

## キングヨの鱗の成長

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	池田, 弥生 尾崎, 久雄 安田, 秀明
巻/号	39巻1号
掲載ページ	p. 25-33
発行年月	1973年1月

## キンギョの鱗の成長

池田弥生・尾崎久雄・安田秀明

(1972年11月9日受理)

## Growth of Scales in Goldfish

Yayoi IKEDA\*, Hisao OZAKI\*, and Hideaki YASUDA\*\*

Variations in circulus patterns of scales versus various physiological environments, namely the so-called scale rings, are the records of their life history. To analyze these records, studies were carried out on the formation of scale rings under physiologically restricted conditions using goldfish, *Carassius auratus* as material. The specimens of scales were taken from the dorsal and ventral sides of the lateral line scale (L-scale) at the level of the anterior end of the dorsal fin on the left body side. Seventy specimens from seven groups of the fish were collected. They were 0.5 to 2.5 years old and fed at 25°C or room temperature for 30 or 50 days. The specimens of scales were measured with respect to cranial radius, circulus number and circulus interval. The shape and size of the scales were a function of their position. The ones adjacent to L-scale were the largest and became smaller as they diverged from it. The distribution of relative size in regard to scale position had no relationship to body size. The growth rates of scale radius were larger in the scales which were located nearer to the L-scale. The specific growth rates were constant regardless of the scale position that varied with age or body size. The augmentations in circulus number were similar in character as to the growth of scales. The circulus intervals were narrower in the younger than in the older fish. For a specimen, the circulus interval in scales situated dorsally to the L-scale were narrower than those located ventrally.

鱗に現われる鱗線(成長線, 隆起線, ridge, circulus などとも呼ばれる)は数日および数十日に1本の割合で形成される。その期間の魚の生理状態や環境条件によつて, 形成される鱗線の形状, 数, 間隔などに変化が現われるから鱗線は生活を記録した一つの日記とみなすことができる。鱗に記された紋様を解説できれば, どんな生活履歴を経て来たかを知ることができる。これまでは資源生物学の分野で特に鱗紋(輪紋)が季節, 回遊, 生殖活動などと関係が深いものとして年令査定などに利用されて来たが, 鱗紋ができる機序の実験的証明は乏しかつたし, 鱗そのものの研究も最近になつて盛んになつて来たばかりである。著者らは生理学的方法と生体計測の手段を用いてキンギョの鱗について, 成長と特に鱗線間隔の変動による鱗紋形成の関係を実験的に研究した。ここには特別な処理をしない対照群の鱗についての結果を報告する。特に多くの測定値間の相関性を調べて, 鱗の成長に秘められている法則性を見出そうとするものである。

## 実験方法

実験方法の基本的立場については既に詳細に述べた<sup>1)</sup>。本論文に報告する結果は実験区 1 A, 2 A, 4 A, 5 A, 6 A, 8 A, 12 A の 7 区であり, A は対照区であることを示す。魚の年令順に実験区番号, 水温, 実験季節, 平均体長, 平均体重などを Table 1 に集めて示した。水温は室温のものと 25°C に保つたものがある。

\* 東京水産大学 (Tokyo University of Fisheries. 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo)

\*\* 魚鱗研究所 (Laboratory of Piscisquamatology. Matsuyama, Kisogawa-cho, Aichi-ken)

Table 1. Summarized display of experimental condition and results. Values regarding body

Age (year)	Exp. No.	Water temp. (°C)	Season	Initial body length (mm)	Growth rate of B.L. (mm/day)	Specific growth rate of B.L. ( $10^4 \times$ )
0.5	2A	25±1	Nov.	33	0.367	111.1
0.5	5A	25±1	Sept.	45	0.311	115.2
0.7	8A	25±1	Jan.	41	0.200	48.4
0.8	12A	18(15-20)	April	60	0.160	53.3
1.0	1A	22(18-27)	June	45	0.100	20.0
1.3	4A	25±1	July	48	0.357	73.8
1.5	2A	25±1	Nov.	66	0.266	40.3
1.5	5A	25±1	Sept.	65	0.281	104.1
1.5	6A	25±1	Sept.	70	0.143	47.7
1.7	8A	25±1	Jan.	78	0.117	15.0
2.0	1A	22(18-27)	June	95	0.240	48.0
2.3	4A	25±1	Sept.	83	0.254	30.7
2.5	6A	25±1	July	100	0.090	30.0

