、3 つの発生集団を夫々別々に区別して何年かにわたって追跡し、3 つの成長曲線を求めれば、選択性の影響は除去できよう。オーストラリアの表層漁業に関するやや古い研究では、“stock” が区別されていなかったらしい。ROBINS (1958) は上述の研究に先立って、1958 年以前に得られた体長組成を検討しているが、その報告の 1 月におけるモードは、1956~1958 年には 1 つ、1955 年以前には 3 つみられる。1955 年以前の 3 つのモードの位置をおさえると、55 cm, 73 cm, 91 cm となる。これと、鱗の結果の 2, 3, 4 才の 53 cm, 74 cm, 93 cm と比較すると、勿論年による変動は当然考えねばならないが、2 才では鱗の結果より大きく、3, 4 才では小さくなっている。すなわち、“stock” が区別されないと、体長組成から求めた成長曲線は漁業の選択

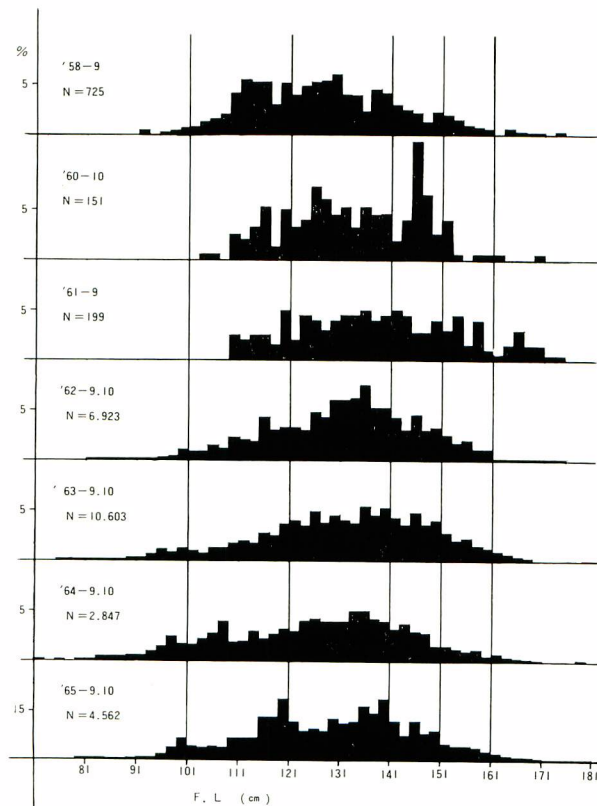


Fig. 11. Length frequencies of southern bluefin tuna caught by Japanese longliners September and October 1958 to 1965, waters of south eastern Australia, Lat. 30°-40°S., Long. 150°-170°E.

Numerals with N denote number of fish

性に影響されることを示唆しているように思われる。結論として、表層漁業でも延縄漁業同様に選択性があるが、“stock”といった発生集団を考慮することによって除かれるように思われる。また、SERVENTY (1956) は 53 cm の体長群は翌年 70~73 cm に、翌々年には 86 cm に成長すると述べている。これも、鱗法による推定値の 2, 3, 4 才の体長に略相当しているが、高年時 (4 才) でやや鱗法からの推定値より小さくなっている。

つぎに、延縄漁獲物の体長組成に現われるモードと鱗法に基づいた結果と比較する。体長組成としては、さきに述べたように、体長範囲が広く、測定資料の多いオーストラリア南西沖合の 30°~40° S, 150°~170° E の海域におけるものの 1958~1965 年 (1959 年は資料欠) 間の 9, 10 月の資料を使用する。この延縄漁業漁獲物の体長組成は、年間成長量が小さく、多くの年令群で構成されていて、モード間の間隔が狭く、明瞭なモードはみられない。しかし、この 7 年間の体長組成を通じて、大まかではあるがモードの位置をおさえると、105~110 cm, 119~120 cm, 129~131 cm, 137~141 cm, 147~151 cm の 5 つぐらいになる。このほかに、97~100 cm にもみられるが、これは体長分布の端に位置しているという意味で問題がある (第 11 図)。これらの体長は、鱗から推定した 4~8 輪の形成時 (9, 10 月) の計算体長 105 cm, 119 cm, 132 cm, 143 cm, 151 cm に略類似する。しかし、体長組成のモードの位置は鱗からの推定値に比べ、4~5 才ではやや大きく、6~8 才ではやや小さい (第 12 図)。すなわち、ここでも漁業の選択性が窺われる。

