

種苗生産技術開発研究（ブリ）

莖田 峻希*1・中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎*2・神野 智

目 的

ブリは本県における重要な養殖魚種であるが、その種苗は天然資源に依存しており、人工種苗の利用はわずかである。ブリ養殖に人工種苗を導入すると、これまでできなかった卵から稚魚までの期間も人為管理できることから、トータルでトレーサビリティを確保できる。また、人工種苗を用いることで、資源管理の実践を海外の消費者へより強くアピールすることが可能となり、輸出拡大に寄与すると考えられる。そこで、本種の人工種苗を用いた養殖をさらに推進するため、種苗生産技術開発研究をおこなった。

方 法

1 親魚養成および成熟調査

令和2年8月27日から翌28日にかけて、当センター地先の金網生簀で採卵用に養成していたブリ親魚87尾（以下、養成三歳魚）のうち、84尾が酸欠とみられる症状でへい死したため、10月16日に、県内の養殖業者が保有していた養殖魚（以下、新規二歳魚）を親魚として導入し、同じく金網生簀で養成した。

1回次の親魚には、養成三歳魚の生き残りのうち1尾と、新規二歳魚のうち24尾を用いた。令和2年11月17日に親魚を100kL水槽に陸上げし、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°Cに調整して催熟した。親魚には、ハマチ用EP（おいかぜ一番18、日清丸紅飼料）にハイビタCプラス（あすかアニマルヘルス）を飼料重量の1–2%添着して給餌した。令和3年1月27日に雌親魚（平均魚体重8.36kg）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。その後、2月1日から翌2日にかけて、白点病のため親魚が全てへい死し、1回次の採卵は中止した。へい死魚の生殖腺重量を測定し、生殖腺重量指数（GSI）を算出した。

2回次の親魚には、養成三歳魚の生き残りのうち2尾と、新規二歳魚のうち16尾を用いた。12月1日に親魚を70kL水槽に陸上げし、その後の催熟処理の方法、飼料については1回次と同様とした。令和3年2月17日に雌親魚（平均魚体重8.18kg）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。採取した卵巣卵径が想定よりも小さく、未成熟であったため、催熟促進を目的として、6尾にLHRHaを0.2mgずつ打注し、3月3日に2回目の成熟調査を行った。

2 養殖試験

令和元年度の1月下旬から2月に生産した人工種苗約1万8千尾を、令和2年4月10日に下波の養殖業者に配布し、養殖試験を実施した。配付時に尾叉長と体重を測定し、試験開始後は水中ステレオカメラの撮影画像から尾叉長と体高を測定して、魚体重を算出した。また、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も、令和2年9月、令和3年1月及び3月に、同様の方法で魚体重を算出した。また、6月に奇形魚を選別・廃棄し、人工種苗の奇形率を算出した。

結果及び考察

1 親魚養成および成熟調査

1回次の成熟調査の結果及び各個体のGSIを表1に示す。卵巣卵径は133–510 μ mであった。また、メス各個体のGSIは0.52–1.05であった。成熟魚の卵巣卵径は700 μ m以上、GSIは6以上と想定されることから、1回次の親魚はすべて成熟が進んでいなかったと考えられる。

表1 卵巣卵径および生殖腺重量指数（1回次）

魚体重 (kg)	性別	卵巣卵径 (μ m)	GSI	魚体重 (kg)	性別	GSI
5.90	♀	448	1.05	9.22	♂	0.85
8.54	♀	510	0.63	7.60	♂	0.64
9.10	♀	169	0.52	7.50	♂	0.17
8.62	♀	293	0.60	9.68	♂	0.51
8.28	♀	208	0.56	7.12	♂	0.22
8.26	♀	370	0.64	8.18	♂	0.29
7.36	♀	343	0.69	8.74	♂	0.27
9.96	♀	263	0.89	7.50	♂	0.65
8.22	♀	133	0.61	8.58	♂	0.28
8.98	♀	311	0.95	7.40	♂	0.23
8.90	♀	164	0.61	7.68	♂	0.14
8.24	♀	—*	0.73	6.08	♂	0.53
				7.50	♂	0.28

*採取できず

2回次の成熟調査の結果を表2に示す。卵巣卵径は264–461 μ mであり、1回次と同様、成熟が進んでいなかったと考えられる。また、カニューレを一度挿入したため、2回目に成熟調査を行った際には卵巣卵が退行していた。

表2 卵巣卵径 (2回次)

魚体重 (kg)	性別	卵巣卵径(μm)	
		2月17日	3月3日
8.20	♀	264	退行
8.56	♀	390	退行
7.90	♀	297	退行
8.44	♀	438	退行
7.90	♀	359	退行
8.10	♀	461	378

昨年度と同様の手法で催熟を行ったにもかかわらず、本年度は1回次、2回次ともに採卵に至らなかった。このことは、採卵予定親魚のへい死により急遽導入した個体の養成期間が短く、催熟開始までに十分成熟できなかったこと、催熟途中で1回次の水槽で白点病が発生したことなどが要因と考えられた。親魚養成には、十分な養成期間が必要であるとともに、催熟期間中の疾病対策など、陸上水槽での飼育管理が重要と考えられた。

2 養殖試験

魚体重の測定及び算出結果を図1に示す。人工種苗の平均魚体重は、配付時の4月10日には1.7gであり、試験開始後は6月19日に86g、7月21日に188g、9月1日に452g、1月22日に1,357g、3月24日に1,629gであった。また、天然種苗は9月1日に235g、1月22日に1,060g、3月24日に1,340gであり、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。6月に選別した際の奇形率は3.6%と低かった。こうしたことから、本事業で生産した人工種苗は、幼魚期において天然種苗と比較して成長率、製品率はおおむね同等であると考えられた。

総 括

ブリの種苗生産においては、地先で自然採卵の可能な時期が天然魚の産卵海域での時期より遅いため、これまで人工種苗は天然種苗に比べて成長面で不利であったが、早期採卵(2月)により天然種苗と同等の成長を示す人工種苗の作出が可能となっている²⁾。本事業においても、適切な親魚管理、養成下で催熟させることにより、1月下旬から2月に採卵が可能となった。採卵用親魚については、飼育管理面で一部課題を残したものの、適切な条件で採卵することで、種苗生産技術を確立するとともに、養殖試験によって人工種苗の実用性を証明することができた。今後種苗の大量生産を行うとともに、生産コストを削減していくことで、本県におけるブリ人工種苗の導入率向上に寄与できるものと思われる。また、人工種苗には、育種によって、高成長や抗病性といった有用な形質をもつ系統を作出できる可能性がある。今後は、親子鑑定技術等の最新技術を用いた迅速な育種技術の開発に取り組

み、人工種苗のさらなる付加価値向上に取り組む必要がある。

文 献

- 1) 日本栽培漁業協会:II.採卵.ブリの親魚養成技術開発.社団法人日本栽培漁業協会.東京: 19-20 (1999)
- 2) 浜田和久・虫明敬一:ブリの早期採卵技術とその効果.水産学会誌,72(2): 250-253 (2006)

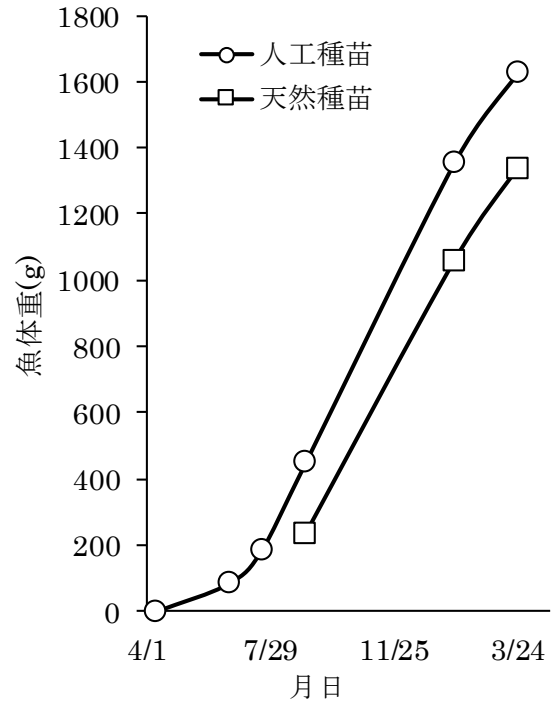


図1 試験養殖における魚体重の推移

媛スマ養殖生産拡大技術開発

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎^{*1}・莖田 峻希^{*2}・神野 智
・松原 孝博^{*3}・後藤 理恵^{*3}・斎藤 大樹^{*3}

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 万尾を生産配布し、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。

本年度は以下の試験を実施した。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、8.6kL 角形コンクリート水槽 2 面（L1、L3）に 1 万粒ずつ収容した。飼育水温は 26°C とした。日齢 2 から 12 まで、タウリンで 18 時間、DHA 藻類（バイオクロミス、クロレラ工業株式会社）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。日齢 7 から、イシダイの受精卵をふ化させて、卵重量で 20g-565g/日をスマの成長及び生残数に応じて給餌した。

L1 では、日齢 14 から配合飼料（アンブロシア、フィードワン株式会社）を自動給餌器で給餌した。L3 では、日齢 12 から配合飼料（アンブロシア）を手撒きと自動給餌器とで給餌した。手撒きでは、給餌前に水分を含ませたり、形を変えたりした配合飼料を給餌した。

L1、L3 とともに日齢 17 で取揚げ、実数計数により生残尾数を求めた。

2 中間育成技術の高度化

(1) 中間育成期における飼餌料の検討

中間育成期において、給餌する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）の湿重量に対して、3%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、半分量の水を加えたもの（以下加水生餌という）を給餌した区（生餌区）、ふ化仔魚を給餌した後に加水生餌を給餌した区（ふ化仔魚+生餌区）、配合飼料（アンブロシア）を給餌した後に加水生餌を給餌した区（配合+生餌区）、及び配合飼料（アンブロシア）を給餌した区（配合区）の 4 区設定した。

ポリカーボネート水槽（容量 500L）4 面に、2.5mm 幅の活魚選別器に留まり、かつ 3.0mm 幅の活魚選別器で抜けたスマ（平均全長 25.8mm）を 200 尾ずつ収容し、8 日間飼育した。試験開始時の水温は収容前と同じ 26°C とし、その後 23°C まで 1 日 1°C ずつ降温した。水温はおんどとり Jr.TR-52（株式会社ティアンデイ）で 10 分毎に測定した。餌は 1 日 5 回（9:00、11:00、13:00、15:00、16:30）、飽食量を手播きで与えた。毎日 11:30 と 16:00 に底掃除を行い、死魚を回収した。

試験開始時に、収容に用いなかったスマを 20 尾、試験開始 4 日目には各試験区から 20 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、全長を測定した。各試験区の全長データについては、Bonferroni 多重比較検定を用いて有意差の有無を検定した。

毎日の死亡数から日間死亡率、試験終了時の生残尾数から生残率を算出した。各試験区の収容尾数から、サンプリング数、死亡数及び生残数を引いた値を不明尾数とし、日間死亡率及び生残率の算出には、収容尾数から不明数及びサンプリング尾数を除いた値を初期尾数として用いた。

(2) 低水温下における飼餌料の検討

沖出し時に想定される低水温条件下（18°C）において、給餌する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）の湿重量に対して、3%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、半分量の水を加えたもの（以下加水生餌という。）を給餌した区（生餌区）、配合飼料（アンブロシア）を給餌した区（配合区）、及び配合飼料を給餌した後に加水生餌を給餌した区（併用区）の 3 区設定した。

8.6kL 角形水槽 3 面にスマ (平均全長 72.6mm) を 100 尾ずつ収容し、15 日間飼育した。収容時の水温は 20°C とし、その後 18°C まで 1 日 1°C ずつ降温した。水温はおんどとり Jr.TR-52 で 10 分毎に測定した。餌は 1 日 3 回 (9:00、13:00、16:00)、飽食量を手播きで与えた。毎日 16:30 に底掃除を行い、死魚を回収した。

試験開始時に、収容しなかったスマを 10 尾、試験開始から 1 週間後には各試験区から 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、全長、尾叉長及び体重を測定した。測定した尾叉長と体重から肥満度を算出した。各試験区の全長及び肥満度について、Bonferroni 多重比較検定を用いて有意差の有無を検定した。また、2-(1)と同様に、日間死亡率および生残率を算出した。

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、生餌とマグロ用配合飼料を用いた飼育試験を行った。

令和 3 年 8 月 11 日に、平均魚体重 207g のスマを 5m×5m×5m の海面生簀 4 面にそれぞれ 65-75 尾収容した。試験区として、直径 4mm のマグロ用 EP (エデン d4、フィードワン株式会社) を給餌した区 (D4 区)、直径 5mm のマグロ用 EP (エデン d5、フィードワン株式会社) を給餌した区 (D5 区)、試験開始時にエデン d4 とエデン d5 を 1:1 の割合で混ぜた飼料を給餌してから、2 週間かけて徐々に d5 のみの飼料へと切り替えた区 (切替区)、及び栄養剤 (SD ミライム C-100、バイオ科学株式会社) を湿重量で 1%外添したカタクチイワシを給餌した区 (カタクチ区) を 1 面ずつ設け、同年 11 月 30 日まで飼育した。また、水温ロガー (UA-002-08、Onset 社) を用いて飼育期間中の水温を測定した。

試験終了時に全供試魚をサンプリングし、尾叉長、体重及び消化管重量を測定した。さらに、各試験区から 5 尾分の半身を採取し、プールした。各飼餌料とプールした魚体の一般成分について、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及び粗脂肪はソックスレー抽出法により分析した。各測定値について、Bonferroni 多重比較検定を用いて有意差の検定を行った。

(2) 養殖中のへい死原因の解明

令和 3 年 8 月 12 日に当センターの海面生簀 (5m×5m×5m) 1 面で飼育中のスマ (平均尾叉長 153mm、平均体重 42.8g) 478 尾のうち 180 尾が、へい死した。

この原因を究明するため、海水中のプランクトン調査、溶存酸素量の調査及び魚病検査を実施した。

結果及び考察

1 種苗量産技術の高度化

日齢 17 で L1 では 951 尾 (平均全長 30.8mm)、L3 では 728 尾 (平均全長 26.8mm) を取揚げた (表 1)。インダイ仔魚の総給餌量は、L1 では 1,505g、L3 では 1,165g 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、L1 が 1.58g/尾、L3 が 1.60g/尾であり、ほぼ同じであった。

L3 では日齢 12-14 において、そのままの状態に給餌した配合飼料を食べる個体はわずかであったが、配合飼料に水分を含ませて直径 2-5mm 程度の団子状にしたものや、5mm 程度の長さで細長く成形したものに対しては、そのままの状態の配合飼料と比較して食いつきがよかった。

今回の試験で、市販の配合飼料をそのままの状態に給餌するのではなく、形を変えるなどひと手間加えることで摂餌性が高まる可能性が示された。しかし、今回の給餌方法では、いずれの場合もふ化仔魚投与量の削減には繋がらなかった。これは、スマの配合飼料への餌付きが不十分で、ふ化仔魚への依存度を下げることができなかったためと考えられ、今後、配合飼料に効率よく餌付けるための、更なる技術開発が必要であると考えられた。

表 1 生産結果

水槽 No.	収容		取揚げ			
	卵数 (粒)	ふ化仔魚数 (尾)	日齢	尾数 (尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
L1	10,000	9,800	17	951	30.8	9.7
L3	10,000	11,300	17	728	26.8	6.4

2 中間育成技術の高度化

(1) 中間育成期における飼餌料の検討

試験期間中の平均水温は 23.6°C であった。不明尾数は、生餌区で 9 尾、ふ化仔魚+生餌区で 2 尾、配合+生餌区で 5 尾、及び配合区で 0 尾であった。日間死亡率は、生餌区では 0-26.6%、ふ化仔魚+生餌区では 0-6.3%、配合+生餌区では 0-46.2%、及び配合区では 0-54.1%であった (図 1)。ふ化仔魚+生餌区以外の試験区では、試験開始から 4 日目に日間死亡率が最も高くなり、その後減少傾向を示した。試験終了時の生残率は、生餌区が 47.4%、ふ化仔魚+生餌区が 84.3%、配合+生餌区が 20.6%、及び配合区が 21.1%であった。

試験終了時の平均全長は、生餌区が 48.57±5.14mm、ふ化仔魚+生餌区が 52.83±3.40mm、配合+生餌区が 44.90±5.28mm、及び配合区が 37.22±3.66mm であり、

すべての試験区間で有意な差が認められた ($p < 0.001$) (図2)。

ふ化仔魚を給餌していない3試験区では、試験開始4日目に日間死亡率が急増した。この時期は、無給餌で飼育した同サイズのスマが多く死亡する時期と一致する。本試験で使用したスマには、試験開始までふ化仔魚を給餌していたが、それ以降ふ化仔魚を給餌しなかった試験区では、いずれも餌の切替えがうまくいかず、餌を食べられなかったスマが餓死し、最終的な生残率が低下したと考えられた。また、ふ化仔魚+生餌区では、試験期間を通じて、少なくともふ化仔魚を摂餌することができていたため、生残率、成長ともによかったと考えられた。

スマの種苗生産では、生餌の品質等を考慮して、生餌だけでなく配合飼料を併用することが望ましいと考えられている。しかし、今回の、生餌区と配合+生餌区を比較すると、生餌のみを給餌した生餌区の方が生残率が高く、成長も良かった。生餌単独の場合、配合+生餌区の1.5-2.2倍量の生餌を給餌しており、結果として餌付きが良くなり、高生残、高成長に繋がった可能性が高い。また、今回生餌の単独給餌でスマの摂餌に支障はみられなかった理由として、使用したイカナゴの品質が良かったこと、イカナゴへの栄養剤添加効果があったことなどが考えられる。

