

ブリ迅速育種技術開発試験

曾根 謙一・中島 兼太郎・新野 洋平・神野 智

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（3m×3m×3m）2小割に、同一時期に採捕された天然モジャコ各200尾を収容し、令和3年7月28日から通常飼料（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、尾叉長及び魚体重を測定した。なお、種苗の成長にあわせて、同年12月10日からは5m×5m×5mの海面小割生簀2小割で飼養した。

2 親子鑑定試験

令和元年度の種苗生産時に使用した親魚14尾及び生産した稚魚178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、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20尾を用いた。親魚は令和3年11月2日に100kL水槽に陸上げし、8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4年1月11日に、雌親魚（平均魚体重7.69kg）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、12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11尾から採卵、雄親魚5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3面に収容してふ化させ、日齢0で70kL水槽2面（S4、5）に収容した。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粒ずつピーカーに収容し、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29尾を用いた。親魚は令和3年11月16日に100kL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4年1月26日に雌親魚（平均魚体重7.61kg）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28日に雌親魚12尾から採卵、雄親魚8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30日に浮上卵のみを分離して、500Lアルテミアふ化槽3面に収容してふ化させ、日齢0で70kL水槽2面（S3、6）に収容した。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。収容から開口（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100万-8,000万個体給餌した。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29から毎日、冷凍コペポータ150-1,000gを海水で溶かしてジョウロで給餌した。日齢31からは配合飼料（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。共食い防止を目的として、日齢31及び32でモジ網を

用いて夜間分槽、日齢45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54で、3.0mm及び4.0mmスリットによる選別を行った。日齢72で、74%の濃塩水による鰾の有無及び奇形の選別を行った。

2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17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200万-1億2,600万個体給餌した。また、日齢23から冷凍コペポダを1回次と同様の方法で200-880g給餌した。日齢37からは1回次の生産と同様に配合飼料を給餌した。日齢33及び34で、共食い防止を目的として、モジ網を用いて夜間分槽、日齢43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、日齢51で1回次と同様にスリットによる選別を、日齢70で1回次と同様に濃塩水による選別を行った。

3) 測定項目

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。

日齢3から10まで数日おきに各水槽11-80個体ずつ仔稚魚のサンプリングを行い、摂餌率、開鰾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、同時に鰾内にガスが確認できた個体の割合を開鰾率とした。平均全長は万能投影機で測定した。

(2) 養殖試験

令和元年度に当センターが種苗生産して宇和島市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た天然種苗について、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。試験開始時の平均魚体重は通常飼料区が258g、低魚粉飼料区が257gであった。令和4年3月25日時点の平均魚体重は通常飼料区が1,263g、低魚粉飼料区が1,220gであった。また、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1.7倍であった。引き続き飼育を継続し、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予定である。

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3年 7月28日	-	-	-	258	280	230
10月13日	357	331	387	812	610	1,080
11月4日	375	349	411	917	690	1,270
12月10日	392	365	430	1,007	750	1,410
令和4年 3月25日	411	384	449	1,263	950	1,700

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3年 7月28日	-	-	-	257	231	279
10月13日	356	325	375	773	550	960
11月4日	372	343	396	879	640	1,110
12月10日	391	361	415	999	720	1,270
令和4年 3月25日	409	380	438	1,220	880	1,520

2 親子鑑定試験

各親の組合せを表3に示す。雌親魚については、全てのF1個体について特定されたが、雄親魚については、24個体で特定ができなかった。これらの個体はID183及び185の雌親魚と交配しており、各個体の遺伝子型を由来となる雌親魚の遺伝子型と比較すると、雄親魚について1ないし2遺伝子座で偶然増幅されなかったDNA断片(nullアリル)があると仮定すれば、ID186の雄親魚の遺伝子型が合致した。また、この雄親魚由来となる遺伝子型の組み合わせはF1個体から全く検出されていない。これらのことから、雄親魚が不明なF1個体については、ID186の雄親魚が交配に関与していると推察された。F1個体に対する各親魚の貢献度を表4に示す。雌親魚については、ID182、183、184及び185、雄親魚については、ID191及び192の貢献度が高かった。

表3 各親魚の組合せ (実数)

雌ID	179	180	181	182	183	184	185
雄ID							
186							
187	2	1				10	10
188			2			10	13
189					3		
190	1		2	3			
191	3		1	11		26	9
192	7			24	16		
UN*					23		1

*不明

表4 F1個体に対する各親魚の貢献度割合

雌ID	F1個体数		貢献度割合 (%)					
	179	180	181	182	183	184	185	
178	7.3	0.6	1.7	21.3	23.6	27.0	18.5	
雄ID								
186							UN*	
178	-	13.5	14.0	1.7	2.2	28.7	26.4	13.5

*不明

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 688–731 μm の雌親魚 11 尾から採卵し、合計 196.5 万粒の浮上卵を得た。このうち、57–69 万粒をアルテミア水槽 3 面に分けて収容した。

2 回次の生産では、卵巣卵の平均卵径が 693–752 μm の雌親魚 10 尾から採卵し、合計 142.5 万粒の浮上卵を得た。このうち、33–63 万粒をアルテミア水槽 3 面に分けて収容した。1 回次の平均ふ化率は 83.7%、2 回次の平均ふ化率は 88.2%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 1,304 千尾であった。日齢 4 では 949 千尾、日齢 8 では 671 千尾であった。日齢 31 及び 32 のモジ網選別で小サイズを S1 に、大サイズを S2 に分槽し、日齢 45 のモジ網選別で小サイズを S4 に、大サイズを S5 に分槽し、27.4 千尾（平均全長 22.64mm）を取揚げた。取揚げ時の生残率は両水槽あわせて 2.1%であった（表 5）。さらに、小サイズは、日齢 54 で、3.0mm–4.0mm スリット間に残った個体を S6 に収容した。また、日齢 72 の濃塩水による選別では、正常個体 23.7 千尾（平均全長 76.03mm）を S5 及び S6 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 473 尾を廃棄した（表 6）。

2 回次の生産では、日齢 0 の仔魚数は 972 千尾であった。日齢 4 では 709 千尾、日齢 8 では 714 千尾であった。日齢 33 及び 34 のモジ網選別で小サイズを S2 に、

大サイズを S1 に分槽し、日齢 43 のモジ網選別で小サイズを S4 に、大サイズを S3 に分槽し、32.5 千尾（平均全長 18.18mm）を取揚げた。取揚げ時の生残率は両水槽あわせて 3.3%であった（表 5）。さらに、小サイズは、日齢 51 で、3.0mm–4.0mm スリット間に残った個体を S1 に、4.0mm–5.0mm スリット間に残った個体を S2 に収容した。また、日齢 70 の濃塩水による選別では、正常個体 21.4 千尾（平均全長 78.95mm）、選別時にパンライトの底に沈んだ個体及び奇形個体 852 尾を廃棄した（表 6）。

2) 測定項目

1 回次の摂餌率は、S4 では、日齢 3 で 41.7%であり、日齢 5 で 100%に、S5 では、日齢 3 で 28.6%であり、日齢 5 で 100%に達した。開鰓率は、S4 では、日齢 5 で 88.2%、日齢 6 で 85.0%、S5 では、日齢 5 で 80.0%であった（表 7）。2 回次の摂餌率は、S3 では、日齢 3 で 10.0%であり、日齢 6 で 100%に、S6 では、日齢 3 で 50.0%であり、日齢 4 で 100%に達した。開鰓率は、S3 では、日齢 5 で 22.2%、日齢 6 で 85.0%、S6 では、日齢 5 で 19.2%、日齢 6 で 70.0%であった（表 7）。1 回次と 2 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、S4 が 5.11mm、S5 が 5.05mm、S3 が 4.89mm、S6 が 5.72mm であった。

表 5 生産結果

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)	全長 (mm)	生残率 (%)
1回次	S4	1月16日	73.3	64.0	87.3	44.0	60.0	S3	45	27.4	22.64	2.1
	S5		57.1	30.9	54.1	23.1	40.5					
2回次	S3	1月31日	66.0	46.2	70.0	48.4	73.3	S3	43	32.5	18.18	3.3
	S6	2月1日	31.2	24.7	79.2	23.0	73.7					

表 6 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	16,007	239	56	16,302
	S6	7,661	112	66	7,839
2回次	S1	13,316	363	180	13,859
	S2	8,049	239	70	8,358

*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 7 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
1回次	S4	41.7	90.9	100	-	0	88.2	85.0
	S5	28.6	92.3	100	-	0	80.0	70.0
2回次	S3	10.0	86.7	92.6	100	0	22.2	85.0
	S6	50.0	100	100	100	0	19.2	70.0

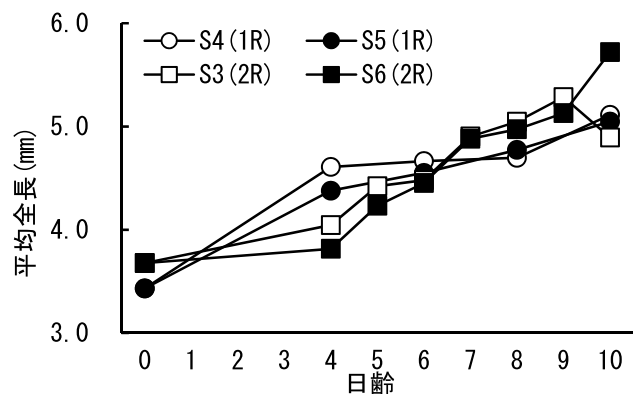
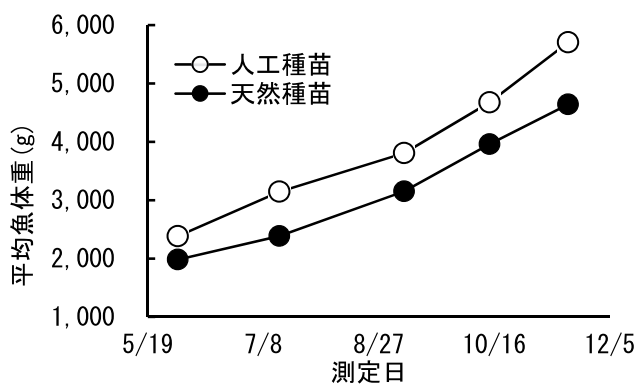


図 1 平均全長の推移

(2) 養殖試験

平均魚体重の推移を図 2 に示す。人工種苗の平均魚体重は、令和 3 年 3 月 24 日に 1,609g であったが、6 月 1 日に 2,383g、7 月 15 日に 3,145g、9 月 7 日に 3,806g、10 月 14 日に 4,676g、11 月 17 日に 5,705g であった。また、天然種苗は令和 3 年 3 月 24 日に 1,340g であったが、6 月 1 日に 1,982g、7 月 15 日に 2,387g、9 月 7 日に 3,152g、10 月 14 日に 3,961g、11 月 17 日に 4,642g であった。この間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、令和元年度に当センターで生産した人工種苗は、成魚期においても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

中島 兼太郎・曾根 謙一・新野 洋平・神野 智
・松原 孝博*・後藤 理恵*・斎藤 大樹*

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。

愛媛大学南予水産研究センターで得られたスマ受精卵を円型水槽 3 面（S1、S4、S5：水量 55kL）に收容した。各水槽への卵收容数は、S1 が 159,000 粒（試験区 1：通常密度・配合餌付区）、S4 が 325,000 粒（試験区 2：高密度・配合餌付区）、S5 が 155,000 粒（対照区：通常密度）とした。飼育水温は 25.0–26.0°C に設定した。

すべての区で、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 からはインダイのふ化仔魚を給餌した。与えた仔魚の量は、ふ化に用いた受精卵の重量で示した。

S1 及び S4 では、ふ化仔魚の給餌を日齢 10 までとし、日齢 11 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。S5 では、試験終了までふ化仔魚のみを給餌した。

S1 は日齢 20 で、S4 は日齢 19 で、S5 は日齢 15 で取揚げ、S1 は実数計数、S4 及び S5 は重量法により生残

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（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）、市販の配合飼料 B を給餌した区（配合 B 区）及び特注の配合飼料 C を給餌した区（配合 C 区）の 4 区を設定した。

海面小割生簀（3m×3m×3m）4 面に平均尾叉長 107.2mm、平均魚体重 13.1g のスマを 93–102 尾收容し、15 日間飼育した。餌は、10 日目までは 1 日 3 回（8:00、13:00、18:00）、11 日目以降は 1 日 2 回（8:00、13:00）、飽食量を手撒きで与えた。毎日適宜、死魚を回収した。

試験開始 8 日目には各試験区から 10 尾、また、試験終了時には各試験区の生残魚全数をサンプリングして魚体重を測定し、Bonferroni 多重比較検定を用いて有意差の有無を検定した。また、試験終了までの死亡尾数から死亡率、給餌量等から増肉係数を算出した。

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、7 月 19 日–12 月 8 日の間に当センターの海面生簀 3 面で飼育した。試験開始時に各試験区に約 50 尾ずつ（平均尾叉長 FL: 201 mm、平均体重 BW: 127g、n=13）を收容した。各区には生餌（生餌区）、配合飼料 D（配合 D 区）、配合飼料 E（配合 E 区）を飽食給餌し、それぞれの給餌量を記録した。飼料は試験期間中に一度、魚体の成長に合わせてサイズや粒径の大きな規格のものに切り替えた（生餌区：カタクチイワシからマイワシ、配合飼料 D・E 区：EP 粒径約 5–8 mm）。また期間中に 4 回、魚体測定ステレオカメラ（AM100、AQ1 SYSTEMS 社）により、各区 10 尾ずつの FL を測定した。試験終了時には全個体を取揚げて FL と BW 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

