

ニジマス飼料におけるたん白質および脂質の至適添加量

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	竹内, 俊郎 渡辺, 武 荻野, 珍吉
巻/号	44巻6号
掲載ページ	p. 683-688
発行年月	1978年6月

ニジマス飼料におけるたん白質および脂質の至適添加量^{*1}

竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉

(1977年12月24日受理)

Optimum Ratio of Protein to Lipid in Diets of Rainbow Trout^{*1}Toshio TAKEUCHI^{*2}, Takeshi WATANABE^{*2}, and Chinkichi OGINO^{*2}

A feeding trial was conducted in order to determine the optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout by feeding them various diets containing different amounts of lipids (5-20%) in different protein levels (16-48%). The weight gain and feed conversion improved in each dietary protein level as the dietary lipid levels were increased, reaching a maximum in the 35% protein diets with 15-20% lipid. The higher the lipid content or the lower the protein content in the diets, the higher the rate of protein which was retained, suggesting that protein was efficiently utilized by increased levels of dietary lipids. The lower the lipid content or the higher the protein content in the diets, the higher the retention rate of lipid which was observed, suggesting that some part of the dietary protein was converted to body fat. The lower the protein content, the higher the values which were obtained for PER and NPU. These values of casein determined at different protein and lipid levels indicate that the addition of more than 10% dietary lipids is necessary in order to increase the efficiency of protein utilization.

It has thus been shown that the optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout is 35% to 15-20%, and that at these levels of lipids dietary protein can be reduced from 48% to 35% with no loss in weight gain.

先に¹⁾, ニジマスの高たん白飼料における脂質の添加効果を実験し, たん白質含量が 50% 前後の飼料の場合には, 脂質の至適添加量は 10% 前後であることを報告した。魚類のたん白質要求量はマスノスケ²⁾, ニジマス³⁾, コイ^{4,5)}, ヒラメ類 (*Pleuronectes platessa*)⁶⁾などで明らかにされている。しかし, これらの実験では飼料に対する脂質の添加量はそれほど深い考慮の下に決定されたわけではない。一方, 肉食性のニジマスでは飼料のエネルギー源の種類によりたん白質の要求量が変わることが報告されている⁶⁾。そこで, 前報に引続き本報では成長, 飼料効率, 魚体の脂質蓄積率などを比較するだけでなく, たん白効率 (PER), たん白正味利用率 (NPU) などの測定値も考慮に入れ, 飼料のたん白質と脂質の至適添加量を求めた。

実験方法

供試魚は, 前報¹⁾と同様に飼育開始前2週間カゼイン

飼料で予備飼育をした平均体重 2.3 g のニジマスで, 各区 35 尾とした。

試験区は Table 1 に示したように, カゼインを 20~54%, 脂質を 5~20% の範囲で組合せた各 4 段階ずつの 16 区および無たん白質飼料区を設けた。この区は, NPU の測定に必要な魚の日間体室素減少量を求めるためのものである。飼料中のたん白質および脂質含量の増減にもなる飼料組成の調整はセルロースによつたが, 2~4 区は前報¹⁾と同様デキストリンで行つた。

飼育期間は 30 日とし, 体重測定は実験開始時, 15 日目および終了時の計 3 回行つた。試験期間中の水温は 15~18°C であつた。

飼料たん白質の PER の測定は OSBORNE らの方法⁷⁾により, NPU は BENDER および MILLER の方法⁸⁾を改変した荻野らの方法⁹⁾によつた。なお, 魚体の一般分析には各区 5 尾を用いた。

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

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

^{*3} 荻野珍吉・川崎秀夫・南梨 弘: 昭和 51 年度日本水産学会秋季大会 (下関) 講演。

$$NPU = \frac{\text{体Nの増加量 (g)} + \left(\frac{\text{開始時の体重 (g)} + \text{終了時の体重 (g)}}{2} \times 9.66 \times 10^{-5} \times \text{飼育日数} \right)}{\text{Nの摂取量 (g)}} \times 100$$

Table 1. Compositions of the experimental diets for rainbow trout (%)

Ingredient	Diet no.																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Casein	54	54	54	54	40	40	40	40	30	30	30	30	20	20	20	20	0
α -Starch	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Dextrin	16	11	6	1	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	23
Lipid* ¹	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	20
Cellulose	5	5	5	5	19	14	9	4	29	24	19	14	39	34	29	24	37
Mineral mix.* ²	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vitamin mix.* ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nutrient content																	
Protein (N \times 6.25)	48.7	48.6	48.7	47.9	35.8	36.5	35.9	35.4	26.3	26.5	25.9	24.4	18.2	17.5	16.3	17.5	0.4
Lipid	5.2	10.8	15.6	19.3	5.4	10.8	14.9	18.9	5.6	10.3	14.9	18.5	5.0	10.7	15.0	20.3	20.5