本試験により、中間育成期のスマにふ化仔魚を給餌することで、高成長かつ高生残であることが明らかになったが、ふ化仔魚給餌には多大な労力がかかるため、長期間の給餌は困難である。今後は、ふ化仔魚の給餌を最低限にするため、早期に生餌や配合飼料に餌付ける飼育方法を検討する必要がある。

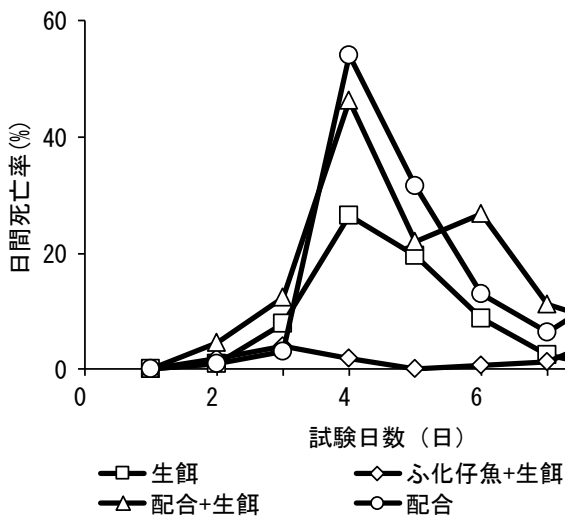


図1 日間死亡率の推移

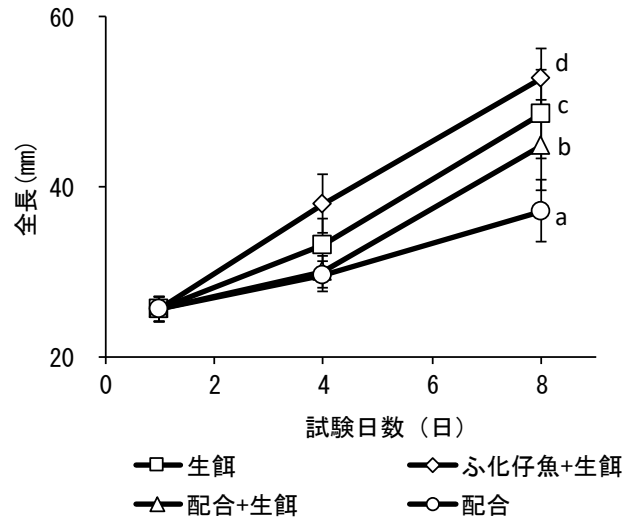


図2 全長の推移

異なるアルファベット間で有意差あり ($p < 0.001$)

(2) 低水温下における飼餌料の検討

各試験区の期間中平均水温は、生餌区が18.3°C、併用区と配合区が18.2°Cであった。

不明尾数は、生餌区で0尾、併用区と配合区で各1尾であった。日間死亡率は生餌区では0-4.2%、併用区では0-2.4%、及び配合区では0-19.8%であった(図3)。配合区では、試験開始から4日目に日間死亡率が最も高くなった。試験終了時の生残率は、生餌区が78.9%、併用区が88.8%、及び配合区が41.6%であった。

8日目の平均全長は、生餌区が84.24±7.67mm、併用区が79.18±5.04mm、及び配合区が8-3.25±10.34mm、また、試験終了時では、生餌区が93.62±9.90mm、併用区が94.87±10.28mm、及び配合区が92.99±11.25mmであり、いずれの試験区間でも有意な差はなかった ($p > 0.05$) (図4)。

8日目の平均肥満度は、生餌区が10.12±0.40、併用区が9.12±0.70、及び配合区が9.45±1.12であり、生餌区は併用区に比べて有意に高かった ($p < 0.05$, 図5)。試験終了時の平均肥満度は、生餌区が9.58±0.80、併用区が10.13±0.87、及び配合区が10.17±0.69であり、生餌区のみ他の区と比べて有意に低かった ($p < 0.05$)。

日間死亡率は、配合区で2日目以降急増し、4日目に19.8%に達した。本試験で使用したスマには、試験開始まで主に生餌を給餌していたため、生餌を給餌しなかった配合区では、配合飼料を摂餌できなかった個体の多くが死亡し、最終的な生残率が低くなったと考えられた。

肥満度は、本試験サイズのスマでは通常、成長に伴って高くなるが、生餌区で8日目より試験終了時の方が低くなった。この原因として、今回使用した加水生餌のみを長期間給餌したことにより、栄養不足等の障

害が生じた可能性がある。

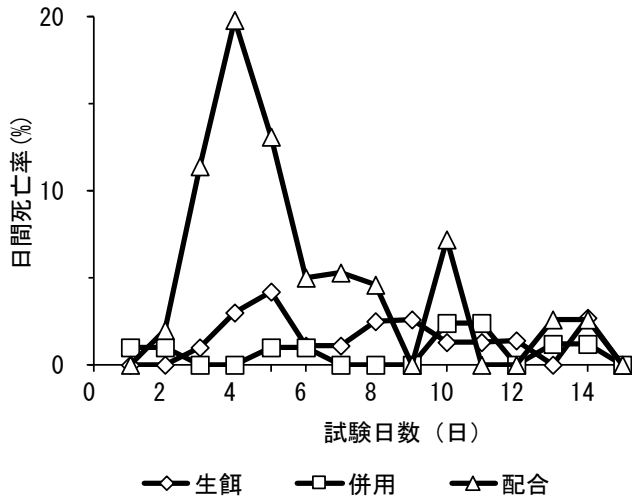


図3 日間死亡率の推移

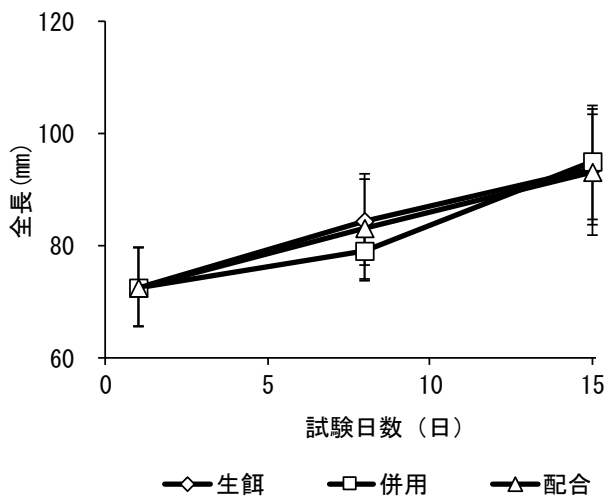


図4 全長の推移

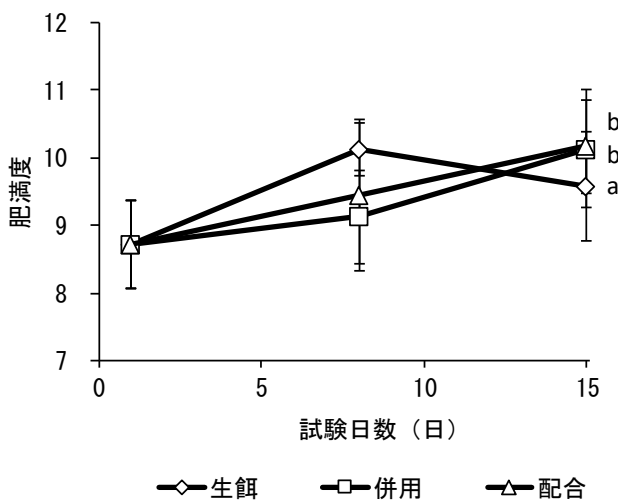


図5 肥満度の推移

異なるアルファベット間で有意差あり ($p < 0.05$)

3 養殖技術の高度化

(1) 養殖用配合飼料の開発

飼育期間中の水温は20.7–30.1°Cであった。成分分析の結果、エデンd4はエデンd5よりも粗タンパク質が多く、粗脂肪が少なかった (表2)。

試験終了時の生残率は各試験区で50.7–65.7%であった。試験終了時の平均魚体重は、カタクチ区が1,236±177g、D4区が1,077±145g、D5区が996±95g、切替区が932±108gで、カタクチ区は他の各区よりもそれぞれ有意に大きかった ($p < 0.05$)。肥満度は、試験区間で有意差はなかった ($p > 0.05$)。

日間成長率はカタクチ区が最も高く、D4区、D5区、切替区の順に低かった。日間摂餌率は、カタクチ区が最も高く、D4区、D5区、切替区の順に低くなった。増肉係数はカタクチ区が最も高く、切替区、D5区、D4区の順に低くなった (表3)。

幽門垂重量比はカタクチ区が他の区と比べて有意に小さかった ($p < 0.05$)。また、腸重量比はカタクチ区とD4区が他の区と比べて有意に小さかった ($p < 0.05$ 、表4)。

半身の一般成分において、カタクチ区は他のどの区より水分の割合が低く、粗脂肪が高かった (表5)。

本研究の結果から、マグロ用EP (エデンd4、d5) を給餌した場合、カタクチイワシを給餌した際の成長に及ばなかったが、EP給餌区では明らかな幽門垂の増大など、EP摂餌への消化管の適応がみられた。また、EP給餌区間では、含有成分の多寡が成長率や摂餌率に影響しているようであった。これらのことは、スマに適したEPの開発により、生餌に近い成長が見込める可能性を示しており、今後の検討課題である。

表2 各飼餌料の一般成分値 (%)

	エデンd4	エデンd5	カタクチイワシ
水分	8.22	8.21	78.9
粗タンパク質	50.7	46.9	16.6
粗脂肪	17.7	19.2	0.6
粗灰分	7.3	11.0	3.0

表3 各試験区における飼育成績の結果

	D4	D5	切替	カタクチ
生残率 (%)	62.3	61.5	50.7	65.7
初期魚体重 (g)	207 ± 34			
魚体重 (g)	1,077 ^a	996 ^a	932 ^a	1,236 ^b
±SD	145	95	108	177
肥満度	21.5	20.9	21.0	22.3
±SD	1.6	0.8	1.2	1.9
日間成長率 (%)	1.20	1.16	1.13	1.27
日間摂餌率 (%)	2.43	2.22	2.10	17.51
増肉係数	2.74	2.89	3.03	17.10

平均値 ± 標準偏差 (n=10-16)

異なるアルファベット間で有意差あり (p<0.05)

表4 各試験区における消化管重量比 (%)

	D4	D5	切替	カタクチ
胃重量比 (%)	0.90	1.06	1.07	1.11
±SD	0.20	0.19	0.19	0.16
幽門垂重量比 (%)	6.05 ^b	6.71 ^{bc}	7.25 ^c	4.35 ^a
±SD	0.81	0.74	0.81	0.44
腸重量比 (%)	0.39 ^a	0.49 ^b	0.48 ^b	0.32 ^a
±SD	0.08	0.05	0.05	0.05

平均値 ± 標準偏差 (n=10)

異なるアルファベット間で有意差あり (p<0.05)

表5 各試験区における魚体成分 (%)

	D4	D5	切替	カタクチ
水分	64.3	63.7	63.9	59.7
粗タンパク質	17.5	17.9	16.8	17.6
粗脂肪	10.5	10.7	10.1	13.9
粗灰分	1.8	1.8	1.7	2.0

(2) 養殖中のへい死原因の解明

大量へい死が発生した前日の夕方、当センターの地先には、動物プランクトンではメソディニウム・ルブラム (*Mesodinium rubrum*) が19,600cells/ml、カイアシ類が30個体/ml、植物プランクトンではノクチルカ (*Noctiluca scintillans*) が48cells/mlで発生していた。8月11日から12日にかけて、へい死が発生した生簀から離れた深度1.5mにおける溶存酸素量は6.9-8.9mg/Lであり、通常の範囲内であった。

魚病検査では、エラに大量のカイアシ類が詰まっている個体があった。また、滑走細菌が多くみられた個体もあった。脾臓、脳から一部雑菌がみられたが、死因となりそうな細菌類はみられなかった。

これらの結果から、メソディニウム・ルブラム等が大量に発生したことで、スマの飼育生簀内が貧酸素状態になった、カイアシ類がスマの鰓を傷つけたことで酸素の取り込みがうまくいかなかった、又はその両方が複合的な要因となったことで、酸欠によりへい死したと考えられた。

伊予の媛貴海養殖種苗生産強化事業

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎*1・莖田 峻希*2・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生産体制の構築が必要であり、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、4月14日に得られた受精卵250,000粒を円型水槽（S6：水量65kL）に（1R-1）、4月15日に得られた受精卵200,000粒を円型水槽2面（S4、5：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℃に設定した。

日齢2から、タウリンで18時間、さらにバイオクロミス（クロレラ工業株式会社製）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で取りあげ、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

4月25日に、極早期種苗生産と同じ親魚から得られた受精卵300,000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℃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。日齢16で取りあげ、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。

3 通常期種苗生産

6月8日に、愛媛大学南予水産研究センターで養成したスマから得られた受精卵100,000粒を円型水槽（S

2：水量65kL）に（3R-1）、6月10日に得られた受精卵155,000粒を円型水槽（S5：水量65kL）に収容し（3R-2）、種苗生産を開始した。飼育水温は25.5～27.0℃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又は9からイシダイふ化仔魚を給餌した。日齢16又は18で取りあげ、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

5月1日に、1R-1を日齢17（全長28.3mm）で19,100尾、1R-2を日齢16で15,800尾（S4：5,900尾、全長28.6mm、S5：9,900尾、全長28.6mm）取りあげた（表1）。取りあげた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、6月4日に1,600尾（全長91.0mm）、6月9日に1,200尾（全長115.0mm）を養殖業者に配布した。

2 早期種苗生産

5月11日に、日齢16で71,500尾（G1：30,300尾、全長23.1mm、G2：41,200尾、全長27.5mm）を取りあげた（表1）。取りあげた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、5月20日に12,000尾（全長51.6mm）、5月21日に3,000尾（全長51.4mm）、6月4日に2,400尾（全長80.9mm）を県内の養殖業者に配布した。

3 通常期種苗生産

6月26日に、3R-1を日齢18（全長22.4mm）で19,000尾、3R-2を日齢16（全長16.1mm）で45,500尾取りあげた（表1）。取りあげた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、7月21日に7,000尾（全長84.8mm）を県内の養殖業者に配布した。

表1 種苗生産試験結果

生産 回次	水槽 No.	月日	収容			取りあげ			
			卵数 (粒)	仔魚数 (尾)	ふ化率 (%)	日齡	尾数 (尾)	全長 (mm)	生残率 (%)
1R-1	S6	4/14	250,000	242,000	96.8	17	19,100	28.3	7.9
1R-2	S4	4/15	100,000	53,000	53.0	16	5,900	28.6	11.1
	S5	4/15	100,000	76,000	76.0	16	9,900	22.4	13.0
2R	G1	4/25	150,000	168,000	112.0	16	30,300	23.1	18.0
	G2	4/25	150,000	239,000	159.3	16	41,200	27.5	17.2
3R-1	S2	6/8	100,000	129,000	129.0	18	19,000	22.4	14.7
3R-2	S5	6/10	155,000	173,000	111.6	16	45,500	16.1	26.3

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】)

莖田 峻希*1・中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎*2・神野 智

目 的

柑橘果皮や柑橘オイルを添加した飼餌料をブリやマ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餌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、みかんスマとして生産することを目的とした。

材料と方法

1 1R試験

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餌料と、これに冷凍伊予柑果皮を餌料重量比で10%外添した餌料（果皮10%）、20%外添した餌料（果皮20%）、及びマグロ用EP（EDEN d8、フィード・ワン）に伊予柑オイルを0.1%添加した飼料（EP+0.1%）を調整した。海面小割生簀（縦×横×深さ：5m×5m×5m）4基に、平均魚体重約2kgのスマを30尾ずつ収容した（対照餌料区、果皮10%区、果皮20%区及びEP+0.1%区）。収容から3週間マグロ用EPを給餌し、10月中旬から試験飼餌料で4週間飼育した。給餌開始から2週間後に各区3尾、4週間後の試験終了時に各区4-7尾サンプリングし、魚体重を測定するとともに、採血して血液性状を測定した。測定項目は、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリットとした。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、解剖から24時間及び48時間後に、色彩色差計（CR-13、コニカミノルタ）及びスキャナ（CanoScan Lide400、キヤノン）を用いて判定した。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、柑橘の香りを5段階（感じない、弱い、普通、強い、かなり強い）で記録した。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試験区ごとに測定した。測定には、試験区ごとに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。

2 2R試験

1Rと同様、水産研究センターにて、対照餌料及び、これに冷凍伊予柑果皮を餌料重量比で40%外添した餌料（果皮40%）、マグロ用EPに伊予柑オイルを0.15%添加した飼料（EP+0.15%）を調整し、生餌（イカナゴ）と併せ4区を設定した（対照餌料区、果皮40%区、EP+0.15%区、及び生餌区）。海面小割生簀の大きさ、収容尾数は1Rと同様とし、平均魚体重約1.6kgのスマを収容して12月上旬から試験を開始した。なお、2Rでは1Rのような、マグロ用EPによる事前給餌は行っていない。試験期間は3週間とし、試験終了時に各区5-6尾ずつサンプリングした。サンプリング後の血液性状の測定項目、褐変抑制効果の判定手法、食味試験の方法およびリモネンの測定については1Rと同様とした。

結果及び考察

1 1R 試験

試験終了時の平均魚体重は、対照餌料区が2,363g、果皮10%区が2,424g、果皮20%が2,374g、EP+0.1%区が2,264gであった。今回の試験の結果給餌開始4週間後において、すべての区間で赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリットの値に有意差はなかった（one-wayANOVA、 $F=1.81-2.63$ 、 $df=3/17$ 、 $p>0.05$ ）（表1）。また、解剖から24時間及び48時間後の血合筋の色彩値には、果皮、オイル添加の有無に関わらず、試験区間で有意差はなく（Kruskal-wallis検定、 $H=0.92-6.10$ 、 $df=3$ 、 $p>0.05$ ）、血合筋の褐変抑制効果は認められなかった（表2）。

