HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	シロザケ稚魚ONCORHYNCHUS KETA WALBAUMの比成長について
Author(s)	菅野, 泰次; 浜井, 生三
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 20(2), 75-81
Issue Date	1969-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23382
Type	bulletin (article)
File Information	20(2)_P75-81.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

シロザケ稚魚 *ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM の比成長について

菅 野 泰 次*・浜 井 生 三*

On Relative Growth of Chum Salmon Fry *ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM

Yasuji KANNO and Ikusô HAMAI

Abstract

Ontogenetic relative growth of chum salmon fry was studied after the allometric formula, $y=bx^k$. On December 17, 1966, artificial fertilization was carried out by an usual dry method using two mature females and one mature male caught in the Yurappu river, Hokkaido. Eggs and hatched fry were reared at a temperature of 4°C to 8°C in two lots of separate broods. During the experiment on fry, 20 specimens were sampled from each brood eight times at some intervals. As to the specimens, standard body length (BL) and 4 lengths of body part, i. e. eye diameter (ED), head length (HL), preanal length (PL), trunk length (TL), were measured and their relation to BL were calculated by means of the least square method.

The results are summarized as follows: ED/BL relation is divided into three stages, ED shows bradyauxesis in the first stage, tachyauxesis in the third stage, and the critical period which appears at 40–50 days after hatching is found between the two stages. HL/BL relation does not show a straight line but a curved line similar to a parabola. PL/BL relation is divided into three stages by two critical points which appear at 40 days and 60 days respectively after hatching. PL shows isauxesis, tachyauxesis and bradyauxesis in respective stages. TL/BL relation from 40 days after hatching till the end of the experiment has no critical point, and TL shows bradyauxesis.

Differences of allometry between two broods were statistically examined by the analysis of covariance. As for the results, significant differences were generally recognized in both the slope and the position, i.e. the slope differences were significant in ED/BL (the 1st and 3rd stages) and PL/BL (the 1st and 2nd stages) and the positional differences were significant in ED/BL (the 3rd stage), PL/BL (the 1st, 2nd and 3rd stages) and TL/BL relations.

Furtheremore, the body length of fry derived from the big adult was larger than that from the small adult on critical points. This fact might exhibit that critical point was more closely related to time factor than to the size of fish.

緒　　言

魚類の Ontogenetic な比成長については Hamai (1941), Martin (1949) によるかなり広範な研究がある。Hamai は飼育実験でコイの比成長率と成長傾斜を研究し，Martin はニジマスで比成長と飼育条件との関係を解析している。しかしシロザケの比成長を明らかにした研究はまだない。シロザケ

* 北海道大学水産学部資源生物学講座
(*Laboratory of Biology of Fish Population, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

は洄游性魚類であるため，比成長は生理生態との関係でも興味がもたれる。筆者らはシロザケの稚魚を飼育する機会を得，比成長に関するいくつかの事実を観察することができた。次にその結果を報告する。本文に先立ち，研究に多大な協力を賜わった北大水産学部久保達郎助教授および同学部小坂淳氏に対し深く感謝申し上げる。

材 料 と 方 法

使用したシロザケ稚魚は，1966年12月17日北海道ユーラップ川で捕獲した雌2尾，雄1尾の親魚 (Table 1) に由来するもので，現場で乾導法により人工受精を行ない，それを北大養魚実習場に移し室内で飼育したものである。卵の飼育は親を異にする各400粒の卵を水通しのよい2個の飼育籠に入れ，水温3～4°C 毎分約 3l の水が換水する水槽中に設置して行なった。稚魚の飼育は卵と同様であったが，この際の水温変化は 4～8°C であり，臍嚢が消失した孵化51日以降は肝臓，魚粉，麦粉を糊状に捏った餌料を一日に二度与えた。稚魚の飼育期間は87日間にわたった。この間それぞれの魚群より8回の標本抽出を行ない測定標本とした。1標本の個体数は20尾である。

稚魚の測定部位は次の5部位である。

体長 (BL)	吻端から脊椎骨末端までの長さ
肛門前体長 (PL)	吻端から肛門中央までの長さ
頭長 (HL)	吻端から鰓蓋部後端までの長さ
眼径 (ED)	体の前後の軸に沿った眼部の最大径
胴長 (TL)	鰓蓋部後端から肛門中央までの長さ (PL-HL)

測定は投影機，顕微鏡，キャリパーを用い，1/10mm 単位に換算できる精度で行なった。なお初めの3標本では鰓蓋部後端が不明瞭のために，頭長の測定は行なっていない。