*¹ Soybean oil: Pollock liver oil=3:2*² McCollum salt mixture no. 185 fortified with trace elements.¹¹⁾*³ Composition is the same as that reported previously.⁴⁾

Table 2. Results of 30 days of the feeding experiment

Diet no.	No. of fish	Av body wt (g)		Percent gain	Feed conversion (g gain/g feed)
		Initial	Final		
1	35	2.44	5.60	129.5	1.27
2	35	2.45	5.74	134.3	1.34
3	35	2.47	5.84	136.4	1.39
4	35	2.33	6.32	171.2	1.40
5	35	2.27	4.85	113.7	1.00
6	35	2.45	5.47	123.3	1.15
7	35	2.28	5.43	138.2	1.15
8	35	2.23	5.40	132.8	1.22
9	35	2.34	4.20	79.5	0.73
10	35	2.26	4.51	99.6	0.85
11	35	2.23	4.72	111.7	0.98
12	35	2.28	4.69	105.7	0.98
13	35	2.25	3.22	43.1	0.49
14	35	2.36	3.62	53.4	0.62
15	35	2.20	3.60	63.6	0.68
16	35	2.36	3.80	61.0	0.70
17	35	2.20	2.21	0.5	0.01

実験結果および考察

成長と飼料効率 Table 2 および Fig. 1 に飼育結果を示した。無たん白飼料区 (diet 17) の魚では、30 日間の飼育期間中、体重の増減がほとんど認められなかった。増重率は各たん白レベルにおいて脂質含量の増加にともない増加した。また、前報¹⁾ と同じ組成の粗たん白脂 48% 区 (カゼイン 54%, diet 1~4) では、脂質 5% 添加 (diet 1) で増重率が多少劣り、20% 添加 (diet 4) で最も優れ、10% 以上 (diet 2, 3) ではほぼ同じ値が得られた。すなわち、30 日間の飼育でも、前報で報告し

た 13 および 15 週間の飼育結果とほぼ同じ結果が得られた。飼料効率はたん白質および脂質含量が高い区程高い値が得られた。また、飼料組成の調整上、セルロースを 5~39% まで添加したが、セルロース過剰によると思われる害は特に認められなかった。粗たん白質 48% 区 (diet 1~4) と 35% 区 (diet 5~8) を比較すると増重率は実験区 4 で高い値を示している。この原因は不明であるが、実験区 4 は飼料の摂取量が他の実験区と比較して高いが、一方、飼料効率には大きな差異がなかった。従って、前の 2 回の実験結果¹⁾ と共に考察するとこの高い増重率は、飼料摂取量の差異が主な原因と考えられる。

実験区 4 以外の粗たん白質 48% の飼料と、粗たん白質 35% で脂質含量が 15~20% 区ではほとんど増重率に差が認められなかつた。今回の試験結果から、炭水化物の含量が 30% 前後の場合には、増重率、飼料効率からみた飼料中のたん白質と脂質の至適割合はそれぞれ 35% および 15~20% と推定された。ここで得られたたん白質の至適添加量は荻野ら⁹⁾の報告しているニジマスのたん白質要求量、30~35%、とよく一致する。このよう

に、飼料に脂質を添加し、可消化エネルギー含量を高めることにより、飼料たん白質をかなり節約できることがわかつた。

たん白質および脂質の蓄積率、PER および NPU たん白質と脂質の蓄積率および PER と NPU の測定結果を Table 3 および Fig. 2 に示した。飼料摂取量は無たん白質区 (diet 17) を除き、67~100 g、特に 1~12 区までは 82~100 g の範囲に入り、区間差は少なかつた。たん白蓄積率は同一たん白質レベルでは脂質含量が高いほど、また同一脂質レベルではたん質含量が低い区ほど高く、脂質の添加によつてたん白質が有効に利用されていることがうかがわれる。一方、脂質蓄積率は低脂質、高たん白飼料区で高くなる傾向が認められ、飼料たん白質の一部が体脂質に変化したと考えられる。このように、たん白質と脂質の蓄積率はこれら栄養素の飼料中の含量と互いに密接に関連しており、飼料のエネルギー含量が十分な場合には、低たん白レベルでたん白質が効率よく利用され、高たん白レベルで、たん白質の一部が脂質として蓄積されることがわかつた。

