ニジマスの高たん白質飼料における脂質の添加効果^{*1}

竹内俊郎・渡辺 武・荻野 珍吉

(1977 年 12 月 2 日受理)

Supplementary Effect of Lipids in a High Protein Diet of Rainbow Trout^{*1}Toshio TAKEUCHI^{*2}, Takeshi WATANABE^{*2}, and Chinkichi OGINO^{*2}

Feeding experiments were conducted twice, Experiments I and II, in order to determine the effect of increasing the levels of dietary lipids in a high protein diet on the growth of rainbow trout. In both experiments, fish were fed on 54% casein diets supplemented with lipids ranging from 5-20%, which contained enough $\omega 3$ fatty acids to satisfy the EFA requirement of rainbow trout. In Experiment I, there was no significant difference in the growth rate among the experimental groups, although a slightly better growth was obtained in fish receiving 15% lipid. In Experiment II, both the growth rate and feed conversion were excellent in fish fed a diet containing 20% lipid, low in fish fed a diet containing 5% lipid, and there was little difference between the weight gain of fish fed on diets containing 10% or 15% lipid.

Fish receiving 20% lipid, however, showed a great increase in the amount of fat in the peritoneal cavity and viscera. This suggests that the excessive energy of the diet was deposited as body fat, causing an increase in fish weight. The fact that although the growth rate, feed conversion, and protein efficiency ratio were slightly lower in fish fed a diet containing 5% lipid, there were, in general, no significant differences among experimental fish receiving diets containing more than 10% lipids, suggests that addition of approximately 10% lipid to the high protein diets is sufficient to maintain normal fish growth.

魚類の必須脂肪酸（以下、EFA と略記）要求に関する研究は、近年急速に進み¹⁻⁴⁾ 魚種による EFA 要求の特異性が明らかにされつつある⁵⁻¹⁰⁾。一方、脂質のエネルギー源としての研究は古くからなされており、成長に対する添加効果が認められている^{11,12)}。しかし、これらの研究では、脂質の添加量にのみ注意がはられ、飼料中のたん白質や炭水化物の量に関してはほとんど考慮されていない。一般に肉食性の魚類は炭水化物の消化率が低いので¹³⁻¹⁵⁾、炭水化物を主なエネルギー源とした飼料、すなわち肉食性魚類に対して可消化エネルギー含量が低い飼料においては、たん白質の一部がエネルギー源として消費される。従って、これに脂質を添加して飼料のエネルギー含量を高めるとたん白質の消費が節約され、たん白質の利用効率が向上する¹⁶⁾。飼料たん白質の有効利用を計るためには、飼料の可消化エネルギー含量とたん白質含量とのバランスが重要であると考えられる。これらの点を明らかにする目的で本研究ではまず粗たん白質 50% 付近の比較的たん白質含量の高い飼料に

対する脂質の添加効果について検討した。

実験方法

供試魚は、実験開始前 2 週間カゼイン飼料で予備飼育した平均体重 1g のニジマス *Salmo gairdneri* を用いた。飼育方法および試験飼料の調製は既報⁴⁾ に準じた。

試験は 2 回行い、Table 1 に実験 I および実験 II として示した。各区ともカゼインの含量は 54% とし、脂質を 5~20% の範囲で添加した。添加油の増減にともなう飼料組成の調整にはデキストリンを用いた。添加油には大豆油とスケトウタラ肝油の混合油 (3:2) を使用した。なお、この混合油はニジマスの EFA 要求をほぼ満足する量の $\omega 3$ 系列脂肪酸を含むものである¹⁷⁻¹⁹⁾。

飼育は実験 I では各区 40 尾とし 15 週間、実験 II では各区 50 尾とし 13 週間行つた。また、魚体の分析方法およびガスクロマトグラフ (GLC) の分析条件等は既報¹⁷⁾ に準じた。

^{*1} Studies on Nutritive Value of Dietary Lipids in Fish—XI.

^{*2} 東京水産大学水産養殖学科 (Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato-ku, Tokyo).

