

## 低魚粉飼料の有効性評価試験－V

小澤 諒・三浦正之・岡崎 巧

近年の魚粉価格の高騰は、養殖業者にとって飼料コストの増大を招くなど、経営を圧迫しうるものである。一方、飼料中の魚粉の一部を安価な別の原料に置き換えた低魚粉飼料であっても養魚上問題ないことを示すことができれば、その普及が促進され最終的には養殖業者の収益増加に繋がるだろう。そこで山梨県水産技術センター忍野支所（以下、当支所）では、平成 27 年度及び 28 年度に全国養鱒技術協議会養殖技術部会（以下、部会）における連絡試験として、魚粉含有率を下げ、代替タンパク質としてチキンミールを使用した低魚粉飼料及び魚粉含有率の高い従来型の飼料（通常飼料）をニジマス *Oncorhynchus mykiss* にそれぞれ 3 ヶ月間給餌し、低魚粉飼料の有効性評価を行った。その結果、低魚粉飼料を給餌した場合、通常飼料と比較して魚の成長はやや劣るものの、原料価格比のみで算出すると 2 割近くの飼料コストの削減が期待できると考えられた<sup>1,2)</sup>。さらに飼育期間を 10 ヶ月とした場合においても同様の傾向がみられ、その有効性を示すことができた<sup>3)</sup>。この低魚粉飼料については現在一部飼料製造会社より販売が開始され、民間養殖場において普及しつつある。

一方、畜産由来の原料を使用できない飼料製造会社もあり、低魚粉飼料のさらなる普及拡大を目指す上での障壁となっている。これを受け、平成 30 年度部会の連絡試験では、魚粉の代替タンパク質として畜産由来の原料を使用せず、植物性原料と脂質で代替した低魚粉飼料を用いた給餌試験を実施し、その有効性を評価した<sup>4)</sup>。その結果、本低魚粉飼料をニジマスに給餌した場合、対照区と比較して高成長であるほか、飼料コストも削減できることが示された。また、その他の比較項目であった糞量、一般成分、食味、伝染性造血器壊死症（IHN）に対する抗病性のいずれにおいても対照区と遜色ないことが分かった。特に、飼料効率に関しては低魚粉区の方で約 8% 上回り、チキンミールを使用した低魚粉飼料とは対照的な結果となるなど本飼料の有効性が示された。

一方、これまで得られた試験結果は全て制限給餌下のものであり、一般的な養鱒場で行われている飽食給餌との間に結果の乖離が生じる懸念があった。特に平成 30 年度の飼料は通常飼料と比較して、植物性原料だけでなく脂質の含有率も高くなっているため、著しく摂餌性に劣る可能性が考えられた。そこで、本試験では実際の養鱒場の給餌方法に倣い、飽食給餌での試験を実施し、その摂餌性と成長について評価した（実験Ⅰ）。

また、平成 30 年度部会の連絡試験に使用した低魚粉飼料は、特に原価の高い脂質の含有率を増やした影響で、チキンミールを用いた飼料よりも原料価格が 16% 近く割高になったが、飼料効率の面で非常に優れていたことから、飼料コストはチキンミールの飼料とほぼ同等となった。このように本低魚粉飼料においては、健全な魚を育成する面での有効性は既に評価されたことから、本試験では、原料組成のベースは平成 30 年度のものと同様とした上で、組成の見直しを行い、より低価格化を図った新たな飼料を用いて飽食給餌試験を実施し、その摂餌性及び成長、食味について評価した（実験Ⅱ）。

なお、本試験の実験Ⅱは、令和元年度部会の連絡試験として実施した。

## 材料及び方法

### 供試飼料及び供試魚

(実験Ⅰ) 供試飼料として、低魚粉飼料は魚粉 25.0 %、エクストルーダー処理大豆 6.2 %、大豆油かす 20.0 %、コーングルテンミール 7.0 %、濃縮大豆タンパク 5.0 %、魚油・大豆油混合油 13.7 %を含有し、対照飼料は魚粉 50.0 %、大豆油かす 13.8 %、魚油・大豆油混合油 5.1 %を含有する EP 飼料 (粒径 3 mm) を使用した (表 1)。なお、これらの飼料については平成 30 年度に使用した試験飼料と同一のものである<sup>4)</sup>。また、低魚粉飼料は低タンパク質、高脂質型の飼料となっているほか (表 2)、対照飼料よりもカロリー値がやや高めに設計されている (表 1)。なお、原材料とした魚粉は両飼料ともに同一ロットのものを使用した。

