

富士の介, ニジマス, マスノスケの飽食給餌条件下での成長特性

三浦正之・平塚 匡・青柳敏裕・小澤 諒

マス類養殖業においては、不況による販売量の停滞、飼料代を中心とした生産経費の上昇によってその経営は厳しいものとなっている。このような状況の中、全国的にブームになりつつあるスペシャル・トラウトやご当地サーモンと呼ばれる付加価値の高いブランドサーモンにおいては、輸入鮭鱒類との差別化が図られ、近年食材としての地位が高まりつつあり。山梨県水産技術センターが開発したニジマス *Oncorhynchus mykiss* とマスノスケ *O. tshawytscha* (英名: キングサーモン) を親魚とするブランドサーモン「富士の介」(2017年に名称決定)においては、2016年に水産庁による「三倍体魚等の水産生物の利用要領」に基づく確認が完了し、2017年に山梨県内の民間養鱒場での養殖が始まるとともに、2019年から市場への流通が解禁した。富士の介は日本では希少なマスノスケを親魚として用い、かつ異なる魚種間の交配により作出されたという他に類を見ない特殊性がある^{2,4)}。また、食味の観点からも優れていることが分析に基づき明らかにされており^{3,4)}、その魚種自体が他のサーモンとの差別化を図るために有利な特徴を数多く持つ。但し、たとえ販売上優れた特徴を有していたとしても、養殖への適性が著しく低い場合には収益をもたらす養殖対象種にはなり得ないが、富士の介は養殖が非常に難しいマスノスケの性質が養殖に適したニジマスの性質によって緩和され^{2,5)}、実用レベルの養殖適性を有することがわかっている。

これまで養殖適性のうち特に重要な富士の介の成長特性について、体重当たり等量給餌、いわゆる制限給餌条件において両親であるニジマスやマスノスケと比較されている。この給餌条件下での富士の介の成長はニジマスと概ね同等で、マスノスケよりも高成長であることが明らかになっているが^{2,5)}、飽食給餌条件下での成長は調べられていない。今回の試験では、魚種ごとの単位面積当たりの生産性を評価する上での指標となる飽食給餌条件下での富士の介の成長について、両親であるニジマス及びマスノスケと比較した。また、富士の介の成長の向上を目的として給餌回数の影響についても併せて評価を行った。

材料及び方法

飽食給餌条件下での成長

山梨県水産技術センター忍野支所(以下、当支所)で作出した全雌三倍体ニジマス、富士の介(ニジマス雌とマスノスケ性転換雄を交配した全雌異質三倍体魚)、全雌三倍体マスノスケを供試した。供試魚は飼育試験開始まで市販のマス類用配合飼料(日清丸紅飼料, マススーパー)を給餌し、水温12.5°Cの地下水をかけ流しながら飼育した。1水槽あたりの供試尾数は30尾とし、それぞれの魚種で2水槽ずつを設けた。飼育成績は2水槽の平均値を用いて評価した。

飼育開始時の体重は3魚種ともに 3.9 ± 0.3 g(平均体重 \pm 標準偏差, 以下同じ)であった(魚種間に有意差なし, Scheffe法による多重比較検定, $p > 0.05$)。

飼育は水温12.5°Cの地下水をかけ流した青色のFRP製水槽(容量217L)において、52週間行い、収容した魚に対して1日3回、土日を除く週5日間、飽食状態になるまで給餌(以下、飽食給餌)を行った。なお、飽食状態とは通常と比較して摂餌行動が極端に緩やか、水槽底面に落ちた飼料を食べるまでの時間が長い、一度口にされた飼料を吐き出す回数が増えるといった状態になることを指す。また、給餌の際には、給餌に要する時間を毎回秒単位で計測した。試験には市販のマス類用配合飼料(日清丸紅飼料, マススーパー)をサイズに応じて粒径

