

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)

松谷 紀明¹

目 的

閉鎖循環型サケ卵管理システム実証試験において、アンモニア態窒素濃度の増加が課題となった¹⁾ことから、ろ材の違いによる水質及び卵管理への影響を検討する。

材料と方法

(1) 試験場所

内水面研究所

(2) 供試卵

奥入瀬川鮭鱒増殖漁業協同組合サケふ化場（奥入瀬川サケふ化場）において 2018 年 1 月 6 日に採卵したサケの受精卵 44 千粒を内水面研究所に運搬して試験に使用した。

(3) 閉鎖循環型サケ卵管理システム

塩ビ製ボックス型ふ化槽、32L ろ過槽用コンテナ、24L 水受けコンテナ、マグネットポンプ（イワキ社製 MD-15R）、観賞魚用 200W ヒーター及びサーモコントローラー、エアレーションで構成され、最下段の飼育水がポンプにより最上段の濾過槽へ送られ、加温された後に高低差で受精卵が収容された水槽へ注水される（図 1）。ろ材には、同じ環境で硝化細菌を付与したセラミック製ろ材 20L（太平洋セメント社製 パワーハウスベーシックソフトタイプ微酸性 S サイズ）またはグラスリング製ろ材 20L を使用した。水槽及び水受けコンテナをかけ流しの湧水に浸漬させることによる保温に加えて、サーモコントローラーを 11℃ に設置し、冷気による水温の低下を防止した。

(4) 試験区及び対照区の設定条件

試験区は、①閉鎖循環式セラミックろ材区、②閉鎖循環式グラスリングろ材区、③閉鎖循環式ろ材なし区とした。①閉鎖循環式セラミックろ材区は、ろ過槽用コンテナにセラミック製ろ材を 20L 収容した。②閉鎖循環式グラスリングろ材区は、ろ過槽用コンテナにグラスリング製ろ材を 20L 収容した。③閉鎖循環式ろ材なし区は、ろ過槽用コンテナにろ材を入れなかった。対照区は、湧水かけ流し式とした。

各試験区及び対照区のふ化槽に受精卵 11 千粒収容した。

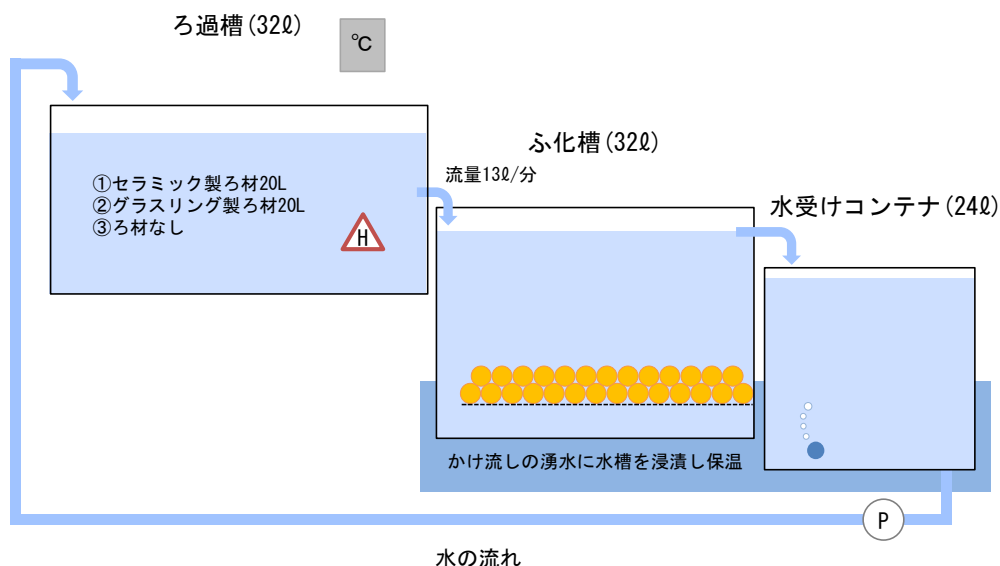
流量は、試験区 130/分、対照区 130/分とした。

試験期間中、1 日 1 回水温測定を行い、欠測日の水温は、前後日の水温の平均値とした。また、発眼の目安となる積算水温 240℃・日までの日数、検卵までの日数及びその時の積算水温について整理した。

