試験研究は今　Ｎｏ．７９４

# 半閉鎖循環式養殖システムを用いたサケマス類の増養殖試験

【はじめに】

日本での増養殖のほとんどは使用した水をそのまま排水する、いわゆる「掛け流し」で行われています。しかし、世界的には不足する飼育用水への対応や、排水による環境負荷軽減の意味から、「循環式」に注目が集まり（使用した水の一部を再利用する「半閉鎖循環」、全部を再利用する「閉鎖循環」があります)、それによる養殖生産量も増えてきており、国内でも徐々に取り組みが始まっています。

一方で、特に水質悪化に対して敏感なサケマス類については、日本ではこれまでほとんど取り組みがありませんでした。しかし、先の東日本大震災で東北地方では多くのサケマス増殖場が使用できなくなりました。そこで復興事業の一環として、飼育用水や場所にとらわれない半閉鎖式循環養殖設備を用いて、回帰性の高い放流用サケマス類種苗の作成、陸上養殖手法の検討を行う事業が行われ、その中でさけます・内水面水産試験場でも試験を行いましたのでその結果について報告します。

【半閉鎖式循環養殖システムの試作】

水槽容量５トン、濾過槽容量３トンで、この他に冷却器、ヒーター、紫外線殺菌装置、自動給餌機などを備えます（図1)。

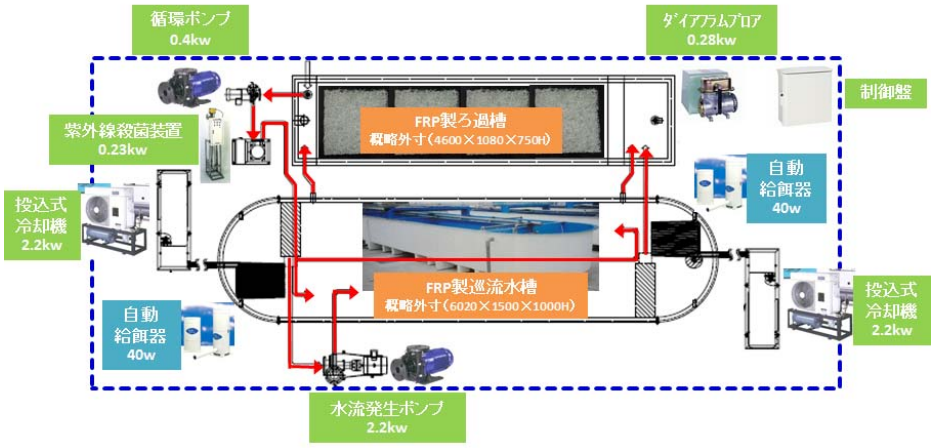


図１　半閉鎖式循環養殖システムの模式図

【放流用サクラマス種苗の生産】

サクラマスは孵化後、その多くは１年半を河川内で生活し、海に下るスモルトと河川に残る残留型に分かれます。残留型は河川内での成長が良く、北海道では雄の約半数がこれになるとされます。水温の高い本州の河川では成長が良いため、さらにこの残留型の割合が高くなります。しかし経済的には沿岸漁業での水揚げを増やすためのスモルトを多く生産することが求められます。

そこで岩手県において、成長の良い夏季間の水温を冷却システムで低下させて成長を抑制し、残留型雄を減らしてスモルトを多く生産することを目的とした試験を平成25年に行いました。6月末から８月末の２か月間、循環水槽に3,100尾のサクラマス0+幼魚（平均体重3.25g）を収容し、冷却器で屋外飼育池(対照群)よりも2～3℃水温を低下させて飼育しました。少量の水

を常時注水する半閉鎖式とし、注水量は 8.5～10L/分としました。

その結果､8 月末での循環水槽飼育群の魚体重は対照群より約 3ｇ抑制され、10 月に残留型雄の出現率を比較したところ、対照群が 41%であったのに対し、循環水槽群は 11%にとどまりました（図 2)。これにより本循環水槽で効率よくスモルト生産できることが明らかとなりました。

