

# さけ稚魚生産システム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)

松谷 紀明

## 目 的

閉鎖循環型サケ卵管理システム使用時に卵膜軟化症及びミズカビ病の発生が課題となった<sup>1)</sup>ことから、それらの抑制法を検討する。

## 材料と方法

### 1. 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

#### (1) 試験場所

内水面研究所

#### (2) 供試卵

2018年12月16日に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）において採卵したサケの受精卵37千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300Wヒーター、サーモコントローラー及び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10L（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）及びガラスリング製ろ材10Lを併用した。水槽及び水受けコンテナをかけ流しの湧水に浸漬し、水温を一定に保持しながら、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半循環式区、②閉鎖循環式区、③閉鎖循環式カテキン浴区とした。①半循環式区は、ろ過槽用コンテナにろ材を入れず、2L/分注水した。②閉鎖循環式区は、ろ過槽用コンテナにセラミック製ろ材及びガラスリング製ろ材を各10L収容し、注水をしなかった。③閉鎖循環式カテキン浴区は、②と同様のシステムとし、下記の方法によりカテキン浴を行った卵を収容した。対照区は、湧水かけ流し式とした。

カテキン浴は、バケツに内水面研究所の飼育用水を4L入れ、カテキン粉末（三井農林株式会社製 ポリフェノンK）を7g溶解させ、サケ受精卵9千粒を50分浸漬させることにより行った。

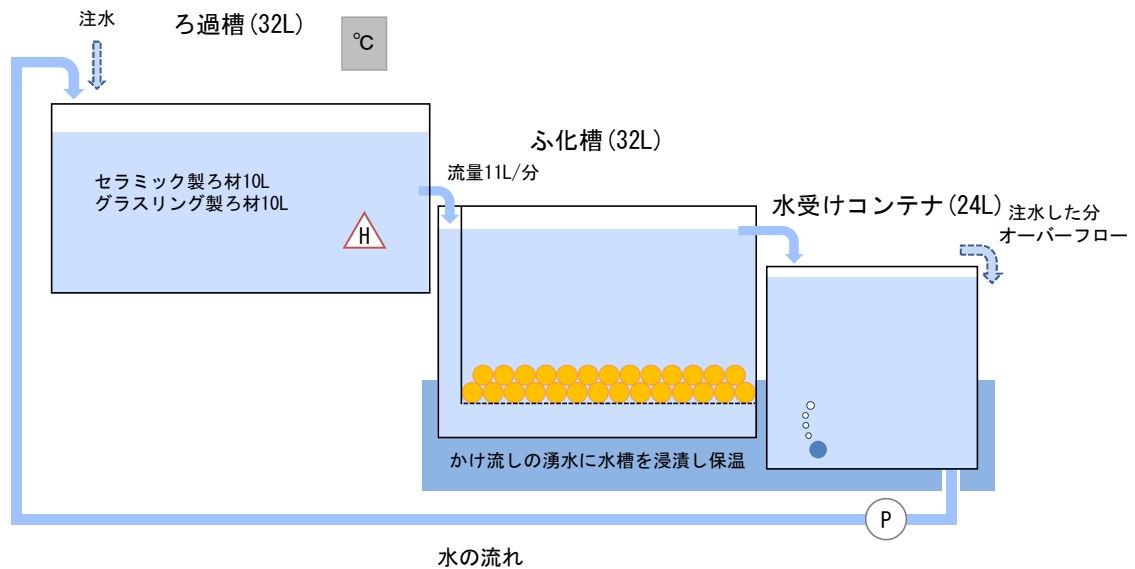
各試験区及び対照区のふ化槽に受精卵を9千粒ずつ収容した。

流量は、試験区11L/分、対照区11L/分とした。

収容前の受精卵及び検卵後の発眼卵の平均重量は、100個の重量を平均して求めた。

発眼及び検卵までの日数及び積算水温について整理した。それぞれの水槽に自記式水温計（T&D社製 おんどとり TR-52i）を設置し、15分毎に水温を観測した。日平均水温は、1日の水温を平均して求めた。

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。



°C : サーモコントローラー (①~③区: 11°C設定)  
 H : 300Wヒーター  
 ● : 受精卵 (9千粒)  
 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循環型サケ卵管理システム概要

