

# スマ養殖普及に向けた低コスト・効率化技術開発

水野 かおり・堀内 元貴・石川 豪大  
・松原 孝博<sup>\*1</sup>・後藤 理恵<sup>\*1</sup>・斎藤 大樹<sup>\*1</sup>・小林 真也<sup>\*2</sup>

## 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いる。現状では、種苗生産期・養殖導入期・養殖期の各期に残された課題があり、これらの課題を解決しなければ目標の達成は困難である。そこで、本事業では収益性の高い新魚種としてスマ養殖の産業化に向けて、種苗代を含めた養殖コストの低減を図るため、種苗生産期・養殖導入期・養殖期の各期に残されたコスト面や品質面の課題解決に取り組む。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、尾数測定システムの開発については、国立大学法人愛媛大学工学部に委託して実施した。

## 方法

### 1 種苗生産期の配合飼料への早期餌付け方法の検討

スマの種苗生産期では、早期に配合飼料へ餌付けをすることが必要となるが、その際、自然光が入る屋外水槽で餌付けの成功率が高い傾向があった。そこで、屋内水槽で自然光に近い照明を使用することで、餌付けの成功率が向上するか検討した。

親魚として、当センターで養成したスマを用い、令和 6 年 4 月 12 日に得られた受精卵 650,000 粒を円型水槽 (S1 : 水量 65kL) に収容し、種苗生産を開始した。飼育水温は 26.0°C に設定した。

照明には、色温度が高い LED 照明を使用し、屋内飼育施設の常設証明よりも自然光に近い環境にした。餌料として、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。加えて、日齢 8 から配合飼料 (鮎心 : 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。生残尾数を推定するため、日齢 1 及び 7 に、柱状サンプリングによって採水した飼育水中の仔魚数から容積法で生産尾数を推定した。

### 2 最適な配合飼料の開発

近年、飼料価格の高騰により、生産コストが上昇し課題となっているが、特にスマ養殖で用いられるマグロ用飼料は価格が高く影響が大きい。そこで、マグロ用飼料の一部をブリ用配合飼料へ転換することで、飼料コストの削減が可能であるか、2 回の飼育試験を実施し検討した。

試験区としてブリ用 EP (はまち EP トリトン d8)

区、マグロ用 EP (マグロ EP エデン d8) 区、生餌 (マイワシ) 区の 3 区を設けた。試験飼料の一般成分組成を表 1 に示す。

試験 1 では、海面小割生簀 (5m × 5m × 5m) 3 面に平均体重 541g のスマを 35-37 尾収容し、1 日 2 回飽食量を給餌し 4 週間飼育した。試験 2 では、海面小割生簀 (5m × 5m × 5m) 3 面に平均体重 853g のスマを 29-33 尾収容し、1 日 2 回飽食量を給餌し 8 週間飼育した。

試験終了時に全ての供試魚を取り上げ、体重、尾叉長を測定し、肥満度を算出した。測定結果と給餌量から、日間増重量、日間摂餌率、増肉係数等を算出し、飼育成績を比較した。

表 1 試験飼料一般成分組成

	ブリ用EP	マグロ用EP	生餌
粗タンパク質	52.9	49.9	58.0
粗脂肪	21.2	19.6	30.7
粗灰分	12.8	11.6	11.0
C/P比	84.0	86.9	87.5

※乾物換算値

※C/P比:カロリー・タンパク質比

### 3 尾数測定システムの開発

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

円型水槽 (S1 : 水量 65kL) 内に三次元位置観測装置を試作し設置し映像を撮影した。5 月 6 日から 5 月 9 日にかけて水槽内の映像を撮影し、作成した魚影検出モデルを用いて飼育水槽内の魚数推定を行った。収容尾数は、試験終了時に実数を計数した際の尾数を基に、撮影期間中の各日で死亡した個体数から逆算した値を用いた。

## 結果及び考察

### 1 種苗生産期の配合飼料への早期餌付け方法の検討

日齢 1 で推定した仔魚数は、59.7 万尾であり、ふ化率は 91.8% であった。日齢 2 で開口が確認され、日齢 3 のワムシ摂餌率は 100% であった。日齢 7 で推定した仔魚数は、24.7 万尾であり、生残率は 41.3% であった (表 2)。日齢 8 から配合飼料を併用給餌し、配合飼料の餌付けを試みたが、配合飼料を摂餌した個体は観察されず、日齢 8~10 にかけて大きな減耗がみられたことから、日齢 12 で試験を中止した。日齢 8 以降、共食いが観察されたが、それが原因で大量減耗が生じたかは明らかにできなかった。

\*1 愛媛大学南予水産研究センター \*2 愛媛大学工学部

今回の試験では、自然光に近い照明を用いても、餌付けの成功率や生残率を向上させる効果は確認できなかつた。

表2 飼育状況

水槽No.	月日	収容 卵数 (粒)	日齢1		日齢7	
			仔魚数 (尾)	ふ化率 (%)	仔魚数 (尾)	生残率 (%)
S1	4/12	650,000	597,000	91.8	246,857	41.3

