

ブリ迅速育種技術開発試験

曾根 謙一・水野 かおり・新野 洋平・石川 豪大

目 的

ブリは本県の重要な養殖魚種であり、近年輸出需要が増加しているが、さらなる輸出拡大のためには、天然資源への影響が少なく、トレーサビリティを確保できる人工種苗を用いた完全養殖が必須となる。人工種苗生産技術は、これまでに数万尾規模の生産に成功しており、他県との競争に打ち勝つ、低コストかつ商品価値の高い優良な家系（高成長、大型化、低魚粉対応等）を作出する育種の重要性が増している。そこで本事業では、親子鑑定技術を活用した迅速な優良家系の育種を行うとともに、人工種苗に適した養殖手法を確立することを目的とした。

方 法

1 有用形質の検討

当センター地先の海面小割生簀（5m×5m×5m）2小割に收容したブリ（令和3年度に導入した天然種苗）に通常飼料（オプティマBU-ECO、スクレッティング株式会社）と低魚粉飼料（ニューサステインYT-R、スクレッティング株式会社）を飽食給餌した。飼育期間中は定期的に測定を行い、尾又長及び魚体重を測定した。

2 親子鑑定試験

令和4年度の種苗生産に使用した親魚51尾の胸鰭の一部を採取して、99%エタノールで固定した後、Quick Gene DNA 組織 kit（KURABO Co.）を用いて、DNAを抽出した。なお、DNA抽出以降のマイクロサテライト分析による親子鑑定については、遺伝子型の決定までとし、株式会社日本総合科学に委託した。

3 人工種苗に適した養殖手法の確立

(1) 種苗生産

1) 採卵並びに卵及びふ化仔魚管理

1回次の親魚には、当センターの海面生簀（5m×5m×5m）で養成したブリ23尾を用いた。親魚は令和4年11月1日に100kL水槽（G1）に陸上げし、9日間の馴致を行った後、長日処理（15：00–21：00 照明点灯）するとともに、水温を19℃に調整して催熟を開始した。親魚には、ハマチ用EP（オプティマBU-ECO 16.0、スクレッティング株式会社）にハイビタCプラス（あすかアニマルヘルス株式会社）を飼料重量の1–2%添着して給餌した。令和5年1月11日に、雌親魚（平均魚体重9.48kg）からカニューレにより卵巣卵の一部を採取し、卵径を測定した後、14尾に黄体形成ホルモン放出ホルモンアナログ（LHRHa）2mgを含むコレステロールペレットを左背筋肉に埋め込んだ。同月13日

に雌親魚10尾から採卵、雄親魚6尾から採精し、人工授精した。受精卵は、卵管理ネットで管理し、同月15日に浮上卵のみを分離して、500Lアルテミアふ化槽2面に收容してふ化させ、日齢0で70kL水槽1面（S1）に收容した。卵管理以降の水温は21℃とした。各雌親魚から得られた浮上卵を50粒ずつピーカーに收容し、21℃に設定したインキュベーター内でふ化させて、採卵から3日後のふ化率を算出した。

2回次の親魚には、当センターの海面生簀で養成したブリ27尾を用いた。親魚は令和4年11月11日に100kL（N1）水槽に陸上げし、13日間の馴致を行った後、1回次と同様に長日処理と水温調整を行い、催熟を開始した。また、親魚には、1回次と同様の飼料を給餌したが、摂餌不良のため、長日処理を開始して18日目で親魚管理を中止し、海面生簀に收容した。

3回次の親魚には、当センターの海面生簀で養成したブリ28尾を用いた。親魚は令和4年11月22日に100kL（G2）水槽に陸上げし、10日間の馴致を行った後、1回次と同様に長日処理と水温調整を行い、催熟を開始した。また、親魚には、1回次と同様の飼料を給餌した。令和5年2月1日に雌親魚（平均魚体重7.68kg）からカニューレにより卵巣卵の一部を採取し、卵径を測定した後、13尾に1回次と同様にコレステロールペレットを左背筋肉に埋め込んだ。同月3日に雌親魚3尾から採卵、雄親魚6尾から採精し、人工授精した。受精卵は、卵管理ネットで管理し、同月5日に浮上卵のみを分離して、500Lアルテミアふ化槽1面に收容してふ化させ、日齢0で70kL水槽1面（S4）に收容した。卵管理以降の水温及びふ化率の算出手法は1回次と同様である。

2) 生産方法

1回次の生産は以下のように行った。收容から開口（日齢3）までは仔魚の沈降死を防止するために強通気とし、開口からは仔魚の摂餌と開鰓を妨げないように弱通気とした。飼育水温は21℃から開始し、取揚げまでに22℃まで上昇させた。日齢3からタウリン及びスーパー生クロレラV12（クロレラ工業株式会社）で15時間、さらにリッチパウダー（株式会社ユーエスシー）で4–6時間栄養強化したS型ワムシを、水槽内の密度が5–10個体/mLとなるように給餌した。ワムシの強化剤濃度は、タウリン：500g/kL培養水、スーパー生クロレラV12：50mL/1億個体、リッチパウダー：9.5g/1億個体とした。日齢19からはリッチパウダーで2–3時間栄養強化したアルテミアを、1日に1水槽あたり700万–1億1,000万個体給餌した。アルテミアの強化濃度は、

リッチパウダー：4.1-6.2g/100L 培養水とした。また、日齢 25 から毎日、冷凍コペポータ 200-750g を海水で溶かしてジョウロで給餌した。日齢 26 からは配合飼料(おとひめ、日清丸紅飼料株式会社及びアンブローズ、フィード・ワン株式会社)を給餌した。日齢 3 から 11 まで、開鰓を促すため油膜取り器を設置した。飼育密度を下げることを目的として、日齢 25-27 で分槽した。また、共食い防止を目的として、日齢 35 及び 36 でモジ網を用いて夜間分槽、日齢 44 及び 46 でフィッシュポンプ及びモジ網を用いて分槽した。さらに小サイズは、日齢 59 及び 60 で、5.0mm 及び 7.0mm スリットによる選別を行った。日齢 66 及び 70 で、7.4%の濃塩水による鰓の有無及び奇形の選別を行った。

3 回次の生産では、通気、水温及びワムシの給餌については 1 回次の生産と同様に行った。日齢 19 から 1 回次と同濃度のリッチパウダーで 2-3 時間栄養強化したアルテミアを、1 日に 200 万-5,400 万個体給餌した。また、日齢 24 から冷凍コペポータを 1 回次と同様の方法で 40-200g 給餌した。日齢 30 からは 1 回次の生産と同様に配合飼料を給餌した。日齢 35 で、共食い防止を目的として、モジ網を用いて夜間分槽した。さらに、日齢 45 で 1 回次と同様に 4.0mm 及び 5.0mm スリットによる選別を行った。

3) 測定項目

①計数及び取揚げ尾数

ふ化計数を日齢 0 で行った。また、日齢 4 及び 8 で夜間計数を行い、生残率を算出した。フィッシュポンプでの移槽時に、フィッシュカウンターを用いて取揚げ尾数を算出した。

②摂餌率、開鰓率および全長

日齢 3 から 10 まで数日おきに各水槽 6-26 個体ずつ仔稚魚のサンプリングを行い、摂餌率、開鰓率及び平均全長を求めた。摂餌率は、仔魚をスライドグラス上で押しつぶし、生物顕微鏡下で消化管中にワムシ咀嚼器が確認できた個体数の割合で示した。また、同時に鰓内にガスが確認できた個体の割合を開鰓率とした。平均全長は万能投影機で測定した。

表 3 マイクロサテライト 5 遺伝子座の遺伝子型

R4生産 回次	親魚 No.	使用したプライマー									
		Sequ0485	Sequ0688	Sequ0929	Sequ1214	Sequ1500	Sequ0485	Sequ0688	Sequ0929	Sequ1214	Sequ1500
1回次	1	443	447	393	393	140	151	263	269	254	284
	2	443	447	387	393	134	151	263	270	244	272
	3	441	447	387	389	123	138	263	270	248	252
	4	443	447	387	393	134	151	263	270	244	272
	5	443	447	393	393	134	151	263	270	244	254
	6	443	447	383	387	127	149	266	269	254	274
	7	443	447	387	393	127	134	263	270	244	272
	8	443	447	387	387	140	151	263	270	272	284
	9	443	447	393	393	140	151	263	263	244	254
	10	443	447	387	387	127	134	269	270	244	272
	11	443	447	387	387	140	151	269	270	254	284
	12	443	447	387	393	140	151	263	270	272	284
	13	447	449	383	397	134	145	269	270	242	254
	14	447	447	395	401	123	134	263	272	242	248
	15	443	447	387	387	127	140	263	270	272	284
	16	441	447	389	389	136	138	263	265	248	252
	17	441	447	387	401	136	138	265	270	268	276
	18	441	447	389	389	136	138	265	265	248	268
	19	443	447	389	389	136	140	265	265	248	252
	20	443	449	383	389	140	145	269	270	252	266
	21	441	447	389	401	136	140	263	265	268	276
	22	443	447	387	393	127	134	269	270	254	284
	23	443	447	387	393	134	151	269	270	254	284

(2) 養殖試験

令和 3 年度に当センターが種苗生産して宇和島市吉田及び下波の養殖業者の海面生簀において試験養殖している人工種苗及び同養殖業者の他の生簀で飼育されている天然種苗について、定期的に水中ステレオカメラで撮影し、画像から尾叉長と体高を測定して、魚体重を算出した。