PER および NPU の測定結果からも同じことがいえる。飼料中のたん白質含量との関係を示した図 (Fig. 2, 上) をみると、脂質 5% 添加の低たん白質区 (diet 5, 9, 13) では PER および NPU の値が低く、たん白質の利用効率が悪いが、脂質 10% 添加により著しく改善されることがわかる。これは荻野ら⁹⁾が報告しているように、明らかに飼料のカロリー不足によるものであり、

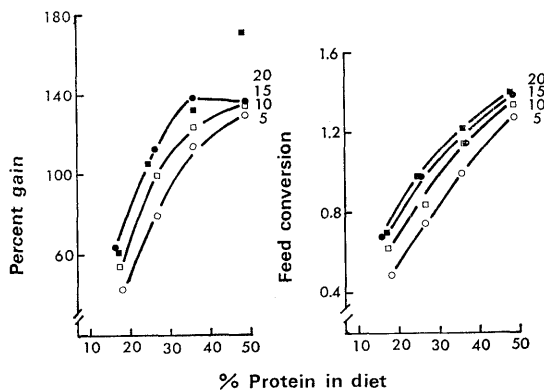


Fig. 1. Effect of dietary protein and lipid levels on percent gain of the fish body weight and feed conversion.

Curves with marks of ■, ●, □ and ○ in the figure indicate those obtained from dietary lipid levels of 20, 15, 10 and 5%, respectively.

Table 3. Protein and lipid retained in the bodies, protein efficiency ratio (PER) and net protein utilization (NPU)

Diet no.	Crude protein in diet (%)	Crude lipid in diet (%)	Diet consumed (g)	Protein* retained (%)	Lipid* retained (%)	PER	NPU
1	48.7	5.2	84.3	37.5	207.8	2.62	41
2	48.6	10.8	86.3	41.2	148.9	2.75	44
3	48.7	15.6	82.0	42.5	128.2	2.85	46
4	47.9	19.3	95.9	43.9	118.9	3.06	47
5	35.8	5.4	95.0	42.1	162.6	2.72	46
6	36.5	10.8	94.6	42.8	117.9	2.89	47
7	35.9	14.9	93.9	44.1	114.7	3.24	48
8	35.4	18.9	89.2	44.6	103.4	3.43	49
9	26.3	5.6	94.3	43.4	102.0	2.78	49
10	26.5	10.3	100.2	43.4	97.4	3.21	48
11	25.9	14.9	88.2	46.5	93.4	3.74	52
12	24.4	18.5	85.9	48.8	104.3	3.73	55
13	18.2	5.0	72.0	37.0	92.0	2.69	47
14	17.5	10.7	73.8	44.1	72.5	3.52	54
15	16.3	15.0	66.9	48.8	71.0	4.13	59
16	17.5	20.3	69.6	48.6	77.9	3.97	60
17	0.4	20.5	36.2	—	24.2	—	—

* (Protein or Lipid increased)/(Protein or Lipid intake) × 100

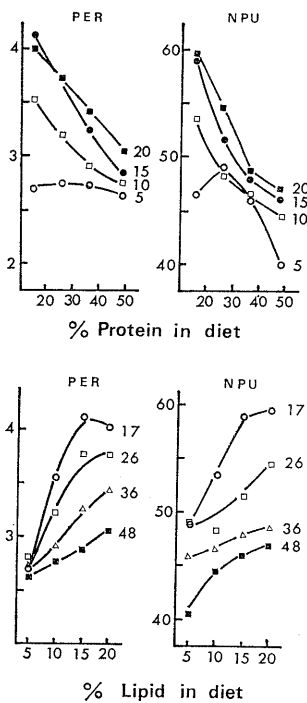


Fig. 2. Effect of dietary protein and lipid levels on the values for PER and NPU of the dietary protein.

Curves with marks of ■, ●, □ and ○ in the figure indicate those obtained from dietary lipid levels of 20, 15, 10 and 5%, respectively, and from dietary protein levels of 48, 36, 26 and 17%, respectively.