供試魚は、当支所で平成 29 年の秋に作出した全雌二倍体のニジマスを使用した。まず、令和元年 9 月 10 日に試験供試前の母集団を総重量でおおよそ 2 等分し、それぞれ FRP 製の餌付け水槽 (水量約 200 L) に収容した。その後各母集団に対し 4 日間、低魚粉飼料もしくは対照飼料をライトリッツの給餌率表に従って給餌し<sup>5)</sup>、各試験飼料に対する馴致を行った。そして 9 月 17 日に各母集団で個体別測定を行い、以下に述べる各試験区の供試魚を選別した。試験区は低魚粉飼料区及び対照飼料区とし、ともに反復区を設けた (以下、低魚粉区①、②及び対照区①、②とする)。また、各試験区の供試魚尾数は 25 尾とし、体重は低魚粉区①、②、対照区①、②の順に、 $34.6\pm 3.8$  g、 $34.6.0\pm 3.6$  g、 $34.6\pm 3.9$  g、 $34.6\pm 3.8$  g (平均 $\pm$ 標準偏差、以下、平均 $\pm$ SD) であった。

(実験Ⅱ) 供試飼料として、低魚粉飼料は魚粉 25.0 %、大豆油かす 20.0 %、コーングルテンミール 8.0 %、なたね油かす 5.0 %、濃縮大豆タンパク 5.0 %、魚油・大豆油混合油 11.3 %を含有し、対照飼料は魚粉 50.0 %、大豆油かす 14.8 %、魚油・大豆油混合油 5.2 %を含有する EP 飼料 (粒径 3 mm) を使用した (表 3)。また、実験Ⅰの試験飼料と同様、低魚粉飼料は低タンパク質、高脂肪型の飼料となっているほか (表 4)、カロリー値はやや高めに設計されている (表 3)。なお、原材料とした魚粉は両飼料ともに同一ロットのものを使用した。

供試魚は、当支所で平成 30 年の秋に作出した全雌二倍体のニジマスを使用した。試験に供する前に、本試験で使用する低魚粉飼料とその粒径に馴致させるため、コンクリート製の飼育池に収容した約 800 尾の母集団に対し、令和元年 11 月 19 日から同 2 年 1 月 10 日までの間、土日及び祝日を除き、低魚粉飼料をライトリッツの給餌率表に従って給餌した。また、馴致期間中は適宜母集団の総重量を測定し、給餌量を補正した。続いて 1 月 14 日に母集団の総重量測定を行い、おおよそ分量になるように母集団を 2 池に分けた後、それぞれに対し 5 日間、試験飼料である低魚粉飼料もしくは対照飼料を 1 日 2 回飽食給餌し、各飼料原料に対する馴致を行った。そして 1 月 23 日に各母集団に対し、個体別測定を行い、以下に述べる各試験区の供試魚を選別した。試験区は低魚粉飼料区及び対照飼料区とし、ともに反復区を設けた (以下、低魚粉区①、②及び対照区①、②とする)。また、各試験区の供試魚尾数は 30 尾とし、体重は全区  $30.0\pm 2.2$  g (平均 $\pm$ SD) に統一した。

### 飼育方法

給餌は午前と午後の 2 回に分けて、それぞれ飽食給餌することとし、基本的に土日祝日を除く週 5 日間行った。また、給餌する水槽の順番は毎日ローテーションした。

また実験Ⅰでは 2 週に 1 回、実験Ⅱでは週に 1 回、午前の給餌を開始する前に各試験区の総重量測定を行った (ただし、うち月 1 回は個体別測定とした)。さらに、測定の際には水槽の設置位置による影響を回避するため、各試験区に収容した魚のローテーションを併せて行った。

実験水槽は FRP 製の餌付け水槽 (L×W×H : 170×45×45 cm, 水量 183 L) を用い、水温 12.5 °C

の井水を実験Ⅰでは約 180 mL/s, 実験Ⅱでは約 150 mL/s で掛け流した。また水槽が置かれた部屋の照明は 8 時頃から 17 時頃まで点灯した。

なお、飼育期間は実験Ⅰでは令和元年 9 月 24 日から同年 12 月 16 日までの 84 日間とし、実験Ⅱでは令和 2 年 1 月 27 日から同年 3 月 23 日までの 57 日間とした。