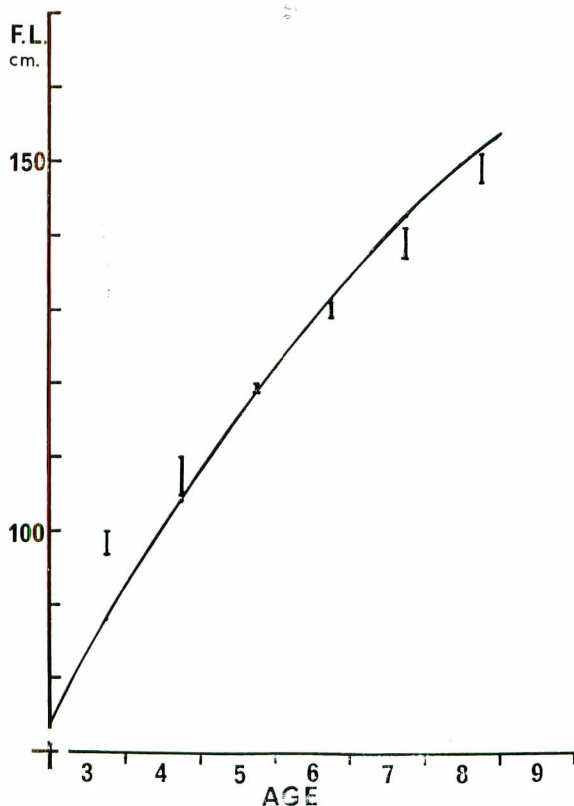


Fig. 12. Range of modal length of three to eight years old determined as such on length frequency given in fig. 11 (vertical bars), Plotted on the growth curve based on mean length given in table 6

第 3 に、C. S. I. R. O. によって実施された数多くの標識放流調査によって得た標識魚の増大量 (体長の増長量) と比較を行う。もし、標識魚が非標識魚と全く同じ成長をし、しかも、標識時の体長が正確に測定さ

れておれば、標識時の体長と再捕時の体長とから標識游泳期間における増長量を個別に求めることはできる。さらに、もし成長に季節差がなく、時間の経過に伴って体長が単調に増大するならば、標識時の体長を曲線上にプロットすれば再捕時の体長は、再捕時までの期間だけおくらせた成長曲線のまわりにランダムに分布するはずである。これらの前提について吟味してみる。

まず最初に、標識魚と非標識魚との成長の同一性であるが、一般に標識することが魚体の成長に影響があるならば、それは標識した直後が最も大きいと考えられる。この影響がどの程度かは不明である。しかし、つぎの現象は第2の問題の標識魚の体長測定の精度とともに、標識の成長におよぼす影響を知る1つの手掛りを与えると思われる。

マグロ類の体長は、標識をつけられても時間の経過につれて小さくなることはあり得ない。したがって、標識時の体長が正確に測定されているならば、再捕時の体長 ( $l_r$ ) と放流時の体長 ( $l_t$ ) との差 ( $dl$ ) は常に0以上の正の値でなくてはならない。

標識放流後4ヶ月以内に再捕された個体についてみると、体長差  $dl$  が負の値を示す場合がみられ、1~2ヶ月後に再捕されたものには、正の値を示した個体が8、負の値を示した個体が4で、2対1の割合で負の値を示す個体が出現している(第8表)。このことは、標識魚の測定の不正確さを示唆するものと思われる。一般

**Table 8.** Composition of difference( $dl$ ) between fork length at tagging( $l_t$ ) and at recapture( $l_r$ ) of the southern bluefin tuna with duration of liberty less than four months

Based on data from Fisheries Field Bulletin Nos. 1-59 (C. S. I. R. O. 1964-1967)

Period of liberty	$dl = l_r - l_t$ (cm)													
	Total	-5cm	-3cm	-2cm	-1cm	0	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm	9cm
Less than 1 month	20			1	1	11		6	1					
Over 1 month to 2 month	22		1	2	1	10	4	2	2					
Over 2 month to 3 month	40					3	5	11	9	8	2	1		1
Over 3 month to 4 month	12	1				1		2	3	1	2		1	1

に再捕時より放流時においてこの誤差は大きく、しかも放流時には実際の体長より大きく測定するきらいがあると考えられる。また、 $dl$  が0の個体が少くとも4ヶ月以内の期間ではかなり多く現われているが、標識することによる成長に及ぼす影響のあることも同時に示していると思われる。さらに、ビンナガについて CLEMENS (1961) は放流時から再捕時までの体長の増長量を、その期間に対して回帰直線を求めているが、その回帰直線の縦軸(体長)との交点は負の値となっている。このことは平均して標識魚の体長が放流後直ちに再捕された場合、放流時より小さいという結果を与えることになる。このことは、放流時の体長が平均して大きめに測定されていることを示していると考えられる。ミナミマグロにおいても、標識による魚体の成長に与える影響および、放流時の体長測定の偏りはあり得ると推定される。

