

道総研さけます・内水試における 養殖サーモン用飼料に関する試験研究の現状と課題

キーワード：低魚粉飼料、発酵大豆粕、メチオニン、リジン、農作物残渣、アミノ酸

はじめに

FAOによると、世界の一人あたりの年間魚類消費量は1980年代の10kgから2016年の20kgまで急増し、世界の漁業および養殖業生産量は、2030年までに2億トンに達すると見込まれています。天然の漁獲量は、1990年以降は横ばいで推移し、養殖の貢献度は1980年度以降高まっています。

近年、世界的な養殖サーモンの人気の高まりや、養殖用飼料価格の高騰がさけます類の魚価の上昇を招いています。そのため、ノルウエー、チリ等で養殖されたサーモンが高値で取り扱われるようになり、単価の面で輸入品との差が減少し、日本各地で養殖が試みられているご当地サーモンを含む養殖サーモンに対する期待が高まっています¹⁾。

さけます類を含む魚類養殖を行う上では、水、飼料、種苗、疾病対策が基本となりますが、全国養鱒技術協議会の平成29年度アンケート調査によると、さけます類養殖の事業費に占める餌料費の割合は5割であることが明らかにされています。輸入魚粉の主体を占めている南米魚粉の供給が不安定になり、魚粉価格が高騰しています。魚粉は配合飼料の主要な原料であることから、飼料価格が高騰して養殖業の経営負担増加につながっています。そのような現状を受け、餌料費削減対策をいかに講じるかが国内外における喫緊の課題となっており、魚粉代替タンパクを活用した飼料すなわち低魚粉飼料の開発研究が世界的に急ピッチで進められています。

そこで、本稿では道総研さけます・内水面水産試験場で取り組んでいる低魚粉飼料開発の試験研究の現状を報告します。

前報²⁾では、食品加工研究センターで研究開発中の発酵大豆粕（以下、HRO-FSBM）を利用した低魚粉飼料に関する短期実験の結果を報告し、魚粉をHRO-FSBMで約5割代替した飼料をニジマスに3週間給餌した場合、摂餌性や成長など飼育成績が市販飼料と同等であることを紹介しました。今回は、長期飼育下での市販発酵大豆粕やHRO-FSBMの有効性を評価するため、飼育実験を行いました（実験①、写真1）。

また、コスト面を視野に、高価な必須アミノ酸を添加しなくても良いように魚粉を2割程度配合した低魚粉飼料の設計条件下での市販発酵大豆粕や魚粉代替タンパク源として有望視されているチキンミール（鳥の肉骨粉）、さらには現在摂餌促進物質として実用研究を進めているホタテウロエキスの添加効果なども調べました（実験②）。



写真1 飼育実験の様子

実験①：道総研発酵大豆粕（HRO-FSBM）の飼料原料としての有効性

HRO-FSBM をコーングルテンミールとともに飼料に併用配合して低魚粉飼料を設計し、ニジマス（平均体重85.7g）に対する有効性を調べるため、60L 角形水槽を用いて1水槽あたり13尾収容し、61日間の飼育実験を行いました（飼育水温8.5～9.2℃）（2反復実験）。

実験区は、対照区の魚粉区（1区）、市販のエクストルーデッドペレット（EP）飼料を給餌した区（2区）、未発酵の大豆粕を用いた大豆粕区（3区）、後述する実験②の市販発酵大豆粕Bを用いた市販発酵大豆粕区（4区）、HRO-FSBM を飼料に低レベルで配合した区（5区）、HRO-FSBM を飼料に高レベルで配合した区（6区）の計6区設定しました。EP飼料は、エクストルーダーという機械で製造される飼料であり、中に気泡が多く含まれ、沈降速度を調整しやすく、また脂質の含有量を調整しやすい特徴があります。

魚粉配合率は、魚粉区の1区および市販EP区の2区が52%、低魚粉飼料グループの3～6区が28%に設計しました。

飼育試験の評価項目は、増重率（増重量／開始時の体重×100）、飼料効率（増重量／摂餌量×100）としました。

試験飼料は市販のミートチョッパー（ひき肉を作る機械）で造粒し、60℃で乾燥した後に試験開始まで5℃で保存しました。

各区の増重率（%）、飼料効率（%）を表1に示します。表には記してありませんが、どの区もエサ食いの程度に差は観察されませんでした。増重率および飼料効率は、HRO-FSBM 低レベル配合飼料の5区が市販区の2区より有意に高くなり、低魚粉飼料として設計した3区～6区の中で最も高くなりました。また、魚粉区の1区と比較しても、

