

## 東部ベーリング海産スケトウダラの成長と年齢\*

山口 閔 常・高橋 善 弥  
(遠洋水産研究所)

### Growth and Age Estimation of the Pacific Pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), in the Eastern Bering Sea.

Hirotsune YAMAGUCHI and Yoshiya TAKAHASHI  
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

In the present investigation, the age estimations of the Pacific pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), in the eastern Bering Sea, are mainly dealt with on the basis of scales sampled from about 3,500 fish specimens caught by the commercial trawlers and the research vessels during the period from April 1965 to July 1968 (Table 1, Fig. 1).

The scales were stripped off from the body part between the first dorsal fin base and the lateral line on the left side of the fish, and mounted on the shadowgraph to observe the sculptures and marks on it by the magnifying images in twenty to fifty times.

The scale of the Pacific pollock has many concentric circuli around the focus, as shown in Figures 2 and 3. Length of scale (R) or each radius of scale (r) was measured from the focus to the tip of scale or each mark, respectively (Fig. 2).

The results obtained are summarized as follows :

- 1) A similarity of the mark formation is found among the scales stripped off from some different parts of a single fish body, and a correspondency of the mark formation is found among the scales from the different fish specimens ; that is the ratio of  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$  to R is nearly equal, respectively (Fig. 5 and 6).
- 2) The monthly changes of marginal increment,  $(R - r_n)/(r_n - r_{n-1}) \times 10^2$ , indicate that the marks are formed once a year, during January to June, mainly from February to April (Fig. 7).
- 3) The spawning season of the Pacific pollock in the eastern Bering Sea is assumed extending once a year from April to May by the monthly changes of sexual maturity of gonad. It is about a month later than the spawning season of the Pacific pollock around northern Japan.
- 4) The fork length at age t is given by the BERTALANFFY's formulars (6), (7) and (8), and shown in Figure 9 and Table 5.
- 5) The body weight at age t is given by the BERTALANFFY's formulars (12), (13) and (14), and the results of calculation are tabulated in Table 5 and the growth curve is shown in Figure 10.
- 6) The relation between the fork length (FL) and the body weight (W) is given by the

\* 1972年10月28日受理 遠洋水産研究所業績 第85号

equations (9), (10) and (11), and shown in Figure 11.

- 7) The relation between the fork length (FL) and the standard length (BL) is given by the equations (15), (16) and (17), and shown in Figure 12.

スケトウダラは、北太平洋全域に広く分布するが(松原, 1955)<sup>11)</sup>、ベーリング海で操業するわが国の母船式底びき網漁業によって漁獲の対象とされはじめたのは、1958年にはじめてフィッシュ・ミール船団が東部ベーリング海陸棚上で操業を行なった時からである。その後、フィッシュ・ミールの原料魚として、この水域での漁獲量は年々増大してきたが、1965年に冷凍すり身の加工技術が開発されたために、この水域での漁業に占めるスケトウダラ資源の重要性は一段と増し、漁獲量も急激に増大して、資源の動向が注目されるようになった。

スケトウダラ資源に関する調査研究は、古くから利用されている日本海、北海道沿岸、オホーツク海および東北海区のものについては、すでに宇野(1936, 1938)<sup>29)</sup>、山田(1943 a, b, 1944)<sup>30)</sup>、尾形(1954, 1959, 1960, 1963)<sup>31), 32)</sup>、石田(1954, 1957)<sup>33)</sup>、大東他(1953)<sup>15)</sup>、伊藤他(1955)<sup>18)</sup>、久新他(1961)<sup>19)</sup>、佐々木他(1970)<sup>20)</sup>、林他(1970)<sup>16)</sup>、田中(1968, 1970)<sup>21)</sup>、橋本他(1971)<sup>4)</sup>、らによって回遊、成長、生態および population 構造などの研究が報告されているが、東部ベーリング海のスケトウダラについては、それが開発に着手されてからまだ日が浅いこともあって、あまり研究は進展していない(石田; 1967)<sup>6)</sup>、高橋; 1970, 前田; 1972)<sup>10)</sup>、高橋・山口; 1972)<sup>25)</sup>。

そこで、東部ベーリング海のスケトウダラ資源の研究をはじめめるに当たって、まず、基本的な知識として必要なことは、この海域における本種の年齢と成長についての情報である。しかも、それは採取し易く、大量の処理に耐えられるような形質・方法であることが望まれるので、その結果として当然考えられるのが、鱗による年齢査定を検討である。その結果、鱗による年齢査定法につきまとう、いろいろな不確かさと不十分さを残しながらも一応、実用に耐えられる結果が得られたので、報告することにした。

この水域におけるスケトウダラ資源の開発が、すべての population について行なわれているかどうかはまだ不明であるが、この研究では、東部ベーリング海に生息するスケトウダラは同一の population に属するものとして取り扱った。

この研究に当たっては、日本海区水産研究所資源部尾形哲男技官と北海道さけ・ます孵化場石田昭夫博士に年齢査定について有益な助言をいただいた。取りまとめに当たっては、筆者らの所属する北洋底魚資源研究室の研究員一同に問題点についての論議をしていただいた。また、遠洋水産研究所底魚海獣資源部長三谷文夫博士には、本文を詳しく校閲していただいた。同研究所長木部崎修博士には、本論文の発表の機会をここに与えていただいた。これらの方々へ厚く感謝の意を表する。

## 材料および方法

1965年から1968年にわたる4年間に得られた資料を全部こみにして使用した。使用した資料の詳細は Table 1, Fig. 1 に示される3,671個体である。

鱗は、特別な目的のために特定の部位から採鱗した場合を除いて、すべて第一背鰭と側線の間の部位から約50枚採取された。この鱗を1.5%の苛性カリで短時間洗い、1個体からできるだけ大きな鱗5枚を選別して2枚のスライドガラスにはさみ、プレパラートとした。観察は万能投影機を用い20~50倍に拡大し、輪径および鱗径を測定した。なお、一、二の観察には、双眼実体顕微鏡および実体顕微鏡用計測装置を用いて計測を行なった。輪径および鱗径の測定部位は Fig. 2 に示されるように、鱗の焦点から鱗の長軸にそって露出部の先端までの直線距離を鱗径(R)とし、焦点から同線上の各輪紋外側までの長さを輪径( $r_n$ )とした。

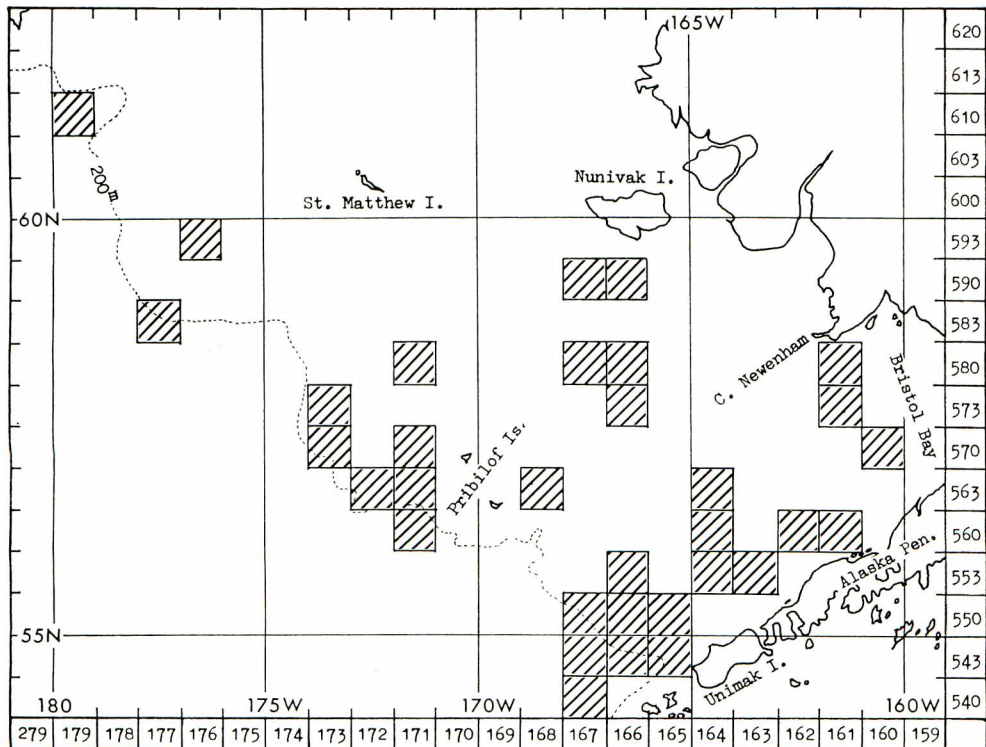
## 鱗の一般的性状

スケトウダラの鱗は、体の中央部では薄い板状の卵形をした円鱗で、前後および左右の4域を画する稜線は

**Table 1.** Sampling dates, localities in statistical Block No. and number of specimens.

Date	Block No.*	Number of specimens	Date	Block No.*	Number of specimens
April & May, 1965	166553	431	July, 1967	160570	34
January, 1966	166543	50	July, 1967	161573	40
February, 1966	165543	100	July, 1967	166580	23
March, 1966	166543	161	July, 1967	166590	40
March, 1966	167543	307	July, 1967	171580	67
April, 1966	167550	230	July, 1967	171570	40
April, 1966	173570	99	July, 1967	168563	93
April, 1966	167540	105	August, 1967	179610	46
April, 1966	164553	176	June, 1968	162560	85
April, 1966	164560	368	June, 1968	163553	42
April, 1966	164553	204	June, 1968	160570	39
June, 1966	165543	100	June, 1968	161560	61
July, 1966	171560	50	June, 1968	161580	74
July, 1966	171563	20	June, 1968	164563	82
July, 1966	172563	20	July, 1968	166573	24
July, 1966	173573	20	July, 1968	167580	14
August, 1966	177583	100	July, 1968	167590	12
September, 1966	176593	100	July, 1968	171570	97
July, 1967	165550	60			
July, 1967	163553	57			
			<b>Total</b>		<b>3,671</b>

\* The left three-numeral of six figures in the middle column, shows the west longitude, and the right three, the north latitude. For example, "166" of "166553" at the top of column shows 166°00'—166°59' in west longitude, and "553", 55°31'—55°59' in north latitude, respectively, as shown in Fig. 1.