ミナミマグロについて、鱗から求めた成長曲線と標識魚の示した体長の増大量を対比させ、両者の成長を比較してみる。再捕数はかなり多いので、一応一年以上経過して再捕されたものに限定し、これらのものを用いて検討してみる。すなわち、放流時の体長をまず曲線上に求め、標識游泳期間に応じて再捕体長をプロットする。このようにしてみると、再捕時の体長は成長曲線の上下にちらばっているが、全体として鱗法から求めた成長曲線の下にあるもの、つまり、成長曲線より成長が下廻るものが多い(第13図)。標識魚再捕記録によ

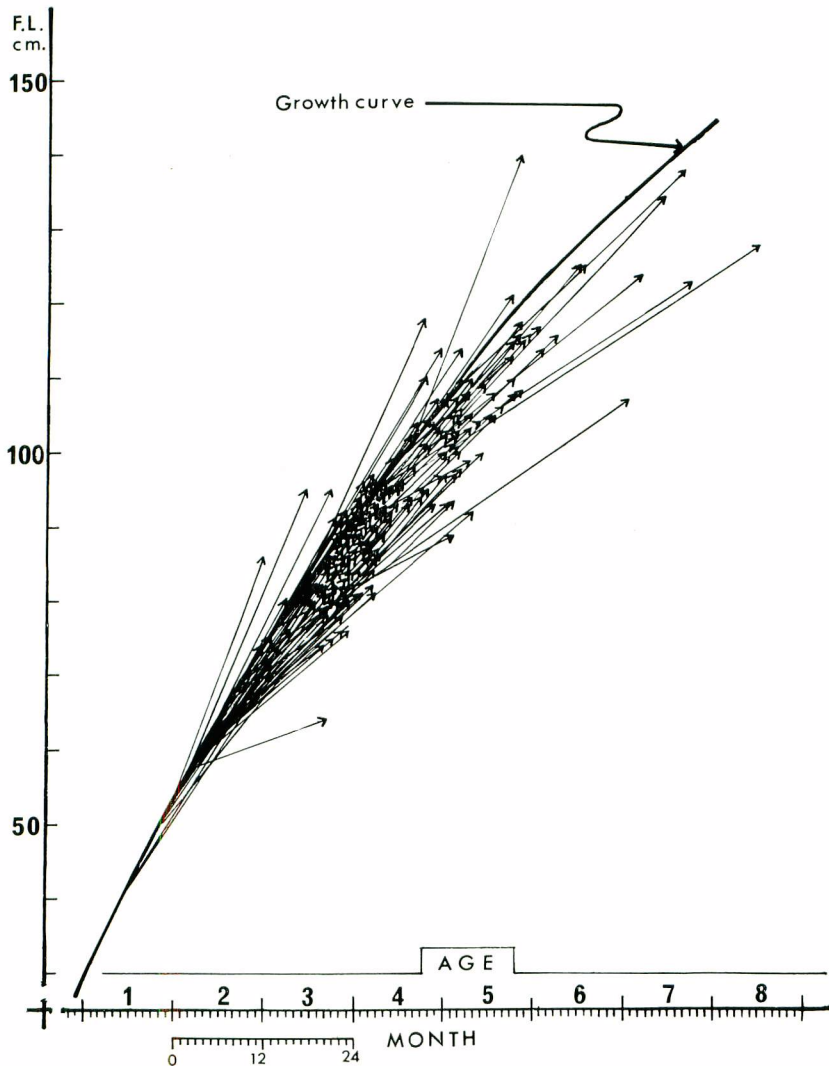


Fig. 13. Increments of tagged fish (arrows), plotted on the growth curve based on mean length given in table 7

