

給餌飼料が富士の介の肉質に与える影響

平塚 匡・三浦 正之

山梨県水産技術センター忍野支所では、付加価値の高い新たな県産ブランド魚として期待されるニジマス *Oncorhynchus mykiss* 雌とマスノスケ *O.tshawytscha* 偽雄を交配した全雌異質三倍体「富士の介（ふじのすけ）」の開発に成功した。富士の介については、これまで成長や抗病性等の養殖特性に関する研究が行われており¹⁻¹⁰⁾、一般に養殖されている大型ニジマスと概ね同等の「養殖に適した魚」であることが示されている。

さらに前報¹¹⁾では、富士の介の食材としての可能性を調べるため同一条件で飼育したニジマスとの肉質比較を行った結果、富士の介はニジマスと比較し「脂ののりが良い」、「うま味成分として知られるグルタミン酸やアスパラギン酸が多い」等の優れた肉質特性を有する魚であることが明らかとなった。

今回は、富士の介に成分組成の異なる3種類の飼料を一定期間給餌することにより、その肉質や食味等へ与える影響について検討したので、その結果を報告する。一般に魚類の肉質や食味に重要な影響を及ぼすものの一つとして脂質が知られているため¹²⁾、本試験では給餌飼料の違いが富士の介の筋肉中脂質含量に与える影響を中心に評価するとともに、これらの結果を通して、給餌飼料による富士の介の更なる肉質改善等の可能性について検討した。

材料及び方法

供試魚

富士の介の3年魚（2015年作出群、平均体重1,053.5g）を供試魚として使用し、FRP水槽（700L）3槽に各15尾収容した。飼育は水温12.5°Cの地下水を250mL/sでかけ流しながら行った。供試魚は給餌試験開始前の1ヵ月間、試験区毎に各試験飼料をそれぞれ給餌し餌馴致を行った。

試験飼料

試験飼料には市販の配合飼料（以下、飼料A）、飼料Aに魚油（スケソウ脱酸魚油、辻製油株式会社製）を5%添加したもの（以下、飼料B）を用いた。さらに、本試験では富士の介に有効な新規飼料の検討のため、粗脂肪含量が高い浮き餌である市販の銀鮭用飼料（以下、飼料C）を試験飼料に加え、以上の3種類を用いて給餌試験を行った。

各試験飼料の組成及び一般成分分析値を表1、脂肪酸組成を表2に示す。飼料A及び飼料Bでは、水分、たんぱく質、粗繊維、粗灰分の値はほぼ一定であるが、粗脂肪含量は魚油添加に伴い飼料Aが5.7%、飼料Bが10.1%となった。飼料Cは、粗脂肪含量が19.5%と3種類の中で最も高く、他2飼料と比較し水分が高く、たんぱく質、粗繊維、粗灰分は低かった。

脂肪酸組成については、飼料Aでは組成比が高い順にパルミチン酸、オレイン酸、リノール酸、飼料Bではオレイン酸、パルミチン酸、ドコサヘキサエン酸、飼料Cではリノール酸、オレイン酸、パルミチン酸となっていた。なお、上記分析については一般財団法人日本食品分析センターに委託して行った。

表1 試験飼料の組成及び一般成分分析値 (%)

組成	飼料A	飼料B	飼料C
動物質性飼料 (魚粉)	56	56	43
穀類 (小麦粉)	26	26	26
植物油かす類 (大豆油かす等)	14	14	8
その他 ^{※1}	4	4	23
魚油 ^{※2}	-	5	-
(一般成分分析値)			
水分	7.7	7.3	11.7
たんぱく質	48.9	46.4	37.1
粗脂肪	5.7	10.1	19.5
粗繊維	1.5	1.5	0.9
粗灰分	13.3	12.7	8.1

※1 飼料A, B: りん酸カルシウム, レシチン, 食塩, クマザサ粉末

飼料C: 魚油, 植物性油脂, 飼料用酵母, りん酸カルシウム, クマザサ粉末

※2 スケソウ脱酸魚油

表2 試験飼料の脂肪酸組成 (%)

		飼料A	飼料B	飼料C
ミリスチン酸	14:0	2.9	3.6	2.4
ペンタデカン酸	15:0	0.4	0.4	0.3
パルミチン酸	16:0	17.6	15.4	14.8
パルミトレイン酸	16:1	3.2	4.5	2.9
ヘキサデカジエン酸	16:2	0.2	0.3	0.2
ヘプタデカン酸	17:0	0.4	0.3	0.3
ヘプタデセン酸	17:1	0.3	0.3	0.2
ステアリン酸	18:0	4.0	3.3	4.0
オレイン酸	18:1	17.2	17.5	21.4
リノール酸	18:2n-6	16.8	10.7	25.4
α-リノレン酸	18:3n-3	2.1	1.7	3.7
オクタデカテトラエン酸	18:4n-3	1.1	1.7	0.9
アラキジン酸	20:0	0.2	0.2	0.3
エイコセン酸	20:1	4.1	6.4	2.7
エイコサジエン酸	20:2n-6	0.2	0.2	0.2
エイコサトリエン酸	20:3n-3	0.1	0.1	-
アラキドン酸	20:4n-6	1.1	0.8	0.6
エイコサテトラエン酸	20:4n-3	0.5	0.6	0.4
エイコサペンタエン酸	20:5n-3	5.9	8.0	4.6
ヘンエイコサペンタエン酸	21:5n-3	0.2	0.3	0.2
ベヘン酸	22:0	0.2	0.1	0.2
ドコセン酸	22:1	3.4	6.0	2.1
ドコサテトラエン酸	22:4n-6	0.1	0.1	0.1
ドコサペンタエン酸	22:5n-6	0.4	0.3	0.3
ドコサペンタエン酸	22:5n-3	1.2	1.3	1.2
ドコサヘキサエン酸	22:6n-3	12.1	10.8	7.7
リグノセリン酸	24:0	0.2	0.1	0.1
テトラコセン酸	24:1	0.8	0.8	0.4
未同定		3.1	4.1	2.2