*愛媛大学南予水産研究センター

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) 養殖中のへい死原因の解明

6月下旬に県内の養殖場において、体表に潰瘍を伴う死亡魚が確認された。この原因を究明するため、養殖生簀の中から潰瘍があるスマをサンプリングし、患部から内臓にかけて切り出してダビットソン氏液にて一昼夜固定した。その後、定法に従いパラフィン包埋したのち、厚さ4 μ mに剥片し、ヘマトキシリン・エオシン染色、ギムザ染色、PAS染色及びグロコット染色を施し、光学顕微鏡で観察した。

結果及び考察

1 種苗量産技術の高度化

S1では96尾(平均全長51.3mm)、S4では8,500尾(平均全長18.2mm)、S5では25,240尾を取揚げた(表1)。インダイ仔魚の総給餌量は、S1では1,690g、S4では8,200g、S5では33,400g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、S1が17.60g/尾、S4が0.97g/尾、S5が1.32g/尾であり、S4は配合飼料を給餌しなかったS5の73.5%の卵量で生産できた。

S4における配合摂餌率は、日齢12で85.7%、日齢13で100%であり、日齢11から配合飼料を給餌することで2日後の餌付けに成功した。しかしながら、S1では、一部の大型魚が小型魚を食べ始めたため、生残率が低くなったと考えられた。

表1 生産結果

水槽 No.	收容		取揚げ			生残率 (%)
	卵数 (粒)	ふ化 仔魚数 (尾)	日齢	尾数 (尾)	平均 全長 (mm)	
S1	159,000	85,492	20	96	51.3	0.1
S4	325,000	189,343	19	8,500	18.2	4.5
S5	155,000	64,705	15	25,240	19.8	39.0

2 中間育成技術の高度化

試験開始から11日目以降に、植物プランクトンであるメソディニウム・ルブラム (*Mesodinium rubrum*) の大量発生の影響と考えられるへい死が生餌区以外で増加したため、試験終了までの死亡率は、生餌区が17.6%、配合A区が27.3%、配合B区が41.0%及び配合C区が32.3%であり、生餌区が最も低かった(表2)。

試験終了時の平均魚体重は、生餌区が33.9 \pm 7.01g、配合A区が28.7 \pm 6.03g、配合B区が24.5 \pm 4.60g及び配合C区が24.6 \pm 3.99gであり、配合B区と配合C区

の間以外の試験区間で有意な差が認められた ($p < 0.01$) (表2)。

湿重量での増肉係数は、生餌区が11.3、配合A区が1.08、配合B区が1.39、及び配合C区が1.33であった(表2)。

本試験では *M. rubrum* の影響と考えられるへい死があったため、餌の違いが生残率に与える影響はわからなかった。成長に関しては、生餌が最も良く、次に配合Aが良く、配合Bと配合Cは同等という結果となり、今回使用した配合飼料では、生餌の成長には及ばなかったため、更なる改良が必要と考えられた。

表2 飼育結果

試験区	魚体重(g)			増肉 係数	死亡率 (%)
	開始時	中間	終了時		
生餌区	13.1	23.8	33.9 ^a	11.3	17.6
配合A区	13.1	23.2	28.7 ^b	1.08	27.3
配合B区	13.1	19.9	24.5 ^c	1.39	41.0
配合C区	13.1	20.6	24.6 ^c	1.33	32.3

異なるアルファベット間で有意差あり ($p < 0.01$)

3 養殖技術の高度化

(1) 養殖用配合飼料の開発

試験終了時のFL及びBWは、生餌区で大きく、配合D区と配合E区で同程度であった(表3)。このことから、比較的短期間で大きな成長を必要とする場合は、生餌を主体とする給餌が適していることが示唆された。一方で、増肉係数は生餌区では配合D区や配合E区と比較して高かった(表4)。日間給餌量はいずれの区も10月中旬まで増加し、生餌区が常に多かった(図1)。試験終了時のFL及びBWは、生餌区で大きく、配合区間では同程度であったが(表3)、増肉係数は生餌区で高かった(表4)。生餌区では、給餌の際にスマが小さな餌片を摂餌しない行動がみられたため、実際の摂餌量は給餌量に比して少ないといえる。このことが、生餌区で増肉係数が高くなった要因の一つと考えられる。成長の早いスマにとっては、飼料の種類のみならず、サイズ選択も飼育成績を高めるために重要である。

魚体の一般成分分析では、配合E区において粗脂肪の値が高かった(表4)。各試験餌料間で成分比に違いはみられるが(表5)、少なくとも生餌との間に比べて配合D、E間では差が小さく、その違いが魚体成分に影響を与えたかどうかは現時点で不明である。

表3 各試験区における尾叉長及び体重の測定結果

試験区	FL (カメラ測定値・mm)			FL (mm)		BW (g)
	9/7	10/14	12/7	12/8	12/8	
生餌	329	373	410	405	1,469	
配合D	301	351	383	382	1,242	
配合E	306	352	376	379	1,249	

表4 各試験区における増肉係数及び一般成分分析結果

試験区	増肉係数 (乾燥重量)	水分 (%)	灰分 (%)	粗タンパク 質(%)	粗脂肪 (%)
生餌	4.5	55.03	1.65	19.64	22.51
配合D	2.81	57.91	1.47	20.26	20.02
配合E	2.83	53.54	1.42	18.25	26.19

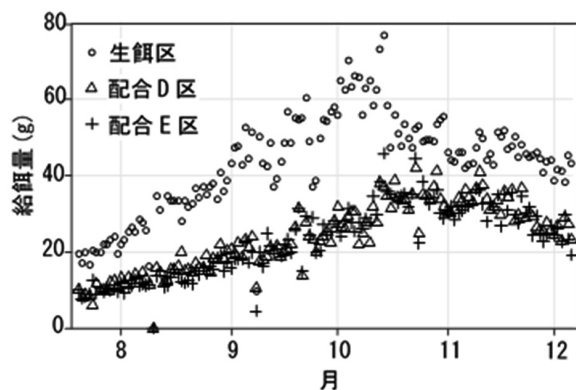


図1 1日1尾当たり給餌量(乾燥重量値)

表5 各試験飼料の一般成分分析値

試験区	餌の種類	水分 (%)	灰分 (%)	粗タンパク 質(%)	粗脂肪 (%)
生餌	カタクチイワシ	77.26	3.57	18.82	1.34
	マイワシ	77.41	4.23	16.19	1.17
配合D	5mm径	7.92	10.86	45.18	20.1
	8mm径	6.34	10.95	48.16	19.74
配合E	5mm径	14.63	9.3	42.92	20.78
	8mm径	10.55	10.26	47.63	18.42

(2) 養殖中のへい死原因の解明

体表には直径2cm程度の潰瘍が確認された(写真1)。解剖すると、潰瘍がある側の体側筋、腹膜、肝臓及び幽門垂が癒着していた。

組織観察では、体表の潰瘍から体側筋、腹膜、肝臓及び幽門垂にかけて肉芽腫の形成が確認された。この

肉芽腫には中央部に好中球や単球などの炎症性細胞の集塊が確認され、その周りを扁平な細胞が取り巻いていた。また、肉芽腫の中央部には菌糸の存在が確認された。

これらの病理は、アユの真菌性肉芽腫症と酷似していたが、菌糸の形態等による原因菌の同定はできなかった。



写真1 上：正常なスマ 下：潰瘍のあるスマ

伊予の媛貴海養殖種苗生産強化事業

中島 兼太郎・曾根 謙一・新野 洋平・神野 智

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3年4月13日に得られた受精卵250,000粒を円型水槽（S4：水量65kL）に（1R-1）、同年4月14日に得られた受精卵400,000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（鮪心：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又は17で取揚げ、比色法で計数した後、活魚選別器で選別して中間育成に移行した。

2 早期種苗生産

令和3年4月24日に、極早期種苗生産と同じ親魚から得られた受精卵500,000粒を円型水槽2面（G1、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、活魚選別器で選別して中間育成に移行した。

結 果

1 極早期種苗生産

令和3年4月30日に、1R-1を日齢17（全長33.7mm）で19,500尾、1R-2を日齢16で28,800尾（S5：14,200尾、全長19.2mm、S6：14,600尾、全長23.0mm）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7日に10,000尾（全長58.9mm）、5月25日に3,000尾（全長101.1mm）を県内の養殖業者に配付した。

2 早期種苗生産

G1は、令和3年5月10日に、日齢16で53,000尾（全長26.2mm）、G2は、同年5月14日に、日齢20で15,400尾（全長33.0mm）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6月1日に10,000尾（全長101.2mm）、同年6月29日に4,200尾（全長151.1mm）を県内の養殖業者に配付した。

表 1 種苗生産試験結果

生産 回次	水槽 No.	収容				取揚げ			
		月日	卵数 (粒)	仔魚数 (尾)	ふ化率 (%)	日齡	尾数 (尾)	全長 (mm)	生残率 (%)
1R-1	S4	4/13	250,000	156,000	62.4	17	19,500	33.7	12.5
1R-2	S5	4/14	200,000	144,000	72.0	16	14,200	19.2	9.9
	S6	4/14	200,000	139,000	69.5	16	14,600	23.0	10.5
2R	G1	4/24	250,000	236,000	94.4	16	53,000	26.2	22.5
	G2	4/24	250,000	148,000	59.2	20	15,400	33.0	10.4

卵数は重量法、仔魚数は柱状サンプリングによる。

スマの味をコントロールする飼育技術開発

(イノベーション創出強化研究推進事業【応用研究ステージ】)

曾根 謙一・中島 兼太郎・新野 洋平・神野 智

目 的

柑橘の果皮やオイルを添加した飼料をブリやマダダイに給餌することで、身から柑橘の香りがし、血合筋の褐変を抑制することができる。この技術は愛媛県が特許を取得しており、みかんフィッシュとして市場で高い評価を得ている。これまでに、この技術をマグロ類に応用した例は報告されていない。そこで、マグロ類であるスマに上記の飼料を給餌することで、風味や血合筋の変色をコントロールし、みかんスマとして付加価値を高めることを目的とした。

方 法

水産研究センターにおいて、イワシ、配合飼料、飼料添加剤及びフィードオイルを混合した対照飼料と、これに冷凍伊予柑果皮を飼料重量比で10%外添した飼料（果皮10%）及び40%外添した飼料（果皮40%）を調製した。11月上旬から、海面小割生簀（縦×横×深さ：5m×5m×5m）3基に、平均魚体重約1.7kgのスマを32尾ずつ収容した（対照飼料区、果皮10%区及び果皮40%区）。収容から1週間全試験区に対照飼料を給餌し、その後各試験飼料で約6週間飼育した。試験飼料の給餌開始から約3週間後に各区5尾、試験終了時に各区10-11尾サンプリングし、魚体重を測定した。測定後、魚体を解剖し、血合筋の褐変抑制効果について調べた。褐変抑制効果は、解剖時並びに解剖から1日、2日、3日及び4日後に、スキャナで取り込んだ画像から判定した。また、水産研究センター職員を中心として、試験区名を伏せた食味試験を行い、柑橘の香りの有無を記録した。加えて、各サンプリング時に採取したスマの体側筋から、柑橘の香りの主成分となるリモネンの含有量を測定した。測定には、対照飼料区は5尾の体側筋約1/2量ずつを採取し、すりつぶして混合したもの、果皮添加区は2尾及び3尾の体側筋約1/2量ずつを採取し、すりつぶして混合したものを用いた。なお、測定は一般財団法人食品分析センターに委託して、ヘッドスペース法によるGC-MS質量分析により行った。

結果及び考察

試験終了時の平均体重は、対照飼料区が1,646g、果皮10%区が1,551g、果皮40%が1,399gであった。血合筋のb値は、3週間後のサンプリングでは、解剖から4日後に対照飼料区に対して果皮40%区で有意に高

く（Scheffe's F test、 $p > 0.05$ ）、血合筋の褐変抑制効果が認められた。また、6週間後のサンプリングでは、3日後に対照飼料区に対して果皮40%区で有意に低く（Scheffe's F test、 $p > 0.05$ ）、褐変抑制効果は認められなかった。（図1、2）。

当センター職員11から20名による食味試験の結果、柑橘飼料を給餌してから3週間後には、試食した職員数のうち、果皮10%区では90.9-100%が、果皮40%区では41.7-90.9%がスマ筋肉に柑橘の香りを認識した。また、6週間後では同様に、果皮10%区では65.0-70.0%が、果皮40%区では95.0%が柑橘の香りを認識した（図3、4）。

筋肉中に含まれるリモネンの量は、いずれのサンプリング時でも対照区に比べて果皮添加区で明瞭に高かった。また、果皮添加区では添加量に応じてリモネンの濃度が高かった。なお、果皮40%添加区では給餌期間の長さに応じて濃度が高まった（図5）。