※収容日が日齢0

## 2 最適な配合飼料の開発

試験1 飼育成績を表3に示す。飼育期間中の水温は23.2–25.4°Cであった。終了時の平均体重は、ブリ用EP区が675gと最も低く、次いでマグロ用EP区790g、生餌区871gの順に増加した。終了時の肥満度も、ブリ用EP区が最も低く、マグロ用EP区、生餌区の順に増加した。増肉係数は、生餌区が最も優れた値(2.23)を示し、マグロ用EP区(3.93)、ブリ用EP区(4.33)の順に悪化した。

表3 試験1の飼育成績

	ブリ用EP	マグロ用EP	生餌
開始時平均体重(g)	540	540	540
終了時平均体重(g)	675	790	871
終了時平均肥満度	19.0	19.9	21.5
生残率(%)	64	97	100
増重率(%)	35.6	43.8	61.3
日間増重率(%)	0.79	1.34	1.68
日間摂餌率(%)	5.90	5.06	3.74
増肉係数	4.33	3.93	2.23

試験2 飼育成績を表4に示す。飼育期間中の水温は18.2–24.6°Cであった。終了時の平均体重は、ブリ用EP区が952gと最も低く、次いでマグロ用EP区1153g、生餌区1287gの順に増加した。終了時の肥満度は、生餌区およびマグロ用EP区に差はなく、これら2区に比べてブリ用EP区が低い値を示した。増肉係数は、生餌区が最も優れた値(3.25)を示し、マグロ用EP区(5.79)、ブリ用EP区(12.8)の順に悪化した。

表4 試験2の飼育成績

	ブリ用EP	マグロ用EP	生餌
開始時平均体重(g)	853	853	853
終了時平均体重(g)	952	1153	1287
終了時平均肥満度	20.4	22.2	22.7
生残率(%)	89.7	90.9	93.8
増重率(%)	12.3	30.6	47.1
日間増重率(%)	0.39	1.07	1.45
日間摂餌率(%)	4.19	3.89	2.87
増肉係数	12.80	5.79	3.25

試験1と2の結果を比較すると、試験期間中の水温の低かった試験2の方が、日間増重率、日間摂餌率が低下し、増肉係数は悪化した。成長に伴い消化吸収能力は上がると考えられるが、水温が低下する秋から冬にかけては成長が鈍化する時期と重なるため、安価な

ブリ用配合飼料に転換することは難しいと考えられた。また、酵素処理魚粉を用いたマグロ用配合飼料でも生餌には飼育成績が劣っていた。スマは、7か月程度の短期間で出荷が可能となり、その後の冬を迎えると全く成長しないことから冬を越さずに出荷を終えることが望ましい。そのため、成長スピードとコストの両面から現状では生餌の使用が適当と考えられた。

## 3 尾数測定システムの開発

昨年度の尾数測定装置を改良し、カメラの収差補正と魚影の誤認識除去を行うことにより、尾数計数の精度が向上するか確認した。その結果、精度誤差5%以内測定結果を得ることができた。

# 媛スマ養殖用種苗安定供給事業

水野 かおり・堀内 元貴・石川 豪大

## 目的

愛育フィッシュ全体のけん引役として期待される養殖スマの養殖生産量を増加させ、産業として定着させるため、媛スマ養殖低コスト・効率化技術開発試験によって得られる配合飼料の早期餌付け技術により生産の効率化を図り、養殖業者へスマ種苗を安定供給する。

## 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6年4月11日に得られた受精卵1,153,000粒を円型水槽(G2:水量90kL)に(1R-1)、同年4月12日に得られた受精卵650,000粒を円形水槽(S1:水量65kL)に(1R-2)、600,000粒を円形水槽(S4:水量65kL)に(1R-3)、同年4月14日に得られた受精卵550,000粒を円型水槽(S3:水量65kL)に(1R-4)、540,000粒を円形水槽(S4:水量65kL)に(1R-5)収容し、種苗生産を開始した。飼育水温は24.0-27.0°C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ロプロシス(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、日齢8からマダイふ化仔魚を給餌した。また、S3、S4は日齢11から配合飼料(鮑心: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。S3、S4を日齢16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6年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890,000粒を円型水槽(G2:水量95kL)に(2R-1)、同年4月27日に得られた受精卵1,270,000粒を円形水槽(G1:水量95kL)に収容し(2R-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、極早期と同様に栄養強化したS型ワムシを給餌し、日齢8からマダイふ化仔魚を給餌した。また、日齢11から配合飼料を給餌した。G2、G1を日齢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。

## 結果および考察

### 1 極早期種苗生産

1R-1、1R-2、1R-3は、減耗が激しかったことから、それぞれ令和6年4月22日、24日、19日に、日齢8、10、7で飼育を終了した。1R-4は令和6年4月30日に日齢16(全長19.2mm)で44,500尾、1R-5は同年4月30日に日齢16(全長23.0mm)で35,500尾を取り揚げた(表1)。取り揚げた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、同年5月22日に28,660尾、5月23日に29,480尾(全長49.4mm)を県内の養殖業者に配付した。

