

北東太平洋におけるアラスカメヌケの 年令と魚体の大きさとの関係^{*})

千 国 史 郎
(遠洋水産研究所)

On the Age and Size Relationship of the Pacific Ocean Perch in the Northeastern Pacific

Shirō CHIKUNI
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

In this paper, the age-length and the age-weight relationships of the Pacific ocean perch, *Sebastes alutus*, in the northeastern Pacific were studied for the sample fish collected by Japanese trawl fishery from the Kodiak area in 1966 and 1967 (Table 1 and Fig. 1). The study was made by means of the analysis of age marks on the scale taken from the sample fish. The results obtained are summarized as follows:

There is no significant difference by sex in the growth curve of the radii of annulus on scale at ages 11 to 14 (Table 2 and Fig. 2). It was supposed to be a unique character of the Pacific ocean perch that the growth pattern of scale is quite identical between sexes without possible effects by differential sexual maturation. According to this character, the analysis on annuli of scale can be made on scales from both sexes combined.

LEE's phenomena are obviously recognized in some radii of annulus on scale (Table 3 and Fig. 3). The phenomena are more significant in the annuli in younger stage than in older one, but the first annulus does not show any tendency like LEE's phenomenon. Though the origin and the process of these phenomena are not approached in detail in this study, the author inclines to support the hypothesis that LEE's phenomenon is due to the effect of fishing selectivity. The radii of the scale of each age having these phenomena are modified by linear regression estimated from the radii of annulus (Table 4).

Linear correlation is found between the radius of scale and fork length of fish (Fig. 5). There is no difference between male and female in the correlations. The author obtained the following formula from the data of both sexes combined.

$$FL = 32.8 + 0.542R$$

where FL denotes fork length in mm and R represents radius of scale in 1/100 mm.

The Walford graph based on either the radius of scale (R_i) or the estimated fork length (FL_i') at each age shows an inflective line rather than a straight one (Figs. 4 and 6), and the point of inflection is observed at age 4.6 in either case. The author assumes that the fish might shift their growth pattern during ages 3-6, and the shift in growth might be originated from the change of life form in response to the transition of their habitat from the mid-water to the bottom of sea in accordance with growth.

The relationship between age and fork length was estimated by BERTALANFFY's formula as,

^{*}) 1970年4月15日受理 遠洋水産研究所業績 第39号

$$\begin{aligned} \text{under age 4.6} & \quad l_1 = 289.8(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)}) \\ \text{over age 4.6} & \quad l_2 = 411.3(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)}) \end{aligned}$$

where l denotes fork length in mm and t denotes age. These equations indicate that the Pacific ocean perch show greater annual growth in younger stage and smaller in older (Fig. 7), and also that they have a longer life span.

Fork length calculated from BERTALANFFY's equation (\widehat{FL}_i), estimated from the R - FL relationship (FL_i'), and the average fork length of the length frequency distribution (\overline{FL}_i) are in a good agreement (Table 5). However, judging from the fact that the length frequency distribution by age shows considerably greater variation (Figs. 8 and 9), the growth of the Pacific ocean perch might vary widely by individual fish.

Relationship between age and weight of the fish were derived from length-weight relationship and BERTALANFFY's formula as,

$$\begin{aligned} \text{under age 4.6} & \quad w_1 = 315.9(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)})^3 \\ \text{over age 4.6} & \quad w_2 = 887.1(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)})^3 \end{aligned}$$

where w denotes weight of fish in g and t denotes age (Table 6, Figs. 10 and 11).

北東太平洋におけるアラスカメヌケ *Sebastes alutus* GILBERT はその資源開発が始められてからまだ日も浅く、魚体の成長に関してなされた業績は非常に少ない。著者はさきに北東太平洋のアラスカメヌケの鱗相について検討し、鱗面上に認められる多くの形質が鱗および魚体の成長の経過に対応したものであること、鱗面上に認められる輪紋を年輪として読みとることは十分な妥当性があること、輪紋半径にも魚体の成長を表示する特性が認められたこと、などを報告した(千国1970)³⁾。また、著者らはベーリング海におけるアラスカメヌケの鱗読について検討し、著者らの行なっている年輪読みとりの基準はかなり合理的であること、読みとり結果には十分な客観性とたしからしきとがあること、などを明らかにするとともに、これらの結果が北東太平洋におけるアラスカメヌケの鱗読に対してもほぼ同様に適応できることを報告した(千国・若林1970)⁴⁾。

ここではこれらの成果にもとづき、北東太平洋におけるアラスカメヌケについて、鱗を使用して年令査定を行なうとともに成長に関する数種の形質の計測を行ない、年令と魚体の大きさとの関係について検討した。

報告にあたり、御指導と本文の御校閲をいただいた遠洋水産研究所底魚海獣資源部長三谷文夫博士、有益な御助言をいただいた同研究所企画連絡室長福田嘉男博士、同室の長崎福三博士、北洋底魚資源研究室の各位、ならびに発表の機会を与えられた同研究所長木部崎修博士に対し厚く御礼を申し上げます。また、標本魚の採集や現場での測定に御協力をいただいた豊漁業株式会社、日本水産株式会社、株式会社極洋、報国水産株式会社、株式会社北海道漁業公社、の各社の北方トロール担当のかたがたに謝意を表す。

材 料 と 方 法

標本魚は1966年と1967年にアラスカ湾の Kodiak 島から Shumagin 諸島にかけての沖合漁場 (Portlock Bank—Albatross Bank—Shumagin Bank をつらねた大陸だなおよびその斜面) において、日本のスタートロール漁船によって漁獲されたものである (Fig. 1)。両年における標本魚の採集はアラスカ湾のかなり広範な水域にわたって

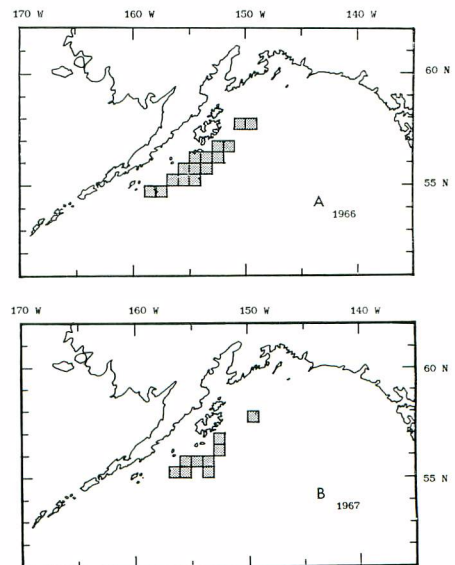


Fig. 1. Sampling location of the Pacific ocean perch used in the present study.

A : 1966 B : 1967

なされたが、ここではサンプリング水域の相違による地理的な変異をさけるため、上記の水域から得られた標本のみについて検討した。

1966年に採集された標本魚は、冷凍標本として実験室に持帰った上で解凍し測定・採鱗された個体と、漁船の船上で測定・採鱗された個体との両方を含む。採鱗部位は「ほぼ胸びれ先端下部付近」とし、厳密には指定しなかった。1,623個体の標本魚について年令が査定され、年令と尾叉長の関係を検討した (Table 1)。

Table 1. Number of specimens of the Pacific ocean perch used in the present study, collected from the Kodiak area in the northeastern Pacific Ocean.

Year	1 9 6 6			1 9 6 7								
	Age determined			Radii of annulus measured			Age determined			Length-weight relationship obtained		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total
Jan.	81	50	131	8	12	20	25	41	66	58	77	135
Feb.	15	18	33	5	10	15	30	25	55	41	41	82
Mar.	—	—	—	13	11	24	55	37	92	94	69	163
Apr.	75	70	145	28	20	48	69	54	123	85	72	157
May	85	82	167	5	15	20	18	27	45	27	32	59
Jun.	81	79	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul.	134	95	229	5	8	13	15	20	35	19	30	49
Aug.	179	174	353	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sep.	73	110	183	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Oct.	29	41	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nov.	34	38	72	2	4	6	6	6	12	12	8	20
Dec.	41	39	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	827	796	1,623	66	80	146	218	210	428	336	329	665

1967年に採集された標本魚は船上でそのまま冷凍し、研究所に持帰って解凍したのち測定・採鱗した。採鱗にあたっては、年輪半径等の計測値に鱗の着生部位による偏りをもちこまないため、採鱗部位を指定することとし、鱗相の観察にもっとも適当な鱗が得られる胸びれ先端下部 (千国 1970)³⁾ から採鱗した。この指定部位から採集された鱗のうち、再生鱗、破損鱗、年輪判読の不能鱗などを除き、146 個体の鱗について年令査定を行なうとともに年輪半径と鱗半径の測定を行なった (Table 1)。採鱗指定部位から鱗を採取することができなかった場合には、止むを得ず他の部位から採鱗を行なった。それらの鱗については年令査定のみ行なった。年輪半径を測定した鱗と合せ、428 個体の鱗の年令が査定された (Table 1)。また、採鱗できなかった個体をも含め 665 個体の標本については尾叉長と体重の関係を検討した (Table 1)。

鱗の観察は既報 (千国 1970)³⁾ におけると同様に、塩化ビニール板上に押圧・成型せしめた鱗の表面像について行なった。年輪半径と鱗半径の測定方法も同報における輪紋半径の測定方法と同じである。すなわち、中心板の中心 (焦点) から鱗の前方 (被覆部) の中央に向かって測定軸を定め、焦点からその軸上における年輪の外縁までを各年輪半径 (r_i) として測定した。また、焦点から測定軸上における鱗の外縁端までの距離を鱗半径 (R) とした。多くの標本が年輪の形成時期に採集されたために、年輪を形成中であると判断される個体が数多くあった。それらの鱗はその外縁端に年輪が認められたが、その最外縁の年輪については年輪半径を測定しなかった。*) しかし年令の算定にあたっては形成中である年輪をも 1 才として算入した。このような取扱い

