

ニジマスにおける適正給餌率の検討

三浦正之・青柳敏裕

米国において、Leitritz が実際の生産記録に基づき作成したマス類の給餌率表（以下、ライトリッツの給餌率表）には、主に飼料効率という観点から水温ごとに適正な給餌率が記載されている。ライトリッツの給餌率表は 1960 年代に日本に導入されるとともに、都道府県の水産試験場等において行われた給餌率表の検証に係る連絡試験においてその有効性が確認され²⁾、マス類養殖における標準的な給餌の目安として活用されるようになった。

現在、この給餌率表が日本に導入されて以降約 60 年という長い期間が経過しており、当時と比べて配合飼料の性質が変わっている可能性も踏まえて、その有効性を改めて検証する必要がある。本研究では、ライトリッツの給餌率表を基準に係数をかけた複数の給餌率、さらに飽食での給餌をニジマスに対して行い、これらの給餌が飼料効率や成長に及ぼす影響を調べた。

なお、本研究は令和 3 年度全国養鱒技術協議会養殖技術部会の連絡試験として実施した。

材料及び方法

山梨県水産技術センター忍野支所（以下、当支所）で継代飼育している全雌二倍体ドナルドソン系ニジマスを提供した。供試魚は飼育試験開始まで市販のマス類用配合飼料を給餌し、試験開始まで水温 12.5°C の地下水をかけ流しながら飼育した。試験区については、ライトリッツの給餌率表に示された割合どおりの給餌量とした区（以下、1.0 倍区）、同給餌率表の割合に 1.2 倍を乗じた区（以下、1.2 倍区）、同給餌率表の値に 1.4 倍を乗じた区（以下、1.4 倍区）及び飽食量を給餌した区（以下、飽食区）の 4 区を設定した。なお、飽食量の給餌とは通常と比較して飼育魚の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、一度口にした飼料を吐き出す回数が増えるといった状態になるまで給餌することと定義した。また、試験期間中は残餌が全くないように給餌を行った。各試験区の供試尾数は 30 尾とした。

飼育開始時の体重はすべての試験区で 20.2 ± 0.8 g（平均体重 \pm 標準偏差）であった（試験区間に有意差なし、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 200 mL/s でかけ流した青色の FRP 製水槽（容量 217 L）において 17 週間行い、収容した魚に対して 1 日 3 回、土日を除く週 5 日間給餌を行った。また、給餌の際には、かかった時間を秒単位で計測した。試験には市販のマス類用配合飼料（日清丸紅飼料社製、マススーパー EP-3）を用いた。飼料の成分量及び原材料名は表 1 に示した。また、国立研究法人水産技術研究所において飼料の一般成分分析を行った（表 1）。毎週月曜日の午前中に、飼育魚の総重量を測定するとともに、飽食区を除いて給餌量の補正を行った。なお、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社製）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。

表1 試験に使用した市販飼料の概要

原材料名 (表示)		一般成分 (表示)		一般成分等 (分析値)	
動物質性飼料	57% 魚粉	粗タンパク	44.0%以上	粗タンパク	47.5%
穀類	26% 小麦粉、エクストルーダー処理大豆	粗脂肪	8.0%以上	粗脂肪	11.5%
植物性油かす類	11% 大豆油かす、コーングルテンミール	粗繊維	3.0%以下	粗灰分	11.8%
その他	6% 精製魚油、リン酸カルシウム等	粗灰分	15.0%以下	でんぷん質	18.4%
				総エネルギー	18.88KJ/g
				可消化エネルギー	14.61KJ/g

結果

成長は飽食区、1.4倍区、1.2倍区及び1.0倍区の順で早く、1.0倍区と飽食区では試験終了時に体重差が2倍以上に開いた(図1)。また、期間中の総給餌量及び増重量も同様の順番で、飽食区の値は1.0倍区と比べて約2.5倍の値を示した(図2, 3)。期間を通じた日間摂餌率(給餌日数に基づき算出、以下同じ)及び日間成長率(飼育日数に基づき算出、以下同じ)も同様の順であった(図4, 5)。期間を通じた飼料効率は全ての試験区で100%を超えており、給餌量が高いほど低かったものの、最も高い1.0倍区と最も低い飽食区との差は7%未満であった(図6)。