**Fig. 1.** Sampling localities in statistical Block of the specimens used in the present study.

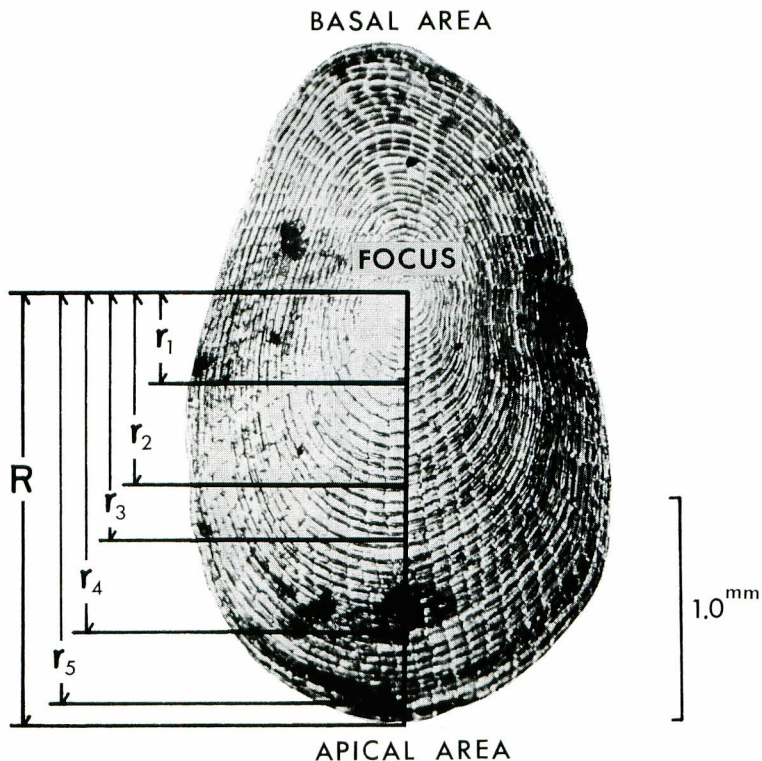


Fig. 2. A typical scale of the Pacific pollock, with showing the measuring method of the scale length.

R: radius of scale, r: radius of annual ring measured from the focus to the posterior end of the annual ring.

(Age—5; FL—506mm; Sex—female)

認められない。櫛鱗と異なるもう一つの特徴は、Fig. 3 にみられるように焦点が露出部と被覆部との接点ではなくて、むしろ、被覆部にあり、なかには前縁に偏して存在するものもある。焦点から鱗の前縁までは短かく、成長線の数もいくぶん少ないが、焦点から鱗の後縁にかけての露出部には、焦点を中心とした同心円的な多数の成長線が形成されており、その成長線間の間隔に広狭があって、成長帯、休止帯の輪紋を形成している。一般に休止帯に含まれる成長線数は成長帯に含まれるものより多く、この特徴は、輪紋数の多い標本の縁辺に近いところほど著しい。

鱗は、魚体の大きさの割合に比べて小さいので、側線鱗の上方何枚目というような、採鱗個所を指定することは行なわれなかった。

採集された鱗は、前述したように、第一背鱗と側線の間部分からの数十枚であるから、鱗の大きさは一定していない。これらの鱗の大きさの散らばりを見るために、体長の異なる6個体の標本について鱗組成を調べてみた。その結果を示すと Table. 2 のようになる。Table. 2 を見ると、1個体の1採鱗区域から採取された鱗でも、その大きさはかなり異なっていることがわかる。

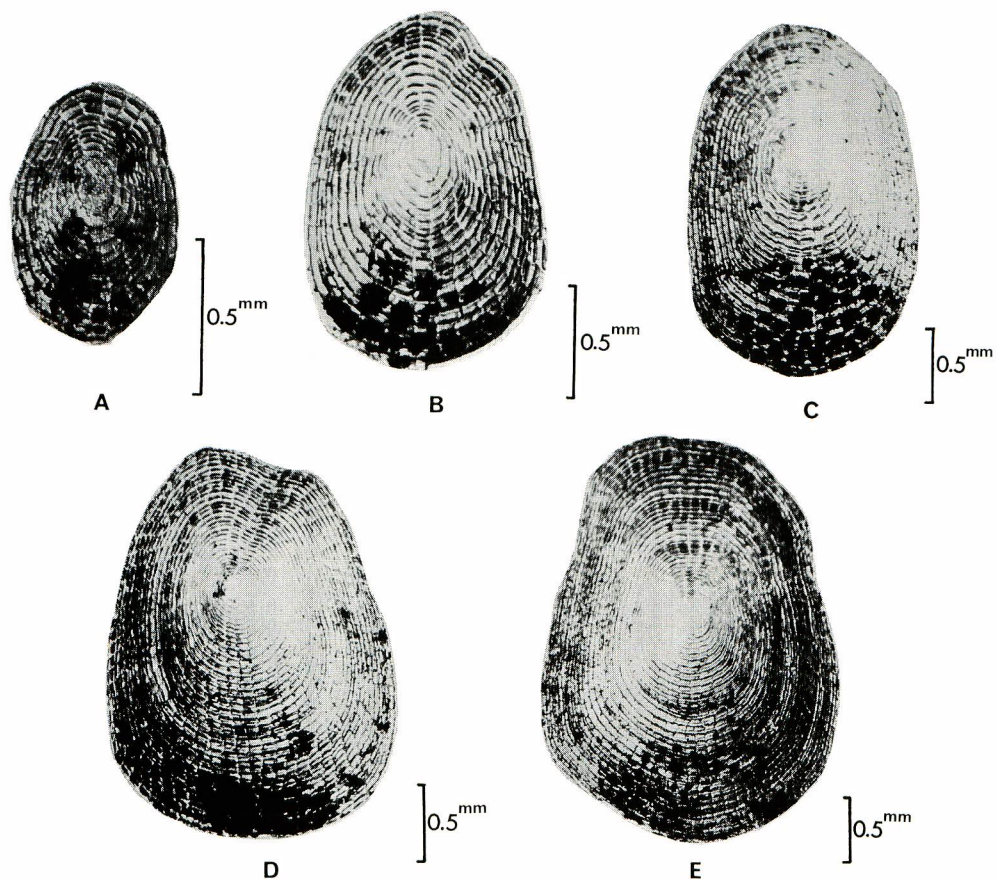


Fig. 3. Photographs of the Pacific pollock scales.

- A : Age-1 ; FL-141 mm ; Sex-?
- B : Age-2 ; FL-262 mm ; Sex-female
- C : Age-3 ; FL-330 mm ; Sex-female
- D : Age-4 ; FL-368 mm ; Sex-male
- E : Age-6 ; FL-555 mm ; Sex-female

Table 2. Size composition of about 50 scales stripped off from the specified position between 1st dorsal fin and lateral line in six individuals of different sizes. The mean ratios of the diameter of ring to the radius of the scale are also shown.