*) この場合、鱗の最外縁にあって形成途中の年輪半径 (r_n) と鱗半径 (R) とは等しい。したがって正確に言えば、測定値は R としては取扱ったが r_n としては処理しなかったという意味である。

をしたため、各年令(年級)の最外縁の年輪半径を測定した標本数はその年級の年輪半径測定数よりも少ない(Tabel 3)。

年輪半径の測定値は5才から19才までの範囲の個体について得られたが、若令魚および高令魚は標本数が少なかったため、ここでは6才から15才の範囲の標本について年輪半径を用いた検討を行なった。

結 果

年輪半径の雄雌間の差異

得られた試料のうちでは高令魚に属する11才から14才までの標本についての測定値を用いて、年輪半径の雄雌間の差異について検討した。標本の個体数が少ないために、11才と12才および13才と14才をそれぞれグループにまとめ、性別に年輪半径の平均値を求めて比較した(Table 2, Fig.2)*。

Fig. 2 を一見して明らかなように、いずれの年令群でも雄雌間に有意な差は認められない。しかもここで検討した年令範囲内(14才まで)では、年令の若・高にも関係なく雄雌の平均年輪半径はよく一致している。Fig. 2 の曲線はフリーハンドで描いたものであるが、それらはこれらの年令群の年令と年輪半径との関係をよく表わしているものとみてよい。これらのことから、ここで取扱った年令範囲に関する限りでは、アラスカメスケの年輪半径には雄雌間に本質的な差異がないと判断される。

上記のような結果にもとづき、年輪半径についての以下の検討は雄雌混合で取扱った。

Table 2. Comparison of the radii of annulus on scale of the Pacific ocean perch between male and female for ages 11+12 and 13+14 collected from the Kodiak area in 1967.

Age group <i>i</i> \ Sex		(unit $\frac{1}{100}$ mm)			
		11 + 12		13 + 14	
		Male	Female	Male	Female
1		74	66	67	69
2		165	158	148	149
3		246	235	227	231
4		308	298	289	294
5		353	350	344	347
6		394	389	389	393
7		426	424	420	427
8		453	454	454	456
9		475	480	478	481
10		498	501	501	505
11		524	522	521	524
12				540	541
13				553	564
Number of sample		12	23	12	11

i : ordinal number of annuli

*) それぞれのグループの最高年令(12才および14才)の年輪半径は、さきに述べたような理由から平均値を求めた標本数が少ないため、ここでは除いて検討した。

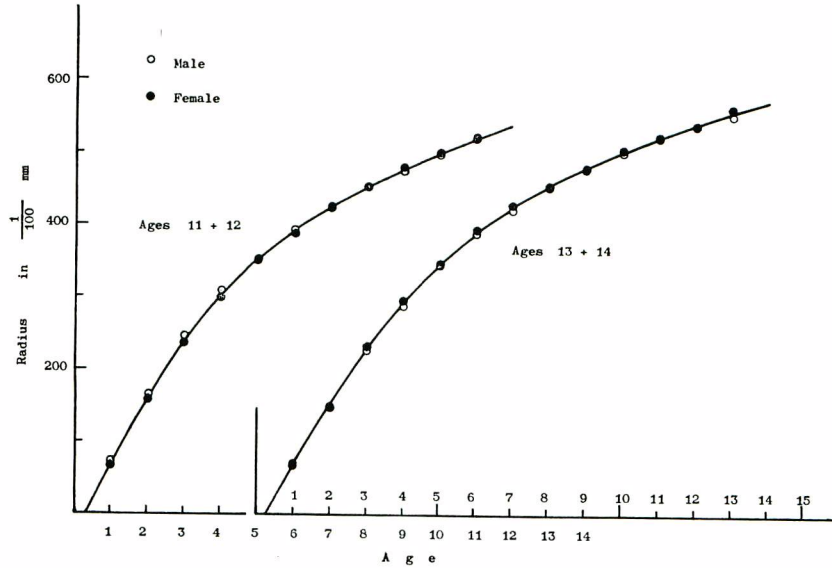


Fig. 2. Relationship between age and radius of annulus on scale for ages 11+12 and 13+14 of the Pacific ocean perch, by sex, collected from the Kodiak area in 1967. There is no significant difference between sexes in the relationship of both age groups.

Table 3. Relation between age and the radii of annulus on scale of the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. The outermost radius of each age in bracket is more or less biased as the sample is fewer than those of inner radii.

(unit $\frac{1}{100}$ mm)

<i>i</i> \ Age	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	70	61	67	69	66	70	66	71	65	67
2	176	158	162	160	164	164	155	153	142	144
3	262	251	251	245	246	245	229	232	225	223
4	318	317	315	313	314	310	285	291	293	285
5	362	366	362	361	359	358	340	345	347	343
6	(393)	402	398	401	398	395	383	389	392	387
7		(434)	427	433	429	427	420	422	425	422
8			(457)	461	455	456	450	454	455	453
9				(487)	479	480	476	478	481	478
10					(500)	501	499	500	506	498
11						(524)	519	518	527	517
12							(556)	534	548	538
13								(551)	563	555
14									(574)	570
15										(627)
Number of sample	10	9	25	15	22	22	13	13	10	7

i: ordinal number of annuli

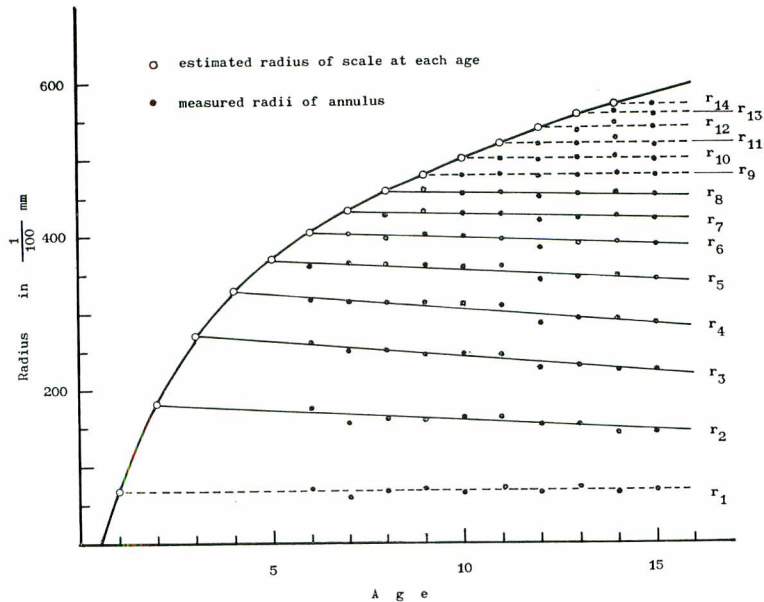


Fig. 3. Relationship between age and radius of annulus on scale of the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. As there were obviously LEE's phenomena on the radii from r_2 to r_8 , the radii of scale from age 2 to 8 were calculated by each regression line. The radii of scale at ages 1, 9, 10, 11, 12, 13, and 14 were estimated from the mean of radii of annulus.

年輪半径に認められた LEE 現象と年令別鱗半径^{*})の推定

年令(年級)別に得られた年輪半径の平均値を Table 3 に示した。さきにもふれたように、最外縁の年輪半径は平均値を計算した標本の数が少ないことから値のばらつきが大きい。Table 3 では括弧付で示してある。それらの値は以後の検討では使用していない。

年令と年輪半径の関係をみると、一部の年輪半径には明らかにいわゆる LEE 現象 (LEE 1912)⁷⁾ が認められる (Fig.3)。すなわち、 r_2 から r_8 までの年輪半径では年令が増加するに従って(年級が古くなるほど)同じ年輪の半径の値が小さくなっており、年令順の年輪半径は Fig.3 に示したとおりの形を呈している。この右下りの特徴は r_3 がもっとも顕著である。 r_3 から r_4 ……と高令の年輪半径になるほど右下りの傾向は少なくなっている。 r_1 ではこの右下りの傾向が認められず、非常に特異的である。 r_9 より高令の年輪半径にも明りょうな傾向は認められない。

このように一部の年輪半径に LEE 現象が認められることは、そのこと自体に多くの問題が内蔵されていることを示しており、大変に興味ぶかい。しかしそれと同時に、魚体の成長の履歴を逆にたどって解析を進める上では大変にやっかいな障害となる。ここでは年令別の鱗半径を推定するため、認められた LEE 現象に対して直線的な関係を適応した。すなわち、 r_2 から r_8 の間の右下りの年輪半径にそれぞれ回帰直線をあてはめ、その方程式を求めた (Table 4)。各直線は各年輪半径の各点によく適合している (Fig.3)。したがって、それらの直線回帰が LEE 現象をほぼ近似的に表わしているとしてよいであろう。ある年輪半径 (r_i) の回帰直線とその年令 (i) の y 軸との交点の y の値をその年令の鱗半径 (R_i) とした (Table 4, Fig.3)。 r_1 および r_9 より高令の年輪半径には右下りの回帰関係が明りょうに認められないので、それらの年令の鱗半径 (R_i) は年

*) ある年令 (i) の魚の鱗が最外縁にその年令の年輪を形成し終った時点の鱗半径 (R_i : その年輪半径 (r_i) に等しい) を意味する。

Table 4. Regression of the radii of annulus on scale and the estimates of the radius of scale at each age.

