

熊野灘におけるイサキの成長

鈴木 清・木村 清志

Growth of *Parapristipoma trilineatum* in Kumano-nada, Central Japan

Kiyoshi Suzuki and Seishi Kimura

(Received August 24, 1979)

The present report deals with age and growth estimations based on ring marks on scales for *Parapristipoma trilineatum* (Pomadasyidae). Materials used in this study consist of 1170 individuals ranging from 49 to 355.7 mm in fork length. They were taken by set net, hook and line and gill net from coastal areas of Kumano-nada during the period from March, 1978 to April, 1979. A number of scales were taken from a row beneath the lateral line of the left side of the fish just posterior to the tip of the pectoral fin, and a scale of regular shape among them was selected and used for measurement.

The results obtained are summarized as follows:

1) The relationships between the fork length (L in mm) and total length (TL in mm), standard length (SL in mm) and body weight (W in g) were shown by the following equations:

$$\log TL = 1.01 \log L + 0.019$$

$$\log SL = 1.02 \log L - 0.106$$

$$\log W = 3.25 \log L - 5.388$$

2) Ring marks on scales were formed twice in a year, both in summer and in winter. Of these two ring marks, the ring mark formed in the period from January to February was used for the estimation of age and growth of the fish. The other ring was considered to be the spawning mark, because the ring mark was inconspicuous in immature specimens and the time of ring formation in mature specimens corresponded to the spawning season from June to July.

3) An anti-Lee phenomenon was observed in the mean value of each ring radius. phenomenon may be attributable to the growth of old tissue of scale.

4) The relationship between the fork length and scale radius (R in mm) was shown by the equation $\log L = 0.881 \log R + 1.842$. The fork lengths at the time of ring formation were calculated using the above equation.

5) The results obtained from the Walford's growth transformation method indicated that the plots of l_{n+1} against l_n fall on a straight line, given by the equation $l_{n+1} = 0.779 l_n + 78.3$.

6) Since the time difference between spawning and ring formation on scales was about 0.5 year, the Bertalanffy's growth equation for full age (t) in fork length (L_t) and weight (W_t) was given as follows:

$$L_t = 355(1 - e^{-0.249(t+0.731)})$$

$$W_t = 794(1 - e^{-0.249(t+0.731)})^{3.25}$$

7) There was no sex-associated difference in growth.

(KS: Faculty of Fisheries, Mie University, Edobashi, Tsu 514, Japan; SK: Fisheries Research Laboratory, Mie University, Wagu, Shima-cho, Shima-gun, Mie-ken 517-07, Japan)

イサキ *Parapristipoma trilineatum* (Thunberg) は本州中部以南、支那海に分布する魚類で、三重県の熊野灘沿岸では魚価もかなり高く、一本釣や定置網などの対象魚種として非常に重要である。また近年同水域における栽培漁業の対象魚として適種の一つにあげられ、その資源増殖が望まれている。

本種についての生態学的あるいは資源生物学的研究は比較的少なく、著者らの知る限りでは、卵、稚魚、孵化発生、種苗生産に関しては神谷 (1922)、内田 (1929)、安田 (1962)、安田ほか (1962)、阿南 (1966)、原田ほか (1974) などの報告があり、また成長については鈴木 (1954)、増沢 (1967)、佐藤 (1971)、産卵期については増沢・松浦 (1968) の報告があるだけである。

著者らは熊野灘における本種の資源生物学的特性を明らかにする目的で研究を行い、その第一段階として、尾叉体長一全長・標準体長・体重関係、ならびに成長に関して知見を得たので報告する。

材料と方法

この研究に用いた材料は1978年3月から1979年4月までの期間に熊野灘沿岸で定置網、一本釣、刺網で漁獲されたものである (Fig. 1, Table 1)。

採集した材料は現場で15%ホルマリン水溶液で固定し、研究室内で全長、尾叉体長 (以下体長の表示は特に断りのない限り尾叉体長をさす)、標準体長、体重、生殖腺重量を測定した。

年齢査定用の鱗としては、増沢 (1967) に従い、左側胸鱗先端部側線直下の数枚を用いた。採取した鱗は10%水酸化カリウム水溶液で汚れを落とし、水洗後、2枚のスライドガラスにはさんで保存した。鱗は万能投影機により、透過光線で20倍に拡大し、記録法 (久保・吉原, 1969) によって2回以上観察ならびに測定された。輪紋の計測は鱗の焦点と被覆部上縁角とを結んだ直線を軸とし、焦点から軸と休止帯外縁との交点までの距離を輪径

Table 1. Collecting data of specimens.

