

## キスの年令と成長

三 尾 真 一

### The Determination of the Age and Growth of *Sillago sihama* FORSKÅL

SHIN-ICHI MIO

#### Abstract

The age and growth of *Sillago sihama* were studied with the aid of marks on sections of the otolith to obtain fundamental knowledge of the biology of the species, using specimens which were collected from off Fukuoka, Kyushu, during the period from 1956 to 1961.

1) The scale picture was of the cutting-over type in both lateral sectors and of the concrescent type in the anterior sector. The marks on the scales were definable as those comprised zones of wide bands in the anterior sector and concurrently with them cutting of ridges in the lateral ones. The marks on the section of the otolith were defined as the boundaries from the outer margin of the opaque zone to the transparent one (Fig. 1).

2) In measuring the mark-size on the scale and the otolith, some errors could not be avoided. The error from the curvature of the measuring axis for mark-size was the largest. The coefficient of variation and skewness in each mark groups to determine the measuring axis were critically examined by each approximate measuring method; short axis and curve, chord and project on the long axis (Fig. 2). The innermost mark was observed to be not significantly different in any axis and measuring method, but in the other larger mark groups the values varied, especially in chord and project methods (Table 1, 2). The error from the curvature of the measuring axis showed the smallest value in the short axis. The short axis in the otolith and the axis from centre to antero-lateral lobe in the scale were used as the measuring axis.

3) The relationship between scale-size or otolith-size ( $R$ ) and each mark-size ( $r_n$ ) in the same individual were similar being expressed by two linear regressions (Fig. 4, 5). The otolith method was used for age determination, since the formation rate of the marks on the otolith was higher than on the scale.

4) The relationship between otolith-size ( $R$ ) and fork-length ( $L$ ) was found to be linear and could be expressed by the regression equation (Fig. 7). All otolith-size and mark-size should be standardized by multiplying with the factor,  $\hat{R}/R$ .

5) The relationship between otolith-size ( $R$ ) and mark-size ( $r_n$ ) in the each month data was found to be intermittent with several short linear regressions by the intermittent parts along the ordinates divided into each age group (Fig. 8, 15). The size of the age marks was obtained from the relationship between fork-length and mark-size which were derived from each age group and month data (Fig. 9). The intermediate fork-length was computed from the size of the age marks and the relationship of fork-length to otolith-size.

6) The character of the age mark and intermediate fork-length were examined by various tests.

WALFORD plot was found to be a linear regression with excellent result (Fig. 10). Therefore, these marks were formed at the same time interval.

The value of the marginal growth index  $(R-r_n/r_n-r_{n-1})$  changed seasonally, attaining the minimum value in May (Fig. 11).

The mark was formed by 20 percent in May, by 50 percent in June and by 30 percent in July in every year.

The spawning season of this species was from June to August, the peak of the season being in July (Fig. 12).

The relationship between body weight and cubic fork-length in this species conformed to the linear regression (Fig. 13).

$L_1$  with the first mark just formed was not attained in June in the 0-age group but in the month of 1-age. The growth in this species was described by PÜTTER BERTALANFFY'S and BUCH ANDRESEN FISCHER'S equations.

7) The deficiency of the growth equations was supplied by the following informations. The equations could be applied from the 1-age to the 9-age groups. The seasonal growth rate was described; the rapid growth season from March to August and the slow season from September to February (Fig. 14). The variation of this growth equation was found to be  $\pm 13$  mm in the standard deviation (Fig. 18).

キスは、わが国の全沿岸海域に分布し、各種底びき網・小型定置網・一本釣等によつて漁獲されている。漁獲量はあまり多くないが、沿岸小型底びき網漁業においては、その漁獲量は安定し、魚価が比較的高いために主要な漁獲対象魚種となつている。この研究は、キスの年令を査定し成長を明かかにして、資源調査の基礎資料とすることを目的として行なつた。

資料は1954年から1961年にわたつて主に福岡市場に水揚げされた漁獲物から、また一部分は福岡市近郊の津屋崎市場で採集した。採集された全個体について各種の計測を行なうとともに、781個体からは鱗および耳石を採取し、その上に形成されている標示に基づいて年令査定を行なつた。

この研究を行なうに当り、始終懇切なご指導をいただいた九州大学塚原博教授、並びにご校閲をいただいた資源部長加藤源治氏に厚く御礼を申しあげる。

## I. 年 令 査 定

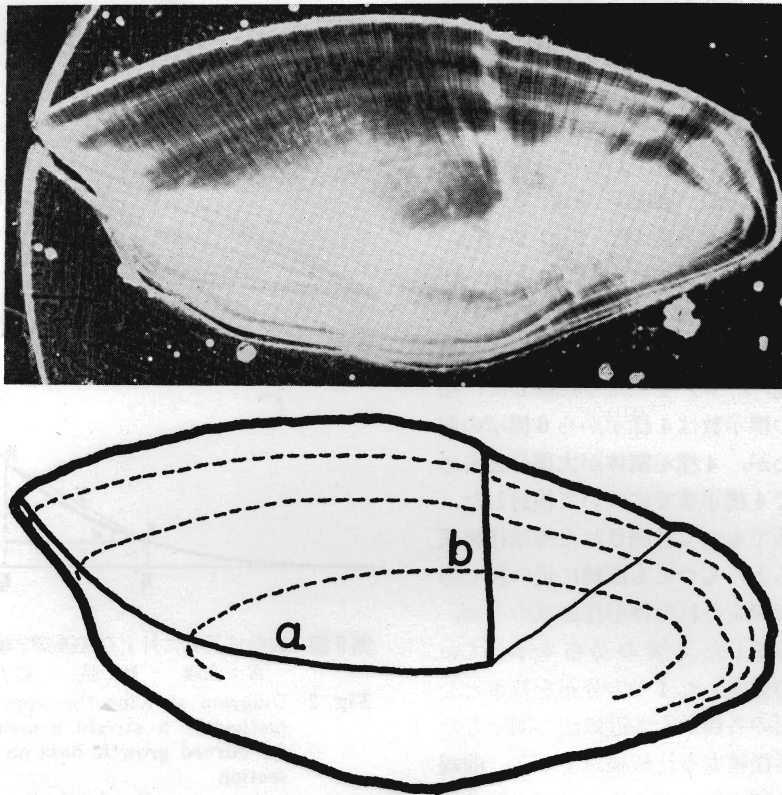
キスの鱗および耳石には比較的鮮明な構造の変化が認められるので、年令査定の形質として鱗および耳石をとりあげた。まず、それらの年令を標示するものとしての性質について、適合性の点から比較検討した。

各魚体表面から採取された鱗は直ちに水洗後、5%苛性カリ溶液に約10時間浸漬して鱗表面から粘液や粘膜等を除去する。次に十分に水洗し苛性カリを除き、2枚のスライド・ガラスに挟み標本とした。

キスの鱗はタイ型の櫛鱗であり、比較的大型で厚く丈夫である。その中心から前部周辺へ向つて数本の放射線が走り、隆起線は前部では周辺とほぼ平行に走っているが、両側部では周辺に向つて流れ出している。鱗の前部においては隆起線が疎であり、両側部では乱れるか、または切断された部分が連続している構造がみられる。この2つの構造が連結し、周辺と平行する部分の外辺を標示と規定した。透過光によつて20倍に拡大し計測した。