結果及び考察

1 有用形質の検討

試験期間中の尾叉長及び重量を表 1、2 に示す。6 月 27 日の平均魚体重は通常飼料区が 1,941g、低魚粉飼料区が 1,798g、10 月 12 日は通常飼料区が 2,692g、低魚粉飼料区が 2,420g、12 月 9 日は通常飼料区が 3,707g、低魚粉飼料区が 3,325g であった。また、12 月 9 日の最小値と最大値の差は通常飼料区が約 1.8 倍、低魚粉飼料区は約 1.6 倍であった。引き続き飼育し、令和 6 年に増体重上位群及び下位群を親魚に用いて種苗生産し、これらの形質が親魚選抜の指標として有効であるか検討する必要がある。

表 1 通常飼料を給餌した試験区の尾叉長と魚体重の測定結果

月日	尾叉長 (cm)			魚体重 (g)		
	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
令和4年 6月27日	489	459	519	1,941	1,060	2,500
10月12日	551	515	586	2,692	1,930	3,480
12月9日	592	552	626	3,707	2,680	4,830

表 2 低魚粉飼料を給餌した試験区の尾叉長と魚体重の測定結果

月日	尾叉長 (cm)			魚体重 (g)		
	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
令和4年 6月27日	477	443	510	1,798	1,310	2,310
10月12日	536	499	565	2,420	1,870	2,870
12月9日	574	537	604	3,325	2,500	4,000

2 親子鑑定試験

各親魚のマイクロサテライト 5 遺伝子座の遺伝子型を表 3 に示す。今後は、本年度に種苗生産した稚魚を令和 5 年 8 月頃まで飼育管理して親子鑑定を実施する予定である。

R4生産 回次	親魚 No.	使用したプライマー									
		Sequ0485	Sequ0688	Sequ0929	Sequ1214	Sequ1500	Sequ0485	Sequ0688	Sequ0929	Sequ1214	Sequ1500
3回次	1	426	447	389	389	125	140	255	269	244	258
	2	426	447	383	389	125	145	272	274	244	260
	3	443	443	393	395	117	119	272	274	254	272
	4	443	443	383	393	134	140	261	263	244	246
	5	436	443	383	383	143	143	257	270	246	246
	6	436	447	383	387	143	143	261	270	228	246
	7	426	447	387	389	125	145	269	272	258	262
	8	436	443	383	387	134	134	261	263	246	246
	9	447	447	383	387	125	136	266	269	242	262
	10	443	443	389	395	149	155	266	274	254	274
	11	426	443	383	395	145	155	255	274	248	260
	12	447	447	383	383	136	143	266	269	242	258
	13	447	447	387	389	130	145	269	272	244	258
	14	443	447	387	389	130	136	266	274	244	274
	15	443	447	387	387	134	143	261	270	246	284
	16	436	443	383	387	134	134	257	263	246	246
	17	443	447	383	389	136	161	259	270	234	242
	18	447	447	387	389	125	136	259	269	242	244
	19	447	447	383	389	145	153	265	272	240	258
	20	443	447	389	391	125	161	269	270	235	238
	21	443	447	383	387	134	140	269	272	244	246
	22	443	443	383	387	134	140	269	272	244	276
	23	443	447	389	391	125	149	269	274	234	238
	24	447	447	389	389	119	140	255	274	248	258
	25	443	443	387	393	117	130	269	272	262	276
	26	443	447	383	383	117	143	265	272	258	276
	27	443	447	383	389	136	143	259	265	258	274
	28	443	447	383	395	117	155	261	272	248	272

3 人工種苗に適した養殖手法の確立

(1) 種苗生産

1) 採卵並びに卵及びふ化仔魚管理

1 回次の生産では、卵巣卵の平均卵径が 667-770 μm の雌親魚 10 尾から採卵し、合計 112.5 万粒の浮上卵を得た。得られた浮上卵は、アルテミア水槽 2 面に 56 万粒ずつ分けて収容した。

3 回次の生産では、卵巣卵の平均卵径が 724-761 μm の雌親魚 3 尾から採卵し、合計 36.0 万粒の浮上卵を得た。このうち、24 万粒をアルテミア水槽 1 面に収容した。1 回次の平均ふ化率は 83.3%、3 回次の平均ふ化率は 80.1%であった。

2) 生産結果

1 回次の生産では、日齢 0 の仔魚数は 780 千尾であり、日齢 4 では 660 千尾、日齢 8 では 540 千尾であった。日齢 35 及び 36 のモジ網選別で小サイズを S5 に、大サイズを S1 及び 3 に分槽し、日齢 44 及び 46 のモジ網選別で小サイズを S3 及び 6 に、大サイズを S1 及び 2 に分槽し、122 千尾を取揚げた。取揚げ時の生残率は 15.6%であった (表 4)。また、S5 の日齢 66 の濃塩水による選別では、正常個体 18.1 千尾 (平均全長 75.6mm) を S2 に収容し、ポリカーボネート水槽の底に沈んだ個体及び奇形個体 309 尾を廃棄した。S6 の日齢 70 の濃塩水による選別では、正常個体 34.1 千尾 (平均全長 81.8mm) を S1、3 及び 6 に収容し、ポリカーボネート水槽の底に沈んだ個体及び奇形個体 1,525 尾を廃棄した (表 5)。

3 回次の生産では、日齢 0 の仔魚数は 120 千尾であり、日齢 4 では 88 千尾、日齢 8 では 57 千尾であった。日齢 36 のモジ網選別で大サイズを 8.6kL 角形水槽 1 面 (L1) に分槽し、18 千尾を取揚げた。取揚げ時の生残率は 15.0%であった (表 4)。さらに、日齢 45 で、4.0mm スリットを抜けた個体を 3.8kL 角形水槽 2 面 (M3、4) に、4.0mm-5.0mm スリット間に残った個体を 8.6kl 角形水槽 1 面 (L3) に収容した。

3) 測定項目

① 計数及び取揚げ尾数

1 回次のふ化仔魚数は 78.0 万尾であった。仔魚数は日齢 4 で 66.0 万尾、日齢 8 で 54.0 万尾、生残率は日齢 4 で 84.6%、日齢 8 で 69.2%であった。また、取揚げ尾数は 121.6 千尾、生残率は 15.6%であった (表 4)。

表 4 取揚げ結果

生産 回次	水槽 No.	ふ化計数		夜間計数 (日齢4)		夜間計数 (日齢8)		水槽 No.	取揚げ	
		月日	尾数 (万尾)	尾数 (万尾)	生残率 (%)	尾数 (万尾)	生残率 (%)		日齢	尾数 (千尾)
1回次	S1	1月16日	78.0	66.0	84.6	54.0	69.2	S1・3・5	44, 46	121.6 15.6
3回次	S4	2月6日	12.0	8.8	73.3	5.7	47.5	S4	36	18.0 15.0

3 回次のふ化仔魚数は 12.0 万尾であった。仔魚数は日齢 4 で 8.8 万尾、日齢 8 で 5.7 万尾、生残率は日齢 4 で 73.3%、日齢 8 で 47.5%であった。また、取揚げ尾数は 18.0 千尾、生残率は 15.0%であった (表 4)。

② 摂餌率、開鰓率及び全長

1 回次の摂餌率は、日齢 3 で 0%であり、日齢 5 で 100%に達した。開鰓率は、日齢 7 で 77.8%であった (表 6)。3 回次の摂餌率は、日齢 3 で 0%であり、日齢 5 で 85.7%であった。開鰓率は、日齢 5 で 85.7%であった (表 6)。1 回次と 3 回次の日齢 0 から 10 までの平均全長の推移を図 1 に示す。日齢 10 での平均全長は、1 回次が 5.23mm、3 回次が 5.55mm であった。

表 5 塩水選別結果

生産回次	水槽NO.	正品	塩水ハネ※	奇形	合計
1回次	S5	18,052	238	71	18,361
	S6	34,096	1,339	186	35,621

※塩水選別時にパンライトの底に沈んだ個体 (未開鰓個体)

表 6 摂餌率及び開鰓率の推移

生産 回次	水槽 NO.	摂餌率 (%)				開鰓率 (%)			
		日齢3	日齢4	日齢5	日齢6	日齢4	日齢5	日齢6	日齢7
1回次	S1	0.0	92.9	100	100	0.0	50.0	57.1	77.8
3回次	S4	0.0	85.7	85.7	-	28.6	85.7	-	-

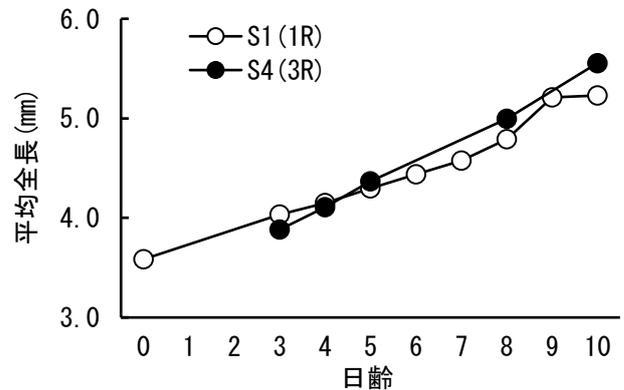


図 1 平均全長の推移

(2) 養殖試験

平均魚体重の推移を図 2 に示す。吉田での人工種苗の平均魚体重は、令和 4 年 7 月 28 日に 300g であったが、8 月 30 日に 490g、10 月 13 日に 840g、12 月 2 日に 1,197g、令和 5 年 3 月 15 日に 1,415g であった。また、天然種苗は令和 4 年 7 月 28 日に 265g であったが、8 月 30 日に 486g、10 月 13 日に 786g、12 月 2 日に 1,114g、令和 5 年 3 月 15 日に 1,329g であった。

