

海水飼育サケ稚魚の餌料要求量

興石裕一¹⁾

Growth of Juvenile Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, Reared in Tanks Supplied Sea Water in Relation to Food Consumption, Salinity and Dietary Protein Content

YUICHI KOSHISHI¹⁾

Abstract

Growth rate of the chum salmon, *Oncorhynchus keta*, was studied in relation to food consumption, salinity and dietary protein content. Juvenile fish in its size corresponding to coastal life just after catadromous migration were subjected to several feeding experiments.

The results obtained are summarized as follows;

1. The maintenance rations ranged from 0.73% (dry/wet/day, 8°C) to 1.43% (15°C). The rations required for maximum growth ranged from 2.29% (8°C) to 3.63% (12°C).
2. Though there was little difference in feed conversion and protein efficiency ratio between the fish fed to satiation and those fed about half ration of the satiation below 12°C, significant difference occurred when fish were fed at 15°C.
3. Practically same patterns were shown between the fish fed in salt water and those fed in fresh water on the effect of dietary protein content on feeding rate, growth rate, feed conversion and protein efficiency ratio. The growth rate of the fish fed in salt water was inferior to those fed in fresh water at every protein level.

I. 緒 言

サケの人工ふ化放流事業の歴史は古く、ふ化放流技術あるいは河川内の生態に関する研究報告は多い。しかしながら沿岸滞泳期稚魚の生理・生態に関する知見は今までのところ極めて少数に限られている。降海後、北上回遊に移るまでの沿岸滞泳期におけるサケ稚魚の減耗率はかなり高いものと推定され、親魚の回帰率を高めるためにはこの期間の稚魚の生理・生態を把握し、生残率向上をはかることが重要と考えられる。今回沿岸滞泳期に相当するサイズのサケ稚魚を材料として、生長におよぼす給餌率の影響および塩分、飼料中の蛋白質含量が生長におよぼす影響に関して飼育実験を行ない若干の知見を得たので報告する。本論に入るに先立ち、終

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

始有益な御助言、御助力をいただいた日本海区水産研究所安永義暢技官に厚く御礼申し上げます。また、分析、印刷原図の作製等に御協力頂いた柴田玲子技官、長沼典子技官に深謝する。

II. 材料および方法

1. 給餌率からみた餌料要求量

新潟県三面川溯上親魚から採卵、ふ化させた仔魚を浮上後牛肝を餌料に海水順化し、所定のサイズまで市販のニジマス用クランブルで飼育し実験に供した。飼育水槽には55ℓの亚克力水槽を用い海水流水式とした。所定の水温下で一週間の予備飼育を行ない、モイストペレットに成形した実験用餌料（第1表）を1日3回給餌した。実験Ⅰでは1.4gサイズの稚魚を用い、水温を8℃および12℃、飼育期間を12日間とした。実験Ⅱでは3.0gサイズの稚魚を用い、水温を10℃および15℃、飼育期間を11日間とした。各サイズ、水温条件下で毎回飽食量を給餌したLot 100とLot 100の約1/2量、1/4量、1/10量の給餌を行なったLot 50, Lot 25, Lot 10を設けた。なお、この水温設定は同サイズ稚魚の沿岸滞泳期の環境水温を参考に行なった。

第1表 試験飼料組成および一般分析値（制限食飼育試験）

Table 1. Composition and nutrient content of the test diet for restricted feeding experiment.

White fish meal	65
Dextrin	10
Cod liver oil	5
CMC	5
Cellulose powder	10
Mineral mixture ^{a)}	4
Vitamin mixture ^{b)}	1
Water	65
Moisture (%)	39.6
Protein (N×6.25, %)	28.7
Lipid (%)	6.85

a): U. S. P. XII, salt mixture no. 2 with trace minerals.

b): Composition is the same as given in the previous paper (KOSHISHI et al., 1980).

2. 塩分、飼料中の蛋白質含量が生長におよぼす影響

北海道千歳川溯上親魚から採卵、ふ化させた仔魚を浮上後市販サケ用クランブルを飼料に、脱塩素水道水を用いて飼育した稚魚をF区（淡水飼育区）、浮上後海水順化し飼育した稚魚をS区（海水飼育区）の供試魚とした。試験飼料組成は第2表に示したとおりで、蛋白源に北洋（スケソウダラ）魚粉を用い、濾紙粉末およびデキストリンで代替することにより蛋白質含量を5段階に調整した。給餌は1日3回とし、モイストペレットに成形した飼料を毎回飽食量与えた。飼育水槽は55ℓの亚克力水槽で流水式とし、温度コントロールは行なわなかつた。飼育期間は24日間としたが、飼育17日頃よりS-3区においてビブリオ症と思われる感染症が発生したため、魚体の一般分析および蛋白質、脂質の蓄積率以外の値は飼育期間を17日間として算出した。飼育終了後S-3区を除く各区から各10尾を温度耐性試験に供した。また、S区について17日以降飼料中に酸化クロムを外割で1%添加し、24時間を1単位とした採糞を行なつて間接法により蛋白質の消化率を求めた。

第2表 試験飼料組成および一般分析値

Table 2. Composition and nutrient content of the test diets.

Diet no.	1	2	3	4	5
White fish meal	37	48	58	69	84
Dextrin	10	10	10	10	1
Cod liver oil	6	6	6	6	6
CMC	4	4	4	4	4
Cellulose powder	38	27	17	6	0
Mineral mixture	4	4	4	4	4
Vitamin mixture	1	1	1	1	1
Protein (N×6.25, %)	27.1	34.6	42.3	49.1	61.4
Lipid (%)		10.5	12.2	12.9	15.7

一般分析のうち水分は常法，粗蛋白はマイクロケルダール法，粗脂肪は Folch の方法により求めた。日間摂餌率 (f) および日間生長率 (g) は次式により求めた (ただし W_0 : 初期体重, W_T : T日後の体重, F: 期間中の摂餌量)。

$$f = \frac{F}{T \cdot \frac{W_0 + W_T}{2}}, \quad g = \frac{W_T - W_0}{T \cdot \frac{W_0 + W_T}{2}}$$

III. 結 果

1. 給餌率からみた餌料要求量

第3表に飼育結果を示した。摂餌は各区とも良好で個体別の偏りも少なかった。また、各水温における Lot 100~Lot 10 の摂餌量はおおむね予定通り 100:50:25:10 の比率となった。

両サイズともに Lot 25 までは増重が認められたが Lot 10 では逆に体重は減少した。とくに 3.0g サイズの Lot 10 をみると 15℃では10℃の 1.6 倍の摂餌率を示したが体重減少率が10℃の 2 倍以上となり、また43.8%と高い斃死率を示した。両サイズともに高水温下では飽食量が多くなりその結果 Lot 100 と Lot 10 の摂餌率、生長率、増重率の差が低水温下より大きく現われた。

