

# 「つくる、育てる、稼げる」あおもりの漁業創出事業（サケ） （半循環型サケ卵管理システム実証試験）

田澤 亮・遠藤 赴寛

## 目 的

サケ稚魚の適期・適サイズ放流の推進に向け、半循環型サケ卵管理システムによる受精から発眼期（検卵時）までの飼育期間の短縮効果と飼育中の水質変化及びサケ卵への影響を把握することを目的とする。

## 材料と方法

### (1) 試験場所

追良瀬内水面漁業協同組合サケふ化場（追良瀬川ふ化場）

### (2) 供試卵

追良瀬川ふ化場で蓄養していたメスの海産親魚とオスの河川遡上親魚を用いて 2024 年 11 月 29 日に採卵・受精を行った受精卵 33.9 千粒を使用した。

### (3) 半循環型サケ卵管理システム

壁面に断熱材（ダウ化工株式会社製 スタイロフォーム IB 25mm）を貼り付けた増収型アトキンス式ふ化槽（1 間槽）1 基、75L 水受けコンテナ（矢崎化工社製 PT-75）、マグネットポンプ（イワキ社製 レイシー-RMD-151）、空焚き防止機能付き 500W チタンヒーター（イワキ社製 レイシー-SHI-0.5KW-100V1-G）又は 1kW チタンヒーター（イワキ社製 レイシー-SHI-1KW-100V1-G）、サーモコントローラー（イワキ社製 レイシー-TC-101）、ブローア（イワキ社製 レイシー-TIP-40）で構成され、水受けコンテナでエアレーションされた飼育水はマグネットポンプでふ化槽の注水部へ送られて注水（湧水）と混合し、ふ化槽注水側の区画で加温された後、卵を収容した排水側の区画に送られる（図 1）。

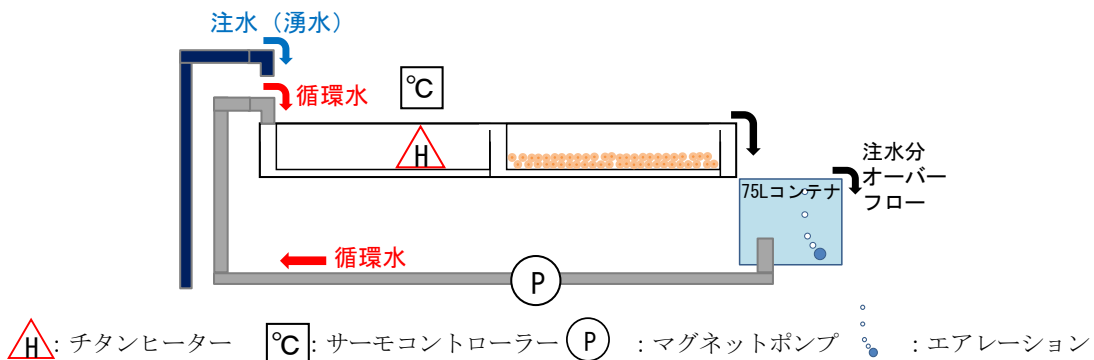


図 1. 半循環型サケ卵管理システム概要

### (4) 試験区及び対照区の設定条件

試験区①（半循環カテキン区）及び試験区②（半循環区）では、上記システムにそれぞれ受精卵 11.3 千粒を収容し、サーモコントローラーを 14.0℃に設定した。試験は 500W チタンヒーターで開始し、試験開始後 6 日目に 1kW チタンヒーターへ交換した。流量は循環水を 15L/分、注水（湧水）を 5L/分の計 20L/分とした。試験区①の受精卵については、受精後 1 時間給水させた後、カテキン浴を施してからシステムに収容した。カテキン浴は、湧水 40L にカテキン粉末（三井農林株式会社製 ポリフェノン緑茶エキス K カテキン量 33%）170g を溶解（有効カテキン濃度 1,400ppm）し、止水で 30 分間浸漬（途中 10 分おきに緩く攪拌）した。試験区②の受精卵にはカテキン浴を施さなかった。