総 括

本事業では、令和元年度から令和3年度の3年間、柑橘果皮等を添加した飼料をスマに給餌してみかんスマの生産技術開発を進めた。令和元年度は、800gサイズのスマに柑橘成分を添加した飼料を給餌した。この試験により、みかんスマの作出が可能であることが明らかとなった。令和2年度は、1.6-2.0kgサイズのスマに柑橘果皮の添加割合を変えた飼料を、給餌期間を変えて給餌した。この試験により、商品サイズのスマにおいても添加割合10%の飼料を2週間給餌することで、みかんスマの作出が可能であることが明らかとなった。令和3年度は、1.6kgサイズのスマに柑橘果皮の添加割合を変えた飼料を、給餌期間を変えて給餌した。この試験により、添加割合10%の飼料を3週間給餌することで、みかんスマの作出が可能であることが明らかになったほか、添加割合40%の飼料を3週間程度給餌した場合に褐変抑制効果が期待されたが、より長期の給餌では効果が認められなかった。これらの結果から、香り成分は柑橘果皮を10%以上添加した飼料を2週間以上給餌することで魚体へ移行すること、褐変抑制は、柑橘果皮を40%添加した飼料を適切な期間給餌することで、効果が得られる可能性があることがわかった。

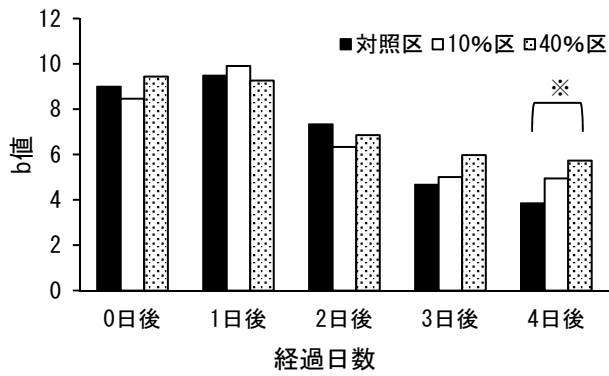


図1 給餌3週間後の血合筋のb値の推移
(※：試験区間で有意差あり)

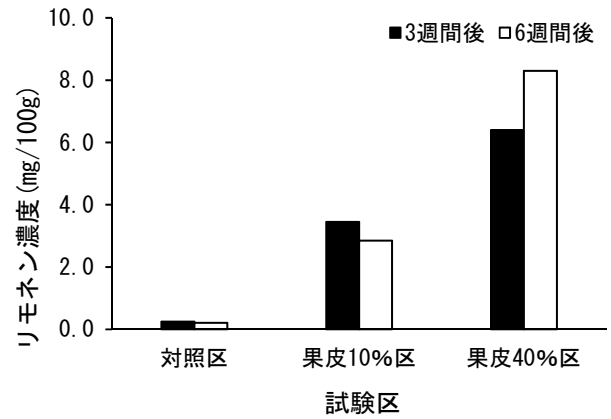


図5 給餌期間及び試験区ごとの筋肉中のリモネン量

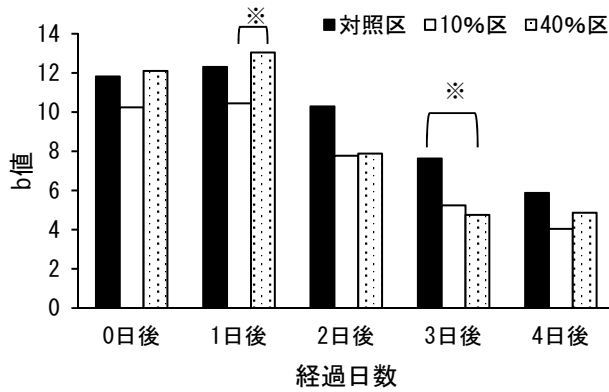


図2 給餌6週間後の血合筋のb値の推移
(※：試験区間で有意差あり)

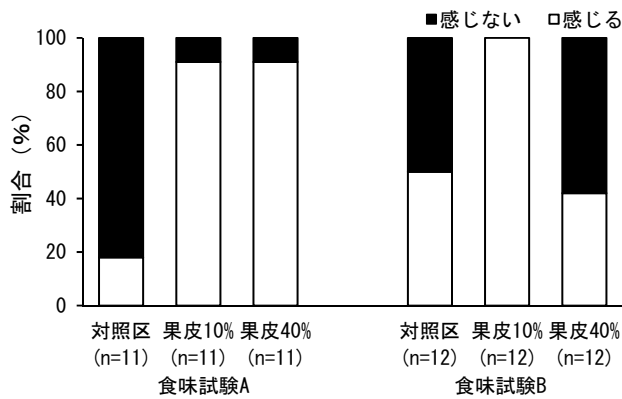


図3 給餌3週間後の食味試験結果

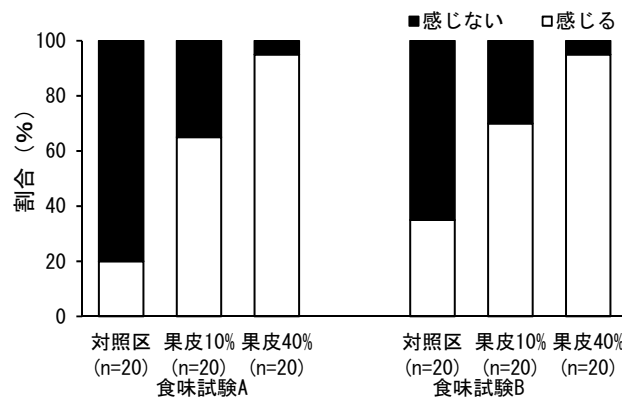


図4 給餌6週間後の食味試験結果

マダい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)

神野 智・中島 兼太郎・曾根 謙一・新野 洋平

目 的

近年、養殖生産の世界的な増大にともない、飼料原料である魚粉への需要が高まり、価格が高騰している。国内の魚類養殖では、飼料代が生産コスト全体の 6-7 割を占めていることから、飼料価格の高騰は漁家の経営、産業の国際競争力に大きく影響する。そのため、養殖業界から、より安価かつ性能の高い飼料の開発が求められている。マダイにおいて、植物性原料を主体とする安価な低魚粉飼料の開発が進められているが、低魚粉飼料を用いて飼育すると消化に要する時間や消化酵素の分泌量に変化し、消化機構が良好に機能しないことが明らかにされている。より効率よく魚を成長させ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、養殖魚の生理代謝機能を考慮して飼料原料を選定し、配合比率を設計することが重要である。

本事業では、マダイ用飼料において、飼料原料の消化率やアミノ酸利用率の違いを明らかにするとともに、それらを摂取した際の消化機構、代謝産物や遺伝子発現の網羅的解析を行う。これにより、代替飼料原料の消化吸收を生理的に評価し、消化生理にかなった飼料原料配合を選択し、成分調整を行うことで、成長効率のよい飼料を開発することを目的とする。

なお、結果の詳細は、令和 3 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、低魚粉飼料適応系統のマダイ（本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：低魚粉適応系統）と、通常のマダイ（養殖用種苗として流通しているマダイ：通常系統）に、それぞれ本事業で開発した極低魚粉飼料（魚粉 5%：原材料費で 18%安価に作成）と市販 DP 飼料（魚粉 40%：対照飼料）を給餌し、超低魚粉飼料に対する適応効果がみられるか検討した。

結 果

試験終了時の平均魚体重は、通常系統において大きい傾向があったが、各系統の飼料間では有意な差はなかった。日間摂餌率及び増肉係数は、飼料を問わず、低魚粉適応系統で低い傾向がみられた。また、肝臓重量比においても同様に、低魚粉適応系統で低い傾向がみられた。

身質の成分分析では、飼料を問わず、低魚粉適応系統で水分が多く、脂肪分が少ない傾向がみられた。

血液性状及び血漿生化学性状では、系統を問わず、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がみられ、飼料の低魚粉化の影響が示唆された。

各系統に超低魚粉飼料を用いた際のコスト削減率は、低魚粉適応系統が 20.3%、通常系統が 17.8%であった。

これらのことから、原材料コスト比 82%で設計した供試飼料においても、対照飼料と試験終了時の魚体重に有意な差がみられなかったことから、今回使用した超低魚粉飼料の実用性が示唆された。また、試験終了時の魚体重は通常系統の方が大きかったが、日間摂餌率や増肉係数の結果から、低魚粉適応系統の方が各飼料に対する成長効率が良い可能性が考えられた。

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」)

山下浩史*

目 的

海外におけるハタ類の大きな市場と目される中華圏では、特に体色の赤いハタの人気の高い。一方、本県で養殖されているマハタとクエは、成長が良いものの体色が暗褐色である。また、キジハタは、体色は赤いものの成長が悪く、養殖には不向きで放流対象種となっている。そこで、体色の赤いキジハタと成長の良いマハタの交配を行い、体色が赤くて成長も良いハタ（ハイブリッドハタ）を作出することを目的とした。あわせて、作出したハイブリッドハタの将来的な市場性を推測するため、マハタとキジハタの国内の流通事情の把握及びこれら魚種の特性を生かした調理手法について検討した。

方 法

1 ハイブリッドハタの作出

海面小割生簀において、モイストペレットを給餌して養成したキジハタメスおよび性別不明 18 尾のうち、カニューレで採取した卵巣卵の平均卵径が 480 μ m 以上であった個体に、200 μ 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体側筋に挿入し、44 時間後に腹部圧迫により採卵した。精子は、400ppm のフェノキシエタノールを混合した海水中で麻酔したマハタ雄 2 尾から、腹部を圧迫して採取した。これを 10 倍量のクロダイ用人工精漿で希釈し (4 $^{\circ}$ C 冷却保存)、乾導法により授精した。受精卵は、500L 円形水槽で 23 $^{\circ}$ C の海水をかけ流しながら管理し、24 時間後に未発生の卵を除去してから計数して、70kL 円形コンクリート水槽に収容した。

水温は 26 $^{\circ}$ C とし、シオミズツボワムシ (タイ株、S 型)、アルテミア幼生及び配合飼料 (アンブローズ: フィードワン (株)) を給餌して 43 日間飼育した。

2 キジハタ及びマハタの国内市場の動向と調理手法

(1) 市場動向調査

マハタ、キジハタについて、漁獲及び流通動向のヒアリング調査を実施した。マハタは主に南予地域での養殖対象種、キジハタは東予地域での漁獲対象種であることから、前者は八幡浜漁協、後者は愛媛県漁協大浜支所で調査した。

(2) 調理手法の開発

将来的なハイブリッドハタの流通に先立ち、新たな食材としての可能性を開発するため、両親となるマハタ、キジハタを対象に、松山東雲短期大学・食物栄養学科との共同研究として、調理法の開発を行った。

結 果

1 ハイブリッドハタの作出

メス 8 尾から卵巣卵が採取でき (平均卵巣卵径 482–502 μ m)、このうち 4 尾からそれぞれ 40–60g の卵を得た。それぞれの卵にマハタから得た精子を媒精した。受精率は 80–96% と概ね良好であった。ビーカーふ化率は、76–95% であり、受精率を概ね反映していた。

4 尾分の受精卵を回収し、計 216g (約 40 万粒) を継続管理した。その後 20 日目までは順調に成長したが、21 日目から 25 日目にかけて生残数が急速に減少し、取り揚げ尾数は 4 尾に止まった。

2 キジハタ及びマハタの国内市場の動向と調理手法

(1) 市場動向調査

八幡浜漁協での聞き取りによれば、マハタは南予地域において愛媛県認定漁業士が中心となって養殖しており、少量ながらも高価格で安定しての取り引きされていた。2021 年 6 月–10 月にかけて、県主導によるマハタの販売促進が図られ、同時期にテレビの全国放送でもマハタが取り上げられたため、急激な販売増加に繋がったとのことである。ただし、仲買人・仲卸業者から先の流通・販路が明らかでなく、流通及び消費動向の詳細を把握するのは困難であった。

大浜支所での聞き取りによれば、キジハタは近年、漁獲量が減少しており、その原因の一つとして遊漁の影響を挙げていた。例年、年間 800kg 前後の漁獲と 120 万–150 万円の水揚げがあるが、2021 年はそれぞれ 600kg、88 万円に留まったとのことである。なお、年平均単価は、1kg 当たり 2018 年が約 1,800 円、2019 年が約 1,680 円、2020 年が約 1,560 円、2021 年が約 1,400 円となっており、低下傾向が顕著であった。

(2) 調理手法

11 月 17 日と 12 月 15 日の計 2 回、松山東雲短期大学において試作品づくりを実施し、教員と学生による自主評価と、魚種ごとの最適な料理法についてのスクリーニングを行った。第 1 位はマハタ・アクアパッツァ、第 2 位はキジハタ・海鮮ユッケ、第 3 位がマハタ・唐揚げおろしあんかけ、同位キジハタ・タルタルサンドとなった。1 月 5 日には、食文化・料理研究家の中村和憲氏を招聘して「マハタ・キジハタの市場性調査のための調理・試食会」を開催し、上記とあわせて 10 品の試作品を作成、試食するとともに、講習会を実施した。

*現 農林水産部水産局水産課

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・友田 帆乃香・伊藤 冬樹

目 的

低水温を好むサケ類の中では、適応水温が比較的広く、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、未解決であるニジマスの海面馴致技術を確立するとともに、高水温耐性や高成長・高生残といったニジマス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3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4年3月)に記載した。

方 法

1 令和2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)[(ドナスチ系海水経験(1歳魚、平均244g)、ドナスチ系(1歳魚、平均235g)]及び愛媛県松野町で生産されたドナスチ系(以下 愛媛県産と略記)[屋島系F1、1歳魚、平均420g]について、系統ごとに馴致無し(淡水飼育したニジマスを直接海水に投入)及び通常馴致(海水濃度50→100%)した区の合計6区とした。