Miura Masayuki, Hiratsuka Tadashi, Aoyagi Toshihiro, Ozawa ryo

を変更しながら用いた。粒径を変更する際の魚体サイズは魚種ごとに同様となるようにした。注水量は 100 mL/s で開始し、1 秒あたりの注水量に対する飼育重量が 50g/mL を上回った段階で、1.5 倍量に増やすことを基本とした。4 週間に 1 回の頻度で月曜日の午前中に、総重量測定を行った。測定時に魚が暴れることによる体表の損傷や測定誤差を防ぐことを目的として、1/2,000 に希釈した FA100 (DS ファーマアニマルヘルス) 溶液にて麻酔をかけた魚に対して測定を実施した。また、水槽の位置による影響を極力減らすため、収容した魚のローテーションを総重量測定の際に行った。

成長改善に及ぼす給餌回数の影響

供試魚は当支所で作出した富士の介とし、飼育試験開始まで市販のマス類用配合飼料 (日清丸紅飼料, マススーパー) を給餌し、水温 12.5°C の地下水をかけ流しながら飼育した。試験は 2 回実施した。試験区は 1 日 2 回の給餌を行う 2 回給餌区と 1 日 4 回の給餌を行う 4 回給餌区を設けた。各水槽の供試尾数は第 1 回試験では 50 尾, 第 2 回試験では 30 尾とした。第 1 回試験では反復水槽を設けず, 第 2 回試験では各区 2 水槽を設けた。第 2 回試験では 2 水槽の平均値を用いて飼育成績を評価した。飼育開始時の体重は第 1 回試験では 2 回給餌区, 4 回給餌区ともに 7.5 ± 0.4 g (試験区間に有意差なし, t 検定, $p > 0.05$), 第 2 回試験の 2 回給餌区, 4 回給餌区ともに 5.6 ± 0.2 g ($p > 0.05$) であった。

飼育は水温 12.5 °C の地下水をかけ流した青色の FRP 製水槽 (第 1 回: 容量 217L) 及び白色の FRP 水槽 (第 2 回: 容量 230L) において、収容した魚に対して、1 日 2 回または 4 回、土日を除く週 5 日間飽食給餌を行った (但し、総重量の測定を実施した日は除く)。試験期間は第 1 回試験及び第 2 回試験でそれぞれ 68 週間及び 44 週間とした。試験には市販のマス類用配合飼料 (日清丸紅飼料, マススーパー) をサイズに応じて粒径を変更しながら用いた。粒径を変更する際の魚体サイズは試験区ごとに同様となるよう配慮した。注水量は 100 mL/s で開始し、1 秒あたりの注水量に対する飼育重量が 50g/mL を上回った段階で、1.5 倍量に増やすことを基本とした。4 週間に 1 回月曜日の午前中に総重量の測定を行った。総重量の測定は 1/2,000 に希釈した FA100 (DS ファーマアニマルヘルス) 溶液にて麻酔をかけた魚に対して実施した。水槽の位置による影響を極力減らすため、収容した魚のローテーションを総重量測定の際に行った。

結 果

飽食給餌条件での成長

体重の推移を図 1 に示した。飽食給餌条件での成長はニジマス, 富士の介, マスノスケの順で早く, それぞれの魚種間で試験終了時の平均体重に有意差が認められた (Scheffe 法による多重比較検定, $p < 0.01$)。また, 期間を通じての増重量及び摂餌量も同様の順で高く, それぞれの魚種間で有意差が認められた (図 2, 3, $p < 0.01$)。期間を通じての飼料効率については, ニジマスが富士の介及びマスノスケよりも低かったが (図 4, $p < 0.01$), 富士の介とマスノスケの間に差は認められなかった ($p < 0.01$)。

