

事業名	水産業成長産業化推進事業(純徳島産「養殖サツキマス」創出)
予算区分	計画調査費(水産振興課)
事業実施期間	令和5~6年度
担当者	(海洋生産技術担当)小倉季人、石川貴志、(総務担当)悦田 明
共同研究機関等	水産研究・教育機構

## <目的>

徳島県では、魚類養殖業の成長産業化を図るため、採卵から出荷までの全ての工程を県内で完結させ、地域の資源循環型のサーモン養殖体制の構築を目指し、県内山間部で養殖されるアマゴを県沿岸部の養殖漁場にて、サツキマスへと育成する養殖試験を令和4年度から実施している。しかし、海面での飼育期間が冬季の低水温期に限られるため十分な成長が見込めないことや、海水馴致時の斃死が課題となっている。これらの課題を解決するためには、塩分耐性が高く海水飼育時の成長が優良な種苗の育種が必要となるが、優良種苗の作出には長期間の選抜育種が必要となる。

そこで、塩分耐性が高く高成長な種苗の育種研究を行う国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所宮古庁舎（以下、「水研機構」）が保有する「閉鎖循環式陸上養殖水槽を用いた海水順応実験下で継代飼育したサツキマス発眼卵」の提供を受け、それから養成した個体と、本県で試験養殖したサツキマスのうち成長が優良な個体とを交配させることで、育種にかかる期間の短縮を図ることとした。

令和5~6年度は、交配の前段階として、木頭村漁業協同組合（以下、「木頭村漁協」）の養殖施設（那賀郡那賀町木頭出原字モリニシ52-1及び那賀町木頭助蟬谷下久保）及び公益財団法人徳島県水産振興公害対策基金加島事業場（以下、「センター」）において、水研機構から提供を受けた発眼卵由来のサツキマスの飼育試験を行った。

## <材料および方法>

### (1) 発眼卵のふ化率

供試したサツキマスの発眼卵は、水研機構より、令和5年11月30日に3,083粒（以下、「R51130卵」）、同年12月15日に3,733粒（以下、「R51215卵」）の計6,816粒をそれぞれ冷蔵輸送で木頭村漁協事務所にて受領した。受領後ただちに木頭村漁協所有のふ化盆に收容した。收容に際しては、あらかじめ死卵の選別および除去作業を行った（写真1）。発眼卵を收容したふ化盆はふ化水槽内に設置し（写真2）、ふ化から仔魚期に至るまで出原谷川の河川水を用いたかけ流し方式により飼育管理を行った。

受領した発眼卵のふ化率については、R51130卵は令和6年1月31日、R51215卵は同年2月19日の池出し時まで確認された累積死卵数に基づき算出した。



写真1. ふ化盆に発眼卵を收容



写真2. ふ化盆をふ化用水槽へ收容

## (2) 淡水流水飼育時の生残率及び成長

サツキマス仔魚の浮上確認後、R51130 卵由来のサツキマス（以下、「R51130 卵群」）は令和6年1月31日に、R51215 卵由来のサツキマス（以下、「R51215 卵群」）は同年2月19日に、それぞれ那賀町木頭助蟬谷下久保の養殖施設内（以下「蟬谷池」）に設置した1t FRP 円形水槽（アース）へ移送した（写真3）。なお、移送に際しては、魚病予防のため、2%の塩水浴を15分間実施した。移送後は、蟬谷池に隣接する那賀川支流の河川水を用いたかけ流し方式により飼育し、市販の配合飼料（初期餌付用）を給餌した。