各種飼料給餌試験

試験区は、飼料 A 給餌区（以下、A 区）、飼料 B 給餌区（以下、B 区）、飼料 C 給餌区（以下、C 区）の 3 区とした。

給餌試験は 2018 年 10 月 29 日から 2019 年 1 月 20 日の 84 日間行い、給餌は手撒きで概ね 1 日 3 回、週 5 日間行った。給餌量はライトリツの給餌率表¹³⁾を基準に摂餌状況を確認しながら各試験区で残餌が出ないように適宜調整し、このとき各区の給餌率は同一となるようにした。給餌率の補正は 4 週に 1 回の脂質含量等測定の際に行った。給餌試験終了後、後述の成分分析及び官能評価用のサンプル採取時に併せて、供試魚の内臓重量（心臓を除く）及びフィレ重量（皮を除く）の測定、さらにフィレの背鰭下やや尾側の部位において *Salmo Fan*TM（DSM 社製のサケ・マス類肉色判定専用カラーチャート、以下、サーモファン）を用いた肉色判定を行った。

筋肉中脂質含量の経時的測定

給餌試験開始前日を 0 週目とし、その後 4 週、8 週、12 週目と 4 週おきに全供試魚について脂質含量等の測定を行った。脂質含量の測定は、魚類用体脂肪計である Fish AnalyzerTM DFA100（大和製衡株式会社製、以下、フィッシュアナライザ）を用いて行った。供試魚を麻酔にかけ、かかった個体から順にスポンジの上に置き、湿らせたタオルで背鰭下部分の体表粘液を軽く 1 回拭き取った。その後、フィッシュアナライザを側線より上側の背鰭下部位に軽く当て、脂質含量を測定した。測定は同一部位で連続して 3 回行い、平均値をその個体の脂質含量とした。脂質含量の測定後、体長、体重の測定を併せて行った。

筋肉成分分析（一般栄養成分、脂肪酸組成）

給餌試験終了後、各試験区から無作為に 5 尾ずつ選び、これらを供試魚として筋肉における一般栄養成分等を分析した。供試魚は、取り上げ後、即殺・脱血処理し、約 1 時間半氷水中で水冷した。その後、個別別にフィッシュアナライザによる脂質含量の測定、続いて全長、体長、体重の測定を行った後、三枚におろし、側線より上側の背側筋肉及び下側の腹側筋肉を採取して分析に供した。採取した筋肉は即座に真空パックし、試験に供するまで -20℃で保存した。なお、一般栄養成分（エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、水分、灰分）及び脂肪酸組成の分析は背側筋肉を用い、腹側筋肉については脂質分析のみ行った。分析については、一般財団法人 日本食品分析センターに委託して実施した。

官能評価

各試験区の残り 10 尾を供試魚として官能評価を行った。供試魚は、取り上げ後、即殺・脱血処理し、約 1 時間半氷水中で水冷した。その後、個別別にフィッシュアナライザによる脂質含量の測定、続いて全長、体長、体重の測定を行った後、三枚におろし、背肉については側線より上側の背側筋肉、腹肉については側線より下側の腹側筋肉をそれぞれ採取して試験に供した。採取した筋肉は即座に真空パックし、試験に供するまで冷蔵保存した。

食味試験での調理法は刺身と焼きの 2 種類とし、刺身は背肉及び腹肉、焼きは背肉を用いて試験を実施した。また、刺身は供試魚を締めてから約 24 時間後、焼きは約 48 時間後に食味試験が行われるよう調整した。

試験は、1 試験当たりパネリスト 12 人によりブラインドで行い、各区 1 尾ずつ使用した 3 検体比較を計 10 試験実施した。官能評価については、肉の色（薄い - 濃い）、身の硬さ（やわらかい - 硬い）、魚臭さ（魚臭い - 魚臭くない）、脂ののり（脂がのっていない - 脂がのっている）、うま味（弱い - 強い）の 5 項目に関して採点法で評価した。なお、焼きの評価項目では身の硬さの部分をも身のパサパサ感（パサパサしている - パサパサしていない）とした。評価方法は、対照を 0 点としたときの比較対照の評価を -3 ~ +3 点の 7 段階で評価させた。さら