当センター職員18名による食味試験の結果、柑橘餌料を給餌してから2週間後には、試食した職員数のうち、果皮添加区では89%が、EP+0.1%区では72%がスマ筋肉に柑橘の香りを認識した（弱い香り以上を感じた割合）。また、4週間後では同様に、78-94%が柑橘の香りを認識した（表3）。

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及びオイル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、果皮添加区では給餌期間の長さに応じて濃度が高まったが、オイル添加区では値の変化はみられなかった（表4）。

2 2R 試験

試験終了時の平均魚体重は、対照餌料区が1,623g、果皮40%区が1,635g、EP+0.15%区が1,612g、生餌区

が1,658gであった。本試験において、すべての区間で赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリットの値に有意差はなかった (one-wayANOVA、 $F=0.62-1.41$ 、 $df=3/20$ 、 $p>0.05$) (表1)。また、解剖から24時間及び48時間後の血合筋の色彩値には、果皮、オイル添加の有無に関わらず、試験区間で有意差はなく (Kruskal-wallis 検定、 $H=0.19-3.89$ 、 $df=3$ 、 $p>0.05$)、血合筋の褐変抑制効果は認められなかった (表2)。

当センター職員ほか25名による食味試験の結果、柑橘餌料を給餌してから3週間後に、果皮添加区では84%が、EP+0.15%区では96%がスマ筋肉に柑橘の香りを認識した (表3)。

筋肉中に含まれるリモネンの量は、いずれのサンプルリング時でも対照区および生餌区に比べて果皮及びオイル添加区で明瞭に高かった (表4)。

昨年度の本事業において、800gサイズのスマに柑橘成分を添加した餌料を給餌することで、みかんスマの作出が可能であることが明らかとなったが、本年度の試験により、商品サイズのスマにおいても同様に、みかんスマの作出が可能であることが分かった。今後、柑橘成分添加餌料の最適な給餌期間等を検討する。

表1 給餌4週間 (1R) 及び3週間 (2R) 後の血液性状

	n	赤血球数 (10^9 cells/mL)	ヘモグロビン (g/100mL)	ヘマトクリット (%)
1R試験				
対照餌料区	5	4.46±0.09	21.0±1.0	67.1±2.9
果皮10%区	7	4.11±0.26	19.6±2.5	59.7±6.1
果皮20%区	5	4.24±0.55	18.7±2.7	60.7±6.8
EP+0.1%区	4	4.60±0.11	22.3±0.6	68.1±3.3
2R試験				
対照餌料区	6	4.34±0.18	20.4±1.1	63.9±4.2
生餌区	6	4.15±0.33	19.4±2.2	60.3±5.1
果皮40%区	6	4.12±0.30	19.5±1.4	59.4±3.6
EP+0.15%区	6	4.05±0.21	19.2±0.9	59.5±2.6

表2 解剖後24時間及び48時間での血合筋の色彩値

	n	色彩値 (色差計)		色彩値 (スキャナ)	
		24時間後	48時間後	24時間後	48時間後
1R試験					
対照餌料区	5	0.39±0.05	0.47±0.05	0.46±0.03	0.45±0.02
果皮10%区	5	0.36±0.05	0.44±0.05	0.44±0.04	0.41±0.02
果皮20%区	5	0.38±0.02	0.48±0.03	0.45±0.02	0.44±0.03
EP+0.1%区	5	0.40±0.05	0.47±0.08	0.47±0.03	0.47±0.03
2R試験					
対照餌料区	5	0.63±0.09	0.86±0.33	0.50±0.06	0.48±0.03
生餌区	5	0.58±0.04	0.75±0.17	0.46±0.05	0.49±0.03
果皮40%区	5	0.54±0.05	0.73±0.15	0.50±0.02	0.49±0.04
EP+0.15%区	5	0.56±0.06	0.63±0.07	0.52±0.03	0.49±0.02

表3 食味試験結果

	1R試験 (2週間目、n = 18)			
	対照餌料区	果皮10%区	果皮20%区	EP+0.1%区
する	5	89	89	72
しない	95	11	11	28
	1R試験 (4週間目、n = 18)			
	対照餌料区	果皮10%区	果皮20%区	EP+0.1%区
する	39	78	83	94
しない	61	22	17	6
	2R試験 (3週間目、n = 25)			
	対照餌料区	生餌区	果皮40%区	EP+0.15%区
する	32	28	84	96
しない	68	72	16	4

表4 給餌期間および試験区ごとの筋肉中のリモネンの量

試験区	リモネン濃度 (mg/100g)	
	2週間後	4週間後
1R試験		
対照餌料区	0.24	0.40
果皮10%区	5.60	14.00
果皮20%区	8.60	22.00
EP+0.1%区	7.60	7.60
3週間後		
2R試験		
対照餌料区	0.25	
生餌区	0.13	
果皮40%区	12.00	
EP+0.15%区	9.10	

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)

眞鍋 諒太郎*1・中島 兼太郎・莖田 峻希*2・神野 智

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、餌料代が生産コスト全体の 6-7 割を占めていることから、飼料代の高騰は漁家の経営、産業の国際競争力に大きく影響し、養殖業界から、より安価な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、低魚粉飼料で飼育すると消化に要する時間や消化酵素の分泌量が変化し、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製造するためには、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収を生理的に評価し、消化生理に基づいた飼料原料配合と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 2 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超低魚粉飼料（魚粉 10%）と市販 DP 飼料（魚粉 40%：対照餌料）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

低魚粉適応系統は、超低魚粉飼料、対照飼料ともに通常系統より高成長で、増肉係数が低い傾向があった。

低魚粉適応系統、通常系統ともに、超低魚粉飼料の方が対照飼料より低成長であったが、増肉係数は前者の方が低い傾向があった。また、系統を問わず、超低魚粉飼料の方が対照飼料より胆嚢重量比と肝臓重量比が高い傾向があり、両系統ともに、超低魚粉飼料の植物性原

料に対する、消化面での適応が示唆された。

両系統ともに、超低魚粉飼料と対照飼料とで身質の成分分析値、血液性状及び血漿生化学性状には有意差がなかった。

今回開発した超低魚粉飼料を給餌した場合、いずれの系統においても低成長となる傾向があったが、増肉係数は低い傾向がみられた。また、系統間で比較すると、低魚粉適応系統のマダイは、通常系統のマダイよりも高成長で、増肉係数が低い傾向であったため、低魚粉に対する系統選抜の優位性によるものと考えられた。

未来型農林水産研究プロジェクト推進事業

(海外輸出向け新魚種開発「ハイブリッドハタ作出技術開発」)

山下 浩史

目 的

ハタ類の海外需要の中心である中華圏では、体色が赤いハタの人気の高いが、本県で養殖されているマハタ、クエは、成長が良いものの体色は褐色である。また、放流対象種として注目されているキジハタは、体色は赤いものの成長が悪く、養殖には不向きである。

そこで、体色が赤く、成長が良いハタを作出するため、体色の赤いキジハタと成長の良いマハタの交配を行い、そのハイブリッドを作出することを目的とした。

方 法

1 採精及び採卵

海面小割生簀において、モイストペレットを給餌しながら養成したキジハタ (RG、6 から 9 歳) 及びマハタ (SG、6~12 歳) を親魚として使用した。雌親魚からカニューレを用いて卵巣卵をサンプリングし、マハタは平均卵径が 450 μ m 以上、キジハタは平均卵径が 480 μ m 以上の個体に、魚体重 1kg あたり 200 μ g 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 時間後に腹部圧迫して採卵した。精子は、雄親魚を 400ppm フェノキシエタノールで麻酔し、腹部を圧迫して採取したのち、10 倍量のクロダイ用人工精漿で希釈して、4 $^{\circ}$ C で保存した。

2 受精及び卵管理

キジハタ未受精卵 2 尾分 (RG1, 2)、マハタ未受精卵 (SG1, 2)、キジハタ精子 (RG3, 4) 及びマハタ精子 (SG3, 4) を授精試験に用いた。ステンレスボール 4 つに各卵を 20g ずつ分取し、それぞれの希釈精子を 1ml 混合し、乾導法により受精させた。洗卵後、それぞれの浮上卵を 70L 容孵化ネットに収容し、23 $^{\circ}$ C に調整した紫外線殺菌ろ過海水を 50~100L/h 注水して管理した。洗卵直後に約 100 粒をメスシリンダーに収容し、組み合わせ毎に卵の浮上率を算出した。さらに孵化ネット内で浮遊している卵について、それぞれ、受精 1.5 時間後に受精率、10 時間後に桑実胚形成率、21 時間後に椎体形成率を観察した。また、各孵化ネットから 100 粒を 1L ビーカーに分取し、23 $^{\circ}$ C でインキュベートしてふ化率を算出した。また、引き続きそれぞれのビーカーについて無給餌生残指数 (SAI) を算出した。

3 種苗生産

70kL 円形コンクリート水槽 2 面に、キジハタ雌 \times マハタ雄の受精卵 5 万粒及びマハタ雌 \times キジハタ雄の受精卵 8 万粒をそれぞれ収容し、飼育管理した。飼育温度は

26 $^{\circ}$ C とし、適宜適量のシオミズツボワムシ、アルテミア幼生及び配合飼料を給餌して飼育した。

結 果

1 交雑種の卵発生

マハタ、キジハタ及び交雑種の卵発生状況を表 1 に示す。同種間と異種間の受精率に差は見られなかった。さらに桑実胚形成や椎体形成といった発生段階においても大きな違いは見られなかった。ふ化率については異種間のほうが、同種間よりも若干低い傾向が見られた。各発生段階における形態的な違いは観察されなかった (図 1)。

表 1 マハタ、キジハタ及び交雑種の卵発生状況

未受精卵	精子	浮上率 (%) ^{*1}	受精率 (%) ^{*2}	正常発生率 ^{*3}		ふ化率 (%) ^{*4}
				桑実胚 (%)	椎体 (%)	
SG1	SG3, 4	56.0	92, 98	92, 97	94, 94	93, 97
	RG3, 4		94, 98	94, 98	95, 98	90, 93
SG2	SG3, 4	96.4	79, 85	80, 85	86, 90	87, 90
	RG3, 4		82, 80	81, 80	80, 75	75, 70
RG1	SG3, 4	95.2	100, 100	94, 94	70, 76	61, 68
	RG3, 4		97, 99	85, 83	81, 82	71, 75
RG2	SG3, 4	77.5	95, 99	97, 100	92, 98	81, 81
	RG3, 4		100, 99	96, 98	97, 98	87, 87

*1: 浮上卵数/試験卵数 \times 100

*2: 4細胞期もしくは8細胞期(受精後約1.5時間)に観察。受精卵数/観察卵数 \times 100

*3: 桑実胚形成は受精後10時間後に観察、椎体形成は受精後21時間後に観察。

正常発生卵数/観察卵数 \times 100

*4: ふ化尾数/試験卵数 \times 100

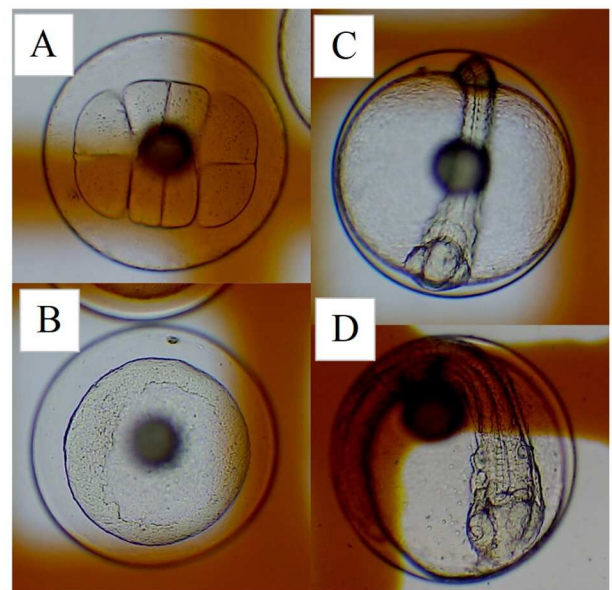


図 1 キジハタ雌 \times マハタ雄の卵発生 (23 $^{\circ}$ C 飼育)

A 8細胞期 (受精後 1.5 時間)、B 桑実胚 (受精後 9 時間)、C 椎体形成期 (受精後 15 時間)、D ふ化直前 (受精後 21 時間)

2 ふ化仔魚のサイズ

マハタ、キジハタ及び交雑種のふ化直後、ふ化12時間後および80時間後の全長を表2に示した。ふ化直後はどの組み合わせも同じ大きさであったが、ふ化後12時間及び80時間では、マハタ卵を用いた方がキジハタ卵を用いたものよりも大きく、交雑種の全長についても卵からの形質が受け継がれていた。

表2 ふ化直後からのマハタ、キジハタ及び交雑種の全長推移

孵化後時間	SG (mm)	RG (mm)	SG♀ × RG♂ (mm)	RG♀ × SG♂ (mm)
ふ化直後	1.569 ± 0.063	1.572 ± 0.053	1.560 ± 0.075	1.566 ± 0.068
12時間後	2.206 ± 0.021	2.064 ± 0.021	2.209 ± 0.040	2.073 ± 0.044
80時間後	2.529 ± 0.039	2.317 ± 0.039	2.483 ± 0.067	2.371 ± 0.060

*: 平均 ± 標準偏差 (n=20)

3 無給餌生残指数 (SAI)

無給餌生残指数は、得られたふ化仔魚の質を評価する指標として用いられる。それぞれの受精卵から得られたふ化仔魚のSAIを表3に示す。同種間と異種間交配のSAIを比較すると、異種間交配でのSAIは低い傾向が見られた。

表3 マハタ、キジハタ及び交雑種の無給餌生残指数の比較

卵	精子	SAI	
		♂SG3, 4	♂RG3, 4
SAI	♀SG1	9.3, 10.5	4.5, 2.6
	♀SG2	17.1, 15.8	3.6, 1.1
	♀RG1	1.1, 0.7	10.3, 5.5
	♀RG2	9.2, 5.4	15.0, 14.8

*: SAIの測定は23°Cでおこなった。

4 種苗生産

ふ化後45日間飼育を行い、キジハタ雌×マハタ雄の稚魚4尾及びマハタ雌×キジハタ雄の稚魚80尾を取り上げた。キジハタ雌×マハタ雄の交雑個体の体形は、マハタに比べて体高が低く、キジハタに近かった。また、体表にはキジハタの特徴である背びれ中央基部の大斑点が確認されるとともに、マハタ同様の横縞模様が見られるほか、赤い色素斑が点在していた(図2)。

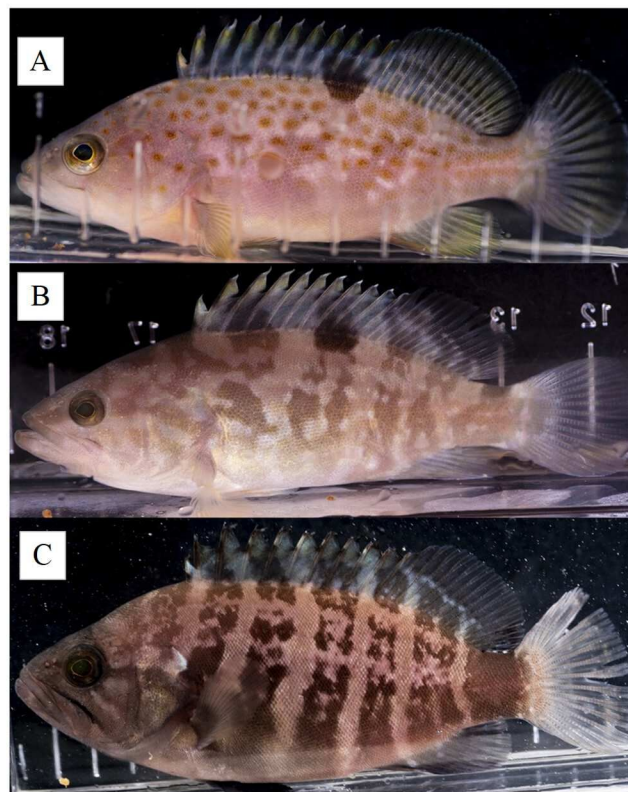


図2 キジハタ、マハタ及び交雑種の稚魚

A キジハタ B 交雑種 C マハタ (ふ化後120日)

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2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3年3月)に報告した。

方 法

1 令和元年度導入分

(1) 系統別飼育試験

試験には、長野県水産試験場で育成されたニジマス〔(長野系(1歳魚、平均314g)、長野系海水経験(1歳魚、平均149g)、ドナスチ系(1歳魚、平均386g))及び久万高原町で生産されたドナスチ系(2歳魚、平均455g)を用い、系統ごとに直接海水(トラックから直接海水に投入)区及び通常馴致(6時間で海水濃度50→100%)区の2区を設定して行った。

馴致後は、ピットタグで個体識別して系統別に50kL屋外円形コンクリート水槽に収容した。飼育水には紫外線殺菌した砂濾過海水を用い、酸素並びに空気を供給し、配合飼料を1日1回、週5日間、飽食給餌した。また、収容後は、月1回の頻度で体長及び体重を測定した。

(2) 親魚養成試験

令和元年5月11日に系統別飼育試験において成長の優れたドナスチ系1歳魚4尾(平均1,818g)及びドナスチ系2歳魚12尾(平均2,248g)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。

2 令和2年度導入分

(1) 系統別馴致試験

試験は、長野県水産試験場で育成されたニジマス〔(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))及び松野町で生産されたドナスチ系(屋島系F1、1歳魚、平均420g)を用いて、系統ごとに直接海水(トラックから直接海水に投入)区及び通常馴致(6時間で海水濃度50→100%)区の2区を設定して行った。