発眼卵の平均重量は、100 個の重量を平均して求めた。

試験期間中の溶存酸素量は HACH 社製 HQ30d、pH は株式会社堀場製作所社製 D-55、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）、亜硝酸態窒素濃度は亜硝酸試薬（HACH 社製 HACH0596）、硝酸態窒素濃度は硝酸性窒素試薬セット（HACH 社製 HACH1088）をそれぞれ使用し、ポータブル吸光光度計（HACH 社製 DR900）を使って適宜測定した。

¹ 地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所



°C : サーモコントローラー (①~③区: 11°C設定)
H : 200Wヒーター
● : 受精卵 (11千粒)
P : マグネットポンプ
● : エアレーション

図 1. 内水面研究所における閉鎖循環型サケ卵管理システム概要

結 果

3 試験区及びかけ流し式区において、ミズカビ病が確認された。発眼まで静置し、積算水温が $240^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ を超えた試験開始後（以下、同じ）23 日目に緩やかに攪拌し、ミズカビ着生により形成された卵塊を除去した。3 試験区において除去した卵塊の重量が多い方から②閉鎖循環式グラスリングろ材区: 73.8g、①閉鎖循環式セラミックろ材区: 36.3g、③閉鎖循環式ろ材なし区: 31.1g の順であった。一方、かけ流し式区の卵塊重量は 1.6g と 3 試験区よりも少なかった。以降、25 日目、26 日目に再度、緩やかに攪拌し、28 日目に淘汰、29 日目に検卵を行った。

検卵までの平均水温は、①閉鎖循環式セラミックろ材区が 10.7°C 、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が 10.8°C 、③閉鎖循環式ろ材なし区が 10.7°C 、かけ流し式区が 11.2°C であった（表 1）。3 試験区の平均水温は同等であった一方、かけ流し式区の平均水温は 3 試験区よりも $0.4\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 高い値となった（表 1、図 2）。

発眼の目安となる積算水温 $240^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ への到達日は、①閉鎖循環式セラミックろ材区が 23 日目、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が 22 日目、③閉鎖循環式ろ材なし区が 23 日目、かけ流し式区が 22 日目であった（表 1、図 3）。3 試験区及びかけ流し式区の積算水温 $240^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ への到達日の差は 1 日の範囲であった。

28 日目に淘汰を行った際に、①閉鎖循環式セラミックろ材区及び②閉鎖循環式グラスリングろ材区において、一部、ふ出した潰卵がみられた。一方、③閉鎖循環式ろ材なし区、かけ流し式区では潰卵がみられなかった。淘汰時の積算水温は、①閉鎖循環式セラミックろ材区が $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が $303^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、③閉鎖循環式ろ材なし区が $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、かけ流し式区が $314^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ であった。

検卵は 3 試験区及びかけ流し式区ともに 29 日目に行った。検卵時の積算水温は、①閉鎖循環式セラミックろ材区が $311^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が $314^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、③閉鎖循環式ろ材なし区が $311^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、かけ流し式区が $325^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ であった（表 1）。検卵時の 3 試験区の積算水温の差は、最大で $3^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、かけ流し式区との積算水温の差は、最大で $14^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ であった（表 1、図 3）。

発眼卵の平均重量は、3 試験区及びかけ流し式区において 0.25g であった（表 1）。

発眼率は、①閉鎖循環式セラミックろ材区が 73%、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が 64%、③閉鎖循

環式ろ材なし区が 82%、かけ流し式区が 84%であった（表 1）。

溶存酸素量は、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 10.46～11.24mg/L、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 10.41～11.22mg/L、③閉鎖循環式ろ材なし区では 10.58～11.34mg/L、かけ流し式区では 9.99～10.58mg/L の範囲であった。3 試験区及びかけ流し式区において、時間経過に伴う溶存酸素量の低下はみられなかった（図 4）。

pH は、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 7.1～8.0、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 6.6～8.0、③閉鎖循環式ろ材なし区では 7.1～8.0、かけ流し式区では 6.7～7.2 の範囲であった（図 5）。3 試験区は試験期間の中盤に pH7 台後半～8 台で推移した一方、かけ流し式区は pH7 周辺を推移した。

アンモニア態窒素濃度は、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 0～0.04mg/L、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 0～0.13mg/L、③閉鎖循環式ろ材なし区では 0～5.4mg/L、かけ流し式区では 0～0.01mg/L の範囲であった（図 6-1、図 6-2）。3 試験区では 0 日目から 3 日目にかけて減少した後、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 20 日目以降、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 17 日目以降、③閉鎖循環式ろ材なし区では 10 日目以降に時間経過に伴う増加傾向がみられ、水産用水基準²⁾である 0.01mg/L よりも高い値で推移した。かけ流し式区のアンモニア態窒素濃度は試験期間中、水産用水基準²⁾以下であった。