て成長を吟味する場合に留意しなければならないのは、第3の点である成長の季節差である。もし季節差が存在する場合に、一方の季節に資料が偏れば当然結果も偏ったものになる。ミナミマグロについて現在までにこの季節差については、研究者によって異った見解となっている。SERVENTY (1956) は南半球の夏季にあたる10~5月に魚体は成長し、冬季には殆んど停滞すると述べている。ROBINS (1962) はSERVENTYの記述に対して冬季においても成長する証拠を得ていると述べている。さらに発生集団別に成長を追跡したHYND (1965) はミナミマグロは季節にかかわらず直線的に成長するとみている。さらに前に述べた鱗の辺端成長率には季節変化がみられ、体長と鱗の成長が季節的に一致しているとすれば、春から夏にかけて成長は速いことを示すことになる。このように異った結論が出されているので、この成長の季節差を標識魚再捕結果から若干検討してみる。ミナミマグロの標識放流は略周年にわたって実施されているが、そのうち放流時期と再捕時期とが半年ちがったもの(逆の季節、つまり0.5年(6ヶ月)、1.5年(17~20ヶ月)、2.5年(29~30ヶ月))

**Table 9.** Composition of difference between two estimates of increments based on the growth curve and on tagging experiments

Symbols in the column of "category of difference" are

A...Increments of tagged fish exceeded to those based on the growth curve given by present study

B...Increments of tagged fish coincided to those based on the growth curve given by present study

C...Increments of tagged fish less than to those based on the growth curve given by present study

Period at liberty		6 month				17-20 month				29-31 month				41-43 month				Total
Category of difference		A	B	C	Sub-total	A	B	C	Sub-total	A	B	C	Sub-total	A	B	C	Sub-total	
Season of release	Season of recovery																	
Winter	Summer	2	1	12	15	16	10	65	91	3	4	7				1	1	114
Spring	Autumn			1	1	1		1	2	1		1						4
Sub total		2	1	13	16	17	10	66	93	4	4	8				1	1	118
Summer	winter															1	1	1
Autumn	Spring			4	4			9	9									13
Sub total				4	4			9	9							1	1	14
Total		2	1	17	20	17	10	75	102	4	4	8				2	2	132

の個体を放流季節別に整理してみた。これらの資料の大部分は 4~6 月に放流されたもので、他の季節のものは少なく、その上季節が異ると、放流体長が異っていて、同一条件の下で比較することはできなかつた。そこで便法ではあるが、鱈法より求めた成長曲線と対比させて季節差を検討することを試みてみる。もし、ミンナワグロが夏季に成長はよく、冬季にあまり成長しないとすれば、冬、春先に放流したもの、いい換えれば夏に或いは夏を過ぎて再捕されたものでは成長曲線より増長量が大いもの出現率は高く、逆に夏、秋に放流したもののには下廻るものが多いと考えることができる。

上述の条件を具えた資料を放流季節別に整理したものをみると、成長曲線よりも小さい増長量を示したものが 132 個体中 98 個体と圧倒的に多いが、それでも成長のよかつたものは冬、春に放流したもの、つまり、春か

ら夏を過して再捕されたものに限られている(第9表)。このことは、ミナミマグロにも中、高緯度に分布するビンナガ(須田 1956)、クロマグロ、メバチ(行繩・藪田 1967, 1963)の場合と同様に成長の季節差があるものと考えた方がよさそうである。

以上のように、成長量が季節によって変ることが示唆されたので、その効果を除くためには満 1, 2, 3, 4 年を経過して再捕されたもののみを用いて成長曲線と比較する必要がある。このように選んだ 46 個体のうち、増長量が成長曲線より上廻るもの或いは同じものは僅かに 4 個体で、他は下廻り今回求めた成長曲線よりも成長のおそいものが圧倒的に多い(第 14 図)。この差の生じた原因については、検鱗の際の読みとり誤差、標識