1実験区は低年令魚5尾とそれより1年高年の魚5尾の計10尾を一緒にして60×30×30 cmの水槽の40lの水で飼育した。餌は1日に1回、鯉用配合飼料(ニッポン飼料 K. K. 製, ペレット状)をほしがらなくなるまで与えた。飼育期間は30-50日間である。実験開始時に各個体にテトラサイクリンを注射して鱗にマークを付けた。

観察のための鱗は背鰭の頭側端の位置で、側線鱗より背側および腹側に各2行×5列、計20枚を1個体の左体側から採った。この鱗は背側から腹側へ $d_5, d_4, \dots, d_1, v_1, \dots, v_5$ と記号した。側線鱗は用いなかつた。

鱗の中心から背側、背側肩、頭側、腹側肩、腹側の5径について、マークにより判読できる実験開始時の値( $r$ )、実験終了時の値( $R$ )、両者の差による成長量( $r' = R - r$ )、鱗線数の増加量( $N$ )、平均鱗線間隔( $I$ )などを測定した。なお、相隣る鱗の比較、頭側径を軸としての鱗の形の対称性などについては既に検討した<sup>2)</sup>ので、ここでは頭側径のみについて述べる。

## 結 果

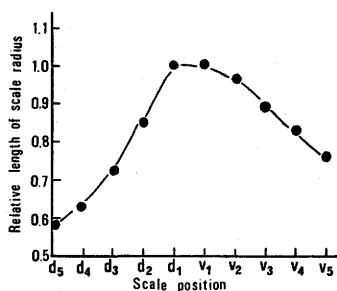
**鱗の位置と頭側径の大きさ** 背側から腹側へ側線を横断する列に沿って採鱗し頭側径を比較すると、側線に近い鱗が大きく、それから離れるにつれて小さくなる。横軸に鱗の位置、縦軸に頭側径をとると山型の曲線になる。最大径が現われる鱗は $d_1$ か $v_1$ のことが多いが、その外の鱗のこともある。 $v_1$ の径を1として他の鱗の径を相対的に表わすと、魚体や鱗の大小にかかわらずほぼ同じ形の曲線を示す(Fig. 1)。このことは魚体が相似的に成長してゆくことを示すとみてよい。側線より背側ではコンケーブ、腹側ではコンベックスな曲線を示すのは、腹部の膨満形と関係があるだろう。一般に腹側鱗の方が種々な影響を受け易いから、鱗の上に現われる紋様も豊富である。

このように鱗の位置により径はかなり相違するから $d_5$ から $v_5$ までの20枚の値を平均したものには余り意味がないが、その個体の鱗の大きさを示す一つの値としてTable 1に示した。

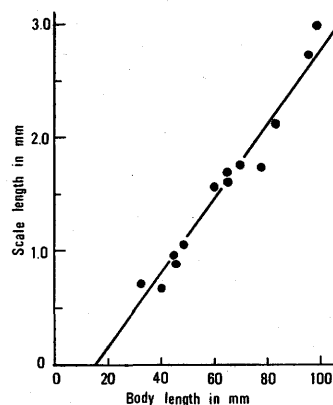
**体長と頭側径** 体長と頭側径との関係はほぼ直線関係にある(Fig. 2)。この関係は $d_1$ とか $v_1$ とかの特定の鱗についても同じである。この関係を直線式として最小二乗法で計算すると、原点を通らない式になる。原点を通る式としてアロメトリー式で計算すると、指数は1.3になるから鱗径は体長の1乗には比例し

length and weight are means of 5 fishes, and values regarding scales are averages of 100 scales.

Initial body weight (g)	Cranial radius of scale				
	Initial length (mm)	Growth rate ( $\mu$ /day)	Specific growth rate ( $10^4 \times$ )	Augmentation of circulus per day	Circulus interval ( $\mu$ )
2.1	0.705	11.52	164.5	0.273	34.4
3.1	0.960	9.06	94.1	0.224	32.0
2.8	0.671	7.89	118.4	0.210	29.8
9.4	1.53	7.90	52.0	0.177	33.8
2.8	0.86	3.45	41.5	0.096	28.8
4.7	1.05	11.41	108.9	0.256	38.1
13.0	1.73	10.55	61.0	0.237	37.2
10.0	1.57	10.42	65.7	0.261	31.7
13.8	1.75	8.32	47.8	0.181	35.1
17.5	1.72	6.70	39.0	0.133	37.7
40.0	2.68	7.29	27.5	0.184	36.8
25.0	2.09	10.62	50.8	0.227	38.8
43.0	2.97	5.07	17.1	0.087	35.1