Age	Coefficient of linear regression $y = a + bx$		Estimate of radius of scale in 1/100 mm	Remarks
	b	a		
1	—	—	67.2	the average of r_1
2	-2.7878	187.07	181.5	
3	-4.1030	283.98	271.7	
4	-4.0787	346.93	330.6	
5	-2.7454	383.13	369.4	
6	-1.9500	415.34	403.6	the average of r_9
7	-1.2261	439.73	431.1	
8	-0.9285	466.00	458.5	
9	—	—	478.7	
10	—	—	500.8	
11	—	—	520.3	
12	—	—	540.0	
13	—	—	559.0	
14	—	—	570.0	

輪半径 (r_i) の平均値を採用した (Table 4, Fig. 3)。このようにして推定した年令別の鱗半径は、LEE 現象の補正*) 手続に合理的な説明を与え得ないという問題をはらみながらも、かなり近似した値を得ていると判断される。何となれば、少なくとも 6 才から 14 才までの推定値は現存する年輪半径によく近似しているし、それらを結んだ曲線を原点 (0 才) の方に延長して 1 才から 5 才までの内そう値を求めてみると、上記のようにして得られた推定値に近い値となるからである。したがって、Fig. 3 に示した曲線 (推定値をフリーハンドで結んだもの) は年令と鱗半径との関係をよく表わしているとみてよいであろう。曲線からは次のような特徴を読みとることができる。すなわち、4~5 才までの若令期には鱗半径の年々の増加量は大きく、この期間に鱗半径は非常に大きくなる。6~7 才より高令になると年々の増加量は小さくなり、鱗半径の増大はゆるやかなものとなってくる。このように若令期と高令期とで増加量に大きなちがいがあがあるため、4 才の鱗半径は 14 才の鱗半径の 1/2 以上にまで達している。また、若令期と高令期では年々の増加量の変化 (減少) の仕方にも大きなちがいがああり、若令期の方が年変化が大きい。これらの特徴は鱗の成長のパターンの一部を示すものである。

年令別鱗半径の定差図

上記のようにして推定した年令別の鱗半径で定差図を描いてみると、全体に 1 本の直線を適応するには無理があり、2 本の折線がよく適合するようである。ここでは各点の位置からみて点 (R_4 , R_5) 以下の部分と点 (R_5 , R_6) 以上の部分に分け、それぞれ回帰直線を求めてみた (Fig. 4)。

$$\text{点 } (R_4, R_5) \text{ 以下 } \quad y_1 = 137.0 + 0.711x \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{点 } (R_5, R_6) \text{ 以上 } \quad y_2 = 68.7 + 0.902x \dots\dots\dots (2)$$

(単位 1/100 mm)

いずれの直線も各点によく適合している。2 本の直線の傾斜の差はかなり大きい。このような定差図が得られたことは、年令と鱗半径の関係が、4~6 才ころを境にしてかなり急に变化すること、その前後ではそれぞれ

*) この場合「補正」ということばが妥当であるかどうかにも多少問題があろう。

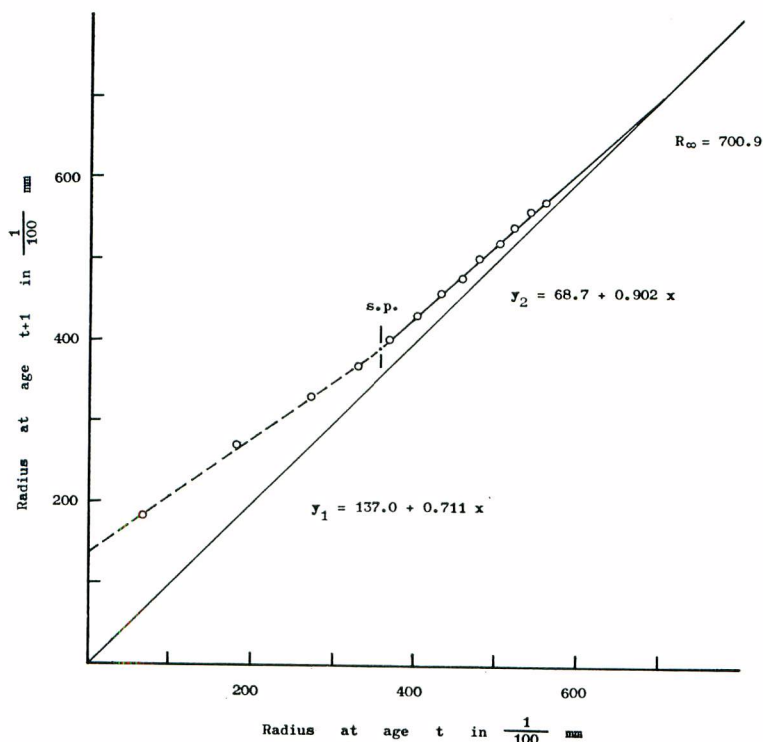


Fig. 4. Walford graph for the radius of scale at age $t+1$ against at age t of the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. The Walford line is recognized as a inflective line, so the growth pattern of the Pacific ocean perch is supposed to be divided into two parts at the shifting point.
s. p. : shifting point of growth pattern

れ異なった1階の定差方程式で表わされる法則によく適合していること、などを示している。のちに論議するように、ここで得られた年令と推定鱗半径の関係は、そのものが直ちに鱗の成長過程を表わすものとはできない。しかし、上記のような定差図の特徴は、高令魚の標本について年級別にその年輪半径を検討してみたところ、すべての年級について認められたから、アラスカメヌケの鱗の成長型が持っている一般的な特徴と判断される。さきに、年令と鱗半径の関係の項でも述べたように、若令期では年令にともなった鱗半径の増加量とその年令の減少率が大きいのに反して、高令期では両者ともに小さかった。その異なりが定差図でこのように表示されたと考えてよいであろう。

鱗半径と尾叉長との関係および年令別尾叉長の推定

年輪半径および鱗半径を測定した146個体の標本魚 (Table 1) について、その鱗半径*) (R) と尾叉長 (FL) との関係を検討した。両者の間には雄雌ともに、いく分かはばらつきながら、直線的な相関関係が認められた (Fig. 5)。性別には下記のような回帰直線が求められた。

雄 $FL = 20.7 + 0.562R \dots\dots\dots(3)$

雌 $FL = 44.6 + 0.523R \dots\dots\dots(4)$

(FL : mm, R : 1/100 mm)

*) ここでいう鱗半径は単純な意味での鱗半径 (試料鱗の焦点から鱗の縁端端までの長さ) である。鱗の縁辺に年輪を形成中であるかどうかを問わない。

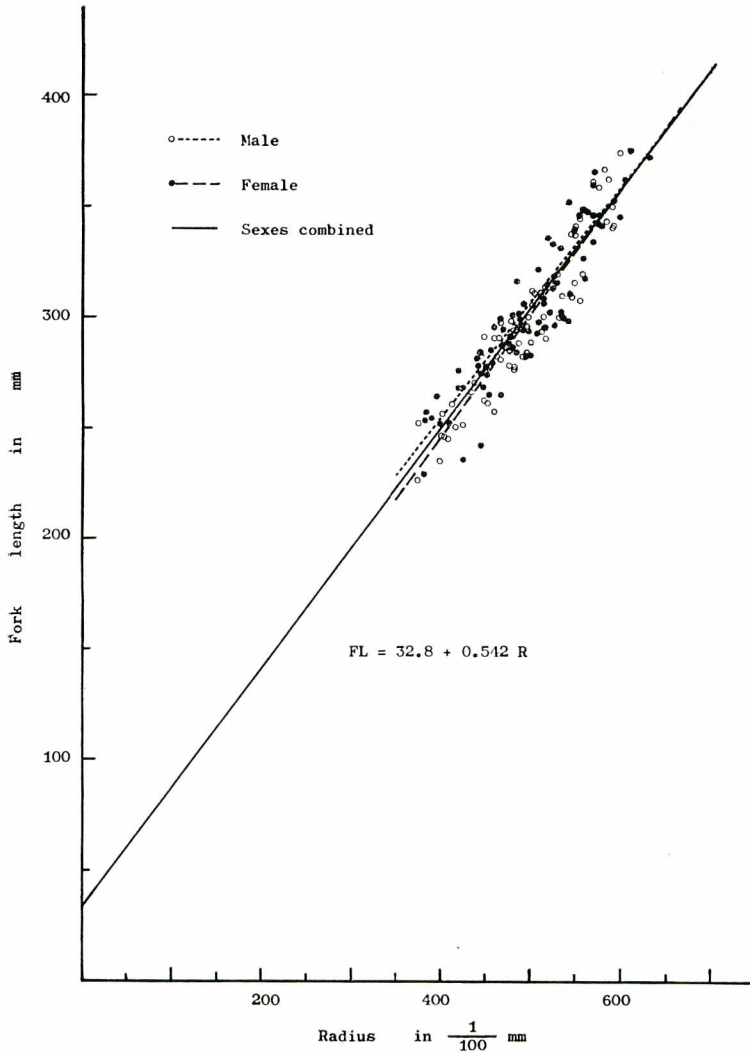


Fig. 5. Relationship between radius of scale and fork length of the Pacific ocean perch collected from the Kodiak area in 1967.

