

サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の稚魚期
 における代謝生理学的研究 - II.

人工餌料による飼育稚魚の成長および餌料効率におよぼす
 注水量, 給餌量および魚の大きさの影響について

橋 本 進

Studies on the Metabolic Function of Young Chum Salmon,
Oncorhynchus keta (Walbaum).—II.

The Influence of Water Quantity and the Amount of the Food,
 and Fish Size on Efficiency of Food Conversion and
 Growth of Rearing Fingerlings with Manufactured Diets

Susumu HASHIMOTO

The purpose of this work is to make clear the influence of fish size at start, and the quantity of the inflowing water and the amount of the food on the growth, and the efficiency of food conversion on the rearing of chum fingerlings with the manufactured diets.

1) The efficiency of food conversion of fish will be chiefly affected by fish size rather than inflowing water quantity. The relation between the food efficiency and fish size was shown in the linear formula (formula 3 and 5 to in figs. 2, 3). Besides, the above-mentioned food efficiency will be remarkably affected by the amount of feeding food as well as the fish size (fig. 3). Consequently, at 8°C of water temperature the relation between the food amount, the fish size and the food efficiency could be shown in the following formula (fig. 4);

$$y_z = 0.19084e^{0.2725z}W_0 + 0.60710e^{0.11575z} \dots \dots \dots (10)$$

y_z : the food conversions, when the amount fed is Z
 Z: the amount fed in percentage of the body weight
 W_0 : the fish weight when into the feeding (unite gram)

2) Therefore, the growth of fish with the diet used for this experiment yields the following formula (fig. 5);

$$w_n = W_0 \left[\frac{P \cdot Z}{100(0.19084e^{0.2725z}W_0 + 0.60710e^{0.11575z})} \right]^n \dots \dots \dots (11)$$

w_n : the weeight gain by feed for n day
 n: days of feeding
 P: feeding interval in day in which the amount of the food is given
 being corrected according to the growth of the fish corresponding
 to the food level at start

The following formula (12) could be made from the above-mentioned formula (11), this shows the amount (Z max) which will expect to have the best efficiency of the growth by the manufactured diet.

$$Z \max = 5.3904e^{-0.37797 \log W_0} \dots \dots \dots (12)$$

On the other hand, if the amount fed exceeds the feed efficiency which is computed by the formula (12) the growth of the fish will be retarded and the larger fish is seemed to be affected easily. This is supported to be caused from the impediment metabolism by over-feeding. Consequently, it is necessary to select the food levels according to the fish size as Lietritz's feeding technique. The determination of food levels is important for the health and efficiency of fish production.

ま え が き

最近、サケ稚魚の飼育は、サケ資源の維持ならびに培養の重要な手段として行なわれるようになり、その飼育餌料の開発は、サケの習性ならびに事業的規模などの特殊性から、極めて重要な課題となっている。前報では、市販の人工餌料を使用して、飼育を稚魚の浮上後約3カ月間行ない、それらの餌料が短期間の飼育においては、サケ稚魚の飼育用餌料として充分利用できることを述べた。しかしながら、サケの特殊な生理・生態的な機能にも起因すると考えられる餌付けの時期、給餌量ならびに餌料成分と斃死との関係など、重要な問題が提起された。

なお、餌料効率や成長は飼育水の溶存酸素量との間に密接な関係があることが一般に知られている。溶存酸素量は注水量と密接な関係にあり、また供給水の多寡は、飼育水中における代謝排泄物の濃度にも関係する。この代謝排泄物の影響については、Brokway (1950)²⁾ や川本 (1957, 1958)^{4,5)} により知られている。また、餌料効率や成長は飼育時の魚の大きさ、給餌量の多寡により著しく相違することが知られ、Leitritz (1960)¹⁾ は水分含量の多寡からみた2種の混合餌料について、魚の大きさならびに水温の影響を考慮した投餌量の基準を発表した。

本報では、注水量、魚の大きさならびに給餌量と餌料効率との関係を調べ、これらの結果から、餌料効率や成長におよぼす注水量、魚の大きさおよび給餌量などの影響を検討した。以下にその結果を報告し、今後の研究の参考に供したい。

本文に入るに先立ち、この研究は当ふ化場千才支場にて行なわれたものである。実験を行なうにあたり多大な御援助を賜った石川博支場長ならびに小山田博技官に感謝の意を表します。また、実験実施に際して終始熱心に助力された木村真氏に謝意を表します。