### 2 早期種苗生産

2R-1は令和6年5月15日に日齢20で91,700尾(全長23.2mm)、2R-2は同年5月17日に日齢20で113,000尾(全長23.2mm)を取り揚げた(表1)。取り揚げた種苗は、選別器で分けられたサイズごとに管理し、同年6月4日に25,000尾(全長73.1mm)、同年6月7日に1,000尾(全長74.9mm)、同年6月20日に10,000尾(全長95.7mm)を県内の養殖業者に配付した。

表1 種苗生産結果

水槽No.	収容			取揚げ				
	月日	卵数 (粒)	ふ化仔魚 (尾)	日齢	月日	全長 (mm)	尾数 (尾)	生残率 (%)
1R	G2 4/11	1,153,000	982,353	-	-	-	-	-
	S1 4/12	650,000	597,000	-	-	-	-	-
	S4	600,000	464,322	-	-	-	-	-
	S3 4/14	550,000	586,517	16	4/30	19.2	44,500	7.6
	S6	540,000	538,378	16		23.0	35,500	6.6
	1R計	3,493,000	3,168,570				80,000	
2R	G2 4/25	890,000	894,928	20	5/15	23.2	91,700	10.2
	G1 4/27	1,270,000	-	20	5/17	23.2	113,000	
	2R計	2,160,000	894,928				204,700	
計			5,653,000	計				284,700

※卵数は重量法、仔魚数は柱状サンプリングによる。

※取揚げの生残率は、ふ化仔魚数から算出した値

※2RのG1のふ化仔魚数は未計測

# 低水温下におけるマダイ低魚粉飼料の成長性改善試験

## (養殖業成長産業化技術開発事業)

堀内 元貴・水野 かおり・石川 豪大

### 目的

近年の世界的な養殖生産の増大に伴い、主要な飼料原料である魚粉の価格は高騰し、国内の養殖業における利益率は低迷している。また、世界的なタンパク質供給不足への懸念から、天然水産資源への負担が小さい飼料原料の活用による持続可能な養殖業への転換が求められている。

このような背景から、養魚飼料の低魚粉化は喫緊の課題であり、植物性原料等の種々の魚粉代替原料を利用した低魚粉飼料が開発されてきた。しかし、低魚粉飼料を低水温期に給餌した場合、魚粉主体飼料より摂餌量が少なくなり、成長も低下するとされている。本事業では、主要な養殖魚種であるマダイとブリにおいて、飼料コストを低減し、低水温下においても成長と価格のバランスのよい飼料を消化生理に基づいて開発することを目的としている。

これらの課題のうち、愛媛県水産研究センターでは、本県を代表する養殖対象種であるマダイを対象とし、摂餌を誘引すると考えられる原料を低魚粉飼料に添加した際の飼育成績等を比較することとした。

なお、結果の詳細は、令和6年度養殖業成長産業化技術開発事業報告書のうち、「(1) 養殖魚の低価格・高効率飼料の開発」に記載した。

### 方法

飼育試験として、愛媛県で低魚粉飼料を用いて育成し、高成長を示した個体を3世代選抜した系統のマダイに、市販飼料（エクストルーデッドペレット、魚粉含量50%以上）を給餌する対照区と、魚粉含量15%で調製した超低魚粉飼料に摂餌誘引効果が期待される原料を添加したものを給餌する試験区、加えて超低魚粉飼料をそのまま給餌する区（無添加区）を設定した。なお、摂餌誘引物質の候補としては前年度までの試験で良好な成績を示した2種（A・B）の原料を採用し、それぞれ1試験区とした。

飼育試験は、継続的に水温が低下する11月下旬から2月上旬（15~21°C）にかけて60日間実施した。

飼育試験中は各区1日1回の飽食給餌を行って摂餌量を記録し、飼育試験終了後には速やかに魚体重を測定して日間の成長率や摂餌率、肥満度や増肉係数などの飼育成績を検討した。また、各区5尾ずつの個体に

ついて、筋肉中の水分、灰分、粗タンパク質の割合といった身質の分析を実施した。

### 結果・考察

飼育試験の結果、試験終了後の魚体重及び日間摂餌量は原料Aの添加区で市販飼料を給餌した対照区を僅かに上回った。原料Bの添加区及び無添加区では魚体重及び日間摂餌率は対照区をやや下回ったものの、原料Bの添加区では増肉係数で対照区を上回った。