1) FL=134 (sex unknown)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio
		$r_1/R$
0.31~0.40	13	0.93
0.41~0.50	27	0.93
0.51~0.60	9	0.92
0.61~0.70	1	0.89

2) FL=262 (male)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio	
		$r_1/R$	$r_2/R$
1.01~1.10	5	0.42	0.68
1.11~1.20	5	0.42	0.68
1.21~1.30	8	0.41	0.70
1.31~1.40	9	0.40	0.68
1.41~1.50	14	0.40	0.68
1.51~1.60	6	0.42	0.70
1.61~1.70	3	0.43	0.71

Table 2. (continued)

3) FL=335 (male)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio		
		$r_1/R$	$r_2/R$	$r_3/R$
1.01~1.10	2	0.28	0.64	0.97
1.11~1.20	10	0.26	0.62	0.97
1.21~1.30	22	0.27	0.63	0.97
1.31~1.40	12	0.28	0.64	0.97
1.41~1.50	3	0.26	0.63	0.97
1.51~1.60	1	0.26	0.61	0.99

4) FL=337 (male)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio				
		$r_1/R$	$r_2/R$	$r_3/R$	$r_4/R$	$r_5/R$
1.21~1.30	1	0.28	0.44	0.67	0.85	0.99
1.31~1.40	1	0.30	0.51	0.72	0.83	0.98
1.41~1.50	3	0.27	0.48	0.67	0.85	0.98
1.51~1.60	7	0.26	0.47	0.65	0.83	0.98
1.61~1.70	12	0.26	0.45	0.64	0.84	0.97
1.71~1.80	9	0.28	0.44	0.64	0.85	0.98
1.81~1.90	7	0.26	0.45	0.64	0.83	0.97
1.91~2.00	5	0.24	0.43	0.63	0.82	0.97
2.01~2.10	5	0.25	0.42	0.62	0.80	0.96

5) FL=434 (male)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio			
		$r_1/R$	$r_2/R$	$r_3/R$	$r_4/R$
1.41~1.50	2	0.25	0.44	0.63	0.89
1.51~1.60	2	0.26	0.47	0.68	0.90
1.61~1.70	11	0.26	0.48	0.68	0.92
1.71~1.80	10	0.25	0.46	0.65	0.91
1.81~1.90	11	0.25	0.45	0.67	0.91
1.91~2.00	8	0.25	0.44	0.65	0.93
2.01~2.10	3	0.26	0.44	0.64	0.92
2.11~2.20	2	0.26	0.45	0.65	0.92
2.21~2.30	1	0.26	0.50	0.66	0.92

6) FL=519 (female)

Size category of scale in mm	Number of scale	Mean ratio						
		$r_1/R$	$r_2/R$	$r_3/R$	$r_4/R$	$r_5/R$	$r_6/R$	$r_7/R$
1.71~1.80	2	0.21	0.36	0.59	0.77	0.87	0.93	0.98
1.81~1.90	7	0.91	0.37	0.57	0.77	0.86	0.93	0.99
1.91~2.00	3	0.23	0.39	0.58	0.77	0.86	0.93	0.97
2.01~2.10	6	0.19	0.37	0.56	0.75	0.86	0.93	0.99
2.11~2.20	7	0.19	0.38	0.56	0.77	0.86	0.94	0.99
2.21~2.30	4	0.20	0.36	0.56	0.77	0.88	0.95	0.99
2.31~2.40	8	0.17	0.35	0.52	0.73	0.84	0.94	0.99
2.41~2.50	9	0.19	0.36	0.53	0.74	0.85	0.93	0.99
2.51~2.60	4	0.18	0.35	0.55	0.76	0.86	0.93	0.99

輪 紋 の 性 状

1) 輪紋識別の難易について

魚類の年齢査定については、使用する年齢形質が何であっても、輪紋を識別する際の難易は種類によってさまざまである。スケトウダラ鱗にみられる輪紋の識別については、8才以上の高齢魚を除けば比較的容易なほうである。筆者らは、輪紋読み取りの第一歩として431個体の標本についてそれぞれ独立に輪紋数を読み取り、その結果を比較した。その結果はTable. 3に示されるように、はじめての輪紋判定でも平均66%は両者で一致していた。両者の読み取りが一致しない原因は2つあって、第1は第1輪の判定についてである。焦点からの距離と、休止帯を形成する成長線数には、個体によって差がある。その第2は、周辺成長と輪紋の形成される時期に関するもので、輪紋の判定が成長線間の広狭によるものであるから、鱗の縁辺が成長帯、休止帯いずれで終わっているか正確に判断するのは困難なことによる。この2つの原因で生じた不一致を除けば平均96%が一致していた。

**Table 3.** Coincidence in scale readings of the Pacific pollock by the two observers, "T" and "Y". Figures in the parenthesis show the percentages in each group of "number of rings".

Number of rings	No. of sample of scales	No. of scales both reading agreed	Deviation of Y's reading from T's reading						No. of scale, which was read by Y, but wasn't by T.	
			+			-				
			1	2	3	1	2	3		
2	8 (100)		8 (100)							
3	215 (100)	151 (70.2)	61 (28.4)	2 (0.9)	1 (0.5)					
4	83 (100)	45 (54.2)	15 (18.1)	8 (9.6)				15 (18.1)		
5	61 (100)	45 (73.8)	8 (13.1)				8 (13.1)			
6	50 (100)	35 (70.0)	4 (8.0)				9 (18.0)	1 (2.0)	1 (2.0)	
7	12 (100)	8 (66.7)				3 (25.0)	1 (8.3)			
8	1 (100)								1 (100)	
9	—									
10	—									
11	1 (100)								1 (100)	
<b>Total</b>	431 (100)	284 (65.9)	96 (22.3)	10 (2.3)	2 (0.5)	35 (8.1)	1 (0.2)	1 (0.2)	2 (0.5)	

2) 一採鱗区域内における輪紋形成の相似性について

第一背鰭と側線の間の部分から採取した鱗の鱗径組成については前述したが、同じ標本の鱗径(R)に対する輪径(r<sub>n</sub>)の鱗径級別平均比率を計算して、同じくTable. 2に示した。鱗径の大小にかかわらず、この比率は同一個体内ではほぼ一定で、相似性のあることがわかる。

3) 同一個体内での採取部位間における輪紋形成の相似性について

スケトウダラの鱗は小さく、厳密に採鱗部位を定めて1枚あるいは数枚の採鱗を行なうことは不可能である

ことはすでに述べた。また、およその採鱗部位を定め、数十枚の採鱗を行なった場合の鱗の大きさの散らばりについても前述した。同一魚体でも、採取部位によって鱗の大きさや形が異なるので、採鱗部位間における輪紋の相似性を検討した。同一個体について Fig. 4 に示す6つの異なった採鱗部位から各10枚の鱗を抽出して各輪径を測定した。このうち輪紋数の異なる3個体について、その平均値を図示すると Fig. 5 のようになり、それぞれ鱗の大きさは異なっても各輪紋の形成される相対的な位置については、個体内において相似性のあることがわかる。この調査は10個体について行なったが、各個体内での相似性はどの個体でも認められた。

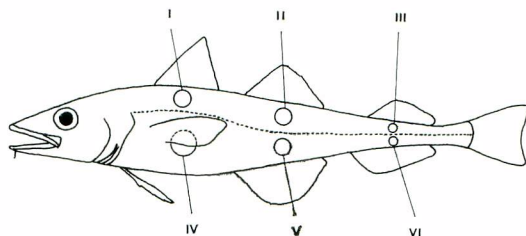


Fig. 4. Localities of scale on each specimen, for the test of similarity of ring formation within a single fish.

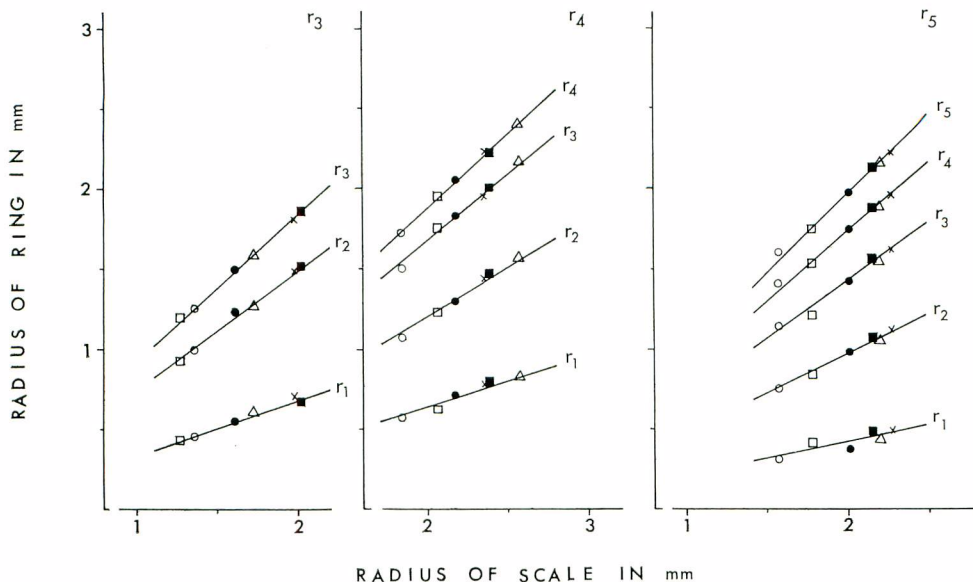


Fig. 5. Showing the similarity of ring-mark formation on scale taken from different parts of body of a single specimen.

The marks in the figure indicate the sampling position from a single fish, as shown in Figure 4.