Sample number	Date of catch	Locality	Gear used	Number of specimens	Fork length in mm	
					Range	(Mean)
1	Mar. 12, 1978	Shima	Set net	152	77.5~281.5	(138.5)
2	Apr. 26	Mihama	Set net	20	222.5~325.2	(245.2)
3	May 12	Mihama	Set net	132	152.6~343.5	(210.5)
4	June 29	Kumano	Hook and line	63	187.1~300.5	(239.7)
5	June 30	Mihama	Set net	29	189.6~269.8	(219.6)
6	July 14	Shima	Set net	2	112.0~143.8	(127.9)
7	July 25	Kumano	Hook and line	59	222.0~355.7	(267.2)
8	Sep. 19	Shima	Hook and line	33	235.7~341.0	(279.4)
9	Sep. 20	Shima	Hook and line	6	279.0~299.7	(294.8)
10	Sep. 20	Shima	Set net	20	123.1~162.4	(139.3)
11	Sep. 29	Owase	Set net	60	49.0~81.0	(65.2)
12	Oct. 8	Shima	Set net	1	50.6	
13	Oct. 19	Shima	Set net	47	144.2~200.0	(158.6)
14	Oct. 24	Mihama	Set net	97	180.6~280.9	(217.6)
15	Oct. 27	Owase	Set net	15	57.1~91.9	(69.4)
16	Nov. 8	Mihama	Set net	49	146.5~272.0	(182.8)
17	Nov. 9	Mihama	Set net	38	169.8~289.5	(237.2)
18	Nov. 20	Shima	Set net	8	243.2~284.9	(264.3)
19	Dec. 7	Shima	Set net	1	267.2	
20	Dec. 20	Shima	Gill net	1	342.5	
21	Dec. 27	Shima	Set net	16	232.0~322.4	(276.5)
22	Jan. 7, 1979	Shima	Gill net	1	250.0	
23	Jan. 12	Shima	Gill net	1	294.0	
24	Jan. 19	Shima	Set net	182	88.0~192.5	(157.4)
25	Feb. 27	Shima	Set net	94	95.1~207.4	(145.4)
26	Feb. 28	Shima	Set net	40	184.5~267.0	(232.8)
27	Apr. 7	Shima	Hook and line	3	291.5~309.5	(300.5)
Total				1170	49.0~355.7	(185.3)

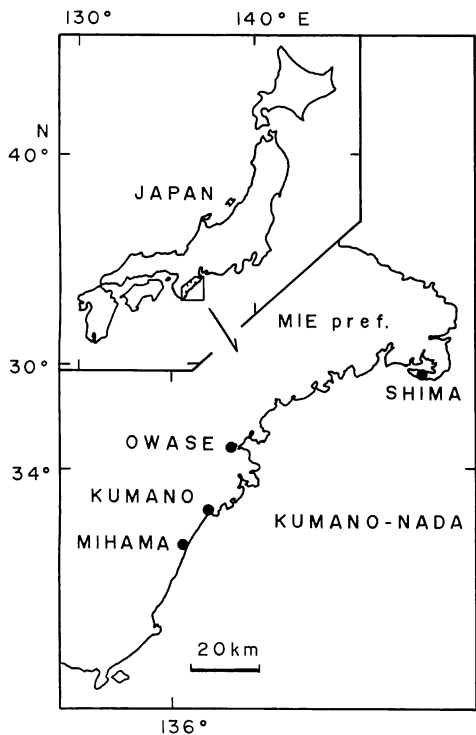


Fig. 1. A map showing collecting localities.