対照区（かけ流し区）では、システムと同型のふ化槽に受精卵 11.3 千粒を収容した。加温とエアレーションは行わず、流量は注水（湧水）のみで 20L/分とした。カテキン浴は施さなかった（表 1）。

表 1. 試験区及び対照区の設定条件

	循環水量	注水量	カテキン浴	ヒーター	エアレーション
試験区① 半循環カテキン区	15L/分	5L/分	○	○ (14.0℃設定)	○
試験区② 半循環区	15L/分	5L/分	×	○ (14.0℃設定)	○
対照区 かけ流し区	×	20L/分	×	×	×

(5) 水温・水質測定、ミズカビ着生状況観察、発眼率調査

各区に自記式水温計 (T&D 社製 おんどとり TR-51i) を設置し 1 時間毎の水温を観測し、日平均水温と積算水温を整理した。試験期間中の溶存酸素量と pH はポータブルマルチ水質計 (TOADKK 社製 MM-42DP) で、アンモニア態窒素濃度はアンモニア性窒素試薬セット (HACH 社製 HACH1389) とポータブル吸光度計 (HACH 社製 DR900) で適宜測定した。

試験期間中の卵へのミズカビ着生状況を適宜目視観察した。

2024 年 12 月 26 日と 27 日に各区の検卵を行い、死卵数と収容卵数から発眼率を求めた。

## 結果と考察

### (1) 水温と飼育期間の短縮効果

検卵時までの平均水温は、半循環カテキン区と半循環区でともに 12.1℃とかけ流し区の 10.3℃よりも高かった。また、ヒーター交換前までの平均水温は、半循環カテキン区と半循環区で 12.3℃、かけ流し区で 11.3℃だったのに対し、ヒーター交換後の平均水温は、半循環カテキン区で 12.1℃、半循環区で 12.0℃、かけ流し区で 10.0℃とヒーターの出力を上げたことにより加温効果が高まった (表 2、図 2)。

発眼の目安となる積算水温 240℃・日への到達日は、半循環カテキン区と半循環区で試験開始後 (以下、同じ) 20 日目、かけ流し区で 23 日目と 3 日間の飼育期間短縮効果があったと考えられた。検卵については、半循環カテキン区と半循環区で 27 日目に積算水温 327.4℃・日と 326.3℃・日で、かけ流し区では 28 日目に積算水温 290.9℃・日で行った。検卵時の積算水温が異なるため、便宜的に検卵の目安となる積算水温 300℃・日への到達日で比較すると半循環カテキン区と半循環区で 25 日目、かけ流し区で 29 日目と 4 日間の飼育期間短縮効果があったと考えられた (表 2、図 3)。

### 表 2. 半循環型サケ卵管理システム実証試験結果

表 2. 半循環型サケ卵管理システム実証試験結果

	半循環カテキン区	半循環区	かけ流し区
採卵年月日	2024年11月29日	2024年11月29日	2024年11月29日
収容卵数 (粒) (a)	11,290	11,290	11,290
発眼目安年月日※1	2024年12月19日	2024年12月19日	2025年12月22日
検卵目安年月日※2	2024年12月24日	2024年12月24日	2025年12月28日
検卵年月日	2024年12月26日	2024年12月26日	2025年12月27日
検卵時積算水温 (℃・日)	327.4	326.3	290.9
検卵時死卵数 (粒) (b)	283	320	280
発眼率 (%) ((a-b)/a*100)	97.5	97.2	97.5
検卵時までの平均水温 (℃)	12.1	12.1	10.3