水槽は、50kL屋外円形コンクリート水槽2面(直接海水区及び通常馴致区)を用い、生簀網(2m×2m×1.1m)をそれぞれ2面、計4面を設置した。令和2年11月18日に長野県水産試験場より供試された試験魚各系統100尾(1系統1馴致方法あたり1面)ずつ収容して、同日に海水馴致試験を実施した。

松野町産ドナスチ系(屋島系F1)については、令和2年11月17日に長野県水産試験場産と同様に馴致した。

(2) 系統別飼育試験

各試験区について海水馴致終了の1日後に生残した全試験魚の体長、体重を測定後、ピットタグで個体識別して50kL屋外円形コンクリート水槽3面に系統毎に収容して試験を開始した。飼育水には紫外線殺菌した砂濾過海水を用い、純酸素通気並びにエアレーションを設置し、毎日1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 令和元年度導入分

(1) 系統別飼育試験

令和元年11月28日から令和2年4月17日までの飼育結果を表1に示した。試験期間中の通期の瞬間成長率はドナスチ系2歳魚が最も高く、次いでドナスチ系1歳魚、長野系海水経験、長野系の順であった。系統間では、長野系とそれ以外の3系統との間に有意差があった。このことから、淡水飼育中の海水経験は、海水への適応能力を大きくする効果が確認された。

馴致方法別では、同一系統内の瞬間成長率には有意差はみられなかった。3系統ともに、海水馴致後ほとんど成長しない個体が確認され、馴致方法による成長差の縮小効果はなかった。

(2) 親魚養成試験

養成及び採卵結果を表2に示した。8月に水温が上昇したため、産卵期始めの生残尾数は9尾となったが、11月27日から12月23日の間に4回の採卵を試み、1.3万粒あまりを得た。発眼率は、83.2-99.5%と高く、良質な卵が得られた。ふ化した稚魚は、淡水飼育を経て、成長優良個体のF1として、令和3年度の馴致試験に用いる予定である。

2 令和2年度導入分

(1) 系統別馴致試験

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3に示した。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系統では通常馴致区の生残率・瞬間成長率が直接投入区よりも高く、かつ、成長不良個体の割合が少ない（図 1）ことから、馴致によって海水に直接投入されて受けるストレスが緩和されると考えられた。ドナスチ系海水経験区では、馴致方法による差が、3系統の中で最も小さく、令和元年度と同様に、淡水飼育中の海水経験は、海水への適応能力を大きくする効果がみられた。

（2）系統別飼育試験

飼育 32 日目の初回測定以降の飼育試験では、瞬間成長率は系統間及び馴致方法間に有意差はなく、飼育初期にみられた海水経験区のメリットは、飼育日数の経過とともに失われた。3系統ともに令和元年度の瞬間成長率を上回り、毎日給餌による摂取エネルギーの違いが現れた。実際の養殖形態では、4ないし5ヶ月で2kg以上まで成長させる必要があるが、今回の結果からは、400g以上の種苗を導入して、毎日給餌すれば、達成可能と考えられた。

表1 令和元年度導入分の飼育結果

系統	馴致方法	日付	飼育日数 (日)	尾数 (尾)	生残率 (%)	平均体重 (g)	増重率 (%)	瞬間成長率 (%)
ドナスチ 1歳魚	通常馴致	11/28	0	69	100	385	100	
		1/15	48	65	94	567	147	0.75
		2/10	74	62	90	701	182	0.74
		3/10	103	60	87	837	217	0.68
		4/16	140	54	78	1,144	297	0.69
	直接投入	11/28	0	78	100	387	100	
		1/15	48	74	95	536	139	0.66
		2/10	74	73	94	655	169	0.67
		3/10	103	69	88	782	202	0.64
		4/16	140	61	78	1,036	268	0.66
ドナスチ 2歳魚	通常馴致	12/23	0	44	100	430	100	
		1/20	28	43	98	524	122	0.73
		2/14	53	42	95	680	158	0.87
		3/12	80	42	95	814	190	0.79
		4/17	116	39	89	1,099	256	0.81
	直接投入	12/23	0	46	100	479	100	
		1/20	28	45	98	591	124	0.77
		2/14	53	44	96	760	159	0.87
		3/12	80	44	96	903	189	0.78
		4/17	116	41	89	1,252	262	0.78
長野系	通常馴致	11/29	0	69	100	322	100	
		1/14	46	68	99	401	124	0.40
		2/13	76	66	96	478	148	0.43
		3/9	101	64	93	528	164	0.40
		4/14	137	59	86	720	224	0.48
	直接投入	11/29	0	63	100	306	100	
		1/14	46	62	98	391	128	0.49
		2/13	76	61	97	463	151	0.48
		3/9	101	59	94	524	171	0.45
		4/14	137	55	87	725	237	0.54
長野系 海水経験	通常馴致	11/29	0	55	100	151	100	
		1/14	46	54	98	210	139	0.65
		2/12	75	52	95	253	167	0.58
		3/11	103	52	95	303	200	0.55
		4/15	138	51	93	414	273	0.60
	直接投入	11/29	0	56	100	146	100	
		1/14	46	55	98	209	142	0.69
		2/12	75	54	96	263	180	0.66
		3/11	103	54	96	332	227	0.64
		4/15	138	49	88	454	310	0.66

表2 親魚養成結果

	収容時(5/11, 5/22)			斃死魚(8/18-21)			触診時(11/10)			備考	採卵結果 *1尾分は卵が流失した				
	性別	尾数	体長(mm)	体重(g)	尾数	体長(mm)	体重(g)	尾数	体長(mm)		体重(g)	卵数(粒)	卵重(g/粒)	発眼率(%)	浮上率(%)
1才魚	♀	3	437	1,782	2	529	3,441	1	494	2,789		3,925	0.069	99.5	94.6
	♂	1	426	1,927	1	495	3,520	0							
2才魚	♀	8	456	2,368	2	501	3,792	5	565	5,052		5,875	0.086	83.2	78.0
	♂	4	444	2,059	1	507	3,922	3	579	4,610	2尾排精	3,455	0.126	99.2	88.3
計・平均		16	447	2,148	6	510	3,651	9	562	4,653		13,255			85.6

表3 令和2年度導入分の飼育結果

試験区	飼育日数(日)	生残率(%)	体重(g)			瞬間成長率(%)	
			平均	最大	最小		
下ナスチ 海水経験あり	直接投入	0	100	246	378	181	
		32	80	330	533	116	0.82
		66	76	482	760	159	1.09
		97	74	712	1,175	144	1.17
		123	72	984	1,648	132	1.11
	通常馴致	0	100	242	329	173	
		32	82	323	528	194	0.80
		66	76	463	705	163	0.98
		97	73	717	1,233	177	1.31
		123	73	984	1,920	181	1.10
下ナスチ 海水経験なし	直接投入	0	100	233	361	152	
		32	79	319	560	112	0.91
		66	*	491	878	199	1.18
		97	*	707	1,225	220	1.09
		123	*	959	1,602	187	1.02
	通常馴致	0	100	237	332	166	
		32	86	358	615	180	1.23
		66	*	560	888	242	1.14
		97	*	804	1,407	272	1.11
		123	*	1,066	1,767	284	1.05
屋島系F1	直接投入	0	100	417	573	317	
		34	91	624	942	307	1.05
		64	89	877	1,398	298	0.94
		98	87	1,275	2,063	263	0.89
		123	76	1,567	2,571	243	0.65
	通常馴致	0	100	424	534	183	
		34	95	641	923	283	1.09
		64	93	897	1,384	269	0.93
		98	88	1,338	1,993	271	0.95
		123	85	1,662	2,452	242	0.70

*不明なコードが18尾あったため、表示せず

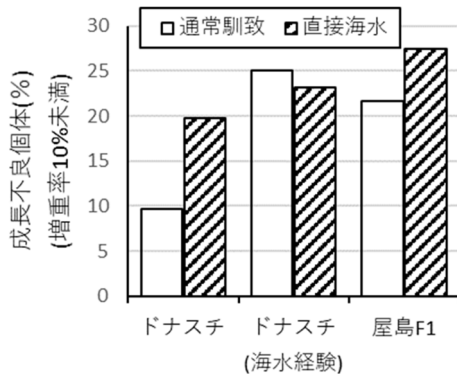


図1 馴致方法別の成長不良個体の割合

ニジマス養殖技術開発試験

武智 昭彦・友田 帆乃香

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成果品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) 高温処理試験

試験には、滑床養魚場 (松野町) で養成したニジマス 3 歳魚を親魚として用いた。雌性発生には、雄 1 尾から精液を 5mL 採取し、精漿液で 50 倍に希釈した後、直径 9cm のシャーレに 10mL 注入して均一化し、振とうしながら 5000erg/mm² の紫外線を照射し不活化した精子を用いた。採卵後、カゴに収容し等張液で洗浄した卵に、等張液中で不活化精子を媒精した。受精卵は、自然水温で管理し、受精 10 分後に高温処理により、第二極体放出阻止を行った。高温処理温度は、24、26、28℃の 3 段階とし、処理時間は 20 分間とした。

なお、授精から発眼までの間は滑床養魚場において管理し、発眼した時点で当所に持ち帰り、卵管理を継続した。

(2) 全雌種苗生産

雌親魚は、当所で育成したニジマス 2 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のうちから体色が黒化し、雄として成熟していると思われる個体を用いた。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) 海水馴致時水温検討試験

海水馴致時の環境が、その後の成長に与える影響について検証するため、令和 2 年 12 月 7 日に滑床養魚場 (松野町) 産のニジマス 1 歳魚を 10 kL 八角コンクリート水槽に、各 30 尾ずつ収容し試験を行った。試験は、①低水温 (13-14℃) 50%海水から 5 時間馴致、②低水温 (13-14℃) 100%海水直接投入、③高水温 (17℃) 100%海水直接投入と馴致条件の異なる 3 区を設定し行った。

馴致後は、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) 高温処理試験

採卵結果を表 1 に示した。採卵には、雌親魚 5 尾を用い、その平均体重は 3,540g であった。発眼まで発生が確認された 3 尾の卵のうち雌 3 と雌 5 の 2 尾については、紫外線照射していない精子で授精し、高温処理をしなかった無処理発眼率がそれぞれ 0 及び 8.1%と低く、卵質に問題があったと判定された。採卵した日は、搾出した雌親魚全てから卵が流出する状態で、受精適期の終わりにあったと考えられた。

表 1 採卵結果

日付	親魚	体重(g)	卵重(g)	1粒あたり卵重(g)	卵数(粒)	無処理発眼率(%)
2020/12/4	♀1	2,938	402.4	0.08	5,295	*
	♀2	3,672	307.3	0.10	3,073	*
	♀3	4,059	541.2	0.09	6,367	8.1
	♀4	3,466	381.8	0.07	5,272	46.4
	♀5	3,565	734.8	0.06	11,430	0.0
	♂1	4,313				

*ふ化前に卵が流失

無処理発眼率が、46.4%と最も高かった雌 4 の卵を用いた高温処理の結果を表 2 に示した。

高温処理による極体放出阻止を行わない事例では、96.2%が半数体と考えられる奇形であり、昨年度に試験した紫外線処理強度 (5,000erg/mm²) は、精子の不活化に有効であることが再確認された。また、高温処理では、設定温度が高いほど発眼率が低下し、致死率が高くなった。一方、半数体であることを示す奇形率は、最も低い 24℃区が 100%と最も高く、この温度では第二極体放出阻止ができないことが確認された。なお、正常にふ化した雌性発生魚が得られたのは、26、28℃の 2 区で、受精卵の生残を考慮すると 26℃が至適処理温度と考えられた。

表 2 高温処理結果

親魚	紫外線強度(erg/mm ²)	高温処理		発眼率(%)	奇形(半数体)(%)	正常(%)
		温度(°C)	時間(分)			
♀4	0	なし		46.4	0.0	100.0
	5,000	なし		23.2	96.2	3.8
	5,000	24	20	11.4	100.0	0.0
	5,000	26	20	6.9	0.0	100.0
	5,000	28	20	2.0	25.0	75.0

(2) 全雌種苗生産

令和元年度産偽雄の体重の推移を図1に示した。雌性発生偽雄2群は、正常発生偽雄と比較して成長がやや速く、1歳時点での平均体重が60g及び120g上回った。今回の試験で、全雌種苗の作出に用いた偽雄は、雌性発生雌から性転換により得られた図1の雌性発生偽雄-2のうちの2尾で、その体重は360gと554gであった。なお、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、授精に供した。

採卵結果を表3に示した。雌親魚No.1とNo.2に対して偽雄1尾、雌親魚No.3に対して偽雄1尾を用いて受精させた。その結果、雌親魚3尾から1.3万粒を採卵し、正常に浮上した稚魚1.1万尾を得た。なお、受精に用いた偽雄ごとに稚魚10尾ずつ計20尾についてPCR法により性別判定を行い、全て雌であることを確認した。

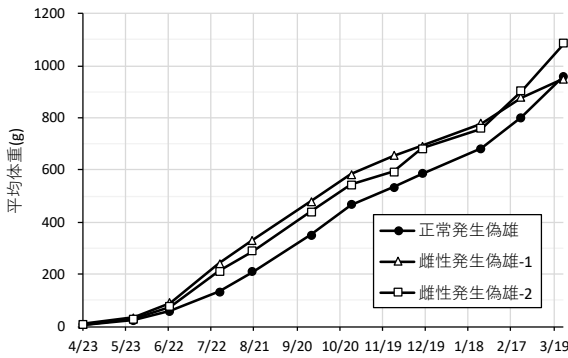


図1 偽雄3群の体重の推移

表3 採卵結果

No.	年齢	卵数 (粒)	卵重 (g/粒)	発眼率 (%)	浮上尾数 (尾)	浮上率 (%)
1	2	3,925	0.069	100	3,713	95
2	3	5,875	0.086	83	4,585	78
3	3	3,455	0.126	99	3,050	88
計		13,255			11,348	86

2 ニジマス海水馴致試験

(1) 海水馴致時水温検討試験

馴致中の水温と塩分の推移を図2及び3に示した。滑床養魚場から当所に運搬した際の到着時の水温は13.4°Cで、収容先の水槽の水温は、低温区が13.6及び14.1°C、高水温区が16.9°Cであった。馴致の際の海水添加により、低水温区も馴致開始後4時間程度で高水温区と同程度になった。一方、塩分は、100%区が32.6PSU、50%区が馴致開始時の14.3PSU(44%)から6時間で31PSU(95%)となった。

飼育経過を表4に示した。馴致時に塩分及び水温両面からのストレスが掛かったと考えられる高水温区は、

飼育初期には成長・生残が、他の2区よりも劣ったものの、有意な差は認められず、飼育期間の経過とともに、それらの差はなくなった。元来、海水への適応能力が高いドナスチ系ニジマスでは、海水への直接投入でも、初期にはストレスが掛かるものの、その後の成長・生残には影響ないと考えられた。

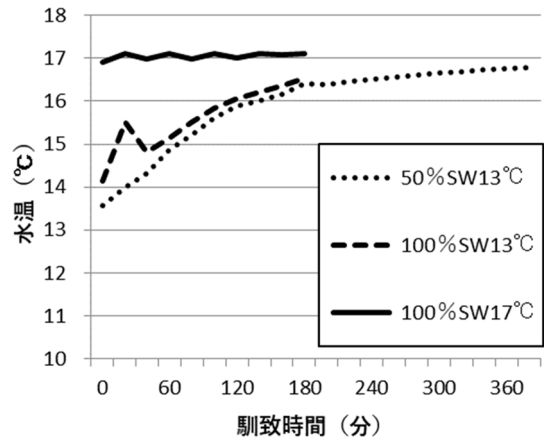


図2 馴致時間と水温の推移

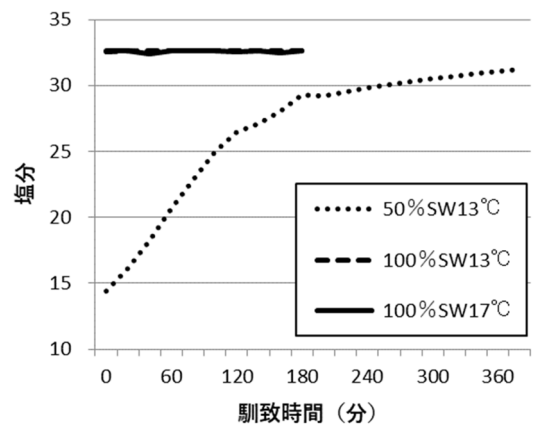


図3 馴致時間と水温の推移

表4 ニジマス飼育経過

馴致条件	項目	2020/12/8	2021/1/7	2021/2/7	2021/3/8	2021/4/7
50%SW- (13°C)	飼育日数(日)	0	30	62	90	120
	体長(mm)	306	326	363	392	424
	体重(g)	526	790	1,127	1,556	1,975
	尾数(尾)	30	30	30	30	29
	生残率(%)		100	100	100	97
	総魚体重(kg)	15.8	23.7	33.8	46.7	57.3
	給餌量(kg)		8.4	12.3	14.4	17.7
	増肉係数		1.06	1.21	1.12	1.67
100%SW- (13°C)	飼育日数(日)	0	30	62	90	120
	体長(mm)	309	324	365	390	427
	体重(g)	519	741	1,095	1,496	1,938
	尾数(尾)	30	30	30	30	30
	生残率(%)		100	100	100	100
	総魚体重(kg)	15.6	22.2	32.8	44.9	58.1
	給餌量(kg)		7.4	11.4	13.8	17.9
	増肉係数		1.11	1.07	1.15	1.35
100%SW- (17°C)	飼育日数(日)	0	30	62	90	120
	体長(mm)	303	318	357	387	429
	体重(g)	512	700	1,023	1,491	2,007
	尾数(尾)	28	27	27	27	26
	生残率(%)		96	96	96	93
	総魚体重(kg)	14.3	18.9	27.6	40.3	52.2
	給餌量(kg)		6.2	10.4	13.6	17.5
	増肉係数		1.37	1.19	1.08	1.47