日間摂餌率と生長率の関係を 1.4g サイズについて第1図に、3.0g サイズについて第2図に示した。いずれのサイズ、水温条件下においても Lot 50 以下の給餌区では摂餌率と生長率の間に強い相関が認められた。また、摂餌率が Lot 50 以上から飽食に至る間の生長率は Lot 100 で得られた生長率に漸近する形で増加すると考えられる。今、便宜的に Lot 50 以下での回帰直線と Lot 100 の生長率を示す直線の交点が最大生長に必要な最小摂餌率を表わすとすると、1.4g サイズでは 8℃で2.29% (dry/wet/day), 12℃で3.63%, 3.0g サイズでは10℃で2.32%, 15℃では 3.49%となった。また体重維持摂餌率は1.4g サイズ 8℃で0.73%, 12℃で0.97%, 3.0g サイズ10℃で0.77%, 15℃で1.43%となった。

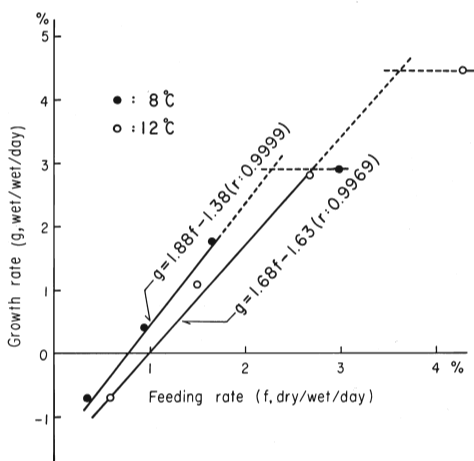
飼料効率は 1.4g サイズ 8℃の Lot 50, 12℃の Lot 50 および Lot 100 で 1.0 以上を示した。また、15℃以外のシリーズでは Lot 100 と Lot 50 の間に大きな差は認められなかった。摂餌率と飼料効率の関係(第3図)から体重維持摂餌率を求めると、1.4g サイズ 8℃および 12℃, 3.0g サイズ10℃では0.7~0.9%, 3.0g サイズ15℃では約 1.2% となった。15℃におい

第3表 制限食飼育試験結果

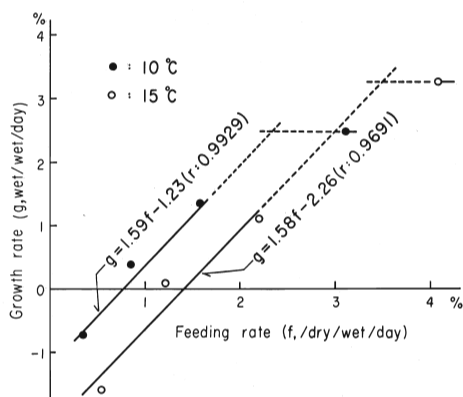
Table 3. Results of restricted feeding experiment.

Lot (Temperature)	Fish no.	Experimental period (days)	Food consumed		Average body weight (g)		Percent gain (%)	Feeding rate (dry/wet /day, %)	Growth rate (wet/wet /day, %)	Feed conversion	Mortality (%)
			(dry, g)	(ratio)	Initial	Final					
Experiment (I)											
8°C	100	46	21.12	100	1.32	1.77	34.2	2.98	2.92	0.98	0
	50	46	11.54	55	1.37	1.64	19.1	1.67	1.75	1.05	0
	25	46	5.77	27	1.31	1.37	4.1	0.94	0.41	0.43	0
	10	46	1.97	9	1.27	1.18	-7.0	0.35	-0.73	-2.08	0
							12				
12°C	100	47	40.26	100	1.55	2.44	57.4	4.29	4.46	1.04	0
	50	47	22.88	57	1.56	2.06	32.2	2.69	2.81	1.03	0
	25	47	11.45	28	1.51	1.69	11.4	1.52	1.08	0.71	0
	10	47	3.90	10	1.42	1.32	-6.9	0.60	-0.71	-1.18	0
Experiment (II) ^{a)}											
10°C	100	19	17.34	100	3.06	3.82	24.9	3.12	2.46	0.79	5.6
	50	19	8.52	49	2.97	3.32	11.7	1.58	1.23	0.77	5.3
	25	19	4.31	25	2.92	2.98	2.4	0.85	0.26	0.30	10.5
	10	18	1.74	10	2.98	2.78	-6.5	0.35	-0.75	-2.12	10.5
							11				
15°C	100	16	23.30	100	3.02	4.06	34.4	4.07	3.26	0.80	0
	50	18	11.27	48	2.98	3.29	10.2	2.22	1.08	0.49	0
	25	18	6.05	26	3.02	3.04	0.6	1.23	0.06	0.05	11.1
	10	18	2.08	9	2.78	2.40	-13.5	0.56	-1.61	-2.88	43.8

a): The weights of dead fish were compensated on the basis of linear growth before the calculation of each values (except Mortality).

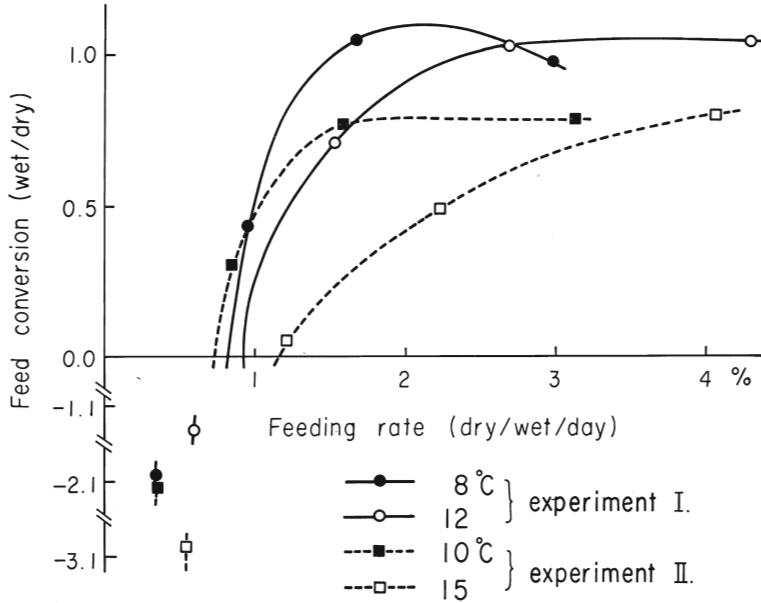


第1図 日間摂餌率と生長率 (実験 I)
Fig. 1. Relationships between feeding rate and growth rate (restricted feeding experiment I).



第2図 日間摂餌率と生長率 (実験 II)
Fig. 2. Relationships between feeding rate and growth rate (restricted feeding experiment II).