I 材料および方法

1. 供 試 魚

供試魚は1961年10月26日および11月14日、当ふ化場千才支場西越採卵場で採卵・ふ化したもので本実験を行なうまえに約3カ月間飼育試験に供せられたものである（前報参照）。

2. 方 法

餌料には前の試験において最も歩留りの良かった餌付用粉末餌料(O₁)を用い、給餌回数および給餌時間は前の試験と同様に朝・夕の各1回とした。また、飼育槽には前回の試験で用いたアトキンス式ふ化槽を使用した。

実験方法としては、1962年6月20日から7月20日までの1カ月間に注水量と餌料効率との関係を調べ（実験I）、次いで7月21日から8月6日までの間に、飼育開始時の魚の大きさ、給餌率の違いと餌料効率との相互関係を調べた（実験II）。これら試験項目別にみた各試験期の飼育尾数およびおもな育飼条件を第1表に示した。

給餌方法は、実験Iではすべての試験区の給餌率が等しくなるようにし、実験IIでは試験の目的上毎日の給餌率が常に一定になるように、飼育開始後7日目から魚の状態を観察しながら餌を増量した。

なお、第1表におけるs・j区は、いずれもそれぞれの実験直前に、前報で述べた弱小魚群が混在するようになり、極めて成長の劣っている魚を集めたもの、またg・h区は前の試験による影響が幾らか残っていると思われるものである。これらの試験区における結果（s区は実験Iでの結果）は、いずれも斃死との関係を知るための参考資料としてのみ用いられ、前に述べた試験目的のための資料としては不相当と判断されたのでいずれも除外した。

第1表 試験別の飼育尾数および主な飼育条件

実験の区分		実験 I 1962年6月20日から7月20日まで				実験 II 1962年7月21日から8月6日まで				
前回の試験での区分	試験区	開始時尾数	開始時体重	平均給餌率	注水量	開始時尾数	開始時体重	開始時給餌率	平均給餌率	注水量
			g	%	ℓ/min		g	%	%	ℓ/min
1 区	a	73	2.81	4.37	0.9	70	4.83	2.36	2.47	6.0
	b	83	2.43	4.35	1.8	83	4.30	6.03	5.94	〃
	c	110	1.89	4.06	3.6	109	3.58	4.10	4.01	〃
	d	98	2.06	4.19	7.2	97	3.90	5.95	5.88	〃
	e	119	1.70	4.11	14.4	118	3.29	3.92	3.94	〃
	f	443	1.45	3.80	13.0	438	2.88	8.01	8.10	〃
2 区	s	655	0.94	3.63	16.1	653	1.44	7.99	7.24	〃
	g					211	3.48	5.99	6.17	〃
3 区	h					248	2.11	2.87	2.85	〃
	i					1,015	1.92	5.97	5.65	〃
4 区	j					982	0.93	1.97	2.07	〃
	k					890	1.17	4.00	3.73	〃

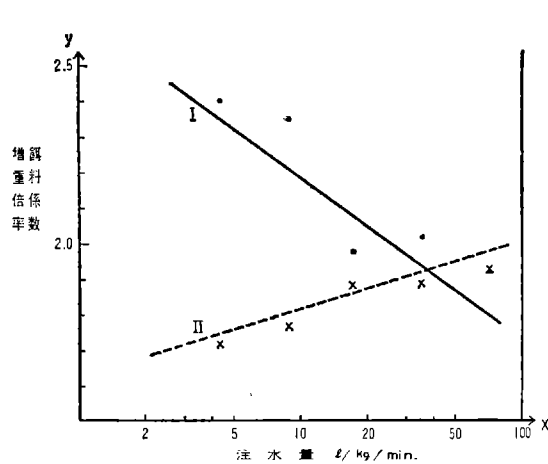
実験 I, 注水量と餌料効率との関係; 実験 II, 給餌量, 魚の大きさと餌料効率との相互関係.