### 飼料効率とコスト指数の算出

飼料効率とコスト指数の算出については、試験終了日の個体別重量測定を行った後に、各々次の計算式で求めた。飼料効率 = (増重量 (g) + 総死亡重量 (g)) × 100 / 総給餌量 (g), コスト指数 = (低魚粉飼料区の平均増肉係数 × 低魚粉飼料の原料価格比) / 対照飼料区の平均増肉係数。なお、コスト指数の計算式中にある増肉係数の計算式は、総給餌量 (g) / (増重量 (g) + 総死亡重量 (g)) とした。また、コスト指数は試験飼料製造時の原料価格から、原料価格比を対照飼料 100 に対し、低魚粉飼料を実験Ⅰでは 90.4, 実験Ⅱでは 85.1 として計算した (表 1, 3)。

### 日間摂餌率と日間増重率の算出

日間摂餌率と日間増重率は試験終了後、各々次の計算式で求めた。日間摂餌率 = 総給餌量 (g) / {(試験終了時の総重量 (g) + 試験開始時の総重量 (g)) / 2 × 総給餌日数} × 100, 日間増重率 = (試験終了時の総重量 (g) - 試験開始時の総重量 (g)) / {(試験終了時の総重量 (g) + 試験開始時の総重量 (g)) / 2 × 総飼育日数} × 100。

表 1 試験に用いた飼料の

原材料配合割合 (%) と飼料原料価格比

原材料名	対照飼料	低魚粉飼料
魚粉	50.0	25.0
小麦粉	21.8	20.0
エクストルーダー処理大豆	-	6.2
大豆油かす	13.8	20.0
コーングルテンミール	-	7.0
濃縮大豆タンパク	-	5.0
米ぬか	8.0	-
魚油・大豆混合油	5.1	13.7
りん酸カルシウム	-	0.5
食塩	0.5	0.2
タウリン	-	0.1
リジン	-	0.8
メチオニン	-	0.2
ビタミン・ミネラルMIX	0.8	1.3
合計	100.0	100.0
粗タンパク質 設計値	45.50	40.50
粗脂肪 設計値	10.50	18.50
GE (kcal/kg) 設計値	4,598.7	4,852.9
DE (kcal/kg) 設計値	3,468.3	3,734.4
飼料原料価格比	100.0	90.4

※飼料原料価格比は平成 30 年 10 月時点

表 2 試験に用いた飼料の分析結果 (%)

分析項目	対照飼料	低魚粉飼料
粗タンパク質	46.28	44.12
粗脂肪	12.07	18.51
水分	3.68	3.27
粗灰分	10.05	8.56
粗繊維	2.43	2.54
リジン	3.42	3.26
メチオニン	1.08	1.05
シスチン	0.48	0.49
アルギニン	2.84	2.52
ヒスチジン	1.72	1.57
イソロイシン	1.92	1.79
フェニルアラニン	2.02	1.99
トレオニン	1.95	1.78
バリン	2.37	2.14
ロイシン	3.57	3.56
グリシン	2.86	2.40
チロシン	1.65	1.61
セリン	2.00	1.91
アスパラギン酸	4.32	3.99
グルタミン酸	6.93	6.95
アラニン	2.98	2.76
プロリン	2.43	2.10

表 3 試験に用いた飼料の  
原材料配合割合 (%) と飼料原料価格比

原材料名	対照飼料	低魚粉飼料
魚粉	50.0	25.0
小麦粉	20.7	23.0
大豆油かす	14.8	20.0
コーングルテンミール	-	8.0
なたね油かす	-	5.0
濃縮大豆タンパク	-	5.0
米ぬか	8.0	-
魚油・大豆混合油	5.2	11.3
りん酸カルシウム	-	0.5
食塩	0.5	0.2
タウリン	-	0.1
リジン	-	0.5
メチオニン	-	0.1
ビタミン・ミネラルMIX	0.8	1.3
合計	100.0	100.0
粗タンパク質 設計値	45.50	41.50
粗脂肪 設計値	11.50	15.50
GE (kcal/kg) 設計値	4,707.9	5,009.7
DE (kcal/kg) 設計値	3,553.2	3,737.4
飼料原料価格比	100.0	85.1

※飼料原料価格比は令和元年 9 月時点

表 4 試験に用いた飼料の分析結果 (%)