耳石は魚体に較べて大きく、ほぼ紡錘状をなし、肥厚しており、そのまゝでは透過光による

観察は困難であるため切片を製作した。各魚体から採取された耳石は、水洗後アクリル樹脂に包埋し、グラインダーで両側から削り、耳石の中心を通る軸に沿った横断切片を作った。切片はスライド・ガラスにカナダ・バルサムで封じ測定標本とした。中心はやや腹部に偏り、中心付近に不透明は核が見られる。核の周囲に透明帯と不透明帯が耳石周辺とほぼ平行に形成されている。その移行部の境界がもつともはつきりしている不透明帯の外辺を標示と規定し、透過光で50倍に拡大し計測した (Fig. 1)。



第1図 耳石の横断面および成長軸 a ; 長軸 b ; 短軸

Fig. 1 Transverse section of a otolith and its diagram showing growth axis. a : long axis, b : short axis

年令査定に用いられる標示は厳密な規定にしたがつて読み取られるとともに、形質の大きさおよび各標示径が正確に計測されなければならない。測定に際して生じる誤差としては、物理的な誤差のほかに各種の誤差が現われる。とくに測定軸の選定によつて生じる誤差は無視できないほど大きい、一般に年令査定に用いられる形質の成長軸は、さまざまな形態でもつて彎曲しており、それを種々の方法で直線に近似させて測定する場合に大きな誤差を生じやすい。

キスの耳石は比較的大きく、かつ厚く、紡錘状をなすため、成長軸は部位によつて種々異なつた彎曲状態を示し、彎曲の程度は個体により耳石の部分によつて異なつている。成長軸の彎曲度と直線測定軸へ近似させる方法によつて生じる誤差の大きさの変化について検討した。

フオーク長 222mm 以上(最大フオーク長, 284mm)の個体20尾から耳石を採取し、横断切片を

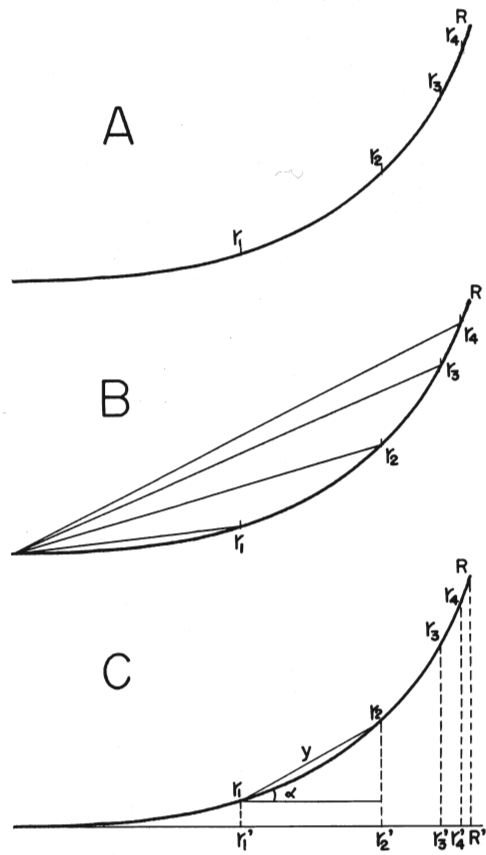
作製した。それを拡大観察すると長軸(Fig. 1-a) は非帯に彎曲している。この軸はもつとも長く、彎曲も著しく、切片を作らず耳石をそのまま透過光で投影して測定した場合には、この軸が測定軸として使用される。従つて、この軸を用いて彎曲した成長軸を直線測定軸へ近似させること(近似法)によつて生じる誤差の大きさの変化状態を調べるとともに、もつとも直線に近い成長軸を測定軸として用いた場合の誤差の大きさをも求めて比較検討した。

測定の近似法として 1)、成長軸の彎曲に沿つて測る方法(曲線, Fig. 2-A), 2)、弦として測る方法(弦, Fig. 2-B), 3)、投影して測る方法(投影, Fig. 3-C)の3方法によつて長軸を計測し、4)、もつとも彎曲度の小さな成長軸として短軸(短軸, Fig. 1-b)を測定し比較した。用いた資料の標示数は4標示から6標示の個体があつたが、4標示個体が大部分を占めていたので4標示までについて検討した。

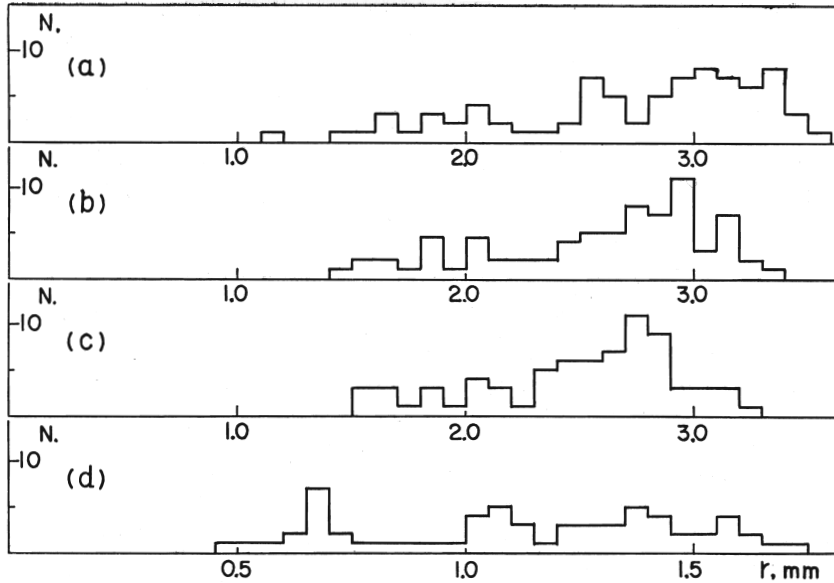
各近似法でもつて計測された標示径組成を比較すると、もつとも直線に近い軸である短軸上で測定された標示径組成のみは、明らかに分離した4個の分布を示している。短軸の分離した4つの分布を基本として、長軸上の各標示を各近似法で測定した場合の標示径組成を比較検討すると、曲線ではほぼ4個の峯が認められるが、弦では

II 標示群以上の分布の識別が困難になり、投影では各標示群の分布はまったく識別できず1個の峯が認められるのみである。すなわち、各標示群の分散は短軸、曲線、弦、投影の順に大きさが増加し分布の判別が困難になる(Fig. 3)。

次に、同一標示群間で測定法別に分散の変化を比較した。分散の大きさは絶対値、または代表値に対する比として示される。しかし、年令査定に使用される標示径の場合にはあまり誤差が大きいと、本来は第n標示群に属すべきものが第n-1標示群、または第n+1標示群に属するものとして取り扱われることになる。したがつて、第n標示が本来の第n標示群を構成するためには一定の範囲内(許容範囲)に入る必要がある。この一定の範囲と分散との比が標示径の分散の程度を示す数値となる。その範囲としてはn-1, n+1標示群の分布の端を用いるのがもつとも望ましいが、分布の端は求めることがむづかしく、またわずかな個体の極端な値によつて変動しやすいので、こゝではもつとも明確な値である各標示径の平均値を用いた。すなわち、n+1標示群とn-1標示群の平均値の差でn標示群の標準偏差を除した値を変化係数と



第2図 彎曲成長軸に対する直線測定軸への近似法  
 A: 曲線 B: 弦 C: 投影  
 Fig. 2 Diagram showing the approximating method of a straight measuring axis for curved growth axis on a otolith section  
 A: curve, B: chord, C: project