表 1. 各試験区の条件

試験区	ポンプ	ヒーター	エアレーション	ろ材	注水	カテキン浴
① 半循環式区	○	○	○	×	○ (2L/分)	×
② 閉鎖循環式区	○	○	○	○	×	×
③ 閉鎖循環式カテキン浴区	○	○	○	○	×	○
かけ流し式区	×	×	○	×	○ (11L/分)	×

## 2. カテキン浴によるミズカビ病抑制効果の検証

### (1) 試験場所

奥入瀬川鮭鱒増殖漁業協同組合サケふ化場（奥入瀬川相坂サケふ化場、切田サケふ化場）

### (2) 供試卵

2020年1月18日に奥入瀬川切田サケふ化場において採卵したサケの受精卵 9.0kg（0.25g/粒換算で 36千粒）を試験に使用した。

### (3) カテキン浴

タライに奥入瀬川相坂サケふ化場の飼育用水を 40L 入れ、カテキン粉末（三井農林株式会社製 ポリフェノン K）を 70g 溶解させた。サケ受精卵 4.3kg（0.25g/粒換算で 17千粒）を 40分浸漬させた。残りの 4.7kg（0.25g/粒換算で 19千粒）はカテキン浴を実施しなかった。

### (4) 試験区及び対照区の設定条件

試験区は、カテキン浴を実施したカテキン浴あり区、対照区は、カテキン浴未実施のカテキン浴なし区とした。

奥入瀬川相坂サケふ化場のボックス型ふ化槽 2基を使用し、カテキン浴あり区及びカテキン浴なし区ともに飼育排水が混入しないよう最上段のふ化槽を使用した。

カテキン浴あり区及びカテキン浴なし区ともに奥入瀬川相坂サケふ化場の飼育用水のかけ流し式とし、注水量は 50L/分とした。

2020年2月15日（積算水温 310℃・日）に検卵し、発眼率を算出した。検卵後の発眼卵を奥入瀬川切田サケふ化場の浮上槽に収容し、2020年3月12日（積算水温 580℃・日前後）にふ化率を算出した。水温は奥入瀬川サケふ化場の飼育記録を使用した。

## 結 果

### 1. 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

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℃・日を超えた試験開始後 22 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解体した。卵塊の形成は、②閉鎖循環式区において他区よりも進行していた（付図 1）。以降、25 日目に再度、緩やかに攪拌し、29 日目に淘汰、30 日目に検卵を行った。

検卵までの平均水温は、①半循環式区が 11.7℃、②閉鎖循環式区が 11.6℃、③閉鎖循環式カテキン浴区が 11.6℃、かけ流し式区が 11.2℃であった（表 2）。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 0.4～0.5℃低い値となった（表 2、図 2）。

発眼日は、3試験区が 21 日目、かけ流し式区が 22 日目であり、3試験区及びかけ流し式区の発眼日の差は 1 日の範囲であった（表 2）。発眼時の積算水温は①半循環式区が 246℃・日、②閉鎖循環式区が 244℃・日、③閉鎖循環式カテキン浴区が 245℃・日、かけ流し式区が 246℃・日であった（表 2、図 3）。

29 日目に 3試験区及びかけ流し式区の淘汰を行った。淘汰時の積算水温は、①半循環式区が 339℃・日、②閉鎖循環式区が 337℃・日、③閉鎖循環式カテキン浴区が 338℃・日、かけ流し式区が 324℃・日であった（表 2、図 3）。

30 日目に 3試験区及びかけ流し式区の検卵を行った。検卵時の積算水温は、①半循環式区が 351℃・日、②閉鎖循環式区が 348℃・日、③閉鎖循環式カテキン浴区が 349℃・日、かけ流し式区が 335℃・日であった（表 2、図 3）。検卵時の 3試験区の積算水温の差は、最大で 3℃・日、かけ流し式区との積算水温の差は、最大で 16℃・日であった（表 2、図 3）。

発眼卵の平均重量は、①半循環式区が 0.2635g、②閉鎖循環式区が 0.2402g、③閉鎖循環式カテキン浴区が 0.2694g、かけ流し式区が 0.2635g であり、②閉鎖循環式区において低い値であった（表 2）。