これらの直線は雄雌ともにそれぞれ性別によく適合しているように思われる。また、回帰成分について雄雌間の異なりを検定したところ有意な差は認められなかった。

回帰からの分散について $F_0 = 1.139^{n.s.}$

回帰係数について $F_0 = 1.166^{n.s.}$

したがって、鱗半径と尾叉長との相関関係には雄雌間に本質的な差はないと判断し、雄雌混合試料によって下記の回帰直線を得た。

$$\text{雄雌混合 } FL = 32.8 + 0.542R \dots\dots\dots (5)$$

(FL : mm, R : 1/100 mm)

この直線は用いた試料の範囲内 (FL 220~380 mm, R 3.7~6.4 mm) に関する限りよく適合していると判断される (Fig. 5)。

この雄雌混合の方程式を用い、さきに推定した年令別鱗半径 (R_t , Table 4) から年令別尾叉長 (FL_t') を

推定した (Table 5)。

Table 5. Age-length relationship for the Pacific ocean perch estimated from some different procedures.

Age	Length in mm	Estimated from R-FL relationship (FL'_i)		Calculated by BERTALANFFY'S formula (\hat{FL}_i)		Average of length frequency distribution (\overline{FL}_i)	
		Fork length	Annual increment	Fork length	Annual increment	Fork length 1966	Fork length 1967
1		69.2		69.8			
2		131.1	61.9	133.4	63.6		
3		180.0	48.9	178.5	45.1		
4		211.9	31.9	210.7	32.2		
5		232.9	21.0	232.8	22.1		
6		251.5	18.6	250.5	17.7	256.0	245.0
7		266.4	14.9	266.4	15.9	270.9	257.3
8		281.2	14.8	280.8	14.4	284.1	273.5
9		292.2	11.0	293.7	12.9	294.6	287.0
10		304.1	11.9	305.3	11.6	301.7	297.7
11		314.7	10.6	315.8	10.5	311.8	309.2
12		325.4	10.7	325.3	9.5	317.8	321.5
13		335.7	10.3	333.8	8.5	333.2	329.0
14		341.6	5.9	341.5	7.7	353.8	351.4
15				348.4	6.9	364.2	356.3

年令と年令別推定尾叉長*)との関係

上記のようにして得られた年令別推定尾叉長 (FL'_i) と年令との関係は、その推定手続きからして当然であるが年令別年輪半径 (R_i) と年令との関係に相似している。すなわち、推定尾叉長の定差図は折線となって下記のような2本の直線がよく適合する。

$$\text{点 } (FL'_4, FL'_5) \text{ 以下 } \quad y_1 = 83.7 + 0.711x \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{点 } (FL'_5, FL'_6) \text{ 以上 } \quad y_2 = 40.7 + 0.901x \dots\dots\dots(7)$$

(単位 mm)

折点の位置は FL 226.3 mm となっている。極限体長 (FL_∞) を高令部分の直線から推定すると 411.3 mm となるが、これはのちに論議するように少し小さい方に偏っていると思われる。

定差図でこのように2本の直線がよく適合しているから、それぞれの直線部分ごとに BERTALANFFY の成長方程式をあてはめてみると、下記のような2つの方程式が得られた。

$$FL \text{ 226.3 mm 以下 } \quad I_1 = 239.8(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)}) \dots\dots\dots(8)$$

$$FL \text{ 226.3 mm 以上 } \quad I_2 = 411.3(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)}) \dots\dots\dots(9)$$

(I : mm)

これら2直線の境界点である FL 226.3 mm は上式から年令に換算すると 4.6 才となる。4.6 才を境として、上記の2つの方程式によって年令別の計算尾叉長 (\hat{FL}_i) を求めてみると、それらは推定尾叉長 (FL'_i) によく一致している (Table 5, Fig. 7)。Fig. 7 に描いた曲線は上式によるものであるが、アラスカメヌケの年令と尾叉長との関係ならびにその特徴をよく示している。すなわち、長い寿命をもちかつ小型の魚類である

*) ここでいう年令別尾叉長 (FL'_i) は、計算手続きから明らかなように、ある年令の魚が鱗面上にその年輪を形成し終った時点での尾叉長を意味する。また、それらはいわゆる「逆算体長」とは意味を異にする。

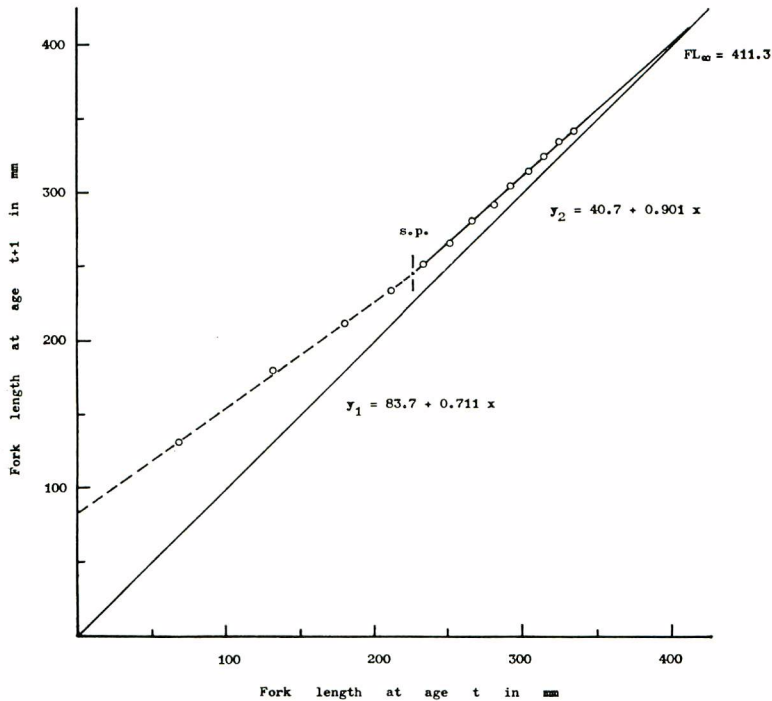


Fig. 6. Walford graph for the fork length at age $t+1$ against at age t of the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. The Walford line is divided into two parts at the shifting point of growth pattern.
s. p. : shifting point of growth pattern

こと、体長の増大は若令期に著しく、高令期には少ないこと（4才の尾叉長は210 mmに達しているのにその後の10年間には130 mm程度しか増大していない。10才を越えると年増加量は10 mmにも達しない）、年増加量の年々の変化（減少）も若令期に大きく高令期には小さくなっていること、などの点を明りょうに示している。これらの特徴はアラスカメヌケの成長型のもつ特徴と考えるとよいであろう。特に4.6才（ FL 226.3 mm）を境として年令と尾叉長との相関のあり方がかなり大きく変化していることは、特異的なものとして注目しておく必要がある。

年令別の尾叉長組成と平均尾叉長

1966年に採集され年令が査定された1,623個体の試料および1967年に採集された標本のうち年令が査定された428個体の試料について、年令別の尾叉長組成と平均尾叉長（ \overline{FL}_i ）を求めて漁獲物の年令と尾叉長との関係を検討した（Table 1, Appendix I, II）。年令別の尾叉長組成についてあらかじめ性別に検討を行なったところ、雄雌間には差異が認められなかったため、ここでは雄雌混合で取扱った。また、標本数が少ないため、ここではサンプリングの季節性を無視して一括して取扱った。

用いた標本の尾叉長は、1966年には190~430 mm、1967年には220~410 mmの範囲にあった。出現した年令の範囲は、1966年には4~18才、1967年には5~19才であった。年令順にみた年令別の尾叉長組成は両年ともなめらかな右上りの形状を示し、一般的な年令-体長組成型をよく表わしている（Figs. 8, 9）。標本数の少ない若令期を除けば両年の体長組成は各年令ともよく一致している。

同一年令の尾叉長の変異の中はかなり大きい。たとえば、10才の尾叉長は1966年には260~380 mm、1967年には250~360 mmにわたって出現し、その中ではそれぞれ110 mmから120 mmにも達している。この中

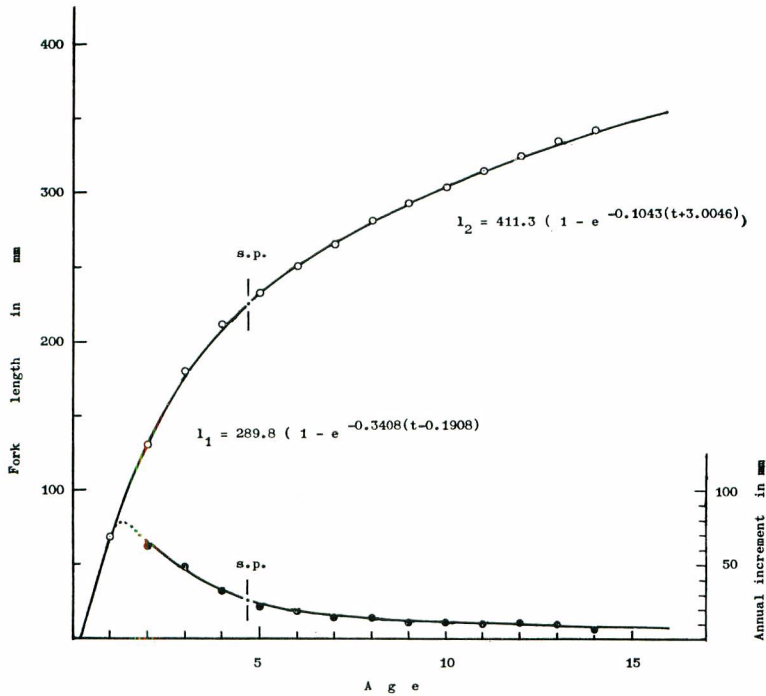


Fig. 7. Age-length relationship for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. The relationship is divided into two parts at the shifting point (s.p.) derived from the Walford graph test as shown in Fig. 6.