第3図 近似法別標示径組成 a: 曲線 b: 弦 c: 投影 d: 短軸  
 Fig. 3 Frequency distribution of mark-size by measuring axis and method. a: curve, b: chord, c: project, d: short axis

し、近似法別、標示群別に分散の変化を比較する指数として用いた。Ⅰ標示群とⅣ標示群ではそれぞれ0標示およびⅤ標示群の平均値は求められないので、Ⅰ～Ⅳ標示群の各平均値から求められた定差式から外挿して求めた (Table 1)。

第1表 近似法別、標示群別変化係数  
 Table 1 Variation coefficient of mark-sizes in each measuring method and mark group.  
 C. V. =  $\frac{\text{standard deviation for } n\text{-th mark}}{r_{n-1} - r_{n+1}}$

measuring method	mark group				
	I	II	III	IV	
long axis {	chord	0.191	0.220	0.442	0.855
	curve	0.180	0.205	0.567	1.165
	project	0.169	0.263	0.539	1.624
short axis	0.158	0.249	0.422	0.670	

長軸の曲線上で測定された標示径は、成長軸の彎曲に関連して生じる測定上の誤差を最小にとどめられているので、その各変化係数を基準として比較すると、彎曲した成長軸に対して測定軸を直線で近似させたために生じた分散の増加程度を近似法別に知ることができる。Ⅰ標示群は、いずれの近似法においても差はなく、変化係数の値も小さく、Ⅱ標示群の分布と比較的識別されやすいことを示している。標示が高年標示になるにつれて、いずれの方法でも変化係数の値が大きくなるが、とくに弦および投影による方法ではその増加割合が著しく、Ⅳ標示群

においては1より大きな値を示すようになり、標準偏差の値が許容範囲をこえていることがわかる。投影して測定した場合には、曲線に沿って測定した場合の2倍に達している、正確な分布の峯を求めるには、求める分布が前後の標示径分布とできるだけ分離されていなければならないが、変化係数が1をこえるような場合には前後の分布との識別はまったく不可能であり、正確な各標示径分布の峯の値を求めることはできない。もつとも直線に近い成長軸を有する短軸を測定軸として用いた場合には、変化係数がもつとも小さく、測定に関連した誤差が最小であることがわかる。

次に、彎曲した成長軸を直線で近似することによつて、各標示径組成の分布の形にどのような影響が現われるかについて標示群別、近似法別に歪度を求め、その値に基づいて検討した (Table 2)。長軸の曲線の場合と短軸の場合を比較すると、短軸ではほとんど0に近い値を示し、各標示群の分布はほぼ左右対称な分布であることがわかる。曲線の場合では、分布の重

第 2 表 近似法別、標示群別歪度  
Table 2 Skewness of mark-sizes in each measuring method

measuring method	mark group				
	I	II	III	IV	
long axis	curve	-0.332	0.430	0.832	0.351
	chord	-0.853	-0.063	0.530	0.303
	project	-0.885	0.117	0.303	-0.047
short axis		0.116	0.000	0.017	0.015

心が I 標示群では径の小さい方へ、II, III, IV 標示群は大きい方へ偏っている。長軸について近似法別に比較すると、各標示群とも曲線、弦、投影の順に分布の重心が径の小さい方へ移動していることがわかる。このことは彎曲した成長軸上の標示を直線測定軸で測定するに当つて、各々の標示径がその彎曲の程度と近似の方法に応じて縮小される方にのみ変化することに原因がある。すなわち、ある測定値はほとんど直線に近い成長軸上にあるために、曲線に沿って計つた場合とほぼ同じ値として測定されるが、ある測定値は彎曲が著しいために曲線に沿って測定した場合より非常に小さい値となる。個体によつて用いられる成長軸の彎曲の程度が異なるために、元の分布に較べて重心が径の小さい方へ偏る結果となる。

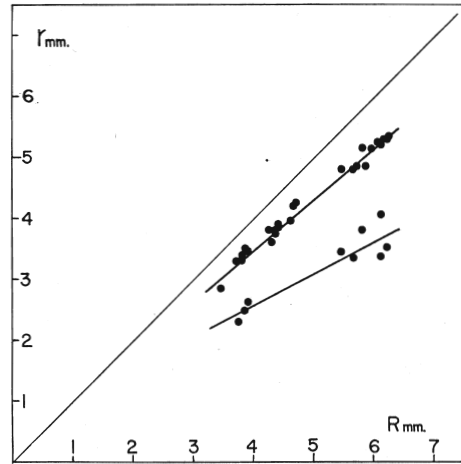
以上、分散と歪度の値に基づいて検討したように、彎曲している成長軸上に形成される各標示を直線測定軸でもつて近似させて測定すると、得られた標示径分布は忠実に成長軸に沿って測定した場合に得られる元の分布の分散を増大させるのみでなく、分布型も変えてしまつている。その変化の程度は、彎曲の曲率の個体差が大きいほど著しく、その変化の影響は高年標示ほど増加する。従つて、測定軸として用いる成長軸の決定に当つては、その成長軸上に形成されている標示の明りようさ、軸の長さなどを考慮するとともに、その軸の彎曲度についても吟味し、もつとも直線に近い軸を選ぶべきである。

また、直線への近似法によつてもその影響は異なり、投影した場合にはもつとも著しい差を生じ、キスの場合には投影して測定すると、得られた各標示径組成の識別は實際上不可能である。切片を製作せずそのまま透過光で計測したのでは、読み取りもむずかしく、測定された標示径の誤差の点および分布の形の変化の点からも適切でないことがわかる。従つて、諸種の観点から測定軸として彎曲した成長軸を用いなければならない場合には、直線に近似させることなく彎曲に沿って測定しなければならない。

この調査では、耳石はすべて横断切片を作り、もつとも直線に近い成長軸であり、分散が最小で、分布の形がもつとも左右対称である短軸（中心と神経溝上端を結んだ軸）を測定軸として用いることにした。鱗では、もつとも長く比較的彎曲度の小さい、中心と前側部を結んだ軸を測定軸とした。

鱗は鱗や頭部の一部分のわずかな部分を除いた全魚体表面を覆い、その形や大きさは魚体の部位によつて著しく異なる。従つて、その上に形成される標示も鱗の形成部位によつて異なると考えられる。同様なことが左右1対の耳石についても当然考えられる。同一個体内での鱗および耳石の形成部位による標示の形成の規則性および形成率の相違について調べた。

魚体表面を側線上と側線下に分け、さらにその各々を前、中、後部に分け、それぞれA、B、C、D、E、F部位とした。1955年7月に採取した個体（フオーク長；169mm）の各部位から数枚ずつの鱗を採取し、鱗径および標示径を計測した。測定された鱗径（R）を横軸に、標示径（ $r_n$ ）を縦軸に取つて各測定値を座標上に記録すると、各点は2本の回帰直線で示されるような分布を示す（Fig. 4）。この回帰直線はともにほぼ原点を通る。すなわち、各々の鱗の標示は、鱗径の大きさにほぼ比例して形成され、部位によつてその形成の規則性に差がなく、各標示は個体内において相似的に形成されている。次に、2本の回帰直線によつて2個の標示群に判別された各標示径の各形成率を、部位別、標示群別に調べた（Table 3）。F部位を除いていずれの部位もⅠ標示群では第Ⅱ標示群より形成率が非常に低い。部位別にみると、E部位が比較的高い形成率を示しているが、全般的にその形成率は低く、Ⅰ標示の読み取りがむづかしいことがわかる。数個体について同様な検討を行なつたが同じ結果が得られた。



第4図 同一個体内における鱗径と標示径との関係

Fig. 4 Relationship between scale-size on scale taken from various body position of a sample.