亜硝酸態窒素濃度は、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 0～0.07mg/L、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 0～0.36mg/L、③閉鎖循環式ろ材なし区では 0～0.28mg/L、かけ流し式区では 0～0.01mg/L の範囲であった（図 7）。亜硝酸態窒素濃度は、3 試験区では時間経過に伴う増加傾向がみられ、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 24 日目以降、②閉鎖循環式グラスリングろ材区及び③閉鎖循環式ろ材なし区では 20 日目以降に水産用水基準³⁾である 0.03mg/L よりも高い値で推移した。かけ流し式区の亜硝酸態窒素濃度は試験期間中、水産用水基準³⁾以下であった。

硝酸態窒素濃度は、①閉鎖循環式セラミックろ材区では 1.0～15.9mg/L、②閉鎖循環式グラスリングろ材区では 0.6～8.7mg/L、③閉鎖循環式ろ材なし区では 0.6～3.3mg/L、かけ流し式区では 1.2～2.9mg/L の範囲であった（図 8）。硝酸態窒素濃度は、3 試験区では①閉鎖循環式セラミックろ材区の 27 日目において水産用水基準⁴⁾である 9mg/L よりも高い値となった。かけ流し式区の硝酸態窒素濃度は試験期間中、水産用水基準⁴⁾以下であった。

表 1. 内水面研究所における閉鎖循環型サケ卵管理システム水温条件検討結果

	①閉鎖循環式 セラミックろ材区	②閉鎖循環式 グラスリングろ材区	③閉鎖循環式 ろ材なし区	かけ流し式区
親魚捕獲河川	奥入瀬川			
採卵年月日	2018年1月6日			
平均水温 (°C)	10.7	10.8	10.7	11.2
発眼月日 (積算水温240°C・日)	1月29日	1月28日	1月29日	1月28日
検卵月日	2月4日			
検卵時積算水温 (°C・日)	311	314	311	325
平均卵重量 (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
発眼率 (%)	73	64	82	84