下波での人工種苗の平均魚体重は、令和 4 年 7 月 20 日に 262g であったが、9 月 13 日に 630g、10 月 25 日に 1,010g、12 月 7 日に 1,355g、令和 5 年 3 月 16 日に 1,854g であった。また、天然種苗は令和 4 年 7 月 20 日に 244g であったが、9 月 13 日に 570g、12 月 7 日に 1,338g、令和 5 年 3 月 16 日に 1,784g であった。なお、10 月 25 日については、測定トラブルによりデータ解析ができなかった。

この間における両漁場での人工種苗と天然種苗の成長率は同程度であったことから、令和 3 年度に当センターで生産した人工種苗は、天然種苗と比較して成長率はおおむね同等であると考えられた。

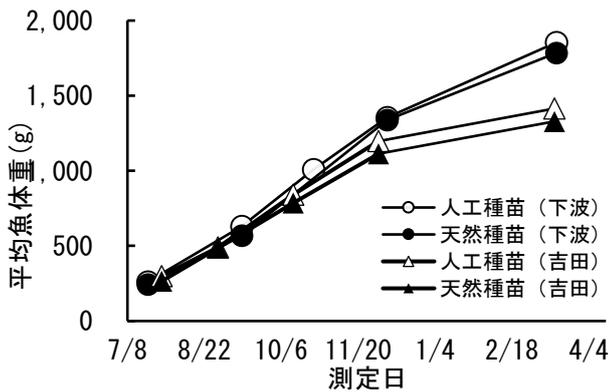


図 2 平均魚体重の推移

媛スマ養殖生産拡大技術開発

水野 かおり・曾根 謙一・新野 洋平・石川 豪大
・松原 孝博*1・後藤 理恵*1・斎藤 大樹*1・小林 真也*2

目 的

本県では、スマ養殖の実現に向けて、平成 25 年度から愛媛大学と共同で種苗生産、養殖技術の開発を進めており、平成 31 年 3 月には、70kL 水槽を 6 基備えるスマ生産棟等を整備した。当センターでは、令和 4 年に養殖業者に種苗 8 万尾を生産配付し、令和 6 年までに養殖時の生残率を 80%まで向上させ、スマ製品（成魚）6.4 万尾の販売を目標として研究を進めている。これらの目標を達成するためには、まだ、ふ化仔魚や生餌に替わる餌の開発や生残率の更なる向上等、多くの課題が残されている。

そこで、本事業では、スマ養殖の事業化に必須であるスマ用配合飼料の開発を民間企業と共同で進めるとともに、中間育成時や養殖時における生残率の改善に必要な飼育技術の高度化に取り組む。

なお、親魚管理については、国立大学法人愛媛大学南予水産研究センターに委託して実施した。

方 法

1 種苗量産技術の高度化

現在の技術では、スマの種苗生産期に主に魚類仔魚を給餌するため、その供給可能量が生産量の制限要因となっている。そこで、配合飼料を併用した生産技術を開発するために、飼育試験を行った。

親魚として、当センターで養成したスマを用い、円型水槽 2 面（G1、G2：水量 95kL）に収容した。受精卵を G1 には 880,000 粒、G2 には 400,000 粒収容し、種苗生産を開始した。飼育水温は 25.0–26.0°C に設定した。

日齢 2 から 9 までは、タウリンで 18 時間、さらにプログロス・リッチパウダー（株式会社ユーエスシー）及び冷凍ナンノクロロプシス（K-2、クロレラ工業株式会社）で 4 時間栄養強化した S 型ワムシを給餌した。加えて、日齢 8 からはマダイのふ化仔魚を給餌した。

G1 では、ふ化仔魚の給餌を日齢 13 までとし、日齢 10 から試験終了まで配合飼料（アンブロシア、フィードワン株式会社）を給餌した。G2 では、試験終了までふ化仔魚の給餌を続け、日齢 13 からは配合飼料を合わせて給餌した。

G1 は日齢 16 で、G2 は日齢 19 で取揚げ比色法により生残尾数を求めた。

2 中間育成技術の高度化

中間育成期において、餌の違いが成長と生残に与える影響を明らかにするため、飼育試験を行った。

試験区は、生餌（イカナゴ、アジ）の湿重量に対して、1%の栄養剤（ハイビタ C プラス、あすかアニマルヘルス株式会社）を外添したものを給餌した区（生餌区）、市販の配合飼料 A を給餌した区（配合 A 区）を設定した。

海面小割生簀（5m×5m×5m）4 面に平均全長 45.6mm のスマを 4,000–4,500 尾収容し、12 日間飼育した。期間中の飼育水温は、18.2–20.9°C（平均水温：20.0°C）であった。給餌は、1 日 8 回飽食量を手撒きした。毎日適宜、死魚を回収し、試験終了までの死亡尾数から死亡率を算出した。

3 養殖技術の高度化

(1) 養殖用配合飼料の開発

生餌に代わる餌を開発するために、生餌と配合飼料を用いた飼育試験を行った。

供試魚には令和 4 年 4 月に採卵・ふ化したスマを用い、8 月 16 日から 12 月 7 日の間に当センターの海面生簀（5m×5m×5m）4 面で飼育した。期間中の飼育水温は、20.1–28.1°C（平均水温：24.0°C）であった。試験開始時に各試験区に約 30 尾ずつ（平均尾叉長：271mm、平均体重：356g）を収容した。飼料には、生餌（イワシ類）と配合飼料（まぐる EP エデン：フィードワン(株)）を用い、生餌のみを給餌する生餌区、配合飼料のみを給餌する配合飼料区、生餌と配合飼料を 1 回ずつ給餌する混合区を設けた。給餌は、1 日 2 回、1 週間に 6 日飽食給餌した。また期間中に 3 回、魚体測定ステレオカメラ（AM100、AQ1 SYSTEMS 社）により、尾叉長を測定し、その値からアロメトリー式を使って魚体重を算出した。試験終了時には全個体を取上げて尾叉長と体重を測定し、試験区ごとの増肉係数を算出した。各区の飼料と供試魚のうち 5 尾については、一般成分分析を行った。水分は 105°C 常圧乾燥法、灰分は 600°C 灰化法、粗タンパク質はケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法により分析した。

(2) 尾数測定システムの開発

水槽内のスマの尾数を把握するシステムを開発するため、尾数測定装置を試作して尾数の推定試験を実施した。

円型水槽（S3：水量 65kL）内に三次元位置観測装置を試作し設置し映像を撮影した。5月6日から5月10日の映像を用い、魚影を検出するためにAIエンジンを学習させ、魚影を検出する魚影検出モデルを作成し、その魚影検出モデルを用いて、5月31日から6月13日の映像で飼育水槽内の魚数推定を行った。収容尾数は、試験終了時に実数を計数した際の尾数6,735匹を基に、撮影期間中の各日で死亡した個体数から逆算した値を用いた。

結果及び考察

1 種苗量産技術の高度化

G1では55,240尾（平均全長23.2mm）、G2では47,500尾（平均全長23.9mm）を取揚げた（表1）。マダイ仔魚の総給餌量は、G1では49.5kg、G2では144.4kgであった。スマ1尾を生産するために使用した受精卵の量は、G1が0.90g/尾、G2が3.04g/尾であり、G1は配合飼料を給餌しなかったG2の30%の卵量で生産できた。

G1における配合摂餌率は、日齢13で40%であったが日齢14で100%になり、日齢10から配合飼料を給餌することで4日後の餌付けに成功した。

表1 生産結果

水槽 No.	収容		日齢	取揚げ		
	卵数 (粒)	ふ化仔魚数 (尾)		全長 (mm)	尾数 (尾)	生残率 (%)
G1	880,000	750,000	16	23.2	55,240	7.3
G2	400,000	317,000	20	23.9	47,500	14.8

2 中間育成技術の高度化

試験終了時の累積死亡率は、生餌区ではそれぞれ26.6%、24.7%であったのに対し、配合区では9.0%、7.7%であり、生餌に替わり配合飼料を給餌することで、生残率が向上することが明らかになった。（図1）。