長野県産については、50kL屋外円形コンクリート水槽2面(海水及び50%海水。後者については、試験開始後6時間で100%となるように海水を注水)に生簀網(2m×2m×1.1m)をそれぞれ2面、計4面設置し、令和2年11月18日に1系統1馴致方法あたり100尾ずつ収容した後、6時間後に生簀網を撤去した。

愛媛県産についても、令和2年11月17日に長野県産と同様の方法(海水及び通常馴致)で馴致した。

各供試魚はピットタグを装着して個体識別し、50kL屋外円形コンクリート水槽3面に収容して海水で飼育した。

(2) 親魚養成試験

令和3年5月27日に系統別飼育試験において成長の優れた愛媛県産(屋島系F1)のうち、雌19尾(平均2,827g)、雄8尾(平均3,061g)の計27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。日長は、7月上旬に18L:6Dまでの長日とした

後、徐々に暗期を延ばして8月中旬からは10L:14Dの短日とした。さらに、9月下旬からは9L:15Dにまで暗期を延ばした。水温は、8月下旬まで16℃を維持した後、9月中旬には正常な排卵に必要とされる13℃以下にまで低下させた。

2 令和3年度導入分

(1) 系統別馴致試験

馴致方法は100%海水に直接投入のみとし、供試魚は、長野県産1歳魚[長野系海水経験なし(平均204g)、長野系海水経験あり(平均224g)、ドナスチ系海水経験なし(平均359g)、ドナスチ系海水経験あり(平均380g)]及び令和元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(R1F1、平均412g)の5系統を用いた。

水槽は、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。

愛媛県産ドナスチ系(R1F1)についても、令和3年11月17日に長野県産と同様の方法で収容した。

(2) 系統別飼育試験

各試験区について海水馴致前に全試験魚の体長、体重を測定後、ピットタグで個体識別した。飼育水には砂濾過海水を用い、エアレーションを設置し、毎日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2年度導入分

(1) 系統別飼育試験

令和2年11月18日から令和3年4月23日までの飼育結果を表1に示した。海水経験の有無による成長差が現れやすいと考えられる、飼育32、34日目の初回測定では、3系統ともに馴致方法間の有意差はなかった。しかしながら、海水経験のない2系統では収容初日には水面を弱く遊泳する行動が観察され、海水に直接投入されたストレスを強く受けていると考えられた。試験期間を通じた増重率は長野県産ドナスチ系海水経験なし区が最も高いが、他区との間に有意差はなかった。瞬間成長率についても、試験区間及び試験区内で有意差がなかったことから、淡水飼育中の海水経験は、海水投入直後のストレス軽減の効果があるものの、海水飼育時の成長促進効果については確認できなかった。

420g前後で馴致した愛媛県産ドナスチ系(屋島系F1)は、155日後の取揚時点の体重が2kgを超えた。一方、

233～246gで馴致した他区は、1.2kg前後であり、本県において海面養殖を実用化するには、400g以上の種苗を供給する体制が必要であると考えられた。

(2) 親魚養成試験

養成結果を表2に示した。

成熟状況の把握のため、10月26日に触診を行った結果、排卵が確認されたことから、10月26日以降11月19日にかけて6回の採卵を行い、全ての雌から9.6万粒を得た。しかしながら、その後の卵管理中にミズカビのまん延により、ふ化尾数は、5千尾に留まった。ふ化した稚魚は、淡水飼育を経て、成長優良個体のF2として、令和4年度の馴致試験に用いる予定である。

2 令和3年度導入分

(1) 系統別馴致試験

令和3年11月17日から令和4年3月17日までの飼育結果を表3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試験区間においては、海水経験の有無による生残率の差はなかった。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、長野県産ドナスチ系でも同様に過年度と比較して高率となり、生残率との間に負の相関関係があった。

(2) 系統別飼育試験

飼育30日目の初回測定以降の飼育試験では、瞬間成長率及び増重率は、系統間並びに海水経験の有無で有意差はなかった。しかし、有意差はないものの愛媛県産ドナスチ系(R1F1)は、最も成長・生残が良く、選抜育種の有効性がうかがわれた。

表1 令和2年度導入分の飼育結果

試験区 系統	馴致方法	飼育日数 (日)	生残率 (%)	体重(g)			増重率 (通算%)	瞬間成長率 (区間%)
				平均	最大	最小		
ドナスチ 海水経験あり	直接投入	0	100	246	378	181		
		32	80	330	533	116	134	0.82
		66	76	482	760	159	196	1.09
		97	74	712	1,175	144	289	1.17
		123	72	984	1,648	132	400	1.11
		150	72	1,195	2,018	110	486	0.57
	通常馴致	0	100	242	329	173		
		32	82	323	528	194	133	0.80
		66	76	463	705	163	191	0.98
		97	73	717	1,233	177	296	1.31
		123	73	984	1,920	181	406	1.10
		150	71	1,182	2,354	158	487	0.49
ドナスチ 海水経験なし	直接投入	0	100	233	361	152		
		32	79	319	560	112	137	0.91
		66	*	491	878	199	211	1.18
		97	*	707	1,225	220	303	1.09
		123	*	959	1,602	187	411	1.02
		151	*	1,163	2,103	256	498	0.62
	通常馴致	0	100	237	332	166		
		32	86	358	615	180	152	1.23
		66	*	560	888	242	236	1.14
		97	*	804	1,407	272	339	1.11
		123	*	1,066	1,767	284	450	1.05
		151	*	1,293	2,217	262	546	0.63
屋島系F1	直接投入	0	100	417	573	317		
		34	91	624	942	307	150	1.05
		64	89	877	1,398	298	210	0.94
		98	87	1,275	2,063	263	306	0.89
		123	76	1,567	2,571	243	376	0.65
		155	79	2,013	3,079	247	483	0.58
	通常馴致	0	100	424	534	183		
		34	95	641	923	283	151	1.09
		64	93	897	1,384	269	212	0.93
		98	88	1,338	1,993	271	316	0.95
		123	85	1,662	2,452	242	392	0.70
		155	78	2,059	3,119	222	486	0.55

* 不明なコードが18尾あったため、表示せず。

表2 親魚養成結果

	収容時 5/27		触診時 10/26		生残率 (%)	増重率
	体重(g)	尾数	体重(g)	尾数		
♀	2,827	19	5,108	16	84	1.81
♂	3,061	8	5,106	8	100	1.67
計	78,196	27	122,573	24	89	
収容密度 (kg/t)	15.6		24.5			

表3 令和3年度導入分の飼育結果

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

ニジマス養殖技術開発試験

友田 帆乃香・武智 昭彦

目 的

サーモン需要の高まりに伴い、県内では平成 26 年頃からギンザケ養殖が試みられ、これを受けて栽培資源研究所では、本県に適した養殖方法や商材としての高付加価値化の試験を実施した(H28-30)。ギンザケについては、県内産の種苗供給に一定の目途がついたことから、ギンザケよりも身質が良く、生育水温の上限が高いニジマスの研究に重点を置くこととした。

そこで本事業では、ニジマス養殖の収益性向上を図るため、県内でニジマス種苗を調達できる生産体制づくり、養殖過程で成長差が生じないような海水馴致条件の検討を行う。

方 法

1 ニジマス全雌種苗生産試験

(1) 全雌種苗量産

雌親魚は、当所で育成したニジマス 2 歳魚を用いた。雄親魚は、令和元年度に作出した偽雄のうち、雄として成熟していると思われる 2 歳魚を令和 3 年 10 月 29 日に滑床養魚場(松野町)から 8 尾運搬し、当所で採精した。また、令和 3 年 11 月 11 日に滑床養魚場から偽雄 2 尾の精子のみを精漿液に保存して持ち帰り、受精に使用した。受精は、通常の方法に従って、採卵・洗卵・媒精を行い、受精卵は、所内で継続して管理した。

2 ニジマス海水馴致試験

(1) 淡水飼育試験

1) 海水経験種苗

令和 2 年度に作出し、淡水で飼育したドナスチ系全雌種苗 170 尾(平均体重 63.3g)に対し、令和 3 年 8 月 3 日から 8 月 10 日に恒温室内の 1 kL 循環ろ過水槽で 100%海水飼育経験を実施した(以下、海水経験群)。海水経験後は、1kL 循環ろ過水槽を用いた淡水飼育とし、配合飼料を 1 日 2-3 回、飽食給餌した。

2) 塩餌種苗

令和 2 年度に作出し、淡水で飼育した全雌種苗 130 尾(平均体重 62.5g)に対し、塩餌を給餌した。塩餌は外割 10%の NaCl を外割 30%の淡水に溶かしたものに配合飼料を浸して給水させたのち、バインダーとして 2%の SD 展着 1 号(日本ニュートリション)を加えて作成した。供試魚のうち、62 尾は令和 3 年 8 月 3 日から 9 月 3 日まで塩餌を給餌(以下、塩餌 1 区)。残りの 68 尾は、塩餌区と同時期に 1 回目の塩餌給餌を行い、その後、令和 3 年 10 月 19 日から 11 月 23 日まで 2 回目の塩餌給餌(平均体重 224g)を実施した(以下、塩餌 2 区)。塩餌給餌は 1 日 2-3 回、飽食給餌とし、恒温室内の 1kL 循環ろ過水槽で実施した。塩餌給餌後の飼

育は、引き続き 1kL 循環ろ過水槽で行い、通常の配合飼料を 1 日 2-3 回、飽食給餌とした。

(2) 海水馴致条件の検討

淡水飼育時の環境が、海水馴致及びその後の海水飼育に与える影響について検証するため、(1)で淡水飼育試験に供した試験魚を令和 3 年 11 月 24 日に屋外の 50kL 円形水槽の 100%海水に直接投入し、海水飼育試験を開始した。試験は、①当所の 2kL 循環ろ過水槽で飼育した全雌種苗(以下、対照区)、②海水経験区、③塩餌 1 区、④塩餌 2 区と淡水飼育条件の異なる 4 区を設定して行った。塩餌 1 区と塩餌 2 区は、飼育密度を調整するため合わせて 50kL 円形水槽 1 面へ収容した。

投入後は、配合飼料を毎日 1 回、飽食給餌し、概ね 1 ヶ月間隔で体長及び体重を測定した。

結果及び考察

1 ニジマス全雌種苗生産試験

(1) 全雌種苗量産

採卵結果を表 1 に示した。採卵には、偽雄親魚 6 尾(平均体重 2,831.3g)、雌親魚 14 尾(平均体重 4,888.7g)を用いた。偽雄親魚は精液を得るため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、精漿液中で細断して精子の懸濁液を作成した。雌親魚 14 尾から約 4.2 万粒を採卵し、受精に供した。受精後、正常に発生しふ化した仔魚 1,343 尾を得た。このうち、200 尾に 17- α -メチルテストステロンを 1ppm 混合した飼料を経口投与し、性転換させ、偽雄を作成した。なお、偽雄親魚 σ^5 と同 σ^6 を用いて生産した稚魚各 10 尾について、PCR 法による性別判定を行ったところ、全て雌であることを確認した。

表 1 採卵結果

採卵年月日	偽雄親魚	体重 (g)	雌親魚	体重 (g)	卵重 (g/粒)	卵数	発眼率 (%)	浮上尾数 (尾)
2021/11/8	σ^1	3,148.6	σ^1	4,673.0	0.068	2,883	0.0	0
	σ^2	2,688.8	σ^2	4,987.4	0.079	2,031	0.0	0
			σ^3	5,466.0	0.068	2,499	0.0	0
			σ^4	5,033.4	0.072	324	33.6	109
			σ^5	5,563.4	0.077	3,095	0.6	18
			σ^6	4,842.2	0.075	4,811	0.0	0
2021/11/11	σ^3	2,451.3	σ^3	5,466.0	0.068	2,499	1.2	31
	σ^7	2,867.9	σ^7	4,940.0	0.083	930	0.5	5
			σ^8	4,424.4	0.070	1,815	5.3	96
2021/11/15	σ^4	2,867.9	σ^9	4,702.0	0.084	884	3.1	27
	σ^5	2,929.0	σ^{10}	4,479.0	0.077	3,243	7.1	230
			σ^{11}	4,821.0	0.067	2,727	0.2	6
2021/11/19	σ^5	2,929.0	σ^{12}	5,207.0	0.083	2,840	0.8	23
			σ^{13}	4,524.6	0.069	4,162	6.8	282
			σ^{14}	4,568.0	0.070	2,630	6.2	163
	σ^6	2,902.0	σ^{12}	5,207.0	0.083	1,943	0.0	0
			σ^{13}	4,524.6	0.069	482	9.5	46
			σ^{14}	4,568.0	0.070	2,837	10.8	307
平均	2,831.3		4,888.7	合計	42,635		1,343	

なお、偽雄親魚の精子の動きが弱いものが多く、発生が進まず死滅し白濁する卵もみられたことから、精漿液中の炭酸水素イオンを高くし、精子の運動能を獲得させることで発眼率の向上を図った。また、今年度は、卵管理中の水質悪化により発眼率が低く、ふ化した稚魚数が少なかったことから、今後は、卵管理に必要な水量の確保及び循環ろ過水槽を使用した卵管理を行っていく必要がある。

2 ニジマス海水馴致試験

(1) 淡水飼育試験

各区の淡水飼育試験中の生残率及び体重推移を図1及び図2に示した。海水経験区では、海水経験中に斃死がみられたが、海水経験中も摂餌を行っていたため、配合飼料を給餌した。塩餌1区及び塩餌2区では塩餌給餌中の斃死はみられなかった。各区とも試験期間中の成長に有意な差はみられなかったが、海水経験区では海水経験後に高成長を示した。また、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。