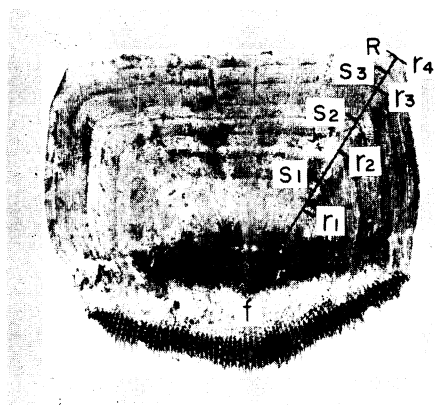


Fig. 2. A scale of *P. trilineatum* (253.0 mm in fork length) caught on February 28th, 1979. The 4th ring mark was just formed. f , focus; R , scale radius; $r_1 \sim r_4$, each ring radius; $s_1 \sim s_3$, each summer ring (spawning mark).

とした (Fig. 2)。なお、換鱗は全個体について行ったが、このうち輪紋読取り可能であったのは 1038 個体であった。種々の推測統計学的な取り扱いについては伊藤 (1951) および Snedecor (1962) に従った。

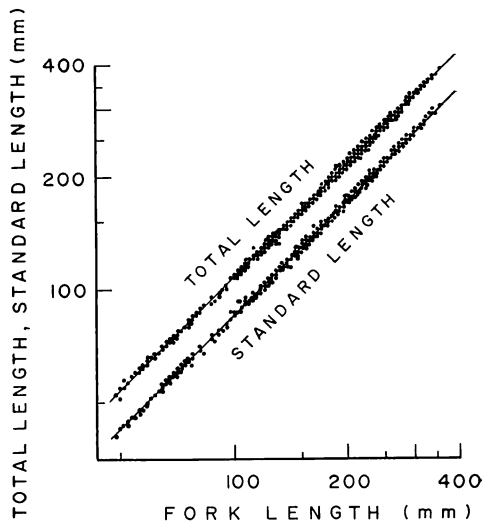


Fig. 3. Relative growth in total length and standard length to fork length.

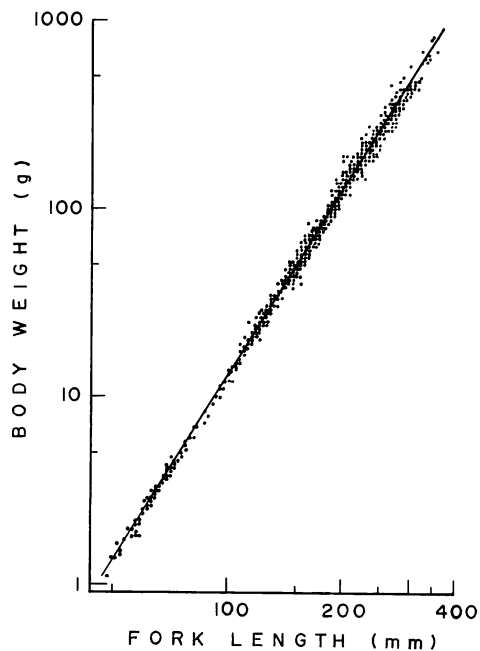


Fig. 4. Relationship between fork length and body weight.

結 果

体長—全長・標準体長・体重関係 本種に関する既往の報告において、体長の表示は各研究者によってそれぞれ異っている場合がある。そこでこれらの研究結果を相互に比較するのに必要である各表示体長間の関係を求め

ると次のようになる。また、体長と体重の関係も相対成長直線で表わした。

- 体長 (L , mm) — 全長 (TL , mm) 関係 (Fig. 3)
 $\log TL = 1.01 \log L + 0.019 \quad (r = 0.999, N = 943) \quad (1)$
- 体長 — 標準体長 (SL , mm) 関係 (Fig. 3)
 $\log SL = 1.02 \log L - 0.106 \quad (r = 0.999, N = 1162) \quad (2)$
- 体長 — 体重 (W , g) 関係 (Fig. 4)
 $\log W = 3.25 \log L - 5.388 \quad (r = 0.997, N = 1162) \quad (3)$