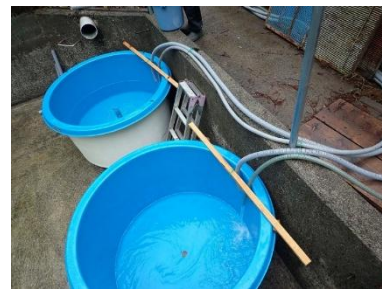


写真3. 仔魚用円形水槽（容量1t）

幼魚の成長に伴い、令和6年4月19日にR51215 卵群を那賀町木頭出原の養殖池（以下、「出原池」）へ移送した（写真4）。移送に際しては、3%食塩水による10分間の薬浴を実施した。一方、R51130 卵群については、斃死個体が目立ったため、環境変化を避け蟬谷池の試験水槽にて継続飼育した。なお、淡水飼育期間中の累積斃死数に基づき、各群の生残率を算出した。



写真4. 出原池

魚体測定（尾叉長及び体重）は、斃死数の推移や魚体の状態を注視しつつ、令和6年4月、7月、9月、11月の計4回実施した。ただし、R51130 卵群は同年3月中旬より斃死個体が急増し、供試個体数が著しく減少したため、測定を中止した。測定はR51215 卵群より無作為に10尾を抽出し、電気により即殺後、直ちに実施した。

また、県内産養殖アマゴとの成長差を比較するため、令和6年11月21日の測定時に、同年齢の木頭村漁協産養殖アマゴ（以下「木頭村産1年魚」）を対照群として無作為に10尾抽出した。サツキマス（R51215 卵群）と同様に尾叉長および体重を測定し、両群間における平均値の比較検討を行った。

## (3) スモルト化率と海水馴致試験

出原池にて成魚まで育成したR51215 卵群921尾のうち、婚姻色を呈した16尾を除く905尾を供試魚としてセンターへ移送した。移送は令和6年11月27日に約400尾、12月2日に約500尾の2回に分け、500L 活魚タンク（スイコー株式会社 写真5）を用いて実施した。移送時の取り上げに際しては、木頭村漁協職員による教示のもと、全個体を対象に目視によるスモルト化の有無を確認し、その出現率（スモルト化率）を調査した。



写真5. 500L 活魚タンクにR51215 卵群を収容

受領した個体は、センター内の円形キャンバス水槽（直径5m、有効水深1m、写真6）に収容した。なお、施設内の利用可能水槽が1基であったため、通常個体およびスモルト個体を混養することとした。12月6日までは伊勢田川からの取水によるかけ流し飼育を行い、環境への順応を図った。



写真6. 円形キャンバス水槽にR51215 卵群を収容

その後、水槽内での遊泳および摂餌行動が正常であることを確認

し、12月7日より取水海水のかけ流しによる海水馴致を開始した。海水馴致工程の詳細は表1のとおりである。

海水馴致による生残率は、馴致開始日（令和6年12月7日）から14日間（12月20日まで）の累積斃死数に基づき算出した。

表1. 海水馴致工程表

日時	注水割合（淡水：海水）	塩分濃度（psu）
令和6年12月 7日	3,000ml/s : 0ml/s	
令和6年12月 7日 10:10～	2,000ml/s : 1,000ml/s	0
令和6年12月 8日 11:30～	1,000ml/s : 2,000ml/s	11.09
令和6年12月 9日 11:00～	1,000ml/s : 2,000ml/s	23.13
令和6年12月10日 10:00～	1,000ml/s : 2,000ml/s	23.16
令和6年12月10日 17:00～	0ml/s : 3,000ml/s	-
令和6年12月11日 10:00～	0ml/s : 3,000ml/s	35.06

## <結果及び考察>

### （1）発眼卵のふ化率

供試した発眼卵のふ化成績は表2のとおりである。R51130卵（3,083粒）は令和6年1月31日の池出し時点で2,876粒がふ化し、ふ化率は93.3%であった（表2）。また、R51215卵（3,733粒）は同年2月19日の池出し時点で3,591粒がふ化し、ふ化率は96.2%となった。木頭村漁協における通常のアマゴ養殖では、年ごとの水温や気象条件、水質変動によりふ化率が変動するものの、良好な年で80～90%程度とされている。本試験におけるサツキマス（サツキマス）のふ化率は、同漁協の過去の知見と比較しても極めて高い水準であったと考えられる。