発眼率は、①半循環式区が 96%、②閉鎖循環式区が 4%、③閉鎖循環式カテキン浴区が 96%、かけ流し式区が 96%であった（表 2、図 4）。

検卵翌日の 31 日目に、②閉鎖循環式区において、一部、ふ出した仔魚がみられた（積算水温 360℃・日）。一方、①半循環式区、③閉鎖循環式カテキン浴区及びかけ流し式区ではふ出がみられなかった。

溶存酸素量は、①半循環式区では 10.46～11.06mg/L、②閉鎖循環式区では 10.63～11.17mg/L、③閉鎖循環式カテキン浴区では 10.66～11.18mg/L、かけ流し式区では 10.34～11.02mg/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 5）。

pH は、①半循環式区では 6.9～7.3、②閉鎖循環式区では 6.9～7.9、③閉鎖循環式カテキン浴区では 7.3～8.0、かけ流し式区では 6.9～7.3 の範囲であった（図 6）。②閉鎖循環式区においては 2 日目まで上昇し、15 日目に降緩やかに低下し、24 日目以降は pH7 前後を推移した。③閉鎖循環式カテキン浴区においては 2 日目まで上昇し、22 日目以降緩やかに低下した。①半循環式及びかけ流し式区は pH7 前後を推移した（図 6）。

アンモニア態窒素濃度は、①半循環式区では 0～0.03mg/L、②閉鎖循環式区では 0～0.35mg/L、③閉鎖循環式カテキン浴区では 0～0.04mg/L、かけ流し式区では 0～0.02mg/L の範囲であった（図 7）。アンモニア態窒素濃度は、②閉鎖循環式区において 22 日目に急増し、29 日目まで増加した。その他 2試験区及びかけ流し式区においては 0.04mg/L 以下を推移した。①半循環式区では 2、29 日目に、②閉鎖循環式区では 0、9 日目及び 19 日目以降に、③閉鎖循環式カテキン浴区では 0、9 日目及び 19 日目以降に水産用水基準

2)である 0.01mg/L よりも高い値となった。かけ流し式区のアムモニア態窒素濃度は 0、2、23 日目に水産用水基準 2)より高い値となった (図 7)。

亜硝酸態窒素濃度は、①半循環式区では 0~0.003mg/L、②閉鎖循環式区では 0~1.4mg/L、③閉鎖循環式カテキン浴区では 0~0.049mg/L、かけ流し式区では 0~0.004mg/L の範囲であった (図 8)。亜硝酸態窒素濃度は、①半循環式区では増加がみられなかったが、②閉鎖循環式区において 22 日目に急増し、26 日目まで増加し、29 日目に減少した。③閉鎖循環式カテキン浴区では 22 日目以降に増加がみられた。②閉鎖循環式区では 19 日目以降、③閉鎖循環式カテキン浴区では 23 日目以降、水産用水基準 3)である 0.03mg/L よりも高い値で推移した。①半循環式区及び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 (図 8)。

硝酸態窒素濃度は、①半循環式区では 1.3~3.6mg/L、②閉鎖循環式区では 1.5~13.5mg/L、③閉鎖循環式カテキン浴区では 1.4~5.4mg/L、かけ流し式区では 1.0~3.2mg/L の範囲であった (図 9)。硝酸態窒素濃度は、②閉鎖循環式区の 22 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 (図 9)。

表 2. 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結果

	① 半循環式区	② 閉鎖循環式区	③ 閉鎖循環式カテキン浴区	かけ流し式区
親魚捕獲河川	奥入瀬川			
採卵年月日	2018年12月16日			
平均卵重量 (g) (a)	0.2697			
収容卵重量 (kg) (b)	2.50	2.50	2.50	2.50
収容卵数 (粒) (c; b/a*1,000)	9,270	9,270	9,270	9,270
発眼年月日	2019年1月7日	2019年1月6日	2019年1月6日	2019年1月6日
発眼時積算水温 (°C・日)	246	244	245	246
淘汰年月日	2019年1月14日			
淘汰時積算水温 (°C・日)	339	337	338	324
検卵年月日	2019年1月15日			
検卵時積算水温 (°C・日)	351	348	349	335
発眼卵重量 (kg) (d)	2.35	0.08	2.40	2.34
平均発眼卵重量 (g) (e)	0.2635	0.2402	0.2694	0.2635
発眼卵数 (粒) (f; d/g*1,000)	8,915	327	8,909	8,880
発眼率 (%) (f/c*100)	96	4	96	96
発眼率算出までの平均水温 (°C)	11.7	11.6	11.6	11.2