分析項目	対照飼料	低魚粉飼料
粗タンパク質	47.72	43.80
粗脂肪	13.1	17.5
水分	6.51	6.59
粗灰分	10.49	8.87
粗繊維	2.02	2.01
リジン	3.29	3.08
メチオニン	1.05	0.84
シスチン	0.43	0.37
アルギニン	2.76	2.42
ヒスチジン	1.47	1.31
イソロイシン	1.85	1.71
フェニルアラニン	1.97	1.87
トレオニン	1.91	1.70
バリン	2.25	2.02
ロイシン	3.44	3.41
グリシン	2.80	2.32
チロシン	1.59	1.53
セリン	1.99	1.88
アスパラギン酸	4.18	3.70
グルタミン酸	6.46	6.38
アラニン	2.62	2.40
プロリン	2.11	2.30

## 食味

飼育試験終了後の実験Ⅱの供試魚に対し、3月27日まで飽食給餌を続けた。その後2日間餌止めし、3月31日に食味試験に供した。供試魚は各飼料区とも6尾とし、平均体重は低魚粉区113.7g、対照区115.5gであった。また供試魚は頭部殴打及び鰓の切断により即殺、脱血処理後、丸の状態では味付けはせずフィッシュロースターにより10分間加熱後、食味試験に供した。

パネラーは当支所職員の6人とした。各飼料区の供試魚は、各々おおよそ重量が同等のものを組み合わせさせた後、1人につき1ペアをブラインドの状態を提供し、魚の旨味、脂ののり、魚臭さ、パサパサ感、肉色、総合的な美味しさの6項目について評価がなされた。

なおパネラーによる評価は、前述の6項目についてそれぞれ低魚粉区と対照区のどちらの方が当てはまるか、もしくは同等かを選択する方式で行い、選択された区に3点、選択されなかった区に1点、同等であった場合には両区に2点加算し集計した。

## 結果

### 飼料効率とコスト指数等

(実験Ⅰ) 試験終了時の各試験区における体重は低魚粉区①, ②, 対照区①, ②の順に、139.0±24.8g, 157.6±27.7g, 137.6±28.2g, 135.1±24.0g (平均±SD) であり、低魚粉区で成長が良く、対照区①及び②と低魚粉区②の間には有意差がみられた ( $0.01 < p < 0.05$ , ANOVA followed by Tukey-kramer test)。また、試験終了後の平均体重を試験開始時の平均体重で除し、増重倍率を算出したところ、低魚粉区

①, ②, 対照区①, ②の順に, 4.02, 4.56, 3.97, 3.91 となった。その他試験結果の詳細は表 5 に示した。

試験期間を通じた平均飼料効率は低魚粉区が 112.6 %, 対照区が 104.8 %となり低魚粉区が上回った (表 5, 図 1a)。また低魚粉区のコスト指数は 84.1 となった (表 5)。このことから本低魚粉飼料の使用によってニジマスの飼料効率は約 8 %上昇し, かつ原料価格比のみで算出すると約 16%の飼料コストを削減することができた。

(実験 II) 試験終了時の各試験区における体重は低魚粉区①, ②, 対照区①, ②の順に,  $82.5 \pm 12.1$  g,  $76.9 \pm 11.8$  g,  $81.6 \pm 10.6$  g,  $81.3 \pm 11.8$  g (平均 $\pm$ SD) であり, 各区間で有意差はみられなかった ( $p=0.24$ , ANOVA followed by Tukey-kramer test)。また, 増重倍率は低魚粉区①, ②, 対照区①, ②の順に, 2.75, 2.56, 2.72, 2.71 となった。その他試験結果の詳細は表 6 に示した。

試験期間を通じた平均飼料効率は低魚粉区が 111.4 %, 対照区が 110.3 %となり低魚粉区が上回った (表 6, 図 1b)。また低魚粉区のコスト指数は 84.3 となった (表 6)。このことから本低魚粉飼料の使用によってニジマスの飼料効率は約 1 %上昇し, かつ原料価格比のみで算出すると約 16%の飼料コストを削減することができた。