親魚を異にする仔魚群 (A, B と略記する) ごとに，体長に対する体部分長の測定値を両対数方眼紙に点記し，その結果得られた直線部分に比成長式 $y=bx^k$ を適合した。式の二つの恒数の値を最小二乗法により求めた。また親魚を異にする仔魚群間で比成長の差異を検討するために，上述の直線部分について傾斜の差と位置の差を共分散分析法により検定した。

Table 1. Biological measurements of the adult chum salmon caught in the Yurappu River on 17 December, 1966

Brood	Sex	Age	Fork length (mm)	Eye diameter (mm)	Head length (mm)	Preanal length (mm)	Trunk length (mm)	Snout length (mm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Mean diameter of eggs (mm)
A	♀	4	772	26	148	500	352	59	5150	940	6.88
B	♀	3	623	19	118	400	282	38	2380	440	5.94
	♂	5	712	27	155	466	311	62	4000		

結 果

ED/BL の比成長は，孵化後40日から50日までの第2期を境に3期に分けることができる (Fig. 1)。第1期 (孵化後40日まで) は $k(A)=0.816$，$k(B)=0.928$ で劣比成長 (bradyauxesis) であり，第3期 (50-80日) は $k(A)=1.073$，$k(B)=1.120$ でやや優比成長 (tachyauxesis) である。第1期と第

Table 2. Average of body measurements in an age group

Brood A

Age (days)	Individual number	Body length (mm)	Eye diameter (mm)	Head length (mm)	Preanal length (mm)	Trunk length (mm)
10	20	237.1± 1.89	17.9±0.44		159.8±1.33	
20	20	273.8± 3.17	20.1±0.21		185.1±2.76	
28	20	291.1± 4.90	22.3±0.42		197.5±3.73	
40	20	319.8± 4.53	22.8±0.49	68.9±1.64	219.7±3.63	150.8±2.87
50	20	333.6± 3.26	26.3±0.53	80.2±0.94	232.6±2.66	152.4±2.35
61	20	352.2± 2.46	27.6±0.44	88.2±1.00	248.6±2.28	160.4±2.24
73	20	371.8± 6.00	30.6±0.36	94.7±1.03	262.5±3.41	167.8±3.16
87	20	423.7±14.84	34.9±0.79	107.3±2.29	294.5±9.66	187.2±7.71

Brood B

Age (days)	Individual number	Body length (mm)	Eye diameter (mm)	Head length (mm)	Preanal length (mm)	Trunk length (mm)
10	20	219.2±4.37	16.6±0.57		148.6±3.20	
20	20	246.2±6.87	18.8±0.49		166.6±4.59	
28	20	277.1±5.36	21.5±0.42		185.7±3.84	
40	20	303.0±4.53	22.0±0.51	66.1±2.15	203.0±3.71	136.9±3.01
50	20	309.8±4.37	26.1±0.81	76.3±1.88	211.4±3.49	135.1±2.12
61	20	322.6±3.45	26.5±0.78	82.3±1.28	227.7±4.05	145.4±3.25
73	20	338.2±2.99	28.5±0.72	87.2±1.30	237.6±2.32	150.4±2.06
87	20	356.3±8.75	30.6±0.72	92.5±2.53	248.2±6.23	155.7±4.26

Table 3. Equilibrium constant k and its 95% confidence interval and another constant log b in the allometric formula, $y=bx^k$, where y and x are length of body part and body length respectively

Relation	Brood	Constant	10	20	30	40	50	60	70	80	90 (days)
ED/BL	A	k	0.816±0.0772					1.073±0.0572			
		log b	−0.680					−1.281			
	B	k	0.928±0.0674					1.120±0.1911			
		log b	−0.949					−1.378			
PL/BL	A	k	1.055±0.0284			1.228±0.0743			0.907±0.0378		
		log b	−0.302			−0.733			−0.086		
	B	k	0.969±0.0208			1.492±0.1184			0.949±0.0766		
		log b	−0.097			−1.390			−0.025		
TL/BL	A	k						0.843±0.0492			
		log b						−0.059			
	B	k						0.909±0.0919			
		log b						0.124			
HL/BL	A	k				3.607	1.755	1.305	0.958		
	B	k				6.423	1.869	1.712	1.133		