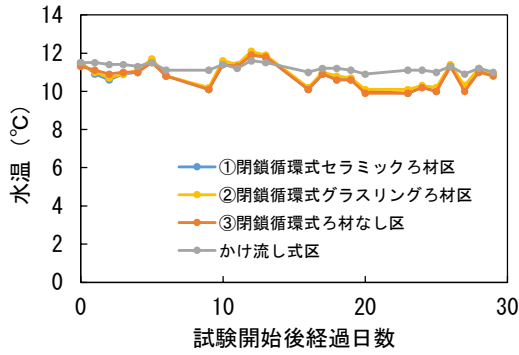


図 2. 水温の推移

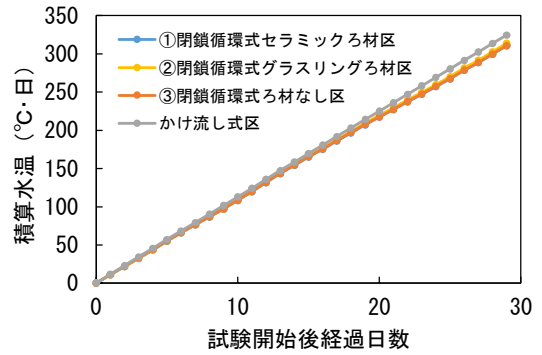


図 3. 積算水温の推移

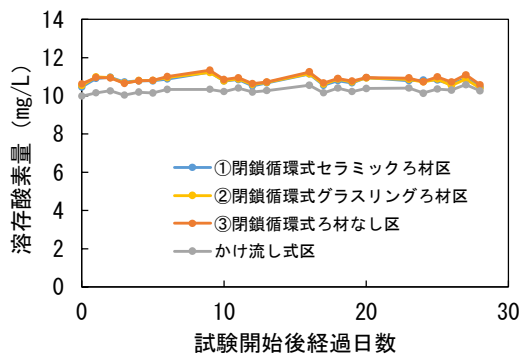


図 4. 溶存酸素量の推移

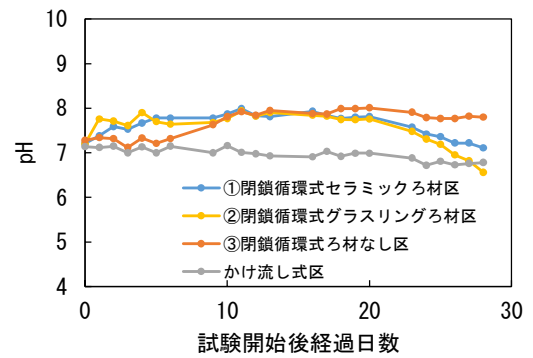


図 5. pHの推移

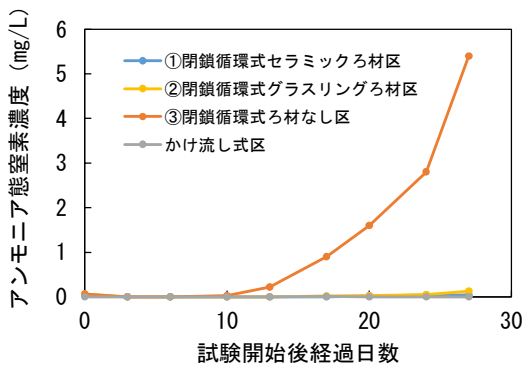


図 6-1. アンモニア態窒素濃度の推移

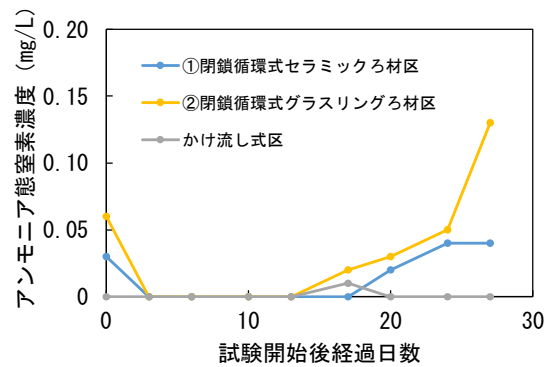


図 6-2. アンモニア態窒素濃度の推移
(③閉鎖循環式ろ材なし区を除く)

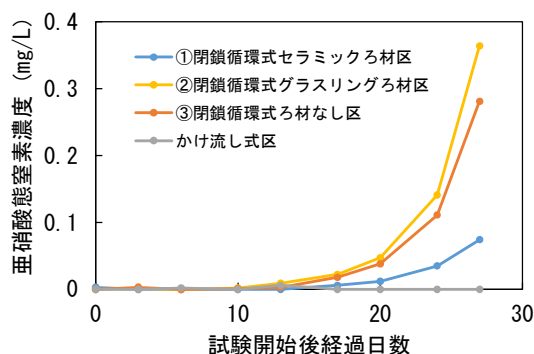


図 7. 亜硝酸態窒素濃度の推移

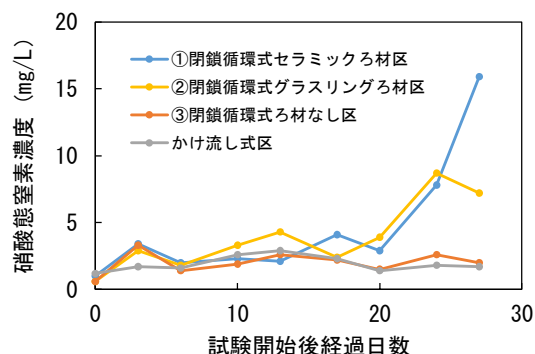


図 8. 硝酸態窒素濃度の推移

考 察

2016 年度に老部川内水面漁業協同組合サケふ化場において行った閉鎖循環型サケ卵管理システム実証試験では、セラミック製ろ材を用いた同システムにより発眼期まで管理できる可能性が示されたほか、ろ材等の検討によりアンモニア態窒素濃度を低く抑えることが健苗性の向上につながると考えられた¹⁾。本試験では、グラスリング製ろ材を検討するとともに、ろ材を使用せずに循環した場合の水質及び卵管理への影響について知見を集積した。