表5 試験結果の詳細

魚種	対照区①	対照区②	対照区平均	低魚粉区①	低魚粉区②	低魚粉区平均
	ニジマス 井水	ニジマス 井水	-	ニジマス 井水	ニジマス 井水	-
平均水温 (°C)	12.5	12.5	-	12.5	12.5	-
飼育容量 (トリス)	183	183	-	183	183	-
注水量 (リットル/秒)	0.18	0.18	-	0.18	0.18	-
飼育開始日	9月24日	9月24日	-	9月24日	9月24日	-
飼育終了日	12月16日	12月16日	-	12月16日	12月16日	-
総飼育日数 (飼育開始日と終了日を含む)	84	84	84	84	84	84
総給餌日数	55	55	55	55	55	55
供試魚尾数	25	25	25	25	25	25
試験開始時の平均体重 (g)	34.63	34.57	34.60	34.58	34.60	34.59
試験開始時の総重量 (g)	865.7	864.3	865.00	864.6	864.9	864.75
期間中の総給餌量 (g)	2462.30	2391.60	2426.95	2362.80	2685.4	2524.10
期間中の総死亡尾数	0	0	0	0	0	0
期間中の総死亡重量 (g)	0	0	0	0	0	0
試験終了時の平均体重 (g)	137.61	135.11	136.36	138.99	157.62	148.31
試験終了時の総重量 (g)	3440.2	3377.8	3409.00	3474.7	3940.5	3707.60
生残率 (%)	100	100	100	100	100	100
期間中の増重量 (g)	2574.5	2513.5	2544.00	2610.1	3075.6	2842.85
飼料効率 (%)	104.6	105.1	104.8	110.5	114.5	112.6
増肉係数	0.96	0.95	0.95	0.91	0.87	0.89
コスト指数 (対照区を100として)	-	-	100	-	-	84.1



表6 試験結果の詳細

魚種	対照区①		対照区②		対照区平均		低魚粉区①		低魚粉区②	
	ニジマス	井水	ニジマス	井水	-	-	ニジマス	井水	ニジマス	井水
用水の種類										
平均水温 (°C)	12.5	12.5	12.5	12.5	-	-	12.5	12.5	12.5	12.5
飼育容量 (%)	183	183	183	183	-	-	183	183	183	183
注水量 (%/秒)	0.15	0.15	0.15	0.15	-	-	0.15	0.15	0.15	0.15
飼育開始日	1月27日	1月27日	1月27日	1月27日	-	-	1月27日	1月27日	1月27日	1月27日
飼育終了日	3月23日	3月23日	3月23日	3月23日	-	-	3月23日	3月23日	3月23日	3月23日
総飼育日数 (飼育開始日と終了日を含む)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
総給餌日数	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
供試魚尾数	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
試験開始時の平均体重 (g)	29.99	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.97	30.01	30.01	29.99
試験開始時の総重量 (g)	899.8	900.1	900.1	900.1	899.95	899.95	899.2	900.4	900.4	899.80
期間中の総給餌量 (g)	1406.10	1393.00	1393.00	1393.00	1399.55	1399.55	1405.80	1270.3	1270.3	1338.05
期間中の総死亡尾数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
期間中の総死亡重量 (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
試験終了時の平均体重 (g)	81.60	81.30	81.30	81.30	81.45	81.45	82.48	76.87	76.87	79.68
試験終了時の総重量 (g)	2448.1	2438.9	2438.9	2438.9	2443.50	2443.50	2474.3	2306.1	2306.1	2390.20
生残率 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
期間中の増重量 (g)	1548.3	1538.8	1538.8	1538.8	1543.55	1543.55	1575.1	1405.7	1405.7	1490.40
飼料効率 (%)	110.1	110.5	110.5	110.5	110.3	110.3	112.0	110.7	110.7	111.4
増肉係数	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.89	0.90	0.90	0.90
コスト指数 (対照区を100として)	-	-	-	-	100	100	-	-	-	84.3