s.p. : shifting point of the relationship

○ : estimated fork length from the R - FL relationship

● : annual increments

は高令になるほど大きいですが、6~7才の若令期でもかなり大きい (Figs. 8, 9)。このように、出現する尾叉長の中が広いため、年令別の尾叉長組成の分布型は、標本数の充分に大きい9~11才以外では左右対称の正規型を呈していない。同一年令に出現する尾叉長の中が広いことは、ひとつには、サンプリングの季節性を無視して取扱ったことにも起因しているであろう。しかしさきにもみたとおり、尾叉長の年増加量が8~12才では15~9 mmにすぎないことを合せ考えれば、標本魚の季節的変異よりも成長そのものの個体変異によるところが非常に大きいように判断される。また同時に、成長の個体変異は成長量の大きい若令期にほとんど決定されるであろうことも推定される。

両年の年令別尾叉長組成から年令別の平均尾叉長 (\overline{FL}_i) を求め、さきに得られている推定尾叉長 (FL_i') や計算尾叉長 (\widehat{FL}_i) と比較した (Table 5)。5才以下の標本は標本数が非常に少ないのでこの検討では除外した。6才から13才までの間では、各年令の平均尾叉長 (\overline{FL}_i) は上記のふた通りの尾叉長によく合致している。14才以上ではやや差が大きくあらわれているが、これは平均尾叉長 (\overline{FL}_i) を求めた標本数が少ないことによるのであろう。

1967年の標本による平均尾叉長 (\overline{FL}_i) は総体的に小さい方に偏っている (若令部で約10 mm 高令部で約3 mm) ようである (Table 5)。これはこの年の標本魚が主として1月から4月にかけて採集されたこと (Table 1)、その時期はアラスカメヌケが鱗面上に年輪を形成する期間の一部であること (千国 1970)³⁾、したがって標本魚のなかには年輪形成を終了していない個体 (その年令ではまだ小さな個体) が多く含まれていたこと、によるのであろう。

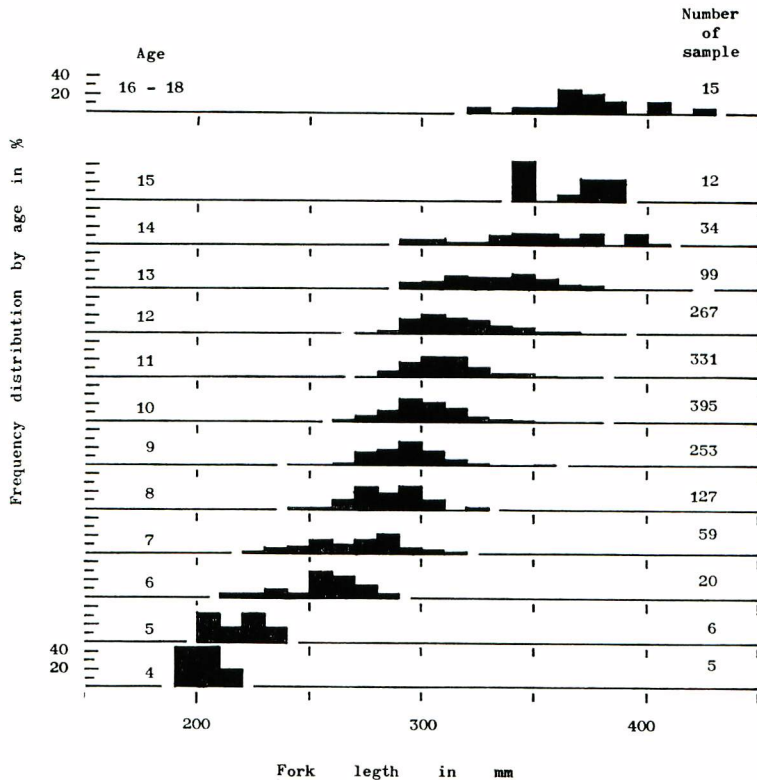


Fig. 8. Length frequency distribution by age for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1966.

このように、成長の個体変異によるばらつきやサンプリングの季節性による偏りなどを含みながらも、年令別尾叉長組成やその平均尾叉長 (\overline{FL}_i) などは、漁獲物*)の年令と体長との関係を概括的によく表わしているとみてよいであろう。しかも、これらの結果や相関のパターンが、鱗の年輪半径の計測値から検討した結果や特徴に非常によく合致したことは相互に得られた結果の妥当性を示すものとして評価してよいであろう。

尾叉長と体重の関係および年令と体重の関係

尾叉長と体重の関係を検討するのに用いた標本は、尾叉長が 220~400 mm, 体重が 125~800 g の範囲にあった。両者の間にはべき関数的な相関が認められ、下記のような回帰曲線をあてはめることができる。

雄 $\log BW = -4.6216 + 2.8962 \log FL \dots\dots\dots(10)$

雌 $\log BW = -4.8516 + 2.9915 \log FL \dots\dots\dots(11)$

(BW : g, FL : mm)

雄雌の間には有意な差が認められないので、雄雌を混合すると下記の曲線式が得られる (Fig. 10)。

雄雌混合 $\log BW = -4.7599 + 2.9485 \log FL \dots\dots\dots(12)$

(BW : g, FL : mm)

この関係式 (12) と、さきに求めた年令と尾叉長との関係式 (8) および (9) とによって、年令と体重との関係を求めた。

*) のちに論議するように、LEE 現象との関連でいえば、漁法や漁具をも規定した上での漁獲物と表現すべきであるかも知れない。

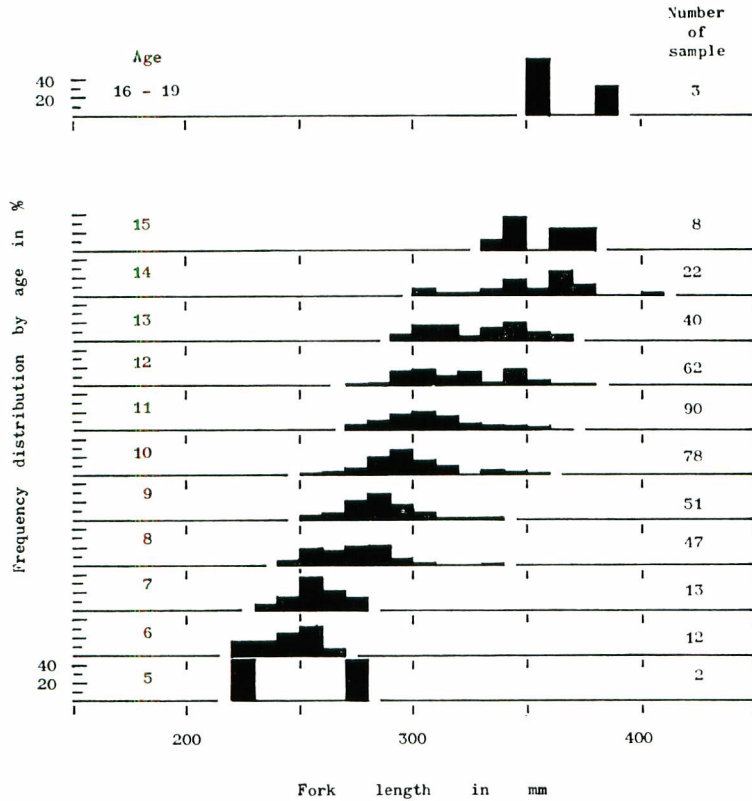


Fig. 9. Length frequency distribution by age for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967.

4.6 才以下 $w_1 = 315.9(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)})^3 \dots\dots\dots (13)$

4.6 才以上 $w_2 = 887.1(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)})^3 \dots\dots\dots (14)$

(w : g)

この関係式によって求めた各年令の計算体重ならびに曲線は Table 6 および Fig. 11 に示した。ここで得られた関係では 4.6 才を境として若令期と高令期の両曲線にそれぞれ変曲点 (3.41 才および 7.53 才) が存在することとなる。そのことが正しく合理的であるのかどうか、ここでは明らかにできない。また、この関係には、極限体長で指摘したと同様に、極限体重がやや小さい方に偏っているというおそれがある。しかし、6 才から 14 才の範囲内では漁獲物の年令と体重との関係によく合致している。5 才以下の若令の部分についても、のちに計算尾叉長 (\widehat{FL}_t) の論議でふれるように、かなりよい近似をしているものと考えられる。

考 察

以上検討を加えてきたことがらから、北東太平洋のアラスカメヌケの年令と魚体の大きさとの関係や成長のパターンについ

Table 6. Age-weight relationship for the Pacific ocean perch based on the BERTALANFFY's formula. (unit g)

Age	Body weight
1	4.4
2	30.8
3	73.9
4	121.4
5	160.9
6	200.5
7	241.2
8	282.3
9	323.0
10	363.0
11	401.7
12	438.9
13	474.2
14	507.8
15	539.2