試験期間中、かけ流し式区のアンモニア態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度及び硝酸態窒素濃度は水産用水基準を上回らなかった。ろ材を使用せずに循環した③閉鎖循環式ろ材なし区では、アンモニア態窒素濃度及び亜硝酸態窒素濃度の増加がみられ、水産用水基準を上回った一方、硝酸態窒素濃度の増加はみられず、水産用水基準の範囲内であった。材質の異なるろ材を使用した①閉鎖循環式セラミックろ材区及び②閉鎖循環式グラスリングろ材区は、ともに③閉鎖循環式ろ材なし区よりもアンモニア態窒素濃度が低い値となっており、ろ材に付与した硝化細菌による作用と考えられた。①閉鎖循環式セラミックろ材区と②閉鎖循環式グラスリングろ材区では、②閉鎖循環式グラスリングろ材区の方がアンモニア態窒素濃度が高い値となった。また、亜硝酸態窒素濃度は、②閉鎖循環式グラスリングろ材区が③閉鎖循環式ろ材なし区よりも高い値で、①閉鎖循環式セラミックろ材区が③閉鎖循環式ろ材なし区よりも低い値で推移した。これらの結果から、セラミック製ろ材とグラスリング製ろ材を同体積使用して比較した場合、セラミック製ろ材の方が硝化能力が高いと考えられた。

発眼後の 23 日目に緩やかに攪拌した際に、3 試験区及びかけ流し式区において、ミズカビ病による卵塊が確認された。ミズカビ病の症状は、3 試験区の方がかけ流し式区に比べて重症化の度合いが高かった。3 試験区に共通する「水の循環」がミズカビ病の重症化リスクを高める可能性が示唆された。

また、28 日目に淘汰を行った際に、①閉鎖循環式セラミックろ材区及び②閉鎖循環式グラスリングろ材区において、一部、ふ出した潰卵がみられた一方、③閉鎖循環式ろ材なし区、かけ流し式区ではみられなかった。一般に、ふ化の目安となる積算水温は 480℃・日である。ふ出のみられた①閉鎖循環式セラミックろ材区及び②閉鎖循環式グラスリングろ材区の淘汰時の積算水温はそれぞれ 300℃・日、303℃・日であり、ふ化のタイミングではないことから卵膜軟化症によるふ出と考えられた。卵膜軟化症は親魚由来の因子や卵内の胚の異常発生によるものではなく、外部環境由来の細菌によって卵膜が表面から溶解されることで発症する²⁾。①閉鎖循環式セラミックろ材区及び②閉鎖循環式グラスリングろ材区で卵膜軟化症の症状がみられた原因として、ろ材の熟成過程で卵膜軟化症を引き起こす細菌が混入し、ろ材とともにシステム内に持ち込まれた可能性、ろ材の存在により卵膜軟化症を引き起こす細菌の増殖に好適な環境となった可能性が考えられたが、原因の特定には至らなかった。

本試験において行った検討では、現在実証試験で使用しているセラミック製ろ材よりも硝化能力が高く、卵管理に適したろ材を見つけるには至らなかった。硝化能力が高いろ材の候補として、2015年に内水面研究所において行われた閉鎖循環システムによるサクラマス種苗生産事業⁶⁾で使用したホタテ貝殻チップ、カキ殻⁷⁾が挙げられるが、サケ卵管理への影響についても検証しなければならない。また、サケ卵の卵膜軟化症の抑制に緑茶抽出物が有効である⁸⁾ことからカテキン浴の導入の検討や、ミズカビ病の発生はみられたものの発眼率の減少幅が小さかった③閉鎖循環式ろ材なし区の水質改善を期して半循環式の導入の検討が求められる。

謝 辞

本事業にご協力いただきました奥入瀬川鮭鱒増殖漁業協同組合の皆様には感謝申し上げます。

文 献

- 1) 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.
- 2) 日本水産資源保護協会 (2013) 53) アンモニア態窒素. 水産用水基準第 7 版 (2012 年版), 63-65.
- 3) 日本水産資源保護協会 (2013) 25) 亜硝酸態窒素. 水産用水基準第 7 版 (2012 年版), 44.
- 4) 日本水産資源保護協会 (2013) 24) 硝酸態窒素. 水産用水基準第 7 版 (2012 年版), 43-44.
- 5) 笠井久絵・伴 真俊 (2016) サケマス類の卵膜軟化症の原因と対策. 第 10 回サケ学研究会講演要旨集, 7.
- 6) 長崎勝康 (2020) 閉鎖循環システムによるサクラマス種苗生産事業. 平成 27 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 91-95.
- 7) 山本義久・森田哲男・陸上養殖勉強会 (2017) 【主要なろ材の種類と硝化能力】. 循環式陸上養殖 飼育ステージ別〈国内外〉の事例にみる最新技術と産業化, 緑書房, 54-58.
- 8) 佐々木系・吉光昇二 (2008) 緑茶抽出物浸漬法によるサケ卵の卵膜軟化症抑制効果. 水産技術, 1(1), 43-47.