II 結 果

1. 実験 I 注水量と餌料効率ならびに成長との関係

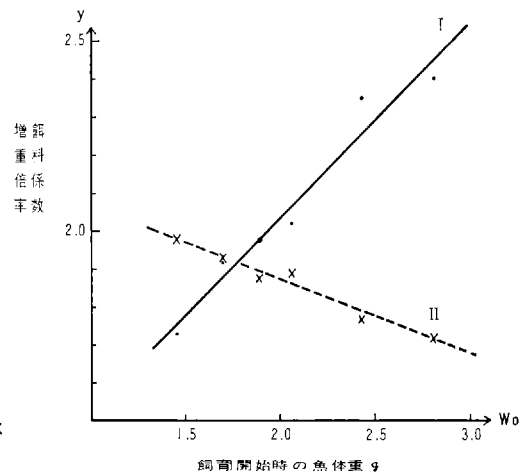
第2表は, 本実験における結果を注水量から整理して示したものである。この結果, 餌料係数は第1図に示すように, 注水量の増加につれて指数函数的に小さくなることが認められた。また, 成長程度の日安として, 飼育開始時と終了時との体重比を用いると, この体重比(増重倍率)は餌料係数におけると同様に, 注水量の増加にしたがい指数函数的に増大することが認められた。

なお, 上に述べた餌料係数および飼育による体重の増加は, 第2図に示すように, 飼育開始時の魚体重が少ないものほど良い値を示し, それらの関係は1次の直線式で示される。



第1図 注水量と餌料係数および成長との関係

図中の数字 I は餌料係数と注水量との関係式 $y = 2.641 - 0.4547 \log x \dots r = 0.753 \dots (1)$, 同じく II は増重倍率と注水量との関係式 $y = 1.624 + 0.1885 \log x \dots r = 0.823 \dots (2)$ を表わす。・, 餌料係数; ×, 増重倍率



第2図 魚の大きさと餌料係数および成長との関係

図中の数字 I は餌料係数と魚の大きさとの関係式 $y = 0.5108W_0 + 1.017 \dots r = 0.977 \dots (3)$, 同じく II は増重倍率と魚の大きさとの関係式 $y = 2.263 - 0.1951W_0 \dots r = 0.985 \dots (4)$ を表わす。・, 餌料係数; ×, 増重倍率

第2表 実験 I の飼育結果

試験区	注水量 l/kg/min	平均魚体重 g		飼育重量 g		斃死	増肉量 g	給餌量 g	餌料係数	増重倍率	歩留り %
		開始時	終了時	開始時	終了時						
a	4.39	2.81	4.84	205	353.6	0	148.6	356.5	2.40	1.72	100
b	8.91	2.43	4.30	202	357.0	0	155.0	364.0	2.35	1.79	〃
c	17.30	1.89	3.56	208	392	0	184.0	364	1.98	1.88	〃
f	21.85	1.45	2.87	642	1,270.4	1	628.4	1,805	1.73	1.98	99.7
d	35.64	2.06	3.90	202	381.9	0	179.9	364	2.02	1.89	100
e	71.40	1.70	3.29	202	391.5	0	189.5	364	1.92	1.93	〃

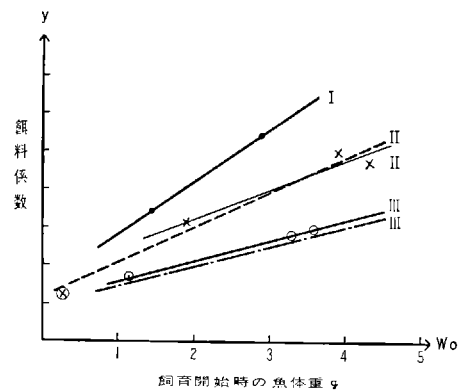
2. 実験 II 給餌量および魚の大きさと餌料効率および成長との関係

第3表は、f・s区、b・d・i区およびc・e・k区を、それぞれ給餌量からみて同一試験群（給餌率の平均値を用いて、それぞれ給餌率7.40%の区分、同じく5.73%、同じく3.8%の3区分）とし、給餌率の高い順に、且つ、それぞれの給餌率からみた区分において魚の大きさ順に、本実験の結果を整理して示したものである。

この結果、餌料係数からみたサケ稚魚における餌料効率は、第3図に示すように、いずれの給餌率からみた試験群においても、魚の大きさととの関係が一次式で表わされ、飼育開始時における魚体が大きくなるにしたがって規則的に悪化し、またその悪化は給餌率の高い試験群ほど著しいことが観察された。

次に、本実験における飼育魚の成長は第3表に示すように、餌を多く与えた試験群 f・s・b・d・i 区での成長が、餌を少なく与えた試験群 c・e・k 区での成長と同じか、むしろ劣り、また、いずれの試験群においても、大型魚を用いた試験区 (f・b・d および c・e 区) での成長が、小型魚を用いた試験区 (s・i および k 区) でのそれより劣ることが観察された。