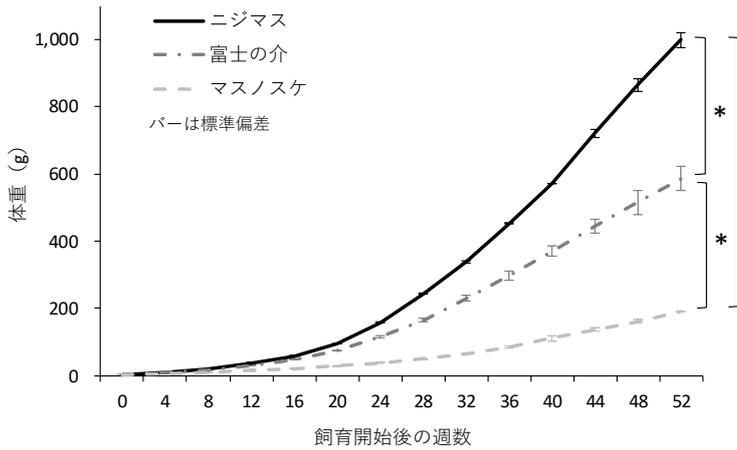


図1 飽食条件下でのニジマス、富士の介及びマスノスケの成長
*, 有意差あり (Scheffe法による多重比較検定, $p < 0.01$)

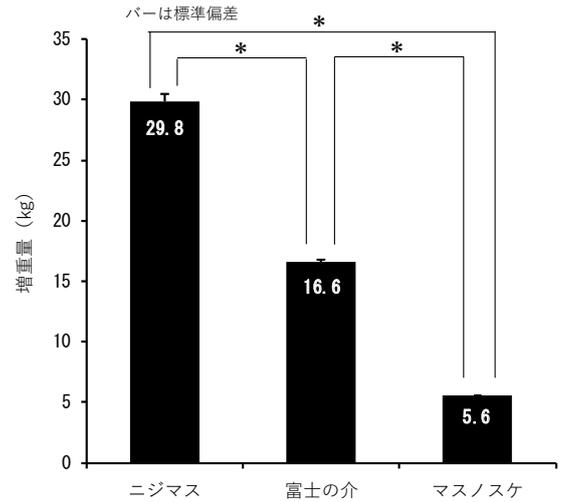


図2 ニジマス、富士の介及びマスノスケの増重量 (全期間)
*, 有意差あり (Scheffe法による多重比較検定, $p < 0.01$)

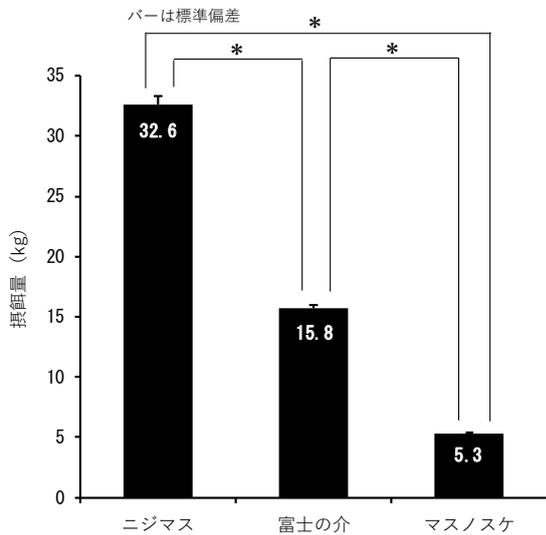


図3 ニジマス、富士の介及びマスノスケの摂餌量 (全期間)
*, 有意差あり (Scheffe法による多重比較検定, $p < 0.01$)

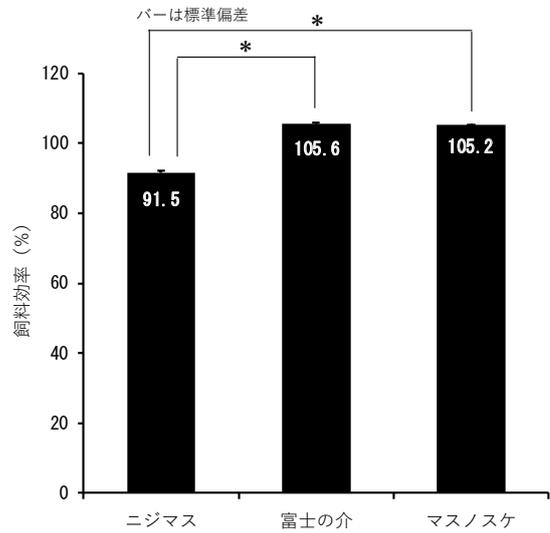


図4 ニジマス、富士の介及びマスノスケの飼料効率 (全期間)
*, 有意差あり (Scheffe法による多重比較検定, $p < 0.01$)