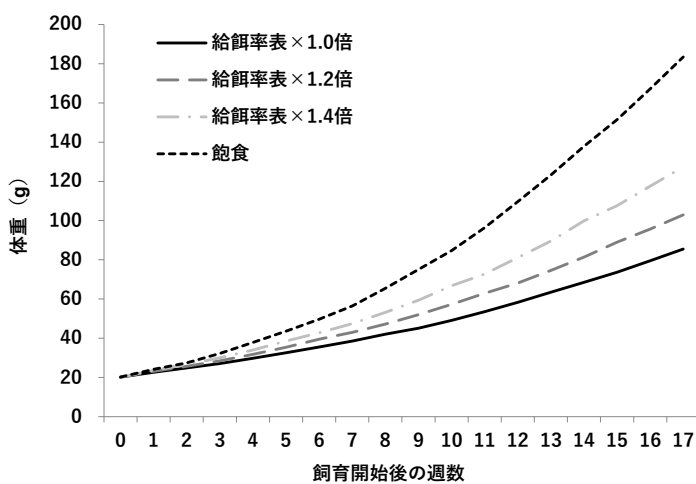


図1 ニジマスにおける給餌方法ごとの成長の推移

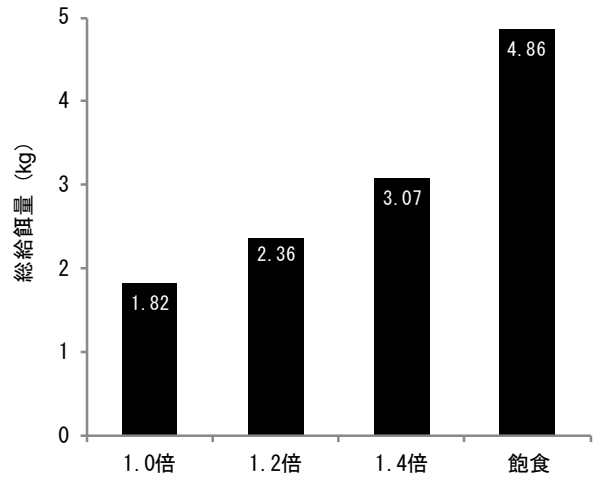


図2 試験期間中の総給餌量

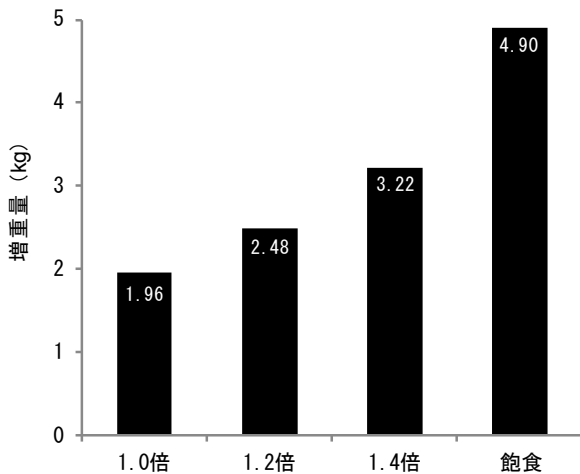


図3 試験期間中の増重量

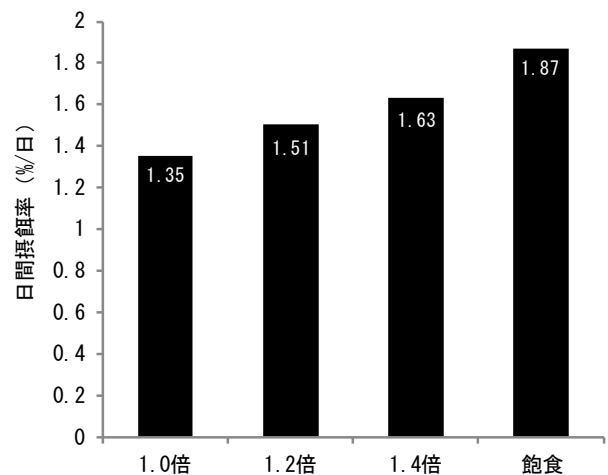


図4 試験期間を通じた日間摂餌率

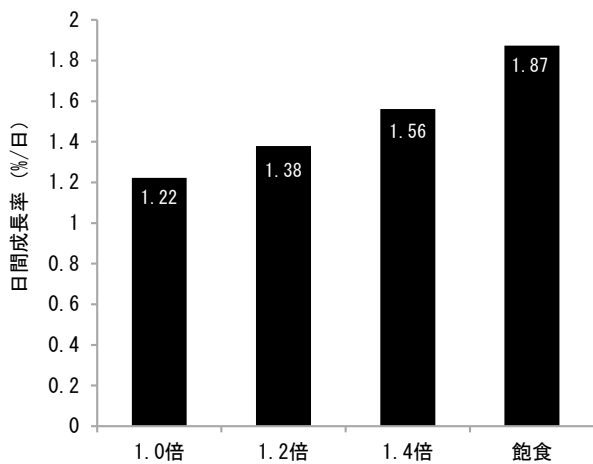


図5 試験期間を通じた日間成長率

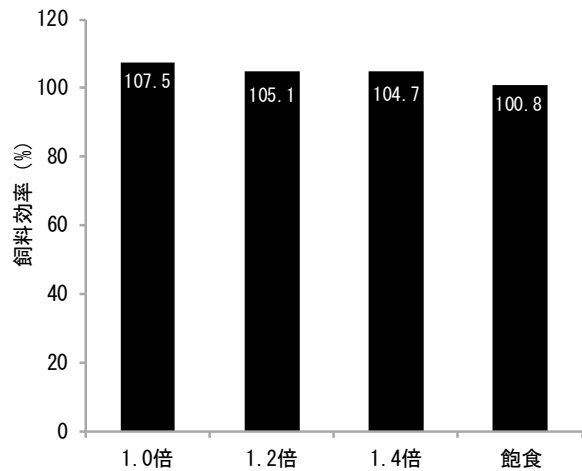


図6 試験期間を通じた飼料効率

体重と日間摂餌率，日間成長率及び飼料効率の関係を図7～9に示した。日間摂餌率及び日間成長率はどの試験区も体重の増加とともに低下した。また，比較できる範囲内で体重にかかわらず飽食給餌区が顕著に高い値を示すことが多かった。一方，飼料効率については，体重の増加にかかわらず概ね横ばいであったが，成長段階がより進んだ飽食区ではやや低下した。

体重と体重1gあたりの瞬間摂餌量（体重1g当たりの1秒間の摂餌量）の関係を図10に示した。1.0～1.4倍区において体重40g以上の場合に体重の増加とともに瞬間摂餌量は低下した。飽食給餌区においては体重の増加とともに瞬間摂餌量が低下した。また，1.0～1.4倍区間の瞬間摂餌量の違いは体重にかかわらず軽微であった一方で，飽食区は体重にかかわらずこれらの試験区と比較して著しく低い値を示した。