たん白質の利用効率を高めるには、10%以上の脂質添加が必要であることがわかる。飼料の脂質含量との関係を示した図 (Fig. 2, 下) からも、脂質添加により飼料のエネルギー含量を高めると PER および NPU の値も高くなり、その傾向は特に低たん白飼料区 (diet 10~12, 14~16) で著しいことがわかる。そして、PER および NPU の値はたん白質 17% および 26% 区において 15% 前後の脂質添加で最大となつた。このように、低たん白飼料では、たん白質を効率よく利用するには 10% 以上の脂質添加が必要である。なお、無たん白飼料で飼育したニジマスの、魚体 100g 当りの日間体-N 減少量は 9.66 mg となり、萩野ら*が報告した 9.5 mg とほぼ同じ値が得られた。

魚体の一般分析 全魚体の一般分析の結果を Table 4 に示した。各たん白質レベルで、飼料の脂質含量の増加とともに脂質含量の増加と水分含量の減少が認められ

Table 4. Proximate compositions of the whole bodies (%)

Diet no.	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Initial	77.6	14.9	4.2	2.3
1	74.8	15.4	7.1	2.3
2	73.5	15.1	8.9	2.4
3	72.0	15.1	10.3	2.4
4	71.7	14.6	11.5	2.3
5	75.3	15.4	6.9	2.4
6	73.3	15.1	8.8	2.4
7	71.9	14.6	10.7	2.4
8	71.2	14.3	12.6	2.4
9	74.8	15.4	6.0	2.6
10	74.1	15.0	8.7	2.4
11	72.0	14.3	10.4	2.4
12	70.7	14.2	12.5	2.4
13	77.1	14.9	6.2	2.6
14	74.5	14.8	7.9	2.6
15	73.0	14.1	9.2	2.4
16	71.7	14.0	11.4	2.4
17	76.5	13.2	6.8	2.5

たが、たん白質含量はほぼ一定であつた。一方、同じ脂質添加レベルで飼料のたん白含量の異なる区を比較してみると、各成分の割合にほとんど差はなく、魚体の一般組成は飼料のたん白含量にはあまり影響されず、脂質含量によつて左右されることがわかつた。無たん白質区の魚では、飼育期間中体重の増減がほとんどなかつたが、体組成をみると水分とたん白質含量がわずかに減少し、その割合だけ脂質含量が増加していた。この体脂質の増加は後述するように、主に内臓脂質の著しい増加によるものである。

全魚体に占める各部位の割合と脂質含量 魚体を全内臓、可食部 (筋肉) および頭、尾、皮、骨などからなる残渣の 3 部位に分け、魚体重に対する各部位の割合と脂質含量を測定した (Table 5)。内臓の割合は脂質含量の増加とともに増加するが、その増加割合はむしろ飼料のたん白質含量によつて左右されるようである。すなわち、内臓の割合は、高たん白質に比べ低たん白質区で高くなり、残渣の占める割合は逆に高たん白質区で高くなつた。一方、可食部の割合は、飼料のたん白質や脂質の含量にかかわらず、ほぼ一定であつた。Fig. 3 には各部位の脂質含量と、飼料のたん白質および脂質含量との関係を示した。飼料脂質の増加とともに、各部位の脂質含量がほぼ直線的に増加したが (Fig. 3, 右)、その増加は特に低たん白質区の内臓で高くなる傾向が認められた (Fig. 3, 左)。この傾向は Fig. 4 に示したように、魚体 100g 当りの各部位の脂質量で表わすとより明確に

* p. 683 頁の脚注に同じ。

Table 5. Lipid content of each part of the fish bodies

Diet no.	Weight of each part (%)			Lipid content (%)			
	Viscera	Flesh	Residue	Whole body	Viscera	Flesh	Residue
Initial	9.1	35.7	55.3	4.2	10.0	2.6	4.9
1	11.2	35.0	53.9	7.1	14.0	3.3	7.4
2	11.4	36.7	51.9	8.9	18.0	4.5	8.9
3	11.6	37.5	50.9	10.3	20.7	5.6	10.2
4	12.2	38.2	49.6	11.5	20.7	6.9	11.5
5	12.4	36.2	51.4	6.9	13.9	3.6	7.3
6	13.1	37.8	49.1	8.8	19.7	4.6	8.7
7	13.2	37.7	49.1	10.7	21.8	5.6	10.0
8	14.1	37.5	48.3	12.6	23.9	6.4	11.0
9	13.7	35.8	50.5	6.0	13.1	3.7	7.0
10	14.9	37.1	47.9	8.7	16.2	4.8	8.5
11	15.4	37.6	45.0	10.4	22.1	5.9	9.4
12	15.3	39.0	45.7	12.5	25.5	6.2	10.2
13	14.8	37.4	47.8	6.2	10.6	3.1	6.2
14	15.4	38.8	45.8	7.9	14.5	4.8	8.4
15	17.4	37.4	45.3	9.2	17.6	5.4	8.6
16	18.0	37.1	44.9	11.4	21.9	6.2	9.8
17	14.5	36.5	49.0	6.8	19.9	4.4	6.8