HRO-FSBM 低レベル配合飼料の5区の増重率は遜色なく、飼料効率では有意に高くなりました（ $p < 0.05$ ）。このことは、飼料に対してHRO-FSBM を低レベルで他の植物性原料などと併用配合することで、低魚粉飼料の質を改善でき、魚粉主体飼料と同等の飼育成績を得ることを示しています。一般的に、EP飼料はドライペレット（DP）飼料より消化吸収が優れていることが知られています。今回用いた試験飼料は自作のDP飼料であり、EP飼料よりも有意に飼育成績が良い結果が得られました。このことから今回の配合率でEP飼料化を図れば、さらに良好な飼育成績となる可能性が考えられます。今後は、HRO-FSBM の適正添加量について検証するとともに、HRO-FSBM を配合したEP飼料の給餌効果についても調べる予定です。

実験②：ホタテウロエキス、市販発酵大豆粕、チキンミールの餌料価値

市販の未発酵の大豆粕と、市販発酵大豆粕2種類を（2種はそれぞれ製品が異なります。）、コーングルテンミールなど植物タンパク源とともに飼料に併用配合して低魚粉飼料（魚粉配合率2割前後）を設計し、ニジマス（平均体重75.2g）に対する有効性を評価しました。飼育水槽には60L 角形水槽を用いて1水槽あたり15尾収容し、73日間の飼育実験を行いました（飼育水温8～10℃）（2反復実験）。

実験区は、対照区の魚粉区（7区）、未発酵の市販大豆粕を用いた大豆粕区（8区）、市販発酵大豆粕A区（9区）、市販発酵大豆粕B区（10区）、10区にホタテウロエキスを乾燥重量換算で1%添加した区（11区）、同じく10区にホタテウロエキスを乾燥重量換算で2%添加した区（12区）、10区にチキンミールを配合した区（13区）、そして参考として市販EP飼料区（14区）を設けました。

表 1 実験①における各区の飼育成績 (61日間)

	1区	2区	3区	4区	5区	6区
魚粉		市販EP	大豆粕	市販FSBM	HRO-FSBM 低レベル	HRO-FSBM 高レベル
魚粉配合率 (%)	57	52	28	28	28	28
増重率 (%)	63.9±1.0 BC	60.1±2.9 CD	66.1±2.9 BC	57.7±3.0 D	69.7±2.4 AB	60.4±5.1 CD
飼料効率 (%)	76.5±0.4 c	75.4±2.2 c d	80.8±3.2 b	70.4±1.7 d	85.0±3.4 ab	72.9±5.0 cd

*異なるアルファベットを有する値どうしは統計的有意差有り (ダンカンの多重比較検定、有意水準5%)

表 2 実験②における各区の飼育成績 (73日間)

	7区	8区	9区	10区	11区	12区	13区	14区
魚粉		大豆粕	市販発酵大豆粕A	市販発酵大豆粕B	10区+ホタテウロ エキス1%	10区+ホタテウロ エキス2%	10区+チキン ミール	市販EP
魚粉配合率 (%)	52	26	26	26	26	26	14	52
総摂餌量 (g/tank)	1030.0±24.6	1035.1±11.8	1103.0±2.6	1070.4±30.1	1078.5±13.6	1034.2±26.5	943.4±94.1	1087.9±19.4
増重率 (%)	85.1±9.6	73.1±8.8	79.8±4.0	74.0±4.7	81.9±5.2	74.8±2.8	59.6±10.5	73.8±0.6
飼料効率 (%)	89.9±8.5	78.4±4.2	82.4±3.7	79.0±4.0	85.8±3.7	81.3±1.1	71.9±5.7	75.2±1.9

*統計的有意差は認められませんでした (ダンカンの多重比較検定、有意水準5%)。

試験飼料は、飼料メーカーに外注してEP飼料に加工しました。魚粉配合率は、魚粉区の7区および市販区が52%、低魚粉飼料グループの8～13区が26%、チキンミール配合区の13区が14%と最も低くなっています。