優良ピース貝選別技術開発試験

西川 智・横井 佑亮

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する、適切な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、依然として貝殻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、挿核前に現場でこれらのバラツキを抑えるための、優良ピース貝の選別技術を開発する。

事業2年目である今年度は、この目的を達成するために次の3課題について検討した。

- 1 選別指標等の作製：貝殻内面の色と貝殻結晶層厚の関係が分かる選別指標を用いてポスターを作成する。
- 2 真珠養殖試験：選別指標等に基づいて選別したピース貝を用いて、真珠を試験養殖する。
- 3 ピース貝の種苗生産：選抜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 選別指標等の作製

昨年度、既報¹⁾の方法により貝殻結晶層厚を計測した、結晶層厚が263nm、352nm、410nm、434nm、461nm、470nmの左殻を各1個について、貝殻の内側正面及び30°傾けた面をデジタルカメラで撮影した。この写真を用いて、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できるよう、優良ピース貝選別用のポスターを作成、配布した。

2 真珠養殖試験

令和2年4月から12月にかけて、宇和島市内の3名の真珠養殖業者に管理を委託して、母貝や核サイズを統一した真珠養殖試験をおこなった。

ピース貝の選別区では、各々、挿核の前日に、平成31年産干渉色選抜ピース貝各200個を母集団として選別した。方法は、パールナイフで開殻したピース貝の左殻の内面色を、選別指標によって当センター職員が目視判断して、次のとおり選別した。

ベスト選別区：貝殻結晶層厚の適切な410~440nm程度と目される個体、厚い選別区：貝殻結晶層が厚い個体、薄い選別区：貝殻結晶層の薄い個体。

次に、各区20個ずつについて、左殻を水洗いして風乾した後、貝殻結晶層厚を既報¹⁾の方法により計測した。貝肉の付いた右殻については、流水で1日間保管した翌日、これらから採取したピースを、各区200個の平成30年産日本貝を母貝として挿核に供した。

これらを適正に養殖管理した後、浜揚げした真珠について、日本真珠振興会において、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、それぞれ均当りの単価係数を算出した。なお、単価係数は、経済的価値が最も高かった区の1級真珠を100と設定して、その相対値とした。

3 ピース貝の種苗生産

令和3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、干渉色選抜貝及び白色貝の2系統を生産した。干渉色選抜系統は、当センターで平成31年3月にふ化させた同系統の雌10個体と、令和2年3月にふ化させた干渉色選抜系統の雄8個体を、親貝に用いて生産した。白色貝系統は、平成31年3月にふ化させた同系統の雌56個体と、平成31年3月にふ化した同系統の雄5個体を、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を参考に、貝殻結晶層厚が410~440nm程度と目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、系統ごとに雌雄をプールして媒性させた。

結果及び考察

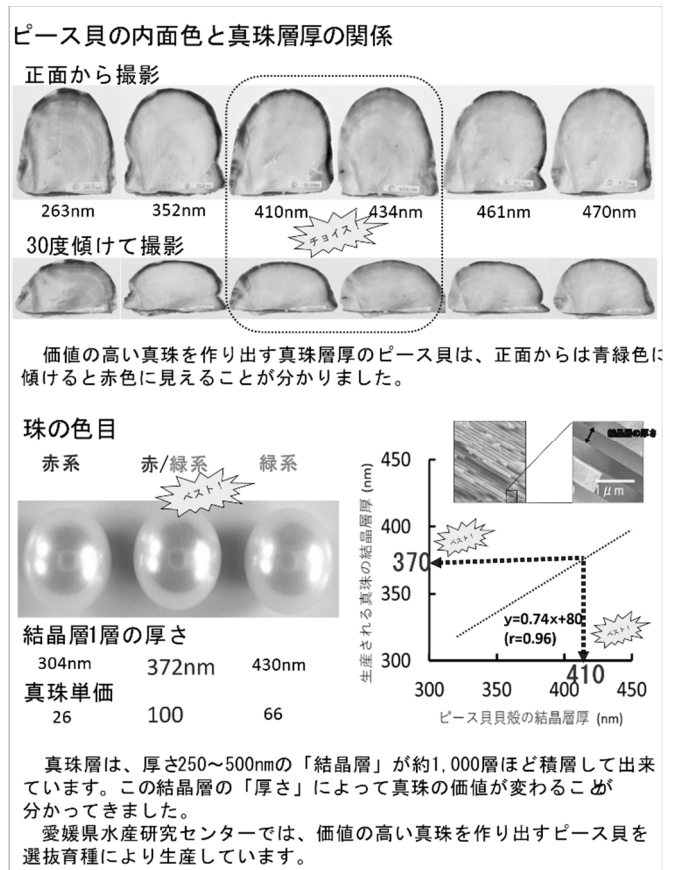


図1 選別指標のポスター

1 選別指標等の作製

作成した選別指標のポスターを図1に示す。

2 真珠養殖試験

目視選別に使用した左殻の貝殻結晶層厚を図2に示す。A、Bの業者においては、ベスト選別区で適切な貝殻結晶層である410~440nmを選別できており、Cの業者においても409nmと近い値で選別できた。また、3業者いずれも、貝殻結晶層の厚い選別区では適切な層厚を上回る値であり、結晶層の厚い個体を選別できていた。

一方、貝殻結晶層の薄い選別区に関しては、Bの業者では、382nmと適切な層厚より薄い個体を選別できたが、A、Cの業者においては、それぞれ451nm、411nmと適切な層厚以上の値となった。これについては、選別の母集団に使用した貝が、貝殻結晶層厚410~440nmとして選別された親貝によって作出された系統であり、貝殻結晶層厚のばらつきが少なく、貝殻結晶層厚の薄い個体が少なかった可能性があることに加え、昨年度の報告³⁾では、貝殻結晶層厚が適切な場合に見られる赤色と、薄い場合にみられる紫色の識別が困難な場合があり、一部誤選別された可能性もある。

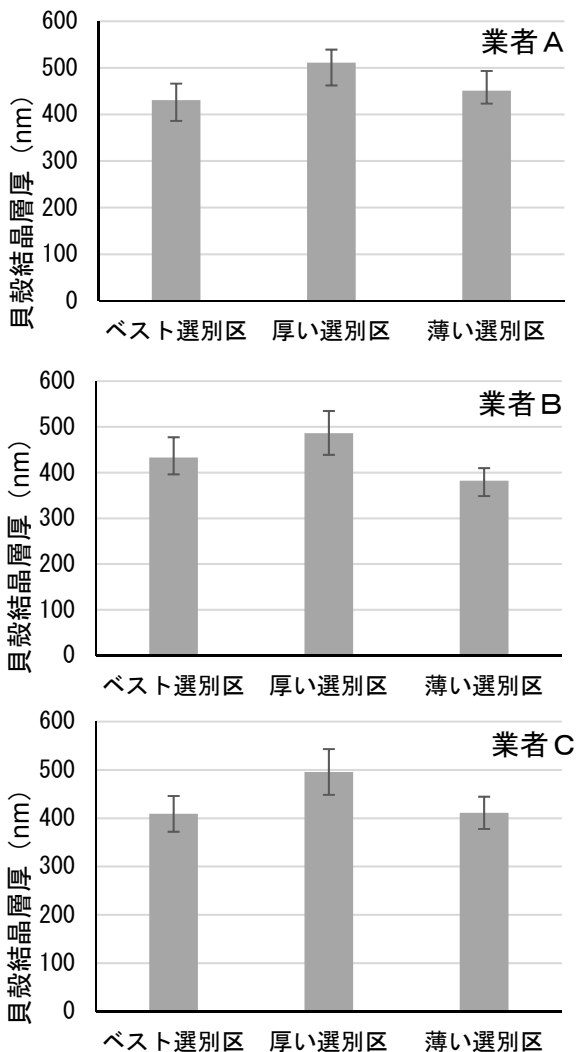


図2 目視選別したピース貝の貝殻結晶層厚 (縦棒は標準偏差)

浜揚げした真珠の単価係数を表1に示す。A、C業者のベスト選別区、B業者のベスト選別区及び厚い選別区の1級真珠が、経済的価値が同一で最も高かった。ベスト選別区1級真珠の単価係数は3業者いずれも100となり、他の区に比べて経済的価値が高かったことから、今回開発した選別方法によって、優良なピース貝を選別できることが明らかとなった。今後は、この選別方法によって、一般の真珠養殖業者が優良なピース貝を選別できるのかを実証試験によって検証する必要がある。

表1 真珠養殖試験の真珠の単価係数

業者	試験区	単価係数 (%)		
		1級	2級	3級
A	ベスト選別区	100	66.7	0
	厚い選別区	95.1	33.3	0
	薄い選別区	95.1	33.3	0
B	ベスト選別区	100	23.3	0
	厚い選別区	100	30.0	0
	薄い選別区	80.0	26.7	0
C	ベスト選別区	100	25.0	0
	厚い選別区	91.7	15.0	0
	薄い選別区	91.7	21.6	0

4 ピース貝の種苗生産

3月末現在で、ふ化させた2系統の浮遊幼生を各系統につき約1,000万個体飼育管理している。今後は、これら2系統のピース貝を屋内で付着稚貝まで育成し、その後屋外に垂下して飼育管理する予定である。

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：アコヤガイ種苗生産。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)
- 3) 小田原和史・横井佑亮・尾崎良太郎：優良ピース貝選別技術開発試験。愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告 令和元年度 (2021)

耐病性及び真珠品質評価を利用したアコヤガイ育種技術の開発

(革新的技術開発・緊急展開事業 (うち先導プロジェクト))

西川 智・横井 佑亮

目 的

アコヤガイの選抜育種では、へい死が少なく、色や真珠の巻きが良い貝を親に用いているが、へい死は漁場環境や飼育管理の影響を受けやすく、真珠の色は選抜を行うものの主観に依存し、巻きの良い真珠の単価が必ずしも高いとは言えず、複合的に選抜育種を困難にしている。

本研究では、これまでに、赤変病への耐病性と貝殻結晶層厚に基づく選抜技術を確立するとともに、真珠の結晶層の厚さが真珠の単価に強く影響を及ぼすことを実証し、単価の高い真珠の真珠層厚を推察した。この成果をさらに選抜育種とその先の真珠養殖に利用することにより、赤変病によるへい死の低減と高い単価の真珠の生産を目指す。

なお、本研究は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターによる「革新的技術開発・緊急展開事業 (うち先導プロジェクト)」の支援を受けておこなった。また、本試験の詳細な内容は、同事業の構成員別研究成果報告書に記載した。

方 法

赤変病に耐病性を持つアコヤガイ選抜技術の開発と育種素材の検索のため、増養殖研究所において、日本系貝の血リンパの PCR 検査により、スピロヘータのコピー数を測定した。

試験区は、当センターが平成 30 年 5 月に種苗生産し、愛媛県愛南町に垂下していた耐病性貝 145 個体を選抜区 F1、愛南町が平成 30 年 4 月に従来の方法で選抜した日本系親貝から種苗生産し、同町に垂下していた 145 個体を対照区 F1 とした。さらに選抜区 F1 の内、病原体数が検出限界以下であった 30 個体から雌雄それぞれ 5 個体を選んで、令和 2 年 5 月に切開法により交配して選抜区 F2 を作出した。一方で、対照区 F1 の内、病原体数が多かった 20 個体から雌雄それぞれ 5 個体を選んで、同月に切開法により交配して対照区 F2 を作出した。

これらを、同年 6 月に当センター地先に沖出しし、2 カ月後から毎月へい死率を測定した。さらに同年 11 月に、両試験区から無作為に各 40 個体を抽出し、個体ごとに血リンパと閉殻筋を採取して、赤変度と病原体数を測定した。

真珠品質に基づくアコヤガイ選抜技術開発と育種素材の検索のため、平成 28 年に貝殻結晶層厚を指標として選抜した親貝から生産した F1 の 6 系統の内、平均結晶層厚が厚かった 1 系統について、平成 30 年 5 月に 3 ペアずつ交配して F2 を 3 系統生産した (以下「結晶層が厚い F2」という)。同様に、平均結晶層厚が薄かった F1 の 1 系統についても同様に F2 を 3 系統生産した (以下「結晶層が薄い F2」という)。

これらの F2 をピース貝に用いて真珠養殖試験を行い、令和 2 年 12 月に浜揚げして、真珠を評価した。

なお、貝殻結晶層厚及び真珠の結晶層厚の測定には、(国研) 農研機構・生研支援センター委託事業「平成 26 ~27 年度攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」において愛媛大学大学院理工学研究科が試作した、真珠層計測簡易システムを用いた。貝殻結晶層厚の測定場所は、左貝殻内面の正中線上で、稜柱層と真珠層の境界から中央に向かって 5mm の点とした。

結果及び考察

病原体数で選抜した選抜区と対照区の生残率を図 1 に示す。7 月までは差はなかったものの、8 月以降は選抜区の方が高い値で推移した。しかし、両区とも昨年度と比べると生残率は低く推移し、種苗生産から 5 カ月後 (10 月) での生残率は、選抜区 F2 は 47.1%、対照区 F2 は 26.6% であった。殻閉筋の赤変化は近年当該漁場では確認されていないこと、令和元年度以降、全国のアコヤガイ養殖漁場において、新たな不明病による稚貝の大量へい死が確認されていること、赤変病とこの不明病に対する選抜貝の感受性の違いについては明らかでないことなどから、この結果は、不明病の影響を受けた可能性がある。

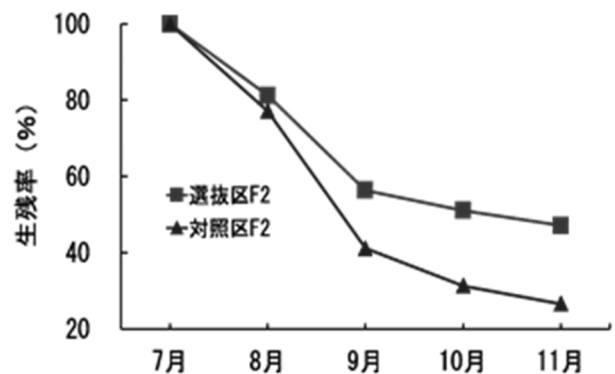


図 1 赤変病原体数選抜系統 (選抜区) と既存系統 (対照区) における生残率の推移

貝殻結晶層厚を基に選抜した親貝から生産した系統について、左殻結晶層厚の平均値と親 (F1) のそれとの関係を図 2 に示す。F1 作出時と同様に¹⁾、F2 作出時も親と子の間には正の相関関係が有意に認められた。親子回帰からの遺伝率は、F1 作出時は 0.57¹⁾、F2 作出時は 0.77 であったことから、貝殻結晶層厚は遺伝率が高く、

選抜効果のある形質であると強く示唆された。

なお、F1 作出時における過去の検討で、子世代の貝殻の厚さと、親の貝殻の厚さとの間に有意な関係は認められなかったが、子世代の貝殻結晶層厚と、その貝殻の厚さの間には、正の相関関係が認められている¹⁾。このことから、同一の親集団から貝殻結晶層厚の厚い親同士を交配すると、子世代は貝殻結晶層厚だけでなく、貝殻も厚くなると予想される。

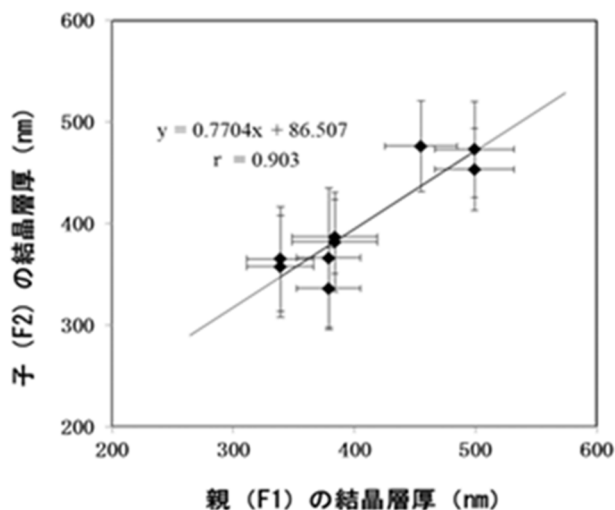


図2 親と子世代の貝殻結晶層厚の関係

F2 をピース貝に用いて養殖した真珠の単価指数は、F1 をピース貝に用いた時²⁾と同様に、真珠の平均結晶層厚が 375nm 付近のものが最も高くなる傾向が認められた(表1)。さらに、ピースを採取した貝の貝殻結晶層厚と作出される真珠の平均結晶層厚との相関から(図3)、平均結晶層厚が 410nm 付近の貝をピース貝に使用することで、真珠層厚が 375nm 付近の単価の高い真珠が作出できる割合が高くなると推察された。

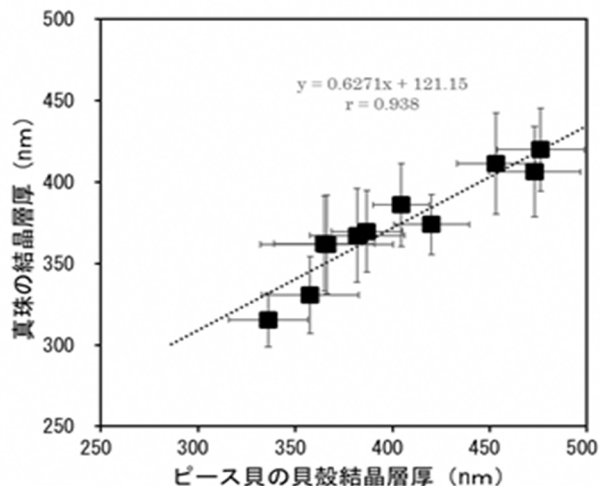


図3 ピース貝の貝殻結晶層の厚さと作出される真珠の結晶層厚との関係

まとめ

本研究において、貝殻結晶層厚に基づく選抜技術を確立するとともに、真珠の結晶層の厚さが真珠の単価に強く影響を及ぼすことを実証し、さらに単価の高い真珠の真珠層厚が解明された。本研究成果をアコヤガイの選抜育種と真珠養殖に活用することにより、単価の高い真珠を効率よく生産できるようになると考えられる。近年、真珠養殖の現場では、不明病により母貝の供給量が減少し、これに伴って真珠の産出量も減少していることから、本技術を用いて高品質真珠の生産効率を向上させることが、本県の真珠産業の維持、振興に繋がることが期待される。