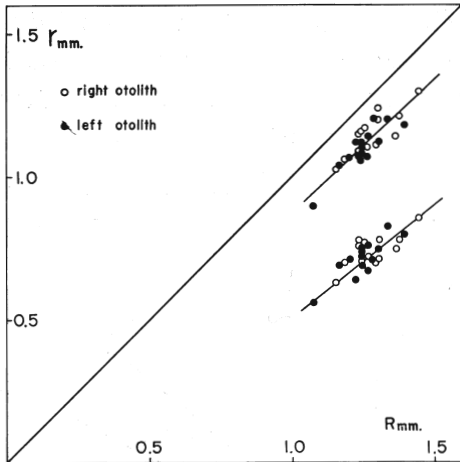
第3表 体部位別、鱗標示の形成率  
Table 3 Mark-formation rate on scale in each body portion

mark group	body portion					
	A	B	C	D	E	F
I	0.250	0.000	0.286	0.200	0.333	0.800
II	0.500	0.333	0.571	1.000	1.000	0.000

耳石は鱗と異なり1個体で左右1対しかないため、1個体だけでは標示形成の規則性を検定し得ない。そこで同一発生群と考えられる、同一漁場で同一時期に漁獲された比較的狭い体長範囲の個体群を用いて鱗と同様な検討を行なつた。

1961年2月17日に採集した38個体（フオーク7長；191~228mm）から左右1対の耳石を採取

し、その横断切片上に認められる標示および耳石径を測定した。測定された耳石径 (R) を縦軸に、標示径 ( $r_n$ ) を横軸に取って各測定値を座標上に乗せると、各点は2本の回帰直線で代表されるような2個の群を形成し、耳石の標示も相似性を有することがわかる (Fig. 5)。個



第5図 同時期、同年級群における耳石径と標示径との関係  
 Fig. 5 Relationship between otolith-size and mark-size in same age group sampled in same season

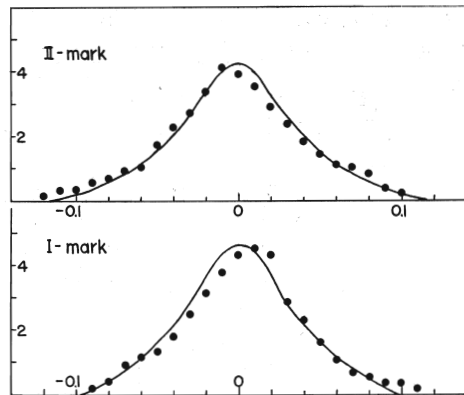
体間の変異を含んでいるにもかかわらず、その分散は比較的小さく、この標示の形成は非常に安定していることがわかる。次に、標示の形成状態が個体内の左右で異なるかどうかを吟味した。相似性が認められるので、その性質にしたがって平均耳石径 (1.29mm) にすべての耳石径を統一し、それに対応して各標示径を換算し、その標示径について同一個体の左側耳石の各標示径から右側のものを引いた ( $D = r_{Li} - r_{Ri}$ )、この差 (D) の頻度分布を各標示群ごとに求めて、同一条件における正規分布 (理論値, Fig. 6 中の実線で示した分布) との有意差を検討した。各標示群とも理論値との間にわずかなずれがみられるが、有意の差は認められなかった。従って、左右耳石の標示の形成状態にはまったく差のないことがわかった。また、形成率は左右耳石の I, II 標示群ともに 100% であった。

以上の結果から、キスにおいては標示形成は鱗、耳石とも形成された部位に関係なく相似的である。しかし、鱗では部位によって鱗径やその形が異なり、I 標示の形成率は全般的に非常に低い。それに比較して耳石の標示は左右で形成状態にまったく差がなく、形成率はどの標示でも高い値を示すことから、この調査では年令形質として左右いずれか一方の耳石を用いることにした。

各個体について計測された耳石径 (R) とフオーク長 (L) との関係を求めると、両者の間には直線関係が認められ、その直線は次の直線式で表わされた (Fig. 7)。

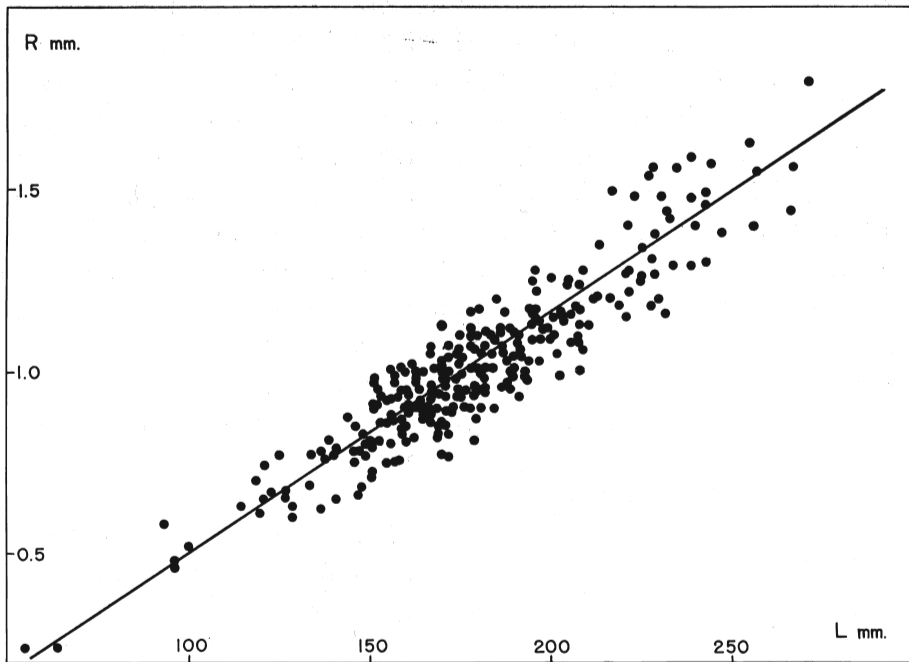
$$L = 151\hat{R} + 24.5 \dots \dots (1)$$

上記直線式で示された回帰関係には比較的大きな分散が認められる。前述したように、耳石径と標示径との間には対応した関係があり、耳石径の差は同じ比率によって標示径に分散を生ぜしめる。この耳石径の相違によって生じた標示の分散を取除くために、 $\hat{R}/R$  でもって各標示径を補正した。 $\hat{R}$  は耳石径と



第6図 左右耳石の標示径の差の分布 (縦軸; 個体数の移動平均値)  
 Fig. 6 Frequency distribution of size difference in mark-size of right and left otolith ordinate; value of moving average in number





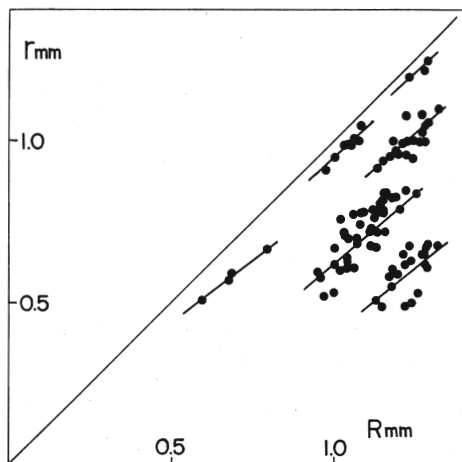
第7図 フォーク長と耳石径との関係  
 Fig. 7 Relationship between fork-length and otolith-size