これらの関係はいずれも 5% の危険率で雌雄間に有意差は認められず、各々単一の相対成長直線で表わされる。

鱗の性状と輪紋形成時期 鱗の性状は増沢 (1967) が述べているのと同様で、その成長線はある間隔ごとに密集し、その部分では成長線の断ち切りや乱れがみられ、休止帯と断定できる輪紋が形成されている (Fig. 2)。

輪紋数別の平均体長の季節的变化 (Fig. 5) から、6 月～1 月は偶数個の輪紋を、1 月～7 月は奇数個の輪紋を有していることが明らかである。すなわち輪紋は増沢が述べているとおり、年 2 回 1 月～2 月と 6 月～7 月に周期的に形成されている。また第 1 輪は明らかに孵化後最初の冬に形成される。後で述べるように、この海域での本種の産卵期が 6 月～7 月であることから、この時期に形成される輪紋 (夏輪) は産卵記号と考えられ、この輪紋の数は直接その個体の満年齢を表わすことになる。しかし、夏輪は特に第 1、第 2 輪が不明瞭な場合もあり、また複輪も多い。このため、輪紋の存在は認められるが、輪径の測定が非常に不明確になる場合が多い。これに対し、1 月～2 月に形成される輪紋 (冬輪) は夏輪に比べて明瞭で複輪も少ない。このようなことから、本研究では冬輪を用いて成長解析を行うことにした。以下輪紋とは冬輪のみをさすことにする。

なお、輪紋は多いもので 8 輪まで数えることができたが、このような個体は数も少なく、また各輪紋間隔がせばまり、輪の判読が不確実になる恐れもあるので、成長解析は 6 輪までとし、それ以上は除外して行った。

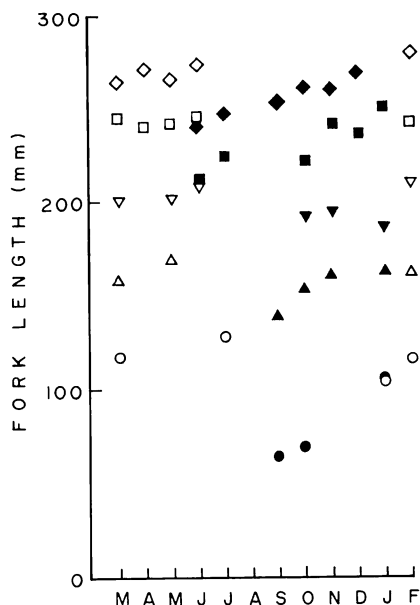


Fig. 5. Monthly change of mean fork length in each age group. ●, 0-ring; ○, 1-ring; ▲, 2-ring; △, 3-ring; ▼, 4-ring; ▽, 5-ring; ■, 6-ring; □, 7-ring; ◆, 8-ring; ◇, 9-ring.

輪径と反 Lee 現象の補正 各輪径の平均値には 5% の危険率で雌雄差が認められなかったため、雌雄をひとまとめにして平均輪径を求め、輪紋数別に表示すると Table 2 のようになる。Table 2 から明らかのように、各輪径は高齢魚におけるほど大きく出てくるという、いわゆる反 Lee 現象が認められる。

この反 Lee 現象によるひずみを補正するために、著者らは三谷・井田 (1964) がマアジの Lee 現象の補正で行った方法を参考にして次のような方法を試みた。

まず反 Lee 現象は鱗の既成部分の成長によるものと考え、その年成長率が一定であると仮定すると m 輪魚の第 n 輪径 ($r_{m,n}$) は

$$r_{m,n} = r_n * k^{(m-n)} \quad (4)$$

Table 2. Mean values of ring radii in each ring group.