水投入直後の斃死数が多く、海水投入時のハンドリングが影響したと考えられる。しかし、他の区では令和4年4月時点での生残率は86–93%と高い傾向がみられた。各区の4月時点での体重組成を図3に示した。海水経験区でほとんど成長していない個体がみられるものの、対照区での体重の大小差は比較的小さく、成長不良個体割合も低いことから全雌種苗の海水飼育での有効性が確認された。塩餌1区と塩餌2区では、海水投入後の生残率や成長に差がみられないことから、給餌日数が海水投入時のストレスに影響しておらず、対照区とも有意な差はみられなかった。

本試験では、ドナスチ系全雌種苗の淡水飼育時の海水経験や塩餌給餌は、海水投入後の生残率や成長に直接は影響していないと考えられた。しかし、稚魚期における海水経験は淡水期に高成長を示すため、海水投入サイズを大きくすることで、海水投入によるストレスを減らし、取り上げ時に成長の良い個体を増産できる可能性がある。

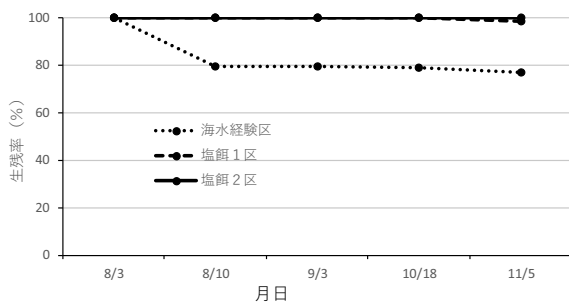


図1 試験期間中の生残率

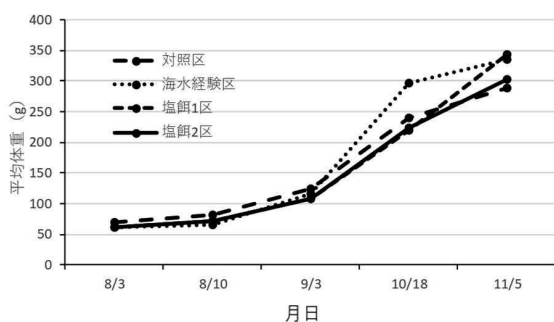


図2 各区の体重推移

(2) 海水馴致条件の検討

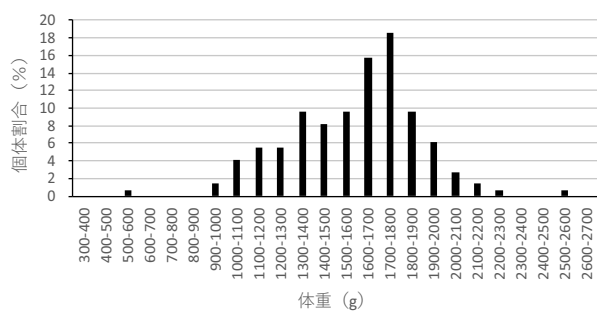
海水投入別の各区収容水槽の淡水の水温は 15.2°C、50 kL 円形水槽の海水温は 11.9°Cであった。海水投入尾数は対照区 156 尾 (平均体重 351.2g)、海水経験区 123 尾 (平均体重 381.5g)、塩餌1区 59 尾 (平均体重 363.5g)、塩餌2区 61 尾 (平均体重 360g) であった。

各区の飼育結果を表2に示した。成長不良個体は瞬間成長率が0.3%以下の個体とした。海水経験区では海

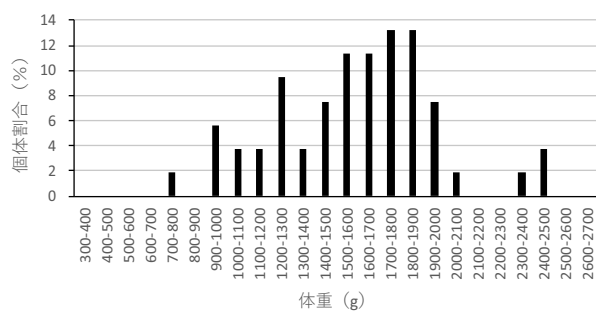
表2 ニジマス飼育経過

試験区	日数 (日)	体重 (g)			個体数 (尾)	生存率 (%)	瞬間成長率 (%)	成長不良 個体割合 (%)	給餌量 (kg)	増肉係数
		平均±標準偏差	最大	最小						
対照区	0	351.2 ± 38.1	531.2	271.8	156					
	29	462.7 ± 69.7	796.1	258.7	151	96.8	0.93	3.8	6.04	0.36
	62	655.1 ± 114.3	1,241.2	333.9	148	94.9	1.03	0.7	26.71	0.95
	90	868.0 ± 173.5	1,615.2	362.0	148	94.9	0.98	3.4	32.37	1.03
	120	1,228.7 ± 235.8	2,047.8	513.4	148	94.9	1.16	0.0	63.15	1.18
	154	1,589.3 ± 294.3	2,560.0	544.0	146	93.6	0.75	2.7	80.91	1.55
海水経験区	0	381.5 ± 74.6	652.7	220.1	123					
	29	466.4 ± 114.8	829.4	232.3	101	82.1	0.74	15.4	8.62	0.95
	62	681.6 ± 189.3	1,320.8	281.5	100	81.3	1.11	3.0	18.83	0.88
	90	870.1 ± 254.0	1,673.5	293.2	98	79.7	0.85	7.1	27.60	1.44
	120	1,218.6 ± 334.7	2,227.6	365.4	92	74.8	1.05	2.2	34.65	1.13
	155	1,589.2 ± 465.7	2,697.4	336.4	92	74.8	0.72	8.7	51.01	1.50
塩餌1区	0	363.5 ± 78.3	552.4	196.9	59					
	29	465.1 ± 116.4	782.9	262.9	54	91.5	0.83	5.1	11.41	0.91
	62	676.2 ± 166.7	1,167.9	390.1	54	91.5	1.14	0.0	19.78	0.88
	90	880.5 ± 220.2	1,520.2	498.8	54	91.5	0.94	3.7	24.48	1.10
	121	1,180.2 ± 282.8	1,899.0	650.8	53	89.8	0.94	3.8	40.48	1.28
	155	1,597.6 ± 368.2	2,497.0	792.0	53	89.8	0.9	3.8	61.79	1.41
塩餌2区	0	360.0 ± 91.1	679.0	199.4	61					
	29	490.5 ± 121.3	909.8	201.9	54	88.5	1.07	1.6		
	62	693.9 ± 165.1	1,200.5	288.1	54	88.5	1.06	0.0		
	90	905.7 ± 220.7	1,498.2	389.6	53	86.9	0.81	0.0		
	121	1,205.7 ± 274.5	1,498.2	389.6	53	86.9	0.93	0.0		
	155	1,617.5 ± 360.3	2,322.8	620.6	53	86.9	0.86	3.8		

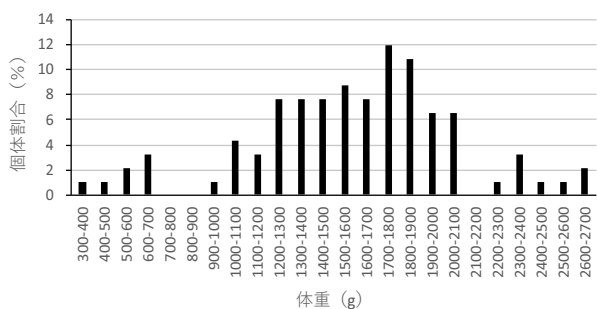
対照区



塩餌1区



海水経験区



塩餌2区

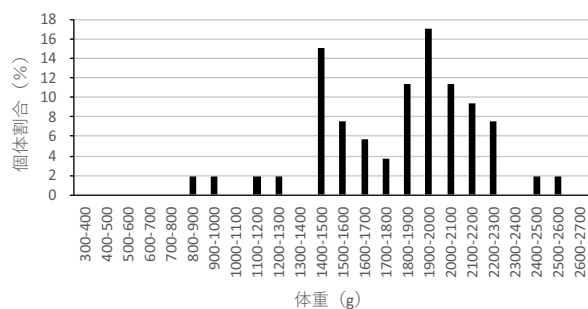


図3 令和4年4月の各区の体重組成

総 括

1 ニジマス全雌種苗生産試験

(1) 紫外線照射強度検討試験

令和元年度に、ニジマス雌性発生のための不活化精子を得るために必要な紫外線照射強度を検討した。照射強度を照射なし、1,000erg/mm²、2,500erg/mm²、5,000erg/mm²、10,000erg/mm²とし、受精卵は自然水温で管理した。滑床養魚場で受精を行ったところ、5,000erg/mm²と10,000erg/mm²でふ化率が0.5%と6.4%であり、半数体であることを示す奇形率も100%と50%であった。令和2年度には、照射強度を5,000erg/mm²とし、自然水温で卵管理した受精卵の発眼率は23.2%、奇形率も96.2%であった。このことから、確実に精子を不活化させるためには、紫外線照射強度は5,000erg/mm²以上は必要であると考えられた。

(2) 高温処理水検討試験

令和元年度と2年度にニジマス雌性発生させるために、第二極体の放出を阻止する処理温度及び処理時間について検討した。不活化精子は(1)により、5,000erg/mm²の紫外線を照射したものを使用し、卵と自然水温で受精させ、受精開始10分後に高温処理により第二極体放出阻止を行った。処理温度は24℃、26℃、28℃とし、処理時間は10分、20分、30分とした。高温処理では、処理温度が高く、処理時間が長いほど発眼率が低下し、致死率が高くなる傾向がみられた。24℃の高温処理区では、奇形率が最も高く、この温度では第二極体の放出が阻止されていないと考えられた。26℃の高水温処理区では、20分の処理区が正常個体の割合が高い傾向があった。これらの結果から、正常な雌性発生魚を得るためには、精子を5,000erg/mm²の紫外線照射で不活化後に卵と受精させ、得られた受精卵を26℃・20分の浸漬により高温処理をすることが効率的な方法であると考えられた。

(3) 全雌種苗量産

(1)及び(2)の方法による雌性発生では、全雌種苗を得るための方法として発眼率が低いことが課題である。全雌種苗を効率的に量産するため、性転換雄を用いて全雌種苗作出を行った。性転換雄は、ニジマスふ化仔魚に17- α -メチルテストステロンを1ppm混合した飼料を60日間経口投与し、作出した。この性転換雄と通常雌を用いて、令和2年度には1.1万尾、令和3年度には1,343尾の正常な全雌種苗が得られた。このことから、県内での全雌種苗の生産が可能であり、今後も性転換雄の作出により、全雌種苗の量産が今後期待できる。

2 ニジマス海水馴致試験

令和元年-3年度でニジマス海水馴致試験を行い、令和元年度の試験では、18-20℃での海水馴致では生残率が11%と低く、ニジマスの海水馴致条件は18℃以下が適していると考えられた。そのため、令和2年度は、

13℃及び17℃での海水馴致及び海水直接投入とし、馴致時に水温及び塩分両面で最もストレスがかかったとされる17℃・直接投入区でも飼育初期に成長・生残が他の区よりも低かったが、有意な差は認められなかった。その後、飼育期間の経過とともに、その差はみられなくなった。これらから、ドナスチ系ニジマスの海水馴致は18℃以下が適しており、飼育初期にはストレスがかかるものの、成長や生残には影響がなく、直接投入が可能であることが考えられた。

令和3年度には、偽雄親魚から作出した全雌種苗を用いた海水馴致試験を行った。この全雌種苗の稚魚期に海水経験や塩餌給餌を行ったが、海水飼育時に有意な差はみられなかった。海水経験区では、海水投入後に成長・生残に差はみられなかったものの、稚魚期に1度海水経験をさせることで、海面導入時までの淡水期に高成長を示した。全雌種苗の海水飼育試験では、対照区で種苗の大小差が小さく、これまでのニジマス海面養殖の課題であった成長差の改善が期待できる結果を得ることができた。

これらのことから、本事業において作出した全雌種苗は海水直接投入が可能であり、県内でのニジマス海面養殖に用いることができると考えられた。しかし、3年度の試験では、実際の養殖現場で必要とされる海面養殖用ニジマスの海水導入サイズ及び出荷サイズにまだ達せてない。そのため、今後県内でのニジマス海面養殖の普及には、育種や高水温に強い全雌種苗の作出が必要である。

優良ピース貝選別技術開発試験

横井 佑亮・西川 智

目 的

アコヤガイ真珠の品質は真珠層の性状に大きく左右され、このうち色目の価値は、真珠層を構成している結晶層一層の厚さ(結晶層厚)に強く影響を受ける¹⁾。これまで良質な真珠を産出させる適切な貝殻結晶層厚のピース貝を開発して真珠養殖業者に普及させてきたが、依然として結晶層厚にはバラツキがあり、これが真珠品質の均質化を妨げる要因になっている。このため本研究では、バラツキを抑えるために、現場でできる簡便な優良ピース貝選別技術を開発する。

事業最終年度である今年度は、この目的を達成するために次の2課題について検討した。

1 真珠養殖業者選別実証試験：真珠養殖業者が簡便に貝殻結晶層厚と貝殻内面色の関係を把握し、優良ピース貝を選別できるよう昨年度に作成した、選別指標のポスターに基づいて真珠養殖業者が自ら選別したピース貝を用いて、真珠を試験養殖する。