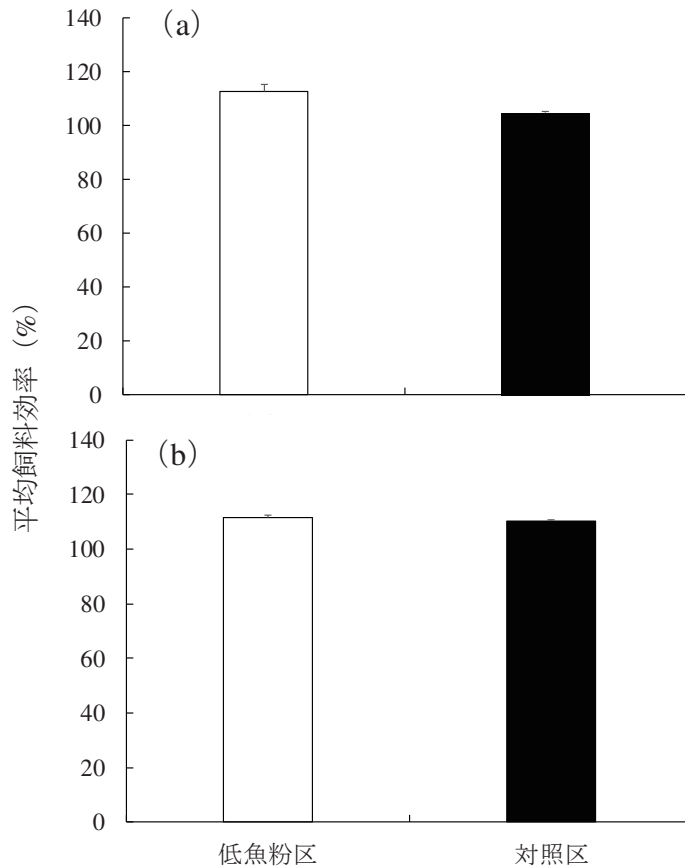


図1 実験 I (a) 及び実験 II (b) における飼育期間を通じた低魚粉区及び対照区の平均飼料効率

### 日間摂餌率と日間増重率

(実験 I) 日間摂餌率は、低魚粉区①, ②が各々1.98, 2.03, 対照区①, ②が各々2.08, 2.05 となり、やや対照区が上回った。一方、日間増重率は、低魚粉区①, ②が各々1.43, 1.52, 対照区①, ②が各々1.42, 1.41 となり、低魚粉区が上回る結果となった。

(実験 II) 日間摂餌率は、低魚粉区①, ②が各々2.19, 2.09, 対照区①, ②が各々2.21, 2.20 となり、やや対照区が上回った。一方、日間増重率は、低魚粉区①, ②が各々1.64, 1.54, 対照区①, ②がともに 1.62 となり、それぞれ平均するとほぼ同等だった。

### 食味

6項目のうち、魚臭さの項目に関して対照区で有意に高い点数となった ( $0.01 < p < 0.05$ , t-test, 表 7)。また、肉色の白さに関して対照区の方で有意に高かった ( $p < 0.01$ , t-test, 表 7)。一方、その他 4項目に関しては有意差はみられなかったが、旨味や総合的な美味しさについては低魚粉区の点数が上回るという結果となった。



表 7 食味に関する 6 項目の合計点

	低魚粉区	対照区
旨味が強い	13	11
脂ののりが良い	12	12
魚臭さがある	10	14*
パサパサしている	12	12
肉色の白さ	8	16**
総合的な美味しさ	13	11

※\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$  (t-test)

※検定は平均値で実施

### 総合考察

本試験に供した 2 種類の低魚粉飼料は、魚粉の代替タンパク質として畜産由来の原料を使用せず、植物性原料と魚油・大豆油混合油によりタンパク質とカロリーを調整した低タンパク質、高脂質型の飼料である。対照飼料よりも脂質の含有量が多いため、カロリーはやや高めに設計されている。原料費の高い魚油が多く含まれている分、原料価格は過去の試験で使用したチキンミールを代替タンパク質としている低魚粉飼料と比べて 10%以上割高となっている。そのため、本試験の結果で示したとおり、本低魚粉飼料を給餌したニジマスは平均飼料効率で対照区に勝るなど、高成長が認められたものの、前述したように原料価格が高いため、チキンミール飼料と比較して飼料コスト削減率はほぼ同等となっている。

実験 I の試験飼料においては、前報<sup>4)</sup>で制限給餌下での有効性は評価されていたものの、実際の養殖場で行われている飽食給餌下での成績との乖離が懸念されたため、飽食給餌下での試験を今回試み、その結果制限給餌下と同様低魚粉区でより高成長であることが示された。しかし、ここで使用した飼料は脂質やエクストルーダー処理大豆など原価の高い原材料が含まれていたため、原料価格として対照飼料の 1 割程度しかコスト削減できていなかった。