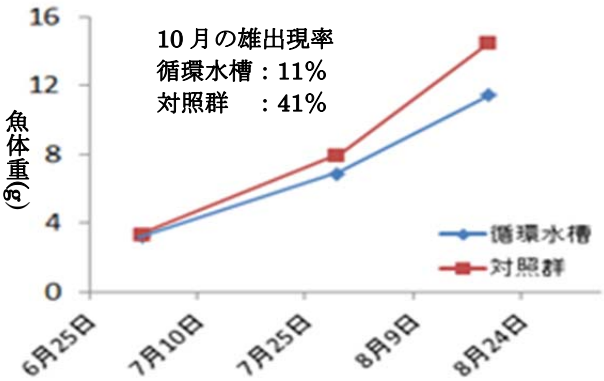


図 2　循環水槽飼育群（水温抑制）および
屋外飼育群（対照群・自然水温）のサクラマスの成長
（※は危険率 5%で有意差あり）

【放流用サケ種苗の生産】

北海道ではサケはおおむね 9～11 月※かけて採卵され、4～5 月頃に放流されます。この放流は各地の前浜水温にあわせ、魚体重 1ｇ以上で行うのが良いとされています。つまり稚魚の放流は早すぎても遅すぎても､また放流適期内であっても小さい稚魚だと良くないということです。しかし遅い時期（11 月末など）の卵由来の稚魚は、飼育開始も遅くなるため、放流適期内に十分な大きさまで成長させられないことがあります。

そのため、本循環水槽のヒーターを用いて加温し、短期間でサケ稚魚を高成長させる試験をさけます・内水面水産試験場で平成 25 年度に実施しました。11 月 26 日採卵群の稚魚を翌 4 月上旬に浮上させ、循環水槽で飼育する群 5 万尾、対照群（2 トン水槽）2 万尾に分けました（飼育密度 4.92kg/㎥で同一)。1 か月間の飼育のうち、循環水槽ではヒーターを用いて 2 トン水槽より水温を約 2℃上昇させて 15 日間飼育し、その後通常水温に戻しました。その結果、循環水槽群では加温した 15 日間後の魚体重が 0.993g で、2 トン水槽群の 0.914g に比較して有意に大きくなり、加温により良好に成長させられることがわかりました（図 3)。また、循環水槽群では 2 トン水槽群と比較して単位魚体重あたりの使用水量が約 1/6 であったのですが、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素とも飼育後半にはそれぞれ 0.10~0.17mg/L、0.005~0.013mg/L と、対照群の値 0.12~0.13mg/L0.006~0.007mg/L とほとんど変わらない

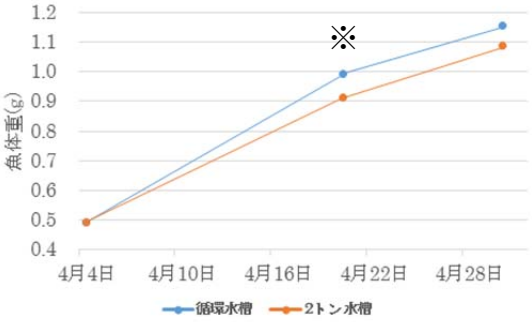


図 3　循環水槽・対照（2 トン水槽）のサケ稚魚の
魚体重の推移

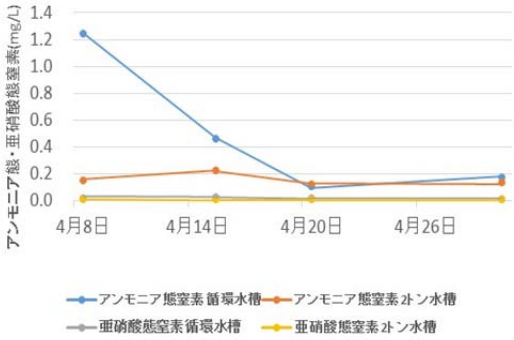


図 4　飼育期間中の水質の推移

値を示し、少ない水量で効率的に稚魚を生産できることも明らかとなりました（図 4)