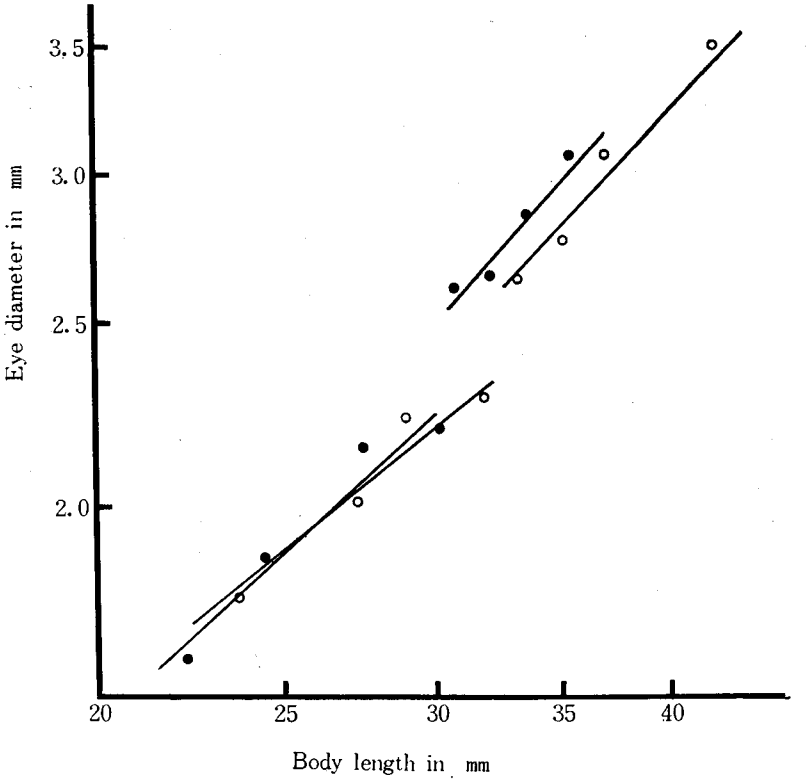

Fig. 1. Allometric relation of eye diameter to body length. Each point represents the mean value of an age group
○ Brood A • Brood B

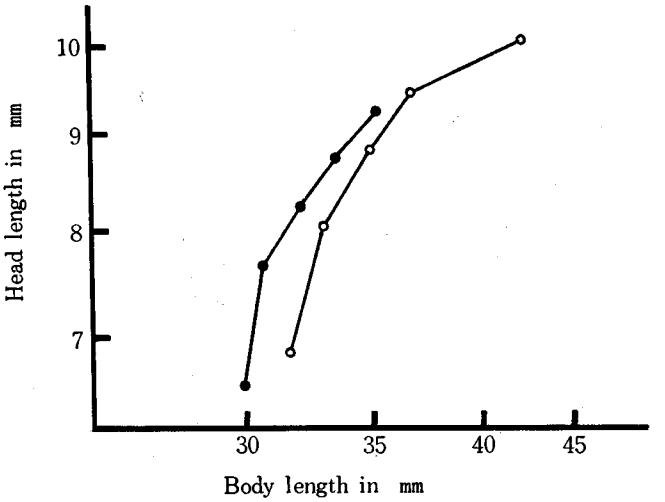

Fig. 2. Allometric relation of head length to body length. Each point represents the mean value of an age group
○ Brood A • Brood B

3期とは不連続で，この間には ED の急激な成長を特徴とする変移期がある。HL/BL では直線関係が認められず放物線状の曲線を示した。ここで k の推移を比較するために，曲線を4期に分かち各期に直線を仮定した際の k 値を Table 3 に示す。すなわち，孵化後40日附近では強い優比成長 (k(A)=3.607, k(B)=6.423) であるが，発育が進むにつれ頭部の成長が次第に衰え，70-80日に至っては殆んど等比成長 (isauxesis) となる (k(A)=0.958, k(B)=1.133)。PL/BL では40日と60日の変移点を境に3期に分けることができる (Fig. 3)。第1期は孵化後40日までで等比成長 (k(A)=1.055, k(B)=0.969) である。第2期 (40～60日) では優比成長 (k(A)=1.228, k(B)=1.492) となり，60日以降の第3期ではやや劣比成長に変わる (k(A)=0.907, k(B)=0.949)。孵化40日以降の TL/BL では変移点をもたない劣比成長 (k(A)=0.843, k(B)=0.909) を示した (Fig. 4)。

親魚 (雌) を異にする A, B 二群間で比成長の差異を検討した結果，総体に有意な差が認められた (Table 4)。すなわち，平衡恒数 k では ED/BL の第1期，第3期，PL/BL の第1期，第2期に差は有意であり，修正平均値では ED/BL の第3期，PL/BL の第1期，第2期，第3期および TL/BL でそれぞれ有意であった。なお二群間で変移点に対応する体長を比較すれば，B 群では大型親魚に由来する A 群に比し，常に小さな体長であることが注目される。