なお、この実験の期間には、斃死魚あるいは異常魚が、第4表に示すように、大型魚の試験区 (a および e 区) あるいは大型魚の試験区で給餌率の高いもの (b・



第3図 給餌率別にみた魚の大きさと餌料係数との関係

図中の数字 I, II および III はそれぞれ給餌率 7.4% の試験群 (f および s 区), 同じく 5.7% の試験群 (b, d および i 区) および同じく 3.8% の試験群 (c, e および k 区) における餌料係数と魚の大きさととの関係を示し、同じく II' および III' は II の試験群に前報の第 I 期 1 区の実験結果を補足して給餌率 5.48% の試験群としたものおよび III の試験群に実験 I の結果を補足して給餌率 4.03% の試験群とした場合の上に述べた関係を示す。同じく図中の記号 ○, × および ⊗ は上に述べた試験群 I, II および III に属する試験区の結果を示し、同じく ⊗ は前報での第 I 期 1 区の結果を示す。また各試験群での上に述べた関係はそれぞれ次式で表わされる：
 I, $y = 1.392W_0 + 1.430 \dots (5)$; II, $y = 0.779W_0 + 1.667 \dots (6)$; III, $y = 0.531W_0 + 1.078 \dots (7)$; II', $y = 0.919W_0 + 1.144 \dots r = 0.987 \dots (8)$; III', $y = 0.550W_0 + 0.966 \dots r = 0.989 \dots (9)$ 。

第3表 実験 II の飼育結果

試験区	平均魚体重 g		給餌率 %		飼育重量 g		増肉量 (死魚補正) g	給餌量 g	餌料係数	増重倍率
	開始時	終了時	開始時	平均	開始時	終了時				
f	2.88	3.59	8.01	7.68	1,258.0	1,558.0	318.0	1,730.0	5.44	1.25
s	1.44	2.01	7.99	7.12	939.0	1,308.1	372.6	1,280.0	3.44	1.40
b	4.30	5.24	6.03	5.86	357.0	434.6	77.6	371.0	4.78	1.22
d	3.90	4.69	5.95	5.81	378.0	455.0	77.0	387.0	4.99	1.20
i	1.92	2.55	5.97	5.52	1,945.0	2,587.0	642.0	2,000.0	3.12	1.62
c	3.58	4.44	4.10	3.98	390.0	484.0	94.0	278.0	2.96	1.24
e	3.29	4.08	4.00	3.84	388.0	481.7	93.7	267.0	2.85	1.24
k	1.17	1.64	4.00	3.58	1,039.0	1,451.5	420.3	713.0	1.70	1.40
a	4.83	5.56	2.36	2.46	338.0	389.2	51.2	43.0	2.79	1.15
g	3.48	4.04	5.99	6.16	735.0	787.0	111.4	750.0	6.73	1.16
h	2.11	2.52	2.87	2.83	524.0	621.6	99.3	259.0	2.64	1.19
j	0.93	1.00	1.97	2.05	916.0	979.7	63.7	311.0	4.88	1.08

dおよびg区)に、主に発生した。ことに、前報での実験による影響がまだ残っていると思われた試験区で、大型魚を集めてかなり多くの餌を与えたg区は、試験終了時にかなり多くの異常魚が出現した。なお、ここで観察された異常魚とは、彎曲状のものや腹水が著しく溜ったものである。

第4表 実験IIの飼育における斃死魚および異常魚の発生状況

給餌率の区分%	7.40		5.67				3.80			2.83	2.05	2.36
試験区	s	f	i	g	d	b	k	e	c	h	j	a
終了時の魚体重g	2.01	3.59	2.55	4.04	4.69	5.25	1.64	4.08	4.44	2.52	1.00	5.56
斃死	1	1(0.2) 3(0.7)		1(0.5)			5(0.6)			1(0.5)		
	2	3(0.5) 1(0.3)	2(0.2)	2(1.0)				1(1)			2(0.3)	
異常魚		1(0.3)		7(3.4) 5(6)	1(2)			1(1)				1(2)

斃死1および2は、それぞれ飼育期間中および終了時における斃死魚を表わす。表中の数字はそれぞれ尾数を表わし、()内の数字はパーセントで示したものである。

III 考 察

1. 餌料効率および魚の成長におよぼす注水量の影響

第1図に示した餌料効率や成長と注水量との関係式において、相関係数が前者は0.75、後者が0.82であるように、いずれも有意なものであることから、飼育サケ稚魚の餌料効率や成長は、一応注水量による影響を受けることが推察される。そして、注水量の影響による餌料効率や成長の悪化は、注水量の減少にともない、指数函数的に増大することが推察される。