○ : I, ● : II, × : III, □ : IV, △ : V, ■ : VI,

#### 4) 異なった個体間における輪紋形成の対応性について

年令査定の一環として、ある形質を使用する場合には、その形質に現われる年齢表示に個体間の対応性が存在していないと年齢査定の手がかりとならない。この対応性をみるために、1967年6月と7月の資料の中の1輪群から4輪群のものについて、輪紋別に鱗径 ( $R$ ) に対する輪径 ( $r_n$ ) の値をプロットしたのが Fig. 6 である。輪紋数がふえると第1輪および第2輪についてばらつきが大きいが、ほぼある幅の中におさまって分布し、しかも、各輪径に重なることなくよく分離している。このことから、スケトウダラの鱗に形成される輪紋には、対応性があるとみてよいものと思われる。



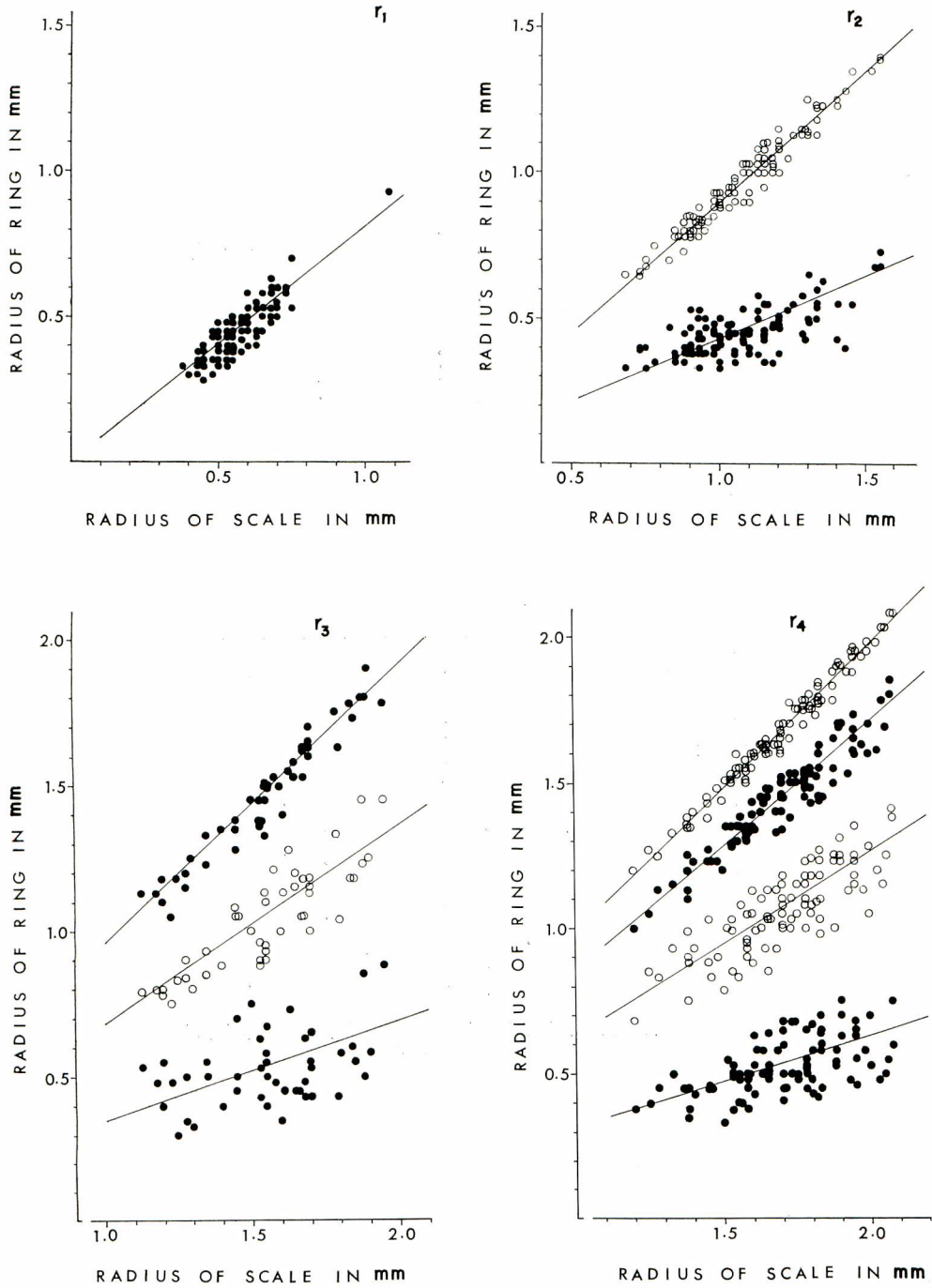


Fig. 6. Showing the correspondence of ring-mark formation on scale taken from different specimens.

輪紋形成の周期性

輪紋形成の周期性について検討するために、鱗の縁辺成長率 (a) を次式によって計算した。すなわち

$$a = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}} \times 10^2 \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 R : 鱗径 mm  
 r<sub>n</sub> : 最終輪径 mm

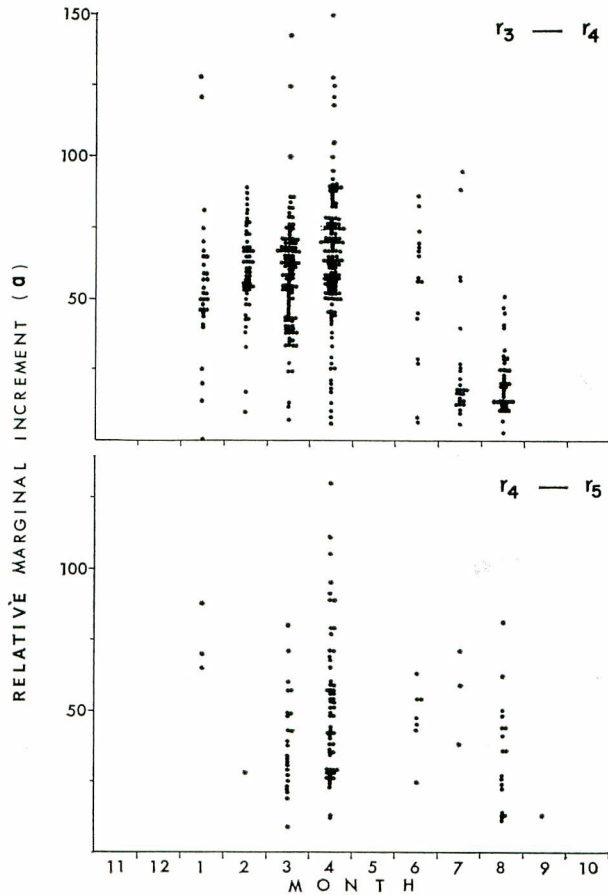


Fig. 7. Monthly changes of the relative marginal increment (a) of scale taken from the four- or five-ring fish.

$$a = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1}) \times 10^2$$

Fig. 7 は1966年の1月～9月の標本の3～4輪群と4～5輪群の上記の値を月別にプロットしたものである。輪紋の判定は、前に述べたように、成長線間隔の広狭に基づいて行なわれるもので、成長休止帯の識別には、成長休止帯をはさんだ前後の区域における成長線間隔の相対的な広狭に基づいている。ところが、縁辺部の成長休止帯の識別に当たっては、比較すべき区域が内側だけに限定されるので判定がより困難となることは、すでに1)の項で述べた。Fig. 7について、0の値が出てこないのは、上述した理由によるもので、縁辺部における成長休止帯の形成中、あるいは完成直後のものは、図中2～4月のaの値が50%よりも大きなも

の中に含まれてしまったためである。3～4輪群の方が、4～5輪群よりも傾向が顕著に現われているのは、Fig. 6 に示されているように、輪紋数が少ないほど、その間隔が離れているからである。

Fig. 7 から、年2回あるいはそれ以上の輪紋が形成される傾向はうかがえないので、輪紋は年1回、1月ころからその形成がはじまり6月頃にはほとんどの個体が形成を終えるが、その盛期は2～4月頃と考えられる。このように、2～4月に輪紋は形成されるとの結論から、年輪数の計数や輪径の測定には、標本がとられた月日と縁辺成長を考え、縁辺に形成された成長休止帯もすべて読み取って年輪とした。

輪紋形成時の計算体長

大東・伊藤 (1955)<sup>13)</sup> によれば、スケトウダラの鱗が形成されはじめるのは、体長 36 mm の頃である。それゆえ、本論文では尾叉長と鱗径の関係が、 $FL=36$  を通る直線であると仮定して、各輪径を測定し、鱗径に対する各輪紋の比率を出して、尾叉長を比例配分で計算した。これを式で示せば次のとおりである。

$$L_n = 36 + \frac{r_n}{R} (L - 36) \dots\dots\dots(2)$$

- ただし、  
 $L_n$  : 第  $n$  輪形式時の尾叉長 mm  
 $L$  : 標本魚の尾叉長 mm  
 $r_n$  : 第  $n$  番目の輪径 mm  
 $R$  : 鱗径 mm

鱗径と尾叉長の関係式を使わないで、このような方法をとるのは、採鱗部位がかなり大きめに定めてあったこと、採鱗標本中にかなりの再生鱗があって、必ずしも同じ形状の鱗標本が得られなかったためである。

成長状態の推定

1966年1月から1967年8月に漁船および調査船によって採集された2,315尾の標本を使用して上述した方法によって、年輪形成時の計算体長を算出した。これを発生年級群別に示したのが Table 4 である。これらの平均値を使用して WALFORD の定差図を作ると Fig. 8 のようにおおむね直線の上に乗る。その定差方程式は次式で示される。

