

# 魚粉配合率の異なる飼料を用いて飼育したイワナ *Salvelinus leucomaenis* とギンザケ *Onchorhynchus kisutch* の成長と飼料コストの削減効果について

松崎 圭佑\*1・野知里 優希\*1・本田 亮\*1・杉本 晃一\*2

Growth of Japanese Char *Salvelinus leucomaenis* and Coho Salmon *Onchorhynchus kisutch*  
Fed Low Fish Meal Diet with Comments on Effect of Reduction in Feeding Cost

Keisuke MATSUZAKI\*1, Yuki NOCHIRI\*1, Ryo HONDA\*1 and Koichi SUGIMOTO\*2

キーワード：魚粉，低魚粉飼料，イワナ，ギンザケ

日本国内において、魚類養殖には魚粉を主原料とする配合飼料が多用されている。しかし、近年国際的に魚粉の需給がひっ迫し、魚粉価格が高騰している<sup>1)</sup>。それに伴って飼料価格が上昇しており、県内の内水面魚類養殖業者、特に市販飼料の魚粉の配合割合が50%近いサケマス養殖業者の生産コストが増加し、経営を圧迫するという課題が発生している。

このような魚粉価格高騰に伴う飼料費の増加への対策として、魚粉以外のタンパク質を用いて作製された低魚粉飼料の普及に向けた研究が行われている<sup>2)</sup>。本県でも、内水面魚類養殖の生産コストを軽減するためには低魚粉飼料の普及を行うことが必要である。今回、成長差等の知見を得ることを目的として、本県内水面で主に養殖されているイワナ *Salvelinus leucomaenis* とギンザケ *Onchorhynchus kisutch* を用いて飼育実験を行ったので、結果を報告する。

## 材料と方法

当場で継代飼育しているイワナとギンザケ（ともに1歳魚）を用いて飼育実験を行った。実験には黒色の200l円形水槽（モリマーサム樹脂工業（株）製SPE-200）を使用した。水槽の側面底部には直径3.5cmの穴を開け、塩化ビニール製パイプを取り付けて排水可能にし、流水飼育を行った。全ての実験で注水量は毎分約14.5lになるようにした。実験に用いた飼料は、市販低魚粉飼料（商

品名ツインパワー、日本農産工業（株）製）と、日本農産工業（株）が作製した、魚粉含有率がそれぞれ50%、35%、20%の飼料を用いた。魚粉35%飼料と魚粉20%飼料については、代替タンパク質としてチキンミールを使用し、アミノ酸の添加等を行わなかった（表1）。飼料の形状は全てEPとし、粒径は約3mmとした。飼育にあたっては全ての実験区で反復を1つずつ設定し、上記4実験区×2水槽の計8水槽で供試魚を飼育した。全ての実験で原則として週1回個体ごとに尾叉長と体重を測定し、概ねライトリッツの給餌率表に従い給餌量を補正した。また、水槽の位置による影響をなくすために、毎週の測定時に水槽のローテーションを行った。実験終了後に、反復区（2区）の値を合計して、餌料効率、増肉係数、成長倍率等を算出した。飼育期間中に供試魚が死亡した場合は、各項目の算出に当該死亡魚の体重を加えて補正した。魚粉35%飼料と魚粉20%飼料については、チキンミールの価格比が魚粉の67%であると仮定し、配合率に応じて魚粉50%飼料との価格比を算出した上で、各飼料で魚体1kg増にかかるコストを計算した。市販低魚粉飼料については、市販の通常飼料の9割程度の価格であることから、飼料価格比を0.9としたうえで同様にコストを計算した。また、各実験区の魚体重について95%信頼区間で繰り返しのない一元配置分散分析を行い、実験に用いた飼料の間で魚体重に有意差があるかどうか検定した。