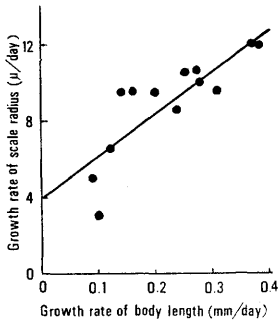
**Fig. 1.** Relative length of cranial radius of scales when the length of the scale ventrally adjacent to lateral line scale is expressed as one unit. Abscissa: scale position.  $d_1$  is the scale dorsally adjacent to lateral line scale,  $d_2$  dorsally adjacent to  $d_1$  and so on. Some definition is applied for sign  $v$  (ventral). The scales are larger as nearer to lateral line scale. The ventral scales to lateral line are larger than dorsal ones.



**Fig. 2.** Linear relationship between the length of scale radius and body length. Each point is the average of 100 scales from 5 fishes.

ないことになる。アロメトリー式が成立することは相対成長から予期されるが、比成長速度の検討からこの式が誘導される。

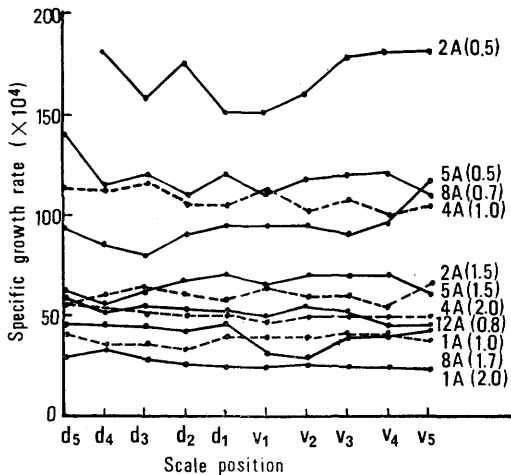
**鱗径の成長速度** 1日当りの鱗径の成長量を成長速度とすると、実験区により、鱗の位置により、この値は3-12  $\mu$ /日の範囲にある。個体によつては20  $\mu$ /日以上も成長するものがある。この成長速度は鱗の大きさによつて相違し、鱗の位置に対する成長速度曲線はその径の曲線 (Fig. 1) と良く似た曲線を示す。このことから比成長速度の検討が必要になる。これについては次項で述べる。



**Fig. 3.** Relationship between the growth rate of scale radius and that of body length. Each point is the average of 100 scales from 5 fishes.

ともサケ科の魚の鱗それ自身が小さいことも考えねばならないが、それでも1日の成長量に換算すると1-4 μ/日ぐらいの小さい値になる。これに比べるとキンギョは非常に大きく、1年間で2-3 mmにもなる。

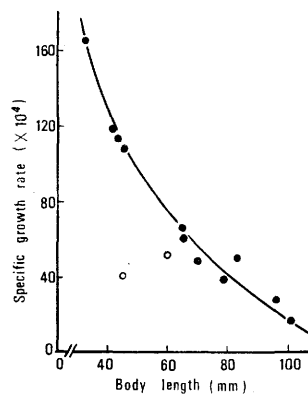
**鱗径の比成長速度** 鱗径の成長速度がその大きさに比例しているように見えることから、鱗径の成長速度を鱗径で除した比成長速度を求めてみるのは興味がある。各実験区でこの値を計算すると鱗の位置にかかわらずほぼ一定になる (Fig. 4)。鱗の位置により鱗には大小がありながら、どの鱗も同じ比成長速度を示している。但しその値は魚体の大小と関係があり、大きい個体のもの程比成長速度は小さくなる。小さい個体の大きい鱗と大きい個体の小さい鱗で、両鱗が同じ大きさでも比成長速度は前者の方が大きいから、鱗の比成長速度は鱗の大小ではなくて、魚体の大小によつて規定されることになる。これは興味ある現象である。体長に対して鱗径の比成長速度を図示すると Fig. 5 のようになり、体長の増加と共に急速に減少してゆく。



**Fig. 4.** Specific growth rate of scale radius with respect to scale position. The rates are larger in younger fish and constantly regardless of scale position. Numbers of experiment and age of fish are given in figure.