に、アンケート項目として総合的に最も好ましいと感じた検体についても選択させた。

刺身は各検体を厚さ約 5mm の切り身で提供し、醤油等を何もつけない状態で評価させた。また、このとき各パネリストには試験区間でほぼ同じ部位が提供されるよう注意した。焼きは各検体をフィッシュロースターで 10 分間加熱した後、提供部位が均一になるよう検体毎にほぐして軽く混合したものを提供した。なお、官能評価による食味の比較は、一般財団法人 日本食品分析センターに委託して実施した。

結 果

各種飼料給餌試験

各試験飼料給餌による供試魚の飼育成績を表 3 に示した。試験終了時の各区供試魚の平均体重は A 区で 1,313g、B 区で 1,365g、C 区で 1,412g となり 3 区間で差は認められなかったものの (Tukey-Kramer 法による多重比較検定, 以下, 多重比較検定, $p > 0.05$) , C 区で成長が良い傾向がみられた。飼料効率は A 区で 57.8%、B 区で 67.6%、C 区で 73.8%であった。肥満度においては、B 区で 19.5、C 区で 19.8 となり、A 区の 18.2 と比較して有意に高い値を示した (多重比較検定, $p < 0.01$)。内臓重量は、C 区が 70.6g で、A 区の 52.3g、B 区の 60.8g より有意に重くなった (多重比較検定, $p < 0.01$)。またフィレ重量から体重当たりの可食部率を算出したところ、A 区で 47.9%、B 区で 49.6%、C 区で 50.2%となった。上記のいずれの結果においても、飼料の粗脂肪含量が高くなるに従い数値も高くなる傾向が認められた。

各区供試魚の背鰭下筋肉におけるサーモファンスコアについては、3 区とも概ね 29~30 の範囲であり区間差は認められなかった (多重比較検定, $p > 0.05$)。

表3 各試験飼料給餌による供試魚飼育成績

		A区	B区	C区
試験開始時	尾数(尾)	15	15	15
	平均体長(mm) ^{※1}	394.6±12.6	391.1±13.3	390.3±14.1
	平均体重(g) ^{※1}	1,047±77.3	1,051±104.0	1,063±96.7
	総重量(g)	15,710	15,759	15,937
試験終了時	尾数(尾)	15	15	15
	平均体長(mm) ^{※1}	415.9±15.6	412.1±14.9	414.3±15.6
	平均体重(g) ^{※1}	1,313±154.8	1,365±120.2	1,412±151.4
	総重量(g)	19,698	20,475	21,181
	飼育日数(日)	84	84	84
	給餌日数(日)	55	55	55
	総給餌量(g)	6,903.4	6,974.6	7,105.2
	増重量(g)	3,988.0	4,716.0	5,244.0
	飼料効率(%)	57.8	67.6	73.8
	増肉係数	1.73	1.48	1.35
	肥満度 ^{※2}	18.2 ^a	19.5 ^b	19.8 ^b
	内臓重量(g) ^{※1,2}	52.3±10.5 ^a	60.8±11.2 ^a	70.6±17.7 ^b
	内臓重量比	4.0	4.5	5.0
	フィレ重量(g) ^{※1}	630.5±99.0	677.9±86.2	709.1±94.6
	可食部率(%)	47.9	49.6	50.2
	サーモファンスコア ^{※1}	29.2±1.3	29.6±1.2	30.2±0.9

※1 数値は15尾の平均±標準偏差

※2 異なるアルファベット間で有意差あり (Tukey-Kramer法による多重比較検定, $p < 0.01$)

筋肉中脂質含量の経時的観察

給餌試験開始0週目、4週目、8週目、12週目における各区供試魚の平均体重及び背側筋肉中の平均脂質含量の推移をそれぞれ図1、図2に示した。また、試験開始時(0週目)と終了時(12週目)の脂質含量を区毎に比較したものを図3に示した。

平均体重は給餌期間を通して全ての試験区で緩やかな増加を示したが、試験開始時及び終了時ともに3区間で差は認められなかった(図1, 多重比較検定, $p > 0.05$)。平均脂質含量では、試験開始時は3区間で差は認められなかったが(図2, 多重比較検定, $p > 0.05$)、週の経過とともにB区及びC区で徐々に増加し、終了時にはA区と比べ有意に高い値となった(多重比較検定, B区: $p < 0.05$, C区: $p < 0.01$)。一方, A区では、週の経過とともに一定の範囲内で増減を繰り返した(図2)。試験開始時と終了時の平均脂質含量の区毎の比較では, A区は3.6g/100gから3.3g/100gに微減したのに対し, B区では3.5g/100gから4.0g/100g, C区では3.3g/100gから4.6g/100gと有意に脂質含量が増加した(図3, ウェルチのt検定, B区: $p < 0.05$, C区: $p < 0.01$)。