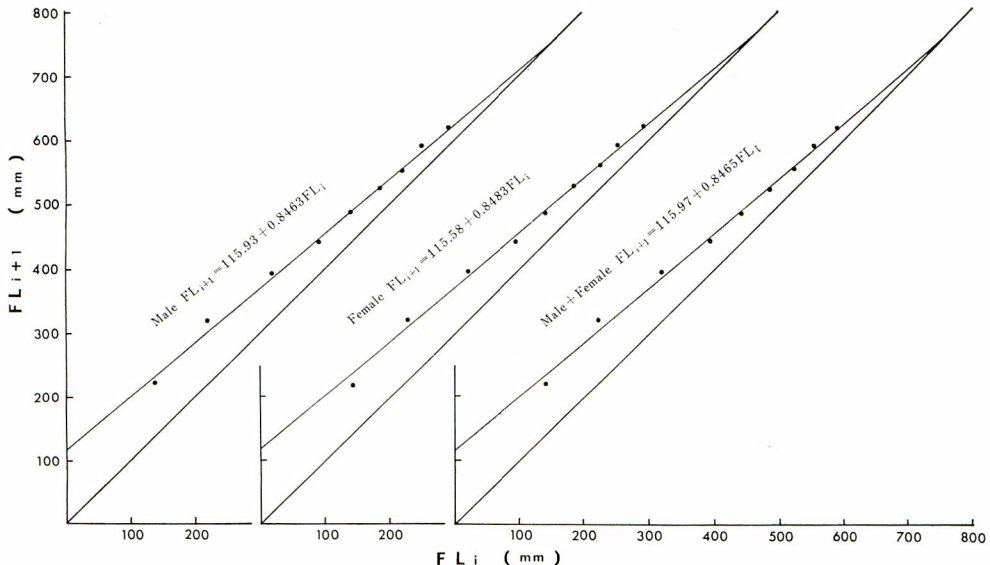


Fig. 8. WALFORD's growth transformation of the fish size, based upon the data shown in Table 4.

**Table 4.** Mean calculated fork-length of the Pacific pollock at the time of mark formation. Each value was obtained by the equation (2).

Sex	Ring group	No. of sample	Calculated fork-length (mm)											
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>		
Male	1	106	122.6											
	2	120	130.5	232.2										
	3	279	136.2	243.1	314.0									
	4	263	144.4	235.1	324.4	392.0								
	5	215	142.0	229.0	322.4	398.1	444.3							
	6	145	141.9	220.5	315.8	390.7	442.0	484.2						
	7	69	146.5	227.7	314.6	388.8	433.6	474.6	519.0					
	8	43	145.2	219.5	320.7	389.0	444.7	481.8	523.4	557.1				
	9	14	149.7	211.1	314.1	392.4	449.3	478.6	534.7	566.8	596.3			
	10	8	137.7	222.4	330.0	408.3	441.4	478.1	515.7	529.2	585.2	619.6		
	Mean			139.7	226.7	319.5	394.2	442.6	479.5	523.2	551.0	590.8	619.6	
Female	1	106	122.6											
	2	91	130.4	231.5										
	3	305	135.8	242.8	317.7									
	4	203	144.7	241.3	321.4	395.4								
	5	153	144.0	226.9	321.6	393.1	430.4							
	6	161	144.6	228.4	324.4	397.1	446.8	488.1						
	7	71	147.3	223.5	316.1	389.1	445.2	481.1	526.2					
	8	44	148.1	211.3	316.9	395.2	447.1	487.3	529.6	562.7				
	9	21	152.9	214.1	314.4	395.2	437.7	484.2	521.9	560.9	593.1			
	10	4	154.5	225.4	334.6	406.9	447.7	484.7	529.1	562.7	539.9	621.8		
	Mean			142.5	227.2	320.9	396.0	442.5	485.1	526.7	562.1	593.5	621.8	
Male+ Female	1	106	122.6											
	2	211	130.4	231.9										
	3	584	136.0	242.9	315.9									
	4	466	144.5	237.7	323.1	393.6								
	5	368	142.7	228.2	322.0	396.1	438.0							
	6	306	143.4	224.6	320.3	394.1	444.6	486.4						
	7	140	146.9	225.7	315.4	389.0	439.6	478.0	522.6					
	8	87	146.6	215.6	318.8	392.3	445.9	484.5	526.5	560.0				
	9	35	151.6	213.0	314.2	394.2	442.9	482.3	528.0	562.7	594.3			
	10	12	144.0	223.4	331.4	407.9	444.5	480.1	521.1	543.5	587.0	620.0		
	Mean			140.9	227.0	320.1	395.3	442.6	482.3	524.6	555.4	590.7	620.0	

Male  $FL_{i+1} = 115.93 + 0.8463 FL_i \dots (L_{\infty} = 754) \dots \dots \dots (8)$

Female  $FL_{i+1} = 115.58 + 0.8483 FL_i \dots (L_{\infty} = 762) \dots \dots \dots (4)$

Male+Female  $FL_{i+1} = 115.97 + 0.8465 FL_i \dots (L_{\infty} = 756) \dots \dots \dots (5)$

ただし,  $FL_{i+1} : (i+1)$  輪形成時の尾叉長 mm

$FL_i : i$  輪形成時の尾叉長 mm

これより, VON BERTALANFFY の成長方程式を算出する (Ricker, 1958) と

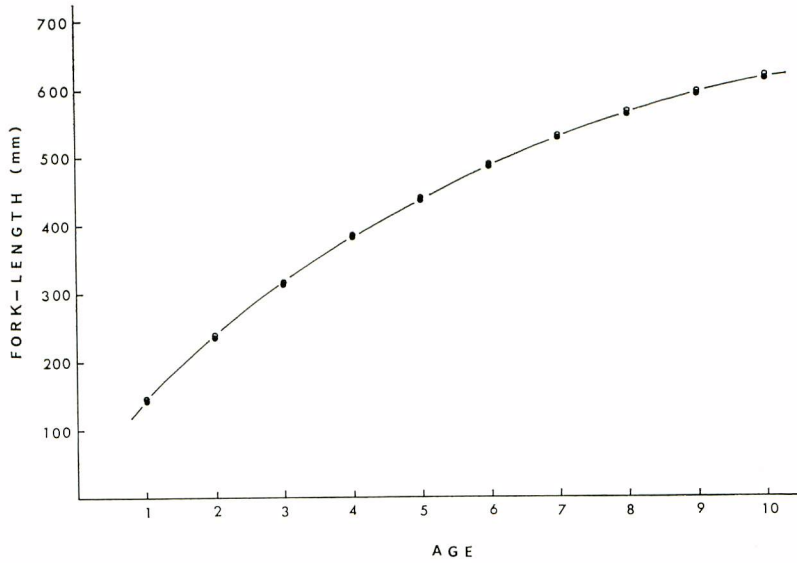


Fig. 9. Theoretical growth curve of fork length, male and female combined, for the Pacific pollock, obtained by the BERTALANFFY's growth formula (6)–(8). Open circle, female; heavy circle, male.

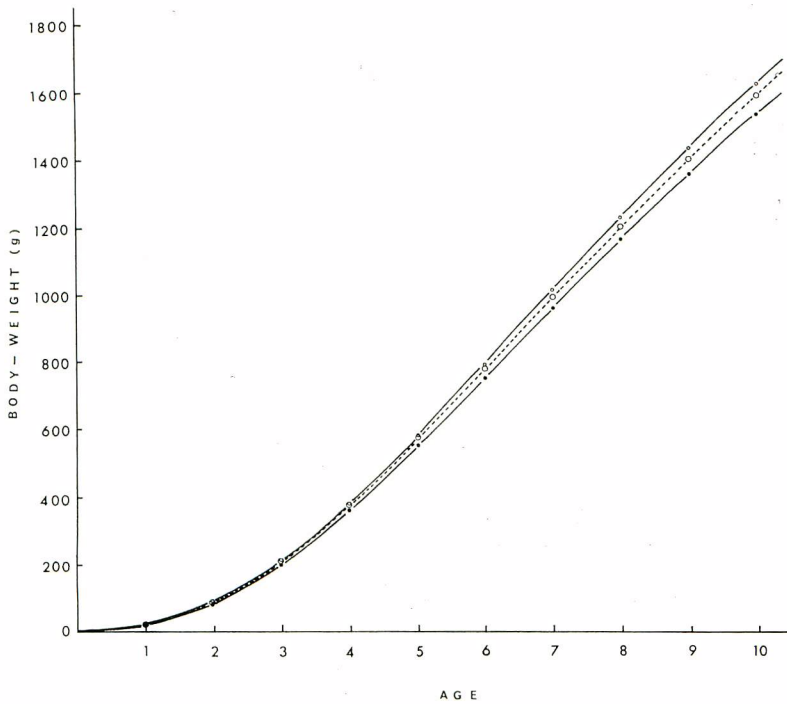


Fig. 10. Theoretical growth curves of body weight, for the Pacific pollock, obtained by the BERTALANFFY's growth formula (12)–(14). Open circle, female; heavy circle, male; dotted line, sex combined.