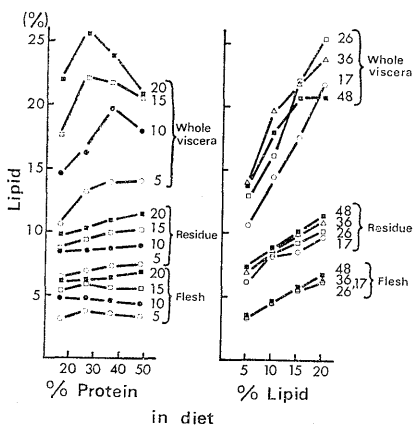


Fig. 3. Effect of dietary protein and lipid levels on the lipid contents of the whole viscera, flesh and residue part.

The signs of ■, ●, □ and ○ are the same as those illustrated in Fig. 2.

認められる。すなわち、内臓の脂質量は、脂質5%添加区ではたん白質含量に関係なくほぼ一定であったが、添加油の増加にともない魚体中に占める内臓脂質の割合がたん白質含量 20~30% で最大に達した。一方、残渣の脂質量はたん白質含量の増加にともない増加したが、可食部のそれは飼料中のたん白含量には左右されず、各脂質レベルではほぼ一定であった。このように、飼料中の脂質量を増加させると内臓に脂肪が蓄積される傾向はすでに明らかにされているが^{1,9,10)}、同一脂質量の場合

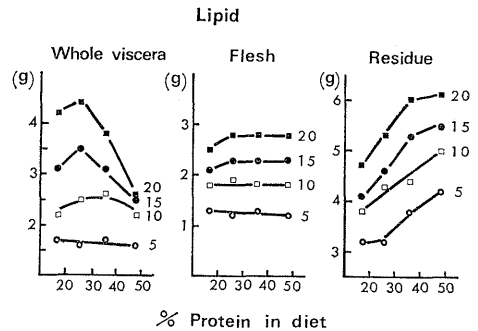


Fig. 4. Effect of dietary protein and lipid levels on the lipid contents of the whole viscera, flesh and residue part, calculated on 100 g body weight.

The signs of ■, ●, □ and ○ are the same as those illustrated in Fig. 2.

には飼料のたん白含量により内臓の脂質量が左右されることがわかった。また、低たん白飼料区では添加油が多い程、内臓に脂質がたまる傾向が認められ、低たん白では脂質のエネルギー源としての利用効率が低下するものと推察された。

以上、ニジマス飼料におけるたん白質と脂質の至適添加割合は、増重率において、粗たん白質 48%、脂質 10% 区と粗たん白質 35% 脂質 15~20% 区で差異がないこと、さらに飼料効率、PER、NPU および魚体の分析結果などからみて、それぞれ 35% および 15~20% 前後であると推定された。すなわち、魚の EFA 要求を

満足する良質の油脂を 15~20% 添加し、飼料の可消化エネルギー含量を高めることにより、飼料たん白質を 48% から 35% に節約できることがわかった。いま、粗たん白質含量 63% の魚粉ならば、飼料中の魚粉含量を 20% 程度節約できることになり、養魚飼料における油脂のたん白質節約効果の意義は大きいと考えられる。

文 献

- 1) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉: 日水誌, **44**, 677-681 (1978).
- 2) D. C. DELONG, J. E. HALVER, E. T. MERTZ: *J. Nutrition*, **65**, 589-599 (1958).
- 3) J. E. HALVER, L. S. BATES, and E. T. MERTZ: *Fed. Proc.*, **23**, 1778 (1964).
- 4) 荻野珍吉・斎藤邦男: 日水誌, **36**, 250-254 (1970).
- 5) C. OGINO, J. Y. CHIOU, and T. TAKEUCHI: *Bull. Japan. Soc. Fish.*, **42**, 213-218 (1976).
- 6) C. B. COWEY and J. A. POPE: *Br. J. Nutrition*, **28**, 447-456 (1972).
- 7) T. B. OSBORNE, L. B. MENDEL, and E. L. FERRY: *J. Biol. Chem.*, **37**, 223-229 (1919).
- 8) A. E. BENDER and D. S. MILLER: *Biochem. J.*, **53**, vii (1953).
- 9) 新聞弥一郎・新聞脩子: 淡水研報, **22**, 99-107 (1972).
- 10) 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).
- 11) J. E. HALVER and J. A. COATS: *Progr. Fish-Cult.*, **19**, 112-118 (1957).