Table 1. Compositions of experimental diets (%)

Ingredient	Experiment-I					Experiment-II			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Casein	54	54	54	54	54	54	54	54	54
α -Starch	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Dextrin	16	13.5	11	6	1	16	11	6	1
Lipid* ¹	5	7.5	10	15	20	5	10	15	20
Cellulose	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mineral mix.* ²	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vitamin mix.* ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*¹ Soybean oil: Pollock liver oil=3: 2*² McCOLLUM salt mixture no. 185 fortified with trace elements.²¹⁾*³ Composition is the same as that reported previously.²²⁾

Table 2. Results of the feeding Experiment I (15 weeks) and Experiment II (13 weeks)

Diet no.	Dietary lipid (%)	Average body wt (g)		Percent gain (%)	Feed conversion (g gain/g feed)	Hepato-somatic index	Viscera/body wt (%)	Visceral adipose tissue/body wt (%)
Experiment-I								
1	5.0	1.1	15.8	1336	—	—	9.41	—
2	7.5	1.1	15.0	1264	—	—	8.29	—
3	10.0	1.0	14.6	1360	—	—	9.20	—
4	15.0	1.0	15.4	1446	—	—	11.30	—
5	20.0	1.0	14.9	1390	—	—	10.80	—
Experiment-II								
6	5.0	0.94	11.7±3.05	1148	1.21	0.97	6.81	0.39
7	10.0	0.93	13.3±4.43	1327	1.27	0.93	8.58	0.88
8	15.0	0.94	13.6±1.78	1348	1.31	0.83	7.46	1.20
9	20.0	0.94	15.1±4.25	1505	1.43	1.04	10.25	1.93

結果および考察

飼育結果 実験 I および実験 II の飼育結果を Table 2 および Fig. 1 に示した。実験 I では脂質 15% 添加区で多少増重率が良かったが、その他の区では大きな差は認められなかった。実験 II では増重率、飼料効率とも 20% 添加区が高く、5% 添加区は低くかったが、10% および 15% 添加区ではほとんど差がなかった。魚体に占める内臓および腹腔内脂質の割合は脂質の添加量に比例して高くなる傾向が認められた。たん白効率 (PER) は 20% 添加区で多少高い値であったが、15% 添加区まではほとんど差はなかった。実験 II の魚について測定した比肝重値は、各区ともほとんど差異が認められなかった。

このように実験 I および実験 II の 2 回の飼育結果から、飼料中の脂質含量の増加にともない成長、飼料効率が改善されることがわかった。しかし、20% 添加区の魚では、腹腔内脂質の増加を含めて内臓の脂質含量が著しく高くなり、魚体に占める内臓の割合も増加し、過剰

のエネルギーが脂質として内臓に蓄積されたと考えられる。

魚体の分析 実験 I および実験 II の結果を Table 3 および Fig. 2 に示した。両実験を通じてほぼ同じ傾向が認められた。すなわち、脂質添加量の増加にともない全魚体、筋肉とも水分含量が減少し、脂質含量が増加したが、たん白質含量はほぼ一定であった。肝臓を含む全内臓の脂質含量は添加油の増加にしたがつて著しく増加したが、これは内臓に含まれる腹腔内脂質の増加によるものと考えられた。一方、ニジマスに高脂質飼料を与えると肝臓に脂質が蓄積し、脂肪浸潤を起こすという報告²⁰⁾があるが、今回の実験ではそのような傾向は認められなかった。すなわち、実験 I の魚では肝臓の脂質含量がわずかに増加したが、実験 II ではほとんど一定であった。鈴木ら* も高脂質飼料でニジマスを飼育し、肝臓組織を観察した結果、異常は認められなかったと報告している。添加油の量よりもむしろ質 (酸化の程度あるい

* 鈴木敬二・日下兵衛・大田静行・小林正典: 昭和 50 年度日本水産学会秋季大会 (長崎) 講演。

は必須脂肪酸の含量等) によつて左右されるものと考えられるが、今後さらに検討を要する問題であらう。

魚体の脂質組成 実験 I では全魚体、筋肉および肝臓、実験 II では肝臓の抽出油について、極性脂質と非極性脂質の割合を測定した (Table 4)。両実験においてほぼ同じ傾向が認められた。すなわち、脂質添加量の増加にともない各脂質に占める非極性脂質の割合が増加した。しかし、その増加は 15% 前後の添加でほぼ最大となつた。各部位当りの極性脂質の含量は全魚体で 1.0~1.1%，筋肉で 1.0~1.1%，肝臓で 2.4~2.8% (実験 I) および 2.7~3.1% (実験 II) とほぼ一定であつたが、内臓では脂質含量の増加にともない減少した。このように、添加した脂質は各部位で非極性 (中性) 脂質の形で蓄積される。

肝臓脂質の脂肪酸組成 実験 II の魚の肝臓極性脂質の脂肪酸組成を Table 5 に示した。同一組成の添加油

Fig. 1. Effect of dietary lipid levels on body weight, feed conversion, PER, visceral weight and hepatosomatic index in Experiment II.