2 ピース貝の種苗生産：選別した親貝を用いて次代を種苗生産し、優良ピース貝の選抜育種を進める。

方 法

1 真珠養殖業者選別実証試験

宇和島市内の真珠養殖業者が目視選別したピース貝と、統一したサイズの母貝及び核を用いて、令和3年6月から同年12月にかけて真珠養殖試験を行った。

ピース貝は、平成31年産干渉色選抜ピース貝50個について、左殻の内面色により選別指標のポスターに従って次のとおり目視選別した。ベスト選別区：貝殻結晶層厚が適切とされる410~440nm程度と判断した個体、対照区：ベスト選別区を除いてランダムに選択した個体。各区5個体について外套膜を切り出してピース(組織片)を作成し、令和元年産交雑貝各区130個を母貝として、単核で挿核した。また、各区のピース貝左殻全てを水洗、風乾後、それぞれについて貝殻結晶層厚を既報¹⁾により計測した。

これらを継続して養殖管理し、浜揚げした真珠について、日本真珠振興会に依頼して最も価値の高い1級、価値の低い2級及び価値のない3級の3区分に分類した。さらに、これらの真珠の価値について、経済的価値が最も高かった1級の区を100とした相対値で、それぞれ単価係数を算出した。

2 ピース貝の種苗生産

令和4年3月に、当センターが保有するピース貝の親貝系統から、干渉色選抜と白色貝の2系統を用い

て生産した。干渉色選抜系統は、当センターで令和2年3月ふ化の同系統雌9個体と、令和3年3月ふ化の同系統雄7個体を、また、白色貝系統は、令和2年3月ふ化の同系統雌39個体と、平成31年3月ふ化の同系統雄8個体を、それぞれ親貝に用いて生産した。なお、これら親貝の選別には、本事業で作製した選別指標に基づき、目視で貝殻結晶層厚が410~440nm程度と想定される個体を選んだ。種苗生産は既報²⁾により切開法で行い、系統ごとに卵及び精子をプールしてから授精した。

結果及び考察

1 真珠養殖業者選別実証試験

目視選別した左殻の貝殻結晶層厚の平均を図1に示す。区間で貝殻結晶層厚に有意差は見られなかった(スチューデントのt検定、 $t(8) = 0.79$ 、 $p > 0.05$)。

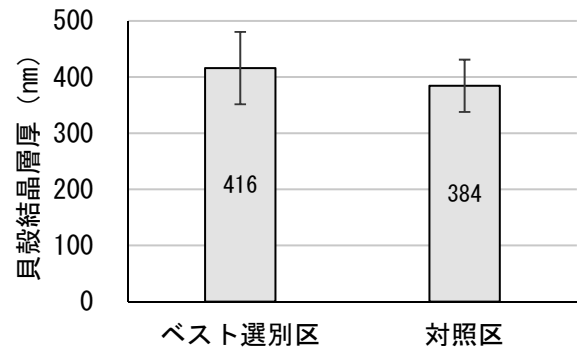


図1 目視選別したピース貝の貝殻結晶層厚
(縦棒は標準偏差)

浜揚げした真珠の等級別個数を図2、等級別個数割合を図3に示す。区間の等級と個数の関係には有意な差は見られなかった(マン・ホイットニーのU検定、 $U = 8529$ 、 $p > 0.05$)。また、等級別個数割合でも、区間の等級と個数割合の関係には有意差は見られなかった(マン・ホイットニーのU検定、 $U = 4565$ 、 $p > 0.05$)。

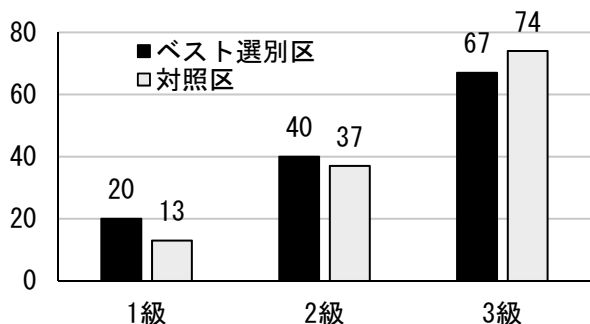


図2 浜揚げした真珠の等級別個数

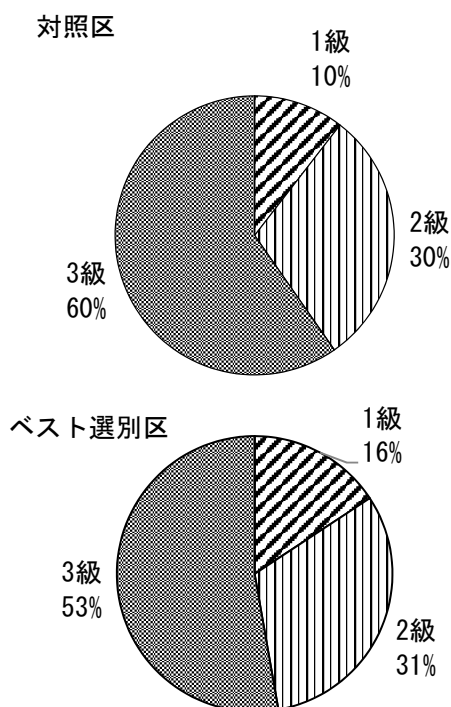


図3 浜揚げした真珠の等級別個数割合

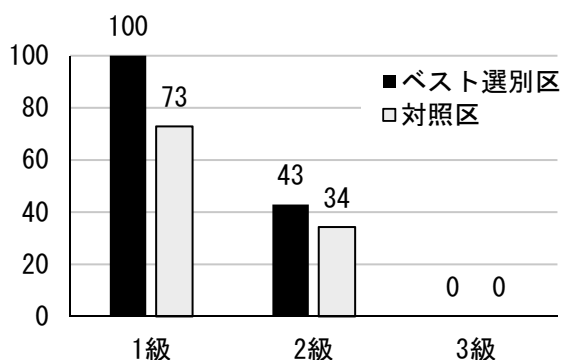


図4 浜揚げした真珠の等級別単価係数

浜揚げした真珠の等級別単価係数を図4に示す。区間の等級別単価係数には有意差は見られなかった(マン・ホイットニーのU検定、 $U = 7504$ 、 $p > 0.05$)。

本試験の結果では、各項目で有意差が確認できなかった。サンプルサイズが小さく、検出力も低かった可

能性があり、サンプルサイズを大きくして試験を実施する必要がある。

2 ピース貝の種苗生産

3月末現在、2系統の浮遊幼生をそれぞれ約1,000万個体ずつ飼育管理している。今後は、これらを屋内で付着稚貝まで育成した後、屋外に垂下して育成する予定である。

総括

アコヤガイ真珠の品質は、使用するピース貝の貝殻真珠層の性状に強く影響を受け、特に色目は、貝殻真珠層を構成している結晶層の一層の厚さに左右されることが分かっていたが、結晶層の一層の厚さの測定には、従来、特殊な分析機器が必要であった。また、当センターではこれまで適切な貝殻結晶層厚のピース貝を開発し、稚貝を生産、出荷してきたが、現場では依然として挿核時に使用されるピース貝の貝殻結晶層厚にバラツキがあり、真珠の品質の均質化を妨げる要因になっていた。このことから、真珠養殖業者自らが簡易に適切な貝殻結晶層厚のピース貝を選別できる技術の開発が必要であった。

本事業では、貝殻内面色と貝殻結晶層厚の関係を明らかにし、貝殻結晶層厚を目視で推定できる特徴を見いだした。また、昨年度には、この関係に基づいて真珠養殖業者が現場で簡便に適切なピース貝を目視選別できるよう、選別指標ポスターを配布して技術の普及を図った。

なお、本技術を用いて生産するピース貝種苗の需要量が事業開始前の52万個(平成30年)に対して約5倍(令和4年)の250万貝に達する等、本研究の成果は、高品質なピース貝の普及に大きく貢献している。

文献

- 1) 小田原和史・尾崎良太郎・高木基裕：非破壊で真珠層結晶層厚を計測したピース貝と真珠の特徴。水産技術 9(1): 9-20 (2017)
- 2) 小田原和史・曾根謙一・薬師寺房憲・久枝弘幸・伊藤冬樹：5 アコヤガイ。愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告 平成22年度: 125 (2012)

アコヤガイへい死緊急対策事業

I 環境資源室

関 信一郎・三門 哲也

目 的

令和元年から国内各地の真珠養殖漁場において発生しているアコヤガイ稚貝の大量へい死に及ぼす漁場環境の影響を明らかにすることを目的とした。

方 法

各漁場の水温をモニタリングするため、宇和海水温情報運営管理協議会が、愛南町油袋（愛南地区）、宇和島市須下（下灘地区）及び宇和島市下波（下波地区）に設置した水温計のデータを収集した。

また、溶存酸素濃度の推移をモニタリングするため、愛南町油袋、津島町曾根（下灘地区）及び宇和島市下波にデータロガー式の溶存酸素センサーを設置し、データを収集した。

結 果

水温調査を実施した3地点における10時の水温を図1-3に示した。3地点とも、暖冬や暖水波及の影響により、3月上旬から4月上旬までは平年より1℃以上高く、4月下旬から5月中旬にかけて平年並みで推移したのち、定期的が発生した暖水波及により、9月下旬まで水温は乱高下を繰り返した。10月以降は平年並みで推移した。

また、溶存酸素センサーを設置した3地点における10時の溶存酸素濃度の推移を図4-6に示した。付着生物の影響で一部期間のデータが欠測となったが、アコヤガイの生残に影響を与える低酸素は確認されなかった。



図1 水温の推移（愛南地区）

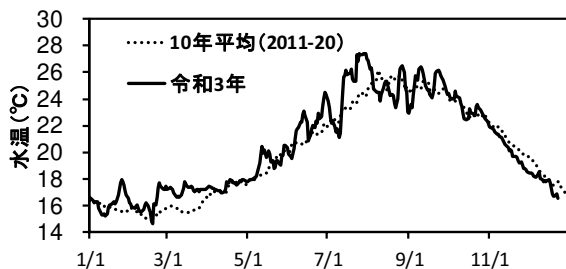


図2 水温の推移（下灘地区）

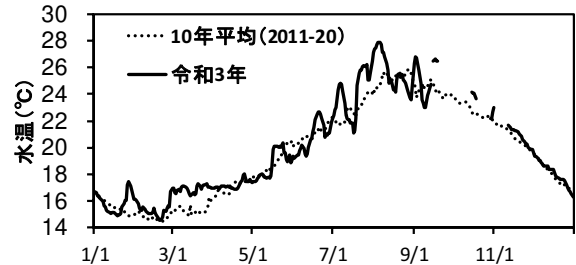


図3 水温の推移（下波地区）

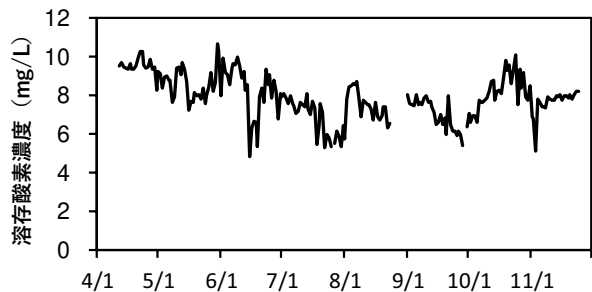


図4 溶存酸素濃度の推移（愛南地区）

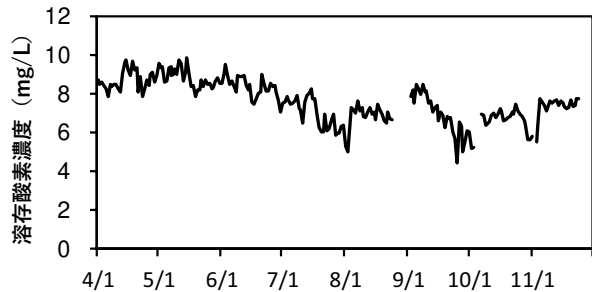


図5 溶存酸素濃度の推移（下灘地区）

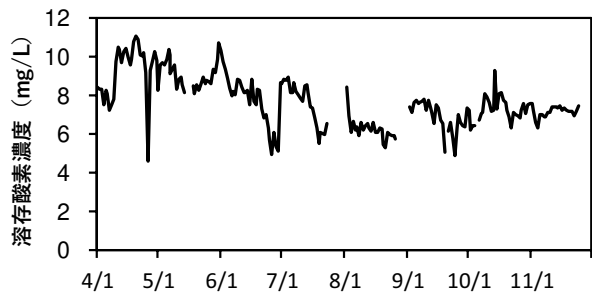


図6 溶存酸素濃度の推移（下波地区）

アコヤガイへい死緊急対策事業

II 養殖推進室

西川 智・横井 佑亮・滝本 真一・清水 孝昭

目的

令和元年の夏から発生しているアコヤガイの大量へい死の原因を究明するとともに、高水温、低餌料環境でも高生残が期待できる貝の選抜技術を開発し、現場に普及する。また、より環境変化への適応力の高い強い貝の選抜育種や生残率向上を図るための技術を検討する。

方法

1 モニタリング調査

令和2年春生産の母貝(2年貝)は、貝殻及び貝肉の異常、閉殻筋の赤変化及びグリコーゲン含量並びにへい死率を、令和3年春生産稚貝は、貝殻及び貝肉の異常並びにへい死率を調査した。