鱗径の成長速度は体長のそれとも相関を示す (Fig. 3)。体長の成長が良い時は鱗径の成長も良いことを示す。この関係が直線かアロメトリー式かは決定できないが、原点を通る曲線であるべきだとすると後者を考えねばならない。成長速度は体長が70 mm以上になると小さくなるようにみえる (Table 1)。

成長速度は鱗線数の増加速度とも相関が高い。鱗径の成長速度は水温その他の影響で変動する。その様相は体長成長のそれと同じであるとみてよいであろう。因みにワカサギの鱗の成長速度は第1年目は557.2 μ/年、第2年目は368.8 μ/年と小さく<sup>2)</sup>、サケでは第1年1270、以後600、500、500 μ/年といずれも非常に小さい<sup>3)</sup>。もつ



**Fig. 5.** Negative relationship between specific growth rate of scale radius and that of body length. Open circles are of younger fish reared at lower temperature.

これは指数函数の形に定式化できる。体長の比成長速度はただ一つの値しかない。鱗は多数あるが幸いなことにその比成長速度は鱗の大きさに関わりなくその魚体について唯一つの値であるらしい。体長 ( $L$ ) の比成長速度と鱗径 ( $R$ ) のそれとは直線関係を示す<sup>1)</sup>。原点を通るとすると、

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dt} = k \cdot \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt}, \quad \text{したがって} \quad R = aL^b$$

のアロメトリー式が成立することになる。これは先に述べた鱗径と体長との関係を示す式と同じ型であるから、この型の式を使う方がより合理的である。

**鱗線数の増加** 鱗線数の増加は計算上1日に幾本形成されるかという表現と、1本の鱗線が増加するのに幾日かかるかという表わし方がある。ここでは1日当りの本数(通常1本以下の値)で示す。

同一個体では側線に近い大きい鱗の方が一定期間中に形成される鱗線の数は多い。逆にいえば1本増加するのに要する日数は大きい鱗の方が短い。したがって体表上の鱗は鱗線数の増加の周期性において各々独自のリズムを持つていることを示す。体表のすべての鱗が同じリズムで鱗線を増加させてゆくのではない。鱗の位置による鱗線数の増加速度の一例は Fig. 6 に示した。この形は鱗径やその成長速度の曲線と良く似ている。鱗径の成長量は増加した鱗線数とその鱗線間隔の積として計算される。間隔は割に安定した値なので、鱗径の成長量は鱗線数の増加量に比例して来る。実際に鱗径の成長速度と鱗線数の増加速度との間には直線関係がみられる (Fig. 7)。

Table 1 から鱗線数の増加速度は若年魚の方が大きく、例えば 0.5 年魚 (2A) では 0.273 本/日であるが、2.5 年魚 (6A) では 0.087 本/日と小さくなっている。本実験のキンギョで鱗線が1本増加するのに要する日数は最も短いもので3日、長いもので10日以上である。この日数は年令、鱗の位置、水温などに依存している。他の魚種ではワカサギで 22-27 日/本<sup>2)</sup>、アユで 11 日/本<sup>4)</sup>、*Fundulus heteroclitus* で 14-53 日/本<sup>5)</sup>、サケで 12-37 日/本<sup>6)</sup>、pink salmon で 6 日/本<sup>6)</sup>などがあり、これらはいずれも低水温に生活しているので増加速度は非常に小さい。

**鱗線間隔** 鱗紋にはいろいろな型のものがある。鱗線間隔の広狭、鱗線の疎密も一種の鱗紋となり得るし、われわれの研究の目標の一つでもある。テトラサイクリンのマークの外側の、実験期間中に増加した鱗の幅と鱗線の数とから平均鱗線間隔を求めた。鱗の位置と平均鱗線間隔をみると、一般に腹側鱗の方が少し

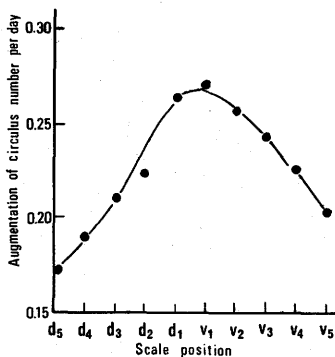


Fig. 6. Augmentation of circulus number and scale position. 2-year fish in Experiment No. 4 A. The rate in the scale  $v_n$  is larger than that in scale  $d_n$ .