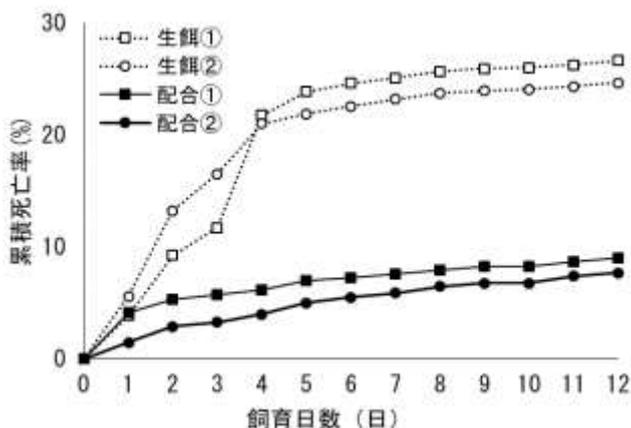


図1 飼育期間中の累積死亡率

3 養殖技術の高度化

(1) 養殖用配合飼料の開発

用いた生餌と配合飼料の一般分析結果を表2、各区の平均体重の推移を図2、飼育成績を表3に示す。試験終了時の体重は、生餌区1,673g、混合区1,490g、配合飼料区1,400gと、生餌区が最も高い値を示した。また、日間増重率および筋肉中の粗脂肪含量は生餌区が最も高い値を示し、次いで混合区、配合飼料区の順であった。増肉係数は、生餌区が8.00、混合区が3.65、配合飼料区が2.84と、配合飼料区が最も低い値を示した。累積死亡率は、混合区が41.4%と最も高かったが、飼料の種類との関連性は確認できなかった。

配合飼料は増肉係数が最も高かったが、成長は生餌の方が良く、短期間で出荷サイズに成長させる必要があるスマ養殖では、生餌を主体とする給餌方法が適していると考えられた。

表2 生餌と配合飼料の一般成分組成

	カタクチイワシ	マイワシ	配合飼料
粗タンパク質	57.2	53.8	47.8
粗脂肪	25.0	30.5	22.9
灰分	10.7	10.6	11.4

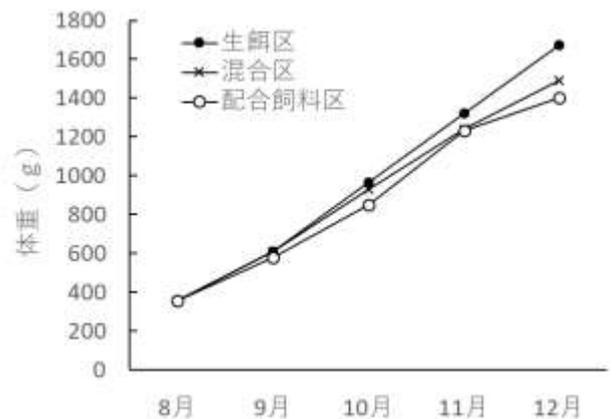


図2 各区の平均体重の推移

表3 各試験区の飼育成績

試験区	平均体重(g)		日間増重率 (%)	増肉係数	累積死亡率 (%)	終了時筋肉中の粗脂肪含量 (%)
	開始時	終了時				
生餌	356	1673	1.14	8.00	7.4	17.7
混合	356	1490	1.08	3.65	41.4	15.0
配合飼料	356	1400	1.04	2.84	3.4	11.7

(2) 尾数測定システムの開発

尾数推定試験の結果を表4に示す。各日の尾数推定の精度にはばらつきがあり、推定尾数には大きな誤差が生じた。この理由として、第一に、魚が群れとなって遊泳するため、魚同士が重なった場合のカウント漏

れや、逆に、複数の魚と2台のカメラが同一平面になった時に生じる、偽の存在（ゴースト）の発生が起こっていたこと、また、観測時に濃密な群れや全く不在の空間など、測定空間の状態が安定しなかったことなどが考えられた。第二に、スマの成長が早く、AIの学習期間と観測期間のサイズ差が大きくなり認識精度が下がったと考えられた。そこで、今後は、カメラの台数を増やすことや魚のサイズ別のAIエンジンを構築することで、認識精度を高め推定尾数の精度を改善できるか検討したい。

表4 尾数推定試験結果

日付	シーン数	収容尾数 (尾)	推定尾数 (尾)	(収容尾数-推 定尾数)/収容 尾数 (%)
5月31日	602	7,652	14,794	93.3
6月1日	1,264	7,649	6,265	-18.1
6月2日	994	7,580	9,656	27.4
6月3日	1,069	7,535	8,963	19.0
6月4日	351	7,519	3,372	-55.2
6月5日	30	7,495	219	-97.1
6月6日	132	7,460	3,415	-54.2
6月7日	231	7,398	678	-90.8
6月8日	223	7,376	736	-90.0
6月9日	830	7,376	2,768	-62.5
6月10日	849	7,180	5,155	-28.2
6月11日	847	6,988	3,670	-47.5
6月12日	854	6,915	1,460	-78.9
6月13日	850	6,834	1,079	-84.2

伊予の媛貴海養殖種苗生産強化事業

水野 かおり・曾根 謙一・新野 洋平・石川 豪大

目 的

養殖スマ「伊予の媛貴海」は、プロモーション活動により全国での知名度は向上したものの、種苗の供給量が少なく、養殖期間中のへい死が多いことから養殖生産量は伸び悩み、このことが販路拡大や新養殖種としての定着化への大きな障害となっている。今後、スマ養殖の普及を図るためには、養殖技術の確立や優良種苗の生産体制構築が必要であり、特に種苗の量産・供給については、新技術の開発と並行して、産業規模での生産に向けた高度化を迅速に進めていかなければならない。

そこで本事業では、愛育フィッシュ全体のけん引役となる「伊予の媛貴海」を周年にわたって販売出来るよう、種苗生産体制を高度化することで、優良種苗の安定供給を目指す。

方 法

1 極早期種苗生産

親魚として、当センターで養成したスマを用い、令和4年4月14日に得られた受精卵330,000粒を円型水槽（S4：水量65kL）に（1R-1）、同年4月16日に得られた受精卵517,000粒を円型水槽2面（S5、6：水量65kL）に収容し（1R-2）、種苗生産を開始した。飼育水温は24.0–26.0°Cに設定した。

日齢2から、タウリンで18時間、さらにプログロス・リッチパウダー（株式会社ユーエスシー製）及び冷凍ナンノクロロプシス（K-2、クロレラ工業株式会社製）で5時間栄養強化したS型ワムシを給餌した。日齢7からマダイふ化仔魚を、日齢13から配合飼料（鮭心：日清丸紅飼料株式会社製、アンブロシア：フィード・ワン株式会社製）を給餌した。日齢16で取揚げ、比色法で計数した後、活魚選別器でサイズ選別して中間育成に移行した。

2 早期種苗生産

令和4年4月23日に、極早期種苗生産と同じ親魚から得られた受精卵880,000粒を円型水槽（G1：水量95kL）に、同年4月26日に得られた受精卵400,000粒を円型水槽（G2：水量95kL）に収容し、種苗生産を開始した（2R）。飼育水温は同じく24.0–26.0°Cに設定した。

日齢2から、極早期と同様に栄養強化したS型ワムシを給餌した。日齢7からマダイふ化仔魚を給餌した。G2では、日齢10から配合飼料を給餌した。G1は日齢16で、G2は日齢20で取揚げ、比色法で計数した後、活魚選別器でサイズ選別して中間育成に移行した。

結 果

1 極早期種苗生産

1R-1（S4）は、減耗が激しかったことから、令和4年4月27日に、日齢13で試験を終了した。1R-2は、令和4年5月2日に日齢16で61,820尾（S5：33,350尾、全長19.2mm、S6：28,470尾、全長21.1mm）取揚げた（表1）。取揚げた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、同年5月9日に14,000尾（全長43.6mm）、5月11日に4,100尾（全長51.9mm）を県内の養殖業者に配付した。

2 早期種苗生産

2R-1（G1）は、令和4年5月12日に、日齢16で53,000尾（全長23.2mm）、G2は、同年5月12日に、日齢20で47,500尾（全長23.9mm）を取揚げた（表1）。取揚げた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、同年5月31日に11,000尾（全長88.7mm）、同年6月2日に600尾（全長114.0mm）同年6月13日に10,000尾（全長128.6mm）を県内の養殖業者に配付した。

表1 種苗生産試験結果

水槽No.	収容				取揚げ				
	月日	卵数 (粒)	ふ化仔魚 (尾)	日齢	実施日	全長 (mm)	尾数 (尾)	生残率 (%)	
1R	S4	4/14	330,000	257,000	-	-	-	-	-
	S5	4/16	277,000	317,000	16	5/2	19.2	33,350	10.5
	S6		240,000	227,000	16		21.1	28,470	12.5
2R	G1	4/23	880,000	750,000	16	5/12	23.2	55,240	7.3
	G2	4/26	400,000	317,000	20		23.9	47,500	14.8

※卵数は重量法、ふ化仔魚数は柱状サンプリングにより算出

マダイの消化生理に基づく低価格・高効率飼料の開発

(養殖業成長産業化技術開発事業)

新野 洋平・水野 かおり・曾根 謙一・石川 豪大

目的

養殖生産の世界的な増大にともなう飼料原料魚粉の価格高騰により、安価かつ性能の高い飼料の開発が求められている。そのため、より安価な植物性原料を主体とする低魚粉飼料の開発が進められているが、このような飼料を用いると魚類の消化機構が良好に機能しないとされている。より効率的な成長につながる低魚粉飼料を開発するためには、栄養素の充足だけでなく、消化性や摂餌後の体内での代謝バランスなど、生理代謝機能を考慮した飼料原料の選定や配合比率を設計することが重要である。