ふ化過程における斃死の主な要因としては、死卵への水カビ付着（写真7）が散見された。また、一部の発眼卵において卵膜の硬化に起因すると考えられるふ化不全（写真8）が確認された。

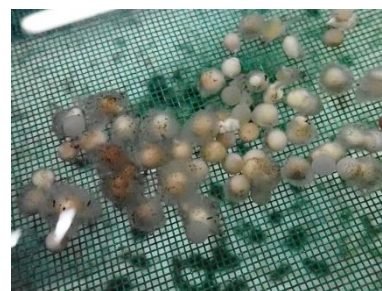


写真7. ミズカビが付着した卵



写真8. 発眼卵の一部が硬化したふ化不全

表2. ふ化率

	受領時（粒）	池出し時（尾）	ふ化率（%）
R51130卵	3,083	2,876	93.3
R51215卵	3,733	3,591	96.2

### （2）淡水流水飼育時の生残率及び成長

#### ①R51130卵由来のサツキマス

R51130卵群は、令和6年6月2日時点で生残率0%となった（図1）。斃死数の推移（図2）を確認すると、同年3月中旬より増加傾向を示し、3月26日には最大246尾/日の斃死を記録、その後5月頃まで継続した。

斃死個体数が急増した要因として、3月12日および17日の豪雨により、飼育水槽内へ土砂や落葉等が流入し、飼育水の濁度が著しく上昇したことが挙げられる。斃死個体の外見観察では、体表への水カビ状付着物（写真9）や、腹部膨満および腹水の貯留（写真10）が多数確認された。以上のことから、降雨に伴う飼育環境の悪化（土砂流入）がストレス要因となり、何らかの感染症を誘発したものと推察さ



写真9. 水カビ状付着物がある個体

れる。

なお、日々の斃死回収数および測定用抽出数から算出された理論上の生残数と比較して、実際の収容個体数は大幅に下回っており、5月31日時点での残存個体数は1尾のみであった。この記録上の生残数と実数との乖離については、斃死個体や弱り個体に対する共食いの発生によるものと考えられる。



写真 10. 腹部が膨満した個体

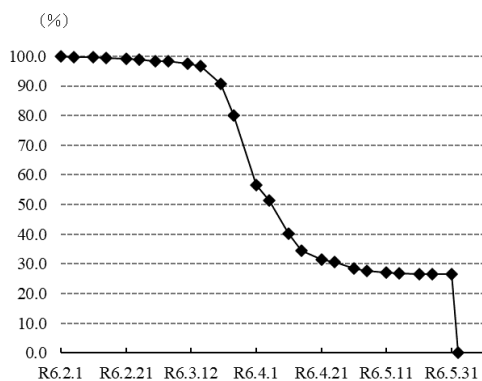


図 1. R51130 卵群の生残率

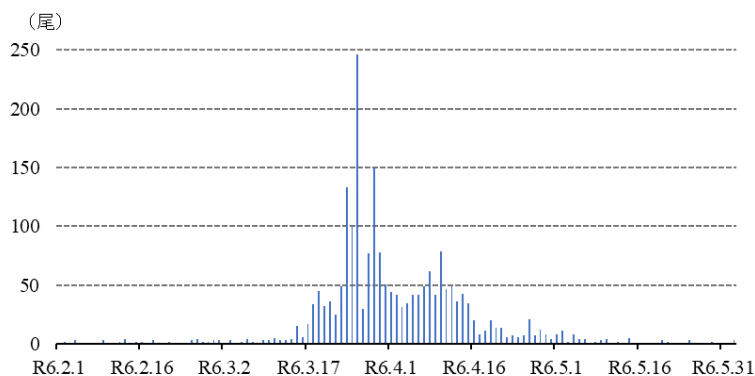


図 2. R51130 卵群の斃死数の推移

## ②R51215 卵由来のサツキマス

R51215 卵群の令和 6 年 11 月 27 日（移送時）における生残率は 25.6%であった（図 3）。斃死数の推移（図 4）については、R51130 卵群と同様に 3 月中旬より増加し、5 月頃まで継続した。