体重と日間成長率 (飼育日数に基づき算出, 以下同じ), 日間摂餌率 (給餌日数に基づき算出, 以下同じ), 飼料効率及び瞬間摂餌量 (体重 1g 当たりの 1 秒間の摂餌量) の関係を図 5~8 に示した。日間成長率及び日間摂餌率はニジマス, 富士の介, マスノスケの順で高く, どの成長段階においてもこの順位は変わらなかった (図 5, 図 6)。また, これらの値は 3 魚種ともに体重の増加に伴い低下した。飼料効率についても, 3 魚種ともに体重の増加に伴い低下したが, ニジマスと富士の介は得られているデータの範囲内では同様の成績を示した (図 7)。マスノスケについては, 100g 程度まではニジマス及び富士の介と同様の成績を示したが, その後はこれらよりも低い値を示した (図 7)。体重 1g 当たりの瞬間摂餌量はニジマス, 富士の介, マスノスケの順で高く, 3 魚種ともに体重の増加に伴い低下したものの, ニジマスについては, 後半になっても一定の値が維持された。一方, 富士の介及びマスノスケは体重の増加に伴い瞬間摂餌量は低下し続けた。

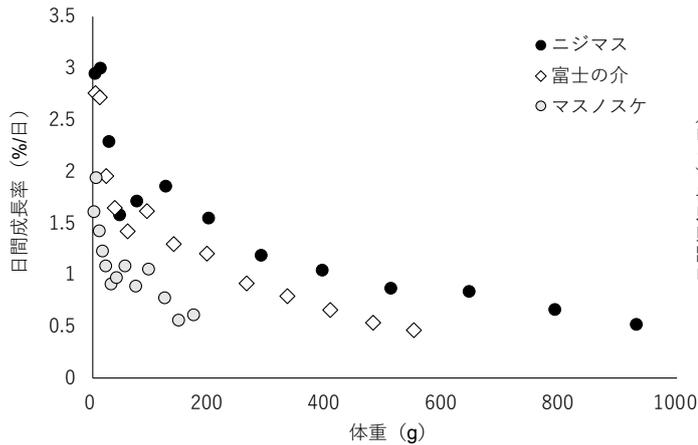


図5 ニジマス、富士の介及びマスノスケにおける体重と日間成長率の関係

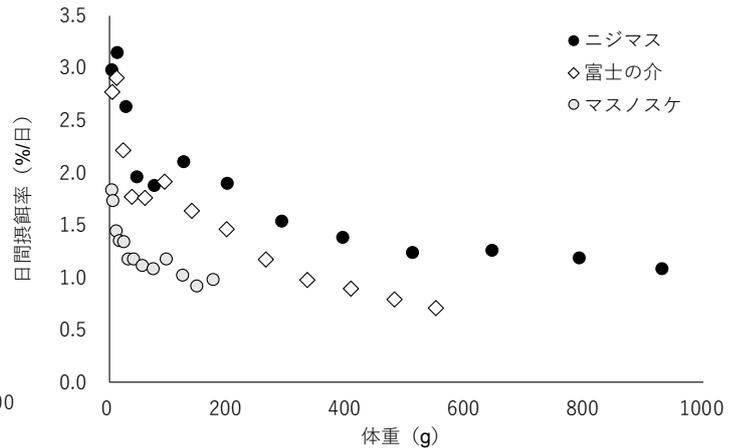


図6 ニジマス、富士の介及びマスノスケにおける体重と日間摂餌率の関係