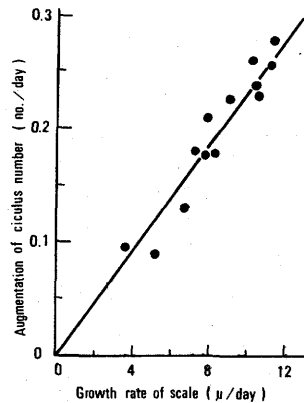
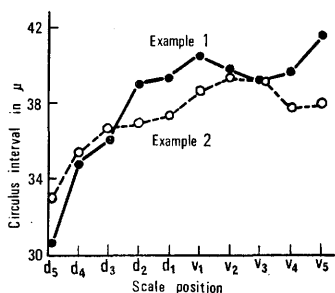


Fig. 7. Positive correlation between augmentation of circulus number and growth rate of scale radius.

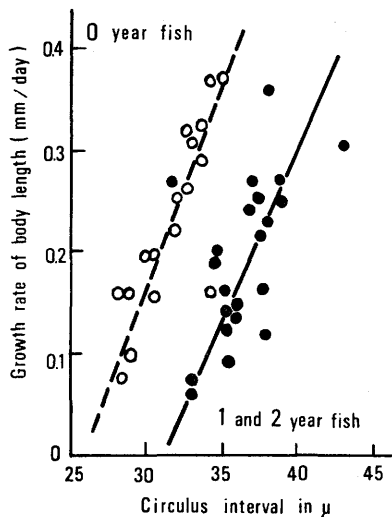


**Fig. 8.** Circulus interval and scale position. Example 1: 1-year fish in Experiment No. 4 A. Example 2: 1.5-year fish in Experiment No. 2 A.

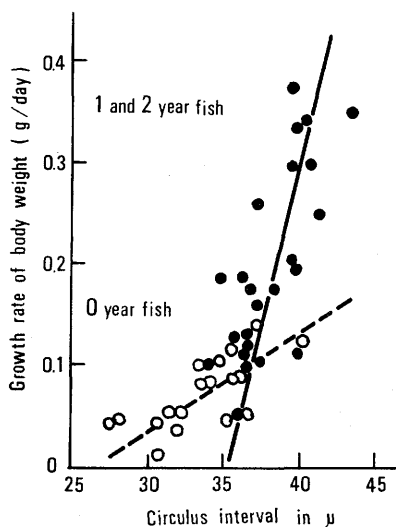
大きい傾向を示すが、その差は僅少(数 $\mu$ )である(Fig. 8)。同一鱗内での変異、同一個体内での変異、同一位置の鱗での5個体内での変異はいずれも大きい。狭いもので $20\mu$ 、広いもので $60\mu$ 、平均して $30-40\mu$ である。変異が大きい割合にこの平均値はかなり一定している。

年齢別に、 $d_5$ から $v_5$ までの平均を計算してみると Table 1 のように、年齢の小さいものでは小さく、高年になる程少し大きくなる傾向を示す(Fig. 9)。

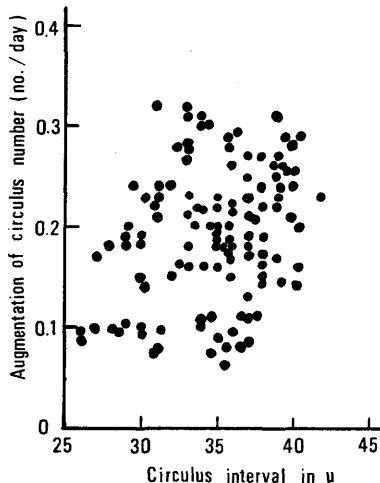
したがって鱗の中心部では鱗線はより密であり、周辺になる程疎になる。しかしその差は僅かである。なお背側径や腹側径の間隔は頭側径のそれよりも平均して $4-8\mu$ ぐらい広いことも興味がある。魚種、魚の体型、



**Fig. 9.** Relationship between the growth rate of body length and circulus interval. The circulus intervals are varied with the growth rate of body length and the age of fish. The intervals in 0-year fish are narrower than these in 1- or 2-year fish.



**Fig. 10.** Relationship between the growth rate of body weight and circulus interval. The relations are varied with the age of fish.