Number of rings	Number of specimens	Ring radius in mm					
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
1	303	1.47					
2	198	1.46	2.51				
3	228	1.48	2.47	3.27			
4	149	1.57	2.51	3.28	3.86		
5	58	1.70	2.65	3.45	4.06	4.48	
6	19	1.75	2.74	3.56	4.15	4.57	4.86

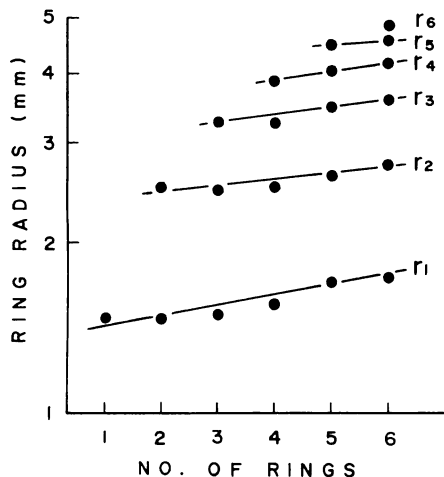


Fig. 6. Semi-logarithmic diagram showing anti-Lee's phenomenon observed in ring radii on scales in each ring group. The ring radius at the time of its formation is shown diagrammatically at an intersecting point of regression line with the 1~6-axis of ordinates.

k , 鱗既成部分の年成長率;

r_n^* , 第 n 輪形成時の輪径

で表わされる。これを变形すると

$$\log r_{m,n} = m \cdot \log k + (\log r_n^* - n \cdot \log k) \quad (4')$$

となり、同一の輪径についてみると輪径と輪紋数とは片対数グラフ上で直線回帰する。従って反 Lee 現象の影響を受けていない輪紋形成時の輪径(標準輪径)はこれらの回帰直線とそれに対応する輪紋数を表わす縦軸に平行な直線の交点の値として求めることができる。

次に実測値を用いてこの計算を行い標準輪径を算出する。Table 2 に示した平均輪径を片対数グラフにプロットすると、各輪径はそれぞれほぼ直線的に配列する(Fig. 6)。 $r_1 \sim r_4$ について最小二乗法によって回帰直線を求めると、各々の直線式は次のようになる。

$$\log r_1 = 0.0172m + 0.135 \quad (5)$$

$$\log r_2 = 0.0107m + 0.368 \quad (6)$$

$$\log r_3 = 0.0133m + 0.470 \quad (7)$$

$$\log r_4 = 0.0157m + 0.526 \quad (8)$$

これらの回帰式から求めた各標準輪径は $r_1^* = 1.42$ mm, $r_2^* = 2.45$ mm, $r_3^* = 3.24$ mm, $r_4^* = 3.88$ となる。また r_5^* , r_6^* については実測値 4.48 mm, 4.86 mm を用いることにする。

鱗径-体長関係と輪紋形成時の計算体長 鱗径と体長との関係は

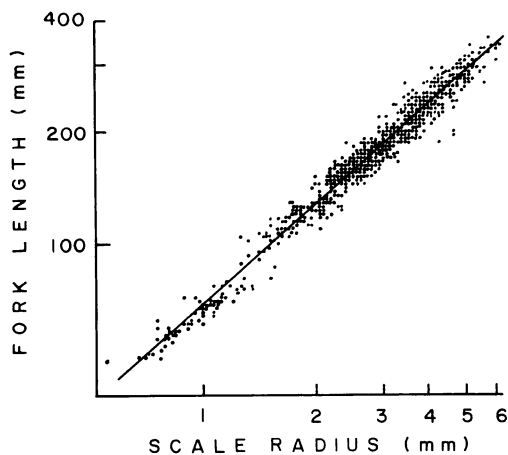


Fig. 7. Relationship between fork length and scale radius.