フォーク長との関係直線上の値である。以後の考察は、すべて標準化された標示径に基づいて行なった。

採集資料の量と組成は採集の対象にされた海域での漁獲変動をそのまま反映する場合が多い。漁獲物の量および質は、その魚種の生態 — 各種の行動の変化 — に関連しているとともに、漁獲努力の質的量的変化によつてもさまざまに変化する。それをほぼ反映している採集資料は季節によつて個体数とフォーク長組成が著しく異なる。なかでも、フォーク長組成において高年魚が若年魚に較べその個体数が非常に少ないのは当然の現象であるが、そのために高年魚の若年魚に対する比率は非常に変動しやすい。この採集資料の質的量的な偏りが年令査定の結果に如何に影響を与えるかについて考察してみる。資料が極端に偏り、1回の採集が全体の半数以上を占め、またその主体がある年級群に限られているような場合には、各個体を等質のものとして直ちに標示径とフォーク長との関係を求めると、得られた標準標示径は1回の採集物のある年級群によつて決定され、他の採集物はまったく標準標示径の決定に役立たないことになり、その結果はきわめて限られた資料から導かれた特殊な普遍性のないものとなる恐れがある。この資料にみられる偏りとしては、1). 各年級群の個体数の差、2). 各年級内のフォーク長分布の季節による差、3). 季節による個体数の差の3つが考えられる。

また、耳石径と標示径との間には相似の関係があり、耳石径とフォーク長との間には一定の比例関係があるため、同一年級内での標示径とフォーク長との間の関係は当然フォーク長に無関係に一定したもの（縦軸に標示径、横軸にフォーク長をとつた場合の横軸に平行な関係）ではなく、その年級群の占めるフォーク長範囲内で耳石径とフォーク長との関係に対応した関係が、年級群の有する標示数だけ認められるはずである。

この標示径とフォーク長との間に認められる性質と前述した採集資料の偏りのために、個体間の比較から直ちに調査対象となつている個体群を代表する標示径（標準標示径， $\hat{r}_n$ ）を正確には求めがたい。より正確な標準標示径を得るためには、個体をできるだけ同質のものに区分し、それを整理し、段階的に比較検討してゆかなければならない。すなわち、各資料を季節別、年級群別に分離し、その中から得られた各標示径の代表値とフォーク長との関係を求めることによつて標準標示径を求めなければならない。従つて、標示径とフォーク長との関係を求めるためには、まず資料を季節別、年級群別に分ける必要がある。季節は資料数に応じて適当に区分すればよいが、年級群の分離は非常にむづかしい問題である。この調査では、耳石径と標示径との関係（ $R-r_n$  関係）において各年級間に認められる各回帰線の不連続現象を用いて分離した。 $R-r_n$  関係を求めると、同一年級では標示径は、耳石径およびフォーク長とほぼ比例関係を示すという性質が非常に明確に現われ、相連続した年級間（ $i, i+1$ ）では  $i+1$  年級の成長のよい個体の標示径は大きく、 $i$  年級で成長が悪いため  $i$  年級の成長のよい個体と同じフォーク長を示すものでも標示径では小さな値を示す。従つて、年級群間で  $r_n$  標示に不連続が起こる。この不連続に注目して年級を分離した。



第 8 図 耳石径と標示径との関係(5月)  
Fig. 8 Relationship between otolith-size and mark-size in May

採集資料を月別に分け、各月別に耳石径（ $R$ ）を横軸に標示径（ $r_n$ ）を縦軸に取つて座標上に乗せる（Fig. 8）。5月の資料を例として述べると、座標上の各点は6本の回帰線で表わされる分布を示す。各回帰線は各年級群の各標示径と耳石径との関係を示し、それを構成している各点は同一年級の同一標示群に属していることを示している。すなわち、耳石径  $0.85\text{mm}$  によつて I 標示群と II 標示群、 $1.15\sim 1.25\text{mm}$  の範囲で II 標示群と III 標示群とに分けられる。各月の資料について同様な方法で年級を分離し、得られた各回帰線の重心をきめ、それを各月の各年級群を代表する標示径および耳石径とした（Table 4）。5月の場合には、標示形成期の初期に当たるため各年級群の最終標示の形成率が低く重心が決定し得ないので、より若年時の回帰線から重心

を定めた。

得られた各月の各年級群を代表する標示径とフォーク長との関係を求めると、4本の横軸に平行な回帰直線が得られた（Fig. 9）。すなわち、標示径の標準となる標準標示径は体長に関係なく一定の値を示す。得られた標準標示径と耳石径と、フォーク長との関係式から標示形成時のフォーク長が求められた。

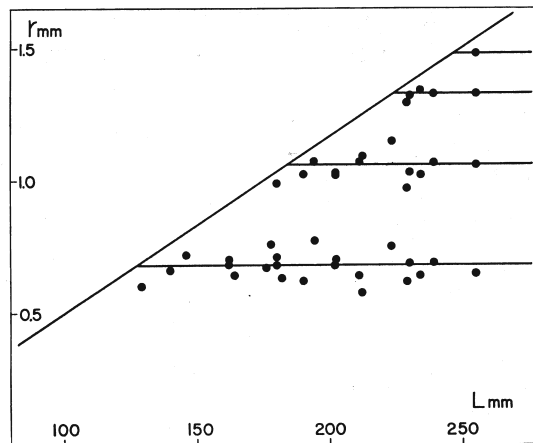
得られた標準標示径の形成過程を吟味するために、WALFORD の成長転換法によつて検討した。すなわち、縦軸に  $r_{n+1}$  を、横軸に  $r_n$  をとつて各標示径を座標上に乗せると、得られた各点は一直線上に非常によく乗る。その直線は次式で示される（Fig. 10）。

$$r_{n+1} = 0.658 r_n + 0.630 \dots \dots (2)$$

従つて、この標準標示径は一定週期で形成されていると推定される。

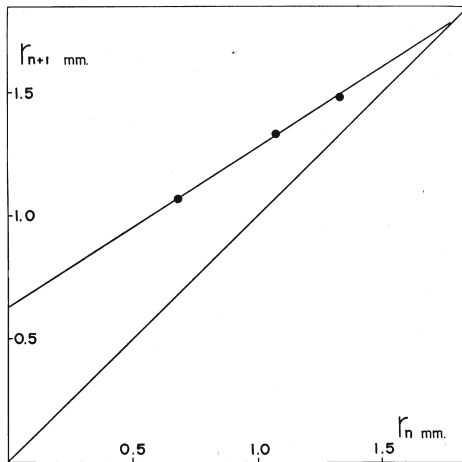
**第 4 表** 月別, 年級群別, 標示径および標示形成時体長  
**Table 4** Intermediate fork length and mark size represented from the data in monthly age group. (mm)

	R	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$
Jan.	1.00 1.18	0.76 0.70	1.03		
Feb.	1.18 1.36	0.68 0.62	1.02 0.97	1.28	
Mar.	0.90 1.08	0.68 0.63	0.94		
Apr.	1.00 1.25	0.69 0.65	1.03		
May.	0.67 1.00 1.48	0.59 0.68 0.69	0.98 1.03	1.32	
Jun.	0.79 1.12 1.40 1.54	0.72 0.77 0.64 0.65	1.07 1.02 1.06	1.34 1.33	1.48
Jul.	0.74 1.10	0.66 0.62	1.02		
Aug.	0.90 1.32 1.43	0.70 0.75 0.69	1.17 1.07	1.33	
Sep.	0.92 1.25	0.64 0.57	1.09		
Oct.	1.00 1.24	0.67 0.64	1.07		
Nov.	1.03	0.71			
mean	—	0.68	1.06	1.33	1.48
<i>l</i>	—	128	184	224	246