\*1水産技術総合センター内水面水産試験場， \*2水産技術総合センター養殖生産部種苗生産施設

表1 試験に用いた各飼料の成分表

	市販低魚粉飼料	魚粉50%飼料	魚粉35%飼料	魚粉20%飼料	
穀類	24	23.23	23.18	23.18	
植物油かす類 (1)	}	10.00	10.00	10.00	
植物油かす類 (2)		5.00	5.40	5.70	
そうこう類	5	-	-		
魚粉	}	50.00	35.00	20.00	
チキンミール		40	-	15.00	30.00
ビタミン・ミネラル類 (1)	}	6.70	6.40	6.10	
ビタミン・ミネラル類 (2)		2.80	2.75	2.75	
ビタミン・ミネラル類 (3)		1.00	1.00	1.00	
ビタミン・ミネラル類 (4)		9	0.50	0.50	0.50
ビタミン・ミネラル類 (5)			0.05	0.05	0.05
ビタミン・ミネラル類 (6)			0.02	0.02	0.02
ビタミン・ミネラル類 (7)			0.30	0.30	0.30
ビタミン・ミネラル類 (8)		0.40	0.40	0.40	
合計	100	100.00	100.00	100.00	
粗蛋白質	43.0以上	45.2	45.2	45.2	
粗脂肪	10.0以上	12.3	12.3	12.3	
粗繊維	4.0以下	1.0	1.1	1.1	
粗灰分	15.0以下	14.6	14.6	14.7	
カルシウム	2.00以上	2.98	3.48	4.00	
リン	1.00以上	1.43	1.63	1.83	
飼料と魚粉の価格比	0.9	-	0.9	0.8	

※市販低魚粉飼料は飼料の表示票に基づき成分情報を記載した。

## 1 イワナ

### 1) 低水温期

2017年5月23日～6月30日の39日間、伏流水のみを用いて飼育実験を行った。各実験区の尾数は30尾と20尾の計50尾とした。供試魚の平均魚体重は78.9-82.4gで、飼育期間を通して水温は7.7-8.5℃(平均水温8.1℃±0.21)であった。

### 2) 高水温期

2017年7月12日～9月26日の77日間、主に河川水(台風等で濁水が発生した場合には伏流水)を使用して飼育した。各実験区の尾数は1)と同様とした。供試魚の平均魚体重は95.3-101.5gで、飼育期間を通して水温は9.2-15.5℃(平均水温12.6℃±1.49)であった。

## 2 ギンザケ

### 1) 高水温期

2017年8月9日～9月27日の50日間、主に河川水(台風等で濁水が発生した場合には伏流水)を使用して飼育した。各実験区の尾数は全て20尾ずつとした。供試魚の平均魚体重は83.3-85.2gで、飼育期間を通して水温は9.2-13.8℃(平均水温11.8℃±0.97)であった。

### 2) 低水温期

2017年11月9日～12月20日の42日間、伏流水のみを

用いて飼育実験を行った。各実験区の尾数は全て20尾ずつとした。供試魚の平均魚体重は104.5-109.5gで、飼育期間を通して水温は8.9-10.3℃(平均水温9.5℃±0.40)であった。

## 結果

### 1 イワナ

#### 1) 低水温期

全ての実験区で、飼料間での魚体重に有意差は認められなかった( $p>0.05$ )。餌料効率(%)は魚粉20%飼料が117.5%と最も低く、魚粉50%飼料が123.1%と最も高かった。魚体を1kg増加させるのに必要なコストは、現在通常使用されている飼料とほぼ同等の魚粉含有率である魚粉50%飼料に比べ、市販低魚粉飼料と魚粉35%飼料ではそれぞれ10%と9%、魚粉20%飼料では21%削減できるという結果が得られた(表2)。

#### 2) 高水温期

実験終了後の平均体重は、最も大きかった魚粉50%飼料と最も小さかった魚粉35%飼料の間で8.1gの差が見られたが、全ての実験区で飼料間での魚体重に有意差は認められなかった( $p>0.05$ )。餌料効率は市販低魚粉飼料が77.6%と最も低く、魚粉50%飼料が88.9%と最も高

表2 イワナ（低水温期）の飼育結果

	市販低魚粉飼料	魚粉50%飼料	魚粉35%飼料	魚粉20%飼料
試験前平均体重(g)	79.9±9.65	79.9±11.07	80.9±10.62	80.1±9.24
試験後平均体重(g)	96.2±9.54	96.3±12.30	97.1±12.13	95.9±11.05
総給餌量(g)	663.5	662.8	670.5	658.7
餌料効率(%)	122.2	123.1	121.1	117.5
増肉係数	0.82	0.81	0.83	0.85
成長倍率(%)	120.3	120.4	120.1	119.3
魚体1kg増にかかる 経費（価格比）	0.90	1.00	0.91	0.79