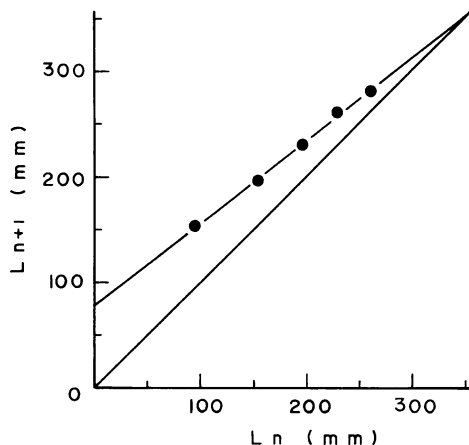


Fig. 8. Walford's growth transformation of calculated fork length.

$$\log L = 0.881 \log R + 1.842$$

$$(r = 0.977, N = 1038) \quad (9)$$

で表わされる (Fig. 7)。この関係においても 5% の危険率で雌雄の差は有意でなく、前述のように平均輪径にも雌雄の差が認められないことから雌雄の成長には差がないものと考えた。

先に求めた標準輪径を上記の関係式に代入して各輪紋形成時の計算体長 l_n ($n = 1, 2, \dots, 6$) を求めるとそれぞれ $l_1 = 94.7$ mm, $l_2 = 153.2$ mm, $l_3 = 195.8$ mm, $l_4 = 229.6$ mm, $l_5 = 260.7$ mm, $l_6 = 280.1$ mm となる。

輪紋形成時の成長方程式 各輪紋形成時の計算体長を用いて Walford の定差図を描くと Fig. 8 のようになり、各点はよく同一直線上に乗り、第 1 ~ 第 6 輪形成時

までの成長は von Bertalanffy の成長式に適合するようである。

この関係式は

$$l_{n+1} = 0.779l_n + 78.3 \quad (r=0.999) \quad (10)$$

となり、さらに von Bertalanffy の成長式は

$$L_n = 355(1 - e^{-0.249/n+0.231}) \quad (11)$$

L_n , 第 n 輪形成時の推定体長 (mm)

n , 輪紋数

となり、各輪紋形成時の体長は (11) 式で表わされる。

満年齢時の推定体長と推定体重 前述のように本種は輪紋形成期と産卵期との間に時間的ずれがあるため、この時間差を用いて (11) 式を修正し、満年齢時の体長を表わす成長式を求めた。

まず産卵期を推定するために、3~4 輪魚について生殖腺指数 ($(GW/L^3) \times 10^7$; GW , 生殖腺重量, g) の季節的变化をみると、雌雄とも 6 月に極大値が認められる (Fig. 9)。このことから、熊野灘における本種の産卵期は 6~7 月と推定され、輪紋形成期との時間差は 4~6 ヶ月となる。すなわち、輪紋形成後 4~6 ヶ月後にその輪紋数に等しい満年齢に達することになる。また冬期に 1~2 ヶ月の成長休止期があるとすると、輪紋形成後満年齢に達するまでにはほぼ 0.5 年分の成長を行うと考えることができる。これらのことから輪紋数と満年齢 (t) との関係

$$n = t + 0.5 \quad (12)$$

とし、これを (11) 式に代入して満年齢時の体長を表わす成長式にすると、

$$L_t = 355(1 - e^{-0.249(t+0.731)}) \quad (13)$$

L_t , 満年齢時の推定体長 (mm)

となる。

体重の成長式は (3) 式と (13) 式から

$$W_t = 794(1 - e^{-0.249(t+0.731)})^{3.25} \quad (14)$$

W_t , 満年齢時の推定体重 (g)

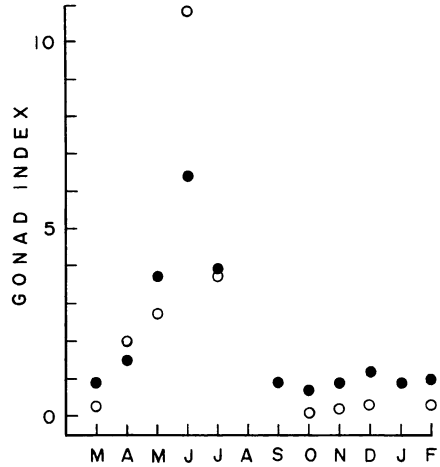


Fig. 9. Seasonal change of the mean value of gonad index ($(GW/L^3) \times 10^7$; GW , gonad weight in g; L , fork length in mm). Open circles, male; solid circles, female.