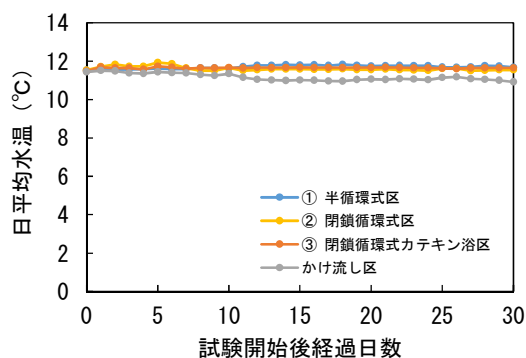


図 2. 水温の推移

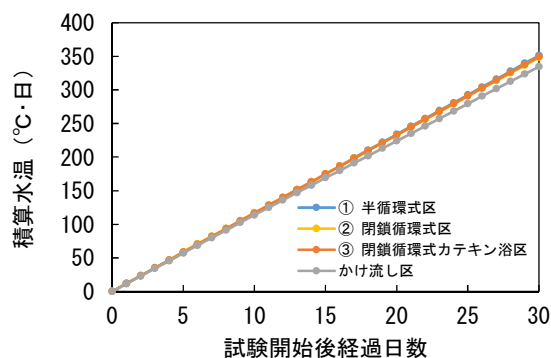


図 3. 積算水温の推移

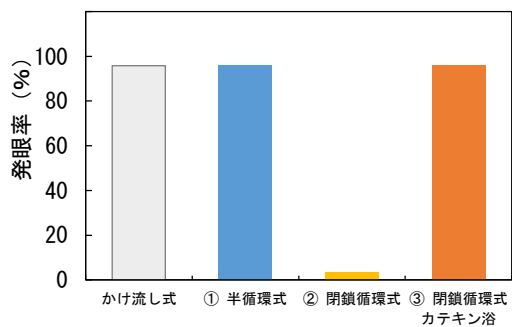


図 4. 発眼率

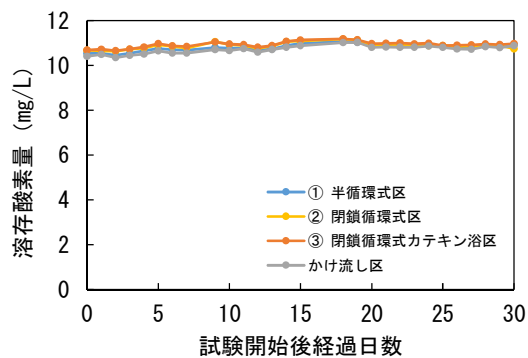


図 5. 溶存酸素量の推移

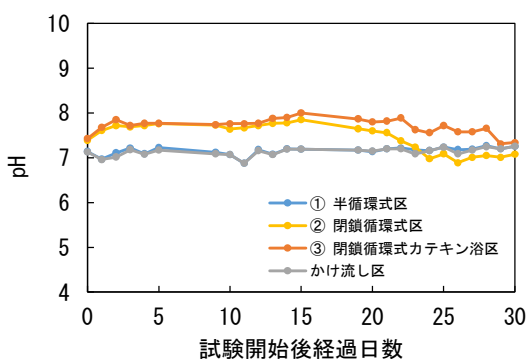


図 6. pH の推移

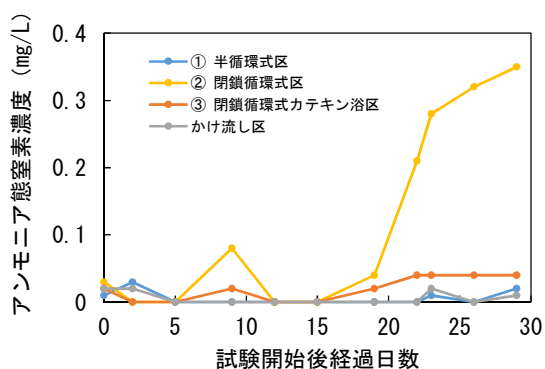


図 7. アンモニア態窒素濃度の推移

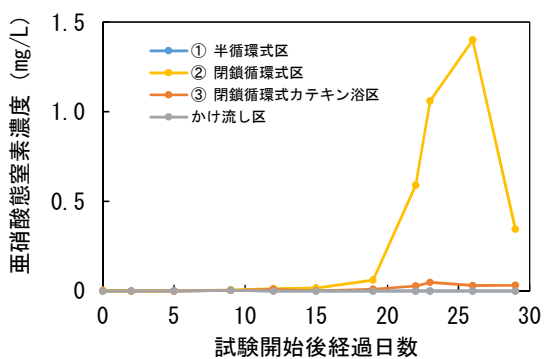


図 8. 亜硝酸態窒素濃度の推移

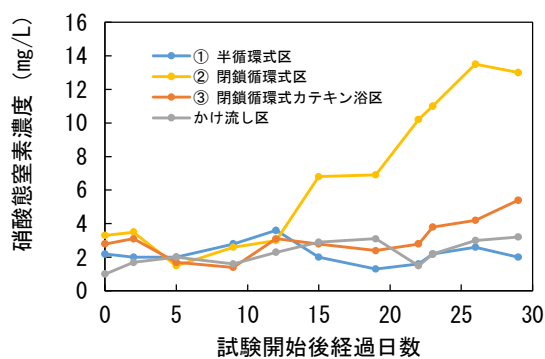


図 9. 硝酸態窒素濃度の推移

## 2. カテキン浴によるミズカビ病抑制効果の検証

淘汰前には、カテキン浴あり区及びカテキン浴なし区において、ミズカビ病による卵塊が確認されたが、症状の程度には差異がみられ、カテキン浴あり区において卵塊が少なかった（付図 2）。発眼率は、カテキン浴あり区が 88%、カテキン浴なし区が 68%であり、カテキン浴あり区の方が高かった（表 3、図 10）。発眼率算出までの平均水温は 11.1℃であった。ふ化率は、カテキン浴あり区が 96%、カテキン浴なし区が

97%であり、カテキン浴によるふ化異常はみられなかった（表 3、図 11）。

表 3. カテキン浴によるミズカビ病抑制効果の検証結果

	カテキン浴あり区	カテキン浴なし区
親魚捕獲河川	奥入瀬川	
採卵年月日	2020年1月18日	
試験開始年月日	2020年1月18日	
収容卵重量 (kg)	4.3	4.7
収容卵数 (粒) * (a)	17,200	18,800
検卵年月日	2020年2月15日	
発眼卵重量 (kg)	3.8	3.2
発眼卵数 (粒) * (b)	15,200	12,800
発眼率 (%) (b/a*100)	88	68
発眼率算出までの平均水温 (°C)	11.1	
ふ化率算出年月日	2020年3月12日	
死卵粒数 (粒) (c)	545	441
ふ化尾数 (尾) (d: b-c)	14,655	12,359
ふ化率 (%) (d/b*100)	96	97