※1：積算水温240℃・日到達年月日とした。

※2：積算水温300℃・日到達年月日とした。

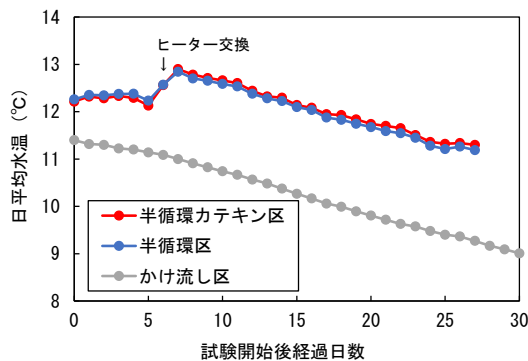


図 2. 日平均水温の推移

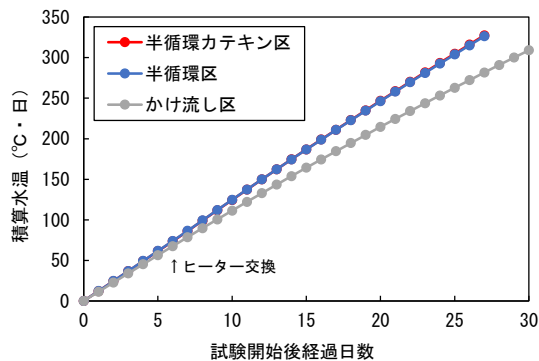


図 3. 積算水温の推移

## (2) ミズカビ着生状況と発眼率

各区のミズカビの着生は、半循環カテキン区と半循環区では17日目、対照区では27日目に確認されたが、死卵1~4粒/区にわずかに着生している程度で卵塊が発生することはなかった。

検卵時に除去した死卵数と収容卵数から求めた発眼率は、半循環カテキン区で97.5%、半循環区で97.2%、かけ流し区で97.5%と各区で同等だった(表2、図4)。

## (3) 水質

溶存酸素量は、半循環カテキン区で9.07~10.27mg/L、半循環区で8.97~10.38mg/Lと概ね一定で、試験期間を通してかけ流し区よりも高い値で推移しており、エアレーションの効果によるものと考えられた。かけ流し区についても8.08~9.09mg/Lと概ね一定ではあったが、日数経過とともにやや上昇する傾向が見られ、水温の低下が影響したものと考えられた(図5)。試験期間を通じ各区ともにさけ・ます増殖用水水質基準<sup>1)</sup>及び水産用水基準<sup>2)</sup>である7mg/L以上を満たしていた。

pHは、各区ともに7.5~7.9台でほぼ一定に推移した(図6)。さけ・ます増殖用水水質基準では6.5~7.5の間であれば良好、水産用水基準では6.7~7.5とされ、本試験では試験期間を通じ各区ともにこれら基準をやや上回ったものの、各区ともに発眼率の低下が見られていないことや、水質汚濁に係る環境基準(昭和46年12月28日、環境庁告示第59号)では6.5~8.5となっていることから本試験のpHは卵管理に悪影響を与える水準ではないものと考えられた。

アンモニア態窒素濃度は、半循環カテキン区で試験開始時と6日目に0.06mg/Lであったが11日目には0.01mg/Lに低下し、17日目以降は検出されなかった。また、半循環区では試験開始時に0.01mg/Lであったが、6日目以降は検出されず、かけ流し区では試験期間を通じて検出されなかった(図7)。さけ・ます増殖用水水質基準では、アンモニア態窒素の含有量は0.1mg/L以下であることが望まれるとされ、本試験では試験期間を通じ各区ともにこの基準を満たしていた一方、水産用水基準では0.01mg/L以下とされ、半循環カテキン区での試験初期にこの基準を上回った。この要因として、サケ卵はまわりの水から酸素を取り入れアンモニアなどを排出する<sup>3)</sup>ことから、止水でカテキン浴を行ったことによってカテキン溶液中のアンモニア態窒素濃度が増加し、策で溶液を切ってからシステムに収容したものの、一部がシステム内に投入されたためと考えられ、カテキン浴後は卵を一定時間かけ流ししてからシステムに収容することで改善されると考えられた。