**Fig. 11.** Relationship between the circulus interval and augmentation of circulus number.

体長による体型の変化などと関係があるだろうが、鱗の方向によつて成長速度が違ふことと関係があるだろう。

変異が大きし、いろいろな影響によつてかなり変動があるが、それでも鱗線間隔が上記の範囲内に落ち着くこと、特に広いものや狭いものを作りだすことが難かしいか不可能なのは、鱗線間隔を決定するものが細胞の大きさと数というような器質的なものであることに関係があるためであろう。低温に生活し、鱗線が1本増加するのに1カ月もかかるサケ・マス類でも鱗線間隔は20-60 $\mu$ であり、25°Cで飼育したキンギョと同じである。

鱗線間隔と体長の成長速度との相関がみられ、年齢によつて差がみられる (Fig. 9)。1年魚と2年魚とはずれがあり、2年魚の方が鱗線間隔は大きい。体長成長が大きい程間隔が広くなることも明らかである。体重成長との相関もみられる (Fig. 10)。成長速度が大きい程鱗線間隔が広くなることは、間隔を規定する要因の中には魚体の成長速度と関係が深いものが関与していることを示すもので興味深い。

体長成長速度は鱗径成長速度と正の相関があり、鱗径成長速度は鱗線数の増加速度と正の相関があるから、鱗線間隔と体長成長速度とが正の相関があることから考えて、鱗線間隔は鱗線数の増加速度とも正の相関があることになるはずだが Fig. 11 のようにやや分りにくい。ホルモン処理した資料を加えるとこの相関はつきりして来る。それについては別に報告する。

## 考 察

鱗の成長や鱗紋形成のメカニズムを探る一つの方法として、体長、体重、鱗径、鱗線数、鱗線間隔などの量的な相互関係を調べて、相関性を明らかにし、本研究の目標の一つである鱗紋形成に影響する要因を見出すことと、もう一つ、水温、飼料の質と量、内分泌などの影響を調べ、それらによつて上記の諸測定値の相互関係がどのように変動するかを明らかにして、これらの要因の意義を明らかにすると共に、鱗紋形成に関与する要因を見出す手懸りにすることを考えた。本論文では正常な状態で飼育し、実験的処理をしない場合の結果を細かく検討した。

鱗の形や大きさはその位置の函数であるから、鱗を用いる研究をする時はその位置を明らかにすることが必要であり、一定の位置の鱗を用いる必要がある。側線の背側と腹側で鱗の位置による径の大きさに差があることは Fig. 1 に示した。一般に腹側鱗の方が種々な影響を受け易いので、研究しようと思う現象によつてどちら側の鱗を用いるべきかを予め検討する必要がある。

鱗径の比成長速度は鱗の位置に関わりなく一定であることは興味があるが、鱗径、鱗径成長速度、鱗線数増加速度、鱗線間隔などは鱗の位置により相違する。したがつて多くの鱗の特性を調べるためには一定の位置の鱗を用いねばならないことは明らかである。相隣る鱗の形と大きさはかなり良く似ている<sup>1)</sup>が、少し離れると違いが出て来る。本研究では一魚体から2列5行の10枚の鱗を側線の両側から合計20枚採鱗し、頭尾方向に相隣るものを同じものとみなして平均したが、これは相隣る鱗の大きさの比較検討をした結果である<sup>1)</sup>。背腹方向に10行の鱗をとつて比較すると、鱗の位置によりほとんどすべての測定値に相違がある。したがつて魚体の鱗の性質を一枚の鱗の測定値で示すことはできない。本実験では $d_5$ から $v_5$ までの20枚の値の平均値を用いてその個体の特性値とした。この平均値の動向はある特定の位置の鱗のそれと同じ傾向を示すとみなしたが、Fig. 1, 6, 8などが示すように鱗の位置によつて偏つた性質がみられるから、それが持つ意味には限度がある。

キンギョの年齢、体長、体重、それらの成長速度、鱗の位置 ( $d_5-v_5$ )、鱗径、その成長速度と比成長速度、鱗線数増加速度、鱗線間隔などの測度の相互の相関々係を述べて来たが、それをまとめると Table 2 のようになる。多くの測定値間で正の相関を示しているのは予期されることである。年齢あるいは体長と鱗径比成長速度との間に負の相関があるのは、どんな測定値の比成長速度も年齢あるいはその測定値の増大と共に低下してゆくものであるという一般則に従つている。

体長比成長速度と鱗径比成長速度が直線関係にあることから、体長と鱗の大きさの一般式を求めることが



Table 2. Correlations within various characteristics of scales.