文 献

- 1) 小田原和史：革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）構成員別研究成果報告書：(2019)
- 2) 小田原和史：革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）構成員別研究成果報告書：(2020)

表1 評価した真珠の単価指数と結晶層厚

地点・業者	ピース貝	1級品割合 (%)	2級品割合 (%)	1級品単価指数	2級品単価指数	平均単価指数	真珠の平均結晶層厚(nm)	貝殻の平均結晶層厚(nm)
宇和島市三浦 A	結晶層の厚いピース貝F2	26.1	66.7	36.5	20.6	25.1	406.2±27.7	473.0±23.7
	結晶層の丁度良い ^(※) ピース貝F2	29.7	59.4	96.8	30.2	52.4	374.4±18.4	420.0±19.4
	結晶層の薄いピース貝F2 ①	18.4	66.2	31.7	9.5	14.3	315.6±16.5	336.1±20.2
	結晶層の薄いピース貝F2 ②	20.0	65.6	47.6	19.0	25.7	330.7±23.5	357.6±25.0
宇和島市遊子 B	結晶層の薄いピース貝F2 ③	21.8	69.2	76.2	12.7	27.9	369.7±25.0	386.8±18.2
	結晶層の厚いピース貝F2 ①	25.3	66.3	71.4	36.5	46.1	411.3±31.2	453.3±20.1
	結晶層の厚いピース貝F2 ②	20.2	66.9	84.1	33.3	45.1	419.9±25.5	476.2±22.2
	結晶層の丁度良い ^(※) ピース貝F2	14.0	69.9	95.2	34.9	45.0	386.6±25.4	404.5±14.4
	結晶層の薄いピース貝F2 ①	6.9	72.4	87.3	27.0	32.2	361.7±30.0	366.2±34.3
	結晶層の薄いピース貝F2 ②	8.4	74.8	87.3	19.0	25.9	362.1±29.1	365.0±25.8
	結晶層の薄いピース貝F2 ③	9.7	76.1	76.2	34.9	39.6	367.2±28.6	381.8±24.4

(※)貝殻真珠層厚410nm付近を丁度良いとした。

アコヤガイへい死緊急対策事業

I 環境資源室

三門 哲也・渡邊 昭生*

目 的

令和元年に国内各地の真珠養殖漁場において発生したアコヤガイ稚貝の大量へい死の原因を究明するため、漁場における漁場環境条件を明らかにすることを目的とした。

方 法

各漁場の水温を把握するため、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）に設置した水温計データを収集した。また、溶存酸素の推移をモニタリングするため、津島町曾根及び宇和島市下波にデータロガー付き溶存酸素センサーを設置した。

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-図3に示した。3地点とも5月から8月中旬までは平年と比較し1℃以上低く推移したが、8月下旬に発生した急潮の影響により平年を上回った。9月下旬に一時的に平年を下回ったが、10月中旬以降は平年並みからやや高めで推移した。次に、下灘地区と下波地区における10時の溶存酸素量の推移を図4及び図5に示した。両地区とも、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。

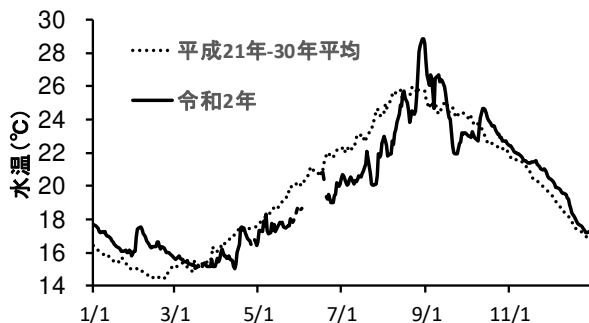


図3 水温の推移（下波地区）



図4 酸素飽和度の推移（下灘地区）

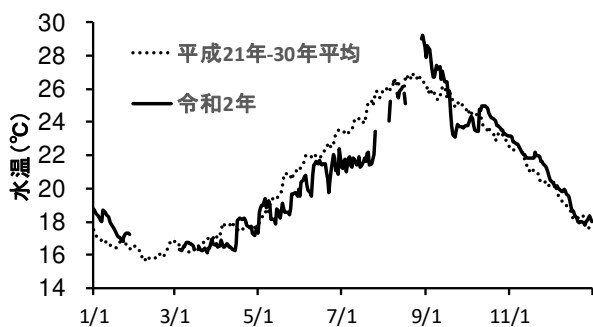


図1 水温の推移（愛南地区）

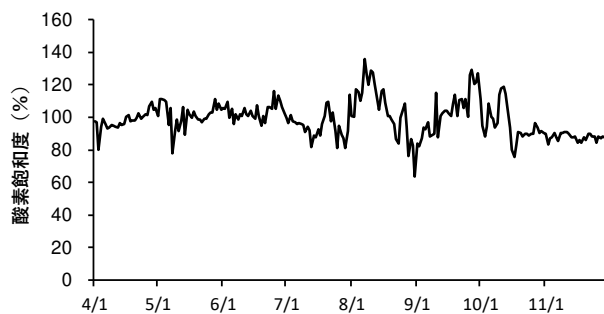


図5 酸素飽和度の推移（下波地区）

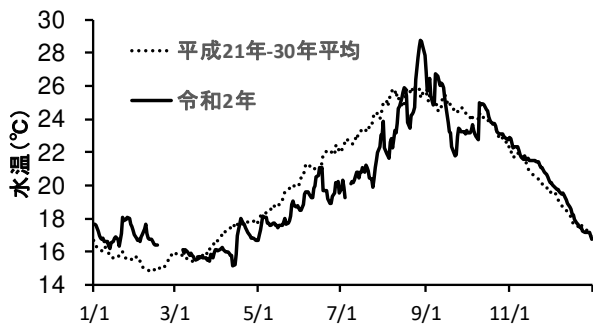


図2 水温の推移（下灘地区）

*現 南予地方局八幡浜支局水産課

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

令和元年春・秋生産の母貝は、貝殻または貝肉の異常、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2年春生産稚貝は、貝殻または貝肉の異常及びへい死率を調査した。

2 挿核試験

令和2年6月17日に挿核し、宇和海北部海域で養殖した日中交雑貝を、同年8月25日及び10月27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た。翌年1月6日に浜揚げした珠のうち、12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、令和元年秋出荷の母貝のうち、貝殻真珠層に異常のある母貝に4–6月に挿核し、翌年1月に浜揚げした際のへい死率、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状況を調査するため、6月12日に当センター地先に貝リングル(東京測器研究所製)を設置した。センサーを取り付けた日中交雑3年貝を水深1m及び3.5mで飼育し、1秒間隔で連続観測を行うとともに、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 遺伝的多様性調査

県内および県外の種苗生産施設で生産された人工貝5種、宇和海産天然採苗貝及び石川県産天然貝各30個体について、4マーカー座を用いてマイクロサテライトDNA解析を行い、遺伝的多様性及び近交度について調査した。なお、DNA解析は外部機関に委託した。

5 選抜育種

当センターで継代飼育している、平成30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2年3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、調査開始から6月まで、各漁場において

貝殻内面の異常は確認されなかった。しかし、7月の調査で10–30%の貝殻内面の異常(段・褐変)が確認された後、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月以降減少傾向であり、7月以降に健康度の指標となる3%を下回る値となった(図3)。へい死率は、各地区最大でも10%程度であったが(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)。

稚貝では、7月13日の調査時に貝殻内面の異常とへい死を初確認し、その後、成貝と同様に異常が継続し、11月末までに、約70%のへい死が確認された。また、生残した貝の約30%に異常からの回復に伴う真珠層の段が確認された(図5)。

2 挿核試験

6月17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 $4.6 \pm 1.3 \mu\text{m}$ 、9–10月は $4.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 、11–12月は $1.2 \pm 0.5 \mu\text{m}$ であり、11月以降真珠層の形成速度が低下していた(図6)。貝殻真珠層に異常のある母貝を用いた挿核試験では、へい死率及び真珠品質に、異常の有無による大きな差は認められず、貝殻内面の異常が軽微であれば真珠貝としての利用が可能と考えられた(表1)。

3 殻体運動計測

貝リングルの応答波形には、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)が見られる期間が確認された。こうした期間のうち、8月中旬から9月中旬や、10月中旬には、赤潮プランクトンである*Myrionecta rubra*がそれぞれ最大37,000細胞/ml及び6,700細胞/ml確認されており、二枚貝には無害とされる同プランクトンであっても、高濃度で長時間暴露すると、貝にストレスを与えていると推察された。また、2時間以上に及ぶ長時間の閉殻が、期間を通して散見され、10月初旬までの成層期には、長期間閉殻の発生前に濁度の急激な上昇が確認された。10月中旬以降の混合期には、水温、クロロフィルa量及び濁度が安定した状態にも関わらず、長時間の閉殻が期間を通して観測された。

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月中旬と10月上・中旬にピークを迎えた後も継続して確認された。こうした長時間閉殻の発生状況は、真珠層の褐変出現率の推移(図1)と類似しており、貝殻の異常は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。

真珠層の巻厚を見ると、6月から8月までと、そこから10月までの1日当たりの真珠層の形成には大差がなかったが、これ以降はそれらの1/3以下となり、形成速度の鈍化が示された(図6)。10月以降、海況が安定して

いたにも関わらず長時間閉殻する挙動が継続したことからも、この時期に貝の生育に悪影響を与える何らかの要因があったと推察された。

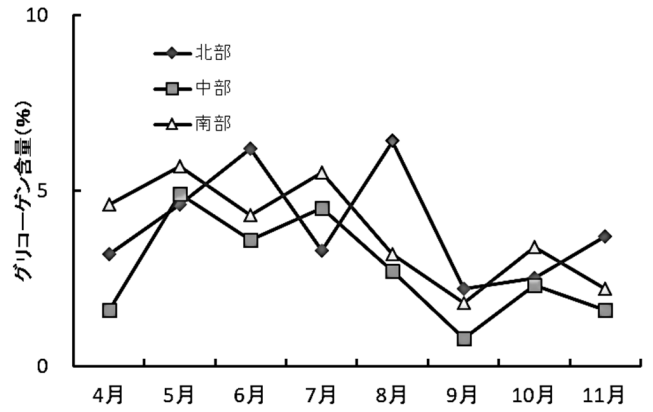
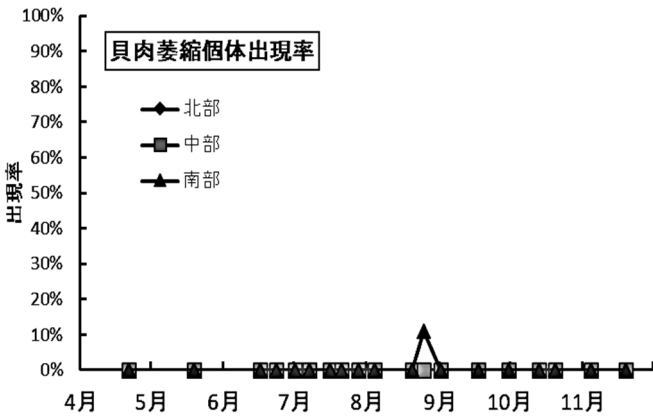
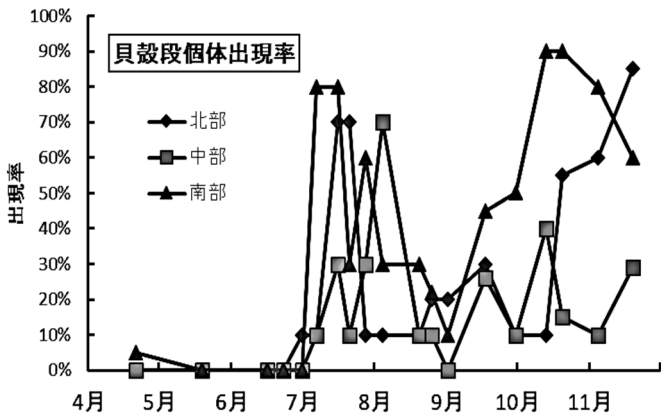
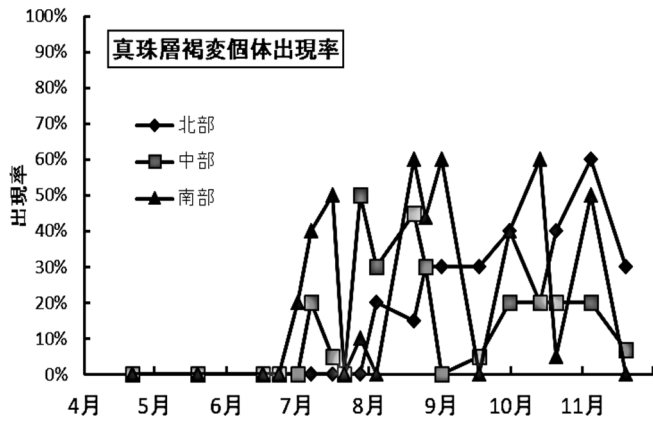


図3 閉殻筋のグリコーゲン含量の推移

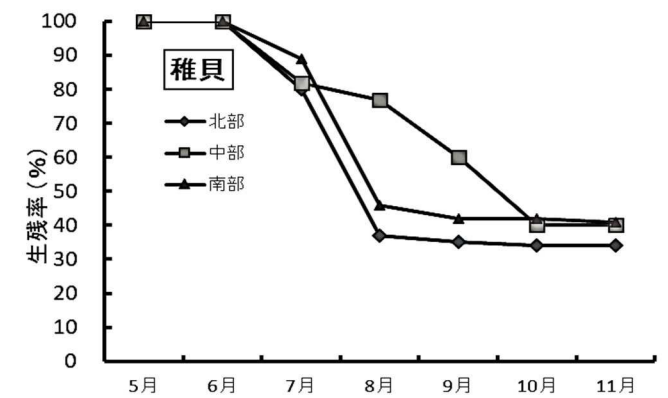
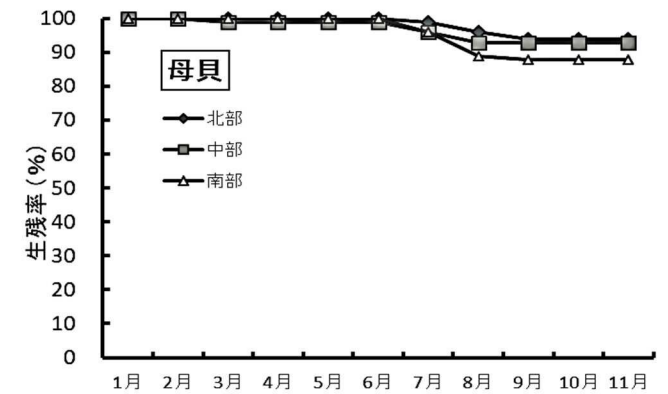