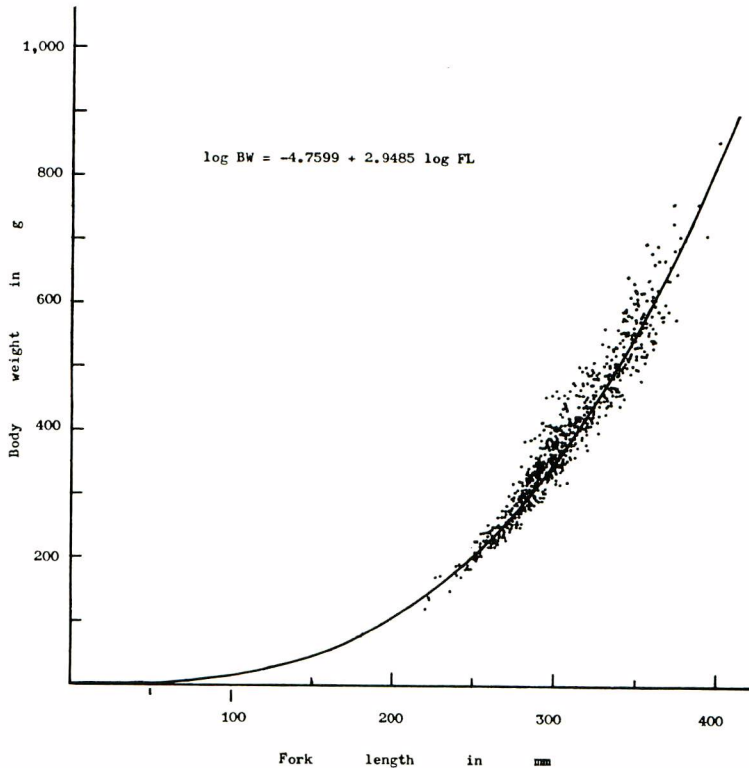


Fig. 10. Length-weight relationship for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967.

で多くの知見を得ることができた。しかし、いくつかの事項は魚類一般の類型からすればやや特異的なものであった。ここではそれらのうちの大きな特徴と問題点について若干の吟味を加えたい。

魚類の年令や成長についての解析を進める場合、年令査定や年令標示形質の計量値についての精度が基本的に重要な事項であることは言をまたない。アラスカメヌケの鱗相によって年令査定や魚体の成長に関する解析を行なうことの妥当性については、既報(千国 1970)³⁾においてたしかめられている。またアラスカメヌケの鱗読の精度については、絶対的な尺度でとらえることはできないにしても、かなりのたしからしさと客観性とももち得ることが著者らによって報告されている(千国・若林 1970)⁴⁾。したがって、この報告で行なった年令査定や測定作業等も高い確実さを持っているものと判断してよい。

1. 雄雌による成長のちがいについて：

アラスカメヌケは他のフサカサゴ科 *Scorpaenidae* の魚類と同じく卵胎性である。卵巣からの放卵および稚子のふ化は、アラスカ湾においては 3~6 月に行なわれるようである。著者は同時期に採集された標本魚を測定した際、産出直前であると思われる卵巣や、産出中あるいは産出後と判断される卵巣を持った雌の個体を多数観察している。*) 一方、年輪形成を終了する時期は、個体変異が大きいため巾広いものであったが、その中心は 4~6 月であった(千国 1970)³⁾。したがって年令査定の結果はほぼ満年令を示すものと考えてよいであろう。

*) LYUBIMOVA (1965)¹⁰⁾ もアラスカ湾では 4~5 月に産出すると報じているが、期間の中がややせまいのではないだろうか。

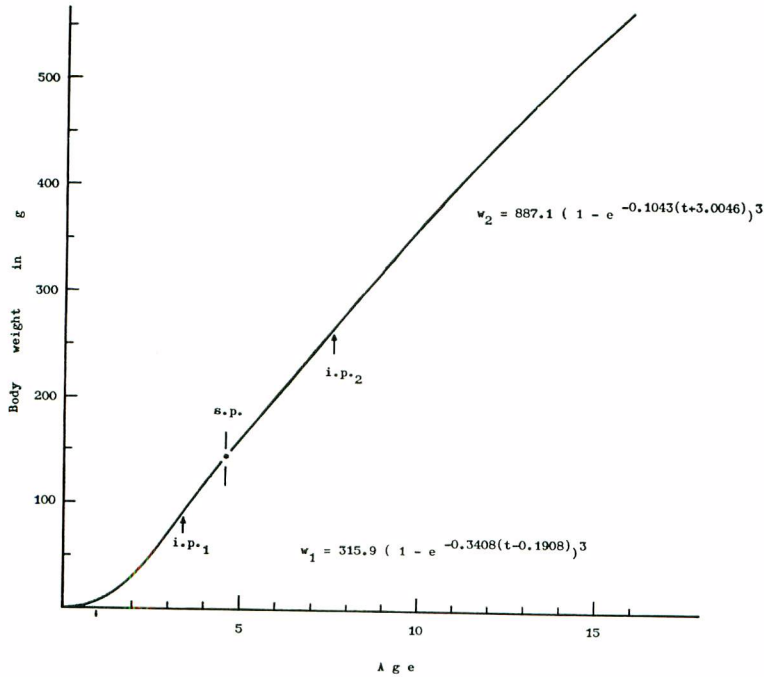


Fig. 11. Age-weight relationship for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in 1967. The relationship is divided into two parts at the shifting point (s.p.) derived from the age-length relationship as shown in Fig. 8.

s.p. : shifting point of growth pattern
i.p. : inflection point of each curve

年輪半径には 14 才の年齢に至るまで雄と雌との差が認められなかった (Table 2, Fig. 2)。 $R-FL$ 関係 (Fig. 5) や年齢別尾又長組成にも雄雌間に有意な差が認められなかったことと合せ考えて、年齢と尾又長の関係 (体長の成長のパターン) にも性による差はないと判断してよいであろう。アラスカメヌケの生殖年齢 (reproductive age) はまだ明らかではないが、著者が産出時期の標本魚を測定した際の記録からすれば、雌は FL 270 mm (7 才) で少なくとも一部の個体が性的成熟に達していると考えられる。LYUBIMOVA (1964)⁹⁾ も 6~7 才で性的成熟に達すると報告している。*) したがって、この報告で取扱った高令部の標本魚は完全に成魚であろう。年輪半径や尾又長に、性的成熟にもなった雄雌間の差が生じていないのはやや特異的なことではないだろうか。LYUBIMOVA (1964)⁹⁾ もアラスカ湾のアラスカメヌケの年齢と体長の相関関係には性による差はないとしている。GRITZENKO (1963)⁶⁾ と PALAKETZOV (1963)¹¹⁾ は、ベーリング海のアラスカメヌケについてそれぞれ検討したなかで、論拠は明らかではないが、両者ともに雄と雌との成長速度は同一であるとしている。これらのことを合せ考えると、年齢と体長との関係や成長のパターンに性による差異がないことは、アラスカメヌケの個体群にひろくそなわった属性と考えてよいのかも知れない。しかし、15 才以上の高令魚については明らかではない。体重については性による変化も起り得るであろう。この点も含めて別に検討する必要がある。

2. LEE 現象について：

アラスカメヌケの年齢形質に LEE 現象が認められたという報告はいまだなされていない。しかし、著者が

*) LYUBIMOVA は別報 (1965)¹⁰⁾ では雌は 5 才で性的成熟に達するとしており、はっきりしない。

この研究で使用した鱗の年輪半径には、明らかにLEE現象と判断される事象が認められた (Table 3, Fig. 3)。LEE現象はLEE (1912)⁷⁾ によって発見されて以来、多くの研究者によって多くの魚種について見出されてきたにもかかわらず、いまだに現象の起る原因や機構について確実に明解な説明はなされていない。残念ながらここで認められた現象についても、取扱った試料の範囲内では充分な解析を行なうことができず、何ら合理的な説明はなし得ない。

LEE現象に関してなされてきた多くの論議のなかで、比較的重視されているのは(1)「年令形質の既成部分が収縮する」という説と(2)「漁具の選択性が働らくこと、またその結果高令魚ほど成長の悪い個体が多くなる」という説の2つの仮説である。ここで取扱ったアラスカメヌケの場合、第1輪(r_1)には右下りの現象が認められないので (Fig. 3)、鱗の縮少という考え方には無理が生ずる。これに反して、漁獲選択性に起因するとする仮説に対してはさほどの不合理性を生じない。すなわち、この報告で取扱った標本はすべてトロールによる漁獲物であるから、若令・小型の標本には網目による選択効果が働いた結果、同一年令の中でもより成長のよい大型の個体が多く採集されているかも知れない。また、アラスカ湾におけるアラスカメヌケは、ソ連の漁業によってすでに1962年から資源開発が進められ (LYUBIMOVA 1964)⁹⁾、1963~1966年の間に大規模な間引が行なわれた (CHITWOOD 1969)⁹⁾。ここでLEE現象を見出した標本は1967年に採集されたものであるから、ROBERTSON (1936)¹⁰⁾ が示唆したように、成長のよい高令魚の存在量がすでに減少していたということも決して不合理なことではない。さきに見たとおり、アラスカメヌケは若令期の成長量が大きいから、高令期における魚体の大・小は若令期の成長の良・否にかかるところが大きいであろう。したがって、上記のような効果はよく働らき得るのではないだろうか。しかし、この仮説の立場をとってみても、説明は推測の域を脱し得ない。