\* 0.25g/粒で推定した。

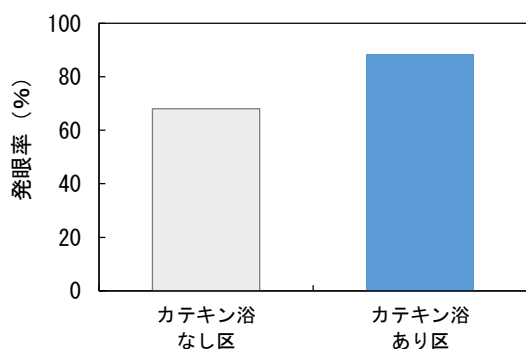


図 10. カテキン浴効果検証試験における発眼率

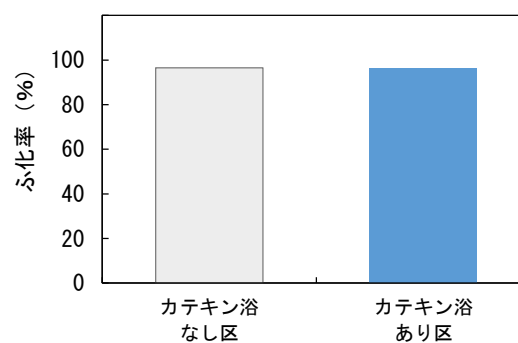


図 11. カテキン浴効果検証試験におけるふ化率

## 考 察

2017年度に内水面研究所において行った閉鎖循環型サケ卵管理システム試験では、同システムのろ材に起因すると推察される卵膜軟化症の症状が確認された<sup>1)</sup>。また、同システムによる「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<sup>1)</sup>。健苗性、生産性、安定性が求められるサケふ化場への同システムの技術普及に向けて上記課題への対策を検討する必要性が生じた。

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<sup>5)</sup>。サケ卵の卵膜軟化症の抑制には緑茶抽出物（カテキン）が有効であることが報告されている<sup>6)</sup>。本試験ではカテキン浴を実施しない②閉鎖循環式区とカテキン浴を実施した③閉鎖循環式カテキン浴区を設け、閉鎖循環型サケ卵管理システムを使用した場合においてもカテキン浴による卵膜軟化症の抑制効果がみられるか検討した。

サケ種卵に対するミズカビ病対策にはプロノポールを主成分とする水産用医薬品パイセスの有効性が示されている<sup>7)</sup>。また、ニジマス卵の卵膜軟化症対策として行われたカテキン処理試験では、カテキン処理を行っても、死卵から発生するミズカビの成長を阻害することはできなかったが、生卵をミズカビ菌糸から保護し、塊状になりにくくする効果があったことが報告されている<sup>8)</sup>。本試験ではカテキン浴による閉鎖循環型サケ卵管理システム使用時におけるミズカビ病の抑制効果について検討することとし、②閉鎖循環式区と③閉鎖循環式カテキン浴区の比較を行った。また、経験的にミズカビ病が発生しやすい奥入瀬川

相坂サケふ化場の後期採卵群を用いてカテキン浴によるミズカビ病抑制効果の検証を行った。

加えて、2017年度の閉鎖循環型サケ卵管理システム試験の閉鎖循環式ろ材なし区において、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<sup>1)</sup>ことから、同手法の水質改善を期して注水による換水を行う①半循環式区を設け、卵膜軟化症、ミズカビ病の発生状況について観察した。

## 1. カテキン浴による卵膜軟化症及びミズカビ病抑制効果

②閉鎖循環式区において、検卵翌日の31日目に一部、ふ出した仔魚がみられた。一般に、サケの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②閉鎖循環式区の31日目の積算水温は360℃・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。一方、③閉鎖循環式カテキン浴区ではふ出がみられなかったことから、閉鎖循環型サケ卵管理システムを用いた場合においてもカテキン浴により卵膜軟化症が抑制される可能性が示された。

ミズカビ病による卵塊の形成は、②閉鎖循環式区において他区よりも進行しており、閉鎖循環型サケ卵管理システムによりミズカビ病の重症化リスクが高まる可能性が再確認された。③閉鎖循環式カテキン浴区では死卵にミズカビ病がみられたものの、周囲の生卵と卵塊を形成する頻度が低かったことから、発眼率の低下はみられなかった。ニジマス卵においてカテキン処理により死卵から発生するミズカビの成長を阻害することはできなかったが、生卵をミズカビ菌糸から保護し、塊状になりにくくする効果があった<sup>8)</sup>ことが報告されており、同様の効果が閉鎖循環型サケ卵管理システムを用いた場合のサケ卵においても確認されたものと考えられた。

また、奥入瀬川相坂サケふ化場におけるカテキン浴によるミズカビ病抑制効果の検証において、カテキン浴あり区及びカテキン浴なし区ともに検卵前にミズカビ病による卵塊が確認されたが、症状の程度には差異がみられ、カテキン浴あり区において卵塊が少なかったことから、カテキン浴によるミズカビ病の抑制効果があったと考えられた。サクラマス卵では、カテキン浴を行うことでふ化異常が発生した<sup>9)</sup>ことが報告されているが、本試験においてはふ化率の低下がみられず、ふ化異常は生じなかった。