ては他の3シリーズと異なり摂餌率の増加に伴う飼料効率の増加が緩慢で Lot 50 では Lot 100 の約60%の値を示した。また、両サイズとも飼料効率の最大値は設定水温にかかわらずほぼ一定となり、1.4gサイズでは3.0gサイズの約1.25倍であった。



第3図 日間摂餌率と飼料効率

Fig. 3. Relationships between feeding rate and feed conversion.

実験前後の全魚体の一般分析結果と、蛋白質および脂質の蓄積率、蛋白質効率を第4表に示した。各シリーズともに摂餌率が低下すると水分が上昇し脂質含量は低下した。蛋白質含量では3.0gサイズのLot 10で明らかな減少が認められた。摂餌率と脂質含量の関係(第4図)では低水温ほどLot 50とLot 100の値が近似した。

日間摂餌率と蛋白質蓄積率の関係を第5図に、また脂質蓄積率との関係を第6図に示した。蛋白質蓄積率は1.4gサイズ8°CのLot 50で41.3%と最大値を示し、各シリーズともLot 10でマイナス値となった。3.0gサイズ15°Cを除き各シリーズともLot 50でLot 100の値を上回り、その割合は低温ほど高くなつた。すなわち、15°Cでは飽食に至るまで摂餌率の上昇と共に蓄積率も増加したが、それ以下の水温では飽食量の給餌は蛋白質蓄積率からみると過食であつたと言えよう。脂質蓄積率では各シリーズともにLot 25, Lot 10でマイナス値となった。また、1.4gサイズ8°C以外では飽食させた場合において蓄積率は増加傾向を示した。

2. 塩分、飼料中の蛋白質含量が生長におよぼす影響

S区、F区ともに低蛋白質含量区から順に1~5区を設けた。17日間の飼育結果を第5表にまとめた。なお、24日間の飼育期間中の水温はS区11.2~16.4°C(平均14.6°C)、F区11.8~16.4°C(平均15.2°C)であつた。

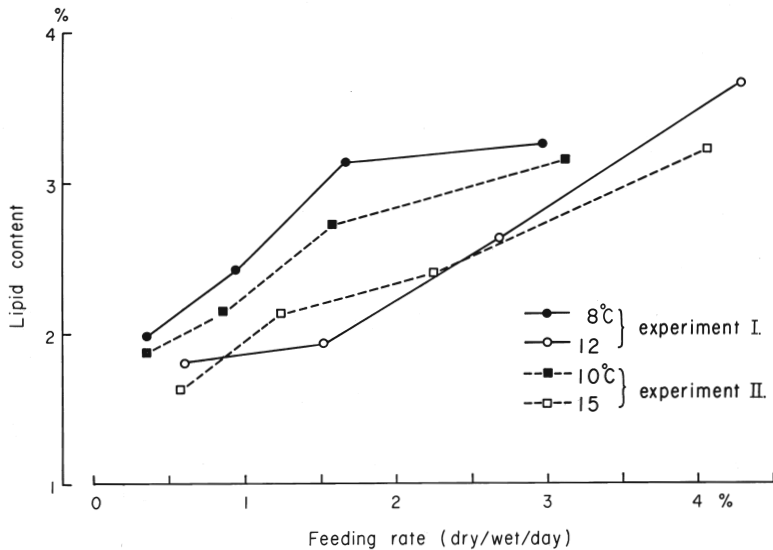
S区の増重率はいずれの蛋白質含量においてもF区の1/2~1/3であつた。また、S区、F区ともに4区(蛋白質含量49.1%)で最も良い生長を示した(第7図、第5表)。蛋白質含量と日間摂餌率の関係を第8図に、また、日間生長率との関係を第9図に示した。日間摂餌率はS区、

第4表 全魚体の一般分析値および蛋白質、脂質の蓄積率、蛋白質効率（制限食飼育試験）

Table 4. Proximate composition of the whole bodies, protein and lipid retained in the bodies and protein efficiency ratio (restricted feeding experiment.)

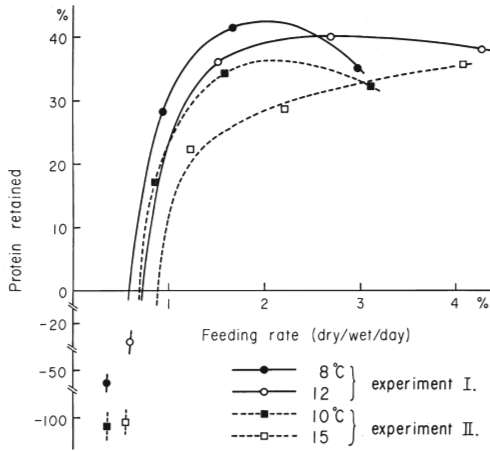
Lot (Temperature)	Proximate composition (%)						Protein ^{a)} retained (%)	Lipid ^{a)} retained (%)	PER	
	Initial			Final						
	Moisture	Protein	Lipid	Moisture	Protein	Lipid				
Experiment (I)										
8°C	100			79.4	16.4	3.25	35.3	35.1	2.05	
	50	77.9	16.2	2.96	79.4	16.4	3.12	41.3	36.2	2.20
	25			80.1	16.8	2.41	38.3	-41.2	0.91	
	10			81.0	16.4	1.98	-54.4	-289.8	-4.36	
12°C	100			78.4	16.7	3.65	38.2	42.7	2.18	
	50	80.1	16.2	3.05	79.5	16.7	2.62	39.8	11.5	2.16
	25			80.2	17.0	1.93	35.8	-49.0	1.48	
	10			80.8	16.6	1.80	-26.2	-205.6	-2.47	
Experiment (II)										
10°C	100			78.1	17.1	3.15	31.9	34.0	1.67	
	50	79.6	16.6	2.73	79.4	17.1	2.72	34.1	18.2	1.64
	25			80.0	16.9	2.13	17.0	-62.8	0.64	
	10			80.7	16.2	1.89	-103.2	-279.8	-4.50	
15°C	100			78.0	17.6	3.21	35.6	43.5	1.70	
	50	80.3	16.5	2.22	78.7	17.5	2.40	28.5	18.1	1.03
	25			79.0	17.5	2.12	22.0	-7.1	0.11	
	10			80.6	16.4	1.63	-101.5	-153.8	-6.01	

a): (Protein or Lipid increased)/(Protein or Lipid intake) × 100

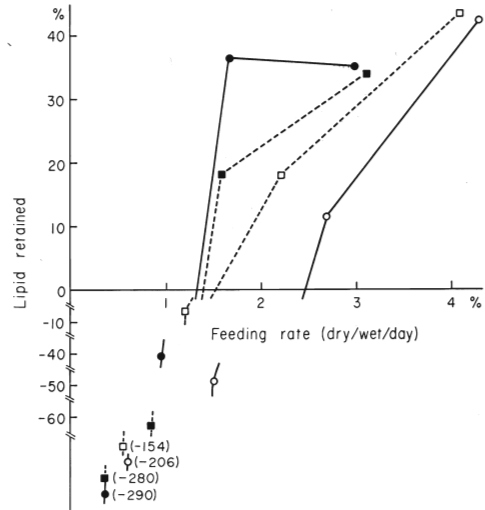


第4図 日間摂餌率と全魚体の脂質含量

Fig. 4. Relationships between feeding rate and lipid contents of the whole bodies.



