

さけます・内水面シリーズ

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

キーワード：循環式飼育、水質、低魚粉飼料、発酵大豆粕、抗栄養因子、フィチン酸

はじめに

近年、世界の漁獲量が2009年の9,020万トンから2014年の9,340万トンとほぼ横ばいで推移する一方、養殖生産量は2009年の5,570万トンから2014年の7,380万トンまで急速に増加していることがFAO(2016)により発表されています。

魚類養殖生産のうち、サケ・マス類は需要、供給、貿易動向の面から着実に発展し、2013年には商品として最大金額を示したとされています¹⁾。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魚価の上昇を招き、ノルウエー、チリなどで養殖されたサーモンが高値で取り扱われるようになっていきます²⁾。そのため、かつて単価の面で輸入ものより高いことで国内シェアを大きく減少させた養殖ギンザケや、日本各地で養殖が試みられているご当地サーモンが、輸入サーモンと勝負できるチャンスと推察されます。

魚類増養殖を行う上では、水、飼料、種苗、疾病対策が基本となりますが³⁾、このうち、本稿では水と飼料について道総研さけます・内水面水産試験場で取り組んでいる試験研究の現状と課題を報告します。

飼育水リサイクル研究の現状と課題

北海道におけるサケ・マス類の増養殖は、これまで、給水した飼育水を一定の割合で経時的に水槽外へ排出するかけ流し方式(流水方式)で行われてきました。サケの人工ふ化放流事業では、体

重1gの稚魚を放流するまでの約1か月間掛け流しで飼育されていますが、サケ稚魚の好適水温である8℃前後の湧水量には限界があります。

世界的にも飼育水の不足、養殖排水の環境負荷の軽減を図るべく、飼育水の一部または大部分をリサイクルする循環式飼育システムに関する研究が精力的に行われています。しかし、サケ稚魚を循環式飼育で管理し、かけ流し飼育と比較検証した研究事例はほとんどありません。

そこで、増殖養殖用のサケ・マス類飼育における用水不足の解消などのために飼育水リサイクルの有効性を検証することを目的として平成29年度から本研究を開始しました。本稿では、サケ稚魚を対象に行っている飼育水リサイクルの研究を紹介します。

飼育水をリサイクルすることで生じるサケ稚魚へのネガティブな影響を把握するため、飼育水の一定割合を新水でまかなう半循環式⁴⁾ではなく、水槽の底掃除や自然に蒸発した水以外は水を補給し

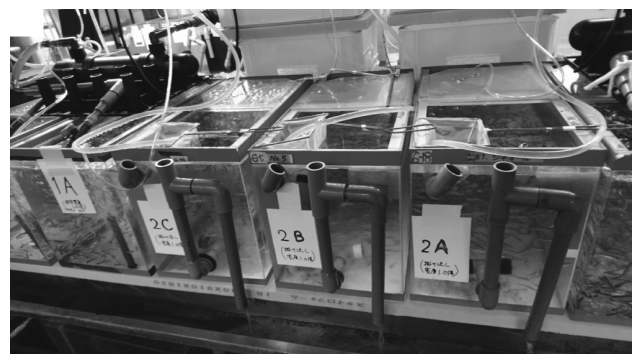


写真1 サケ稚魚の飼育水リサイクル研究

ない閉鎖循環式とし（水の注水率は、約1.4ml/分）、体重0.62gのサケ稚魚を60L水槽で15日間飼育しました（実験1）。実験区は、掛け流し区（500尾/水槽、3反復）を対照区とし、循環式・低密度区（500尾/水槽、2反復）、循環式・高密度区（1,000尾/水槽、2反復）の3群としました。生物濾過材には、道庁の循環水事業にて釧路水産試験場が中心となって取り組んでいる研究課題「水産系廃棄物ウニ殻からの循環ろ過式水槽用資材の開発」で生物濾過材としての有効性を検証しているウニ殻に水質保持のために重要な微生物を繁殖させたものを使用しました。

試験の終了時には生残率（%）と体重を測定しました。さらに、水質（3態窒素、DO、水温、pH）を実験期間中にモニタリングしました。

表1に各区の飼育結果を示します。生残率は、掛け流し区が最も良く、次に循環式・低密度区、循環式・高密度区の順となりました。最終体重は、循環式・低密度区が掛け流しに匹敵し、循環式・高密度区が最も劣りました。これらのことから、サケ稚魚を閉鎖循環式で飼育する場合、生残率の向上が課題として浮かび上がってきました。

循環式・高密度区では特に、アンモニア態窒素の値が他区よりも顕著に高くなった際に稚魚の斃死数が多くなる傾向が認められました。また、実験期間中にバイオフィーム（細菌等が凝集した粘性物質）が配管に詰まって一時的にアンモニア態

窒素など3態窒素がかけ流し区よりも高くなることも数度観察されました。そのため、閉鎖循環式に飼育する際は、バイオフィームの抑制対策を講じる必要があります。現在、今回得られた水質データを用いて、サケ稚魚にとってアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素など各水質の危険水準の含量を解析中です。

既報の論文⁴⁾によると、サケ稚魚を新水2：リサイクル水1の割合で飼育した場合、かけ流し区に匹敵した飼育成績となることが明らかにされています。新水とは新しく補給する水のことです。かけ流し飼育は新水だけで行います。そこで私たちは、この知見をもとに、新水1：リサイクル水2の割合とリサイクル水の量を2倍にした循環式で飼育した時のサケ稚魚への影響も調べました（実験2）。実験区は実験1と同様に設定し、体重0.70gのサケ稚魚を60L水槽で36日間飼育しました。飼育水の注水率は、かけ流しが3.6L/分、循環式の実験区の給水量が新水1.2L/分、リサイクル水2.4L/分としました。