アラスカメヌケのLEE現象を解明するには別途に手段を講じてそのための吟味を加えなければならない。LEE現象が単純な原因によるものでなく、漁獲の関与する機構によって生じているものとすれば、年年各種の間引の行なわれている条件下でその原因・機構を明らかにすることは非常に困難であろう。しかし、それを解明しない限り、アラスカメヌケの個体群を代表する (あるいは平均的な) 「成長」をは握することはできない。したがって式(8)および(9)によって表わされた関係 (Fig. 7) は、漁獲物の年令と尾又長との関係をBERTALANFFYの方程式によって近似的に示したものにすぎず、「成長方程式」としてアラスカメヌケの成長法測そのものを記述したものとすることはできない。しかし、成長のパターン (もしくはタイプ) とその特徴については読みとることはできよう。

3. 成長のパターンが若令期と高令期とで異なることについて：

4.6才 (FL 226.3 mm) を境にして年令と尾又長との関係が変化していたこと (Figs. 6, 7) は、アラスカメヌケがその成長の様式をこの頃に変化させていることを示している。この変化は、鱗の推定年輪半径 (R_i) からの検討によって認められるばかりでなく、漁獲物の年令別体長組成や年令別の平均尾又長 (\overline{FL}_i) からも容易に認めることができる。6~14才の \overline{FL}_i によって定差図を描いてみると Fig. 6 に示した高令期の直線に近似した直線が得られる。その直線上で6才から若令期の方へ点の内そうを行なうと、-3才まで存在しなければならないことになって不合理を生じる。一方、Fig. 7 の曲線を6~14才の \overline{FL}_i によって描きそれを原点に向かって内そうすると、1~5才の尾又長は計算尾又長 (\widehat{FL}_i) に近似したものとなる。

また、鱗の年輪半径の定差図を年令 (年級) 別に検討してみると、どの年級の定差図もほぼ4~5才のところに折点を有する折線がよく適合する。*) したがって若令期と高令期とで成長の様式を変化させることは、LEE現象の存在やその原因の如何にかかわらず、アラスカメヌケの成長型のひとつの大きな特徴であろう。

このような成長型の転換は、どのようにして、またなぜ起るのであろうか。まず変化の様子について吟味しよう。

*) 高令魚では、みかけ上1本の直線に適合し得るようであるが、1本の回帰直線によって極限鱗半径を求め極限尾又長を推定してみると、過小な値となって不合理が生ずる。

さきにもたとおり、アラスカメヌケの成長の個体変異はかなり大きいから、成長型を転換する時点も個体変異は大きく、個体群としてはかなり巾広い期間となっているのではないだろうか。著者は既報(千国 1970)⁹⁾で鱗の測定軸上に認められる成長線(ridge)を輪紋順に累積数としてかぞえ、輪紋順(年令順)にそれを描いてみるとかなり鋭い折線を呈することを報告した。既報で用いた2尾の標本では、折点の位置はほぼ3.3輪(才)と4.3輪(才)のところにあった。のちに述べる既報の輪紋半径の定差図の修正も、これらの点を境として2本の直線を適合すると、もっともよく合致するようである。したがって成長線累積数の増加傾向にみられる変化と、この報告で得られた成長型の変換とは同質のものであろう。この報告で得られた変換点は4.6才であったから、上記の推論と合せ考え、変換点の生じ得る年令範囲はかなり広く、少なくとも3~5才にわたると判断される。また、成長線累積数の変化の様子から考えれば、1個体の変換はかなり急激に、少なくとも1年以内の期間に行なわれるのであろう。

成長型の変換が、個体群としてはある巾をもって行なわれるとすれば、本報で変換点を推定した定差図(Figs. 4, 6)は変換点の前後付近では単なる2直線の交点としてではなく、もっと複雑な形状を示すのが本当のように思われる。さきに、推定尾叉長(FL_i')の定差図(Fig. 6)によって求めた極限尾叉長が小さい方に偏っているおそれがあることを指摘した。上記のような変換の実態を正しくは握して定差図を修正すれば、高令期の直線の回帰係数は若干大きくなって極限体長も大きくなるであろう。^{*})この点はより高令の標本魚を用いてたしかめることが有効であろう。

このような成長型の変換は何によって起るのであろうか。性的な成熟はさきにも述べたようにもっと高令であるから、それとは関係がない。フサカサゴ科に属するアラスカメヌケが3~5才の時点に変態を起すようなことも考えられない。したがって形態的な変化などとは無関係に、成長様式の変化が主体的に生じているのであろう。

アラスカメヌケはそのふ化直後からトロールによって漁獲される FL 200 mm 前後(4~5才)までの生態についてはほとんど判明していない。当才から3才までの標本魚はまだ得られていない。

稚子時代には表層もしくはその近くに分布しているようである。LISOVENKO (1964)⁸⁾は1963年にアラスカ湾において稚魚ネットによる調査を行なった結果、その報告のなかで、アラスカメヌケの稚魚が表層に分布していると判断されるような記述をしている。^{**)}

ALVERSON と WESTRHEIM (1961)⁴⁾は、アメリカ合衆国ワシントン州およびオレゴン州の沖合数百マイルで漁獲されたビンナガの胃内から、20~50 mm のアラスカメヌケの幼魚が多数発見されたという記録や、アラスカメヌケの幼魚が表層でニシンのように群泳しているのを見たという記録などから、アラスカメヌケは幼魚期には表層に生活しているのであろうと推測している。また、トロール漁場で採集した魚体の大きさから、アラスカメヌケは2~3才^{***)}に底生生活に移行するのであろうとも推測している。この推測にはまだ確実な裏付けがなされていないが、北東太平洋のアラスカメヌケについても充分にあり得ることのように思われる。アラスカメヌケの幼魚が大陸だなの縁辺部や陸だな斜面にいないことはほぼ確実である。したがってその生活の場としては、より沿岸の海底もしくは海底以外の上層部が考えられるが、北米大陸の沿岸漁業者達によって幼魚が採捕されたという記録が皆無であること、沿岸の海底から沖合の海底へという比較的単純な生活の場の変化だけでは成長様式に大きな変化が起りにくいのではないかと思われること、などから海底以外の上層部で生活していると考えるのが妥当のようである。海の中層もしくは表層の生活から海底依存の生活に移ることは、水温、水圧、光、水の動き、海底の形状と質、餌、など環境条件が大きく変化することを意味する。それにとまって行動様式や生理的な対応にも当然変化が生じ得よう。このようなことから成長の様式に変化が起るの

^{*}) そのことは第一義的には年令形質(鱗)の上でたしかめられなければならない。

^{**)} 彼の報告は水平的な分布とその季節性について重点がおかれているようで、稚魚の垂直的な分布についてはあまり明りようではない。

^{***)} 彼等自身もその報告のなかで認めているように、年令査定に誤りがあって、3~4才のことを意味している。それにしてもこの推測はやや若令すぎるようである。

ではないだろうか。

LYUBIMOVA (1964)⁹⁾も ALVERSON と WESTRHEIM (1961)¹⁾の推論を支持している。ただ、彼はアラスカメヌケの幼魚が表層生活から底層生活へ移行するのが間違いなく第3年目であるとし、その理由として第2年目と第3年目の間に成長の飛躍があることをあげているが、この解析には疑問がある。彼のいう成長の飛躍は、第3年目の年間成長量 (Annual increment) が第2年目のそれより若干 (5 mm) 大きいということをしてしているが、Annual increment のその程度の変化に大きな意味をもたせることは危険であろう。本報で著者の得た年級別の年輪半径をみると、そのような飛躍 (逆転) は LEE 現象の結果として14才以上の高令魚に認められるだけである。

いずれにしても、アラスカメヌケの幼魚は海底に依存しない生活をしているらしいこと、ある時期に底層生活に移行すること、このような生活形 (life form) の変化に対応して魚体の成長様式が変化していること、などについては多くの科学者達の推論は一致したようである。しかし、生活形が変化する時期については前述したとおり一致していない。

4. 既報の成果との関係について：

著者は既報 (千国 1970)³⁾ のなかで、鱗の輪紋半径 (年輪半径) の定差図が1本の直線によく適合することを報告した。このことについて、本報で得られた知見をもとにして再検討を行なったところ、1本の直線で適合させることは輪紋半径の特徴を正しく表現するという点では誤りで、本報で得られたように2本の折線を適合させることがより合理的であることが判明した。しかし、既報で用いた標本は7才および10才の若令魚であったから、6~9個の点に対しては1本の直線をあてはめても近似的にはよく適合し得る。したがってその範囲内で鱗相の特徴を論じることは、当を得たものとしてよいであろう。また、既報で適合させた1本の直線を2本の折線におきかえることは、輪紋半径の出現に周期性を予測させることや、鱗相が鱗の着生部位に関係なく相似的に形成されているなどという既報の論旨や、得られた結論には何らの障害もおおよぼさない。しかし、ここで既報 (千国 1970)³⁾ の内容の一部を上記のように訂正しておきたい。なお、このような修正は、さきに報告したベーリング海におけるアラスカメヌケの鱗相 (千国 1968)²⁾ についても同様に行なわれるべきであろう。

本報で検討してきた多くのことがらについて、アラスカメヌケはかなり大きな個体変異をもっているように判断された。この報告で取扱った標本はサンプリング水域をかなり均一な領域に制限したから、地理的変異による影響は少ないはずである。アラスカメヌケは魚群探知機の映像によって群の存在をたしかめてから漁獲されるから、強い群泳性をもった魚類であると判断される。群性の強い魚類で上記のように個体変異が多きいことには特に注目しておく必要がある。