今後、実用規模の閉鎖循環型サケ卵管理システムにおいて卵膜軟化症及びミズカビ病の抑制効果があるか、検証する必要がある。

## 2. 半循環式の卵管理における卵膜軟化症及びミズカビ病の発生状況

①半循環式区において検卵時にふ出はみられず、卵膜軟化症の症状は確認されなかった。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く、かけ流し式区と同等であった。2017年度の閉鎖循環型サケ卵管理システム試験において、ろ材を使用せずに循環した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た<sup>1)</sup>。本試験の①半循環式区は2L/分の注水により常時換水される方式であり、アンモニア態窒素濃度及び亜硝酸態窒素濃度の増加が抑えられ、かけ流し式と同程度の濃度となった。

半循環式の活用方法として、卵管理に河川水と地下水の混合水を使用している老部川内水面漁業協同組合サケふ化場において、地下水の注水を伴う半循環式を導入することにより水温の低下が抑制され、卵管理期間の短縮が期待される。今後、発眼率の低下がみられない最少の注水量や安全に飼育するための注水量を明らかにするためには、例数を重ねて検証する必要がある。

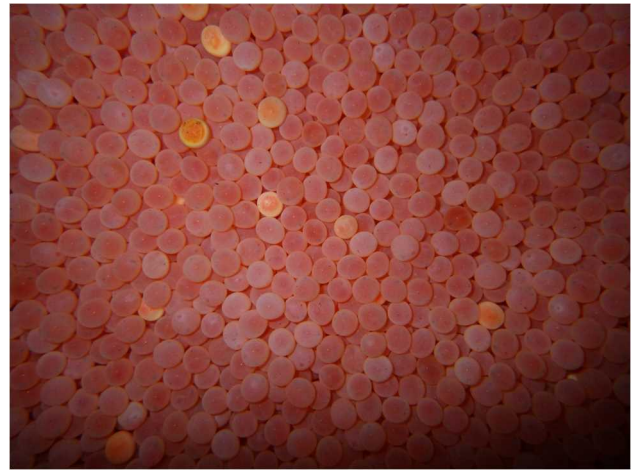
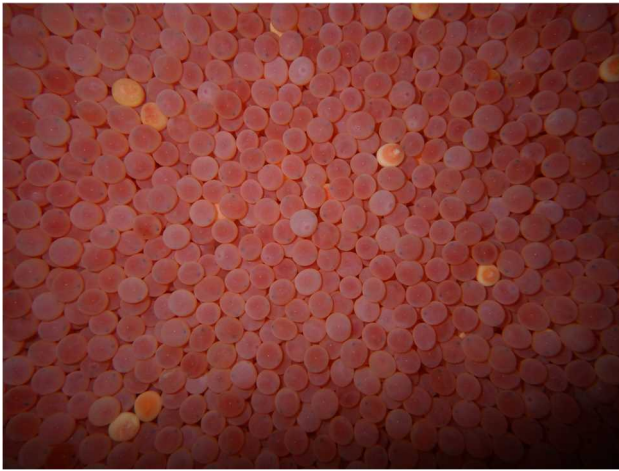
## 謝 辞

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, 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) 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.
- 7) 高橋 悟 (2011) サケ種卵に対するミズカビ対策. SALMON 情報, 5, 15-17.
- 8) 畑山 誠 (2006) 茶葉カテキンによるサケマス卵管理. アクアネット, 9(11), 80-81.
- 9) 名倉 盾 (2011) カテキンによる卵膜軟化症対策について. 山梨県水産技術センター事業報告書, 38, 10-14.





付図 1. 内水面研究所における攪拌前のミズカビ病の発生状況（2019年1月7日（22日目））

（左上：①半循環式区、右上：②閉鎖循環式区、  
左下：③閉鎖循環式カテキン浴区、右下：かけ流し式区）



付図 2. 奥入瀬川相坂サケふ化場における淘汰前のミズカビ病の発生状況（2020年2月14日（27日目））

（左：カテキン浴あり区、右：カテキン浴なし区）