両群の水槽は同一水源から取水しており、同時期に同様の斃死傾向を示したことから、その要因は降雨に伴う水質悪化を起点とした何らかの感染症によるものと推察される。また、計算上の生残数と実収容数との間に乖離が認められた点についても、前群と同様、共食いの影響が示唆された。

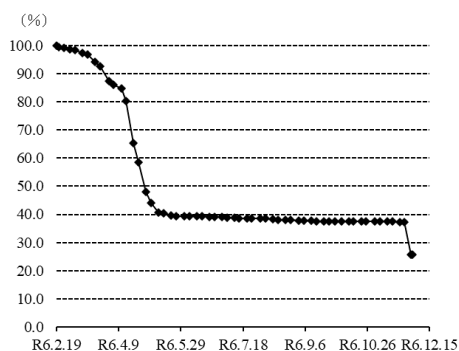


図 3. R51215 卵群の生残率

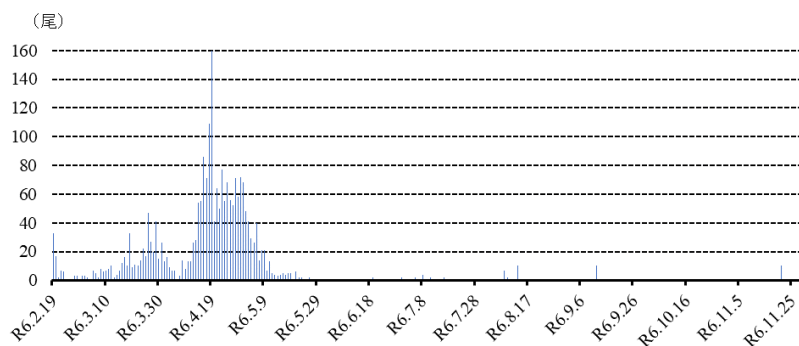


図 4. R51215 卵群の斃死数の推移

R51215 卵群の成長過程を図 5 および図 6 に示した。また、令和 6 年 11 月 21 日に実施した木頭村産 1 年魚との比較結果は表 3 のとおりである。平均体重は R51215 卵群が 78.7g、木頭村産 1 年魚が 79.6g、平均尾叉長は R51215 卵群が 17.5cm、木頭村産 1 年魚が 17.4cm であり、両群間に有意な差は認められなかった。しかし、体重の標準偏差を確認すると、木頭村産 1 年魚の 20.62g に対し、R51215 卵群は 35.9g と大きく、魚体に顕著な個体差が生じる結果となった。

R51215 卵群において体重のばらつきが増大した要因として、以下の2点が推察される。第一に、1t FRP 円形水槽での飼育密度が過密となり、個体間での摂餌効率に格差が生じたことである。第二に、試験施設の水槽数に制限があり、成長段階に応じたサイズ選別（分養）を実施できなかったことが、成長差の拡大を助長したものと考えられる。

表 3. R51215 卵群と木頭村産 1 年魚との比較  
(測定日：令和 6 年 11 月 21 日)

R51215 卵群			木頭産 1 年魚		
No	体重(g)	尾叉長(cm)	No	体重(g)	尾叉長(cm)
1	135.2	20.8	1	88.1	18.0
2	27.5	13.2	2	75.5	18.1
3	141.7	21.4	3	95.8	17.5
4	33.5	13.4	4	73.2	16.6
5	91.6	19.1	5	75.7	16.9
6	63.0	16.7	6	98.0	18.0
7	80.7	17.1	7	85.2	18.8
8	85.0	18.6	8	101.4	19.4
9	55.2	16.5	9	76.3	18.0
10	73.7	17.7	10	26.6	12.8
平均	78.7	17.5	平均	79.6	17.4
標準偏差	35.9	2.6	標準偏差	20.2	1.7