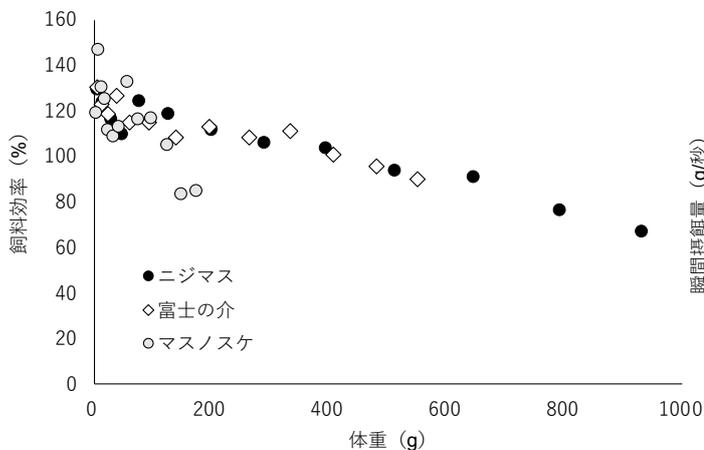


図7 ニジマス、富士の介及びマスノスケにおける体重と飼料効率の関係

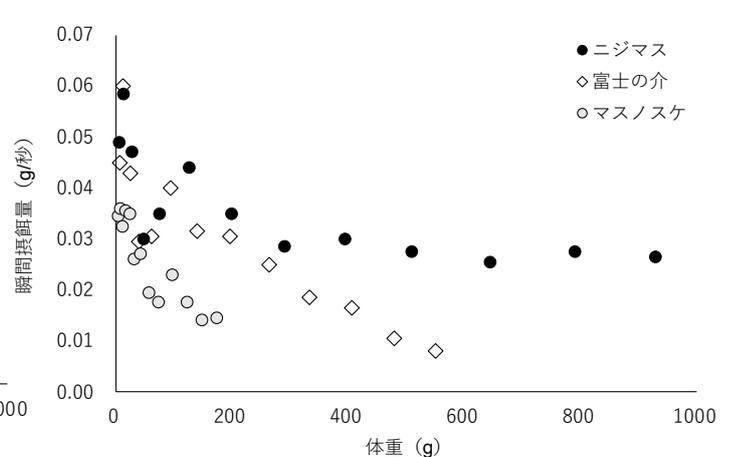


図8 ニジマス、富士の介及びマスノスケにおける体重と体重1gあたりの瞬間摂餌量の関係

成長改善に及ぼす給餌回数の影響

第1回試験では試験区間の成長は同様で、試験終了時の平均体重に差は認められなかった(図9, t 検定, $p > 0.05$)。第2回試験では4回給餌区の方がやや高成長であったものの、試験終了時の平均体重に差は認められなかった(図10, $p > 0.05$)。

体重と日間摂餌率の関係を図11及び図12に示した。第1回及び第2回目ともに体重の増加に伴い摂餌率が低下した。また、成長段階にかかわらず、給餌回数の多少による摂餌率への影響は確認されなかった。

飼料効率については、第1回及び第2回試験ともに試験区間の成績は同様であった(図13, 第1回試験: 検定未実施, 図14, 第2回試験: $p > 0.05$)。

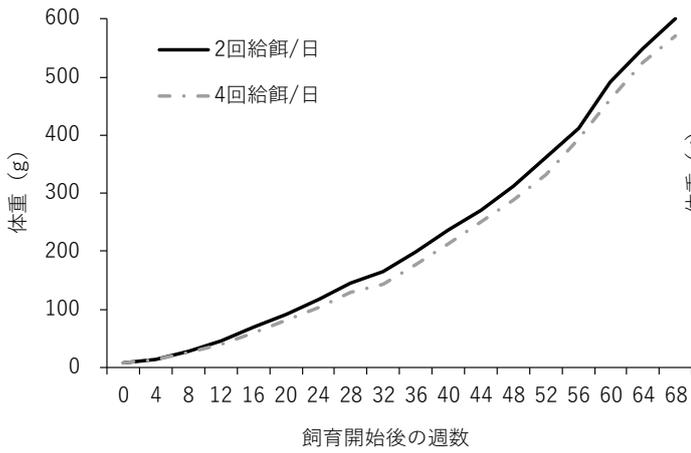


図9 富士の介における飽食給餌条件下での給餌回数別の成長の推移(第1回試験)
最終測定時の平均体重に有意差なし (t検定, $p > 0.05$)