図4 生残率の推移

図1 貝殻または貝肉に異常が確認された母貝の出現率の推移

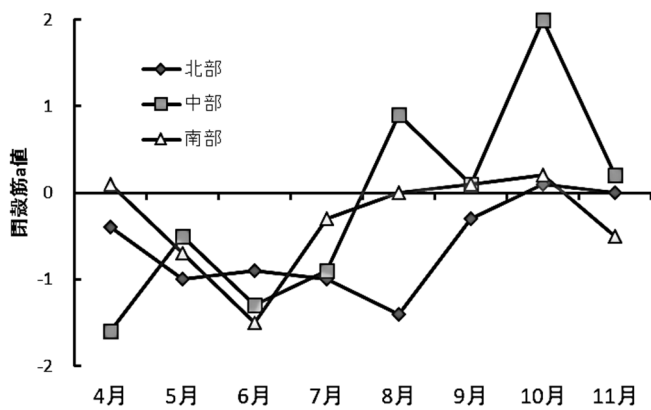


図2 閉殻筋の赤変度の推移

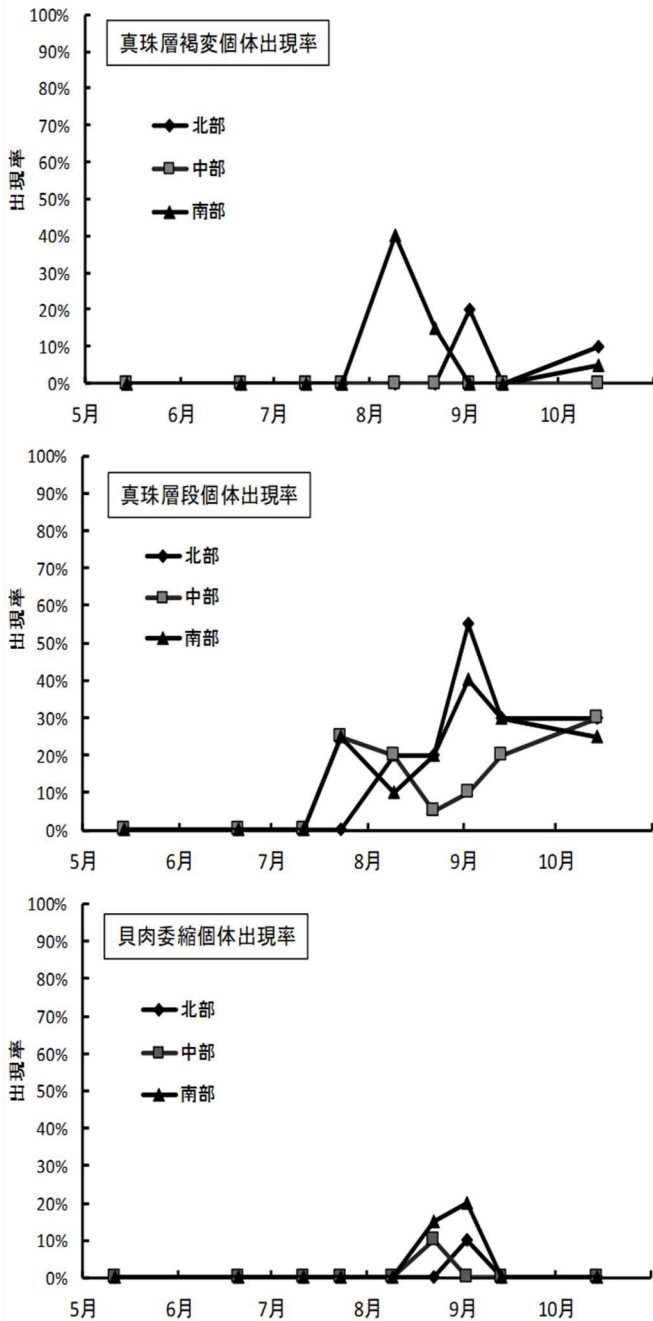


図5 貝殻または貝肉に異常が確認された稚貝の出現率の推移

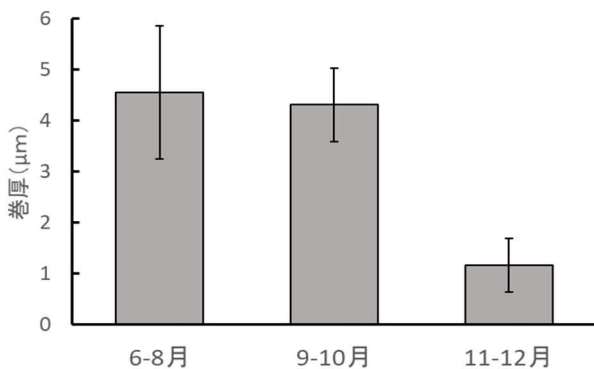


図6 養殖期間別1日当りの真珠層形成の推移(縦棒は標準偏差)

表1 挿核試験結果

種類	へい死率 (%)	脱核率 (%)	製品率 (%)
正常貝	11.1	6.0	58.0
貝殻異常貝1	7.0	10.3	65.0
貝殻異常貝2	7.2	8.7	55.6

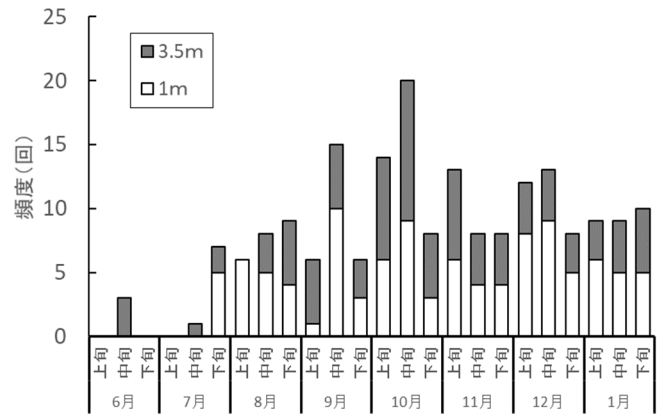


図7 2時間以上閉殻した頻度の月別推移

4 遺伝的多様性調査

遺伝的調査では、天然貝に対して人工貝で対立遺伝子数の低下がみられたが(人工貝:平均4.8-7.3、天然貝:平均14.3-18.3)、ヘテロ接合体率には集団間で顕著な違いはなく(表2)、人工貝で明らか近交が進んでいるとは判断されなかった。また、宇和海の天然採苗貝についても、人工貝と同様にへい死が見られたことから、へい死要因として、調査した人工貝の遺伝的多様性の低下が直接関与している可能性は低いと推定された。

表2 遺伝的多様性調査結果

種類	平均ヘテロ出現率	
	観察値 (h_o)	期待値 (h_E)
県内産日中交雑貝1	0.650	0.607
県内産日中交雑貝2	0.671	0.673
県外産日中交雑貝1	0.588	0.711
県外産日中交雑貝2	0.726	0.722
水研産国産ヒース貝	0.650	0.763
宇和海天然採苗貝	0.633	0.808
石川県能登産天然貝	0.683	0.890

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。緊急生産貝については、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布した。

アコヤガイ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いる。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おり、早急な原因究明が望まれている。そこで、本試験ではこの異常について感染症の可能性を検討するため、感染試験を行った。

材料及び方法

感染方法は浸漬感染とし、攻撃液と飼育水温の違いによる死亡率を比較した。

攻撃液の調製には、健常貝区では愛南町海洋センターで生産した人工種苗の稚貝（平均殻長 1cm）を、病貝区では宇和海中部で養殖され、特徴的な異常が見られた稚貝（平均殻長 2cm）をそれぞれ用いた。両区とも、供試貝の軟体部 600mg を 8mL の滅菌海水でホモジナイズし、2,000rpm、10 分間遠心分離した後、その上清を回収し、20 μ m フィルターでろ過した。これを 24mL にメスアップし、6,000rpm、10 分間遠心分離後、上清を 0.45 μ m でフィルターろ過し攻撃液とした。

供試貝を個別に 12well プレートに收容し、上記の攻撃液それぞれ 1mL と滅菌海水 3mL を添加して静置した。翌朝、攻撃液を取り除き、滅菌海水を 4mL 添加した。これらの作業を 5 日間継続し、7 日目まで観察して死亡率を求めた。生死の判定は殻が閉まらないことで確認した。

飼育温度は 20 $^{\circ}$ C 及び 25 $^{\circ}$ C とし、対照区として滅菌海水を 4mL 添加した区を設けた。

健常貝区と病貝区の死亡率の違いはカイ二乗検定で比較し、検定において有意水準は 0.05 とした。

結 果

飼育温度 25 $^{\circ}$ C の試験では、病貝区で高い死亡率（91.7%）となり、健常貝区との間に有意な差（ $p < 0.01$ ）が認められた（図 1）。

また、飼育温度 20 $^{\circ}$ C の病貝区では、25 $^{\circ}$ C と比較して低い死亡率（50.0%）となったが、20 $^{\circ}$ C でも健常貝区との間に有意な差（ $p < 0.01$ ）が認められた（図 2）。なお、滅菌海水のみの対照区では、死亡は認められなかった。

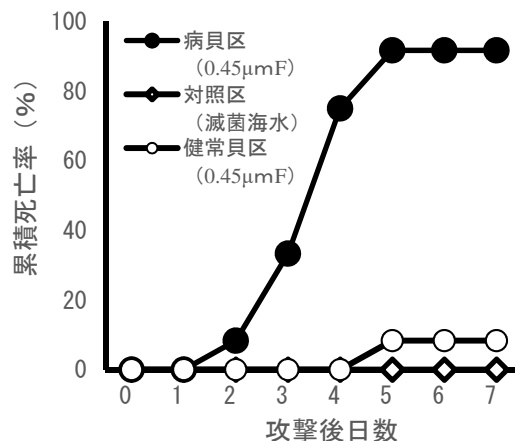


図 1 感染試験の累積死亡率（飼育水温 25 $^{\circ}$ C）

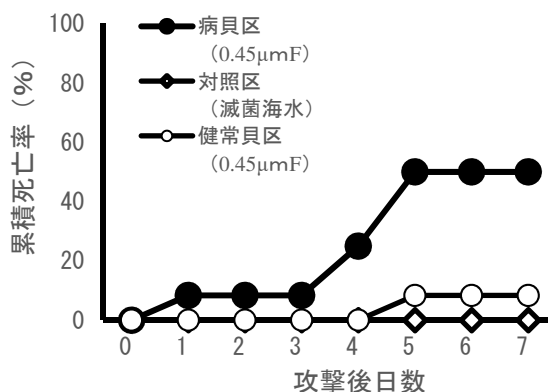


図 2 感染試験の累積死亡率（飼育水温 20 $^{\circ}$ C）

考 察

アコヤガイの異常について、(国研) 水研機構では、成貝を用いた注射感染法による感染試験により褐変等の症状を再現している。本試験の結果においても、病貝区の死亡率が高かったことから、本県におけるアコヤガイの異常は、ろ過性病原体の関与が示唆された。

また、飼育水温 25 $^{\circ}$ C での死亡率が高く、養殖現場で見られる異常の発生も高水温期であることから、本試験の結果と一致した。

今後は、病原体の特定をはじめとし、病原体と餌料となるプランクトン量や水温等の環境要因との因果関係の解明が急務となる。

本事業は、令和 2 年度地方創生推進交付金の助成で行った。

有用水産資源増大技術開発試験

吉村 小輝

目 的

近年、本県では瀬戸内海の有用な水産資源であるガザミやメバル等の漁獲量が大きく減少しており、漁業者から資源の回復を求める声が強い。これら有用資源は、稚ガニや幼稚仔魚時に、沿岸から流出した浮遊海藻（流れ藻）で生育することが知られているが、近年、藻場の消失に伴い流れ藻が減少し、このことが有用水産資源の生活環を途切れさせ、再生産を阻害しているとの指摘がある。

そこで、本事業ではガザミ等の付着生物を指標として、有用水産資源に対する流れ藻の影響を調査するとともに、天然素材で人工流れ藻を試作し、その有効性を検証する。

方 法

1 瀬戸内海流れ藻調査

当研究所では、平成9-11年にかけて行われた「ガザミ資源有効利用技術開発試験」の中で、燧灘海域の流れ藻調査に取り組んだ¹⁻³⁾。しかし、それ以降は実施されていないことから、近年の伊予灘・燧灘海域における流れ藻の発生状況及び、有用水産資源への影響を明らかにするため、流れ藻調査を行った。

調査実績を表1、調査海域を図1に示す。伊予灘海域では、5月15日から9月11日までの間に5回、燧灘海域においても、5月7日から8月11日までの間に5回、各海域で流れ藻が発見できなくなるまで調査を行った。調査は、当研究所の調査船「ゆり」を用いて、海域内を岸沿いに2-3時間航行し、流れ藻が多く集積する潮目や場所を目視確認する方法で行った。発見した流れ藻は基本的にすべてたも網（目合い1mm）で回収し、現場で藻類の重量を測定するとともに、付着生物を84%エタノール（サルボコール86EX、西日本薬業）で固定して持ち帰り、種の同定、個体数の計数及び重量等の測定を行った。

表1 流れ藻調査実施日

	調査日					計
伊予灘	5/15	6/2	6/29	8/27	9/11	5回
燧灘	5/7	6/11	6/25	7/27	8/11	5回

付着生物は、ガザミ類（ガザミ科）と他の魚介類に分類したほか、それらの餌料生物と考えられる小型の付着生物（ヨコエビ類、ワレカラ類、等脚類、多毛類、扁形動物、その他の甲殻類）に分類した。このうち、ガザミ類は個体数、全甲幅（稚ガニ期以降）、個体ごとの湿重量を測定し、その他の魚介類は個体数と全長、小型の付着生物については個体数と分類群ごとの湿重量を測定した。なお、ガザミ類のメガロパと稚ガニの同定は（株）日本海洋生物研究所に依頼した。

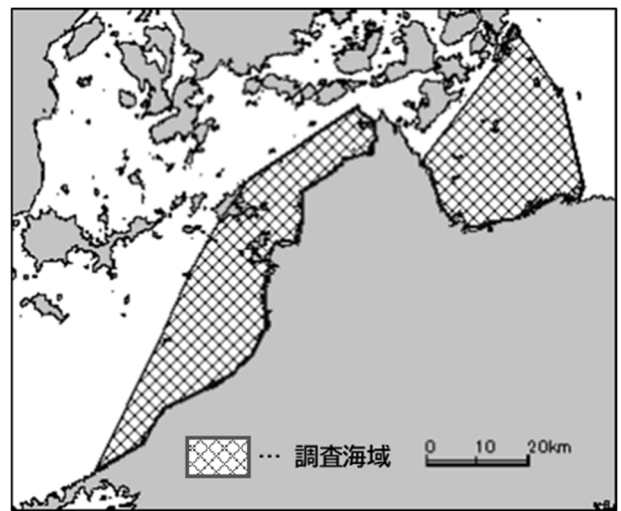


図1 流れ藻調査海域

2 人工流れ藻設置試験

有用水産資源に対して天然の流れ藻と同等の機能を有する人工流れ藻の開発に向けて、今年度は人工流れ藻に適した材質を検討するため、当研究所地先の伊予市森漁港内に設置した筏で試験を実施した（図2）。海洋環境への影響が少ないと思われる天然素材として、麻（切り開いた麻袋と麻網の3形状）、竹（柄を切断した竹箒の、先端を切り揃えたもの：竹箒1、揃えられていないもの：竹箒2、及び熊手）、ヤシ（市販のヤシマット）を用い、計6つの形状の試作品を作成した。6月18日にそれらを筏からロープで水面に浮かべ、7月30日に回収して、流れ藻調査と同様に付着生物の分類、測定を行った。なお、浮力のない素材については、浮きを取付けて実施した。

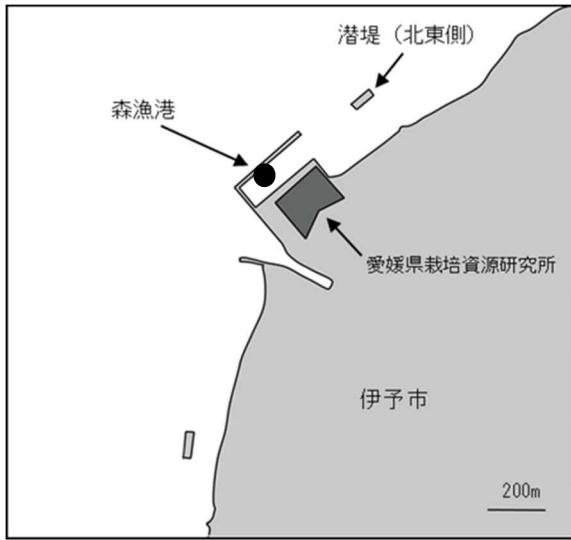


図2 人工流れ藻設置地点 (●)
結果及び考察

1 瀬戸内海流れ藻調査

伊予灘、燧灘における、調査日ごとの小型の付着生物量と流れ藻重量の関係を図3-11に示した。

伊予灘においては、6月以降流れ藻の数は減少したものの、9月11日まで確認でき、その後も台風の襲来に伴い、多くの流れ藻が海岸線に打ち上げられている様子が散見された。採集した流れ藻の量は、6月2日に平均重量9.5kgで、付着生物量とともに最大値を示し、6月29日の調査時にも多数の流れ藻と付着生物が確認された。生物の付着状況については、小型の付着生物の構成種は主にヨコエビ類であったが、月ごとに変動がみられ、ワレカラ類をはじめとする他の甲殻類も調査日によっては多く採集された。なお、流れ藻の重量と小型の付着生物量には明瞭な関係はみられなかったが、長期間浮遊していたと考えられる、腐敗の進んだ流れ藻には付着生物が多くみられたことから、流れ藻としての浮遊期間に応じて付着してくる生物量が増加している可能性がある。