Fig. 2. Effect of dietary lipid levels on proximate compositions of the fish bodies and muscle in Experiments I and II.

Curves with marks of -■-, -▲- and -●- or -□-, -△- and -○- in the figures indicate those obtained from the whole bodies and muscle, respectively. Curves with marks of -○- and -□- in the figures indicate those obtained from the whole viscera and livers, respectively.

Table 3. Proximate compositions of the experimental fish (%)

Diet no.	Dietary lipid (%)	Whole body			Muscle			Liver	Viscera
		Moisture	Protein	Lipid	Moisture	Protein	Lipid	Lipid	Lipid
Experiment-I									
1	5.0	73.4	16.3	8.0	75.6	20.6	3.4	4.7	15.3
2	7.5	72.6	16.1	9.3	75.6	20.6	3.5	5.0	17.3
3	10.0	71.3	16.1	9.6	74.7	20.6	4.2	5.0	21.6
4	15.0	69.8	16.3	11.9	73.7	19.8	6.0	6.2	30.8
5	20.0	69.0	16.4	12.8	73.3	19.9	6.5	6.2	34.5
Experiment-II									
6	5.0	75.0	16.6	7.8	76.4	20.0	3.7	4.8	17.1
7	10.0	72.7	16.0	9.6	75.2	19.5	5.1	5.1	32.4
8	15.0	71.0	15.8	12.3	74.5	19.6	6.4	4.6	33.2
9	20.0	68.4	15.4	14.2	72.4	19.4	8.8	5.1	46.5

Table 4. Effect of dietary lipids on lipid compositions of the whole bodies, muscle and livers (%)

Diet no.	Dietary lipid (%)	% in Whole body			% in Whole body lipid		% in Muscle			% in Muscle lipid		% in Viscera			% in Viscera lipid	
		Total lipid	Polar	Non- polar	Polar	Non- polar	Total lipid	Polar	Non- polar	Polar	Non- polar	Total lipid	Polar	Non- polar	Polar	Non- polar
Experiment-I																
1	5.0	8.0	1.1	6.9	13.9	86.1	3.4	1.1	2.3	32.7	67.3	15.3	1.7	13.6	11.0	89.0
2	7.5	9.3	1.1	8.2	12.3	87.7	3.5	1.0	2.5	28.6	71.4	17.3	1.1	16.2	6.4	93.6
3	10.0	9.6	1.0	8.6	10.7	89.3	4.2	1.0	3.2	24.8	75.2	21.6	0.7	20.9	3.3	96.7
4	15.0	11.9	1.1	10.8	9.3	90.7	6.0	1.0	5.0	17.2	82.2	30.8	0.9	29.9	2.8	97.2
5	20.0	12.8	1.1	11.7	8.6	91.4	6.5	1.1	5.4	17.3	82.7	34.5	0.6	33.9	1.8	98.2
Diet no.	Dietary lipid (%)	% in Liver			% in Liver lipid		Diet no.	Dietary lipid (%)	% in Liver			% in Liver lipid				
		Total lipid	Polar	Nonpolar	Polar	Nonpolar			Total lipid	Polar	Nonpolar	Polar	Nonpolar			
Experiment-I							Experiment-II									
1	5.0	4.7	2.5	2.2	54.1	45.9	6	5.0	4.8	3.1	1.7	64.9	35.1			
2	7.5	5.0	2.5	2.5	50.7	49.3	7	10.0	5.1	3.0	2.1	59.6	40.4			
3	10.0	5.0	2.4	2.6	47.8	52.2	8	15.0	4.6	2.7	1.9	55.7	44.3			
4	15.0	6.2	2.8	3.4	45.7	54.3	9	20.0	5.1	2.7	2.4	53.9	46.1			
5	20.0	6.2	2.8	3.4	45.3	54.7										

Table 5. Fatty acid compositions of the polar lipids from the livers in Experiment-II (area %)