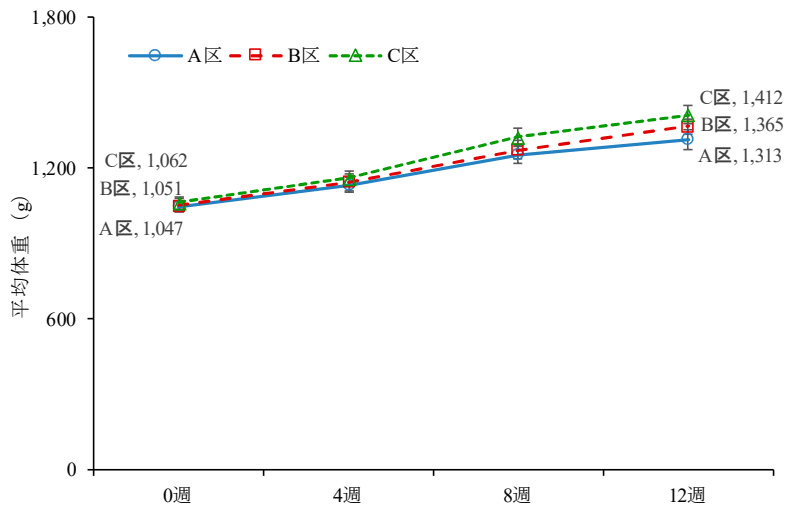


図1 各区供試魚における平均体重の推移 (各区n=15)

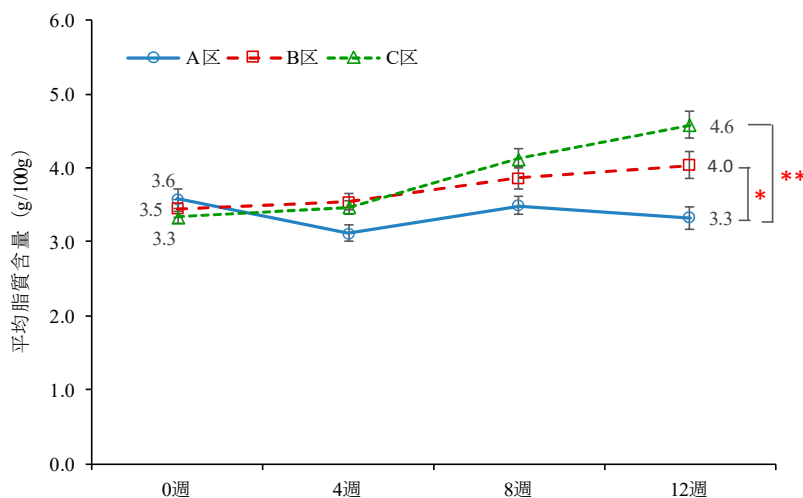


図2 各区供試魚における筋肉中平均脂質含量の推移 (各区n=15, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Tukey-Kramer法による多重比較検定)

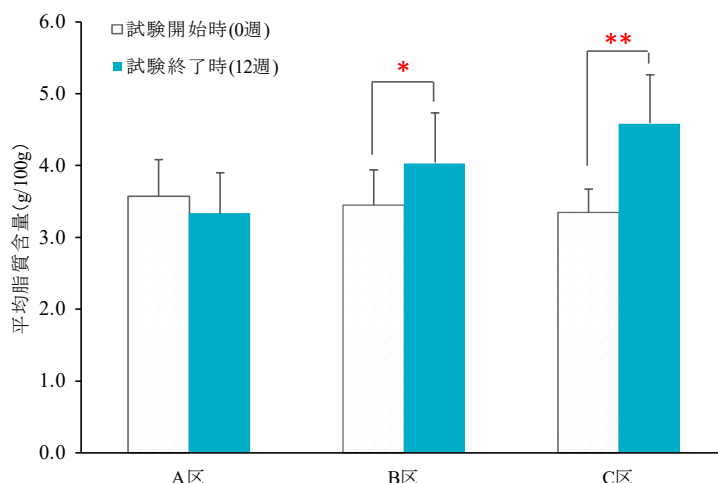


図3 各区における試験開始時及び終了時の供試魚筋肉中平均脂質含量の比較
(各区n=15, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, ウェルチのt検定)

筋肉成分分析（一般栄養成分, 脂肪酸組成）

成分分析に使用した供試魚各区5尾の測定結果を表4に示した。供試魚の平均体重に区間差は認められなかった（表4, 多重比較検定, $p > 0.05$ ）。また筋肉を用いた分析結果について, 一般栄養成分を表5, 脂肪酸組成を表6に示した。

一般栄養成分では, 全ての成分で区間差は認められなかったが（表5, 多重比較検定, $p > 0.05$ ）, 脂質含量においては背側筋肉及び腹側筋肉ともにC区が最も高く, 次いでB区, A区の順となり（表5）, 飼料の粗脂肪含量が高いほど高くなっていった。

脂肪酸組成は, A区及びB区では組成比が高い順にオレイン酸, パルミチン酸, ドコサヘキサエン酸, C区ではオレイン酸, リノール酸, パルミチン酸となった（表6）。

表4 成分分析用供試魚測定結果

	A区	B区	C区
全長(mm)	475.0±23.4	484.0±13.1	473.8±13.3
体長(mm)	418.8±18.9	418.0±14.4	411.2±10.8
体重(g)	1,289±202.9	1,382±79.8	1,449±109.4