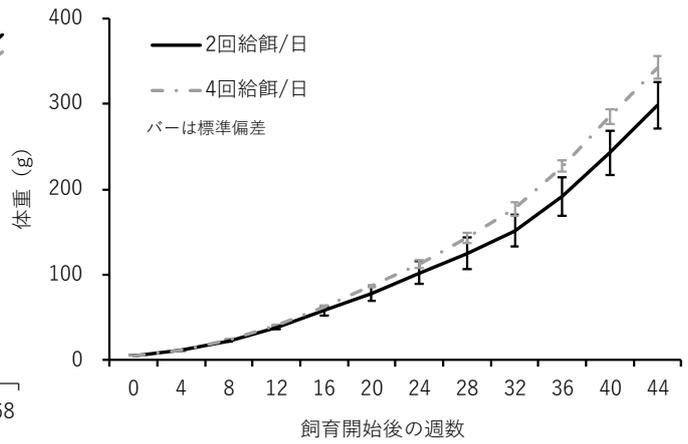


図10 富士の介における飽食給餌条件下での給餌回数別の成長の推移(第2回試験)
最終測定時の平均体重に有意差なし (t検定, $p > 0.05$)

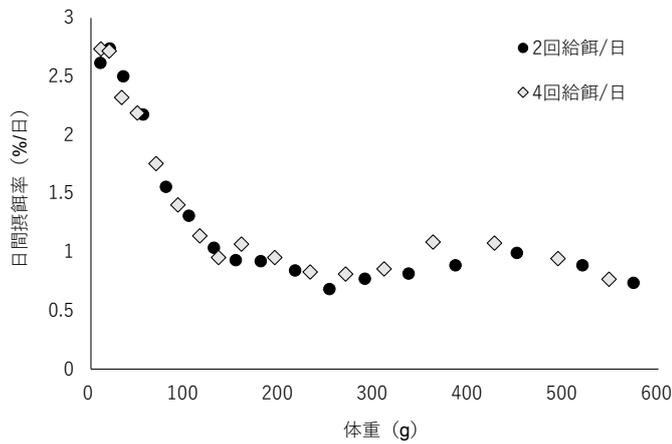


図11 給餌回数別の体重と日間摂餌率の関係(第1回試験)

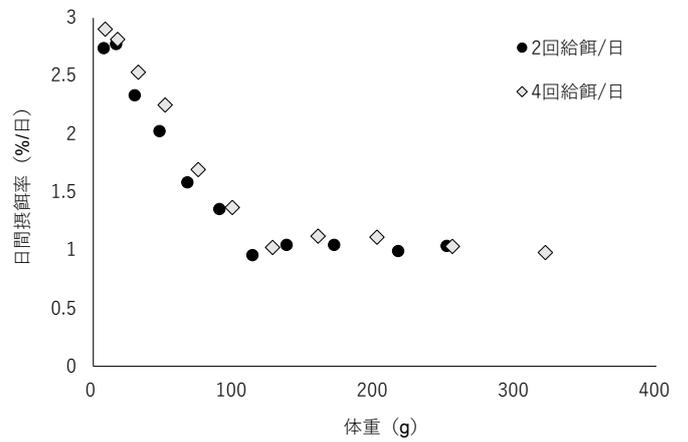


図12 給餌回数別の体重と日間摂餌率の関係(第2回試験)