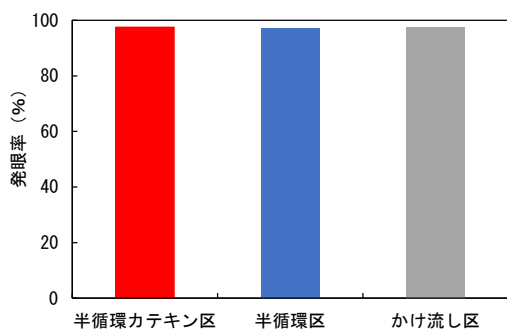


図4. 発眼率の比較

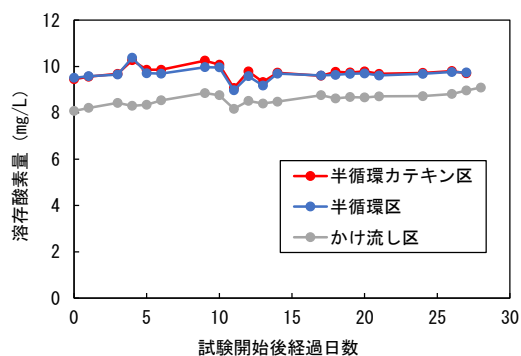


図5. 溶存酸素量の推移

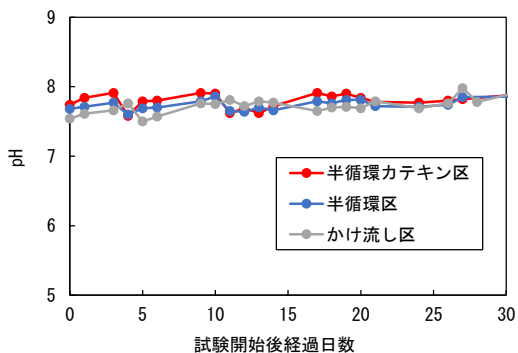


図6. pHの推移

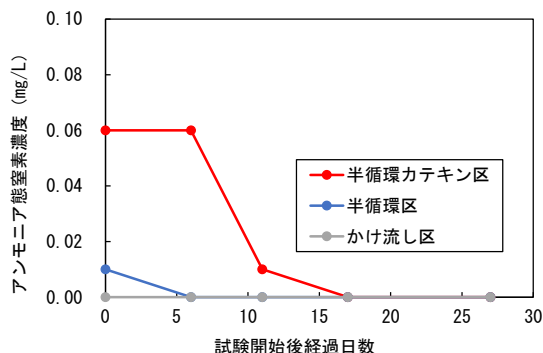


図7. アンモニア態窒素濃度の推移

このほか、2016年度と2017年度に実施された注水を併用しない閉鎖循環型サケ卵管理システムによる試験<sup>4-5)</sup>では、試験開始後2~4日目に潰卵由来の卵内物質の溶出、バクテリアの増殖によるものと考えられる飼育水の白濁が見られたが、本試験では白濁は観察されなかった。

#### (4) まとめ

内水面研究所ではこれまで、受精から発眼期までと発眼期から浮上期までの2つのステージに分けて飼育期間短縮のための技術開発やふ化場での実証試験に取り組んできた。受精から発眼期までについては、2016年度に老部川ふ化場（東通村）で、2017年度に笹内川ふ化場（深浦町）において、注水を併用しない閉鎖循環型システムの実証試験<sup>4-5)</sup>が行われ、発眼期までの飼育期間を通常のかげ流し飼育よりも11~23日短縮させ、発眼率もかけ流しと同等の成績が得られた一方で、飼育中の溶存酸素量の低下やアンモニア態窒素濃度の上昇、ミズカビ病の発生が課題となった。また、2017年度に内水面研究所内で実施された試験<sup>6)</sup>ではエアレーションによって溶存酸素量の低下を解消した一方で、ミズカビ病に加えて卵膜軟化症の発生も課題となった。