第5図 日間摂餌率と蛋白質蓄積率
 Fig. 5. Relationships between feeding rate and protein retained in the bodies.



第6図 日間摂餌率と脂質蓄積率
 Fig. 6. Relationships between feeding rate and lipid retained in the bodies (marks referable to the previous figure).

第5表 飼育試験結果 (17日間飼育)

Table 5. Results of feeding experiment (17 days feeding).

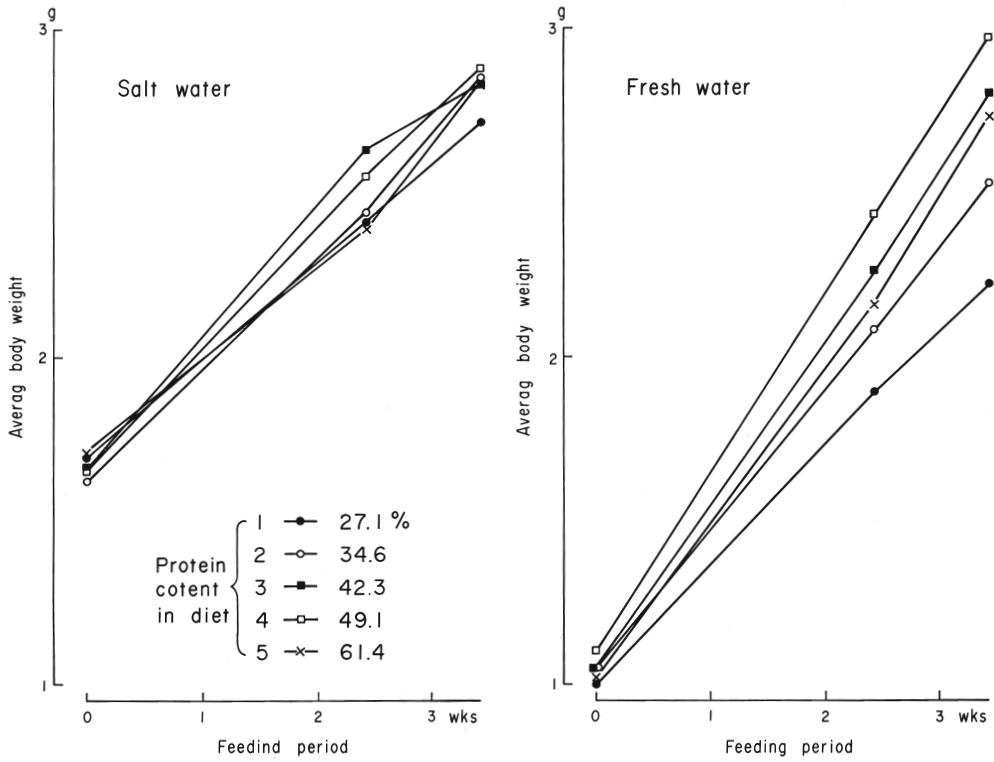
Lot ^{a)}	Fish no.	Food consumed (dry, g)	Average body weight (g)		Percent gain (%)	Feeding rate (dry/wet/day, %)	Growth rate (wet/wet/day, %)	Feed conversion	Protein efficiency ratio	Mortality (%)
			Initial	Final						
S-1	34	49.6	1.69	2.41	43	4.45	2.22	0.50	1.84	0
S-2	34	46.1	1.62	2.44	50	4.17	2.51	0.60	1.75	0
S-3	35	40.9	1.66	2.63	51	3.51	2.53	0.72	1.71	8.6
S-4	34	36.3	1.65	2.55	52	3.21	2.59	0.81	1.65	2.9
S-5	35	37.9	1.71	2.39	34	3.38	1.81	0.53	0.87	11.4
F-1	36	44.4	1.00	1.89	88	5.33	3.83	0.72	2.65	0
F-2	36	44.2	1.05	2.08	99	4.91	4.14	0.84	2.44	0
F-3	36	42.6	1.05	2.26	112	4.53	4.47	0.99	2.34	2.8
F-4	37	44.0	1.10	2.43	121	4.21	4.71	1.12	2.34	0
F-5	37	40.0	1.02	2.16	112	4.24	4.48	1.06	1.72	0

a) : S; Salt water, F; Fresh water

F区ともに1~4区で蛋白質含量と負の相関を示し (S区2%, F区0.1%水準で有意), 5区では逆に高くなった. なお, 単位体重当りの蛋白摂取量は第6表に示したように5区で最大となった. F区と比較するとS区の摂餌率は低くF区の8割前後であった. 日間生長率は日間摂餌率と対照的にS区, F区ともに1~4区で蛋白質含量と正の相関を示し (F区0.1%水準で有意), 5区では逆に低下した. 特にS-5区の生長率はS-1区以下となり注目された. また, S区における最大生長率は2.59% (S-4区)とF区の最小値3.83% (F-1区)を下回った.

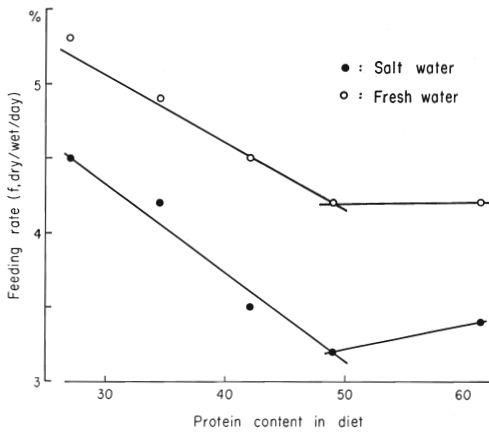
飼料効率についてもF区の0.72~1.12に対しS区では0.50~0.81と低い値を示した. 両区とも1~4区では蛋白質含量との間に正の相関 (両区とも0.1%水準で有意)を示し, 5区で減

少した（第10図）。一方、蛋白質効率はS区，F区ともに1～4区で蛋白質含量と負の相関（S区2%水準で有意）を示し，5区ではさらに著しく低下した（第11図）。



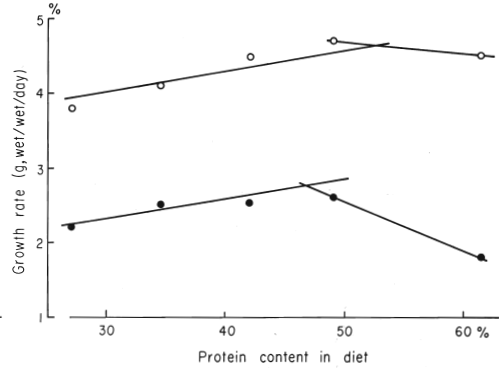
第7図 飼料中の蛋白質含量が生長におよぼす影響

Fig. 7. Effect of dietary protein content of the growth rate.