しかしながら、上に述べた餌料効率や成長は、それらと飼育開始時の魚の大きさとの関係において、相関係数が前者は0.98、後者が0.99であるように、注水量の多寡との関係におけるより、飼育開始時の魚の大きさとの関係における有意度が高い(第2図)。このことから、飼育稚魚における餌料効率および成長は、注水量よりもむしろ開始時の魚の大きさ、換言すれば、飼育魚の大きさに著しく影響されることが推察され、小さい魚ほど摂餌した餌を成長のために良く利用することが推察される。そしてこのことは、サケの初期飼育においても、一般に言われているように、魚の不揃いによる摂餌上の競合を、撰別などにより防止しなければならないことを暗示するものと考えられる。

2. 餌料効率に対する給餌量および魚の大きさの影響

サケ稚魚における餌料効率は、実験Iにおけると同様に、魚の大きさにより異なるが、そのこと以外に、与えられる餌の多寡により著しく制約されることが推察される(第3図)。この餌料効率に対する魚の大きさおよび給餌量の多寡による影響については、次のことが推察される。

すなわち、餌料係数に対する魚の大きさの影響を、餌付時のような小型の幼魚についても知るために、b・d・i区を用いた試験群から得られた結果を、それらの試験区と給餌率が同程度であった前報での実験の第I期1区の結果(開始時体重平均0.31g, 給餌率4.69%, 餌料係数1.28)で補足すると、給餌率5.48%のときの餌料係数yと、魚の大きさW₀との関係式として

$$y = 0.919W_0 + 1.144 \dots \dots \dots (8)$$

が得られる。

なお、実験Iでの平均給餌率(4.15%)および餌料係数と魚の大きさとの関係は、本実験におけるc・e・k区を用いた試験群での平均給餌率、および餌料係数と魚の大きさとの関係とはほぼ一致する(第2・3図参照)。したがって、上に述べた2つの実験で得られた結果は、給餌率からみて、同じ試験群から得られたものとすることができる。このことから、給餌率4.03%のときの餌料係数と魚の大きさとの関係式として

$$y = 0.550W_0 + 0.966 \dots \dots \dots (9)$$

が得られる。

上に述べた(8)式および(9)式で表わされる餌料係数と魚の大きさとの関係は、それぞれの相関係数がr=0.978, r=0.989であるように、極めて有意なものである。これらのことから、成長にともない餌料効率は、Earl³⁾の実験では過食により悪化することが知られているが、魚の大きさによっても著しく影響されることが考えられる。そ

して、上に述べた餌料効率は、体重 0.3 g のような餌付時の幼魚から、体重 5 g の稚魚において、給餌量の多寡による影響をかなり普遍的、規則的に受けることが推察される。

上に述べたことは、魚を養殖する場合に一般に言われていることである。したがって、サケの飼育において、魚の大きさや給餌量などが、どのような影響をするかを知るため、(5)式(第3図参照)、(8)式および(9)式を用いて、餌料効率と魚の大きさおよび給餌率との相互関係の一般化を試みた。

すなわち、ある給餌率(z)の餌が与えられたときの餌料係数(y_z)と、魚の大きさ(W₀)との関係は次式で表わされる。

$$y_z = aW_0 + b$$

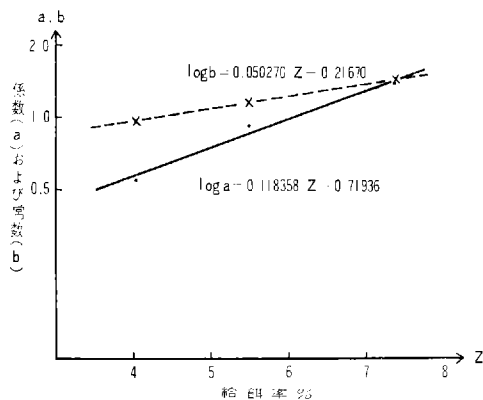
a および b は第 4 図に示すように、(5)式、(8)式および(9)式における各係数、および常数の相互関係から、次のように表わされる。

$$a = 0.19084e^{0.27253z} \dots \dots r = 0.991, \quad b = 0.607097e^{0.116750z} \dots \dots r = 0.998$$