本事業では、主要な養殖魚であるマダイやブリ用飼料において、飼料原料の消化率やアミノ酸利用率、摂取時の消化機構や代謝産物、遺伝子発現の網羅的解析を行うとともに、代替飼料原料の消化吸收の生理的な評価、消化生理にかなった飼料原料配合の選択及び成分調整により、成長効率のよい飼料の開発を目的とする。そのうち、愛媛県水産研究センターでは、主に、低魚粉飼料に適応した系統と一般的に養殖に用いられる系統のマダイによる低魚粉飼料の利用性に焦点を当てた比較試験を実施した。

なお、結果の詳細は、令和4年度養殖業成長産業化技術開発事業報告書のうち、「(1) 養殖魚の低価格・高効率飼料の開発」に記載した。

方法

飼育試験として、愛媛県で低魚粉飼料を用いて育成し、高成長を示した個体を3世代選抜した系統のマダイ（適応系統）と養殖用種苗として一般的に流通しているマダイ（通常系統）のそれぞれに、市販エク

スルーテッド飼料（魚粉40%）と超低魚粉飼料（魚粉5%）を給餌する試験区を設定し、超低魚粉飼料に対する適応効果がみられるか、飼育成績等の比較により検討した。

結果及び考察

両系統に市販飼料と超低魚粉飼料を給餌した場合、それぞれ同程度の成長であったが、瞬間成長率（相対的な日間成長の指標値）及び日間摂餌率に関して、適応系統の方が高い値を示した。また、超低魚粉飼料を給餌した際のコスト削減率は、低魚粉適応系統の方が大きかった。粗タンパク質や粗脂肪等の含有率といった身質に関して、試験区間で大きな違いはみられなかったものの、血中総コレステロールに関して、超低魚粉飼料を給餌した区で低い傾向であった。

マダイにおける飼育試験の結果をまとめると、両系統の飼料間で試験終了時の魚体重や肥満度に有意な差がなかったことから、今回使用した超低魚粉飼料の実用性が示唆された。また、両系統ともに超低魚粉飼料を用いたことに起因する極端な摂餌量の低下や健康状態の悪化などは認められなかった。これらのことから、使用する系統の種類を問わず、超低魚粉を用いることで、飼育に要する飼料コストの低減が可能であることが確認された。以上の成果は、養殖経営費の大きなウェイトを占める飼料費を抑えるための低魚粉飼料開発に貢献し得るものと考えられる。

未来型農林水産研究プロジェクト推進事業

(海外輸出向け新養殖魚開発「ハイブリッドハタ作出技術開発」)

水野かおり・曾根 謙一・新野 洋平・石川 豪大・高木 基裕*・竹ノ内 徳人*

目 的

中華圏では高級料理の商材としてハタ類の需要があり、特に体色が赤いものは市場価値が高い。本県で養殖されているマハタやクエは、成長は良いものの体色は黒く、体色の赤いキジハタは、養殖ができれば高値が期待できるものの成長が悪く事業化されていない。

そこで、体色が赤いキジハタと成長が良いハタ類を交配し、体色が赤く成長が良いハイブリッドハタを作出する技術を開発し、その魚を生産して、高値で需要も期待できる中華圏に売り込むことを目的に研究を行った。また、作出したハイブリッドハタの将来性を把握するため、ハタ類の流通ならびに市場ニーズ等の調査を実施した。

方 法

1 ハイブリッドハタの作出

親魚には海面小割生簀で養成したキジハタ、マハタ及びクエを用いた。雌親魚は、 $200\mu\text{g/kg}$ 魚体重の黄体形成ホルモン放出ホルモンアナログ (LH-RHa) を含むコレステロールペレットを背筋部に埋め込み、45 時間後に腹部圧迫により卵を搾出した。雄親魚は、採卵の直前に腹部を圧迫して精子を採取した。両魚種を雄雌相互に用いて得られた卵と精子を、乾導法により人工授精を行った。

得られた受精卵は、浮上卵と沈卵に分離し、浮上卵のみを回収して卵管理ネット内で管理した。遺伝子解析用の受精卵は、ふ化までネット内で管理し、得られたふ化仔魚は 99% エタノールで固定した。固定したサンプルの解析は愛媛大学に依頼した。飼育試験用の受精卵 (キジハタ雌×マハタ雄、マハタ雌×キジハタ雄) は、それぞれ 10kL コンクリート水槽に收容し、飼育試験に供した。飼育水温は 25°C に設定し、自然水温がそれ以上になった時点で自然水温とした。飼育期間中の水温は 25.0 から 28.1°C の範囲で推移し平均水温は 26.9°C であった。餌料として日齢 3 からシオミズツボワムシ、日齢 25 からアルテミア幼生を、栄養強化剤 (バイオクロミス: クロレラ工業株式会社) で強化した後に給餌し、日齢 29 からは配合飼料 (アンブローズ: フィードワン (株)) を給餌して 40 日間飼育した。

2 キジハタ及びマハタの国内市場の動向調査

マハタ及びキジハタについて、流通ならびに市場ニーズ等を把握するために、県内漁業協同組合ならびに流通・仲卸業者・飲食店にて聞き取り調査を実施した。

結 果

1 ハイブリッドハタの作出

(1) マハタ雌×キジハタ雄の作出

マハタ雌 1 尾から得られた卵に、キジハタ雄 2 尾から得られた精子を加え媒精した。浮上卵 176,000 粒を回収し、10kL コンクリート水槽 (L3) に收容した。ふ化率は 80.7% であったが、7 日齢までに急激に減耗し、40 日齢で 4 尾 (全長 150mm) を取り揚げた (表 1)。

(2) キジハタ雌×マハタ雄の作出

キジハタ雌 9 尾から得られた卵に、マハタ雄 2 尾から得られた精子を加え媒精した。浮上卵 88,000 粒を回収し、10kL コンクリート水槽 (L4) に收容した。ふ化率は 6.4% と低く、さらに 7 日齢までに急激に減耗し、生残魚が確認できなくなった 25 日目で試験を終了した (表 1)。

(3) 遺伝子解析

交雑仔魚 165 尾を解析したところ、遺伝的異常がみられたのはクエ雌×マハタ雄の仔魚 1 尾のみで、雌由来の完全半数体であった。この 1 尾以外に異常はみられなかったことから、マハタ、クエ、キジハタ間の雑種で倍数性に関する異常と交雑に関する関連性は見出せなかった。よって、ハイブリッドハタの生産不調の原因は、遺伝的異常が関連した可能性は低く、ハタ類生産における不安定性が影響した可能性が高いと考えられた。

2 キジハタ及びマハタの市場動向調査

東京を拠点とする流通業社に聞き取り調査を実施した。同社では、キジハタはほとんどが九州産で市場外流通 (産地との直接取引) であり、マハタは市場流通されているものを荷受けしている。愛媛産キジハタの取り扱いほとんどないが、地元消費が強めの魚種のため他産地魚介類に比較し動きは鈍いと判断している。両魚種は、市場での競合も多く価格勝負になりがちである。地元相場が強いのであれば、あえて物流コストをかけて高額にして大消費地で売っても漁業者にバックされる分が多くなることも多く、市場評価が適正に行われるところとの取引が漁業者のためになるとのことであった。

松山市内のマハタ・キジハタを提供する飲食店に聞き取り調査を実施した。マハタは、2~5kg のサイズをラウンドで、予約や市況等の様子を見ながら仕入れている。キジハタは、2kg 前後のサイズをラウンドで、夏場を中心に卸先からの入荷連絡がある度に仕入れている。マハタの仕入れ単価は、周年 3,600 円程度と比較的

安価で安定しているが、キジハタの仕入れ単価は、高いときには 6,500~7,000 円の時もあり、平均的な相場は 4,500 円程度である。両種ともに高価格帯の魚種ではあるが、15 年ほど前と比べて流通量が増えている印象があり、特に、地方名「アコウ」として認知度が高いキジハタの取扱量が多いとのことであった。

市場調査の結果から、流通・仲卸業者ならびに飲食店においてマハタ及びキジハタの市場における価値が高いことが確認できた。

表1 ハイブリッドハタの作出試験結果

水槽No.	親魚		収容			取り揚げ	
	雌	雄	卵数(粒)	ふ化仔魚(尾)	ふ化率(%)	日齢	尾数(尾)
L3	キジハタ	マハタ	88,000	5,600	6.4	日齢25で飼育終了	
L4	マハタ	キジハタ	176,000	142,059	80.7	39	4

ニジマス海面養殖安定生産技術開発

(養殖魚安定生産・供給技術開発委託事業)

武智 昭彦*1・友田 帆乃香・伊藤 冬樹*2

目 的

低水温を好むサケ類の中では、適応水温の範囲が比較的広く、高成長のため短期間で出荷が可能なニジマス海面養殖の安定的な産業化に向けて、現在、未解決である海面馴致技術を確立するとともに、高水温耐性や高成長、高生残といった海面養殖に適した優良家系の作出に向けた試験を実施する。

なお、結果の詳細は、令和4年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち(4)サーモン養殖推進技術開発事業(アサーモン養殖における海水馴致技術の開発と優良個体の選抜)報告書(令和5年3月)に記載した。

方 法

1 令和3年度導入分

(1) 系統別飼育試験

種苗の系統と稚魚期の海水経験の有無が、海水馴致及びその後の海水飼育に影響するか検討した。試験区は、長野県水産試験場で育成されたニジマス(以下、長野県産と略記)[長野系海水未経験区(平均体重204g)、長野系20g時海水経験区(平均体重224g)、ドナスチ系海水未経験区(同359g)、ドナスチ系20g時海水経験区(同380g)]及び、令和元年度の本試験において成長のよかったドナスチ系から採卵した愛媛県産1歳魚区(以下、ドナスチR1F1系、同412g)の5区とした。