飼育試験の評価項目は、総摂餌量 (g/tank)、増重率、飼料効率としました (表2)。

各項目において統計的有意差は認められなかったものの (ダンカンの多重比較検定, $p>0.05$)、平均値について、低魚粉+ウロエキス1%飼料である11区は低魚粉飼料として設計した8区～13区の中で増重率および飼料効率が最も高く、魚粉区に最も近い飼育成績となりました。さらに、市販EP飼料を給餌した14区と比較しても増重率や飼料効率が遜色ありませんでした。ホタテウロエキスの添加効果は、クロソイ等で飼料効率が改善されることが明らかとなっています³⁾ので、さけます類に対する餌料価値を今後も継続して検討予定です。

大豆油粕はメチオニンが少なく、コーングルテンミールはリジンが少ないといったように、植物性原料により特定のアミノ酸が魚粉よりも少ない特徴があります⁴⁾。そのため、複数原料を組み合わせることでアミノ酸組成を考慮しながら低魚粉飼料を設計することにより、魚粉区と同等の飼育成績が得られることが知られています。今回の試験飼料については、コーングルテンミールとの併用により、チキンミール配合区の13区以外は魚粉区に匹敵した飼育成績になったと考えられます。

今回の実験では、チキンミールと植物タンパク源と併用配合することによる飼育成績改善効果⁵⁾は認められませんでした。低魚粉飼料は、飼育水温により成長や飼料効率に対する影響が変化することが明らかにされています⁴⁾。既報の実験⁵⁾が14℃で行われたのに対し、本実験は9℃前後で実施しており、飼育水温の違いがチキンミールの有効性

に影響していると推察されます。

おわりに

北海道内には低魚粉飼料開発で有用と思われる飼料原料が道総研発酵大豆粕以外にも多くあり、これらを上手に活用することで北海道産養殖サーモンの差別化につながる低魚粉飼料を開発できると考えられます。当场では、農作物残渣、食品製造残渣および未利用な動物タンパク源を活用した低コスト飼料開発を産官学連携により並行して検討を進めております。特に、低コスト化では、飼料原料の原材料費だけではなく、養殖魚の飼料効率の改善効果や成長促進効果も加味して総合的に評価することが必要であり、その視点で共同研究を実施中です。

当场では閉鎖循環式養殖システム開発についても産官学連携で共同研究を実施しておりますが⁶⁾、閉鎖循環式飼育では生物濾過になるべく負荷をかけず栄養成分のロスが少なく、なおかつ飼育魚のフンを系外に効率よく排出しやすい飼料の開発が求められており、海外にて研究が開始されております⁷⁾。

養魚飼料は、魚類養殖の重要要素の「水・餌・種・疾病対策」に深く関わり、これらを総合的に効率よく研究する視点が今後益々必要になってくると考えられます。北海道におけるサーモン養殖事業振興に向けて、北海道内水面漁業連合会、道内各地の内水面養殖場の皆様にはこれまで通りご協力、ご助言いただきながら、これからも検討を進めて参ります。今回の報告では試験飼料の詳細な配合比は、協力機関の企業の秘匿情報が含まれることから非公開とさせていただきます。可能な限り早期に市販されるよう検証を重ねて参ります。

引用文献

- 1) 佐々木義隆 (2017) 北海道における内水面サケマス養殖の現状と特徴, 北水試だより, 94, 19-22.
 - 2) 佐藤敦一 (2019) サケ・マス養殖における飼育水と飼料に関する試験研究の現状と課題, 北水試だより, 98, 22-25.
 - 3) Nobukazu Sato, Wakasugi M, Nobuta S (2015) Availability of fisheries by-product materials with cadmium removal treatment as a feed ingredient for fingerling Black rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Fish. Res. Agen, 40 : 61-65.
 - 4) 横山佐一郎 (2016) 魚粉低減飼料の定義と研究開発 ～補足すべき栄養の検討～, 月刊養殖ビジネス2016年臨時増刊号, 緑書房, 70-74.
 - 5) Feng Lu, Haga Y, Satoh S (2015) Effects of replacing fishmeal with rendered animal protein and plant protein sources on growth response, biological indices, and amino acid availability for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Fisheries Science, 81 : 95-105.
 - 6) 佐藤敦一 (2019) 北海道の循環式陸上養殖新素材を活用した生物ろ過技術の開発, 月刊養殖ビジネス2019年臨時増刊号, 緑書房, 126-128.
 - 7) 山本義久 (2015) 水産増養殖での閉鎖循環飼育システムの展開, 日本海水学会誌, 69, 225-237.
- (佐藤敦一 さけます・内水試内水面資源部
報文番号 B2436)