表1 飼育試験結果

	市販飼料	原料A	原料B	無添加
生残率(%)	92.5	96.3	88.8	97.5
開始時体重(g)	147.6	150.0	150.9	148.3
終了時体重(g)	208.3	210.4	201.9	200.3
肥満度	22.0	22.3	22.3	22.5
日間成長率(%)	0.57	0.56	0.48	0.50
増重率(%)	39.6	39.3	27.0	34.3
日間摂餌率(%)	0.62	0.66	0.55	0.58
増肉係数	1.08	1.20	1.36	1.17
水分(%)	74.6	73.8	74.3	74.2
粗灰分(%)	1.5	1.6	1.5	1.6
粗タンパク質(%)	20.8	21.2	21.0	20.9

今回の試験により、魚粉含量15%の超低魚粉飼料を用いた飼育試験においても、原料Aの添加区において特に良好な飼育成績を示したほか、原料Bの添加区でも無添加区に比べて増肉係数を改善する効果が確認された。

今後は、共同機関で実施しているマダイ及びブリの腸管内における消化酵素活性の分析結果等も踏まえ、摂餌誘引原料の添加量及び飼料の給餌量について詳細に検討を重ねる必要がある。

# アコヤガイへい死緊急対策事業

西川 智・中岡 典義・森 創太

## 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、生残率向上を図るために養殖手法を検討する。また、高水温、低餌料環境でも高生残が期待できる貝の選抜育種を行なう現場に普及する。

## 方 法

### 1 モニタリング調査

令和5年春生産の母貝は、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6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 養殖手法改善試験

供試貝には、2024年3月に生産した稚貝を用いた。試験区には、①陸上飼育区、②伊予市海面区（感染症無発生海域飼育）、③宇和島市海面区（感染症発生海域飼育）の3区を設けた。試験期間は2024年6月13日から11月14日の155日間で、陸上飼育区は培養および濃縮プランクトンを給餌し、海面飼育区は通常の飼育管理を行った。各試験区約3000個/ネットから開始し、成長に合わせ500個/ネットに密度調整を行った。試験期間終了後は、3区とも宇和島市海面に移動し、飼育している。月1回調査を実施し、成長（殻高・重量）および死亡個数を測定した。

### 3 耐病性遺伝子マーカーの検索

供試貝には、2024年5月に生産した稚貝を使用し、平均殻高が10.1mmになるまで無病海域である伊予市海面で飼育した。稚貝を、滅菌ろ過海水を加えた細胞培養プレートに1個体ずつ収容し、ウイルス培養液を添加した。ウイルス添加後、器質に付着できず、口が開いたままの個体を衰弱個体、生存した個体を生存個体と区別した。衰弱個体・生存個体それぞれの軟体部を採取し、DNAを抽出し全ゲノム配列を取得した。

## 結果および考察

### 1 モニタリング調査

令和元年度から毎年、宇和海全域で、ウイルス感染による稚・母貝の異常<sup>1)</sup>が確認されており、異常貝には貝肉の萎縮や真珠層の異常（褐変、脱灰、段）が確認され、稚貝を中心に大量へい死が発生している。

2年貝では、昨年度の稚貝時の感染からの回復に伴う真珠層に段のある個体が調査期間を通して最大20%程度確認されたが、新たな感染を示す真珠層の褐変個体は確認されず、産卵からの回復時期にあたる9月～10月に、衰弱によるものと考えられる、貝肉の萎縮個体がわずかに確認されたが、へい死個体は確認されず、閉殻筋の赤変化<sup>2)</sup>個体についても確認されなかった（図1）。栄養の蓄積状況を示す、閉殻筋グリコーゲン含量は、餌料の不足により8月以降、健康度の指標となる3%を下回った

（図2）。

稚貝では、7月～8月の調査において、養殖の主体である、1～2月生産稚貝の一部に、ウイルス感染の症状である外套膜の萎縮や真珠層の褐変個体が初確認された。しかし、その後PCR検査でウイルスが検出されているものの、感染症状や感染からの回復による貝殻の段出現個体の出現割合は低く、累積へい死率も、中・南部海域で最大10%程度あった。一方、養殖主体ではない、3～5月の生産貝ではいずれも50～90%のへい死（聞き取り値）が発生した。3月以降の生産（ふ化）貝では、昨年度も貝の系統に関係なく大量へい死が発生したことから、県内の種苗生産施設では、1～2月の早期採苗を主体に生産が計画されており、早期採苗については、現時点でのへい死対応策をまとめ、県HPより公開している「アコヤガイ飼育管理の手引き」<sup>3)</sup>においてもウイルス感染による稚貝のへい死軽減策として推奨している。