第8図 飼料中の蛋白質含量と日間摂餌率

Fig. 8. Relationships between dietary protein content and feeding rate.



第9図 飼料中の蛋白質含量と日間生長率

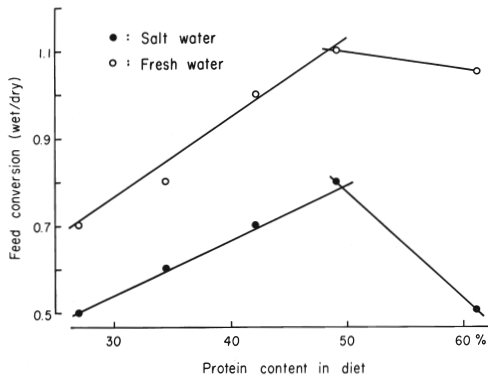
Fig. 9. Relationships between dietary protein content and growth rate.

第6表 蛋白質摂取量 (17日間飼育)

Table 6. Daily protein intake (mg protein/g BW/day). (17 days feeding).

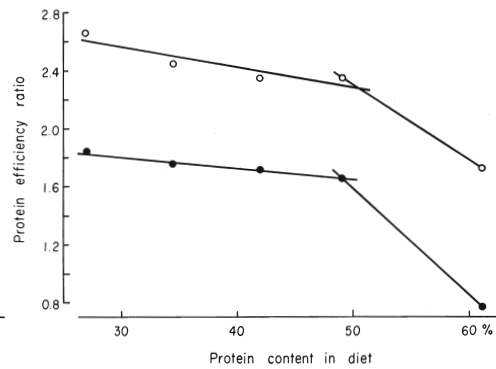
	Lot				
	-1	-2	-3	-4	-5
Salt water	11.38	13.59	14.01	14.83	19.59
Fresh water	13.66	15.98	18.07	19.50	24.60

飼育開始時および24日間の飼育終了時に全魚体の一般分析を行ない、結果を蛋白質および脂質蓄積率と合わせて第7表に示した。飼育終了時の体成分をS区、F区で比較するとS区で水分および蛋白質含量が高く、脂質含量が低い傾向が認められた。またF区では1～4区で蛋白質含量の上昇にともなう水分の低下、蛋白質および脂質含量の増加が認められた。S区、F区



第10図 飼料中の蛋白質含量と飼料効率

Fig. 10. Relationships between dietary protein content and feed conversion.



第11図 飼料中の蛋白質含量と蛋白質効率

Fig. 11. Relationships between dietary protein content and protein efficiency ratio.

第7表 全魚体の一般分析値および蛋白質、脂質の蓄積率 (24日間飼育)

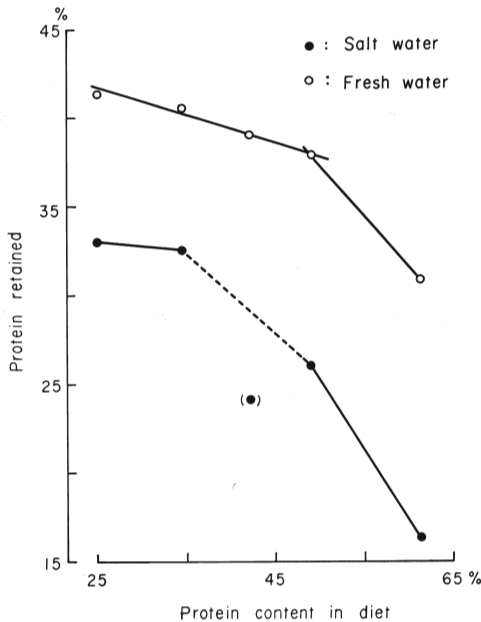
Table 7. Proximate composition of the whole bodies and protein and lipid retained in the bodies (24 days feeding).

Lot	Proximate composition (%)						Protein retained (%)	Lipid retained (%)
	Initial			Final				
	Moisture	Protein	Lipid	Moisture	Protein	Lipid		
S-1				78.1	17.4	3.5	33.0	24.6
S-2				78.1	17.3	3.7	32.5	30.0
S-3 ^{a)}	79.7	16.8	2.7	(78.9)	(16.6)	(3.5)	(24.1)	(24.9)
S-4				78.2	16.9	3.8	26.0	31.0
S-5				79.0	17.0	2.8	16.3	10.9
F-1				78.0	15.7	5.1	41.3	48.6
F-2				77.6	16.0	5.2	40.5	53.2
F-3	80.3	14.9	3.1	77.8	16.1	5.2	39.0	52.2
F-4				76.6	16.5	5.7	37.9	59.7
F-5				77.5	16.4	5.0	30.8	42.7

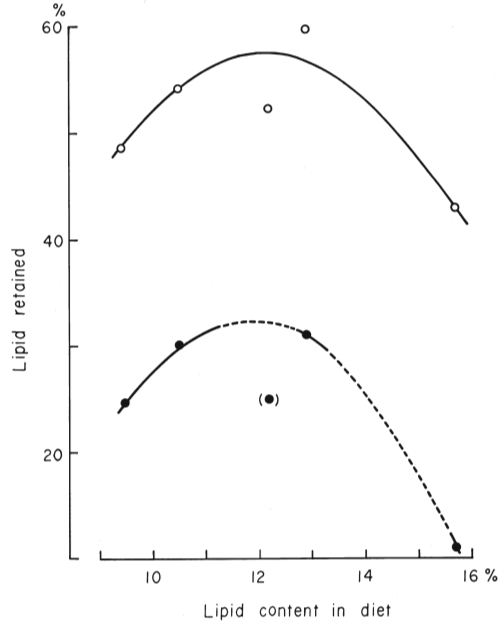
a): About a half fish of this lot were taken a bacterial infection.

ともに飼料中の脂質含量が最大であつた5区において全魚体の脂質含量は逆に最も低い値を示した。

蛋白質蓄積率は飼料の蛋白質含量の上昇にともない減少した(第12図)。F区では1～4区で蛋白質含量との間に負の相関が認められた(1%水準で有意)。また、1区:5区の蓄積率をみると、F区では1.34:1であつたのに対しS区では2.02:1と高蛋白飼料での蓄積率低下が著しかつた。脂質蓄積率はS区、F区ともに4区で最大、5区で最小となつた(第13図)。S区:F区では1～4区で約1:2、5区で約1:4となり、S区で低値であつた。



第12図 飼料中の蛋白質含量と蛋白質蓄積率
Fig. 12. Relationships between dietary protein content and protein retained in the bodies.