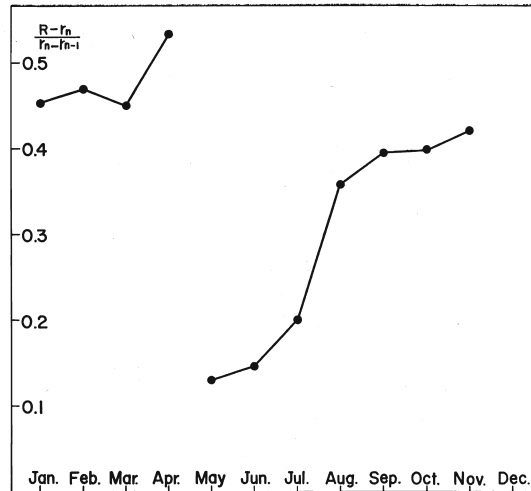


**第 9 図** 各月の各年級群を代表する標示径と  
 フォーク長との関係

**Fig. 9** Relationship between fork-length  
 and mark-size represented by  
 month and age group.



第10図 標準標示径の定差図  
Fig.10 Walford plot of growth in standard mark-size



第11図 縁辺成長率の月別変化  
Fig.11 Monthly change in marginal growth rate  $(R-r_n / r_n - r_{n-1})$

月別に求められた耳石径と標示径の関係において、各年級群の最終標示と耳石縁辺との間隔の月別変化をみると、3・4月に最大となり、5月に最小となる (Fig. 11)。さらに、4～8月の資料について、月別年級群別に詳細な検討を行なった。その結果、4月と8月の資料では耳石縁辺部に標示がみられず、5月から7月の3カ月間には縁辺部に標示が認められることから、この標示は年1回、5～7月に形成されていることがわかる。さらに、5～7月の資料について求められた各年級群を決定する  $R-r_n$  帰線に基づいて (Fig. 8, 15)、各個体の各標示を吟味し整理した。整理された資料に基づいて月別、年級群別に新標示の形成率を求めると同一月では各年級群ともほぼ同じ値を示し、この標示の形成状態は年令によつて差がないことがわかる (Table 5)。また、新標示を形成している個体群と、形成前の個体群のフォーク長分布を月別、年級群別に比較したが、両者に差はなく、標示形成の時期は成長の良否に関係がないことがわかる。この標示は5月に全個体の20%、6月に50%が形成され、7月に残りの全個体の標示が形成されていると考えられる。しかし、実際には不透明帯の形成が終り透明帯に移行し、すでに新標示が形成されていても、その確認は形成直後では困難な場合が多く、時期的には多少の遅れはさげられない。しかし

第5表 新標示の月別形成率  
Table 5 The formation rate of new mark in different month (%)

	mark group		
	I	II	III
May	18.2	15.8	-
June	69.0	69.0	57.1
July	100	100	-

このことは各個体に共通したことであり、

個体相互間の関係には何ら変化を与えるものではなく、時期的に若干のずれが推測されるが、各割合には変化がない。従つて、この標示の形成の盛期は5月末から6月の初と推定される。

## Ⅱ. 成 長

年令査定によつて求められた標準標示径、および耳石径とフォーク長との関係式から標示形

成時のフォーク長が求められた(Table 4). 算出された標準形成時のフォーク長をWALFORDの成長転換法によつて吟味すると、次式で示される直線上によく乗る。

$$L_{n+1} = 0.658L_n + 106 \dots \dots (3)$$

従つて、キスはロジステック型曲線で表わされるような成長をすることが明らかである。

産卵期を求めるために、成熟度指数 ( $GW/L^3$ ) の月別変化を調べた (Fig. 12). 雌雄とも4月に成熟度指数が増加し始め、6月までは次第に大きくなり、7月に急激に増大し8月にはやや減少して、9月に再び急激に低下する。このことから、成熟は徐々に進み7~8月に産卵が行なわれていることがわかる。産卵の盛期は7月と推定される。

以上で明らかにされた知見に基づいて下記の成長式が求められた。

$$L_t = 301(1 - e^{-0.418t + 0.224}) \dots (4)$$

また、体重とフォーク長との関係を求めると (Fig. 13).

$$W = 0.953L^3 \cdot 10^{-2} \dots \dots (5)$$

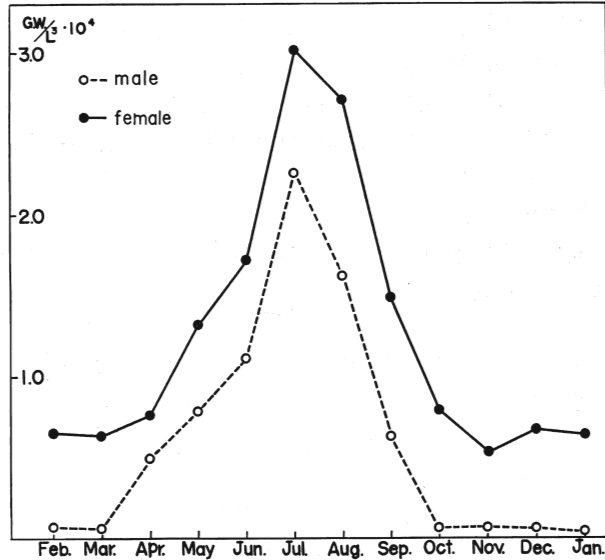
が得られ、年令で肥満度に変化がみられない。

前述の4), 5)式から増重法則を式で示すと、

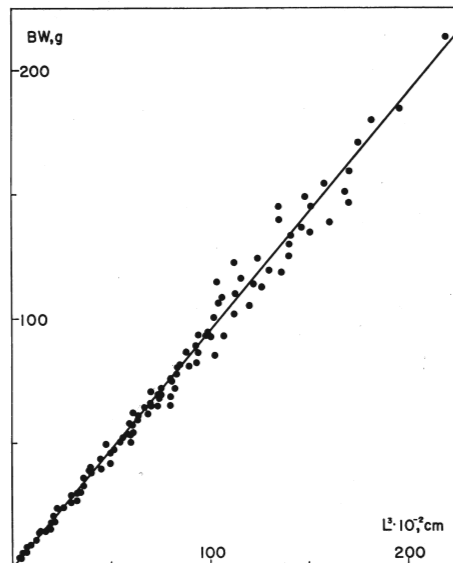
$$W_t = 287 (1 - e^{-0.418t + 0.224})^3 \dots \dots (6)$$

となる。上式から最大増重率を示すのは、孵化後3.16年であることがわかった。

前述された成長式は、年1回求められた各年令のフォーク長の最頻値を、時系列にしたがつて結び合せて作られた成長曲線を表わすものであるが、実際に観察される魚類の成長は、そのような1本の曲線とその機構の全体を表現しうるほど単純ではない。成長の初期においてはとくに複雑な成長生態を示し、また寿命に近い老年魚においては成長率の変化も予想される。成長速度は年令によつてほぼ一定しているが、季節によつて著しく変化する。さらに、成長曲線のまわりには変異によつて一定の巾をもつた分布が示される。従つて、これらの知見を成長式



第12図 成熟度指数の月別変化  
Fig.12 Monthly change in maturity index ( $GW/L^3$ )



第13図 体重とフォーク長の3乗値との関係  
Fig.13 Relationship between body weight and cube of fork-length.