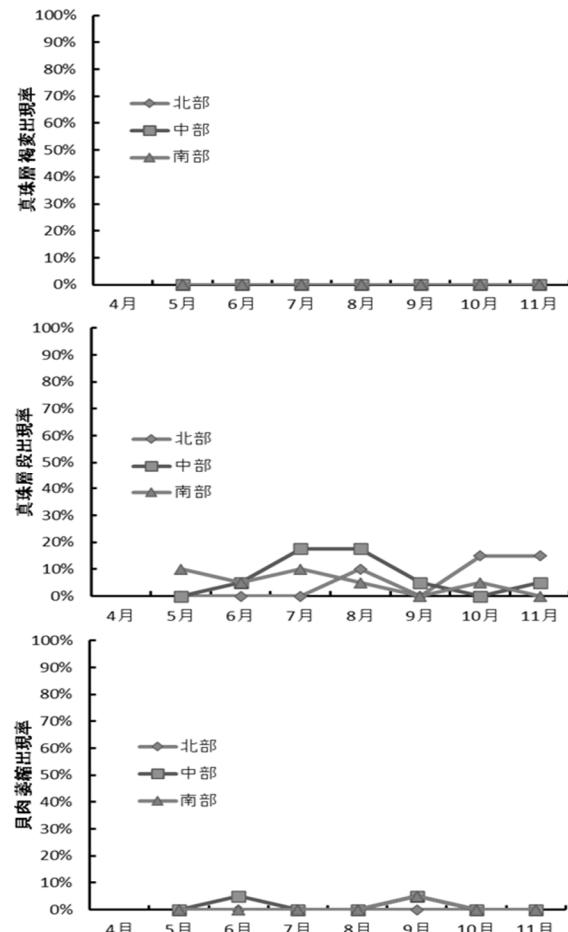


図1 貝殻又は貝肉に異常が確認された母貝の出現率の推移

また、今年度の種苗生産時に、付着前後の幼生（日齢20日前後）が大量へい死する事例が県内の種苗生産施設で確認された。このような事例はこれまで発生しておらず、新たな疾病であると考えられ、原因究明と対策が必要であると考えられた。

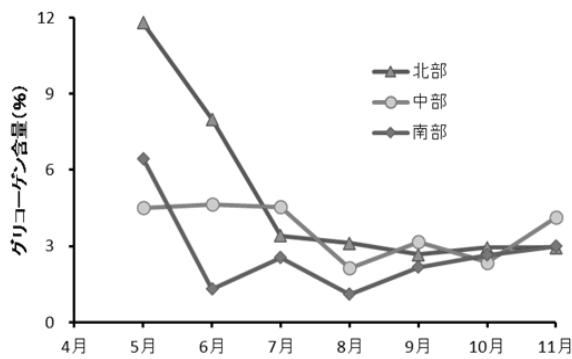


図2 闭殻筋のグリコーゲン含量の推移

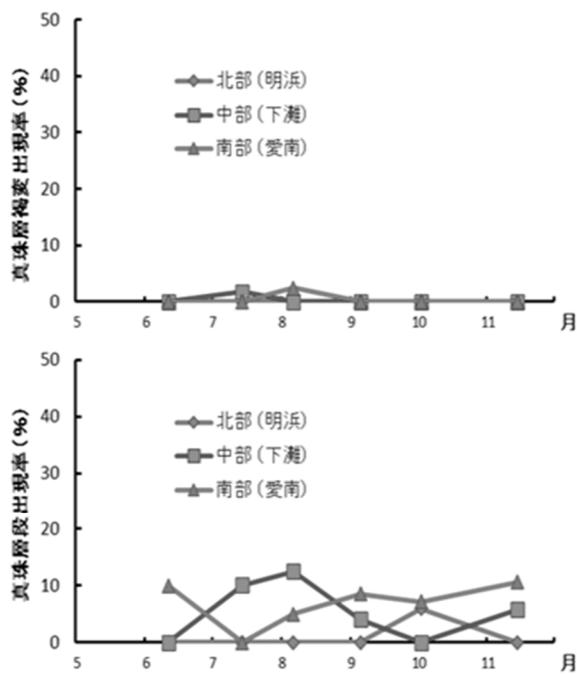


図3 貝殻又は貝肉に異常が確認された稚貝の出現率の推移

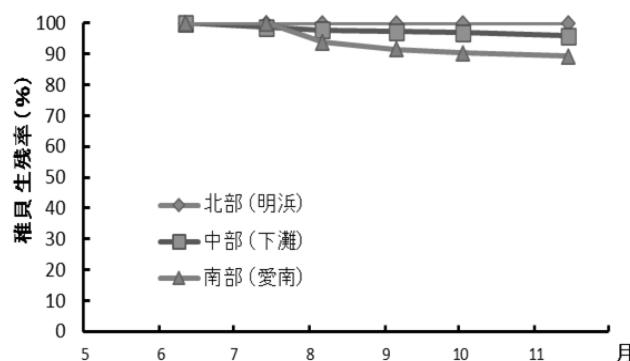


図4 稚貝の生残率の推移

## 2 養殖手法改善試験

試験開始前に3.7mmであった平均殻高は、11月14日は①陸上飼育区で30.8mm、②伊予市海面区で41.4mm、③宇和島市海面区で38.8mmとなり、海面飼育と比べると2-3割劣るもの、陸上飼育においても順調に成育した(図7)。飼育期間中の死亡率は、③宇和島市海面区で34.6%だったのに対し①陸上飼育区では0.2%であり、陸上飼育により大量死を防ぐことができた。①陸上飼育区は、宇和島市海面へ沖出し後も死亡なく順調に成育しており、宇和島市海面区と同等の大きさとなった(図4)。