※1 数値は5尾の平均±標準偏差

表5 各区供試魚筋肉における一般栄養成分

	A区	B区	C区
エネルギー (kcal/100g)	115.8±10.0	122.8±11.5	127.8±12.9
水分 (g/100g)	73.8±1.1	73.1±1.1	72.5±1.4
たんぱく質 (g/100g)	22.9±0.5	22.5±0.5	22.3±0.4
脂質(背) (g/100g)	2.7±1.3	3.6±1.5	4.3±1.5
炭水化物 (g/100g)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
灰分 (g/100g)	1.3±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0
脂質(腹) ^{※2} (g/100g)	5.9±1.6	7.0±2.4	8.8±2.3

※1 数値は5尾の平均±標準偏差

※2 脂質(腹)については, 脂質(背)と同一個体から採取したものを別途脂質分析に供した。

表6 各区供試魚筋肉における脂肪酸組成 (%)

		A区	B区	C区
ミリスチン酸	14:0	2.0	2.3	2.0
ペンタデカン酸	15:0	0.2	0.3	0.2
パルミチン酸	16:0	18.2	17.7	16.9
パルミトレイン酸	16:1	4.5	4.7	3.4
ヘキサデカジエン酸	16:2	0.1	0.1	0.1
ヘキサデカテトラエン酸	16:4	-	0.1	0.1
ヘプタデカン酸	17:0	0.3	0.3	0.3
ヘプタデセン酸	17:1	0.2	0.2	0.2
ステアリン酸	18:0	4.9	4.6	4.8
オレイン酸	18:1	25.5	24.5	24.2
リノール酸	18:2n-6	13.4	12.5	18.5
γ-リノレン酸	18:3n-6	0.2	0.1	0.2
α-リノレン酸	18:3n-3	1.5	1.5	2.3
オクタデカテトラエン酸	18:4n-3	0.4	0.6	0.5
アラキジン酸	20:0	0.2	0.2	0.2
エイコセン酸	20:1	2.9	3.8	2.6
エイコサジエン酸	20:2n-6	0.7	0.7	0.8
ジホモ-γ-リノレン酸	20:3n-6	0.5	0.4	0.4
エイコサトリエン酸	20:3n-3	0.1	0.1	0.1
アラキドン酸	20:4n-6	1.0	0.8	0.8
エイコサテトラエン酸	20:4n-3	0.5	0.6	0.5
エイコサペンタエン酸	20:5n-3	2.2	2.9	2.4
ヘンエイコサペンタエン酸	21:5n-3	0.1	0.2	0.2
ベヘン酸	22:0	-	-	0.1
ドコセン酸	22:1	1.2	2.1	1.3
ドコサテトラエン酸	22:4n-6	0.1	0.1	0.1
ドコサペンタエン酸	22:5n-6	0.4	0.3	0.3
ドコサペンタエン酸	22:5n-3	1.1	1.3	1.2
ドコサヘキサエン酸	22:6n-3	15.3	14.0	12.8
リグノセリン酸	24:0	-	-	-
テトラコセン酸	24:1	0.3	0.3	0.3
未同定		2.3	2.6	1.9

※1 数値は5尾の平均値

官能評価

官能評価に使用した供試魚各区 10 尾の測定結果を表 7 に示した。供試魚の平均体重に区間差は認められなかった（多重比較検定, $p > 0.05$ ）。

官能評価の結果を表 8, 併せて実施したアンケート結果を表 9 に示した。A 区を比較対照として B 区及び C 区の 3 区間で二元配置分散分析を行った結果, 検体間に有意差が認められた評価項目についてスチューデント化された範囲の表を用いて各検体間の有意差検定を行ったところ, 刺身のうち背肉では, 肉の色について A 区より B 区で有意に濃い, うま味について A 区より B 区及び C 区で有意に強いという評価になった ($p < 0.05$)。腹肉では, 肉の色について A 区及び C 区より B 区で有意に濃い, うま味について A 区より C 区で有意に強いとなった ($p < 0.05$)。また焼きでは, 肉の色について A 区及び C 区より B 区で有意に濃く, 身のパサパサ感及びうま味については A 区より B 区で有意にパサパサしていない及び強いとなった ($p < 0.05$)。

パネリスト延べ 60 人に対して総合的に好ましいと感じたものを選択させた結果, 刺身のうち背肉では, 23 人が C 区, 16 人が B 区, 11 人が差なし, 10 人が A 区となった。また, 腹肉では 20 人が C 区, 17 人が B 区, 16 人が差なし, 7 人が A 区となり, 刺身では背肉と腹肉で類似した結果となった。一方, 焼きにおいては, 29 人が

B区, 16人がA区, 13人がC区, 2人が差なしとなった。なお, 本アンケートの4つの選択肢が全て同じ確率で選ばれたといえるかどうかを確認したところ, 背肉及び腹肉の刺身では有意差は認められなかったが, 焼きにおいては有意差が認められた (χ^2 適合度検定, $p < 0.05$)。

表7 官能評価用供試魚測定結果

	A区	B区	C区
全長(mm)	475.8±15.6	471.7±15.6	479.7±21.0
体長(mm)	414.5±14.6	409.1±15.0	415.9±17.8
体重(g)	1,325±135.9	1,357±139.3	1,393±170.9