水槽には10kL屋内レースウェイ型水槽5面を用い、令和3年11月17日に各系統を50尾ずつ(1系統あたり1面)収容した。馴致方法は100%海水への直接投入のみとした。供試魚はピットタグにより個体識別した。毎日8時前後にSTD(JFEアドバンテック株式会社製)を用いて、水温、塩分、DOを測定した。餌料として、海水魚用配合飼料(日清丸紅飼料株式会社製ピアゴールド)を1日2回、飽食給餌した。

(2) 親魚養成試験

令和4年5月20日に、3年度導入分の系統別飼育試験において成長の優れた愛媛県産(R1F1)のうち、メス11尾(平均体重2,931g)、オス6尾(同3,529g)の計17尾を、恒温室内に設置した5kLレースウェイ型水槽に収容した。飼育水は、400W水中ポンプによる循環濾過とし、濾材には、あらかじめ硝化細菌を培養したカキ殻1.2tを使用した。1日1回、pH及びデジタルバックテスト(株式会社共立理化学研究所製)を用

いたアンモニウム、硝酸濃度の測定を行った。日長は、遮光した恒温室に設置したLED投光器1灯によりタイマーで制御した。

2 令和4年度導入分

(1) 系統別馴致試験

試験区は、ドナスチ系の長野県産1歳魚3区[海水未経験区(平均体重428g)、20g時海水経験区(同477g)、1g時海水経験区(同408g)]及び、令和2年度本試験において成長のよかったドナスチ系から採卵した愛媛県産1歳魚(ドナスチR2F1系)2区[海水未経験区(同953g)、0.7g時海水経験区(同993g)]の計5区とし、馴致方法は100%海水への直接投入のみとした。

水槽には10kL屋内レースウェイ型水槽5面を用い、海水馴致当日の令和4年12月13日に全試験魚の体長、体重を測定後、全個体にピットタグを装着して、各系統を50尾ずつ(1系統あたり1面)収容した。毎日8時前後にSTD(JFEアドバンテック株式会社製)を用いて、水温、塩分、DOを測定した。海水馴致後6日間は無給餌とし、7日目から海水魚用配合飼料(日清丸紅飼料株式会社製ピアゴールド)を1日2回、飽食給餌した。

(2) 系統別飼育試験

飼育水には砂濾過海水を用い、エアレーションを設置し、1日2回、飽食給餌した。収容後は、月1回の頻度で体長及び体重を測定した。

結果及び考察

1 令和3年度導入分

(1) 系統別飼育試験

飼育結果を表1に示した。

令和3年度は、馴致後6日間、18℃以上の高水温が継続し、この期間中に斃死のほとんどが集中した。最も海水適応能が低いと想定される長野系2区はともに、30日目の生残率は26%となった。また、ドナスチ系、ドナスチR1F1系の3区でも、30日目の生残率は52-75%と過年度を大きく下回った。長野県産4試験区において、同系統内では、海水経験の有無による生残率の違いはみられなかった。一方、各系統間では、生残率に有意差があり、ドナスチR1F1系 > ドナスチ系 > 長野系の順であった。生残率の最も低かった長野系2試験区では、30日目における成長不良個体の割合が54%に達し、長野県産のドナスチ系でも同様に過年度

と比較して高率となった。

なお、馴致初期の成長が遅れていた長野系も、収容から31日目以降は瞬間成長率(g/日)において他区との有意差がなくなった。また、長野系2区、ドナスチ系3区(R1F1含む)において、系統内の瞬間成長率に有意な差はなかったが、系統間では、ドナスチ系(R1F1含む)が有意に高かった。また、ドナスチR1F1系は、他区に対して瞬間成長率が高かった。

(2) 親魚養成試験

養成期間中の環境の推移を図1に、養成結果を表2に示した。

日長は、飼育開始から7月10日まで12L:12D、7月11日から8月7日まで18L:6Dとし、8月8日以降徐々に明期を短くして、9月14日からは短日条件に移行し、10月3日以降は9L:15Dを維持した。水温は、同様に9月16日まで18°C前後を維持した後、徐々に低下させ、10月1日からは正常な排卵に必要とされる13°C台を保持した。成熟状況の把握のため、11月14日に触診を行った結果、排卵が確認されたことから、11月29日に採卵を行い、採卵までに生残したメス9尾中8尾から計3.5万粒を得た。しかしながら、触診から採卵までに15日間経過したため、採卵時に過熟と判断されたメス2尾分0.79万粒を廃棄し、残りのメス6尾分2.68万粒をふ化器に収容した。その後、正常に発生が進んだのは、そのうちのメス2尾分のみで、それらの発眼率は87及び63%であった。なお、授精に用いた精液は、全ての卵に対して同一のものを使用したことから、発生しなかった卵は、過熟であったと考えられた。

2 令和4年度導入分

(1) 系統別馴致試験

令和4年度中の飼育結果を表3に示した。

今年度は海水馴致の時期を、昨年より25日遅らせたため、14日目までの平均水温は14.0-14.2°Cと、馴致の適水温である18°C以下で推移した。

14日目までの生残率は、長野県産ドナスチ系の3区が低く、20g時海水経験区 > 1g時海水経験区 > 海水未経験区の順となった。長野県産ドナスチ系の3区には、当所到着時に躯幹部にびらんのある個体が見られ、これらが海水移行後に斃死したことから、皮膚がびらんした部分において、浸透圧調整ができなかったと考えられた。ドナスチR2F1系2区は、海水経験の有無に関係なく、96%及び98%と高い生残率を示した。なお、長野県産ドナスチ系の3区内とドナスチR2F1系の2区内では生残率に差はなく、海水経験の有無によ

る生残率の改善効果は確認されなかった。長野県産ドナスチ系とドナスチ系R2F1区との間では生残率に差があったが、これは躯幹部に見られたびらんによって長野県産ドナスチ系の斃死率が高かったことに起因すると考えられた。3年度結果でも長野系とドナスチ系との系統間では、ドナスチ系の生残率が有意に高かったが、同一系統内での海水経験の有無による生残率の有意差はなかった。これらの結果から、実際の養殖規模に近いスケールにおいては、海水経験が海水馴致時の生残率を向上させる効果はないと考えられた。

(2) 系統別飼育試験

表3に示したように、長野県産ドナスチ系の3区間に、成長において有意差はなかったものの、20g時海水経験区が最も成長、生残が良好で、成長不良個体の出現率も低く抑えられた。また、3区ともに成長不良個体の出現率が過年度(20%前後)よりも高かった。

ドナスチR2F1系の2区間でも成長において有意差はなかったものの、海水未経験区が成長や成長不良個体の出現率で勝っていた。また、ドナスチR2F1系の2区でも成長不良個体の出現率が、過年度よりも高かった。この要因として、表4に示したように、今年度は、成熟サイズを超える950g以上で試験を開始したことから、海水移行後にオスの成熟が進み、各区の24%が排精するまでに達しており、これらのオスの成長が停滞したことが考えられた。また、これらの成熟したオスの瞬間成長率は0.05及び-0.21%と、未成熟個体に対して有意に劣っていた。さらに、飼育過程において、恒温室内の12L:12Dから短日の自然日長となったことと、2ヶ月間で20°Cから12°C付近まで水温が低下したことによって、成熟のスイッチが入ったと考えられた。なお、通常、成熟したオスは海水馴致時に斃死するが、今年度は、海水移行時には排精まで成熟が進んでいなかったため、海水馴致時に斃死に至ることはなかったと思われた。

海水移行後3日目までの血液浸透圧の変化割合と、海水移行後30日時点での瞬間成長率の間には相関関係があり、海水移行により上昇した血液浸透圧を早期に正常値へと調整できた試験区の成長が速いことが確認された。同様の関係は3年度にも確認されたが、この時点においても、稚魚期の海水経験によって海水移行から早い段階で血液浸透圧を正常値に調整する能力の向上効果は確認できなかった。これらのことから、稚魚期の海水経験により血液浸透圧調整能力を向上し、その後の成長、生残が改善されるとは考えにくかった。

表1 令和3年度導入分の飼育経過

試験区	日数 (日)	体重(g)			生残率 (通算%)	成長不良 個体(%)*	増重率 (通算%)	瞬間成長率 (区間%)
		平均	最大	最小				
長野系	0	204	355	148	100			
海水未経験区 (長野県産)	30	241	327	152	26	54	111	0.26
	61	356	488	176	26	15	155	1.25
	90	531	771	173	26	15	252	1.27
	120	762	1,145	163	26	8	362	1.13
長野系	0	224	316	140	100			
20g時海水経験区 (長野県産)	30	239	389	134	26	54	110	0.25
	61	315	580	146	26	31	144	0.74
	90	486	820	171	22	18	223	1.19
	120	666	1,138	273	22	0	307	1.11
ドナスチ系	0	359	494	268	100			
海水未経験区 (長野県産)	30	451	746	256	64	22	126	0.70
	61	660	1,094	252	64	13	144	1.14
	90	969	1,592	254	64	3	270	1.32
	120	1,389	2,089	644	60	0	386	1.18
ドナスチ系	0	380	510	291	100			
20g時海水経験区 (長野県産)	30	473	794	268	52	35	124	0.64
	61	699	1,208	263	52	16	183	1.13
	90	1,003	1,688	240	52	12	262	1.13
	120	1,326	2,241	261	50	6	344	0.84
ドナスチR1F1系 (愛媛県産)	0	412	522	326	100			
	30	584	853	300	75	16	140	1.05
	61	911	1,450	327	75	9	219	1.35
	90	1,332	2,047	325	73	5	321	1.27
	120	1,788	2,778	426	73	0	431	1.01