で表わされる。

Table 3 は輪紋形成時と満年齢時の推定体長と実測体長とを比較したもので、いずれの場合も推定値がわずかに小さく算出されている場合が多いが、おおむね実測値と一致しているとみてよいであろう。

考 察

体長-体重関係について本研究で得た結果は増沢 (1967) の結果とよく近似し、大きな差はない。一方、鈴木 (1954) は体長を標準体長で表わしているため、これを尾叉体長に換算すると佐藤 (1971) の結果と非常に近いものになる。本研究と増沢の結果と鈴木と佐藤の結果を比較すると、相対成長係数、始原成長指数とも多少差がみられ、体長 200~300 mm の範囲では 4 者の式から算出した同一体長に対する体重はほぼ同様の値を示す

Table 3. Actual and estimated fork lengths at the time of ring formation and in spawning season. Actual fork lengths are shown by the mean value.

No. of rings	Fork length in mm at ring formation			Fork length in mm in spawning season		
	Actual		Estimated	Actual		Estimated
	Range	(Mean)		Range	(Mean)	
1	88.8~130.0	(114.2)	94	112.0~148.3	(127.9)	124
2	127.5~183.0	(161.9)	151	—	—	175
3	149.0~237.0	(208.1)	196	187.1~235.8	(211.8)	215
4	229.0~250.5	(242.0)	231	224.4~264.5	(245.4)	246
5	258.2~267.0	(262.5)	259	265.9~294.0	(276.0)	270
6	294.0	—	280	297.0~306.0	(301.5)	289

が、これより小形の個体では前二者の方が体重は軽く算出され、大形の個体では重く算出される。このように体長-体重関係は熊野灘産のものが伊東産(佐藤, 1971)よりも三浦半島産(増沢, 1967)により近い結果を得ていることや、サンプリング期間の長い本研究と増沢が近似し、その短い鈴木と佐藤に近い結果を表わしていることなどから、前二者と後二者の差は海域によるものではなく、むしろ、サンプリングの方法、期間によるものであろうと思われる。

本種の鱗上の輪径に反 Lee 現象が認められることはすでに鈴木(1954)や増沢(1967)で報告されている。一方、佐藤(1971)の報告からは逆に Lee 現象がみられるようである。増沢と佐藤はほぼ同一の海域と考えられ、また漁具にも大きな違いはないことや、佐藤の標本個体数がかなり少ないことなどから、この Lee 現象は標本の偏りに原因するのではないと思われる。

従来、反 Lee 現象が認められる場合には、最外輪の輪径(1 輪魚の r_1 , 2 輪魚の r_2 , ...) をその輪径の代表値として用いる場合が多いが、この方法では成長解析の基礎となる輪径の代表値が一つの年級群で決定されるため、種々の変動、サンプリングの偏りが計算体長に直接影響する恐れがある。これに対し、本研究で行った方法では r_5 , r_6 を除いて複数の年級群から輪径の代表値が推定されたので、このような影響は少なく、計算体長の信頼性も高くなると考えられる。

鱗径-体長関係について本研究結果と三浦半島産(増沢, 1967)、伊東産(佐藤, 1971)の結果とを相互に比較すると、体長約 100 mm までの範囲内では同一体長に対する鱗径に大きな差はみられない。しかし、体長約 100 mm 以上では同一体長に対する鱗径は熊野灘産のイサキが最も大きく、次いで伊東産、三浦半島産となる。伊東産と三浦半島産との差はあまり大きなものではなく、また両海域が隣接していることから、この差は地域差とは考えにくい。これに対し熊野灘産と他の 2 海域産との差は大きく、これは地域差すなわち系統群の違いに起因する可能性も考えられる。また、熊野灘産のイサキでは鱗径が大きいのに伴い各輪径も大きくなる傾向がある。したがって、各輪径と鱗径-体長関係から算出する計算体長には大きな差はみられない。

極限体長 355 mm については本研究で用いた魚体の最大が 355.7 mm であることや、安田ほか(1962)、増沢(1967)が用いた材料の最大体長がそれぞれ 381 mm(全長 415 mm から換算)、378 mm であることからかなり妥当な値であると思われる。