の補正值として付加することによって、成長をより具体的な知見となしうる。

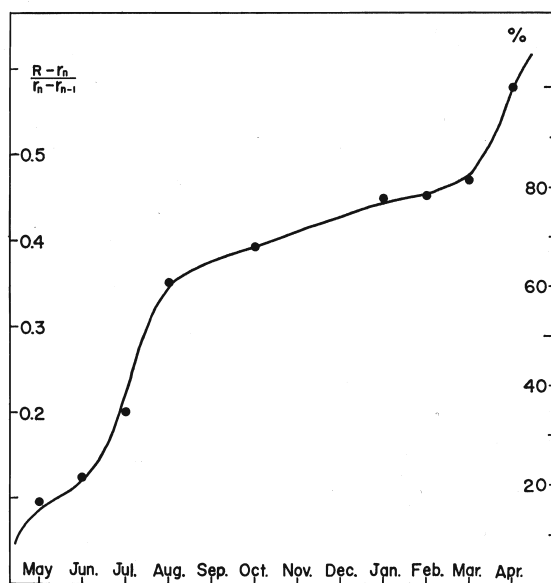
キスの幼魚は沿岸小型底びき網および小型定置網によつて漁獲される。とくに小型底びき網においてはほぼ周年にわたつて漁獲される。その漁獲された幼魚のフォーク長組成の季節変化をみると、当才と思われる 53mm に峯を持った群が7月に出現しており、満1年で 53mm になると推定される。提出された成長式は標示形成時である6月の成長に基づいて求められているので孵化後最初の6月の体長(孵化後11カ月)を成長式から算出すると 51mm となり、採集された幼魚の体長組成の峯の値とほぼ一致している。年令査定に使用された個体中、8標示を持った個体(フォーク長; 281mm)があり、この標示を定差式によつて吟味すると、各標示とも妥当な値を示す。従つて、この成長式は孵化後満1年から満9年までの範囲にわたつて十分に適用されうる。

成長速度は季節によつて著しく変化するために、成長式から得られた計算体長は、標示形成期の採集資料のフォーク長分布の峯とはよく一致するが、他の季節ではからずしも一致しない場合が多い。

成長速度の季節変化を知る方法としては、季節的に連続採集された魚体のフォーク長分布の季節変化を追跡する方法が取られているが、目的に沿つた連続採集は極めて困難である。従つて、最終標示の耳石縁辺に対する相対位置の季節変化を詳しく検討し、成長の季節による変化状況を求めた。

耳石の成長は魚体の成長とほぼ比例しており、標示によつて成長の1時点が明示されている。この時点と標示形成後の耳石の成長量から体成長の季節による成長割合が推定されうる。従つて、耳石の最終標示からの成長を調べることによつてフォーク長の成長速度の季節変化を求めることができる。

月別、年級群別に求められた各標示群の回帰直線から、各月の年令別縁辺成長率 ( $\alpha = R - r_n / r_n - r_{n-1}$ ) を求めた。この場合、資料数に偏りが多く、II 標示群(3-才)以外では周年の



第14図 成長割合の月別変化  
Fig. 14 Monthly change in growth rate.

結果が得られなかつた。また、I 標示群は標示形成期間中には回帰線の決定が困難であるために参考とするにとどめた。しかし、その他の標示群において資料が十分に得られた月の値もII 標示群とほぼ同じ値を示すことから、II 標示群によつて全体を代表しうるものと考えられる。

II 標示群の縁辺成長率は4月から8月に急激に増大し、9月から3月にわたる6カ月間にはほとんど変化がみられない。また、増大の著しい4月~8月でも産卵期の前にあたる5、6月には、わずかに成長速度が低下する傾向が認められる(Fig. 14)。αの値は理論的には4月の末に0.658、5月の末に0となるべきであるが、それらの数値は極限の値であつて、実際には殆ん

ど得られない値である。この変化を、4月の $\alpha$ の値を100として各月の結果を百分率で求めると Table 6. に示されたような値となる。この値をその年の年間成長量に掛け、その値に前年度における標示形成時のフォーク長を加えると、各年令の各月におけるフォーク長を求めることができる。

第 6 表 成長速度の月別変化  
Table 6 Monthly change in growth rate

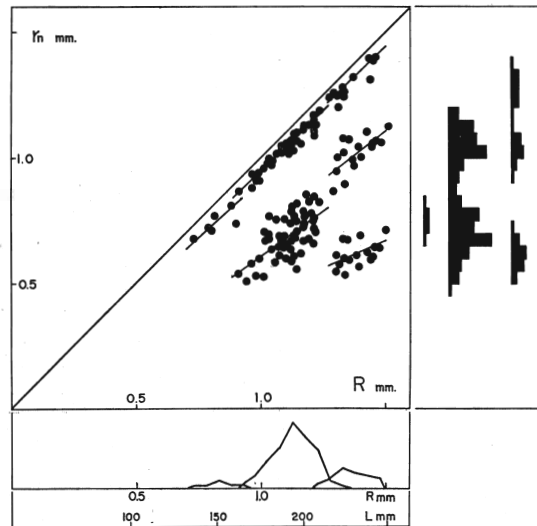
month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
rate	0.44	0.45	0.47	0.58	0.10	0.13	0.20	0.35	0.38	0.40	0.41	0.43
%	76.5	78.0	81.2	100	17.2	22.2	34.5	61.4	66.0	69.1	71.4	74.2

$$\text{rate}; R-r_n / r_n - r_{n-1}$$

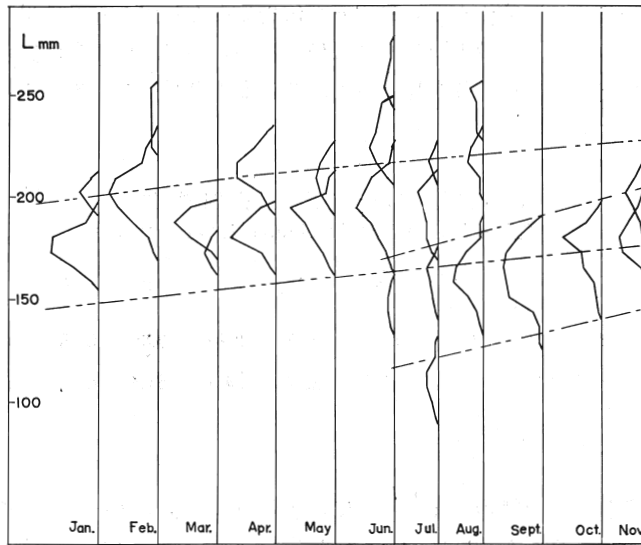
成長式から算出される各年令のフォーク長は、各年令の示すフォーク長組成の代表値でありわれわれはその各フォーク長を用いて種々の考察を行なう場合、実際にはそのフォーク長を平均値とする正規分布をあらかじめ考慮に入れている。しかし、その分布の形は年令や年度で当然変化するものである。その分布の形、分散の変化はその群に加えられた外力の影響を知るためには非常に重要である。従つて、成長に伴うフォーク長分布の型および分散を求め、成長式を補う必要がある。成長の分散は採集物の月別フォーク長分布からでも求めうるが、そのためには非常に多量の資料が必要であり、採集によるフォーク長分布の偏りも大きく実際上は困難である。また、年級群の識別のため年令査定を行なう必要があり、年令査定において吟味された標示径を用いて周年の資料をまとめて検討する方法が、資料数および正確さの点からも分散を求める方法としてより優れている。