*成長不良個体：各区間における増重率110%未満

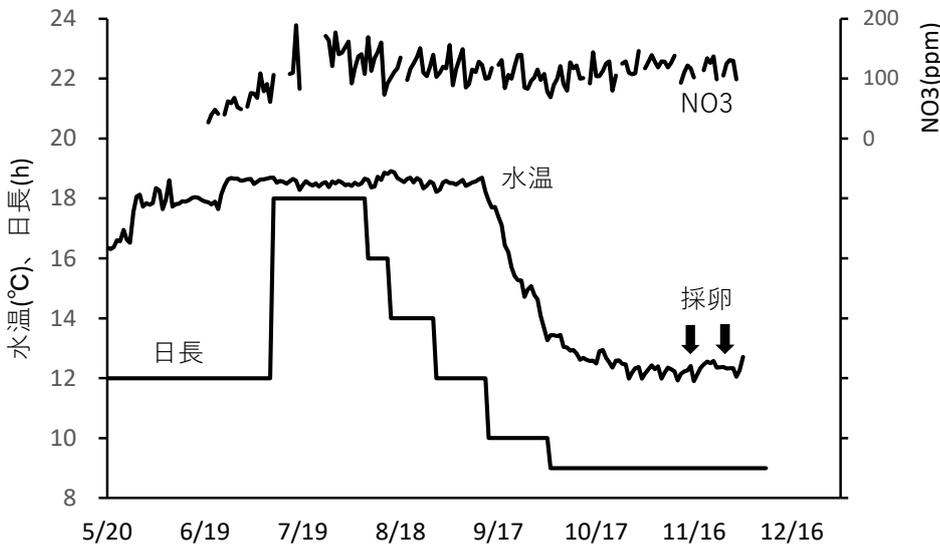


図1 親魚養成中の水質環境

表2 親魚養成結果

	収容時(5月20日)		触診時(11月14日)		採卵数 (万粒)	生残率 (%)	増重率 (倍)
	平均体重(g)	尾数	平均体重(g)	尾数			
メス	2,931	11	4,802	9	3.5	82	1.64
オス	3,529	6	6,053	4			
計	3,142	17	5,187	13		76	
収容密度 (kg/kL)	10.68		13.49				

表3 令和4年度導入分の飼育経過

試験区	日数 (日)	体重(g)			生残率 (通算%)	成長不良 個体(%)*	増重率 (通算%)	瞬間成長率 (区間%)
		平均	最大	最小				
ドナスチ系	0	428	577	332	100			
海水未経験区 (長野県産)	5	402	549	309	46			
	30	444	675	300	40	65	110	
	62	623	1,080	306	40		140	
	90	908	1,479	316	40		146	
ドナスチ系	0	477	646	347	100			
20g時海水経験区 (長野県産)	5	466	621	372	64			
	30	539	835	384	56	41	116	
	62	774	1,288	344	56		143	
	90	1,057	1,770	292	56		137	
ドナスチ系	0	408	790	256	100			
1g時海水経験区 (長野県産)	5	362	655	260	56			
	30	393	843	273	52	62	109	
	62	502	1,089	263	50		128	
	90	624	1,484	253	50		124	
ドナスチR2F1系	0	953	1,241	619	100			
海水未経験区 (愛媛県産)	5	923	1,197	612	98			
	30	1,049	1,410	652	96	37	114	
	62	1,233	1,785	725	89		117	
	90	1,293	2,024	672	80		105	
ドナスチR2F1系	0	993	1,313	609	100			
0.7g時海水経験区 (愛媛県産)	5	965	1,294	577	98			
	30	1,043	1,655	703	96	56	108	
	62	1,136	2,114	684	91		109	
	90	1,241	2,202	665	84		109	

*成長不良個体：30日目における増重率110%未満

表4 令和4年度導入分愛媛県産ドナスチ R2F1 系の飼育経過

試験区	尾数 (尾)	割合 (%)	体長 (mm)	体重 (g)	増重率 (%)	成長不良 個体(%)*	瞬間成長率 (%)
ドナスチR2F1系	成熟オス	13	24	355	989	102	77
海水未経験区	未成熟	41		356	1,068	117	24
ドナスチR2F1系	成熟オス	13	24	359	1,016	95	100
0.7g時海水経験区	未成熟	42		358	1,051	113	43

*成長不良個体：30日目における増重率110%未満

県産サーモン開発試験

友田 帆乃香・武智 昭彦*

目 的

サーモン需要の高まりに伴い、栽培資源研究所では平成 28 年度からサケ類、特にニジマス海面養殖の本県に適した海水馴致方法や成果品の高付加価値化の試験を実施した。しかし、本県では海面水温や養殖後の小型個体の出現により、県内で事業化された事例は少ない。

そこで本事業では、県内におけるサーモン海面養殖の普及を図るため、これまでの知見や技術を活用し、本県の漁場環境に適したサーモンの系統作出とその養殖技術の確立を目指す。

方 法

1 県内産種苗海面養殖試験

(1) 県内産種苗育成

県内産種苗として、令和 2 年度にニジマス全メス種苗、令和 3 年度に同高成長種苗を作出した。

全メス種苗用の雌親魚は、当所で育成した 2 歳及び 3 歳魚を用いた。雄親魚は、令和元年度に作出した雌性発生偽雄（以下、R1 偽雄）のうちから、体色が黒化して雄として成熟していると思われる個体を用いた。常法に従って、令和 2 年に採卵、洗卵、媒精を行い、受精卵は、所内で継続し管理し、ふ化後は松野町内の養魚場にて 2 年間育成を行った。

高成長種苗用の親魚は、当所で令和 2 年度の海水飼育試験時に高成長を示した個体を循環ろ過水槽で育成した 3 歳魚（以下、R1 高成長）を用いた。常法に従って、令和 3 年に採卵、洗卵、媒精を行い、ふ化後は所内の循環ろ過水槽及び久万高原町内の養魚場で育成を行った。

(2) 海面養殖試験

海面養殖試験は、今治市の地先海面（以下、「今治」）及び八幡浜市の陸上養殖施設内（以下、「八幡浜」）で実施した。種苗には、1-(1)で記載した全メス種苗及び高成長種苗を使用し、両種苗は海水へ直接導入した。各試験地の池入れ日時及び水温を表 1 に示した。

今治では、令和 4 年 12 月 21 日と 22 日の 2 日間かけて、全メス種苗計 1,000 尾を松野町内養魚場から運搬し、養殖試験を開始した。12 月 21 日は内水面と海面との水温差が大きかったため、海面養殖場所へ到着後、海水をポンプでトラック内にくみ上げ、トラック内の水温と海面の水温差を 5℃ 以下に調整した。

八幡浜では、令和 5 年 1 月 17 日に全メス種苗 180 尾を松野町内養魚場から、高成長種苗 200 尾を当所から運搬し、養殖試験を開始した。

養殖試験開始後はおおむね 1 ヶ月間隔で体長と体重を測定した。

表 1 養殖試験開始日時

試験区（系統）	導入年月日	内水面（℃）	輸送時（℃）	海面（℃）
今治	R4. 12. 21	4. 9	6. 9－10. 9	15. 6
	R4. 12. 22	5. 9	11－12	15. 6
八幡浜（全メス）	R5. 1. 17	7. 2	11. 4	13. 8
八幡浜（高成長）	R5. 1. 17	13. 3	12	15. 1

2 高成長・高水温耐性サーモン作出試験

(1) 海水経験による高成長系統作出試験

通常発生由来偽雄を用いて令和 3 年度に作出し、淡水で飼育した全メス種苗 130 尾（平均体重 103.1g）に対し、令和 4 年 7 月 13 日から 20 日まで、恒温室内の 1 kL 循環ろ過水槽で 100%海水飼育試験を実施した（以下、海水経験種苗）。対照区として、同じ全メス種苗 76 尾（同 103.1g）を、1kL 循環ろ過水槽で飼育を行った（以下、全メス対照種苗）。海水経験後は、1kL 循環ろ過水槽を用いた淡水飼育とし、配合餌料を 1 日 2-3 回、飽食給餌した。

(2) 育種による高成長・高水温耐性系統作出試験

育種により高成長・高水温耐性系統を作出するため、所内で育成した 2 歳魚及び 3 歳魚を親魚として種苗を作出した。雄親魚として、R1 偽雄及び R1 高成長を使用した。雌親魚として、令和 3 年度の海水飼育試験で高成長を示した全メス種苗（以下、R2 海水全メス）及び、1 歳時に高水温経験のある全メス種苗（以下、R2 高水温全メス）を使用した。