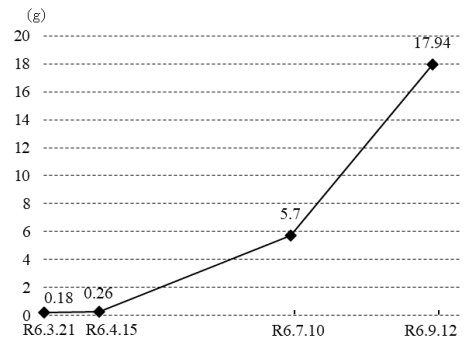


図 5. 平均体重の推移

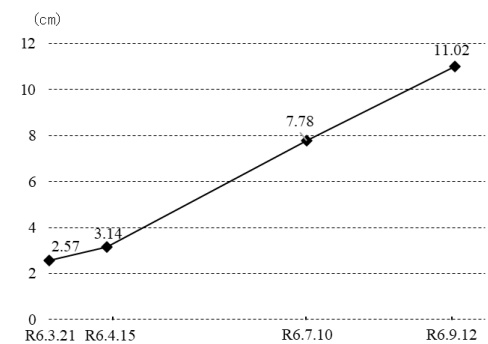


図 6. 平均尾叉長の推移

### (3) スモルト化率と海水馴致試験

供試した R51215 卵群の成魚 921 尾を対象に外見観察を行った結果、スモルト個体は 786 尾、婚姻色を呈した個体は 16 尾、通常個体または判別不能個体は 119 尾であった。この結果、本群におけるスモルト化率は 85.3%となった。

海水馴致期間における斃死数の推移および生残率は、それぞれ図 7、図 8 に示したとおりである。移送直後の令和 6 年 12 月 2 日に確認された 50 尾の大量斃死については、移送に際し、活魚タンク内の收容密度が過密となったことによる酸素欠乏が主因であると推察される。また、海水馴致終了後の 12 月 12 日および 13 日に斃死数が増加した要因については、スモルト化が不十分であった通常個体が、海水の浸透圧変化に適応できず斃死したものと考えられる。

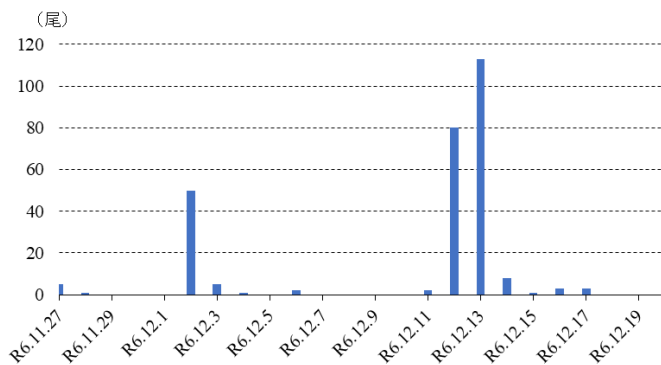


図 7. 海水馴致試験時の斃死数の推移

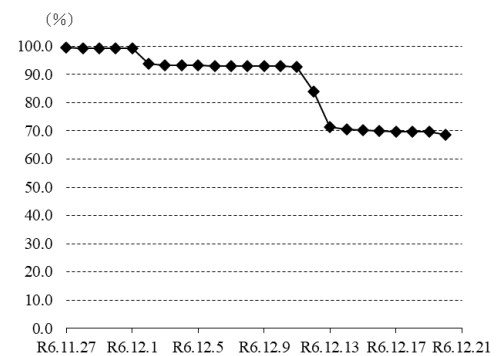


図 8. 海水馴致試験時の生残率