表2に実験2における各区の飼育結果を示します。生残率および最終体重は、かけ流し区と循環式・低密度区との間で有意差が認められませんでした。一方、循環式・高密度区は3つの実験区で最も劣りました。また、統計的な有意差は認められないものの循環式・低密度区はかけ流し区よりも若干生残率が低くなりました。このように、実験2では、実験1よりも大幅に生残率を改善でき

表1 各区の生残率および最終体重（実験1）

	かけ流し区	循環式・ 低密度区	循環式・ 高密度区
生残率（%）	98.2 a	72.6 b	20.4 c
最終体重（g）	0.94 a	1.01 a	0.84 b

*異なるアルファベットを有する値同士は統計的有意差有り（PLSD法、有意水準5%）

表2 各区の生残率および最終体重（実験2）

	かけ流し区	循環式・ 低密度区	循環式・ 高密度区
生残率（%）	97.0 a	90.5 a	81.9 b
最終体重（g）	1.74 a	1.85 a	1.58 b

*異なるアルファベットを有する値同士は統計的有意差有り（PLSD法、有意水準5%）

たものの、飼育水リサイクル区は、かけ流し区よりも生残率が若干低い結果となっています。今後、サケ稚魚を安定的に育成できる飼育水リサイクルシステムを継続して検討します。

低魚粉飼料開発研究の現状と課題

近年、養魚用飼料の主原料となる魚粉の価格が高騰し、魚粉に代わるタンパク質源を原料とした実用的な低魚粉飼料の開発が求められています。

大豆から油を搾った後の残渣である大豆粕といった植物性原料は安価で高タンパク質の原料であり、飼料への利用が期待されます。しかし、これら植物性原料には魚類における栄養素の代謝や機能を阻害する抗栄養因子（フィチン酸など）が含まれています。また、配合率を高めることにより魚の摂餌性や成長の低下が顕著となります。本研究では、共同研究機関である道総研食品加工研究センター（食加研）で製造試験を実施している発酵処理によりフィチン酸を低減した大豆粕（以下、HRO-FSBM）に注目し、研究を進めています。

図1にHRO-FSBMと市販発酵大豆粕のフィチン酸含量を示します。HRO-FSBMは、市販品の半分程度であることがわかりました。現在、食加研では、本製造技術についてノウハウ化を計画しています。

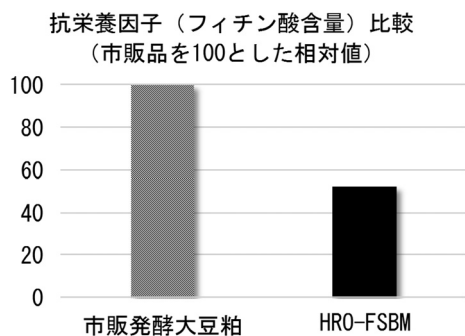


図1 道総研発酵大豆粕（HRO-FSBM）のフィチン酸含量

魚粉をHRO-FSBMで約5割代替した飼料を給餌した場合のニジマスの摂餌性について、市販区と比較したグラフを図2に示します。魚粉50%代替区は市販区と有意差は認められず、市販飼料に匹敵することが示唆されました。また、増重率および飼料効率でも差は認められず、HRO-FSBMの餌料価値は高い可能性が考えられました。ただし、本実験は21日間の短期で行ったため、現在、長期の実験を行い、HRO-FSBMの有用性を検証中です。

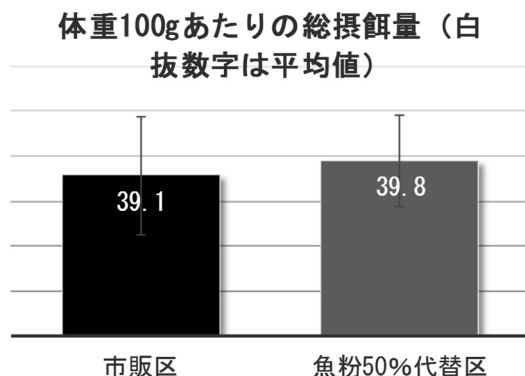


図2 魚粉の5割をHRO-FSBMで代替した飼料がニジマスの摂餌性に及ぼす影響（統計的有意差なし）

おわりに

飼育水リサイクル技術の有効性は、サケ種苗生産等における用水の節約だけではなく、温度調節により養殖魚を適正な飼育環境下で飼育することも可能となります。このことにより、摂餌が活発な時期が本州よりも短く、養殖サイクルが長いという道内におけるマス類養殖のデメリットを克服できると思われます。また、低魚粉飼料開発では、HRO-FSBM以外にも飼料原料として有用と思われる農作物残渣や未利用な動物タンパク源が道内には多くあり、これらをフル活用して、高品質かつ低価格な低魚粉飼料の開発を今後も進めて参ります。

参考文献

- 1) 越塩俊介 (2017) 養殖対象種は580種 世界の養殖業の現状と課題, 月刊養殖ビジネス2017年臨時増刊号, 緑書房, 10-13.
- 2) 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.
- 3) 竹内俊郎 (2016) 養殖の原理, 水産海洋ハンドブック, 生物研究社, 309-318.
- 4) 清水智仁 (2013) サケ種苗生産現場における簡易濾過槽を用いた飼育水再利用システムの開発, 水産技術, 6, 83-88.

(佐藤敦一 さけます内水試内水面資源部
報文番号 B2434)