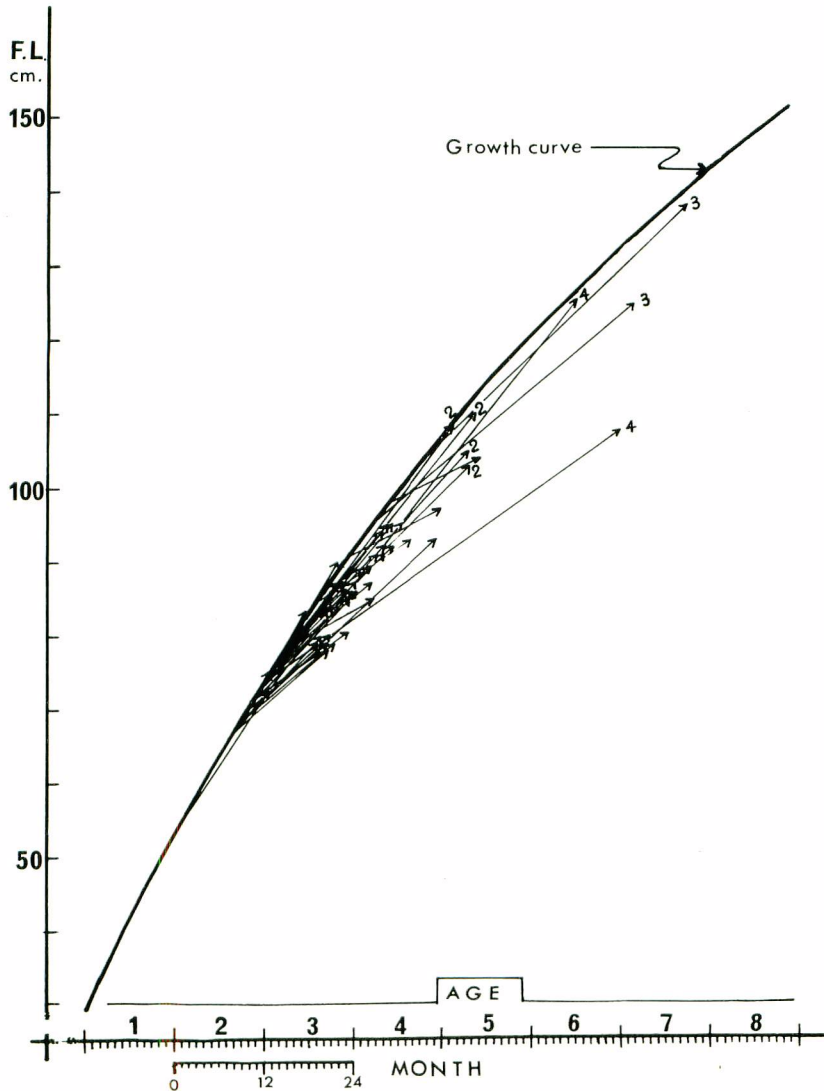


Fig. 14. Increments of tagged fish recaptured about one, two, three, and four years after release (arrows) plotted on mean length given in table 7. Arrows with no mark, numerals 2, 3, and 4, denote duration of liberty one, two, three, and four years, respectively.



による成長度の低下並びに標識魚の体長測定の違いがあげられるが、どれが最も大きく影響しているかは現在では言及できない。しかし、鱗の結果と標識魚との差は、標識することによる2つの誤差を考慮すると、両者の差はもっと小さくなり、さほど大きな違いはなくなるのではないかと考えられる。なお、ROBINS (1962) によって求められた成長曲線は、ここで述べた鱗法からの成長曲線より早い成長を示しているので、標識放流結果と比べると鱗から求めた結果の方が近いことになる。

最後に成長の年変動について若干ふれてみる。SERVENTY (1956) はミナミマグロの成長は年によってかなり変動し、年による成長の良、不良は成長期における成長量によって左右されると述べている。この点については各輪紋形成時の計算体長から検討してみた。資料は輪紋形成直前のものや直後のものが入り混るために

**Table 10.** Year class means of radius of scale annuli of southern bluefin tuna taken by longliners in the Australian waters 1963-1968 Based on data during January to August

Age group	Year class	No. of fish	Calculated length(cm) of each mean annulus							
			1st annulus	2nd annulus	3rd annulus	4th annulus	5th annulus	6th annulus	7th annulus	8th annulus
			8	1955	7	19.1	42.9	62.9	81.6	98.4
	1956	8	22.6	48.5	70.0	87.8	103.3	116.8	129.1	140.6
	1957	2	23.1	46.6	67.1	82.6	99.0	112.8	125.2	138.3
7	1956	14	21.3	45.1	65.1	82.5	99.3	112.7	126.6	
	1957	30	24.2	56.2	70.1	88.8	104.6	119.5	133.3	
6	1957	26	22.5	47.8	69.3	87.2	103.2	118.9		
	1958	35	21.8	45.2	66.4	85.7	101.6	116.6		
	1959	10	22.8	46.3	66.8	84.5	100.3	114.9		
	1960	3	20.8	45.3	67.0	85.1	101.3	117.7		
	1961	1	22.1	49.7	67.8	86.4	101.1	115.9		
5	1958	53	21.9	45.7	67.1	85.0	101.2			
	1959	115	22.3	47.0	68.3	86.3	94.2			
	1960	23	23.7	48.5	69.6	87.8	104.6			
	1961	4	20.8	45.9	66.1	85.6	103.0			
	1962	5	17.4	40.2	59.7	76.7	93.1			
4	1959	51	21.4	46.0	69.4	88.1				
	1960	100	23.8	49.4	71.6	91.6				
	1961	3	24.6	50.7	73.7	95.0				
	1962	7	22.6	47.5	69.9	89.9				
	1963	36	21.6	46.1	67.2	86.6				
3	1960	6	23.5	50.3	75.4					
	1961	12	25.8	53.0	76.1					
	1963	1	22.6	47.3	69.2					
	1964	12	23.5	50.4	75.6					
	1965	47	23.2	48.3	69.6					
2	1962	1	31.1	62.1						
	1965	2	30.7	62.8						
	1966	2	27.6	56.1						