※1 数値は10尾の平均±標準偏差

表8 刺身及び焼き調理による官能評価結果

調理法	部位	評価項目 ^{※1}	評価点合計 ^{※2}			二元配置分散分析 ^{※3}	
			A区	B区	C区	検体間	パネリスト間
刺身	背肉	肉の色 ^{※4}	0 ^a	31 ^b	15 ^{ab}	**	**
		身の硬さ	0	-2	-18	*	**
		魚臭さ	0	0	5		**
		脂ののり	0	12	12		
		うま味 ^{※4}	0 ^a	18 ^b	18 ^b	*	
	腹肉	肉の色 ^{※4}	0 ^a	19 ^b	-14 ^a	**	*
		身の硬さ	0	9	12		**
		魚臭さ	0	2	3		*
		脂ののり	0	18	31	**	*
		うま味 ^{※4}	0 ^a	10 ^{ab}	27 ^b	**	
焼き	背肉	肉の色 ^{※4}	0 ^a	18 ^b	-16 ^a	**	**
		身のバサバサ感 ^{※4}	0 ^a	30 ^b	7 ^{ab}	*	
		魚臭さ	0	17	4		
		脂ののり	0	8	1		**
		うま味 ^{※4}	0 ^a	34 ^b	13 ^{ab}	**	

※1 肉の色: 薄い-3⇨+3濃い, 身の硬さ: やわらかい-3⇨+3硬い, 魚臭さ: 魚臭い-3⇨+3魚臭くない, 脂ののり: 脂がのっていない-3⇨+3脂がのっている, うま味: 弱い-3⇨+3強い, 身のバサバサ感: バサバサしている-3⇨+3バサバサしていない

※2 評価点合計は通常飼料区を対照(0点)としたときのパネリスト延べ60人による評価点の合計値。

※3 3区の評価結果について二元配置分散分析により検体間及びパネリスト間の有意差検定を行った結果。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

※4 評価点合計中のアルファベットは二元配置分散分析により検体間に有意差が認められた評価項目について, スチューデント化された範囲の表を用いて各検体間における有意差検定を行ったところ有意差が認められたもの。異なるアルファベット間で有意差あり ($p < 0.05$)。

表9 アンケート結果

質問項目: 総合的に好ましいと感じたものはどれか。

調理法	部位	選択者数					χ^2 適合度検定 ^{※1}
		A区	B区	C区	差なし	計	
刺身	背肉	10	16	23	11	60	n.s.
	腹肉	7	17	20	16	60	n.s.
焼き	背肉	16	29	13	2	60	*

※1 3区及び差なしの選ばれる確率がともに1/4であるという帰無仮説に基づき, χ^2 適合度検定を行った結果(自由度3, 有意水準5%)。n.s. 有意差なし, * $p < 0.05$ 。

考 察

本試験では富士の介に成分組成が異なる3種類の飼料を一定期間給餌することで、肉質や食味へ与える影響について検討した。

各試験飼料を12週間制限給餌した結果、成長や飼料効率は粗脂肪含量が高い飼料ほど優れた結果を示した。さらに、筋肉の一般栄養成分では特に脂質含量で顕著な影響がみられ、粗脂肪含量約10%の飼料Bでは12週間の制限給餌で背側筋肉の脂質含量が3.5g/100gから4.0g/100g、粗脂肪含量約20%の飼料Cでは3.3g/100gから4.6g/100gと有意に増加した。ニジマス^{14,16}やハマチ^{17,18}、トラフグ¹⁹等の魚種においても高粗脂肪含量飼料の給餌により成長や飼料効率が改善されることが示されており、ニジマスでは給餌飼料への脂質添加量の増加に伴い筋肉中の脂質含量が増加したという報告もされている¹⁴。これらと同様に、富士の介においても粗脂肪含量の高い飼料を給餌することで成長や飼料効率の改善、筋肉中脂質含量の増加に繋がることが示され、給餌飼料が富士の介の成長や肉質に対して影響を及ぼすことが明らかになった。本試験で使用した試験飼料の一般成分分析値から飼料カロリー値を算出してみると、高い方から飼料C、飼料B、飼料Aとなり、粗脂肪含量が高い飼料ほどカロリー値は高くなっていた。したがって、各試験区間の供試魚で摂取カロリー量は異なり、この摂取カロリー量の違いが成長や飼料効率、さらには筋肉への脂質の蓄積に影響を及ぼしている可能性も考えられた。

官能評価による食味の比較では、官能評価及びアンケート結果を総合すると、刺身調理の場合は3区の中で最も脂質含量が高いC区の評価が高くなる傾向がみられた。対して、焼き調理になると脂質含量が二番目に高いB区の評価が高くなる傾向がみられ、単純に脂質含量が高ければ食味の評価が良くなるという結果にはならなかった。しかし、刺身調理に限っては、少しの脂質含量の増加で評価が良好になったことから、刺身等の生食の場合においては本結果のような少しの脂質含量の向上でも若干の肉質改善に繋がるのかもしれない。今回、調理法により官能評価結果に異なる傾向が認められた点については、加熱調理の際に脂が落ちたこと、脂質を構成する脂肪酸組成の影響等、様々な要因が考えられたが、本試験結果からその原因を明らかにすることはできなかった。焼き調理ではC区の評価が極端に悪くなったが、これは皮を剥がした切り身をフィッシュロースターで加熱したことで脂が落ちてしまった可能性も懸念され、今後同様の加熱方法をとる場合は、例えば小型魚ならば丸のまま、大型魚ならば皮を剥がさないあるいはアルミホイルで包む等の処理を施し加熱することで、脂も逃げることなくより正確な比較ができるものと思われた。