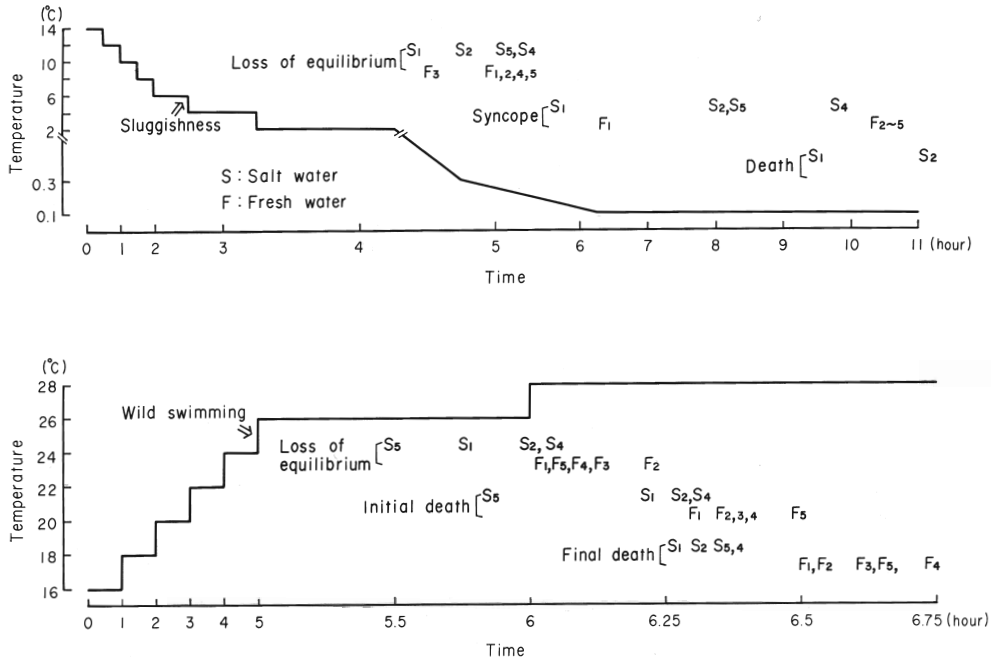


第13図 飼料中の脂質含量と脂質蓄積率
Fig. 13. Relationships between dietary lipid content and lipid retained in the bodies.

第14図に飼育終了時の各区の稚魚の温度耐性を調べた結果を示した。横軸は時間経過を示しているが任意に引き伸ばしてある。まず低温耐性では、各区とも5℃前後から運動が不活発となり、2℃を下るとS-1, F-3, S-2区…の順に平衡失調が起き、仮死状態はS-1区, F-1区, S-2区…の順に認められた。また、水温は0.1℃まで低下させたが11時間以内に斃死が認められたのはS-1, S-2区のみであつた。次に高温耐性では25℃以上で各区に狂奔遊泳が認められ、平衡失調はS-5, S-1区…、最初の斃死はS-5, S-1区…の順に認められた。以上、S区はF区に比べて温度耐性が低く、また、概して高蛋白含量飼料摂取区で耐性が高い結果となつた。

IV. 考 察

沿岸滞泳期サケ稚魚の胃内容物調査(安永ほか, 1979; 角, 1979)によればサケ稚魚は橈脚類, オキアミ類, 昆虫類等種々な餌料生物を摂餌しており, size preference は認められるが



第14図 飼料中の蛋白質含量が温度耐性におよぼす影響 (数字は飼料番号)

Fig. 14. Effect of dietary protein content on tolerance against high and low temperature of the fish fed for 24 days (Arabic numeral represents the diet No.)

種選択性は比較的低い。したがって、この時期におけるサケ稚魚の生長は主として水温とこれらの摂餌可能な餌料生物の合計量により決まるものと考えられる。摂餌率が高くなれば当然生長率も高くなるが摂餌率には限界があり(飽食摂餌)また、摂餌率の増加は一方で飼料効率の低下をとともなう (PALOHEIMO et al., 1966)。“給餌率からみた餌料要求量”実験は沿岸滞泳期のサケ稚魚がどの程度の餌料を要求し、その生長効率はどの程度であるかを推定する資料を得ることを目的として行なつた。

飼育条件下で得られた餌料要求量をフィールドの稚魚に適用する際には摂取エネルギーの利用配分、たとえば生長に用いられるエネルギーの割合、に問題があるがこの点については今後の検討課題として論議を進める。1.4gあるいは3.0gサイズの稚魚では体重維持に0.73% (dry/wet/day, 8°C)~1.43%(15°C), 最大生長に2.29%(8°C)~3.63%(12°C)の摂餌が必要であつた。これを生物餌料に換算するに当たりサケ稚魚の摂取栄養素別可利用率エネルギーを蛋白質4 K cal/g, 脂質8 K cal/g, 炭水化物2 K cal/gと仮定すると、カラヌス (*Calanus plumchrus*)を餌料とした場合 IKEDA (1972)の分析結果から換算して、体重維持には2.57~5.03% (wet/wet/day), 最大生長に8.05~12.77%の摂餌が必要となる。また、オキアミ (*Euphausia superba*)ではグランサム (1978)の報告値をもとに換算すると、体重維持に2.99~5.86% (wet/wet/day), 最大生長に9.39~14.88%の摂餌が必要となる。

一般に知られているように供試魚の大型化は摂餌率の低下、水温の上昇は摂餌率の増加をとともなつた。水温の影響は体重維持摂餌率に大きく現われ15°Cでは12°C以下の2倍近い値となつた。また、15°Cとそれ以下の水温では飼料効率および蛋白質効率と摂餌率との関係においても明確な差がみられた。すなわち、12°C以下では摂餌量が低下(Lot 50)すると飽食摂餌区 (Lot

100)以上の飼料効率, 蛋白質蓄積率を示すのに対し15℃ではこの現象が認められなかつた. 通常沿岸に滞泳していたサケ稚魚が北上回遊を始める水温は15℃前後であると言われている. 上述の結果は摂餌生理機能上の転換点も15℃前後にあることを示しているといえよう.

蛋白源として魚粉を用いた飼料でサケ稚魚を淡水飼育した場合, ニジマスと比較して魚体の脂質含量が低く(能勢ほか, 1978), また, ニジマス稚魚の飼料中の至適脂質含量が18%(竹内ほか, 1978)であるのに対しサケ稚魚では10%前後(秋山ほか, 1979)と報告されている. 今回の測定結果でも魚体の脂質含量は最大値で3.65%と低かつた. また, 8℃では摂餌率が飽食給餌の6割以下となつても全魚体の脂質含量は飽食給餌区に近い値を示したことから用いた飼料中の脂質含量(6.85%)で要求を満たしていたと考えられる. しかしながら, 12℃および15℃においては飽食給餌に至るまで摂餌率の上昇とともに脂質含量も増加しており飽食給餌においても摂取脂質量は不十分であつたと推察される. 蛋白蓄積率と脂質蓄積率を比較すると低給餌区で脂質蓄積率が著しく低下しており, サケ稚魚も蓄積エネルギーのうち脂質から利用をはかるものと考えられた.