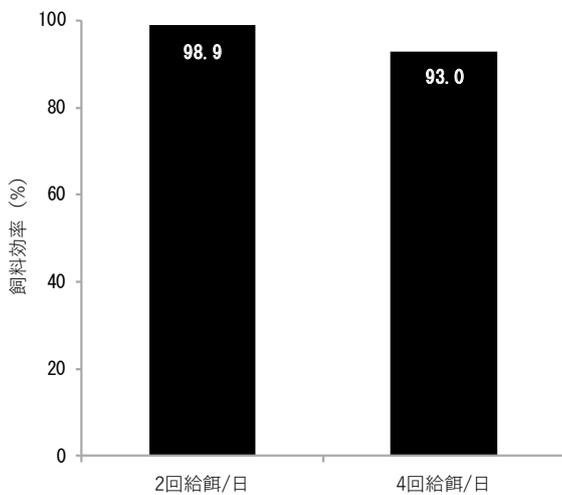


図13 給餌回数別の飼料効率 (第1回試験: 全期間)
検定未実施

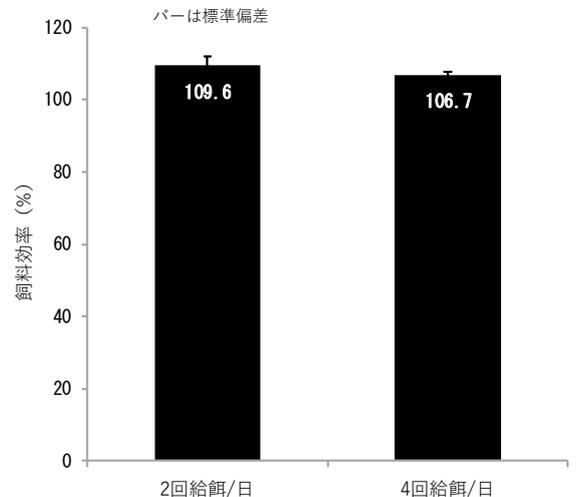


図14 給餌回数別の飼料効率 (第2回試験: 全期間)
試験区間に有意差なし (t検定, $p > 0.05$)

考 察

本研究では富士の介とそれらの両親となるニジマス及びマスノスケの成長を飽食給餌条件で比較した。これにより3魚種間の最大成長速度を比較することができるため、単位面積当たりの生産効率という観点での評価が可能となる。試験の結果、成長はニジマス、富士の介、マスノスケの順で早く（図1）、試験期間中の増重量はニジマスと比較して富士の介は約6割、マスノスケは約2割でマスノスケの成長が顕著に悪かった（図2）。マスノスケの成長の悪さについては、これまでに行われた制限給餌条件での試験結果と一致するものの^{2,5)}、今回の飽食給餌条件の方がより顕著であった。体重に応じて一定の割合が与えられる制限給餌では、魚種間の飼料効率の違いがそのまま成長差となって現れる。一方で、飽食給餌では摂餌量の違いも成長差の要因となる。今回マスノスケと他の2魚種の間には顕著な摂餌量の差が認められたことから（図3, 6）、このことがマスノスケの成長に影響を与えた主たる要因であると考えられた。また、マスノスケの飼料効率は100g程度までは他の2種と同様に低下したものの、それ以上のサイズになるとこれらよりも落ち込みが大きかったことから飼料効率の違いも成長差の一因であり、このことは制限給餌試験でマスノスケの成長が劣ったこれまでの結果^{2,5)}を支持している。ニジマスと富士の介の成長差については、成長段階にかかわらずこれらの魚種間の飼料効率が同様に低下したことから（図7）、基本的に摂餌量の違い（図3, 6）のみに起因していると言える。また、今回ニジマスと富士の介の飼料効率に差がなかったことは、これまでに制限給餌試験で行われた結果と同様であるが、富士の介はニジマスよりもサイズが大型化した際に飼料効率が低下しにくいことが示唆されているため^{2,5)}、さらに飼育を継続した場合は飼料効率の高さによってある程度成長をカバーできる可能性がある。なお、本研究ではどの魚種においても体重の増加とともに飼料効率が低下する^{6,7)}ことが改めて確認された。このことはサイズの上昇に伴い増重量あたりの飼料代が高くなることを意味するため、販売時のサイズに見合った適切な売価が設定されるよう十分に留意する必要がある。

飽食給餌試験の結果から3魚種の成長差は摂餌量に強く影響を受け、特にマスノスケの摂餌量はニジマスと比較して顕著に少なく、改めて淡水中で本種を養殖することの難しさが浮き彫りとなった。また、富士の介の成長がマスノスケと比較して大幅に上回ったことで、ニジマスの性質が富士の介に受け継がれていることが改めて確認されたが、それでもニジマスには及ばなかった。今回、富士の介の成長性向上を目的として、給餌回数による成長への影響を調べたが、1日当たりの給餌回数が2回と4回の場合では給餌回数が成長、摂餌量及び飼料効率に与える明らかな影響は確認されず、給餌回数を増やすことによる成長の改善はあまり期待できないと考えられた。また、このことは給餌回数にかかわらず富士の介が1日に摂餌できる量は決まっていること示唆しており、成長の点からは上限量まで確実に摂餌させることがまずは重要であり、この観点からは給餌回数を増やすことも意味を持つであろう。