したがって、サケ稚魚における魚の大きさおよび給餌率と、本実験で用いた餌料(O₁)の餌料係数との関係は、水温が 8°C のとき、次式で表わされる。

$$y_z = 0.19084e^{0.27253z}W_0 + 0.60710e^{0.116750z} \dots \dots (10)$$

第 5 表は、本実験における餌料係数の実測値と、上式から求めた計算値との関係を、給餌率から整理して示したものである。この結果、(10)式で得られる計算値は、本実験での魚の大きさおよび給餌率の範囲では、ほぼ実測値と一致することがわかる。またこのことは、飼育による魚の成長を、魚の大きさや給餌量の多少を考慮して、かなり正確に推定できることを暗示する。そして、これらのことは、生産効率を向上させるために、Leitritz らの給餌理論の必要なことを意味するものと考えられる。



第 4 図 餌料係数と魚の大きさとの関係式 $y = aW_0 + b$ における係数(a)および常数(b)と給餌率との関係
 図中の記号・および×はそれぞれ(5)、(8)および(9)式における係数および常数を示す。

第 5 表 餌料係数の実測値と推算値

実験期	試験区	飼育開始時 平均体重 g	餌料係数	
			実測値	推算値
I	a	2.81	2.40	2.78
	b	2.43	2.35	2.53
	d	2.06	2.02	2.22
	e	1.70	1.92	2.00
	c	1.89	1.98	2.07
	f	1.45	1.73	1.73
II	f	2.88	5.44	5.94
	s	1.44	3.44	3.31
	b	4.30	4.78	5.26
	d	3.90	4.99	4.82
	i	1.92	3.12	2.81
	c	3.58	2.96	2.99
	e	3.29	2.85	2.74
	k	1.17	1.70	1.52
a	4.83	2.79	2.62	

3. 成長に対する給餌量および魚の大きさの影響

飼育による魚の成長は、与えた餌の量とその餌の餌料係数により、制約されるものと考えられる。したがって、魚の大きさや給餌量の多寡が、魚の成長にどのような影響を与えるかを、(10)式を用いて検討した。

すなわち、一定期間飼育した後の魚の増重量 w_n は、前報で述べたように、飼育開始時の魚体重を W_0 、給餌率を Z 、給餌日数を n 、また飼育による魚の増重に対して、給餌量を一定期間毎に開始時の給餌率になるように補正する場合、その補正された期間の日数を P とすれば、次式により表わされる。

$$w_n = W_0 \left[P \cdot \frac{Z}{100} \cdot \frac{1}{(0.19084e^{0.27253z}W_0 + 0.60710e^{0.116750z})} \right]^n \dots \dots (11)$$

なお、(10)式で計算される餌料係数は、それが飼育開始前の魚体重に対する、ある一定期間の飼育後に得られる結果の関係式から求められたものであるため、限られた飼育期間では、その期間の成長にともなう体重の影響

が含まれていると考えられる。

第5図は(11)式から、給餌量を5日毎に補正(P=5)して、30日間飼育した場合の、魚体重の増加割合 w_n/W_0 と、給餌率との関係を、色々な大きさの魚について計算し、図示したものである。この図から、飼育魚はある給餌率まで餌を増量することにより、成長が促進されることが推察される。この給餌率の増加による成長促進は、大型魚より小型魚において加速的に起きることが推察される。また、魚の成長を飼育により期待するための給餌率には、第5図に示したすべての大きさの魚に、上に述べたような限界のあることが推察される。その給餌率を仮に成長のための最大給餌率と呼ぶれば、その最大給餌率 Z_{max} は第6図に示すように、魚の大きさ W_0 g に対して、次に示す関係式

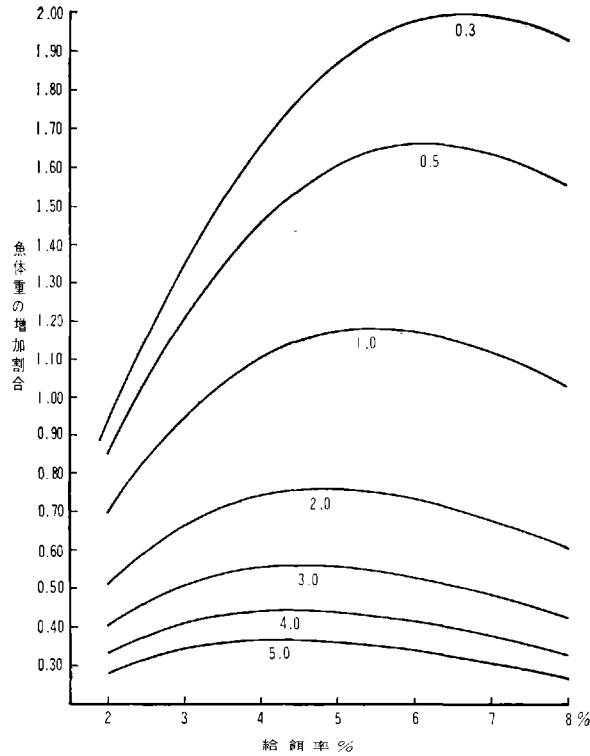
$$Z_{max}\%/day = 5.3904e^{-0.37707 \log W_0} \dots \dots r = 1 \dots \dots (12)$$