表3 イワナ（高水温期）の飼育結果

	市販低魚粉飼料	魚粉50%飼料	魚粉35%飼料	魚粉20%飼料
試験前平均体重(g)	97.8±11.46	97.6±12.54	97.6±10.05	98.9±11.97
試験後平均体重(g)	147.0±19.73	154.8±20.43	146.7±17.48	150.9±20.51
総給餌量(g)	3170.3	3200.9	3151.7	3193.9
餌料効率(%)	77.6	88.9	77.8	80.3
増肉係数	1.29	1.13	1.28	1.25
成長倍率(%)	150.3	158.3	150.3	151.9
魚体1kg増にかかる 経費（価格比）	0.89	1.00	0.89	0.79

表4 ギンザケ（高水温期）の飼育結果

	市販低魚粉飼料	魚粉50%飼料	魚粉35%飼料	魚粉20%飼料
試験前平均体重(g)	84.7±4.48	83.8±5.30	84.2±4.85	83.9±4.40
試験後平均体重(g)	107.8±8.68	106.4±9.78	109.2±8.92	107.2±7.24
総給餌量(g)	1167.2	1152.9	1164.6	1149.7
餌料効率(%)	79.0	78.1	86.9	81.1
増肉係数	1.27	1.28	1.15	1.23
成長倍率(%)	127.2	126.8	130.0	127.8
魚体1kg増にかかる 経費（価格比）	0.91	1.00	0.91	0.79

表5 ギンザケ（低水温期）の飼育結果

	市販低魚粉飼料	魚粉50%飼料	魚粉35%飼料	魚粉20%飼料
試験前平均体重(g)	107.2±9.22	108.9±8.94	107.8±10.65	105.0±10.91
試験後平均体重(g)	137.4±15.51	140.0±17.70	137.4±17.27	134.4±17.64
総給餌量(g)	1143.3	1166.0	1145.6	1127.8
餌料効率(%)	105.5	106.7	103.4	104.1
増肉係数	0.95	0.94	0.97	0.96
成長倍率(%)	128.1	128.6	127.5	128.0
魚体1kg増にかかる 経費（価格比）	0.88	1.00	0.88	0.77

かった。魚体1kg増に必要なコストは、市販低魚粉飼料と魚粉35%飼料が11%、魚粉20%飼料が21%削減できるという結果が得られた（表3）。

## 2 ギンザケ

### 1) 高水温期

全ての実験区で、飼料間での魚体重に有意差は認められなかった ( $p>0.05$ )。餌料効率は魚粉50%飼料が78.1%

と最も低く、魚粉35%飼料が86.9%と最も高かった。魚体を1kg増加させるのに必要なコストについては、市販低魚粉飼料と魚粉35%飼料が9%、魚粉20%飼料が21%削減できるという結果が得られた（表4）。

### 2) 低水温期

全ての実験区で、飼料間での魚体重に有意差は認められなかった ( $p>0.05$ )。餌料効率は魚粉35%飼料が

103.4%と最も低く、魚粉50%飼料が106.7%と最も高かった。魚体を1kg増加させるのに必要なコストは、市販低魚粉飼料と魚粉35%飼料では12%、魚粉20%飼料では23%削減できるという結果が得られた(表5)。

## 考 察

今回、全ての実験において、魚粉を削減した飼料と現在使用されている飼料と同等の魚粉配合率の飼料との間で成長に差はみられなかった。また、魚粉35%飼料は9~12%、魚粉20%飼料は21~23%それぞれ飼料コストを削減できると考えられた。現在宮城県内では低魚粉飼料の普及が進んでいないが、本研究の結果から、県内で主に養殖されているイワナとギンザケには、今回使用した動物性原料を代替タンパク源とした低魚粉飼料は十分使用でき、県内の内水面魚類養殖の生産コスト削減に貢献し得ると考えられた。餌料効率と増肉係数は、イワナ、ギンザケ共に低水温期より高水温期の方が劣っていたが、これは飼育期間中に流入した濁水の影響により無給餌の期間があったことと、注水を伏流水に変更しても給餌量を水温の高い河川水に合わせたものを使用し続け、残餌が出たためと考えられた。