以上の結果から、異なる成分組成の飼料を12週間制限給餌することで、主に飼料中の粗脂肪含量に応じて成長や肉質が変化することがわかった。このことから、富士の介の養成において給餌飼料を調整することにより、ある程度の成長や肉質のコントロールは可能であることが示された。一方で、今回用いた飼料Bと飼料Cの粗脂肪含量は飼料Aの約2倍と約4倍であったのに対し、給餌12週間後の供試魚の脂質含量は給餌開始時の約1.1倍と約1.4倍程度であり、飼料の粗脂肪含量に見合った脂質含量の増加は認められなかった。本給餌試験は制限給餌により行ったが、実際に給餌していた感覚では限りなく飽食給餌に近い状態にあったものと思われる。すなわち、給餌した飼料中の粗脂肪含量に対し魚体内に蓄積される脂質含量はわずかであるものと推察され、富士の介のように淡水かつ低水温環境下で養殖される内水面のマス類においては、本結果で示したように大幅な脂質含量の増加は期待できないものと考えられた。

近年、飲食店やスーパー等で一般に広く提供されているアトランティックサーモンやトラウトサーモン（海面養殖ニジマス）等の海面養殖された輸入サーモンの脂質含量は約14~16%²⁰にもなり、そのたつぷりと脂がのった肉質から消費者等からの人気は高い。一方で、全国のスペシャルトラウト²¹をはじめとする内水面で養殖されたマス類の脂質含量は約3~7%程度^{20,22-24}と、輸入サーモンに比べると全体的に低くなっている。これは内水面の養殖環境下において筋肉中に蓄積できる脂質含量の限界値を現しているとも思われ、内水面養殖されたマス類で輸入サーモンと同等まで脂質含量を向上させることは現実的にも困難であることがよくわかる。

魚肉のおいしさは魚肉中のイノシン酸の量と脂質の量のバランスで決まり、イノシン酸量が少ないサケ・マス類では、脂質含量約4~6%ほどが最も味が好ましく感じられるとされている²⁵⁾。したがって、富士の介の脂質含量についても概ねこの範囲を目安に調整することが食味の点からも望ましく、これは本試験の給餌条件や方法を参考にすることで十分に調整可能な範囲であると思われる。富士の介を含む内水面のスペシャルトラウトは、その脂っぽくない身質から「さっぱりとしたくせのない」食味が最大の特徴であり、それらの肉質や食味は輸入サーモンとは似て非なるものと言って良い。この点は、今後スペシャルトラウトをはじめとする内水面のマス類を一般に広くPRしていくうえで、何よりもまず認識してもらう必要がある重要な情報と思われる。富士の介については、うま味の強さや肉色の良さといった魚本来の肉質¹⁾、さらには山梨の清澄な水で育てられているという強みを活かすことができれば、輸入サーモンのみならず国内の他スペシャルトラウトとの差別化も十分期待できるだろう。

最後に、本試験では一般にギンザケ用として市販されている浮き餌を試験飼料として使用し、富士の介に対する有効性についても検討した。富士の介の摂餌方法は、ニジマスとマスノスケの中間型に近いといえる。ニジマスは水面付近で活発に摂餌し続けるのに対し、マスノスケは警戒心が強く、給餌時も底付近で定位し、摂餌の時だけ水面付近に浮上し再び底付近に戻るといった摂餌方法をとる⁹⁾。富士の介はこれらの中間型に近いため、ニジマスに比べやや警戒心が強く、特に試験レベルでの低密度飼育の場合に一度水槽の底に落ちた飼料を拾いにくい傾向が認められた。本試験で用いた浮き餌は、給餌後沈まずに水面に浮き続けるため富士の介が容易に摂餌でき、かつ嗜好性も良好であったため、本タイプの飼料は富士の介において有効な飼料の一つになり得るものと考えられた。

以上、本試験において、富士の介の成長や肉質は給餌飼料の影響を受けることが明らかになり、給餌飼料の調整によってある程度の成長や脂質含量等の肉質のコントロールも可能であることが示された。但し、低水温かつ淡水環境下で養殖される富士の介においては、飼料により脂質含量を大幅に増加させることは困難であり、極端な肉質改善は期待できないものと考えられた。今回得られた知見については、今後出荷先や消費先の要望に応じた富士の介の養成や肉質の微調整等が必要になった際に参考データとしての活用が期待される。