本試験により、アコヤガイ稚貝の大量死対策の1つとして、陸上飼育が有効であることが明らかになり、感染症をはじめとする疾病、温暖化等の環境変化への対処法としての活用が期待される。

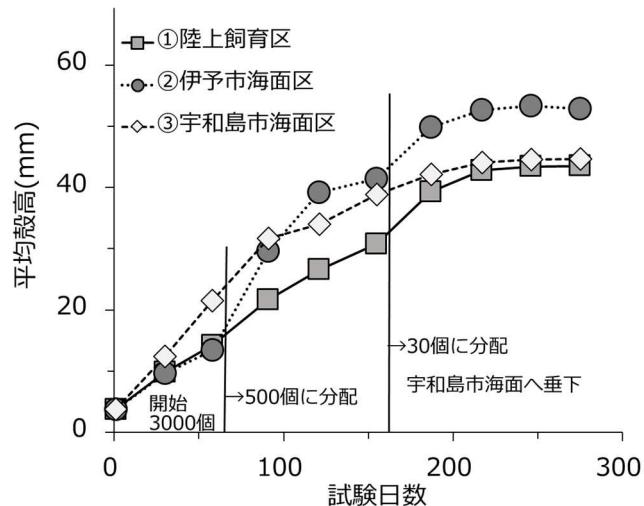


図7 陸上飼育稚貝の成長経過

## 3 耐病性遺伝子マーカーの検索

ウイルス攻撃をした供試貝のうち、十分量のDNAが抽出でき、ライプラリー調整ができた衰弱個体14個体、生存個体46個体を対象に、NovaSeq X Plus (Illumina社製)を用いて、2×150 bpの条件でシーケンシング解析を行った。

## 文 献

- 1) 水産研究・教育機構:アコヤガイの大量死の原因病原体を特定:  
<https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2021/20220201.html> (2022)
- 2) 森実庸男・滝本真一・西川智・松山紀彦・蝶野一徳・植村作治郎・藤田慶之・山下浩史・川上秀昌・小泉喜嗣・内村祐之・市川衛:愛媛県宇和海における軟体部の赤変化を伴うアコヤガイの大量死.魚病研究,36(4):207-216 (2001)
- 3) 愛媛県:アコヤガイ飼育管理の手引(第3版)  
<https://www.pref.ehime.jp/uploaded/attachment/111520.Pdf> (2024)

# 真珠母貝仕立技術開発事業

西川 智・中岡 典義・森 創太

## 目的

アコヤガイの大量へい死に対応するため、感染症に強い新たな選抜育種貝や外国産貝の導入が進んでおり、従来の経験や勘に依存する取り扱い技術では浜揚げできた真珠もシミや傷が多いなど、良質な真珠の比率が低い。この問題を解決するため、業者独自の勘と経験で行われていた母貝の「仕立（抑制）」を科学的・定量的に明らかにして、真珠養殖業者間で大きな差のあった真珠の製品率を高いレベルで安定化させる。

## 方 法

宇和島市平浦の真珠業者の下で、日中交雑貝及びペルシャ系交雑貝3年貝を、4～5月（春挿核）から7～8月（夏挿核）の約2か月間、抑制カゴに1籠当たり4.5kg（通常抑制）及び5.5kg（強抑制）を詰めて抑制した。抑制中にマグネシウムイオンを作用させるため、肥料として市販されている粒状苦土石灰200gを不織布と水切りネットで梱包して抑制カゴの内側に垂下した。抑制終了後、無作為に20個体を取り出し、パールナイフを用いて右殻を除去し、鰓組織を切り出してコハク酸脱水酵素（SDH）活性を測定するとともに、生殖巣の挿核部位上皮にメスで切れ目を入れ、 $\phi 1.0$  mmのステンレス線を曲げて自作した鉤型のフックを引っ掛け、引張圧縮試験機（AandD社製MCT-2150）を用いて引っ張り加重（g F）と伸び（mm）を測定し、破断強度を、粘断性値（gF/mm<sup>2</sup>/2）<sup>1)</sup>として表した。挿核試験は、夏抑制のペルシャ系交雑貝を用いて、抑制最終日にオゾンによる卵抜き作業を行い、オゾン処理翌日と4日後に分けて挿核し、翌年1月に浜揚げを行った。

## 結果および考察

抑制作業によって、核を挿核できる状態に貝が仕上がると、挿核部位である生殖巣上皮の伸びが良くなることが、現場の経験上知られている。同一条件で抑制作業を行った、日中交雑貝及とペルシャ系貝の粘断性値を比較すると、日中交雑貝では抑制の強度に応じて粘断性値の上昇が確認されたが、ペルシャ系貝では母貝の状態からほとんど状態に変化が見られず、挿核できたとしても、脱核やクズ珠の発生リスクが高く、従来の抑制方法では挿核できる状態に仕立てられないと考えられた（図1）。