本種の成長については、現在までに鈴木(1954)、安

田ほか(1962)、増沢(1967)、佐藤(1971)の報告があるが、前二者はかなり断片的な記載である。増沢(1967)は三浦半島産のイサキについて von Bertalanffy の式を用いて成長解析を行い、その結果 1~4 才までの満年齢時の体長をそれぞれ 12.2 cm, 17.8 cm, 21.8 cm, 24.7 cm と推定している。また佐藤(1971)は伊東産のイサキについて同様に 11.9 cm, 18.6 cm, 23.5 cm, 27.3 cm と推定している。本研究で得られた結果をこれらと比較すると、増沢(1967)の結果とはほとんど完全に一致し、海域間の差はみられない。佐藤(1971)の結果とは 2 才まではかなり近い値を示すが、それ以上では少し差がある。しかし、この差は海域の違いによるものではなく、恐らく輪紋の読取りの相違や材料の偏りに原因するものであろうと思われる。

以上のことから、熊野灘産と相模灘産のイサキについて体長-体重関係や魚体の成長に大きな差は認められず、棲息海域による成長の相違はないようである。

謝 辞

材料の採集に際し多大なご協力をいただいた三重県南牟婁郡御浜町阿田和の故古川光治氏、古川正和氏、同志摩郡志摩町片田の片田定置漁業協同組合、同町和具の和具定置漁業協同組合、同町和具の大田泰祐氏の各位に対し厚く感謝の意を表する。

引用文献

- 阿南尤雄, 1966. イサキの人工ふ化・飼育試験. 大分県水産試験場事業報告, 昭和 38 年度: 66~69.
- 原田輝雄・村田 修・宮内 盛・横山達雄・米島久司・小田誠二, 1974. イサキの人工種苗生産. 日本水産学会昭和 49 年度秋季大会講演要旨: 25.
- 伊藤 隆, 1951. 相対成長の推測統計学的考察. 科学教育研究会, 東京, i+45 pp.
- 神谷尚志, 1922. 館山湾における浮性魚卵並に其稚仔. 第 2 報. 水産講習所試験報告, 18(3): 1~22, pls. 1~3.
- 久保伊津雄・吉原友吉, 1969. 水産資源学, 改訂版. 共立出版, 東京, xi+482 pp, 211 figs.
- 増沢 寿, 1967. イサキ資源に関する研究—I. 年令と成長について. 日本水産学会誌, 33(9): 812~817, figs 1~5.
- 増沢 寿・松浦秀吉, 1968. イサキ資源に関する研究—II. 産卵期について. 日本水産学会誌, 34(8): 655~659, figs. 1~2.
- 三谷文夫・井田悦子, 1964. マアジの成長と年齢. 日本水産学会誌, 30(12): 968~977, figs. 1~8.
- 佐藤浩一, 1971. イサキの成長について. 鱗による年令査定. 静岡県水産試験場研究報告, (4): 19~23, figs. 1~4.

Snedecor, G. W. 1962. 統計的方法, 改訂版. (畑村又好・奥野忠一・津村善郎訳). 岩波書店, 東京, vii+478 pp., 27 figs.

鈴木 明. 1954. イサキに関する二, 三の知見. 日本水産学会誌, 20(3): 171~172, figs. 1~3.

内田恵太郎. 1929. イサキの稚魚期, 殊に斑紋の形成及び習性に就いて. 水産学会報, 5(2): 220~233, pl. 1.

安田治三郎. 1962. 海産魚の種苗生産に関する研究

II. イサキの増養殖効果推定の試み. 水産増殖, 10(2): 109~115.

安田治三郎・小笠原義光・岡本 亮・梅津武司. 1962. 海産魚種苗生産に関する研究 I. イサキの人工受精と成長. 水産増殖, 10(1): 1~10, figs. 1~2.

(鈴木: 514 津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部; 木村: 517-07 三重県志摩郡志摩町和具 4190-172 三重大学水産学部附属水産実験所)