水温および摂餌率と生長率の関係については BRETTE et al. (1969) がベニザケ稚魚を用いて詳細な実験を行なつている. BRETTEらは1.4g サイズのベニザケ稚魚に蛋白質含量50%の配合飼料を給餌し, 体重維持摂餌率が0.5% (dry/wet/day, 10℃), 0.8%(15℃), 最大生長に必要な摂餌率が3.4%(10℃), 3.6%(15℃)と本報告の測定値と極めて近い値を報告している.

また, 生物飼料を用いた飼育実験により BIETTE et al. (1980) がベニザケで LeBRASSEUR (1969) がサケで摂餌率と生長率の関係について報告している. LeBRASSEURは0.45g サイズのサケ稚魚を14~16℃で飼育し, 体重維持摂餌率が約0.1%(dry/wet/day)であり, 3.3%前後の摂餌率において最大生長を示すことを認めている. これらの値は本報告あるいは BRETTE et al. (1969) がベニザケで報告した値に比べかなり低くなつている. 両者の相違の原因の1つは供試魚のサイズにあると思われるが, LeBRASSEURの実験では摂餌率が0.6%と低い場合にも2.2~3.6%の日間生長率が示されており, *Euphausia pacifica* を飼料とした例では摂餌率と生長率の間に相関性が認められない点, 飼料生物の size preference が摂餌率に影響する点等, 配合飼料による飼育試験とは単純に比較出来ない面も多い.

ROZIN et al. (1961) はキンギョを用いた飼育試験にもとづいて摂餌量が必要なエネルギーによつて規定されること, すなわち, 飼料中のエネルギー含量が少ない場合摂餌量が多くなることを報告している. また, ギンザケ, ニジマス, ナマズ等の魚種について飼育水の塩分濃度が摂餌率, 生長率, 飼料中の至適蛋白質含量等に影響することが知られている (CANAGARATNAM, 1959; ARUNACHALAM et al., 1979; LALL, ほか, 1976; ZEITOUN et al., 1973). “塩分, 飼料中の蛋白質含量が生長におよぼす影響” 実験では飼料要求量の変動要因として塩分, 飼料中の蛋白質含量を取上げ検討を加えた.

今回は飽食量投餌法により飼育を行なつたが, S区(海水飼育区)ではF区(淡水飼育区)の8割前後の摂餌率を示し, 生長率, 飼料効率, 蛋白質効率, 蛋白質および脂質の蓄積率いずれにおいてもすべての蛋白質含量でF区がS区を上回つた. 実験開始サイズがS区で1.67gであつたのに対しF区では1.04gと小形であつた点, および平均水温がF区で0.6℃高かつた点を考慮に入れてもS区の生長はF区に比較して劣つていたと言えよう.

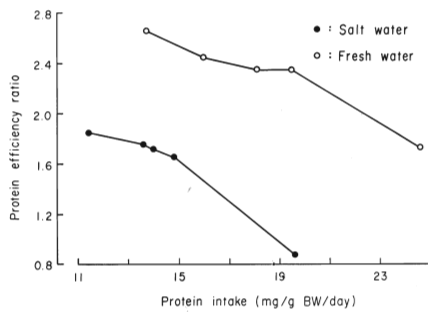
塩分濃度と生長率に関して OTTO (1971) は体長5~8cmのギンザケで飽食量投餌飼育を行ない, 塩分濃度10‰では淡水飼育より摂餌量が多く, 15‰では逆に低くなつたと報告している. また, ARUNACHALAM et al. (1979) は1.6~2.2gの淡水ナマズ *Mystus vittatus* で塩分濃度

10%では摂餌率が淡水飼育の1.5倍を示すことを認めている。一方、CANAGARATNAM (1959)は0.47gおよび1.0gサイズのギンザケを用い、体重当たり10%/dayの規定量給餌による10週間の飼育を行ない淡水区より6, 12, 18%区で高い生長率が得られたこと、サケでも同様の給餌法で6%より30%で増重率が高かったことを報告している。今回の実験では飼育期間および設定塩分濃度が異なるもののこれらの報告とは逆にS区で摂餌率が低く生長が劣っていた。S区では17日目以降一部に感染症の発生がみられた点から良好な飼育が行なわれたか否かに関しては問題点もあり、今回得られた結果がサケ特有の性質であるものか、あるいは飼育条件により変わるものであるのかは今後検討する必要がある。

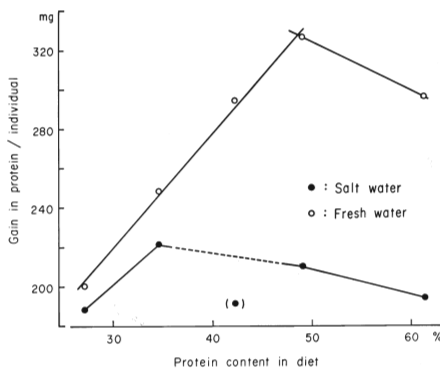
次に飼料中の蛋白質含量の生長に対する影響であるが、蛋白質含量の増加(27.1%~49.1%)により生長率はS区で1.17倍、F区で1.23倍となった。また、S区、F区ともに蛋白質含量が生長率、飼料効率、蛋白質効率に与える影響パターンはほぼ同様であった。

今回調整した飼料は蛋白質源に未脱脂の北洋魚粉を用い、また、1~4区の飼料が10%のデキストリンを含むのに対し、5区のデキストリン含量は1%であった。飼料中の利用可能なエネルギー源の種類あるいはエネルギーレベルが飼料効率や蛋白質効率に影響することは良く知られており(OGINO et al., 1976; 竹内ほか, 1978)、5区において飼料効率が低下した原因としては各栄養素のバランスが不相当であったか、あるいはエネルギー源として利用されるべきデキストリンの欠けた点が考えられる。第15図に蛋白質摂取量と蛋白質効率の関係を示したが、高蛋白質摂取区すなわち5区においては蛋白質効率の低下も1区~4区に比べて著しいことが認められた。

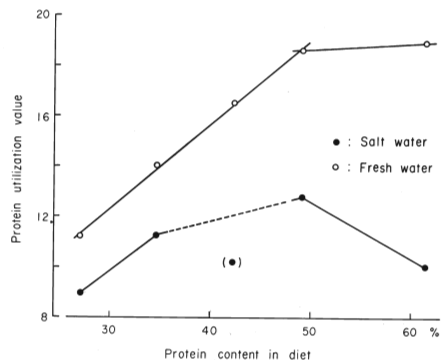
秋山ほか(1979)はエチルエーテルにより脱脂した北洋魚粉を蛋白質源とする飼料で0.9gサイズのサケ稚魚飼育実験を行ない、体蛋白質増生量を指標に飼料中の蛋白質至適添加量を飼料中の脂質レベルが5%のとき43%、脂質レベル



第15図 蛋白質摂取量と蛋白質効率
Fig. 15. Relationships between daily protein intake and protein efficiency ratio.