体重と瞬間摂餌量の関係を調べた結果、単位時間あたりの摂餌量はニジマス、富士の介、マスノスケの順で多かったことから（図8）、本研究によって初めて養殖環境に慣れたニジマスの活発な摂餌性と、マスノスケの神経質さや水面付近に定位しない摂餌方法などに起因すると考えられる給餌の難しさが数値で示されたと言える。また、富士の介の瞬間摂餌量がニジマスとマスノスケの間であったことは、富士の介のマスノスケから受け継いだ性質がニジマスによって緩和されていることを裏付けている。なお、富士の介とマスノスケについては、体重増加に伴う瞬間摂餌量の低下の度合いがニジマスよりも顕著であった。このことは、これらの魚種はサイズの大規模化に伴い警戒心が増しやすくなる可能性を示唆しており飼育上の注意点となり得る。サイズが大規模化した際には、選別の頻度を減らす、自動給餌器を併用するなど、魚に警戒されにくい飼育を心がけることが必要である。

以上の結果から富士の介の養殖効率向上のためには、摂餌可能量を増加させることが特に重要であることが明らかとなった。併せて給餌方法を変えるだけでは顕著な成長改善効果が期待できないことも示唆されたため、今後は淡水中での摂餌量が顕著に少ないマスノスケに対して成長選抜を行うことや、さらに成長性が良いニジマス

系統の導入も視野に入れるなど、高成長の親魚系統の作出に向けた取り組みを開始する必要があると考えられた。

謝 辞

実験魚の飼育にご協力くださった山梨県水産技術センター忍野支所の会計年度任用職員の皆様にお礼申し上げます。

要 約

1. 富士の介の成長を飽食給餌条件で両親となるニジマスとマスノスケと比較した結果、富士の介の成長はニジマスとマスノスケの間であった。
2. マスノスケの成長がニジマスや富士と介と比べて悪かった要因は摂餌量の少なさと、サイズの上昇に伴う飼料効率の低下の度合いが大きかったことによる。
3. ニジマスと比べて富士の介の成長が悪かった要因は摂餌量の少なさに起因する。このため、給餌回数の多少が成長や摂餌量に与える影響を調べたところ給餌回数は成長や摂餌量にあまり影響を与えなかった。
4. 瞬間摂餌量はニジマス、富士の介、マスノスケの順で多く、ニジマスの活発な摂餌性とマスノスケの神経質な性質が初めて数値で表され、富士の介のマスノスケから受け継いだ神経質な性質がニジマスによって緩和されていることが示された。
5. 富士の介の成長改善のためにはマスノスケの育種や成長の良いニジマス系統の導入などによる高成長の親魚系統の作出に向けた取り組みが必要である。

文 献

- 1) 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, 53 (5), 7-10.
- 2) 三浦正之 (2017) : 新魚種開発 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, 20 (5), 56-60.
- 3) 平塚匡・小澤諒 (2020) : キングサーモンの優れた性質を受け継ぐ日本で唯一の養殖魚「富士の介」. JATAFF ジャーナル. 公益社団法人 農林水産・食品産業技術振興協会, 8 (1), 40-41.
- 4) 近藤隆 (2021) : 山梨のブランド魚「富士の介」の開発と生産および販売拡大への取り組み. フードケミカル, 440, 62-65.
- 5) 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.
- 6) 山本剛史 (2017) : 栄養学の立場から見た育種による効率改善の可能性. アクアネット, 20 (8), 35-39.
- 7) 山本剛史・三浦正之 (2022) : 魚種別の特徴 飼料・栄養剤・添加剤の基本から応用 ニジマス, マス類. イチからはじめる! 養魚飼料入門 養殖ビジネス臨時増刊号. 緑書房, 東京, 86-91.