そこで、令和元年度の試験では、多少成長の面で劣ることも視野に入れつつ、より原料価格の低い飼料を設計し、試験する方針となった(実験 II)。低タンパク質、高脂質型というベースは崩さず従来よりも脂質の含有率を抑え、またエクストルーダー処理大豆はなくし、約 5%のコストカットを実現した。そして、実際の養殖場での使用を想定し、飽食給餌での試験としたところ、実験 I と比較し相対的に低魚粉区の飼料効率が低下し、飼料コストは実験 I の飼料とほぼ同等という結果になった。実験 I の飼料は高性能かつ高価格である一方で、実験 II の飼料は性能、価格ともに実験 I のものより落とした言わば廉価版であるが、結果的に飼料コストの面でみればどちらの飼料を用いて育成しても大差ないといえる。

本低魚粉飼料は市場で一般的に流通している通常飼料と比較すると、脂質や植物性原料の配合割合が高いため、摂餌性や嗜好性が劣り、摂餌率が落ちる可能性が考えられたが、一方で低魚粉化したことで、低下した栄養分を補うため、摂餌率が上がる可能性も考えられた。なお、ライトリッツの給餌率表をみると、本試験の供試魚の重量だと、実験 I では 1.8% (試験開始時) から 1.1% (終了時)、実験 II では 1.8% (試験開始時) から 1.4% (終了時) の範囲の給餌率であり、本試験で使用した両実験区の低魚粉飼料はいずれもこれを上回る摂餌率であったことから、その嗜好性や摂餌性に問題なかったことがいえる。このように本低魚粉飼料は摂餌性に問題なく、またカロリー値が高かったため好成績に繋がったと推察される。

一般的に低魚粉飼料を給餌した場合、植物性原料の抗栄養因子によってその成長が阻害されることがある<sup>6,7)</sup>が、本試験において好成績を得られた要因として、飼料中の原料やカロリーのバランスが良好であった可能性が考えられる。また、低魚粉飼料による選抜育種を重ねることで魚の摂餌性が改善され、それに伴い飼料効率が向上したとの報告があることから<sup>8-10)</sup>、低魚粉飼料の継続的な給餌とともに、継代を重ねていくことでさらなる好成績が期待できるかもしれない。

低魚粉区のコスト指数に関しては、実験Ⅰで84.1、実験Ⅱで84.3となり、本低魚粉飼料の使用により原料価格比のみで算出すれば約16%のコスト削減が可能であることが示された。ただし、本低魚粉飼料が一般に流通された場合は、原料費以外の経費も加味されていくため、通常飼料との販売価格差はその分小さくなると考えられるものの、生産原価の多くを飼料費で占める養殖業者にとって、本低魚粉飼料は魚の成長面においても、またコスト削減の面でも大いに有益であろう。また、低魚粉飼料については各養殖業者の経営実態や養殖環境に合わせて、通常飼料との併用も踏まえ臨機応変に使用していくことも一法である。

養殖業者が低魚粉飼料の使用を躊躇する要因に、糞量の増加、肉色及び食味の変化<sup>11)</sup>や抗病性の低下<sup>12)</sup>といった懸念がある。これらは低魚粉飼料の普及拡大の大きな障壁となっているが、これまでの試験により糞量や食味、抗病性について問題ない可能性が高いことが示されている<sup>1-4)</sup>。また、本試験の実験Ⅱではこれまでに使用していない新たな飼料を用いたため、改めて食味について検討を試みた。その結果、魚臭さ及び肉色の白さについて、飼料区間で有意差がみられ、対照区の方が勝る結果となった。魚臭さは恐らく魚粉に由来していると考えられ、対照飼料は低魚粉飼料に比べ含有率が2倍であることから、この差が原因と考えられた。この結果を踏まえると低魚粉飼料で育成した魚は魚特有の臭さが少なく、魚嫌いな人でも食せるものかもしれない。また、肉色の差については何かしらの原料の差異が原因であるものと考えられるが、現段階での特定は難しい。一方で、旨味や総合的な美味しさについて有意差はみられなかったものの、低魚粉区が勝る結果となったことは食味における懸念を払拭するものである。また、本低魚粉飼料は脂質含有率が対照飼料よりも4%ほど高い飼料であったが、焼き魚とした場合、前報<sup>4)</sup>と同様脂ののりを感じることは難しいことが分かった。本試験においては、内臓の脂が焼いている際に魚体から逃げてしまうことを危惧し、丸のままフィッシュロースターに処したが、やはりこの程度の差では一般の人の味覚で感知することは難しいのかもしれない。