Male  $L_t = 754 (1 - e^{-0.165(t+0.273)})$ .....(6)

Female  $L_t = 762 (1 - e^{-0.163(t+0.291)})$ .....(7)

Male+Female  $L_t = 756 (1 - e^{-0.164(t+0.288)})$ .....(8)

ただし,  $L_t$  :  $t$ 才時の尾又長 mm

$t$  : 年齢

これより, 年齢10才までの成長曲線を描けば Fig. 9 が得られる。

尾又長 (FL) と体重 (W) の関係については, 1968年6月~7月の間に採集された精密測定資料, 雄 259

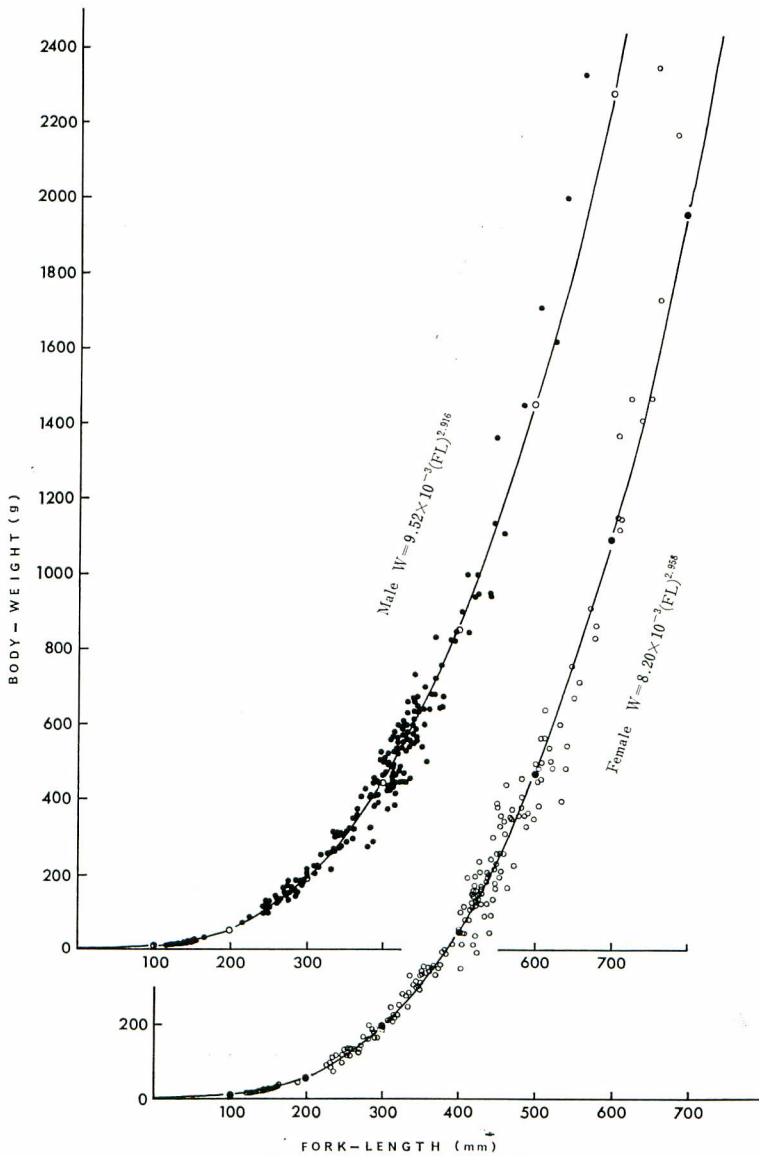


Fig.11. Length-weight relationship for the Pacific pollock, collected from June to July in 1968.

尾, 雌 248 尾について関係式を求めるとそれぞれ次の式が得られる (Fig. 10)。

Male  $W = 9.52 \times 10^{-3} (FL)^{2.916}$  .....(9)

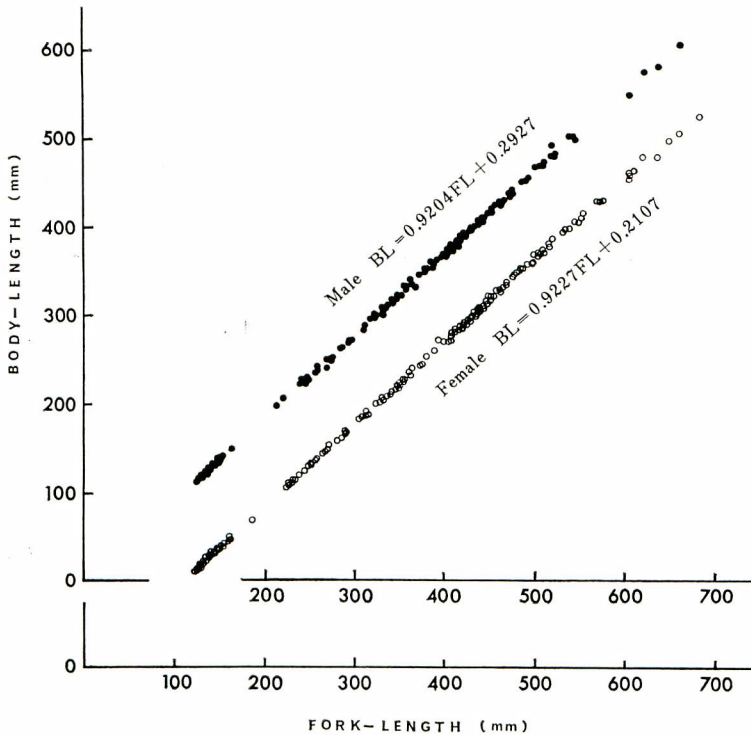
Female  $W = 8.20 \times 10^{-3} (FL)^{2.958}$  .....(10)

Male+Female  $W = 8.67 \times 10^{-3} (FL)^{2.944}$  .....(11)

式 (6)~(8) および式 (9)~(11) から体重の成長方程式を計算すると次式で示される。

**Table 5.** Fork length and body weight of the Pacific pollock at each age, calculated from the equations (6)–(8) and (12)–(14).

Age	Male		Female		Male+Female	
	FL (mm)	BW (g)	FL (mm)	BW (g)	FL (mm)	BW (g)
1	142.5	19.1	144.6	20.7	144.0	20.3
2	235.3	86.1	237.5	91.5	236.6	90.2
3	314.0	204.7	316.4	216.3	315.2	213.1
4	380.7	365.0	383.5	385.0	381.9	379.1
5	437.4	553.3	440.4	583.3	438.5	573.9
6	485.4	756.4	488.8	793.3	486.6	783.3
7	526.2	963.4	529.9	1,015.9	527.3	997.9
8	560.7	1,166.0	564.7	1,229.9	561.9	1,207.9
9	590.0	1,358.6	594.5	1,434.6	591.1	1,405.7
10	614.9	1,537.8	619.7	1,624.8	616.2	1,592.3



**Fig.12.** Relationship between fork length and body length of the Pacific pollock.

$$\text{Male} \quad W_t = 2835 (1 - e^{-0.165(t+0.273)})^3 \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{Female} \quad W_t = 3021 (1 - e^{-0.163(t+0.291)})^3 \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{Male+Female} \quad W_t = 2940 (1 - e^{-0.164(t+0.288)})^3 \dots\dots\dots(14)$$

ただし、 $W_t$  :  $t$ 才時の体重  $g$   
 $t$  : 年齢

これより、年齢10才までの成長曲線を描けば Fig. 11 のようになる。

式 (6)~(8) および式 (12)~(14) から満年齢時の尾叉長、体重を求めると Table 5 に示される結果となる。

1968年6月~7月の間に得られた精密測定資料、雄218尾、雌225尾について、尾叉長 (FL) と標準体長 (BL) の関係は Fig. 12 のようになり、それぞれの式は次のようになる。

$$\text{Male} \quad BL = 0.9204 FL + 0.2927 \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{Female} \quad BL = 0.9227 FL + 0.2107 \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{Male+Female} \quad BL = 0.9220 FL - 0.3251 \dots\dots\dots(17)$$

スケトウダラの年齢についてこれまでに発表されたものの中から、満年齢時の体長が示されている結果を、式 (15)~(17) を使って換算し対比したのが Table 6 である。

**Table 6.** Comparison of the growth in fork-length (cm) of the Pacific pollock at each age, among the results obtained by various researchers.