で表わされ、一般に言われているように、大きな魚ほど給餌率を少なくしなければならないことが推察される。

また、第5図から、上に述べた最大給餌率以上に餌を与えた場合、飼育魚は成長を阻害されることが推察される。この成長阻害現象は、餌の与えすぎによる単なる給餌時の餌の損失によるばかりでなく、Earl が飼料効率のうえで観察したように、その飼料効率に対する影響から、一般に言われている過食の一つの現象として生じたものと考えられる。そしてこれの原因の一つとして、過食により代謝機能の阻害されることが考えられる。

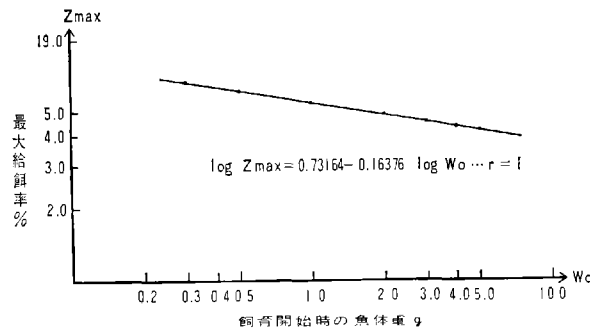
以上に述べたことから、本実験における飼育魚の成長と給餌量との関係を検討するために、第6表に実給餌率および成長と、(12)式から述べた成長が最大になるための給餌率を表示した。この表から、実験Iでの魚の成長がいずれの試験区においても、実験IIでのそ

れより勝れていることが推察されるが、このことは、実験Iでは上に述べた最大給餌率に近い餌を与えたためと推察される。なお、実験IIで最大給餌率に近い餌を与えたcおよびe区での成長が、実験Iでの結果より劣っていたことは、前にも述べたように、魚の大きさの違いによるものと推察される。また、実験IIにおいて、餌を多く与えたf・s・b・d・i区での魚の成長が、餌を少なく与えたc・e・k区より劣っていたことは、第4表に示したように、f・s・b・d・i区の魚に与えた餌の量が、それらのいずれの試験区においても、過食の現象が生じる量であったことによるものと推察される。また、給餌率から区分されたそれぞれの試験群において、大型魚の試験



第5図 (11)式より推算された体重の増加割合と給餌率との関係

図に示した体重の増加割合とは、給餌量を5日目ごとに補正し、30日間給餌した場合の推算増重量を飼育開始時の魚体重で除したものである。また図中の数字はそれぞれ飼育開始時の魚体重 W_0 を表わす。



第6図 最大の成長が期待される給餌率と魚の大きさとの関係

第 6 表 実給餌量および魚の成長と最大成長が期待される推算給餌量

実験期	試験区	飼育開始時 平均体重 g	給 餌 率 %		増重倍率
			1	2	
I	a	2.81	4.37	4.59	1.72
	b	2.43	4.35	4.65	1.79
	d	2.06	4.19	4.79	1.89
	e	1.70	4.11	4.98	1.93
	c	1.89	4.06	4.83	1.88
	f	1.45	3.80	5.02	1.98
II	f	2.88	7.68	4.54	1.46
	s	1.44	7.12	5.05	1.74
	b	4.30	5.86	4.25	1.41
	d	3.90	5.81	4.34	1.38
	i	1.92	5.52	4.83	1.62
	c	3.58	3.98	4.40	1.45
	e	3.29	3.84	4.44	1.45
	k	1.17	3.58	5.21	1.75
	a	4.83	2.46	4.20	1.28
	g	3.48	6.16	4.40	1.30
	h	2.11	2.83	4.78	1.36
	j	0.93	2.05	5.44	1.44