以上のことから、本低魚粉飼料を使用することで高成長及び飼料コストの削減が期待できるほか、食味に関しても通常飼料と比較して遜色ないことが示された。本試験で得られた成長及び摂餌性に関する結果は、一般の養鱒場で実際に行われている給餌方法により近い飽食給餌下のものであり、その結果の信頼性は高いといえることから、将来さらに民間養殖業者に低魚粉飼料を普及していくため、今後本飼料の市場流通を図っていく必要がある。

## 要約

1. 畜産由来の原料を用いない低タンパク質、高脂質型の低魚粉飼料において飽食給餌下における有効性を評価するため、ニジマスを供試魚とし、成長及び摂餌性(実験Ⅰ、Ⅱ)、食味(実験Ⅱ)について検討した。
2. 実験Ⅰでは、試験期間を通じた平均飼料効率は低魚粉区で112.6%、対照区で104.8%となり、低魚粉区のコスト指数は84.1となった。
3. 実験Ⅱでは、試験期間を通じた平均飼料効率は低魚粉区で112.0%、対照区で110.5%となり、低魚粉区のコスト指数は84.3となった。
4. 食味試験では、魚臭さ及び肉色の白さについて対照区の方が有意に上回った一方で、その他の項目に関しては有意差はみられなかったものの、旨味や総合的な美味しさに関して低魚粉区がより高い

点数となった。

- 5) 本試験の結果から、本低魚粉飼料は飽食給餌下においても制限給餌下と同様にニジマスにおいて高成長及び飼料コストの削減が期待でき、食味に関しても大きな問題がないことが示された。

## 文献

- 1) 小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2017) : 低魚粉飼料の有効性評価試験. 山梨県水産技術センター事業報告書, 44, 20-29.
- 2) 小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2018) : 低魚粉飼料の有効性評価試験-II. 山梨県水産技術センター事業報告書, 45, 5-12.
- 3) 小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2019) : 低魚粉飼料の有効性評価試験-III ~長期飼育における成長試験, IHNV に対する感受性試験, 食味試験~. 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 26-33.
- 4) 小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2020) : 低魚粉飼料の有効性評価試験-IV. 山梨県水産技術センター事業報告書, 47, 18-28.
- 5) 長野県水産指導所 (1963) : ますとさけの養殖: 訳本. 長野県水産指導所, 長野, 107.
- 6) Refstie, S., Korsoen, O.J., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I. and Roem, A.J. (2000): Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture.*, 190, 49-63.
- 7) Yamamoto, T., Murashita, K., Matsunari, H., Oku, H., Furuita, H., Okamoto H., Amano, S. and Suzuki, N. (2016): Amago salmon *Oncorhynchus masou isikawae* juveniles selectively bred for growth on a low fishmeal diet exhibit a good response to the low fishmeal diet due largely to an increased feed intake with a particular preference for the diet. *Aquaculture.*, 465, 380-386.
- 8) Yamamoto, T., Murashita, K., Matsunari, H., Oku, H., Furuita, H., Okamoto H., Amano, S. and Suzuki, N. (2016) : Amago salmon *Oncorhynchus masou isikawae* juveniles selectively bred for growth on a low fishmeal diet exhibit a good response to the low fishmeal diet due largely to an increased feed intake with a particular preference for the diet. *Aquaculture.*, 465, 380-386.
- 9) 三浦正之・名倉盾・岡崎巧・大浜秀規・鈴木伸洋・古板博文・山本剛史 (2019) : 魚粉含量を極端に減らした低魚粉飼料で長期間飼育されたニジマス親魚の生残, 成長および採卵成績. 水産増殖, 67(2), 171-174.
- 10) Miura, M., Yamamoto T., Ozawa R., Okazaki, T., Murashita, K., Oku, H., Matsunari, H., Furuita, H., Mano, N. and Suzuki, N. (2019) : A preliminary study toward the improvement of low fishmeal diet utilization in a Yamanashi strain of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacult. Sci.*, 67(2), 127-138.
- 11) 石田典子・輿石友彦・野田勉・津崎龍雄・片山知史・山口敏康・柳宗悦・佐藤秀一 (2014) : 魚粉ゼロの EP 飼料への取り組み. 養殖ビジネス 7 月号, 51(8), 3-7.
- 12) 河原栄二郎 (2016) : 低魚粉飼料飼育魚の非特異免疫能と免疫賦活剤の有効性. 養殖ビジネス 3 月号臨時増刊号 2016 年版よくわかる! 養魚飼料と低魚粉, 53(4), 84-88.