第16図 飼料中の蛋白質含量と体蛋白質増生量
Fig. 16. Relationships between dietary protein content and gain in body protein.



第17図 飼料中の蛋白質含量と蛋白質の利用値
Fig. 17. Relationships between dietary protein content and protein utilization value.

が10%のとき38%と推定している。第16図に今回の飼育による体蛋白質増生量と蛋白質含量との関係を示した。S区では蛋白質含量34.6%で蛋白質増生量が最大となり、F区では蛋白質含量49.1%まで増生量は増加し、蛋白質含量61.4%（5区）で低下した。一方蛋白質の利用値（荻野ほか、1970）はS区では49.1%レベルで最大となり、F区では49.1%レベル以上でほぼ一定となつた（第17図）。これらの結果から蛋白質の至適添加量を推定することは困難であるが、秋山ほか（1979）の報告値より高い値となる。飼料中の蛋白質の至適含量に関してはエネルギーレベルあるいはエネルギー源となる栄養素について考慮した上で今後さらに検討する必要がある。

なお生長に対する飼料中の蛋白質含量の影響を検討する上で摂餌蛋白質の消化率が変化しないことが前提となるが、S区について調べた結果（第8表）各区間に差は認められなかつた。

第8表 見かけの蛋白質消化率

Table 8. Apparent protein digestibility.

Lot	Dietary protein content (%)	Apparent digestibility (%)
S-1	27.1	88.2
S-2	34.6	87.7
S-4	49.1	89.8
S-5	61.4	86.8

V. 要 約

沿岸滞泳期に相当するサイズのサケ稚魚を供試魚に二・三の飼育試験を行ない、摂餌生理に関して以下の知見を得た。

1. 魚粉を蛋白源とする配合飼料により制限食飼育試験を行なつた結果、体重維持摂餌率は1.4gサイズで0.73%（dry/wet/day, 8℃）および0.97%（12℃）、3.0gサイズで0.77%（10℃）および1.43%（15℃）となつた。また、最大生長に必要な摂餌率は1.4gサイズで2.29%（8℃）および3.63%（12℃）、3.0gサイズで2.32%（10℃）および3.49%（15℃）と推定された。

2. 飼育水温が12℃以下では飼料効率、蛋白質効率の上で飽食量摂餌区およびその1/2量摂餌区の間差が認められなかつた。これに対し15℃では摂餌率が約1/2に低下すると飼料効率、蛋白質効率はともに低下した。

3. 飼料中の蛋白質含量を変え海水中および淡水中で飼育試験を行なつた結果、蛋白質含量が摂餌率、生長率、飼料効率、蛋白質効率に与える影響は海水区、淡水区ともにほぼ同様に現われた。また海水区では摂餌率、生長率、飼料効率、蛋白質効率いずれにおいても淡水区の値を下回つた。

文 献

- 秋山敏男・八木沢功・能勢健嗣（1979）. 放流用シロザケ稚魚飼料の改善に関する研究-Ⅲ, 飼料中のタン白質および脂質の至適添加量. さけ・ます別枠研究1978, 河川型研究グループレポート, 北水研: 167-174.
- ARUNACHALAM, S. and S. RAVICHANDRAREDDY (1979). Food intake, growth, food conversion, and body composition of catfish exposed to different salinities. *Aquaculture*, **16**: 163-171.
- BIETTE, R. M. and G. H. GEEN (1980). Growth of underyearling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under constant and cyclic temperature in relation to live zooplankton ration size. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**: 203-210.
- BRETT, J. R., J. E. SHELBOURN and C. T. SHOOP (1969). Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *J. Fish. Res. Board Can.*, **26** (9): 2363-2394.
- CANAGARATNAM, P. (1959). Growth of fishes in different salinities. *Ibid.*, **16** (1): 121-130.

- グランサム (1978). オキアミの利用. 海洋水産資源開発センター(訳): 64 pp.
- IKEDA, T. (1972). Chemical composition of zooplankton in the Bering Sea. pp. 433-442. In *Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean*, ed. TAKENOCHI, A. Y. et al., Idemitsu Shoten, Tokyo, 626 pp.
- 興石裕一・安永義暢 (1980). マダイ放流技術開発に関する基礎的研究 I. マダイ健苗育成に関して. 日水研報告, (31): 1-15.
- LALL, S. P. and F. J. BISHOP (1976). 海水中及び淡水中で育てたにじます (*Salmo gairdneri*) の栄養要求に関する研究. FAO 水産増養殖国際会議論文集 II, 水産庁: 113-119.
- LEBRASSEUR, R. J. (1969). Growth of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) under different feeding regimes. *J. Fish. Res. Board Can.*, **26** (6): 1631-1645.
- 能勢健嗣・矢野立志・江村利信 (1978). 放流用シロザケ稚魚飼料の改善に関する研究, 飼料中のタンパク質および脂質レベルの成長におよぼす影響. さけ・ます別枠研究1977, 河川型研究グループレポート, 北水研: 127-138.
- 荻野珍吉・斉藤邦男 (1970). 魚類の蛋白質栄養に関する研究-I. コイにおける飼料蛋白質の利用. 日水誌, **36** (3): 250-254.
- OGINO, C., J. Y. CHIOU and T. TAKEUCHI (1976). Protein nutrition in fish—VI. Effect of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**(2): 213-218.
- OTTO, R. G. (1971). Effects of salinity on the survival and growth of pre-smolt coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Board Can.*, **28**(3): 343-349.
- PALOHEIMO, J. E. and L. M. DICKIE (1966). Food and growth of fishes. III. Relations among food, body size, and growth efficiency. *J. Fish. Res. Board Can.*, **23** (8): 1209-1248.
- ROZIN, P. et al. (1961). 橋本芳郎編 養魚飼料学. 恒星社厚生閣, 東京, 282 pp.
- 竹内俊郎・横山雅仁・渡辺 武・荻野珍吉 (1978). ニジマス飼料の至適エネルギー・たん白質比. 日水誌, **44** (7): 729-732.
- 角 裕二 (1979). 沿岸水域におけるサケ稚魚期の生態について. さけ・ます別枠研究昭和53年度移植効果の安定強化プログレスレポート, 日水研: 31-42.
- 安永義暢・興石裕一 (1979). 沿岸滞泳期サケ稚魚の摂餌生態と栄養状態について. 同誌: 111-123.
- ZEITOUN, I. H., J. E. HALVER, D. E. ULLREY and P. I. TACK (1973). Influence of salinity on protein requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. *J. Fish. Res. Board Can.*, **12**(1): 1867-1873.