2 挿核試験

令和3年5月11日に挿核し、宇和海北部海域で養殖した日中交雑貝及び中東系交雑貝を、同年8月17日及び10月11日に100ppmのALC溶液に15-20時間浸漬して内部の真珠を染色し、翌年2月2日に、令和2年の同時期に同法で挿核、染色した日中交雑貝とともに浜揚げした。浜揚げした珠のうち、10個をエポキシ樹脂に包埋して0.8mmに薄片化し、蛍光顕微鏡G励起(510-560nm)下で養殖期間別の巻厚を測定した。また、令和2年秋出荷の母貝のうち、サイズが小さい、又は貝殻真珠層に段があるために出荷できなかった貝を、翌年6月まで母貝として養殖した後、オゾンを利用した短期仕立てを行い、6-7月に挿核し、翌年1月に浜揚げしてへい死率、真珠の歩留まり、商品率等を調査した。

3 殻体運動計測

アコヤガイの殻の開閉運動を調査するため、当センター地先に設置した貝リングル(東京測器研究所製)により、水深1m及び3.5mで飼育した日中交雑貝4年貝の開閉運動を、1秒間隔で連続観測するとともに、同じ水深に係留型クロロテック(JFEアドバンテック社製)を垂下し、水温、クロロフィルa量及び濁度を、1時間間隔で連続観測した。

4 漁場移動調査

県内の種苗生産施設で令和3年3月に生産された日中交雑貝を生産施設から宇和海北部から南部の5か所及び伊予市に直接沖出しし、10月末まで生育状況を調査した。

5 選抜育種

当センターで継代飼育している、令和元年産の日本貝と中国貝、各3系統について、母集団約1,000個体の内200個体を目視選抜し、令和3年4月に血清中の総炭水化物含量(以下TCという)の高い雌雄各20個体を選抜して、同年5月及び8月に切開法により交雑した。

結果及び考察

1 モニタリング調査

2年貝では4月の調査開始時から、各漁場において病状の回復に伴う貝殻内面の段が確認され、北部漁場では回復の遅れと考えられる貝肉の萎縮が確認された。6月中旬に中部及び北部海域で真珠層の褐変個体が確認され、調査期間を通して異常が継続した(図1)。閉殻筋の赤変化は確認されなかったが(図2)、閉殻筋グリコーゲン含量は、全ての地点で6月以降減少傾向となり、7月以降に健康度の指標となる3%を下回る値とな

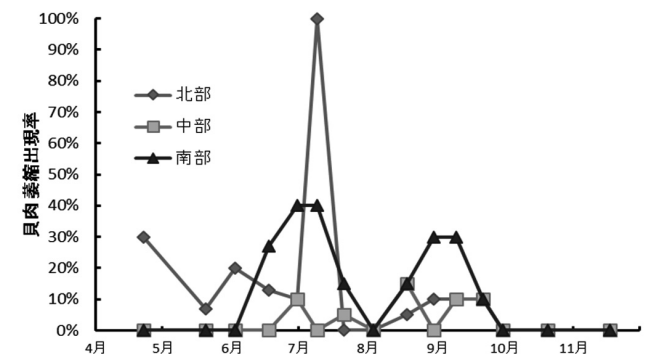
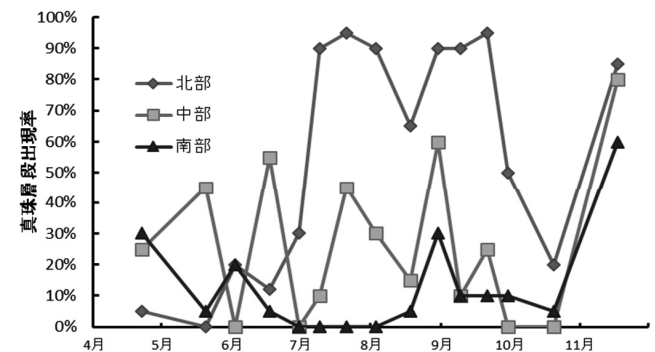
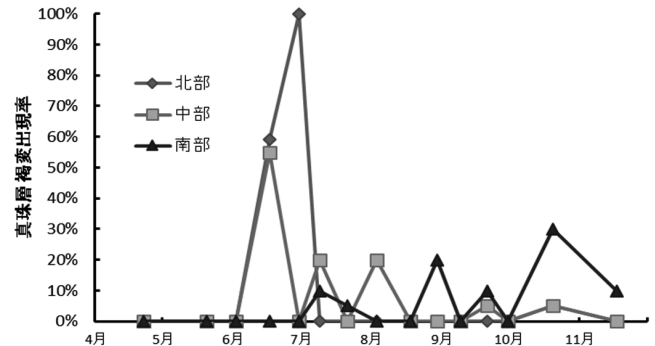


図1 貝殻又は貝肉に異常が確認された母貝の出現率の推移

った(図3)。へい死率は、北部海域では15%程度、中南部海域では数%であり、大量へい死は確認されなかったが(図4)、生残している貝の多くに異常からの回復に伴う真珠層の段が確認された(図1)。

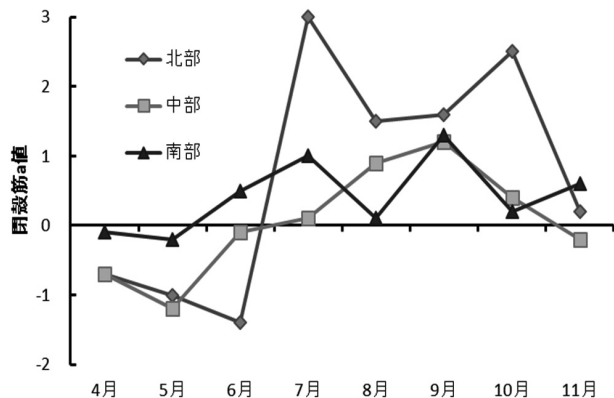


図2 閉殻筋の赤変度の推移

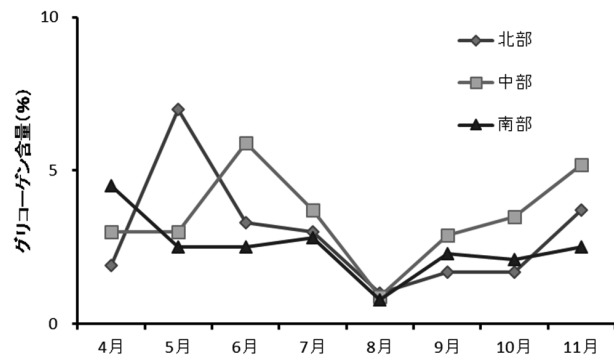


図3 閉殻筋のグリコーゲン含量の推移

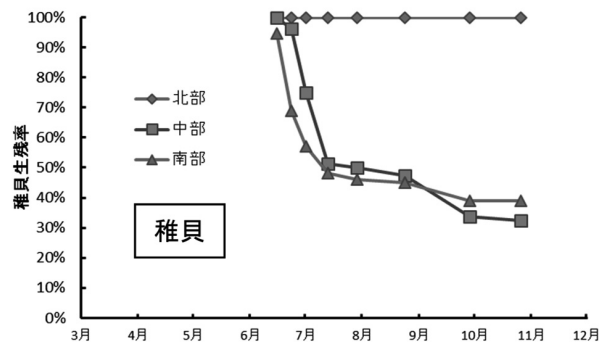
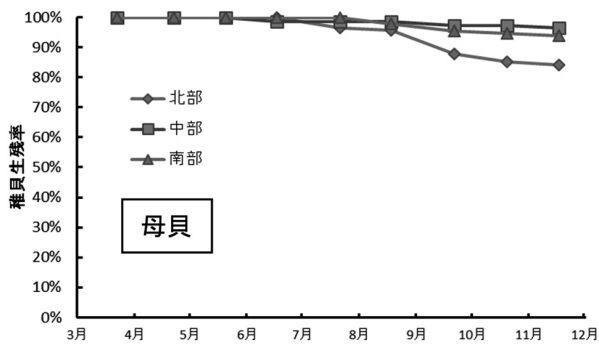


図4 生残率の推移

稚貝では、6月15日の調査時に貝殻内面の異常とへい死を初確認した(図4、5)。その後、成貝と同様に異常

が継続し、中・南部海域では8月中旬まで約55%の大量へい死が確認され、11月末までに、約70%のへい死が確認された。一方、北部海域では、貝殻内面の異常個体は確認されたが、大量へい死は確認されなかった(図4)。生残した貝の約25%に、異常からの回復に伴う真珠層の段が確認された(図5)。

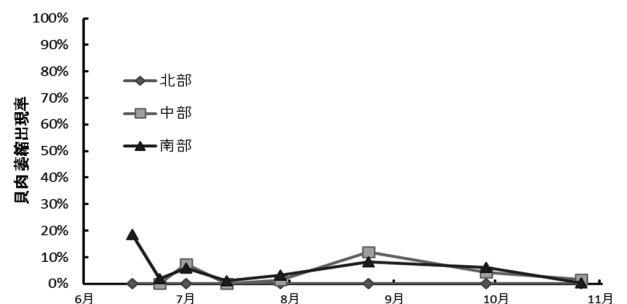
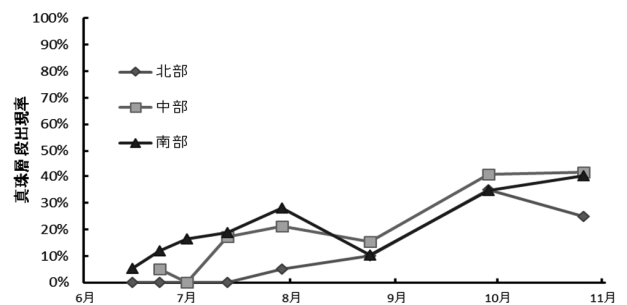
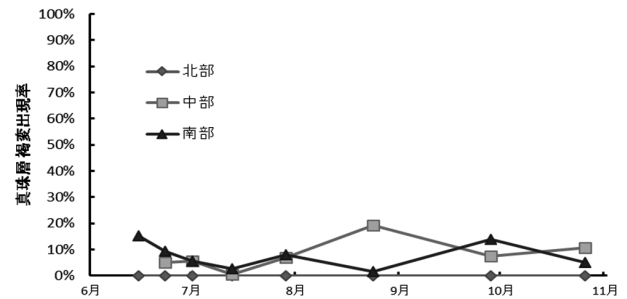


図5 貝殻または貝肉に異常が確認された稚貝の出現率の推移

2 挿核試験

5月11日に挿核した貝の1日当たりの真珠層の形成を見ると、6-8月は1日当たり $4.7 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、9-10月は $4.2 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、11-翌1月は $1.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ であり、昨年度と同等であった。前年挿核した越物真珠の断面を観察すると、1年目の6-8月は1日当たり $4.7 \pm 1.1 \mu\text{m}$ 、9-10月は $4.2 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、11-翌8月は $1.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 、翌9-10月は $3.6 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、11-翌1月は $1.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ であり、当年物に比較して、巻の厚さは倍以上になることが確認された。しかし、11-翌8月に形成された真珠層に突起やシミ等の異常が出現した珠が、約半数確認された。

小型や貝殻真珠層に異常のある母貝を用いた挿核試験では、前年10月末に平均8-9匁であった小型貝を翌年6月までネットで養殖すると、抑制貝と同等の平均12匁まで成長し(図6)、短期抑制後挿核した珠を比較すると、通常出荷貝に比較して、沖出し後のへい死率がやや

高いものの、真珠品質に大きな差は認められなかった(表1)。

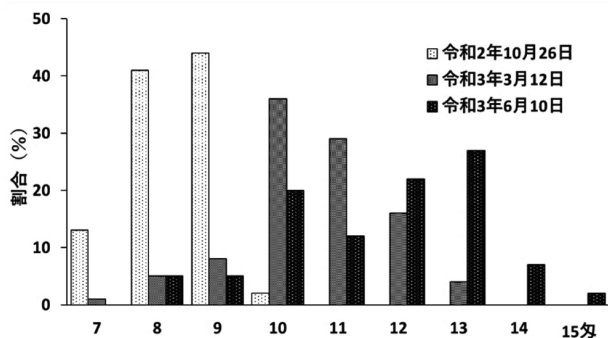


図6 規格以下の小型母貝の成長

表1 挿核試験結果

種類	へい死率 (%)	脱核率 (%)	製品率 (%)
正常貝	10.1	18.0	74.0
小型貝	26.3	13.4	62.9
貝殻異常貝	29.4	24.2	61.6

3 殻体運動計測

貝リンガルの応答波形をみると、7月下旬から9月下旬にかけて、通常と比べて明らかに不規則な殻の開閉運動(開閉頻度の増加、長時間の閉殻)が頻発し、8月4日に、3.5m層の測定貝がへい死した。不規則な動きが確認された期間には、昨年と同様に、赤潮プランクトンである *Mesodinium rubrum* が最大 14,000cells/mL 確認された。

アコヤガイのへい死を引き起こすプランクトンに、*Heterocapsa circularisquama* が知られているが、これまで宇和海海域では検出されていない。一方、アコヤガイの大量へい死が確認された令和元年以降、稚貝のへい死多発時期にしばしば「黒い潮」が漁場に流入し、貝がへい死するという話を養殖業者から聞いている。7月中旬と9月上旬に、宇和海中部漁場の業者から「黒い潮」として持ち込まれた海水を検鏡すると、*M. rubrum* が最大 4,000-11,000cells/mL 確認された。同プランクトンは二枚貝には無害とされているが、高濃度で長時間暴露されることで、貝にストレスを与えている可能性がある。