入る誤差を除くために1~8月の間の資料を、年令(輪紋数)別、発生年別に各輪紋形成体長を求めると、若令のものの値が高令のものより値は大きくなっている(LEE現象)(第10表)。そして若年時から高年時まで常に他の年級より早い成長を示す例(8輪魚の1956年, 6輪魚の1957年, 5輪魚の1960年発生群等)がかなりみられ、傾向的には窺われるが、全体にわたって必ずしも一貫してみられない。

ここで扱った各輪紋形成時の計算体長は、年々積み上げられたものである。このために初期(若年時)の成長量に大きく影響される。したがって、年間成長量の変動をみるためには各年令における成長量( $L_n - L_{n-1}$ )—いい換えれば輪紋間隔となる—を検べるのがよい。資料数の多い4, 5, 6才魚を選んで各年令における平均成長量(体長)および、その標準偏差を年別に求めると、標準偏差は0.5~2cm, 変異係数は5~10%程度で、年による成長量の変動はさほど大きいとはいえないようである(第11表)。

**Table 11.** Difference between calculated length(cm) of two successive scale annuli ( $L_n - L_{n-1}$ ) of southern bluefin tuna of four to six age taken by longliners in the Australian waters Based on data during January to August in 1963-1968

	Year Ln-Ln-1	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	Mean ± standard deviation	C. V
Age group 6	L1	22.6	21.6	23.1	20.7	22.1						22.0 ± 0.9 cm	4.2%
	L2-L1		17.8	16.4	15.9	17.3	20.2					17.5 ± 1.7	9.5
	L3-L2			14.0	13.5	13.1	14.0	10.7				13.1 ± 1.4	10.7
	L4-L3				10.7	12.1	10.2	10.7	11.1			11.0 ± 0.7	6.6
	L5-L4					8.3	8.3	8.3	8.7	7.3		8.2 ± 0.5	6.4
	L6-L5						7.3	7.8	7.3	9.2	7.3	7.8 ± 0.8	10.6
Age group 5	L1	22.1	22.1	23.5	20.7	17.3						21.1 ± 2.4	11.1
	L2-L1		16.4	15.4	17.8	17.8	15.4					16.6 ± 1.2	7.1
	L3-L2			14.0	14.0	13.5	12.6	12.1				13.2 ± 0.9	6.5
	L4-L3				10.2	10.7	10.7	12.1	9.7			10.7 ± 0.9	8.3
	L5-L4					8.8	9.2	9.2	10.2	8.8		9.2 ± 0.6	6.3
Age group 4	L1		21.6	24.0	24.5	22.6	21.6					22.9 ± 1.3	5.7
	L2-L1			16.9	17.8	18.8	17.3	16.9				17.5 ± 0.8	4.6
	L3-L2				15.9	15.0	15.4	15.0	14.0			15.1 ± 0.7	4.7
	L4-L3					11.6	12.6	14.0	12.6	12.1		12.6 ± 0.9	7.2

以上鱗にみられる輪紋を用いて8才(145cm)までの年令査定を行い、生涯にわたる成長曲線を求めた。その過程で表層漁業にも延縄漁業にも固有の選択性がある事が示唆され、未成魚期、成魚期では年令別に計算体長を求め、それから各々の成長曲線を推定し、推定結果をさらに平均するという方法が有効であると判断された。しかし乍ら、ミナミマグロの成長を理解する上にはなおいくつかの問題が残されている。

第1に、検鱗作業における技術的な問題として、本研究ではこの作業を著者1名によって行い、反覆読取りもしなかった。したがって、輪紋を客観的に判定しているかどうか疑問がある。この点に関連して高令になると、輪紋を判定できない個体の割合が大きくなることに留意したい。輪紋判読できなかった個体が、判読できた個体と同じ成長をするものであるとはいいい切れない。もし、両者の間に成長度の差があれば、本研究で求めた成長曲線は現実の成長とずれている可能性もある。輪紋判読ができなかった個体については、多数の観察者によって輪読してみる必要もあろう。もっとも輪紋の基準を改善したとしても鱗の表面観察では限界があり、例えば鱗の切断面によって検討する等の方法も考えてよいであろう。