給餌率 1, 2 はそれぞれ実給餌率と最大の成長が期待できる推算給餌率を表わす。実験 II における増重倍率は全て 30 日当りに換算したものである。

g 区でそれが多く発生したことから、餌の与え過ぎが餌の利用や魚の成長を阻害するのみならず、斃死魚や異常魚の発生を助長し、ことに、不健康な魚を飼育する場合に著しいことが推察される。しかしながら、上に述べた過食によって生じたと推察された斃死魚および異常魚が、主に大型の魚を用いた試験区で発生したことや、特に大型な魚を用いた a 区では給餌率が低かったにもかかわらず、それらの発生が認められたことなどから、この時期における斃死魚および異常魚の発生は、魚の大きさが習性上の生理的な変化と関係して、その生理的变化が斃死魚や異常魚の発生を助長することも考えられる。

以上のことから、人工餌料によるサケ稚魚の飼育には、餌の与え過ぎが単なる餌の損失となるのみならず、成長を阻害すると共に魚の斃死を助長する結果となる。したがって、給餌量は魚の大きさとの関係において決定することが、魚の生理上および生産効率の上からも重要であることが知られた。

IV 要 約

1. サケ稚魚を市販の人工乾燥餌料で飼育し、注水量、給餌量および飼育魚の大きさが、餌料効率や成長におよぼす影響について調べた。
2. サケ稚魚における餌料効率は、注水量 4l~70l/kg/min の範囲では、注水量による影響が少なく、むしろ魚の大きさに著しく支配され、その関係が一次式で表わされるように、魚が大きくなるにしたがって規則的に悪化することが知られた（第 1 図~第 3 図）。
3. 餌料効率に対する給餌量の多寡による影響については、上に述べた魚の大きいものほど著しいことが知られ、これら餌料効率と魚の大きさ、および給餌率との間には、水温が 8°C のとき、次式に示した関係のあることが知られた。

$$y_z = 0.19084e^{0.2725z}W_0 + 0.607097e^{0.11575z}$$

y_z , 給餌率 Z% のときの餌料係数; Z, 給餌率 %/day;

W_0 , 飼育開始時の魚体重 g

4. 本実験で用いた餌による飼育サケ稚魚の成長は、水温 8°C のとき、飼育開始時の魚の大きさや給餌率との間に次式に示した関係のあることが推察される。

区での成長が、小型の魚を用いたものより劣っていたことは、最大給餌率が大型魚ほど少ないのに、大型魚に餌をむしろ多く与えたことによるものと推察され、過食の現象がサケにおいてもあることを裏付けるものと考えられる。

なお、給餌率の増加による成長促進および成長阻害現象が、大型魚ほど緩慢なこと（第 5 図参照）が推察されるが、これは大型魚ほど給餌量の変動や不足に対する適応性が、小型魚より強いことを暗示するものと考えられる。

また、魚における過食の影響には、第 6 表に示したように、給餌率が高い e および d 区で、斃死魚や異常魚が発生すること、ことに、本実験前から健康に欠陥が認められるような

サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の稚魚期における代謝生理学的研究-II.

$$w_n = W_0 \left[P \cdot \frac{Z}{100(0.19084e^{0.2726Z}W_0 + 0.607097e^{0.11576Z})} \right]^n$$

w_n , 飼育による増重量 g ; n , 給餌日数; P , 給餌量を一定の間隔で開始時の給餌率と同じになるように補正する場合, その補正間隔の日数

このことから, 魚の成長は小型魚ほど給餌率の増加により加速度的に促進され, そして, 成長促進のための給餌率には限界のあることが知られた。また, 最大の成長が得られる給餌率 (Z_{max}) は, 大型魚より小型魚で高く, 次に示す関係式で表わされた。

$$Z_{max} = 5.3904e^{-0.37707 \log W_0}$$

また, 上に述べた給餌率 (Z_{max}) 以上に餌が与えられる場合, 飼育魚は成長が阻害され, そのうえ大型魚において非常に斃死しやすいことが推察された。これらは, 過食による代謝機能上の障害から生じることが推察される。したがって, サケの飼育には, 魚の大きさを考慮した餌を与えることが, 魚の生理および生産効率のうえからも重要なことと考えられる。

文 献

1. 青江優夫, 1961: 水増, **9**, 3, pp. 151~188.
2. Brockway, D. R., 1950: Prog. Fish-Culturist, **12**, 3, pp. 127~129.
3. Earl A. Pyle, Glen Hammer and Arthur M. Phillips, 1961: Prog. Fish-Culturist, **23**, 4, pp. 162~168.
4. Kawamoto, N. Y., Y. Inouye and S. Nakanishi, 1957: Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie, **2**, 3, pp. 437~447.
5. 川本信之, 195: 同誌, **3**, 1, pp. 104~121.