まず、月別に分離された各年級群ごとにフォーク長分布を求め月別変化を求めた (Fig. 15, 横軸上に投影された分布)。各月の採集資料には偏りが多く認められ、各年級群のフォーク長分布が月によつて非常に相違しているが、各年級群ごとに各月の資料を周年にわたり概観すると、各年級群はほぼ図表中に示した巾をもつて成長しているものと推定される (Fig. 16)。

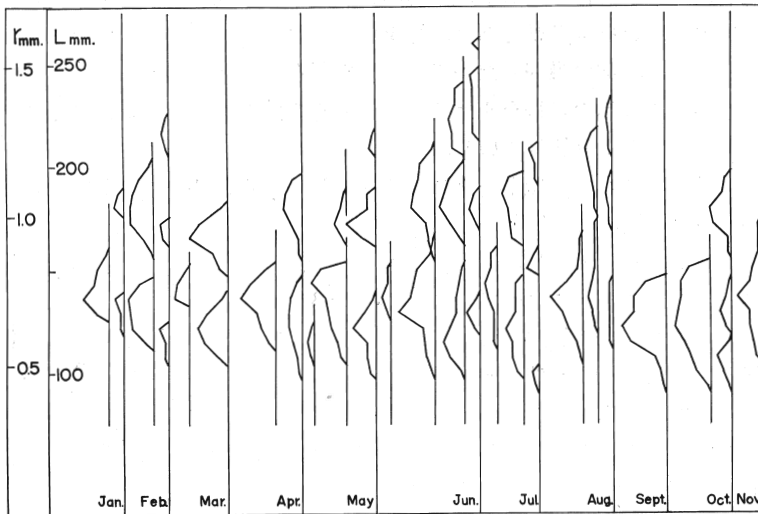
次に、分離された各年級群の標示径分布を月別に求め (Fig. 15, 縦軸上に投影された分布)、年級群別標示径分布の月別変化を求めた (Fig. 17)。各月の資料から求めた標示径は標示形成時の耳石の大きさを示し、すべての季節において等質であるから、フォーク長分布とは異なり、周年の標示径の資料を集計することができる。従つて、各



第15図 耳石径と標示径との関係 (6月)  
Fig.15 Relationship between otolith-size and mark-size in June.



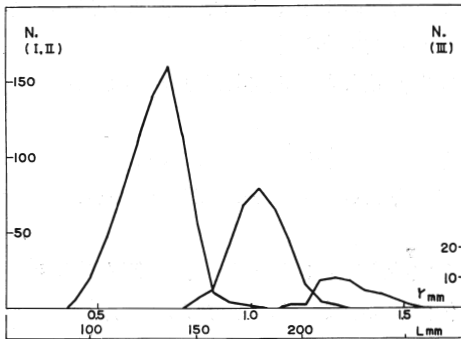
第16図 月別, 年級群別フオーク長組成  
Fig.16 Frequency distribution of otolith-size  
by month and age group.



第17図 月別, 年級群別標示径組成  
Fig.17 Frequency distribution of mark-size  
by month and age group.

標示群ごとに各月の標示径分布をまとめて全資料による年級群別標示径分布を求めた(Fig. 18). 耳石径とフオーク長は直線式で示される単純な比例関係にあるから, 標示径分布はそのままフオーク長分布を示している. 得られた標示径分布を年令別に吟味すると, 各年令の変異の中は個体数に応じて狭くなっている. また, 分布の形は2-才ではほぼ左右対称な分布を示すが, その分布の重心は大きい方へやや傾いている. 3-才では幾分小型魚が多くなり, 4-才では極端に





第18図 年級群別標示径組成  
Fig.18 Frequency distribution of mark-size by age group.

大型魚が減少して分布の重心はさらに小さい方へ偏っている。

この各標示径分布を標示形成期の6月における年級群別フォーク長分布と比較すると各年級群ともほぼ一致している。すなわち、この各標示群の標示径分布から求めたフォーク長分布は、各年級群の標示形成期におけるフォーク長分布を示していると推定される。この分布からキスの成長に伴う年令別フォーク長分布の標準偏差を算出すると、2-才で $\pm 13.84\text{mm}$ 、3-才で $\pm 11.41\text{mm}$ 、4-才で $\pm 13.15\text{mm}$ となる。年内においてこれらの分散が急激に変化するとは考えられないので、キスの成長の示す分布は2～4才では標準偏差の値で約 $\pm 13\text{mm}$ であると推定される。

### III. 要 約

1956年から1960年にわたって、福岡近海において漁獲されたキスを資料とし、その基礎的な解析を目的として年令および成長について調査した。

1). 鱗および耳石をとりあげ、その査定形質としての適性について検討した。

鱗は前部で隆起線が疎であり、側部では断ち切り型の構造に連続した部分を標示と定めた。耳石はアクリル樹脂に埋包し体軸に直交する面で切断し、耳石の中心を通る横断切片を作った。もつとも鮮明な不透明帯の外辺を標示と定めた。

2). 測定軸の選定に関連して、使用する成長軸の彎曲度と誤差の関係を検討した。彎曲した成長軸上の標示を直線測定軸で近似して計測する場合に生じる変化を、変化係数および歪度に基づいて、彎曲度と近似法別に検討した。もつとも直線に近い成長軸は変化係数、歪度とも最小であり、彎曲した成長軸を直線測定軸に近似させて測定すると、得られた標示径分布は元の分布の分散を増大し分布型を変化させる。従つて、もつとも直線に近い軸 — 鱗では中心と前側部を結んだ軸を、耳石では短軸を測定軸と定めた。

3). 鱗と耳石の標示の個体内での形成状態および形成率を検討した。鱗も耳石でも相似性が認められるが、鱗の標示形成率は耳石に較べて著しく低いため、耳石を用いて年令査定を行なった。

4). 各個体について計測された耳石径とフォーク長との関係は直線で示される。この関係式に基づいて各個体の標示径の標準化を行なった。

5). 資料を月別に分け、標示径を縦軸に耳石径を横軸にとつて検討すると、両者の関係は各標示群とも連続せず、断続した数本の回帰線で示されることがわかる。この断続する部分は縦軸に沿つて連なり、その断面によつて各個体は数個の群に分けられる。これらの群は各年級群を示す。この性質にしたがつて月別に年級群を分離し、各月の各年級群を代表する標示径を求めた。これらの標示径とフォーク長との関係から、この種の標準となる標示径が得られた。

6). 求められた標準標示径を WALFORD の成長転換法によつて吟味した。一直線上によく乗り、これらの標示は一定週期に基づいて形成されていることが明らかになった。

年級群別に標示形成期を検討した。年令で差はなく，各年級群とも5月20%，6月50%，7月に30%の新標示が形成され，その盛期は5月末から6月初であろう。

成熟度指数 ( $GW/L^3$ ) の月別変化に基づいて産卵期を推定した。産卵は6月から8月にかけて行なわれ，その盛期は7月であると推定される。

体重とフオーク長の関係は年級によつても，季節でも大きな差は認められない。

以上の知見から成長を PÜTTER-BERTALANFFY および BUCH-ANDRESEN-FISCHER の式によつて示した。

7). 上記の成長式は，年に1回形成される標示の形成時期における成長の最頻値を時系列にしたがつて結び合せたものである。それで成長の具体的な知見として，成長式の適用範囲，成長速度の季節変化，フオーク長の変異を標示に基づいて求め，補正值として示した。