春挿核において、ペルシャ系貝の抑制籠に、挿核前の約1カ月間、「粒状苦土石灰」を200g入れ垂下すると、通常抑制に比較して、粘断性値が3.4倍増加し、SDH活性が1/2に低下することが確認され、さらに、マグネシ

ウムイオンの影響と考えられる抑制籠への海藻類の付着防止の副次的効果も確認された（図2）。

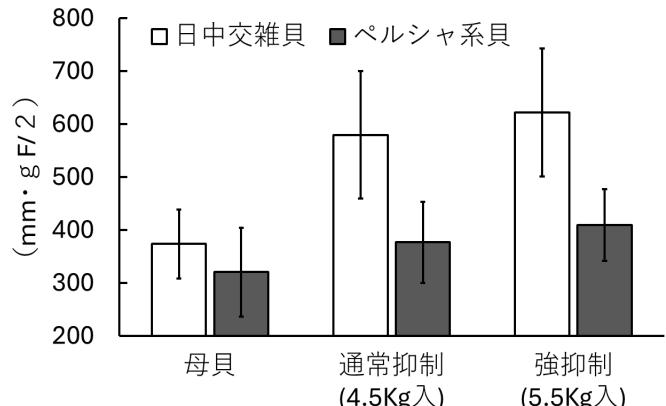


図1 生殖層上皮の粘弾性

夏挿核時に、「粒状苦土石灰」を用いることで、従来、オゾン処理翌日までに完了しないと珠の成績が安定しない挿核作業が、4日後も翌日に作業した貝と同等の珠の成績が得られることが確認された（図3）。

マグネシウムイオンは貝の筋肉を弛緩させることができており<sup>2)</sup>、真珠養殖業者の間では、挿核作業時の作業効率を上げるために、にがりとして市販されている、塩化マグネシウムが用いられているが、塩化マグネシウムの欠点として、即効性があるが、長時間の暴露では死亡する、海水中に戻すと速やかに回復するので脱核しやすい、溶解度と作用濃度が高く多量の処理に適さないなどの欠点があり、抑制中の貝に作用させることが困難であるが、粒状苦土石灰を用いることで、抑制期間中に抑制カゴの中にマグネシウムイオンが緩慢に溶出され貝に作用したと考えられた。

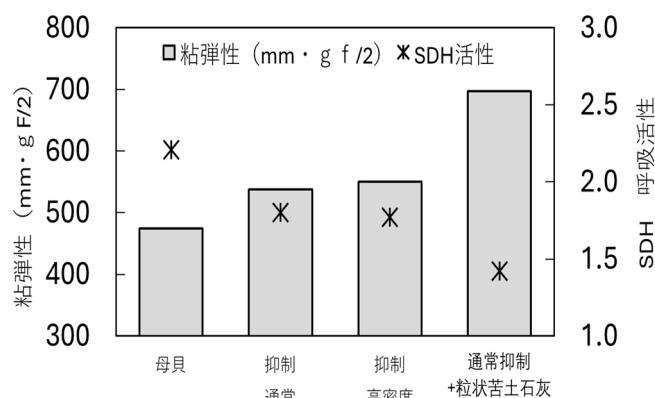


図2 ペルシャ系貝の抑制試験結果

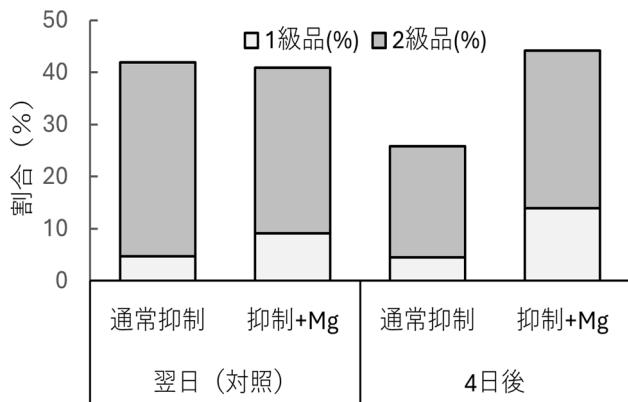


図3 挿核試験結果

これらの結果から、ペルシャ系貝のような抑制が進まず、仕立ての困難な貝に対して、抑制を促進させ、作業の効率化と真珠品質を向上させる手法として、「粒状苦土石灰」の利用が有効であると考えられた。

#### 文 献

- 1) 船越将二・和田浩爾・山際 優:アコヤガイの年齢ならびに仕立ての程度と皮膚(体表層組織)の強度の関係. 全真連研報, 7: 15-24 (1991)
- 2) 藤岡 誠:アコヤガイの麻酔による真珠挿核施術について. 水産増殖, 12(2): 43-45 (1964)