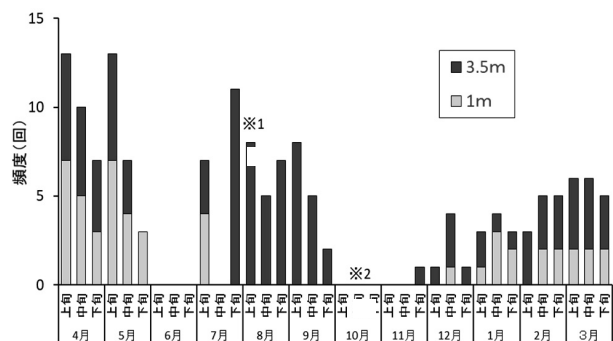


図7 2時間以上閉殻した頻度の月別推移

長時間閉殻の頻度を月別・旬別にみると(図7)、7月

下旬から増加し、9月下旬まで継続して確認された。こうした長時間閉殻の発生状況は、7月以降、貝がストレスを受け続けていたことを反映しているものと考えられた。

令和元年以降のへい死は、ウイルス感染症によるものであることが判明した*。赤潮や急潮流入による急激な水温変動、大雨による陸水流入や濁度増加などのストレスは病状を悪化させる可能性があり、貝の状態に応じた養殖管理が必要と考えられるため、貝リンガルによる貝の常時モニタリングが有効となるかもしれない。

4 漁場移動調査

各漁場に移動した貝の、10月末の累積へい死率、貝殻段出現率、殻長を図8に示す。

殻長は海域による差は小さかった。稚・母貝養殖が行われている宇和海中部及び南部海域では、累積へい死率が55-59%、貝殻段出現率が25-75%であるのに対し、母貝養殖のない宇和海北部海域ではへい死が確認されず、貝殻段出現率は0-50%であった。また、瀬戸内海側の伊予市ではいずれも0%であった。伊予市ではアコヤガイの養殖実態がなく、使用した貝は種苗生産施設から直接導入したものであることから、感染の機会がなかったものと推察された。

11月以降は、水温が低下するため、宇和海北部に移動した貝は、中・南部海域に移動して養殖するが、2年目以降の貝のへい死率は低いことから、1年目秋季までの稚貝の北部漁場での飼育は、へい死軽減に有効な手段であると考えられる。今後は、養殖業者が主体となって実証試験を行う予定である。

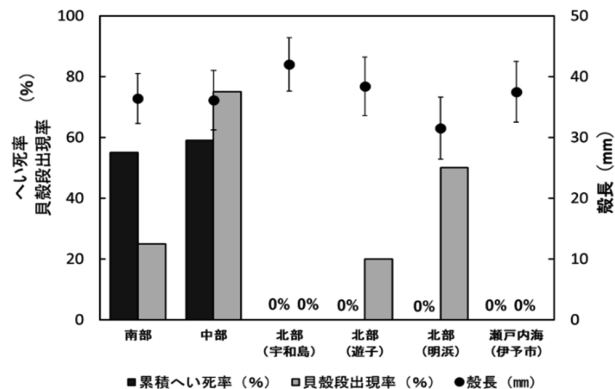


図8 漁場移動貝の状況

5 選抜育種

血清中のTC量を指標にした選抜育種では、系統保存として日本貝、中国貝種苗を各2系統ずつ計51万貝作出するとともに、稚貝の大量へい死に対応するため、日中交雑貝107万貝を緊急生産した。生産貝は9月上旬に伊予市森漁港に沖出しして育成し、11月中旬に県内養殖業者に試験配付した。

*アコヤガイの高水温期の大量死および軟体部萎縮症に関する感染試験。松山知正・三輪理・米加田徹・松浦雄太・高野倫一・中易千早, 令和3年度日本魚病学会春季大会.(2021.3)

アコヤガへい死緊急対策事業

Ⅲ 魚類検査室

板野 公一・川上 秀昌

目 的

令和元年の夏季以降、国内各地の養殖アコヤガイで稚貝のへい死や特徴的な異常（貝殻内面の褐変等）が発生し問題となっており、本県においても真珠・真珠母貝養殖業に大きな被害を与えている。これまでの調査・研究で、その原因はウイルスによる感染症と判明している。

そこで、本調査では密度別での稚貝の死亡状況、感染状況及び感染期について検討を行った。

方 法

海域別・密度別調査の供試貝は、愛南町海洋センターで生産された人工種苗の稚貝（平均殻長 1.6mm）を用いた。死亡状況の観察は 8 月末まで毎週行い、9 月から 12 月までは 1-2 回/月行った。

1 回目の調査では、5 月 12 日に高密度（15,000 個/カゴ）、中密度（7,000 個/カゴ）及び低密度（3,000 個/カゴ）に設定して垂下し、6 月 9 日まで観察した。

2 回目の調査では、1 回目の調査での生残貝（平均殻長 5.1 mm）を、高密度（7,000 個/カゴ）、中密度（3,000 個/カゴ）及び低密度（500 個/カゴ）に設定して垂下し、7 月 21 日まで観察した。

3 回目の調査では、2 回目の調査での生残貝（平均殻長 17.2 mm）を、高密度（500 個/カゴ）及び低密度（200 個/カゴ）に設定して垂下し、12 月まで観察した。対照区として、各調査区を伊予市に垂下し、同様に観察した。

感染状況及び感染期の調査は、密度別調査時にサンプリングを行った。愛南町のサンプルは、5 月から 12 月までに計 267 個体、伊予市のサンプルは 6 月から 11 月までに計 108 個体を採取した。サンプルの保存は、DNA/RNA シールド（ZYMO RESEARCH）を用い、解析を行うまで -80℃ で保管した。サンプルからの核酸抽出は、TRIzol（Thermo Fisher Scientific）を用い、病原体遺伝子の検出は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構で開発されたリアルタイム PCR 法（qPCR）で行った。また、追加調査として、伊予市で垂下中の稚貝（平均殻長 9.9mm）を 8 月に愛南町へ 1,600 個を移送して、死亡状況の確認と病原体遺伝子の検出を試みた。

結 果

1 回目の密度別調査では、各区で死亡は認められなかった。2 回目の調査では、愛南町に垂下した各区で 6 月から死亡が確認され、調査終了時の各区の生残率は、それぞれ高密度区：7.4%、中密度区：15.2%、低密度区：43.0%で、低密度区の生残率が高い結果となった（表 1）。

表 1 稚貝の密度調査（2 回目：6 月から 7 月まで）

調査区	愛南	
	(個/カゴ)	生残個体数 生残率 (%)
高密度区	7,000	517 7.4
中密度区	3,000	455 15.2
低密度区	500	215 43.0

※各区死亡確認日は、6月16日。死亡のピークは、6月30日調査時

死亡が確認された 6 月の水温は、23℃ 台で、6 月末の死亡ピーク時に死亡個体の大きさを測定した結果、平均殻長が 6.5mm と小型の個体が多かった（図 1、2）。3 回目の調査では、各区の生残率は高密度区：68.2%、低密度区：53.5%となり、殻長 20mm 程度に成長したアコヤガイでは、密度による大きな差異は認められなかった（表 2）。

なお、伊予市の供試貝では、死亡は確認されなかった。

表 2 稚貝の密度調査（3 回目：7 月から 12 月まで）

調査区	愛南	
	(個/カゴ)	生残個体数 生残率 (%)
高密度区	500	341 68.2
低密度区	200	107 53.5
移送区	1,600	142 8.9

※各区の死亡のピークは、8月5日～8月12日頃

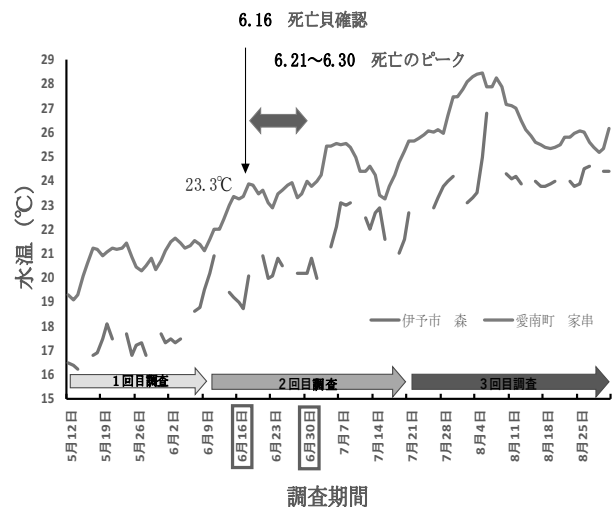


図 1 愛南町における死亡発生時の水温の推移

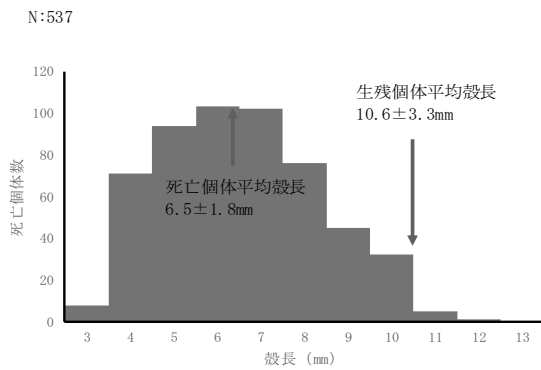


図2 愛南町における死亡個体の平均殻長

感染状況及び感染期の調査について、愛南町では、垂下直後の5月に病原体遺伝子が検出され、以降、10月まで認められた。各月にサンプリングした貝のqPCR法による病原体遺伝子の検出率は、それぞれ5月：33% (N=60)、6月：74% (N=135)、7月：15% (N=54)、8月：61% (N=33)、9月：44% (N=27)、10月：17% (N=18)、11月：0% (N=9)、12月：0% (N=12)であり、これらの個体から検出された遺伝子量は、 10^4 – 10^6 copy/mgであった(図3)。伊予市から愛南町へ移送した稚貝では、垂下2週間までに約6割が死亡し、最終的な生残率は8.9%であった(表2)。死亡確認時の検出率は、67% (N=15)、遺伝子量は 10^5 copy/mgであった。なお、垂下前のサンプル及び伊予市の各月のサンプルでは、遺伝子は検出されなかった。

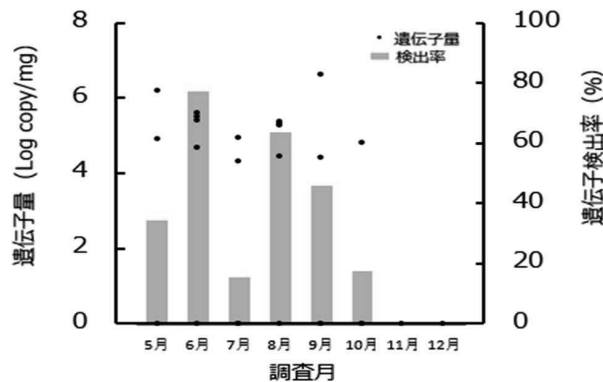


図3 愛南町における各月の病原体候補遺伝子量と検出率

考 察

海域別・密度別の死亡状況を調査した結果、愛南町(死亡発生海域)において垂下1か月後の6月に大量死が確認され、密度別に比較すると、生残率は低密度の方が高いことが明らかとなり、稚貝における低密度飼育の重要性が示唆された。また、死亡のピーク時における死亡個体と生残個体との大きさを測定した結果から、体力の劣る小さい個体から死亡するものと推察された。一方、生残個体を用いた3回目の密度別飼育では、顕著な死亡の

ピークはなく、生残率に大きな差は認められなかったことから、殻長20mm程度に成長した貝は、収容密度の影響は小さいものと考えられた。

海域別・密度別調査における貝252個体について、病原体候補の遺伝子量を調べた結果、愛南町では垂下直後のサンプルから遺伝子が検出されたことから、死亡が確認される2-3週間前(水温21℃付近)に暴露されていると推察された。遺伝子の保有状況は、月により検出率に差が見られたが、水温の高い夏場に高い傾向が認められた。また、11月以降は大量へい死個体に見られる「褐変」や「段」といった症状を呈する個体も含め遺伝子は検出されなかったことから、貝の成長や水温の低下により病原体は検出されなくなると考えられた。

伊予市から移送した貝では、垂下後2週間で大量死が確認された。本研究では海水中の遺伝子量の調査を行っていないが、夏場の病原体がまん延している養殖場において、非感染稚貝を死亡発生海域へ垂下すると死亡することが認められたことから、これまで主に春先に行われてきたアコヤ貝の種苗生産の時期を遅らせても、へい死の低減効果は得られないものと推察された。

今回の大量死の原因は、本研究及びこれまでの調査・研究により病原体の関与が明らかであるが、養殖現場では、1歳以上のアコヤガイでは、稚貝のような異常な死亡は観察されていない。この病原体の特性は不明であるが、稚貝の中でも小さい貝は感染すると死亡に至り易く、成長すれば感染しにくくなるか、感染しても死亡には至りにくいと考えられる。

今後、母貝の安定的な供給のためには、種苗生産に使用する親貝、孵化幼生及び飼育水について病原体の保有状況を明らかにしていくことが必要である。また、死亡発生海域において、キャリアとなる可能性のある生残個体(母貝)の遺伝子の保有状況や周辺海域の海水中の遺伝子量について調査を進め、感染源を明らかにしていくことも重要である。

本事業は、令和3年度水産防疫対策委託事業の助成で行った。