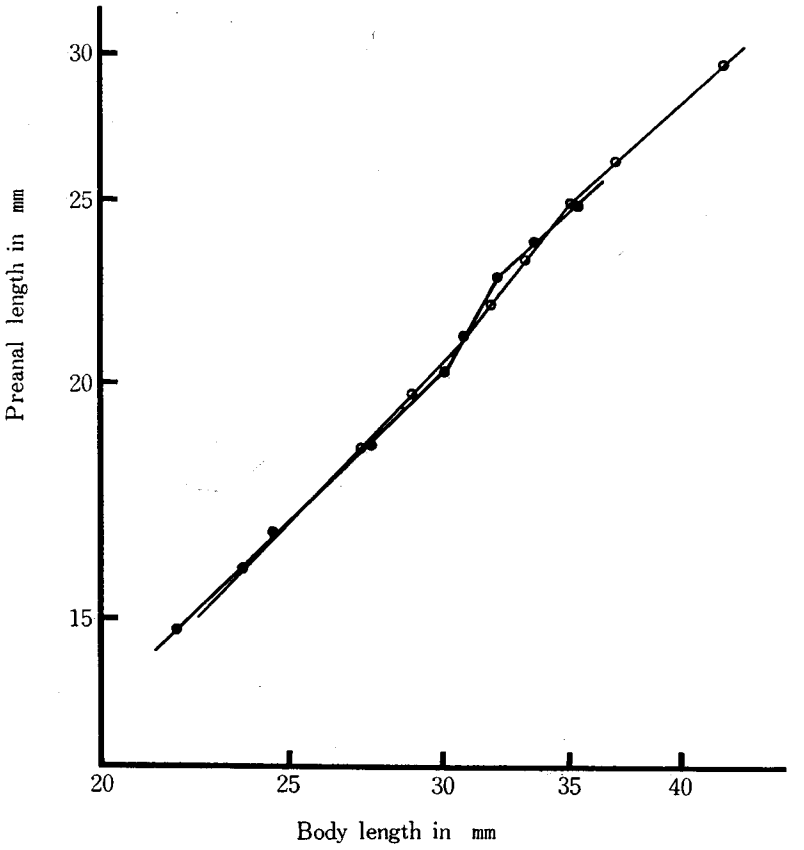

Fig. 3. Allometric relation of preanal length to body length. Each point represents the mean value of an age group
○ Brood A　　● Brood B

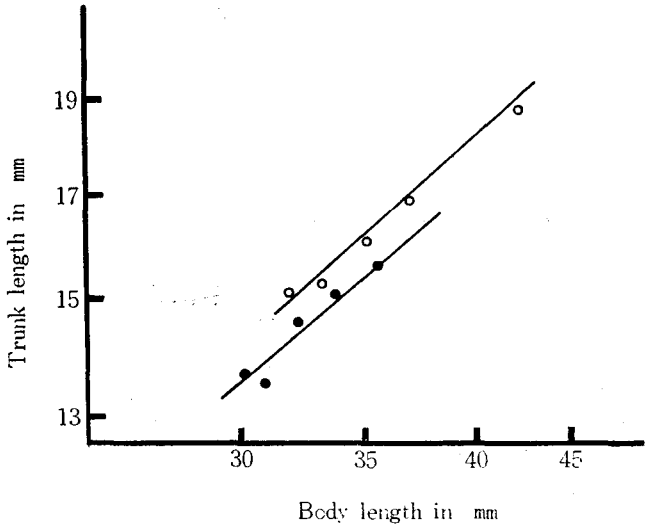

Fig. 4. Allometric relation of trunk length to body length. Each point represents the mean value of an age group
○ Brood A • Brood B

Table 4. Test of significance of difference of logarithmized allometric formula between two broods

Relation		Equilibrium constant k			Adjusted mean		
		Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 1	Stage 2	Stage 3
ED/BL	F	7.6		71.3	3.0		249.7
	df	156, 1		156, 1	157, 1		157, 1
	p	<0.01		<0.01	>0.05		<0.01
PL/BL	F	23.8	14.4	1.1	9.8	1839.1	3680.8
	df	156, 1	116, 1	116, 1	157, 1	117, 1	117, 1
	p	<0.01	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	<0.01
TL/BL	F			1.7			67.6
	df			196, 1			197, 1
	p			>0.05			<0.01