(3) 系統別海水飼育試験

系統による海水投入後の成長及び生残への影響について検証するため、令和 4 年 12 月 1 日に屋外の 50 kL 円形水槽（100%海水）に各種苗を直接投入し、海水飼育試験を開始した。試験は、①海水経験種苗、②全メス対照種苗、③全メス種苗（雌性発生由来偽雄からの作出）、④高成長種苗の 4 区を設定して行った。種苗は全て令和 3 年度に作出したのものを使用した。高成長種苗については、1-(1)で記載した高成長種苗を久万高原町の養魚場で育成したのものを使用した。各種苗をそれぞれ 50 kL 円形水槽へ収容したが、海水経験種苗と全メス対照種苗は、飼育密度を調整するためあわせて 50 kL 円形水槽 1 面へ収容した。

種苗投入後は配合餌料を毎日 1 回飽食給餌し、おおむね 1 ヶ月間隔で体長及び体重を測定した。

* 退職

結果及び考察

1 県内産種苗海面養殖試験

(1) 県内産種苗育成

県内産種苗については奇形や大小選別を行い、全メス種苗を1,300尾、高成長種苗200尾を令和4年12月まで育成した。

(2) 海面養殖試験

各試験地の養殖試験結果を表2に、海面水温を図1に示した。

今治では、池入れ後1週間で斃死の増加が見られ、1ヶ月ほど斃死が続いた。そのため、令和5年2月24日に93尾(平均体重1,120g)の全メス種苗を追加した。その後、斃死は減少し、出荷時まで約6割程度の生残率であった。これは、種苗として2歳魚を使用し、池入れ時にはほぼすべての個体が排卵していたため、水温等のストレスが複合的に影響したと考えられる。しかし、出荷時には2kgを超える個体もあり、生残した個体については、成長に影響は見られなかったと考えられる。

八幡浜では斃死は少なく、全メス種苗についても約8割程度の生残率であった。高成長種苗については数尾程度の斃死であり、増肉係数や成長率も良好な結果を得ることができた。

今年度、2歳魚を種苗として使用したことで、これまでよりも海面への導入サイズの大型化が可能となった。しかし、成熟が促進され、海面導入時のストレスの一因となることが考えられた。高成長種苗では、海面導入後の成長が良く、高成長の性質が遺伝すると考えられ、育種による取り上げ時の大型化が可能であることが示唆された。

表2 養殖試験結果

試験区(系統)	日数(日)	平均体長(mm)	平均体重(g)	瞬間成長率(%)	増肉係数	生残率(%)
今治	0	350	1,002			
	36	365	1,189	0.48	1.35	67.5
	64	384	1,405	0.53	1.71	62.1
	92	388	1,507	0.44	1.78	63.0
	117	428	1,920	0.56	1.30	61.9
八幡浜(全メス)	0	350	1,002			
	30	367	1,153	0.47	1.30	90.6
	58	383	1,194	0.30	1.97	83.3
	93	419	1,395	0.36	-	82.8
八幡浜(高成長)	0	332	854			
	30	365	1,144	0.97	0.66	98.5
	58	378	1,272	0.69	1.07	97.5
	93	399	1,511	0.61	1.16	97.5

2 高成長・高水温耐性サーモン作出試験

(1) 海水経験による高成長系統作出試験

両区の淡水飼育試験中の体重推移を図1に示した。海水経験種苗では、海水飼育中に斃死がみられたが、この期間も摂餌が確認されていたため、給餌は継続した。試験期間中の成長に有意な差はみられなかったが、稚魚期の海水適応能が低い時期でも、100%海水に適応できることが明らかとなった。

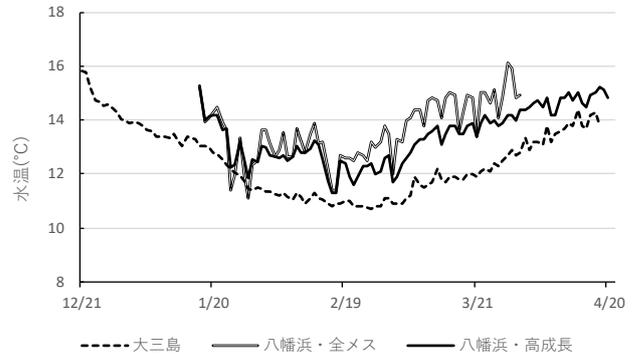


図1 試験中の海面水温

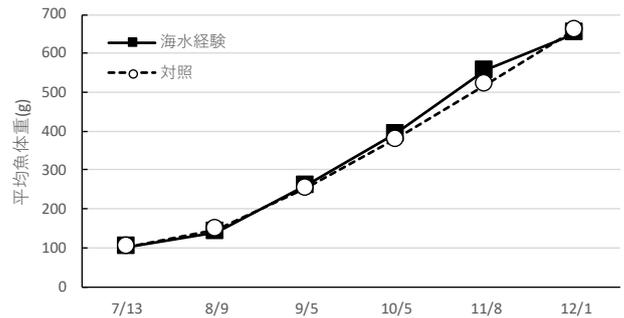


図2 両区の体重推移

(2) 育種による高成長・高水温耐性系統作出試験

作出結果を表3に示した。採精には、R1偽雄2尾及びR1高成長2尾、採卵にはR2海水全メス10尾及びR2高水温全メス15尾を用いた。11月30日から12月12日までの3回で、雌親魚25尾から計128,484粒が得られた。このうち92,069粒をR1偽雄と、36,465粒をR1高成長との受精に供した。なお、R1偽雄は腹部を圧迫しても排精しなかったため、開腹して精巣を摘出し、精巣液中で細断して精子懸濁液を作成した。受精後は循環ろ過による卵管理を行い、3月10日に49,182尾の稚魚を得た(平均浮上率38.3%)。今年度、水量確保のため循環ろ過による卵管理を行い、前年度よりも高い浮上率を得ることができた。作出した種苗は松野町と久万高原町の養魚場で育成中である。

表3 作出結果とその組み合わせ

♀	搾出卵数(粒)				♂	稚魚(尾)	浮上率(%)
	11月30日	12月6日	12月12日	総計			
R2海水全メス	9,768	-	-	9,768	R1高成長	4,356	44.6
"	36,792	-	-	36,792	R1偽雄	9,419	25.6
R2高水温全メス	3,650	12,358	10,689	26,697	R1高成長	8,165	30.6
"	3,330	12,684	39,263	55,277	R1偽雄	27,242	49.3
	53,540	25,042	49,952	128,534		49,182	38.3

(3) 系統別海水飼育試験

海水投入前の各区収容水槽(淡水)の水温は16.9°C、50kL円形水槽の海水温は17.2°Cであった。海水投入尾数は海水経験種苗55尾(平均体重652.4g)、全メス

対照種苗 57 尾 (同 660.9g)、全メス種苗 149 尾 (同 627.1g)、高成長種苗 159 尾 (同 190.3g) であった。全メス種苗は令和 4 年 11 月 17 日に松野町の養魚場から運搬、高成長種苗は令和 4 年 11 月 18 日に久万高原町の養魚場から運搬し、当所のレースウェイ水槽で海水投入まで飼育していた。

各区の飼育結果を表 4 に示した。令和 4 年 4 月時点での生残率は試験区を通じて 89–98%と高かった。高成長種苗は海水投入時点のサイズが小さいが、これは久万高原町の水温が当所や松野町の養魚場よりも低い
ため、生育が遅かったことによると考えられる。本種苗は成長率や増肉係数が良好であったが、導入サイズが小型であることに影響されていると考えられるため、今後、より大型種苗での検討が必要である。

試験区を通じて、海水経験の有無による海水導入後の成長や生残の違いは認められなかった。また、全メス種苗は親魚である偽雄の発生由来に関係なく、生残率はおおむね 9 割以上となった。これらは海面への導入サイズが大型であるため、今後も良好な成長、生残を示すことが期待される。

表 4 飼育試験結果

試験区	日数 (日)	尾数 (尾)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	増重倍率	成長率 (%)	生残率 (%)	増肉係数	水温 (°C)
海水経験 種苗	0	55	301	652			100.0		
	35	52	334	904	1.36	0.83	94.5	0.83	10.3-16.8
	62	52	349	1,048	1.60	0.70	94.5	0.99	9.1-14.0
	91	52	367	1,235	1.90	0.60	94.5	1.08	9.9-12.0
	124	49	390	1,567	2.40	0.60	89.1	1.20	10.8-13.7
全メス対照 種苗	0	57	303	661			100.0		
	35	56	349	922	1.38	0.89	98.2		
	62	56	655	1,074	1.61	0.73	98.2		
	91	55	373	1,299	1.96	0.69	96.5		
	124	52	400	1,649	2.49	0.69	91.2		
全メス種苗	0	149	303	627			100.0		
	35	147	343	981	1.55	1.21	98.7	0.84	11.2-17.1
	62	142	362	1,167	1.84	0.92	95.3	1.03	9.1-14.0
	91	142	384	1,504	2.37	0.89	95.3	1.24	10.3-12.0
	125	133	408	1,773	2.78	0.77	89.3	1.41	10.6-13.7
高成長種苗	0	159	212	190			100.0		
	35	156	274	467	2.46	2.55	98.1	0.82	10.9-17.0
	62	156	308	690	3.64	2.06	98.1	0.96	9.6-14.0
	91	156	342	994	5.24	1.81	98.1	0.99	10.1-12.0
	124	156	375	1,303	6.87	1.54	98.1	1.10	10.8-13.8