要 約

1. 富士の介に成分組成の異なる飼料を一定期間給餌することにより、その肉質や食味等へ与える影響について検討するとともに、給餌飼料による更なる肉質改善等の可能性について検討した。
2. 試験飼料は飼料A、飼料B、飼料Cの3種類とし、粗脂肪含量はそれぞれ約5%、10%、20%であった。
3. 各試験飼料を12週間制限給餌した結果、粗脂肪含量が高い飼料ほど成長や飼料効率が改善し、筋肉中脂質含量が増加する傾向が認められた。
4. 官能評価では、刺身と焼き調理でその評価は異なり、単純に粗脂肪含量の高い飼料を給餌すれば食味が良くなるとは限らないことが示唆された。
5. 本試験より、富士の介の成長や肉質は給餌飼料の影響を受けることが明らかになり、給餌飼料の調整によってそれらのある程度のコントロールは可能であることが示された。
6. 但し、低水温かつ淡水環境下で養殖される富士の介においては、飼料により脂質含量を大幅に増加させることは困難であり、極端な肉質改善は期待できないものと考えられた。
7. 本結果は、今後の出荷先や消費先等の要望に応じた富士の介の養成や肉質の微調整等を行う際の参考データとしての活用が期待される。

文 献

- 1) 高橋一孝 (2009) : サケ科魚類の新しい養殖対象種について ニジノスケ・サクラヒメ異質三倍体魚の作出. 山梨県水産技術センター事業報告書, 36, 1-5.
- 2) 加地弘一 (2010) : バイテク魚のビブリオ病原菌に対する感受性試験 (短報). 山梨県水産技術センター事業報告書, 37, 77-78.
- 3) 高橋一孝 (2012) : マスノスケの飼育と全雌魚・性転換雄魚の作出について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 39, 1-7.
- 4) 高橋一孝 (2012) : サケ科魚類の新しい養殖対象種について - II 異質三倍体ニジマスの成長と成熟状況について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 39, 26-31.
- 5) 名倉盾 (2012) : ニジノスケの食味について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 39, 32-33.
- 6) 大浜秀規 (2015) : サケ科魚類の新しい養殖対象種について - III ニジマス三倍体, ニジノスケ三倍体及びマスノスケ三倍体の成長と成熟状況について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 42, 9-18.
- 7) 三浦正之・岡崎巧・大浜秀規 (2017) : サケ科魚類の新しい養殖対象種について - IV 全雌異質三倍体ニジノスケの成長及び成熟状況. 山梨県水産技術センター事業報告書, 44, 1-12.
- 8) 三浦正之 (2017) : 山梨県開発の新養殖魚について: ニジマス×マスノスケの全雌三倍体魚. アクアネット 5月号, 20 (5) , 56-60.
- 9) 加地奈々・小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2018) : サケ科魚類の新しい養殖対象種について - V 全雌異質三倍体ニジノスケの低酸素耐性について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 45, 1-4.
- 10) 小澤諒・三浦正之・岡崎巧 (2019) : 富士の介のせつそう病菌及び IHNV に対する感受性試験. 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 20-25.
- 11) 平塚匡・三浦正之 (2019) : 山梨県の新たな地域特産魚「富士の介」の肉質評価. 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 10-19.
- 12) 阿部宏喜編 (2015) : 食物と健康の科学シリーズ 魚介の科学. 朝倉書店, 東京, 68-78.
- 13) 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.
- 14) 竹内俊郎・渡辺武・萩野珍吉 (1978) : ニジマスの高たん白質飼料における脂質の添加効果. 日本水産学会誌, 44, 677-681.
- 15) 竹内俊郎・渡辺武・萩野珍吉 (1978) : ニジマス飼料における高たん白質および脂質の至適添加量. 日本水産学会誌, 44, 683-688.
- 16) 竹内俊郎・横山雅仁・渡辺武・萩野珍吉 (1978) : ニジマス飼料の至適エネルギー・たん白質比. 日本水産学会誌, 44, 729-732.
- 17) 塚原宏子・古川厚・船江克美 (1967) : 養魚飼料の研究-VII. 添加油のハマチにおよぼす影響について. 内海区水産研究所研究報告, 24, 29-50.
- 18) 示野貞夫・細川秀毅・竹田正彦・梶山英俊 (1980) : 配合飼料のカロリー・タンパク質比がハマチの成長, 飼料効率および体成分に及ぼす影響. 日本水産学会誌, 46, 1083-1087.
- 19) 韓慶男・古市政幸 (1995) : 飼料脂質含量がトラフグの成長, 飼料効率および体成分に与える影響. 九州大学農学部学芸雑誌, 50, 25-29.
- 20) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会 (2015) : 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂). 全国官報販売協同組合, 東京, 130-131.
- 21) 小堀彰彦 (2016) : 内水面のスペシャル・トラウト市場と愛知県における「絹姫サーモン」の開発. 養殖ビジネス 4月号, 53 (5) , 7-10.

- 22) 熊川真二・松本誠司 (2014) : 信州サーモン魚肉の脂肪酸組成. 平成 24 年度長野県水産試験場事業報告書, 50.
- 23) 茂木実・吉野功・垣田誉志史・小林保博・高澤智美・岡崎恵美子 (2004) : ギンヒカリの肉質と食味. 群馬県水産試験場研究報告, 10, 40-49.
- 24) 服部克也・白井隆明 (2005) : ホウライマス (無班ニジマス) から得られた倍数体雌魚筋肉のエキス成分分析および官能検査による食味評価. 愛知県水産試験場研究報告, 11, 1-8.
- 25) 井田齋・河野博・茂木正人編 (2007) : 食材魚貝大百科 別巻2 サケ・マスのすべて. 平凡社, 東京, 46-47.