第2として、ここで求めた成長曲線より標識魚の成長が多くの場合下廻っているという推定値の再現性の問題があげられる。このずれの原因については全く不明である。ただ成長曲線から体長組成に現われたモードを

一応説明できるから、成長度そのものについては標識魚の増長量とのずれはあまり大きな問題ではないのかも知れない。また逆にミナミマグロの標識放流調査、とくに標識をすることが、魚の生態におよぼす影響について多面的な吟味が必要となる。

第3としては、成長曲線の適用上の問題である。現在延縄で漁獲されるミナミマグロの年令組成は、年令と体長の関係式に基づいて推定されている。この成長曲線は資源の状態（水準）や、環境の変化によって変ることとはあり得ることであり、ここでは1963～1968年の間の標本によって推定したが、今後適当な期間において改めて検鱗を行い、成長度の変化を吟味する必要がある。

## 要 約

ミナミマグロの年令、成長について、1963～1968年にオーストラリア周辺にて延縄および表層漁業によって獲られた2,504個体の鱗の輪紋から検討を行った。成長曲線については延縄漁獲物の資料のみを用いて算定した。この鱗から求めた結果を体長組成にみられるモードおよび標識魚の成長とから吟味した。

検討結果は以下の通りである。

1. 輪紋判読個体は1,025個体であり、体長の大きいもの程輪紋判読できるものの割合は低下する。
2. 体長と鱗径との関係は高年魚でやや弯曲するようであるが、輪紋判読できた153 cm以下のものでは直線関係を考えて差支えないと思われ、両者の関係を一次式で表した。
3. 輪紋数は体長の増大に伴って増加し、鱗径と輪紋径との間には、同一個体内、異個体間に相似性が認められ、ミナミマグロの鱗の輪紋には規則性が存在することが確められた。
4. 輪紋は9、10月に年一回定期的（時間的に等間隔）に形成されており、ミナミマグロの鱗にみられる輪紋は年輪であることが確められた。
5. 輪紋数（年令）別の各輪紋平均値にはLEE現象が認められる。これは、漁業の選択性を反映している可能性が考えられ、この影響を小さくするために、年令別の各輪紋の平均形成体長によってVON BERTALANFFYの成長式を求めた。そして、この式を産卵期を起点とした満年令のものに修正すると、

$$L_t = 219.7 \left\{ \frac{-0.135(t+0.04)}{1-e} \right\}$$

を得る。この式によって各年令の体長を算定し、成長曲線を求めた。雌雄による成長差はみられなかった。

6. 鱗から求めた成長曲線と体長組成からの成長曲線（ROBINS 1962）とを比べると、ROBINSの結果が早い成長を示すが、両者の差はさほど大きくはないと思われる。
7. 体長組成にみられるモード相互間の体長間隔は一年令差に相当している。モードの位置も成長曲線とよく一致する。しかし、標識魚の成長は、鱗からの成長より概しておそいが、これには放流時の体長測定の影響、標識することによる魚体の成長に与える影響もあり、これらの点を考慮すると、両者はもっと類似性を示すであろう。
8. 成長の年変動は1963～1968年の間では、変異係数で5～10%程度である。

## 文 献

- CLEMENS H. B., 1961: The migration, age, and growth of pacific albacore (*Thunnus germon*, 1951-1958, State of Calif. dept. of fish and game, Fish. Bull. No. 115.
- DIVISION OF FISHERIES & OCEANOGRAPHY, COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION: Fisheries Field Bulletin Nos. 1-59.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 1968: Report of the meeting of a group of experts on tuna stock assessment, F. A. O. Fisheries Report No. 61.
- HENNEMUTH, R. C., 1961a: Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin

- tuna in the eastern Pacific ocean for the year 1954-1958, I. A. T. T. C. Bull. vol. 5, No. 1.
- 本間 操・藁科侑生, 1969: マグロ漁業研究協議会議事録(昭和43年度), マグロ漁業研究協議会
- HYND J. S., 1965: Southern bluefin tuna populations in south-west australia, aust, Jur. mar. Fresh w. Res., 16(1) 25-32.
- HYND J. S., G. L. KESTIVEN & J. P. ROBINS 1966: Tuna in southern australia waters, Food Tech. Aust. 18(45), 1-11 (Reprint)
- 岩井 保・中村 泉・松原喜代松, 1965: マグロ類の分類学的研究, 京都大学みさき臨海研究所特別報告別刷
- 上村忠夫・本間 操, 1959: マグロ延縄漁業平年漁況図, 昭和 33 年版, 南太平洋の海域編, 日本かつを, まぐろ漁業協同組合連合会
- 木川昭二 1964: 産卵生態からみた“沖漁場”のインドマグロ (*Thunnus Thynnus maccoyii* ?), 南海区水研報告第 20号 37-48,
- 久保伊津男・吉原友吉, 1957: 水産資源学, 共立出版社
- MIMURA K., 1962: Studies on Indo-maguro *Thunnus Thynnus maccoyii*? Occ. Rept. Nankai Reg. Fish. Res. Lab. (1) 15-22.
- 三村皓哉・藁科侑生, 1962: インドマグロ (*Thunnus maccoyii*) の研究, 漁業の発展経過, 分布の地域差と季節変化, およびゴウシュウマグロとの関連について, 南海区水研報告 16 号 135-154.
- 三村皓哉・中村広司, 1959: 印度洋海域とその周辺の漁場, マグロ延縄平年漁況図昭和33年版, 日本かつを, まぐろ漁業協同組合連合会,
- 三谷文夫 1960: プリの漁業生物学的研究, 近畿大学農学部紀要第1号
- NOSE Y., S. TOMOMATSU, K. MIMURA, & Y. HIYAMA, 1955: A method to determine the time of ring formation in hard tissue of fish especially for the age determination of pacific tunas; Records of Oceanographic Works in Japan, vol. 2, No. 3.
- 岡地伊三雄, 辻 敏, 花村宜彦, 竹下貢二, 三尾真一, 相川広秋, 1958: マサバの年令と成長, 附ゴマサバの年令と成長, 対島暖流開発調査報告書(4) 20-28
- RODRIGUEZ-RODA, J., 1963: F. A. O. Fisheries Report No. 6, vol. 3.
- ROBINS, J. P., 1958: C. S. I. R. O. Division of Fisheries and Oceanography Report 22, F. R. V. "MARELDA" Scientific Report of cruise July 1957-May 1958.
- ROBINS, J. P., 1962: Synopsis of biological data on bluefin tuna *Thunnus maccoyii* (CASTELNAU) 1872, proc. world sci. meet. biol. tuna and related species, Species synopsis No. 17, F. A. O.
- SERVENTY D. L., 1956: The southern bluefin tuna *Thunnus thynnus maccoyii* (CASTELNAU) in australian waters, Aust. Jour. mar. Fresh w. Res. 17 1-42.
- 新宮千臣・藁科侑生, 1965: ミナミマグロの形態の比較, 南海区水研報告 22 号, 85-93,
- 新宮千臣, 1967: ミナミマグロの分布と洄游, 南海区水研報告 25 号 19-36
- 新宮千臣, 1968: ミナミマグロの分布, 生態に関する既往の知見, 水産海洋研究報 12 号 117-120
- 須田 明, 1956: ビンナガの研究Ⅱ, 北部太平洋で漁獲される北上期ビンナガの魚体組成, 日水会誌 21 巻 5 号 314-319
- VON BERTALANFFY. L., 1938: Human biology vol. 10. No. 2.
- WALFORD L. A., 1950: A new graphic method of describing the growth of animals, Biol. Bull. 90 (2) 141-147.
- 藁科侑生, 1960: インドマグロの分布と漁況, 南海区水研遠洋資源部
- 藁科侑生, 1968: 産卵に伴うミナミマグロの肉質および体重の変化, 鮪漁業 No. 77, 8-15, 全国かつを, まぐろ研究協議会
- 藪田洋一・行繩茂理, 1959: キハダの年令と成長Ⅰ, 体長組成からの検討, 南海区水研報告 11 号

- 藪田洋一・行縄茂理・薬科侑生, 1960: キハダの年令と成長Ⅱ, 鱗にみられる輪紋からの検討, 南海区水研報告 12 号 63-74,
- 米盛 保・相川広秋, 1956: 対島暖流域マサバの年令査定について, 対島暖流開発調査, 第4回シンポジウム発表論文集 283-306
- 行縄茂理・藪田洋一, 1963: メバチの成長と年令, 南海区水研報告 19 号 103-120
- 行縄茂理・藪田洋一, 1967: クロマグロの年令と成長について, 南海区水研報告 25 号 1-18