	Scale radius	Growth rate of scale radius	Specific growth rate of scale radius	Augmentation of circulus number	Circulus interval
Age (0.5-2.5 years old)	+	+	-		+
Body length (3-10 cm)	+	+	-		+
Growth rate of body length		+		+	+
Specific growth rate of body length			+		
Scale radius		+		+	+
Growth rate of circulus number		+			+
Scale position	Fig. 1	Fig. 1	Fig. 4	Fig. 6	Fig. 8

+: positively correlated, -: negatively correlated.

できる。鱗径は長さの次元であるから、体長との相関を求めることは当然であろう。但しその関係が体長と鱗紋の位置までの径との間にも関係して来るから、この相関式は重要な意味を持つ。両比成長速度が比例することから相対成長のアロメトリー式に達することは予期されるところである。

Table 2 には諸測定値相互間の関係を表にまとめて示した。鱗の位置と 5 測定値の関係は、参考すべき図で示した。その他はすべて正の相関を示すがその持つ意味は必ずしも同じではない。ただ左欄の測定値が増大すると上欄のそれも増大するというを意味するだけである。相関式は直線的であつたり、相対成長式であつたりする。鱗の成長、鱗線の増加および鱗線間隔が他の多くの測定値と相関が深いこと、鱗の成長は魚体全体の成長を反映していることを示している。それだからこそ鱗紋はその個体の日記となりうるであろう。鱗紋を規定する鱗線間隔が 20-60  $\mu$  の間を変動しながら、平均 30-40  $\mu$  の間にあり、かなり安定していることは、それが組織学的に規定されているものであろうことを推定せしめていたが、それは組織学的にも確かめられた\*。その細胞の数と大小、および鱗線形成細胞出現の周期性が何によつて支配されているかが今後の興味を中心となるだろう。

## 要 約

- 1) 年令 0.5-2.5 年のキンギョを 25°C または室温で 30-50 日間飼育した 7 実験、70 尾の所定部位から 1 個体 20 枚の鱗を採り、鱗径、鱗線数、鱗線間隔を測定した (Table 1)。
- 2) 鱗の形と大きさは鱗の位置の函数で、背腹方向の列では側線両側の鱗が最も大きい。その相対的大きさの分布は魚体の大きさに無関係である (Fig. 1)。
- 3) 鱗の成長速度は若年魚の方がやや大きく、1 個体内では側線に近い鱗程大きい。比成長速度は若年魚の方が大きい、鱗の位置には関係なくほぼ一定である。鱗線数の増加速度は鱗径の成長速度と良く似た傾向を示す。鱗線間隔は若年魚より高年魚の方が広く、背側鱗より腹側鱗の方が概して広い傾向にある。同一鱗上では頭側径よりも背側径や腹側径の方が広い。
- 4) 年令、体長と体重とその成長速度および比成長速度、鱗の位置、鱗頭側径とその成長速度および比成長速度、鱗線数の増加速度、鱗線間隔などの相互関係を明らかにした (Table 2)。

終りに、私達の研究に御援助を頂いた東京水産大学漁業学科計測学講座の永田正教授に、私達の一人(池田)に与えられた中村積善会の御援助に厚く御礼を申し上げます。本研究は昭和 42 年度科学研究費補助金(各個研究 64130)によります。なお、一部は昭和 42 年 4 月 3 日の日本水産学会年会で発表した。

\* 大池一臣他, 昭和 44, 45 および 46 年度日本水産学会大会講演.

## 文 献

- 1) 尾崎久雄・安田秀明・池田弥生: うろこ, No. 1, 1-57 (1968).
- 2) 雨宮育作・檜山義夫: 水学報, 8, 45-62 (1940).
- 3) 小林哲夫: 北海道さけ・ます孵化場研究報告, 16, 1-102 (1961).
- 4) 堀井正雄: 魚雑, 2, 60-68 (1952).
- 5) G. E. PICKFORD: *Bull. Bingham Oceanogr. Collection*, 14, Art. 2, 5-41 (1953).
- 6) H. T. BILTON: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 23, 939-940 (1966).