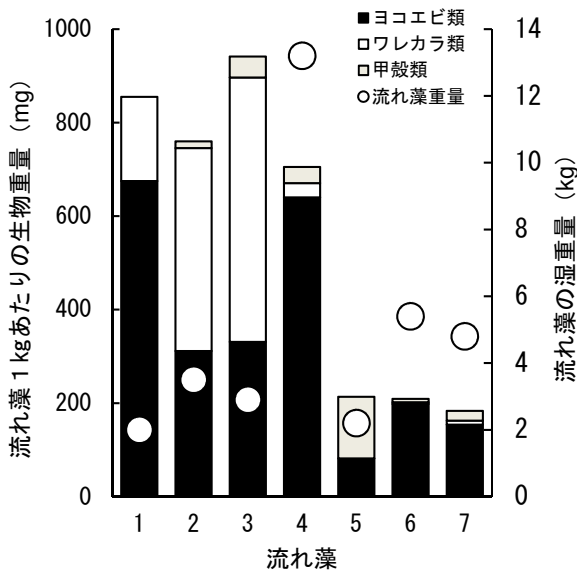


図3 5/15 伊予灘調査結果

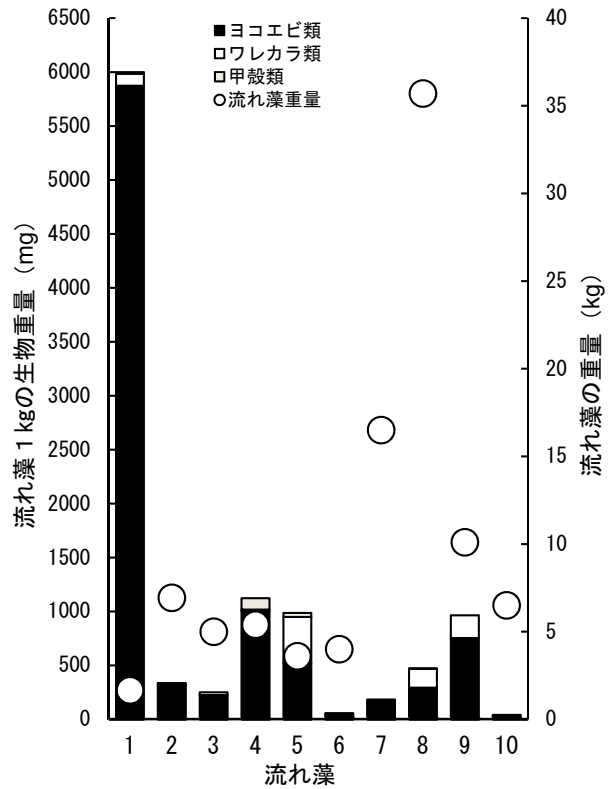


図4 6/2 伊予灘調査結果

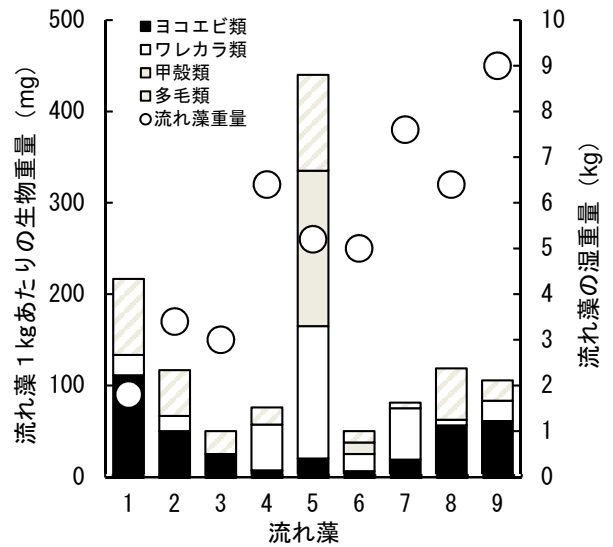


図5 6/29 伊予灘調査結果

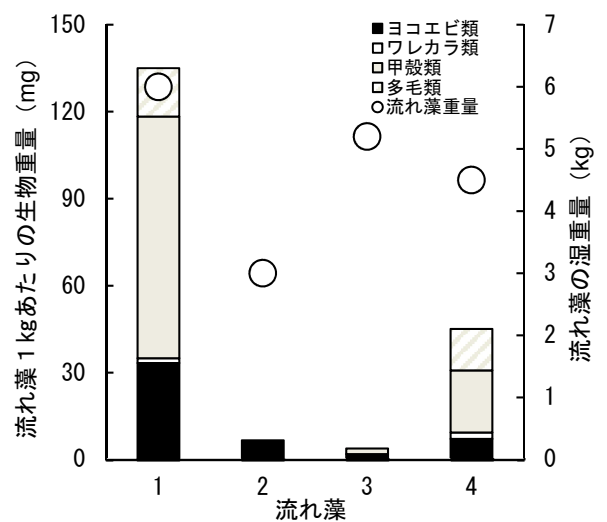


図6 8/27 伊予灘調査結果

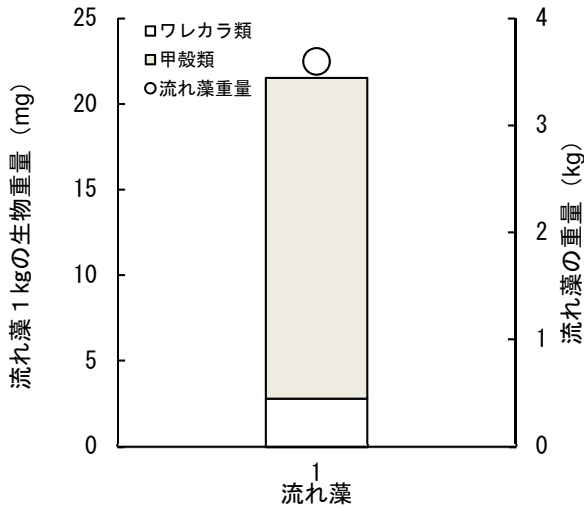


図7 9/11 伊予灘調査結果

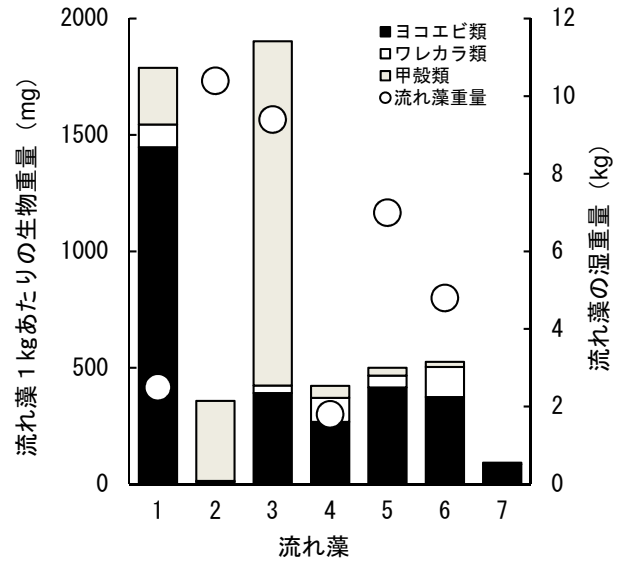


図9 6/11 燧灘調査結果

燧灘では、8月11日の調査日には、全く流れ藻を発見することができなかった。また、同時期の伊予灘と比べて流れ藻は数量、重量ともに明らかに少なかった。本県における過去の藻場調査によると⁴⁾、燧灘海域では今治市や上島町の島嶼部に多数の藻場が確認されているものの、西条市から四国中央市にかけての沿岸部では減少しており、流れ藻重量も周辺の藻場面積に比例していると考えられる。なお、流れ藻採集量は、6月11日の平均6.8kgが最大で、伊予灘と同様に6月上旬がピークであった。また、同時期には小型の付着生物もピークとなった。小型の付着生物の構成種は主にヨコエビ類であり、伊予灘と同様に月により変動がみられ、ワレカラ類や他の甲殻類も調査日によっては多く採集された。加えて燧灘では、6月下旬より多毛類や等脚類も多く採集された。なお、燧灘においても、伊予灘と同様に流れ藻の重量と小型の付着生物量に明瞭な関係はみられなかった。

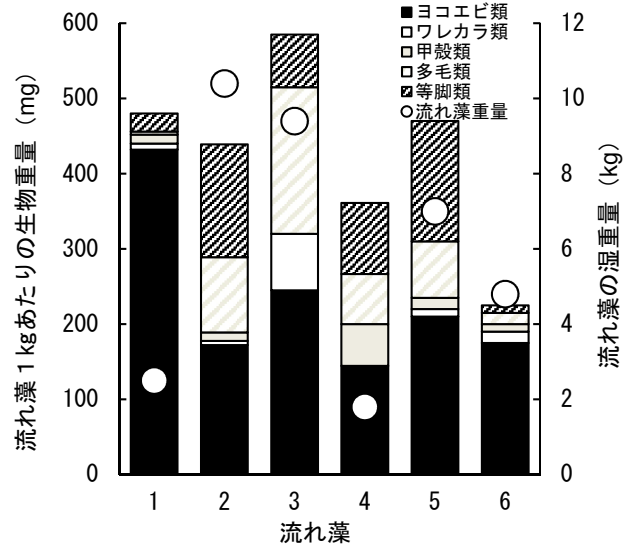


図10 6/25 燧灘調査結果

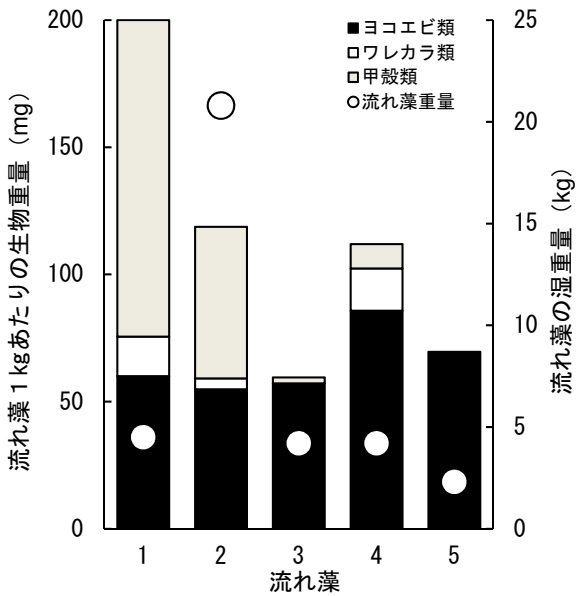


図8 5/7 燧灘調査結果

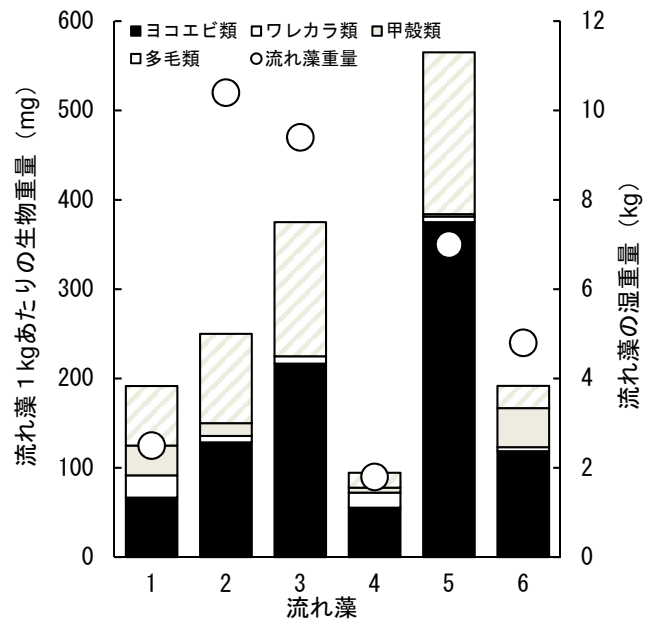


図11 7/11 燧灘調査結果

表2 流れ藻に付随する魚類

	伊予灘									燧灘								
	5月15日		6月2日		6月29日		8月27日		9月11日		5月7日		6月11日		6月25日		7月27日	
	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)	個体数	平均全長 (mm)
メバル類 ¹⁾	339	34.1	32	41.7	5	55.8	-	-	-	-	35	37.7	54	47.2	47	54.6	9	59.7
ヨウジウオ	-	-	3	89.5	35	97.8	10	134	-	-	-	-	28	69.6	233	88.0	25	123.5
ウマヅラハギ	-	-	-	-	118	24.3	-	-	-	-	-	-	15	16.3	42	34.3	1	56.3
アミメハギ	-	-	-	-	-	-	856	12.4	32	11.5	-	-	-	-	-	-	894	13.6
カワハギ	-	-	-	-	12	17.7	8	33.4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	47.4
イソギンポ	-	-	-	-	32	17.4	198	24.8	2	13.8	-	-	10	17.2	-	-	1	15.5
サヨリ (卵) *	3/7		6/10		2/9		0/4		0/1		3/5		6/7		3/6		0/6	

*サヨリ(卵)が確認できた流れ藻の数/調査した流れ藻の数

¹⁾ アカメバル、クロメバル、シロメバルを区別せずメバル類とした

流れ藻とともに採集された魚類について、調査日別の尾数と平均全長を表2に示した。両海域ともに、流れ藻に付随する魚種には時期による変動がみられ、5月から6月上旬にかけてメバル類の稚魚が多く採集された。測定の結果、平均全長6cm以降の個体は得られなかったことから、このサイズで流れ藻から離れていくと考えられた。また、同時期には、流れ藻に粘着質の魚卵が大量に付着していた。卵は付属糸を持つことや卵径などがサヨリの卵の特徴⁵⁾を示していたこと及び、魚卵の付着した流れ藻で成魚サイズのサヨリが同時に採集されたことから、すべてサヨリの卵と判断した。なお、魚卵はこの時期に採集したほとんどの流れ藻で確認された。6月中旬頃から流れ藻が減少する時期までにはヨウジウオが大量に採集され、次いでイソギンポも多く確認された。また、6月中旬からは、ウマヅラハギ、カワハギ、アミメハギが多数の流れ藻に随伴していることが確認され、特にアミメハギが大量に採集された。この他にもイカ類、ブリ(モジャコ)、イシダイ、ハナオコゼ、タツノオトシゴなどの魚種も少数ではあるが、流れ藻に随伴していることが確認され、多くの魚種が産卵基質としてのほか、身を守るための隠れ家としてなど、様々な目的で流れ藻を利用していることがうかがえた。

表3に、付着ガザミ類の分類結果、表4に付着ガザミの平均サイズを示す。伊予灘では、6月、8月と9月の3回の調査でガザミ類稚ガニの付着を確認したが、幼生の付着は確認されなかった。6月29日に確認された稚ガニはすべてジャノメガザミ、8月27日ではガザミ、9月11日ではガザミ類と同定された。燧灘では、6月と7月の3回の調査でガザミ類稚ガニや幼生の付着を確認した。6月11日にはガザミのメガロバ幼生を10匹採集し、その後6月25日にはC1-C2程度のガザミの稚ガニを61個体、7月27日にはC3-C4程度のガザミの稚ガニを26個体採集した。

燧灘において、流れ藻の湿重量あたりの付着ガザミの個体数は、6月は約0.6-5個体/kgであったが、7月は約0.4-1.2個体/kgと減少していた。このことから、付着したガザミの多くは、7月下旬頃にはC4以降のサイズで流れ藻から離れ、浅海域の干潟などに着底していくのではないかと考えられた。

表3 付着ガザミ類の個体数

	伊予灘						燧灘		
	6月29日		8月27日		9月11日		合計		
	6月11日	6月25日	7月27日	合計					
ガザミ	-	80	-	80	-	61	26	87	
稚ガニ	ジャノメガザミ	15	-	-	15	-	-	0	
	イシガニ	-	-	-	0	-	1	1	
	ガザミ類 ¹⁾	-	1	11	12	2	5	11	
	ガザミ	-	-	-	0	10	-	11	
メガロバ	短尾下目	5	14	-	19	402	-	402	
	異尾下目	-	-	-	0	5	-	5	

*それ以外の調査日はガザミ類は採取されていない。

¹⁾ ガザミ亜科

表4 付着ガザミの調査日別平均サイズ

	調査日	甲長	甲幅	重量
伊予灘	8月27日	7.07 mm	14.41 mm	0.28 g
燧灘	6月25日	4.91 mm	9.18 mm	0.07 g
	7月27日	14.66 mm	29.87 mm	2.13 g

2 人工流れ藻設置試験

図12に、素材ごとに付着した生物の量を示した。付着生物種としては、同時期の流れ藻調査と同様にヨコエビ類が多くを占めていた。素材1kgあたりの付着生物量は、麻を使用したものが最も多く、次いで竹が多かった。麻袋については、長辺を筏に沿わせたもの(麻袋縦)と、短辺を添わせたもの(麻袋横)の二通り設置したが、付着生物量に大きな差はみられなかった。竹については、先が切り揃えられていない方が付着生物の多い結果となった。このことから、同じ素材でも複雑な形状の方が、人工流れ藻素材としての機能が高い可能性がある。今回試験に供した素材のうち、ヤシマットや竹熊手については、付着生物が少ない結果となった。

付随魚類に関して表5に示す。魚種・量ともに竹箒が多かった。麻については、付着生物量が多かったものの、随伴する魚類はあまりみられなかった。ヨコエビ類やワレカラ類等の付着生物と魚類では好む付着基質が異なる可能性がある。今後は、これらの結果を基に選定した素材を加工し、実際の流れ藻と比較して、人工流れ藻の開発に取り組んでいく予定である。

文 献

- 1) 愛媛県中予水産試験場：ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成 9 年度愛媛県中予水産試験場事業報告：35-40 (1997)
- 2) 愛媛県中予水産試験場：ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成 10 年度愛媛県中予水産試験場事業報告：36-39 (1998)
- 3) 愛媛県中予水産試験場：ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成 11 年度愛媛県中予水産試験場事業報告：40-44 (1999)
- 4) 愛媛県：令和元年度水産委第 1 号. 伊予灘・燧灘地区測量委託業務報告書 (2020)
- 5) 池田知司・平井明夫・田端重夫・大西庸介・水戸敏：魚卵の解説と検索. 沖山宗雄編. 日本産稚魚図鑑第二版. 東海大学出版会：41pp (2014)

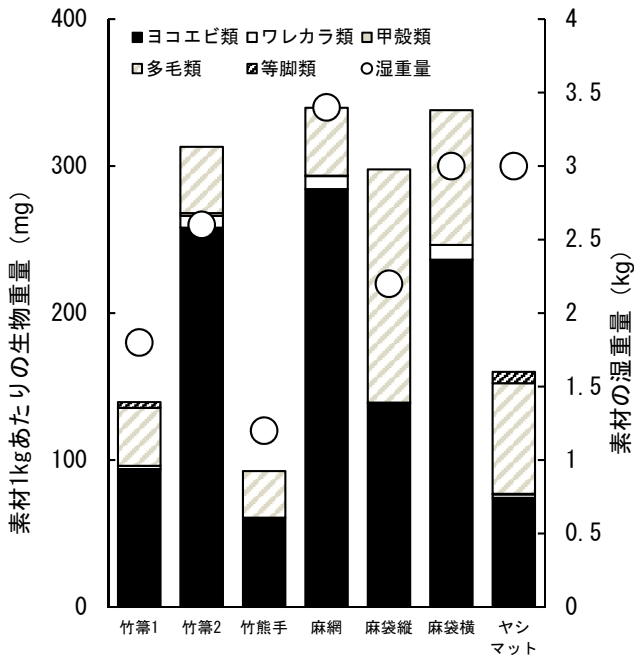


図 12 素材ごとの付着生物と量

表 5 素材別の付随魚類数

素材	魚種 (採集個体数)			
	カワハギ	アミメハギ	イソギンポ	メバル類
竹箒 1	2	-	1	-
竹箒 2	2	2	1	1
熊 手	1	-	-	-
麻 網	1	-	-	-
麻袋縦	-	-	-	-
麻袋横	-	-	-	-
ヤシマット	-	-	1	-