Author	UNO <sup>30)</sup> (1938)		YAMADA <sup>32)</sup> (1943 b)		OGATA <sup>15)</sup> (1954)		Present Author	
Method	Back calculation		Measurement in spawning season		Measurement in spawning season		Back calculation	
Material	Vertebra				Scale		Scale	
Area	Iwanai	Niigata	Korea		Niigata	Kasumi	East Bering Sea	
Sex			Male	Female			Male	Female
Age								
1	9.96	10.40					13.97	14.25
2	20.09	20.15			24.97		22.67	22.72
3	28.57	29.27	34.06	33.02	34.52	30.94	31.95	32.09
4	35.06	35.10	35.45	33.92	42.76	43.19	39.42	39.60
5	40.26	40.06	37.61	35.28	46.12	45.26	44.26	44.25
6	45.47	44.84	38.72	36.95	50.46	47.10	47.95	48.51
7	50.47	49.38	41.09	37.60	51.98	54.80	52.32	52.67
8	52.48	53.42				57.73	55.10	56.21
9		57.64					59.08	59.35
10		62.39					61.96	62.18

## 考 察

スケトウダラ鱗における輪紋の形成期については、尾形 (1954)<sup>15)</sup> が日本海産のものについて記載している。それによると、鱗の年輪は秋10月から翌年5月までの間に作られるが、大部分は2月を中心として1~3月に完成する。すなわち、筆者らの推測した時期とは約1ヵ月早い方へずれているが、これは、地理的な分布の差によるものと考えられる。

産卵期については、尾形 (1956)<sup>12)</sup> は、日本海産のものについて、だいたい12月~2月にその盛期があると述べ、遊佐 (1954)<sup>34)</sup> は北海道余市近海産のもので12月~3月、また、谷野他 (1959)<sup>28)</sup> は、北海道南部日本海岸熊石近海で12月~4月であるとしている。筆者らが東部ベーリング海で、1966年3月~9月にかけて採集された標本の生殖腺の熟度について調べた結果では、産卵の盛期は4月中旬から5月下旬と考えられ、日本周辺のもの



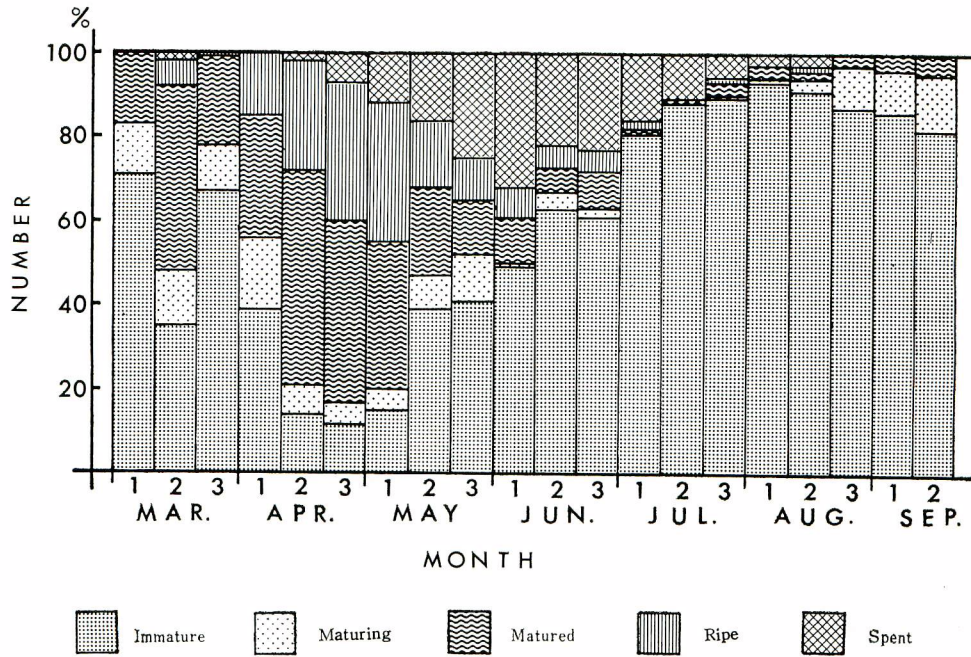


Fig.13. Monthly changes of sexual maturity in gonad of the fish from March to September in 1966.

- 1 : the first 10 days of a month
- 2 : the middle 10 days of a month
- 3 : the last 10 days of a month

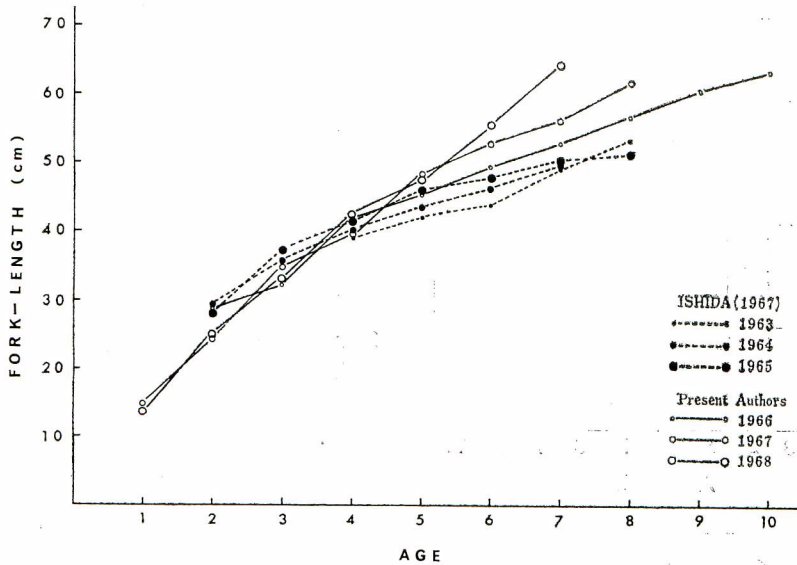


Fig. 14. Comparison of growth in fork length of the Pacific pollock among some different years.

のよりやや遅れている (Fig. 13)。この相違の理由も、輪紋形成期と同様、地理的な差によるものと考えられる。また、すでに述べた休止帯形成の時期は、産卵期の直前と考えられるので、輪紋数が各個体の満年齢を現わしていると考えられることができる。

東部ベーリング海産スケトウダラの年齢と成長については、石田 (1967)<sup>6)</sup> の報告がある。これは、年齢査定に耳石を使用しているが、同水域での筆者らの結果と比較すると Fig. 14 のようになる。これで見ると、石田 (1967)<sup>6)</sup> の指摘している、年ごとに成長度が增大している傾向が、1966年以降も続いていることが認められる。

東部ベーリング海産のものについて実測されたスケトウダラの最大個体は、われわれの持つ記録では尾又長 776 mm、体重 3,200 g である。そして、尾又長 76 cm ぐらいまでのものは、場所と時期によっては漁獲物中にかなり見ることがある。さらに、漁船に委託した体長穿孔カードで、80 cm を越すものが記録されたことがある。これらの事実からみると、尾又長 80 cm を越すものは例外としても、尾又長 76 cm ぐらいまでは普通に達せられる最大体長と考えられ、したがって、BERTALANFFY の成長方程式で計算から得られた 756 mm の値は、ほぼ妥当なものと考えられよう。

また、筆者らの年齢査定より作成した体長級別年齢百分率を使用して、1965年以後のベーリング海の 1 そうびき底びきと 2 そうびき底びきの単位努力当たりの年齢別漁獲尾数を図示すると Fig. 15 となる。この結果もまた、石田 (1967)<sup>6)</sup> の指摘する、卓越年級の存在することを示している。このことについては、尾形 (1960)<sup>19)</sup> も日本海産のものについて述べている。石田 (1967)<sup>6)</sup> の結果を図示すると Fig. 16 となる。1965年のものについての結果に相違がみられるが、これは、筆者らは全漁獲量を別に調査した体長組成に変換し、さらに、年

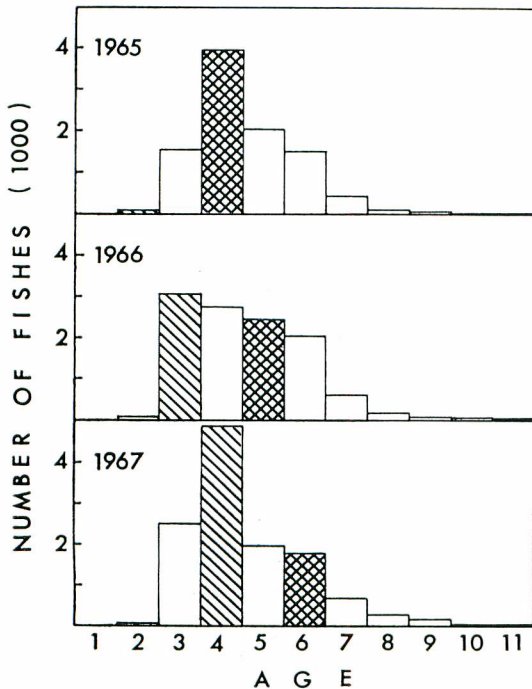


Fig. 15. Age composition of the Pacific pollock in the catch per unit effort of the Danish seine and the pair trawl in 1965, 1966 and 1967.

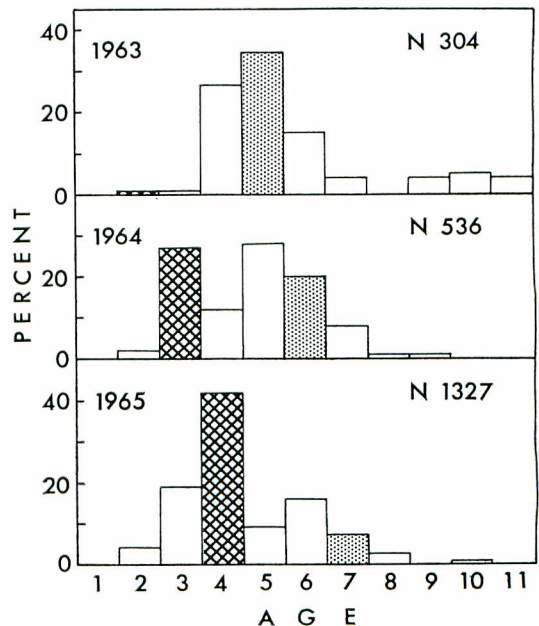


Fig. 16. Age composition of the Pacific pollock in the catch of GYOKUEI MARU in 1963, 1964 and 1965. (ISHIDA, 1967).