Fatty acid	Diet no.			
	6	7	8	9
12:0	0.1	0.1	0.1	tr
14:0	1.1	1.0	1.1	1.0
16:0	21.3	20.7	20.6	20.1
16:1	3.1	2.7	2.3	1.9
18:0	9.3	9.8	9.4	9.8
18:1	13.3	11.3	10.6	11.3
18:2 ω 6	5.9	7.7	7.7	8.9
18:3 ω 6	0.2	0.1	0.1	0.2
18:3 ω 3	0.4	0.6	0.7	0.8
20:1	1.5	1.2	1.3	1.7
20:2 ω 9	0.4	0.1	0.1	tr
20:2 ω 6	1.7	1.9	2.0	3.0
20:3 ω 9	0.8	0.2	tr	tr
20:3 ω 6	3.8	2.8	2.6	3.0
20:4 ω 6	6.2	5.7	5.9	5.4
20:5 ω 3	0.6	1.5	1.8	2.2
22:4 ω 6	0.3	0.5	0.8	0.4
22:5 ω 6	2.0	1.0	0.9	6.6
22:5 ω 3	tr	0.6	0.8	0.6
22:6 ω 3	27.8	29.4	30.3	28.5
$\Sigma \omega$ 6	19.9	19.7	19.9	21.3
$\Sigma \omega$ 3	28.9	32.5	34.1	32.4
20:3 ω 9/22:6 ω 3	0.03	0.01	<0.01	<0.01

を用いているため各区の脂肪酸組成にほとんど差はなく、EFA 充足度の指標となる 20:3 ω 9/22:6 ω 3 の値も 0.03 以下と低く、使用した試験飼料はすべて試験魚の EFA 要求量を満足していた。

このように、魚の EFA 要求を満足する良質油脂を添加することにより、成長、飼料効果を改善できることがわかった。しかし、今回使用した高たん白飼料の場合には添加脂質による過剰エネルギーは魚体で蓄積脂肪に変わるので、単に最大成長のみから高たん白高カロリー飼料が優れているということにはならない。増重率、飼料効率および PER は 5% 添加では多少劣るが、10% 以上ではあまり増加しないことなどから、カゼイン 54% (粗たん白質 50% 前後) 飼料の場合の脂質の至適添加量は 10% 前後と推察された。

文 献

- 1) N. NICOLAIDES and A.W. WOODALL: *J. Nutrition*, **78**, 431-437 (1962).
- 2) H. HIGASHI, T. KANEKO, S. ISHII, M. UCHIYAMA, and T. SUGIHASHI: *J. Vitamino-*
logy, **30**, 271-275 (1964).
- 3) J.D. CASTELL, R.O. SHINNHERBER, D.J. LEE,
and J.H. WALES: *J. Nutrition*, **102**, 77-86
(1972).
- 4) T. WATANABE, F. TAKASHIMA, and C.
OGINO: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**,
181-188 (1974).
- 5) T. WATANABE, C. OGINO, Y. KOSHISHI,
and T. MATSUNAGA: *Bull. Japan. Soc. Sci.*
Fish., **40**, 493-499 (1974).
- 6) 竹内俊郎・渡辺 武: 日水誌, **43**, 541-551
(1977).
- 7) J.M. OWEN, J.W. ADRON, C. MIDDLETON,
and C.B. COWEY: *Lipids*, **10**, 528-531
(1975).
- 8) C.B. COWEY, J.M. OWEN, J.W. ADRON,
and C. MIDDLETON: *Br. J. Nutrition*, **36**,
479-486 (1976).
- 9) M. FUJII and Y. YONE: *Bull. Japan. Soc.*
Sci. Fish., **42**, 583-588 (1976).
- 10) A. KANAZAWA, S. TESHIMA, and S. TOKIWA:
Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 849-856
(1977).
- 11) 東 秀雄・金子徳五郎・石井清之助・増田 績
杉橋孝夫: 日水誌, **30**, 778-785 (1964).
- 12) M. NOMURA and A.R. FUJII: EIFAC/T9,
169-193 (1969).
- 13) 稲葉伝三郎・荻野珍吉・高松千秋・上田 忠・
黒川憲一: 日水誌, **29**, 242-244 (1963).
- 14) R.P. SINGH and T. NOSE: *Bull. Freshwater*
Fish-Res. Lab., **17**, 21-25 (1967).
- 15) 示野貞夫・細川秀毅・平田 博・竹田正彦: 日
水誌, **43**, 213-217 (1977).
- 16) C. OGINO, J.Y. CHIOU, and T. TAKEUCHI:
Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 213-218
(1976).
- 17) T. WATANABE and T. TAKEUCHI: *Bull.*
Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 893-906 (1976).
- 18) T. TAKEUCHI and T. WATANABE: *Bull.*
Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 907-919 (1976).
- 19) 竹内俊郎・渡辺 武: 日水誌, **43**, 893-898
(1977).
- 20) 池田静徳: 養魚飼料学 (橋本芳郎編), 恒星社
厚生閣, 東京, 1973, pp. 97-110.
- 21) J.E. HALVER and J.A. COATS: *Progr.*
Fish-Cult., **19**, 112-118 (1957).
- 22) 荻野珍吉・斎藤邦男: 日水誌, **36**, 250-254
(1970).