2018年度に内水面研究所内で実施された試験<sup>7)</sup>では、カテキン浴によるミズカビ病抑制効果が確認され、卵膜軟化症抑制の可能性も示唆されたほか、注水を併用する半循環型システムによってもこれらの抑制効果が示され、アンモニア態窒素濃度の増加も抑制された。しかしながら、2019年度に老部川ふ化場で実施された半循環型システムの実証試験<sup>8)</sup>ではミズカビ病が発生し発眼率が著しく低下した。

これまでの試験結果を踏まえ本試験では、追良瀬川ふ化場において、半循環型システムにカテキン浴を施した卵と施さない卵を収容・飼育し、飼育期間や発眼率等について通常のかげ流し飼育との比較を行った。その結果、発眼期までの飼育期間について4日間の短縮効果を得た。追良瀬川ふ化場では、稚魚の浮上後から放流までの間に水温の低い河川水を多用するため稚魚の成長が遅く、春先の沿岸水温や餌環境から判断される放流通期<sup>9)</sup>における放流サイズが小型であるが、半循環型システムによって発眼期までの飼育期間を4日間短縮させることは、放流通期までに稚魚へ給餌・成長させる期間を4日延長させるもので、その分の放流サイズの大型化が期待された。

また、本試験ではミズカビ病や卵膜軟化症が発生せず、発眼率も97%を超え、かけ流し飼育と同等であった。一方、カテキン浴実施の有無でミズカビ着生状況や発眼率に違いが見られなかったため、カテキン浴の効果を把握することはできなかった。本試験での卵の収容数はふ化槽1区画に11.3千粒と同ふ化槽の標準的な収容能力である10万粒からすると非常に低密度であり、死卵の発生による飼育水の対流不良やミズカビの着生・拡大による死卵塊の発生、水質の悪化が起きにくい環境だったと考えられる。現在、サケ親魚の来遊不振により十分な卵の確保が極めて困難な状況にあるが、2024年度には他県産の受精卵を10万粒単位で移入した実績もあることから、今後、収容卵数を増やして実証試験を実施し、データを蓄積することが望まれる。

## 謝 辞

本試験の実施にご協力いただきました追良瀬内水面漁業協同組合の斎藤優氏をはじめ、ふ化場関係者の皆様に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 社団法人本州鮭鱒増殖協会（2003）サケ人工ふ化放流百問百答（改訂版），125-126.
- 2) 社団法人日本水産資源保護協会（2018）水産用水基準第8版.
- 3) 独立行政法人さけ・ます資源管理センター（2004）ふ化放流技術マニュアル．センター季刊誌さけ・ます通信，7号，1-3.
- 4) 松谷紀明（2021）未来につなぐさけ漁業推進事業（閉鎖循環型サケ卵管理システム実証試験）．平成28年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，61-67.
- 5) 松谷紀明（2021）未来につなぐさけ漁業推進事業（閉鎖循環型サケ卵管理システム実証試験）．平成29年度青森県産業

技術センター内水面研究所事業報告, 54-59.

- 6) 松谷紀明 (2021) 未来につなぐさけ漁業推進事業 (閉鎖循環型サケ卵管理システムにおけるろ材の検討). 平成 29 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 60-65.
- 7) 松谷紀明 (2023) さけ稚魚生産ステップアップ事業 (循環型サケ卵管理システムにおける卵膜軟化症及びミズカビ病抑制法の検討). 2019・2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 137-145.
- 8) 松谷紀明 (2020) 発生コントロールによるサケの適期放流. さけ稚魚生産システムステップアップ事業御術普及講習会資料.
- 9) 山日達道・山内壽一・榎 昌文 (1996) ウ. 放流状況調査. 平成 6 年度さけ・ます資源管理・効率化推進事業実施結果, 28-45.