この研究の結果、LEE 現象、若令期の生活型と成長など今後解析を進めなければならない重要な問題点が明らかとなったが、それらとともに成長の個体変異の問題に関連して、群の構造、群間の混合などについても今後検討を加える必要がある。

要 約

1966年と1967年に Kodiak 島周辺水域で採集された標本を用いて、北東太平洋におけるアラスカメヌケ *Sebastes alutus* の年令と魚体の大きさとの関係について検討した。

1) 1966年に採集された標本は鱗によって年令が査定され、年令と尾叉長組成との関係を検討した。

1967年に採集された標本の指定部位 (胸びれ先端下部) から採鱗された鱗によって年輪半径や鱗半径を測定し、年令形質の年令標示の性質について観察するとともに、それらと魚体の大きさとの関係について検討し、年令と魚体の大きさについて解析を行なった。また同年の標本により、尾叉長と体重との関係ならびに年令と体重との関係を検討した。

2) 14才までの年令範囲では、鱗の年輪半径に雄雌間の差はない。年令と尾叉長との関係にも性による差異はないと判断され、性的成熟にともなった成長型の変化が生じないことが、アラスカメヌケの特異的な特徴であると判断された。

3) 鱗の年輪半径に LEE 現象が認められた。その原因や機構については充分な解析を行なうことができなかったが、漁獲選択性に起因するという仮説が合理性をもっているように思われた。

LEE 現象の認められた年輪半径には直線回帰をあてはめて近似的な補正を行ない、年令別の鱗半径を推定した。

4) 鱗半径と尾叉長との間には直線的な相関関係が認められた。その関係には雄雌間の差異は認められず、雄雌混合で下記の式を得た。

$$FL = 32.8 + 0.542R \quad (FL : \text{mm}, R : 1/100 \text{ mm})$$

5) 年令別の鱗半径および $R-FL$ 関係から求めた推定尾叉長の定差図は、いずれも折線となった2本の直線で表わされ、年令と鱗半径および年令と尾叉長との関係はほぼ4.6才を境にして変化していることを示した。これは、3~5才の頃に成長様式が変化していることを表わしていると判断された。その原因は、海底に依存しない生活から底生生活に移行し、生活形を変化させることにあるのではないかと推測された。

6) 年令と尾叉長との関係を BERTALANFFY の方程式によって表わすと次のようになる。

$$4.6 \text{ 才以下} \quad l_1 = 289.8(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)})$$

$$4.6 \text{ 才以上} \quad l_2 = 411.3(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)})$$

$$(l : \text{mm}, 4.6 \text{ 才} : 226 \text{ mm})$$

若令期には尾叉長の年々の増大量が大きく、またその年々の変化(減少)率も大きい。高令期には両者ともに小さい。特に、11才以上になると年間増大量は10mm程度にしか達しない。アラスカメヌケは長い寿命をもち、かつ比較的小型の魚類であることが明らかとなった。

7) 同一年令の尾叉長組成の分散はかなり大きく、成長の個体変異は大きいと判断された。そして、それは若令期における成長の良否に大きく左右されていると考えられた。

8) $R-FL$ 関係から推定した年令別推定尾叉長、年令別尾叉長組成から求めた年令別平均尾叉長、BERTALANFFY の方程式によって求めた年令別計算尾叉長、の3者はよく一致した。したがって、上記の方程式によって、年令と尾叉長との関係ならびに成長のパターンについての特徴は近似的によく表わし得ると判断された。

9) 上記の結果ならびに $FL-BW$ 関係から、年令と体重との関係を次のように推定した。

$$4.6 \text{ 才以下} \quad w_1 = 315.9(1 - e^{-0.3408(t-0.1908)})^3$$

$$4.6 \text{ 才以上} \quad w_2 = 887.1(1 - e^{-0.1043(t+3.0046)})^3$$

$$(w : \text{g})$$

文 献

- 1) ALVERSON, D. L. and WESTRHEIM, S. J. 1961 : A review of the taxonomy and biology of the Pacific ocean perch and its fishery, *Rapp. et Proc.-Verb. Cons. Int. Expl. Mer.*, **150**, 12-27.
- 2) 千国史郎 1968 : ペーリング海におけるアラスカメヌケの鱗相-I. 鱗相の概要と採鱗部位による変異, 日水誌, **34** (8), 681-686.
- 3) 千国史郎 1970 : 北東太平洋におけるアラスカメヌケの鱗相-I. 鱗相の概要と採鱗部位による変異, 成長休止帯の形成時期と周期, 遠水研報, (3), 187-204.
- 4) 千国史郎・若林清 1970 : ペーリング海におけるアラスカメヌケの鱗相-III. 鱗読による年令査定客観性とたしからしきについて, 遠水研報, (3), 205-214.
- 5) CHITWOOD, P. E. 1969 : Japanese, Soviet, and South Korean fisheries off Alaska, Development and history through 1966, *U. S. Fish Wildlife Serv. Circular*, (310), 34p.

- 6) GRITZENKO, O. F. 1963: ベーリング海の太平洋産メヌケの年令と成長速度 (木元謙二訳), ソ連北洋漁業関係文献集, (59), 14-19.
- 7) LEE, R. M. 1912: An investigation into the methods of growth determination in fishes, *Pub. de Circ., Copenhagen*, (63), 35. (久保伊津男・吉原友吉 1957: 水産資源学, 345 p., 共立出版, 東京. による)
- 8) LISOVENKO, L. A. 1964: アラスカ湾における太平洋産メヌケ *Sebastes alutus* の子魚の分布 (古瀬良訳), ソ連北洋漁業関係文献集, (67), 32-45.
- 9) LYUBIMOVA, T. G. 1964: アラスカ湾のメヌケ *Sebastes alutus* 魚群の生物学的特徴 (古瀬良訳), ソ連北洋漁業関係文献集, (67), 18-31.
- 10) LYUBIMOVA, T. G. 1965: アラスカ湾産メヌケ *S. alutus* の生活史の主要な段階 (小山讓訳), ソ連北洋漁業関係文献集, (73), 1-38.
- 11) PALAKETZOV, I. A. 1963: ベーリング海のメヌケ *Sebastes alutus* の生態について (古瀬良訳), ソ連北洋漁業関係文献集, (59), 1-13.
- 12) ROBERTSON, J. A. 1936: The occurrence of Lee's phenomenon in the sprat, and the size-relation between fish and scale, *Jour. Cons. Int. Expl. Mer*, 11 (2), 219-228.

Appendix I.

Length frequency distribution by age for the Pacific ocean perch, both sexes combined, collected from the Kodiak area in the northeastern Pacific in 1966.

Fork length (mm)	Age															Total
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
~ 200	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
210	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
220	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
230	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
240	—	1	2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7
250	—	—	1	5	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
260	—	—	6	9	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
270	—	—	5	7	14	7	11	—	—	—	—	—	—	—	—	44
280	—	—	3	10	33	42	29	2	2	—	—	—	—	—	—	121
290	—	—	1	14	24	48	52	24	8	—	—	—	—	—	—	171
300	—	—	—	5	34	72	105	58	44	8	2	—	—	—	—	328
310	—	—	—	3	14	43	87	80	58	9	2	—	—	—	—	296
320	—	—	—	1	—	21	63	81	47	15	1	—	—	—	—	229
330	—	—	—	—	2	7	22	40	45	14	1	—	1	—	—	132
340	—	—	—	—	—	5	13	21	24	14	4	—	—	—	—	81
350	—	—	—	—	—	1	6	17	19	17	5	5	1	—	—	71
360	—	—	—	—	—	4	4	4	7	11	5	—	1	—	—	36
370	—	—	—	—	—	—	2	3	6	5	3	1	2	2	—	24
380	—	—	—	—	—	—	—	1	1	5	4	5	3	1	1	22
390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3	1	—	7
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	5
410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	2	—	4
420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
430	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
Total	5	6	20	59	127	253	395	331	267	99	34	12	10	3	2	1,623
Average fork length	203.0	218.3	256.0	270.9	284.1	294.6	301.7	311.8	317.8	333.2	353.8	364.2	375.0	368.3	380.0	—

Appendix II.

Length frequency distribution by age for the Pacific ocean perch, both sexes combined collected from the Kodiak area in the northeastern Pacific in 1967.

Fork length (mm)	Age															Total
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
~ 230	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
240	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
250	—	3	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
260	—	4	5	9	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23
270	—	1	3	8	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19
280	1	—	2	10	11	6	6	1	—	—	—	—	—	—	—	37
290	—	—	—	11	15	16	10	1	—	—	—	—	—	—	—	53
300	—	—	—	4	8	22	17	10	3	—	—	—	—	—	—	64
310	—	—	—	1	5	13	19	12	7	2	—	—	—	—	—	59
320	—	—	—	—	2	8	15	7	7	1	—	—	—	—	—	40
330	—	—	—	—	1	—	7	10	2	1	—	—	—	—	—	21
340	—	—	—	1	2	4	6	3	6	2	1	—	—	—	—	25
350	—	—	—	—	—	3	5	12	8	4	3	—	—	—	—	35
360	—	—	—	—	—	1	4	4	4	2	—	1	1	—	—	17
370	—	—	—	—	—	—	1	1	3	6	2	—	—	—	—	13
380	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	2	—	—	—	—	6
390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
Total	2	12	13	47	51	78	90	62	40	22	8	1	1	—	1	428
Average fork length	250.0	245.0	257.3	273.5	287.0	297.7	309.2	321.5	329.0	351.4	356.3	355.0	355.0	—	385.0	—