【サクラマスの養殖】

養殖での使用水量をできるだけ低減させることを目的とした試験を、さけます・内水面水産試験場で行いました。サクラマスの１年魚（35g）450 尾を循環水槽に収容し、対照群(２トン水槽)での飼育群と成長等を比較しました。循環水槽では対照群より 3～5℃加温しました。5 か月間の飼育のうち、注水は最小限とするようにしました。

その結果、循環水槽群は飼育開始１か月後より対照群と比較して有意に大きく成長し(図 5)、1 か月後から注水を停止しても 4 か月後の総魚体重量 70kg 程度まで止水状態で飼育が可能であることがわかりました。その後亜硝酸態窒素量が 0.321mg/L に増加して水質が悪化し、へい死する魚も出てきたため、最小限の注水を行いましたが、循環水槽での使用水量は飼育期間平均で 1.88 トン/日であり、対照群と比較して約 1/35 で済みました。またその間の餌料効率も両群でほとんど変わらず（図 6)、本システムを用いて低水量で効率的に養殖が行えることがわかりました。

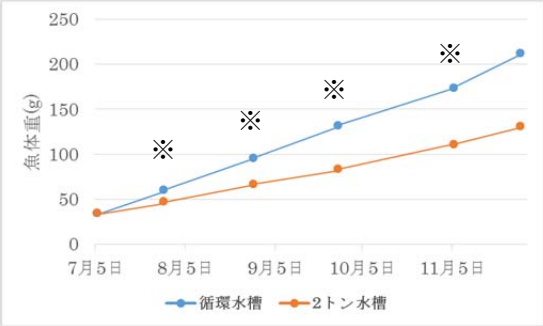


図５　循環水槽と対照（2 トン水槽）の収容魚の成長の推移

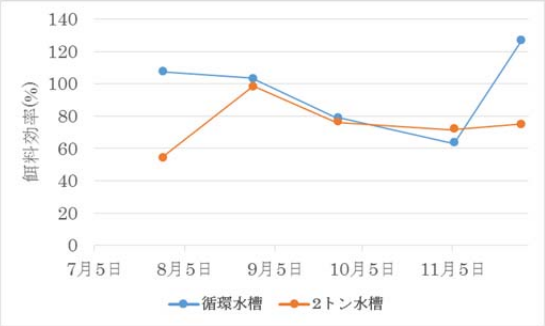


図６　循環水槽と対照（2 トン水槽）の餌料効率の推移

【今後の課題】

一番の問題点はこのようなシステムを導入する初期費用がかさむこと、また加温や冷却は注水量が掛け流し式に比べて非常に少ないため容易に行えますが、その際の電気代の負担を考慮しなければなりません。しかし上述のようなサケ稚魚の飼育を行う際、仮に今回のような 5 トン規模の水槽で 5 万尾の稚魚を生産して 1%回帰率が上昇すると 1.5 トン程度の漁獲増が見込め、水揚げ高も数十万円増加します。1 か月間の電気代は今回の試験の場合ヒーター、冷却器を用いても約 5 万円でしたので、使い方によっては事業経費の収支に見合う可能性があります。また、何より近年サケの増殖事業現場で問題となっている飼育用水の不足に大きく貢献することができます。今後は自然エネルギーの活用等によるランニングコストダウンや生物濾過材の改良等によるシステムの性能向上が求められます。

なお、本研究は JST の復興促進プログラム（産学共創）「水産加工サプライチェーン復興に向けた革新的基盤技術の創出」中の研究課題「東北地方の高回帰性サケ創出プロジェクト」により行いました。

（さけます・内水面水産試験場　内水面資源部　三坂尚行）