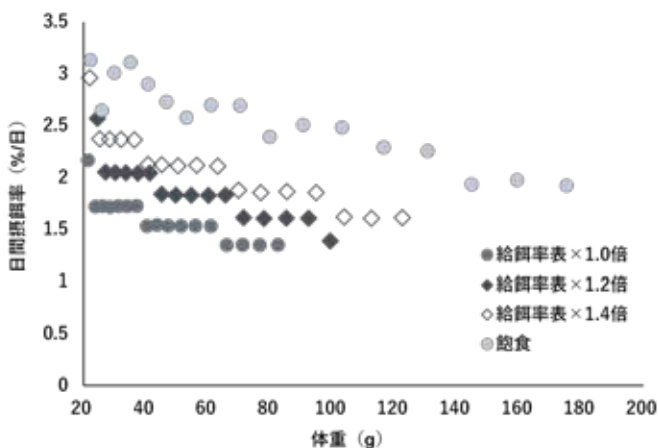


図7 体重と日間摂餌率の関係

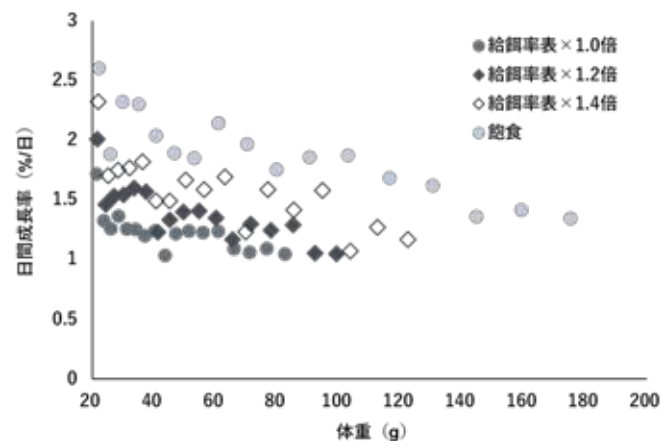


図8 体重と日間成長率の関係

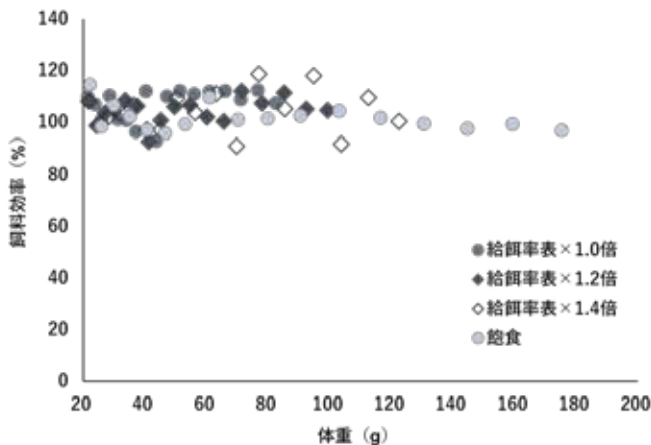


図9 体重と飼料効率の関係

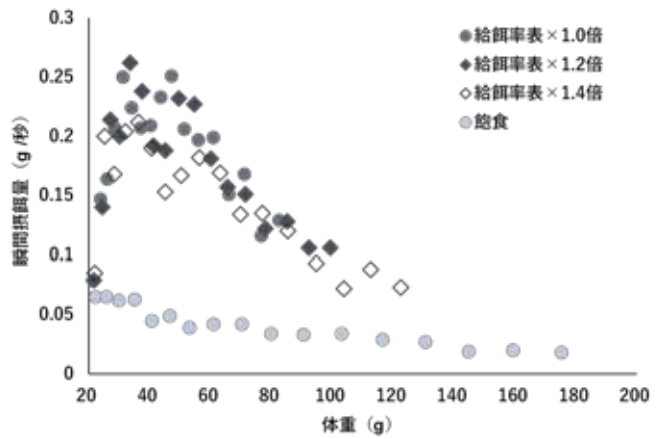


図10 体重と体重1gあたりの瞬間摂餌量の関係

考 察

本研究では、日本に導入されてから約 60 年という長期間が経過したマス類の標準的な給餌率表、いわゆるライトリッツの給餌率表が現在でも有効であるかどうかを検証した。試験には当支所で継代飼育しているドナルドソン系ニジマスを用いたが、週 5 日間給餌の場合、この系統は経験的にライトリッツの給餌率表に示された値よりも多くの量を摂餌することがわかってきた。このため、今回設定した 4 つの試験区のうち給餌率表どおりの区 (1.0 倍区) 以外の 3 区はそれよりも多い量となる 1.2 倍区、1.4 倍区及び飽食区を設定して試験を行った。また、本研究では飼育期間を通じた成長、日間摂餌率、日間成長率、飼料効率等の飼育成績 (図 1~6) に加えて、週 1 回の頻度で算出した体重とそれぞれの飼育成績をグラフ化した (図 7~9)。一般的に魚体サイズの上昇とともに日間摂餌率、日間成長率、飼料効率が低下すると言われており^{3,4)}、高成長の試験区ほど飼育成績が過小評価されやすい。このため本研究では、成長速度が異なる複数の試験区間の成績をより公正に評価するために、飼育成績を体重とそれぞれの飼育成績の関係を踏まえた上で評価することとした。

17 週間にわたる飼育試験の結果、成長は給餌量が多い試験区ほど早く (図 1)、成長の段階にかかわらず給餌量が多い試験区ほど日間成長率が高かった (図 8)。このことは、単純に成長促進という観点からは摂餌させる飼料の量を増やすことが重要であることを意味している。また、ライトリッツの給餌率表は高い飼料効率を得るために有効であるとされているため、成長を早めるために給餌率表よりも多くの給餌を行った場合に飼料効率の低下が懸念されていた。しかし、1.0 倍区と飽食区の日間摂餌率の差は比較できる範囲でどの成長段階においても 1.5 ~ 2 倍程度の差があったにもかかわらず (図 7)、飼料効率に明確な差は認められなかった。このことは、給餌量を増やすことが飼料代あたりの生産量の指標となる飼料効率の低下に直接つながらないことを示唆している。なお、1.0 倍区を含むすべての試験区において、100%以上の飼料効率を示した場合が多かったことから、現在でもライトリッツの給餌率表は高い飼料効率を得るために有効な基準となることに疑いの余地はないであろう。