考　　察

筆者らの観察によれば，孵化直後の幼魚は背腹尾部が膜鰭に被われ，体が透明で脊椎骨，血流あるいは未発達な内臓器官がかなり明瞭に識別される。しかし孵化一ケ月後になれば，メラニン色素の濃化で体が不透明になり，各鰭も分化，成魚に似た体形に変わる。ついで比成長に顕著な変化が起こる。PL/BL，ED/BL に変移点が現われ，HL/BL の k が著しく高い値を示す。孵化後 50 日を経過すると臍嚢が消失し鱗が認められるが，佐野 (1959) によれば，この時期の天然のシロザケは群をなし既に降海行動を行なっていると推測される。前述したように孵化後 40 日以降 PL/BL，ED/BL は変移点をもつ優比成長，HL/BL は急峻な放物線，TL/BL は変移点のない劣比成長をそれぞれに示す。

これは第1期と第2期を境する変移点以後の PL の旺盛な成長が ED, HL の成長に起因することを示している。換言すれば，比成長全体の変化は頭部の旺盛な成長に帰着する。これは変態，降海行動などのシロザケ初期変化と関連をもつと考えられる。Hoar (1951)，Fontaine (1954) らは発育初期の洄遊魚類で，脳下垂体や甲状腺の活性化を指摘し，これが降海行動と緊密な関連をもつことを推測しているが，比成長の変化がこれらの生理生態的変化と機能的に何らかの関連を有することは容易に推察されるところである。

HL/BL の比成長に示された放物線状の曲線は，比成長率比 $\left(\frac{1}{y}\frac{dy}{dt} \Big/ \frac{1}{x}\frac{dx}{dt}\right)$ の変化する過程として生物学的な意味をもつものである。曲線を生ずる成長の機構がいかなる原因によるかは明らかでない。しかし生態，形態面における初期変化と関連しながら，全体の成長の中で頭部が特異な成長過程を辿るものであることは間違いなく，この機構の精細な解明が期待される。Laird (1965) も鳥類の胎児で二器官重の間に比成長の曲線例を報告している。

大小の親魚に由来する仔魚 A, B 間の比成長には差異が認められた。比成長直線に関する傾斜の差と位置の差の有意性は，親を異にする二集団間に遺伝的な比成長の差異，すなわち形態形成の過程と，同一時点での体型に相違があることを示すものであるが，集団の範囲を拡大し，河川群あるいは地方群等の間にも同様の差異を認めることができれば，系統群の識別に体型を用いることの集団遺伝学的根拠を与えることになろう。

要　　約

親魚を異にする二群のシロザケ稚魚を七飯北大養魚実習場の流水水槽中（水温 4～8°C）に 87 日間飼育した。抽出された8回の測定標本の体長，眼径，頭長，肛門前体長から，体部分の比成長と比成長の brood 間の差異を比成長式 $y=bx^k$ で検討した。

1) 体部分の比成長 ED/BL（眼径/体長）は3期に分かれ，順次に劣比成長，変移期，優比成長を示す。HL/BL（頭長/体長）は高い優比成長から等比成長まで変化する放物線状の曲線を示す。PL/BL（肛門前体長/体長）は3期に分かれ，順次に等比成長，優比成長，劣比成長を示す。TL/BL（胴長/体長）は劣比成長を示す。

2) brood 間の比成長の差異を共分散分析により検定した結果，傾斜の差は ED/BL の第1期，第3期，PL/BL の第1期，第2期に有意であり，位置の差は ED/BL の第3期，PL/BL の第1期，第2期，第3期および TL/BL で有意である。

3) 比成長の変移点を群間で比較すると，変移点は体長よりも孵化後の日数（年令）とよく対応する。

引　用　文　献

1) Foar, W.S. (1952). Thyroid function in some anadromous and landlocked teleosts. *Trans. Roy. Soc. Can.* **46** 39–53.
2) Fontaine, M. (1954). De determinisme physiologique des migration. *Biol. Rev.* **29** 390–418.
3) Hamai, I. (1941). A study of the growth of the fish, *Cyprinus carpio L. Sci. Rep. Tohoku Univ., Biol.*, **16** (1), 17–89.
4) Laird, A.K. (1965). Dynamics of relative growth. *Growth* **29** (3), 249-263.
5) Martin, W.R. (1949). The mechanics of environmental control of body form in the fish. *Univ. Tronto Studies Biol.* **58** 1–73.
6) 佐野誠三 (1959). 北日本産サケ属の生態と蕃殖について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 **14** 1-70.