これまでに国内ではニジマスやアマゴで同様の実験が行われているが、日間増重率や餌料効率が通常の飼料を与えた群よりも劣っていたり<sup>3)</sup>、摂餌に問題は見られなかったが、最終的な魚体の平均体重は通常の飼料を与えた群に比べて劣っていたとの結果が得られている<sup>4)</sup>。これらの実験で用いられた飼料は、大豆油かすやトウモロコシ蒸留かすといった植物性原料を主な代替タンパク源としている。植物性原料を魚粉の代替原料として用いる場合、魚類に必要なアミノ酸組成を十分に満たしていないことから、複数種類を混合して使用する必要があることが指摘されている<sup>5)</sup>。Yamamoto *et al.*<sup>4)</sup>はアマゴに対する低魚粉飼料を用いた飼育実験の原料として大豆油かすとトウモロコシ蒸留かすを混合して使用しているが、アミノ酸等の調整を行わなかったことにより、最終的な成長が通常飼料を給餌した群に及ばなかった

可能性があると考えしている。本研究では代替タンパクとして動物性原料であるチキンミールを使用したことで、摂餌性に問題が無く、各飼料間での成長差がみられなかったものと考えられる。

また、植物性原料を魚粉の代替タンパクの主原料とした飼料を魚類へ給餌した場合、生理異常や消化生理への影響が及ぼされ、これらが飼育成績の低下の一因である可能性も示唆されている<sup>6)</sup>。本研究では行っていないが、今後は生理組織の観察等も行い、異常の有無を明らかにする必要があると考える。

加えて、アマゴでは植物性原料主体の低魚粉飼料で選抜育種を行った結果、摂餌性が改善し、通常飼料を与えた群と遜色ない成長を示すことが確認されている<sup>7)</sup>。今後は低魚粉飼料の開発と同時に、低魚粉飼料でも良好な成長を示す個体の選抜育種を行っていくことで、より低魚粉飼料の普及が進むものと考えられる。

## 要 約

高水温期と低水温期に1回ずつ(飼育期間39~77日間)、イワナとギンザケを用いて、代替タンパク質としてチキンミールを用いた魚粉配合率50%、35%、20%の飼料を給餌し、成長差を比較した。全ての実験で飼料間での成長差は確認されなかった。また、魚粉50%の通常飼料に比べ魚粉35%飼料は9~12%、魚粉20%飼料は21~23%それぞれ飼料コストを削減できると考えられた。以上の結果から、本研究に用いた飼料は、宮城県内の内水面魚類養殖に十分に使用可能で、生産コストの削減が期待できると考えられた。

## 謝 辞

実験飼料の製造を行っていただいた日本農産工業株式会社水産飼料部東北営業所鶴見忠生課長補佐、同水産技術センター井手伸一郎係長に厚くお礼申し上げます。また、実験の際の魚体測定等に從事していただいた内水面水産実験場の職員の皆様にも深くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 山岡鉄也(2016)魚粉~魚粉の種類と需給の現状~。養殖ビジネス, **53** (4), 24-29
- 2) 三浦正之(2017)マス類における低魚粉飼料の有効性評価~全国養鱒技術協議会養殖技術部会の連絡実験より~。月刊アクアネット, **20** (8), 29-34

- 3) 大浜秀規 (2013) 低魚粉飼料の有効性評価. 山梨県水産技術センター事業報告書, **40**, 1-4
- 4) Yamamoto T, Okamoto H, Iwashita Y, Matsunari H, Amano S, and Suzuki N (2013) Growth performance and physiological condition of Amago Salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles fed a low fish meal diet. *Aquaculture sci*, **61** (1) , 9-17
- 5) 佐藤秀一 (2016) 魚粉代替飼料原料の基礎知識. 養殖ビジネス, **53** (4), 30-34
- 6) 村下幸司 (2016) 植物性原料を使用した飼料の摂餌性の改善. 養殖ビジネス, **53** (4), 80-83
- 7) Yamamoto T, Okamoto H, Furuita H, Murashita K, Matsunari H, Iwashita Y, Amano S, and Suzuki N (2014) Growth performance and physiological condition of F1 amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles obtained from broodstock with selective breeding for growth on a low fish-meal diet. *Fish Sci*, **80**, 569-579
- 8) Yamamoto T, Murashita K, Matsunari H, Oku H, Furuita H, Okamoto H, Amano S, and Suzuki N (2015) Selectively bred juvenile F2 amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* fed a low fishmeal diet exhibit growth comparable to unselected juveniles fed a fishmeal-based diet. *Fish Sci*, **81**, 83-93