飽食区においては、瞬間摂餌量が他の区と比較して著しく低く給餌に時間がかかるという欠点も明らかになった (図 10)。その一方で、1.0~1.4 倍区の間では瞬間摂餌量があまり変わらなかったため、ある段階までは給餌量を増やしても瞬間摂餌率に大きな影響を与えないと考えられる。このため、成長と作業時間の両面から考えた場合、瞬間摂餌量が低下しない範囲での最大限の量が理想的な給餌量と言えるのかもしれない。また、残餌が確実に出不ない形での自動給餌器や自発摂餌システム⁵⁾の導入も給餌時間の削減には有効な手段となり得る。

マス類養殖における生産コストのうち飼料コストは約 50%と大きな比率を占める⁶⁾。飼料コストの削減には飼料価格そのものを下げるだけでなく、良好な飼料効率を維持し増肉単価 (増重量当たりの飼料代) を下げること

も重要である。本研究において、飽食量の給餌が飼料効率に明確なマイナスの影響を与えなかったことから、給餌率表にこだわらず可能な範囲で給餌量を増やすことで、出荷サイズに至るまでの飼育期間の短縮が図られ、増肉単価の上昇を伴わずに池面積あたりの生産量を高めることができると考えられた。池面積あたりの生産量を増やすことによって、給餌量が増加し飼料代の総額は上昇すると考えられるものの、飼料の購入量が増えることでスケールメリットが生じ、購入単価が下がるとともに、飼料代以外の固定費等の変動はそれに比して少ないため結果的に生産額に占める総コストの割合は減少する。このような理由から池面積あたりの生産量の増加は収益性の改善に大きく寄与する。

最後に、今回の試験は週 5 日間の給餌で実施したが、週の給餌日数がこれより多い場合では、1 日当たりの飽食量は減り、逆に少ない場合では増える可能性も考えられる。給餌作業日数の削減という観点から給餌日数と飽食給餌量の関係並びに飼料効率等への影響については今後詳細に調べられるべきであろう。また、今回は摂餌性の高いニジマスを用いて試験を行ったが、マスノスケのように摂餌性が低い魚種では、たとえ飽食量であってもその量がライトリッツの給餌表の値よりも低くなる場合があることを理解しておく必要がある。

謝 辞

飼料の分析を実施していただきました国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所山本剛史博士にお礼申し上げます。また、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. 日本に導入されてから長期間が経過したマス類の標準的な給餌率表、いわゆるライトリッツの給餌率表が現在でも有効であるかどうかニジマスを用いて検討した。
2. 給餌率表の 1.0~1.4 倍区及び飽食区を設け 17 週間の飼育を行った結果、摂餌量が多い試験区ほど高成長であった。
3. 成長段階にかかわらず、試験区間の飼料効率に明確な差は認められなかった。また、飼料効率はどの区も 100%以上の値を示すことが多かったことから、給餌率表は現在でも有効である。
4. 飽食区は単位面積あたりの生産量を増やすメリットがあるが、瞬間摂餌量が低下するというデメリットがある。このため、成長と作業時間の両面から考えた場合、瞬間摂餌量が低下しない範囲での最大限の量が理想的な給餌量と言えるのかもしれない。

文 献

- 1) 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.
- 2) 小林正典・鎌田淡紅郎 (1976) : 飼料. 養鱒の研究 (全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会編). 緑書房, 東京, 31-46.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 小西浩司 (2008) : 淡水魚養殖における自発摂餌型給餌システムの実用化. 日水誌, 75, 904-905.
- 6) 全国養鱒技術協議会養殖技術部会 (2021) : マス類養殖業の生産コストに関する調査結果, 全国養鱒技術協議会養殖技術部会活動報告 (平成 22 年度~令和元年度 取りまとめ), 177-191.

- 7) 三浦正之・平塚匡・青柳敏裕・小澤涼（2023）：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. 山梨県水産技術センター事業報告書, 49, 1-7.