年齢組成に変換するという複雑な過程を経た結果であることと、ベーリング海に出漁した全船団より集めた資料を使用していることなどの理由によるものと考えられる。

## 要 約

東部ベーリング海で1965年4月から1968年7月までの間に採集された3,671個体の鱗標本を使用して、スケトウダラの年齢査定を行なった。

1) 同一個体の魚体各部から採取された鱗について、その鱗に形成される輪紋の相似性を検討した結果、輪紋の形成には相似性があることがわかった。

2) 輪紋形成の個体間の対応性を1967年6月、7月の資料について検討した結果、高齢魚になるほどばらつきはみられるが、各輪紋群とも対応性のあることを示した。

3) 輪紋の形成には年1回の周期性が認められ、形成は1月～6月にかけて行なわれるが、その盛期は2月～4月頃と推定された。

4) 産卵の盛期は4月～5月にあると推定された。

5) 尾叉長と体重との関係は $^*$ 次式で示される。

$$\text{Male} \quad W = 9.52 \times 10^{-3} (\text{FL})^{2.916} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Female} \quad W = 8.20 \times 10^{-3} (\text{FL})^{2.958} \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Male+Female} \quad W = 8.67 \times 10^{-3} (\text{FL})^{2.94} \dots\dots\dots(11)$$

また、尾叉長と標準体長との関係は次式で示される。

$$\text{Male} \quad \text{BL} = 0.9204 \text{FL} + 0.2927 \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{Female} \quad \text{BL} = 0.9227 \text{FL} + 0.2107 \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{Male+Female} \quad \text{BL} = 0.9220 \text{FL} - 0.3251 \dots\dots\dots(17)$$

6) 年齢 ( $t$ ) における尾叉長 (FL) は次の関係式で示される。

$$\text{Male} \quad L_t = 754 (1 - e^{-0.165(t+0.273)}) \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Female} \quad L_t = 762 (1 - e^{-0.163(t+0.291)}) \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Male+Female} \quad L_t = 756 (1 - e^{-0.164(t+0.288)}) \dots\dots\dots(8)$$

また、年齢 ( $t$ ) における体重 ( $W$ ) は次式で示される。

$$\text{Male} \quad W_t = 2835 (1 - e^{-0.165(t+0.273)})^3 \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{Female} \quad W_t = 3021 (1 - e^{-0.163(t+0.291)})^3 \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{Male+Female} \quad W_t = 2940 (1 - e^{-0.164(t+0.288)})^3 \dots\dots\dots(14)$$

これらの結果、満年齢におけるスケトウダラの尾叉長と体重は Table 5, および Fig. 9, 10 に与えられている。

7) 本研究の結果と既往の研究の結果とを比較すると、輪紋形成時期、産卵期については、日本近海産のものよりも約1ヵ月の遅れが見られた。また、成長については、同じ東部ベーリング海産のもので比較しても年々増大している傾向にあることが認められた。

## 文 献

- 1) 橋本良平・小谷地 栄 1971: 東北海区および北海道襟裳漁場以南太平洋岸のスケトウダラについて, 第1報 外部形態による異型群の識別と他漁場群との比較, 東北水研報, 29; 37—92.
- 2) 橋本良平・小谷地 栄 1971: 東北海区および北海道襟裳漁場以南太平洋岸のスケトウダラについて, 第2報 A大・A中型およびB型の各型群の消長について, 東北水研報, 31; 125—139.
- 3) 林 清・佐々木 昭・渋谷賢仁 1970: オホーツク海南西部のスケトウダラ調査について, その5 成長, 北水試月報, 27 (12); 2—11.
- 4) 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.
- 5) 石田昭夫 1957: 耳石の輪紋の状態からみた室蘭近海のスケトウダラのポピュレーションの構造について, 北水研報, 16; 63—69.
  - 6) 石田昭夫 1967: ベーリング海東部のスケトウダラ (*Theragra chalcogramma* PALLAS) の年令と成長, 北水研報, 32; 1—7.
  - 7) 伊藤小四郎・藤田 忠・林 成治・安川雅夫 1955: 噴火湾に見られる鯧卵分布に就いて II, 孵化場試報, 10 (1, 2); 161—167.
  - 8) 伊東小四郎・倉橋澄雄 1955: 噴火湾に見られる鯧卵分布について III, 孵化場試報, 10 (1, 2); 145—159.
  - 9) 久新健一郎・木下哲一郎・林 清 1961: 北海道襟裳以西水域におけるスケトウダラの魚群構造について (予報), 北水試月報, 8 (3); 14—20.
  - 10) 前田辰昭 1972: スケトウダラの漁業とその資源, I—2 漁場について, 日水学誌, 38 (4); 362—371.
  - 11) 松原喜代松 1955: 魚類の形態と検索 II, 石崎書店 (東京).
  - 12) 日水研 1956: 日本海の底魚漁業とその資源, 日水研報, 4; 93—139.
  - 13) 大東信一・伊藤小四郎 1955: 噴火湾産スケトウダラ 稚魚について, 孵化場試報, 10 (1, 2); 161—167.
  - 14) 大東信一・藤田 忠 1953: 噴火湾に見られる鯧卵分布に就いて (予報), 孵化場試報, 8 (1, 2); 109—117.
  - 15) 尾形哲男 1954: スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (PALLAS) の年令査定, 日水研年報, 1; 45—51.
  - 16) 尾形哲男・大内 明・佐藤信夫 1958: 日本海におけるスケトウダラ (アカガレイ・その他の底棲魚類を含む) の標識放流調査—I, 1956—1957年の調査結果, 日水研年報, 4; 165—179.
  - 17) 尾形哲男・大内 明 1959: 日本海におけるスケトウダラの標識放流調査 II, 1959年の結果; 日水研年報, 5; 115—117.
  - 18) 尾形哲男 1959: 日本海におけるスケトウダラの Population 構造の解析, I, 脊椎骨数の変異について, 日水研年報, 5; 47—52.
  - 19) 尾形哲男 1960: 日本海におけるスケトウダラの漁獲高と年令組成の關係について, 日水研年報, 6; 191—201.
  - 20) 尾形哲男 1963: 日本海におけるスケトウダラ (アカガレイその他の底棲魚類を含む) の標識放流調査, III. 1959年5月以降の調査結果, 日水研報, 11; 47—52.
  - 21) RICKER, W. E., 1958: *Handbook of computation for biological statistics of fish population, Fish. Res. Bd. Canada, Bull.*, 119; 1—300.
  - 22) 佐々木昭・渋谷賢仁・近藤平八 1970: オホーツク海南西部のスケトウダラ調査について, その3 標識放流試験結果, 北水試月報, 27 (10); 2—19.
  - 23) 佐々木 昭・渋谷賢仁・小池幹雄・近藤平八 1972: オホーツク海南西部のスケトウダラ調査について, その7 標識放流試験結果 (2), 北水試月報, 29 (1); 2—23.
  - 24) 高橋善弥 1970: 東部ベーリング海のスケトウダラ資源について, 昭和44年度漁業資源研究会議底魚分科会, 北部ブロック会議議事録, 41—59.
  - 25) 高橋善弥・山口閔常 1972: スケトウダラの漁業とその資源, II—2. ベーリング海東域, 日水学誌, 38 (4); 389—399.
  - 26) 田中富重 1968: 北部日本海におけるスケトウダラ産卵群の生活, 1 移動回遊についての知見, 北水試月報, 25 (6); 2—11.
  - 27) 田中富重 1970: 北部日本海におけるスケトウダラの漁業生物学的研究, 1 集団行動と構造についての

- 一考察, 北水試報, 12; 1—10.
- 28) 谷野保夫・辻崎久輝・中道克夫・久新健一郎 1959: スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (PALLAS) の卵巣の成熟について, 北水研報, 20; 145—164.
- 29) 宇野道夫 1936: スケトウダラの年齢組成 (予報Ⅰ), 日水学誌, 5 (3); 173—174.
- 30) 宇野道夫 1938: スケトウダラの年齢組成 (予報Ⅱ), 日水学誌, 6 (6); 296—298.
- 31) 山田栄次 1943 a: メンタイの生態調査 (1), 水産研究誌, 38 (3); 1—9.
- 32) 山田栄次 1943 b: メンタイの生態調査 (2), 水産研究誌, 38 (5); 8—16.
- 33) 山田栄次 1944: メンタイの生態調査 (1), 水産研究誌, 39 (2); 8—14.
- 34) 遊佐多津雄 1954: スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (PALLAS) “Alaska Pollock” の正常発生に就いて, 北水研報, 10; 1—22.