# ノリ漁場生産力向上試験

喜安 宏能・黒野 美夏・井上 寛之\*

## 目的

近年、瀬戸内海の栄養塩は減少傾向にあり、養殖クロノリでは、色落ちによる品質低下や生産量の減少などの悪影響が現れ始めている。

そこで、本事業ではクロノリ養殖漁場の生産力向上を目的に、愛媛県産業技術研究所と共同で安価で持続性のある施肥剤を開発するほか、過去の試験により、浮き流し漁場で効果が認められた手法を応用し、簡便で安価な栄養塩供給技術を開発する。

## 方法

### 1 栄養塩供給技術開発試験

#### (1) 施肥剤の作製

アルギン酸ナトリウムの水溶液は高い粘性を有するとともに、カルシウムイオンと反応し、ゲル化することから、人工イクラの製造などに利用されている。この原理を応用し、栄養塩をゲル化することで、溶出速度を緩やかにする条件について検討した。

カルシウム塩として塩化カルシウム又は乳酸カルシウム五水和物を蒸留水に溶解し、それぞれ1及び2wt%の水溶液を調製した。栄養塩には、普通化成肥料8-8-8(アンモニア性窒素8.0%、溶性リン酸8.0%、溶性カリ8.0%、粒状:昭見産業(株))を用い、ミキサーを使用して肥料と蒸留水を混合し、肥料液とした。アルギン酸ナトリウムは、粘度80-120、300-400、500-600 mPa·sの3種類を使用し、それぞれ5wt%になるよう肥料液に加えて混合物を作製した。これをシリンジから直径1cmの円柱形になるよう押し出し、塩化カルシウム又は乳酸カルシウム水溶液に注入することで、ゲル化した。その後、2晩静置して施肥剤表面に不溶性の膜を形成させることで硬化させ、溶液から取り出し、蒸留水ですすいで施肥剤とした。

#### (2) 施肥剤の強度試験及び振とうによる形状観察

施肥剤の強度を高めることによる栄養塩溶出の持続性向上を検討するため(1)で作製した施肥剤を約1cmの長さに揃えて切断し、圧縮強度をレオメータ(株)パーカーコーポレーション、PC-200N)で測定した。また、振とう器(大洋科学工業(株)、SR-II)で50ml遠沈管に人工海水40mlと施肥剤5gを入れて、150rpm、4日間振させ、施肥剤の形状を確認した。

#### (3) 栄養塩溶出試験

作製した施肥剤の栄養塩溶出特性を把握するため、普通化成肥料8-8-8を対照として溶出試験を行った。

(1) でアルギン酸ナトリウムの粘度を300-400 mPa·sで作製、ゲル化したものと1cmの長さに切断した施肥

\* 愛媛県産業技術研究所

剤及び施肥剤に含まれるのと同量の化成肥料を1.0Lの人工海水中でエアレーションにより攪拌し、0、2、6、20日後の海水のアンモニア態窒素濃度をQuAAstro 39(ビーエルテック(株))で測定した。

## 2 ノリ養殖漁場環境調査

愛媛県西条市沿岸のノリ養殖漁場8定点において(図1)、令和6年10月16日から令和7年3月26日まで毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分をAAQ175(JFEアドバンテック(株))で、表層水の栄養塩濃度(NH4-N、NO2-N、NO3-N、PO4-P)をQuAAstro 39で分析した。また、表層水中の珪藻細胞数についても計数した。この他、上島町弓削(以下、弓削地区)から持ち込まれるサンプルについても、同様に分析と計数を行った。測定結果については「ノリ養殖漁場栄養塩速報」として取りまとめ、愛媛県漁協ノリ養殖関係支所等へ情報提供するとともに、本栽培資源研究所ホームページに掲載、広報した。

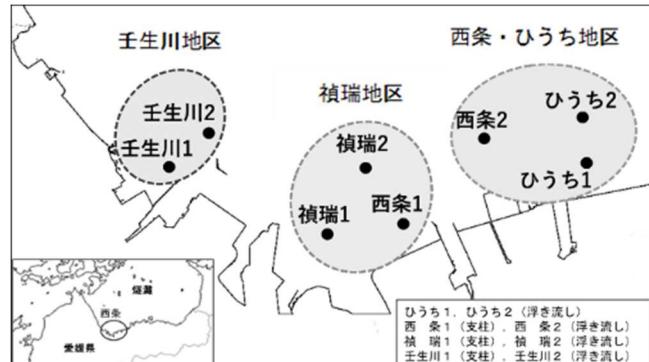


図1 西条市沿岸の調査定点

養殖ノリ葉体の生理状態確認のため、色調測定を行った。漁場環境調査時に、定点禎瑞2、西条2及びひうち1近傍の養殖網からノリ葉体を採取し、室内において、白色アクリル板の上に広げ、色彩色差計CR-20(コニカミノルタ(株))で色の明度をあらわすL\*値を測定した。弓削地区から持ち込まれる葉体サンプルについても同様に測定した。

## 結果及び考察

### 1 栄養塩供給技術開発試験

#### (1) 施肥剤の強度試験及び振とうによる形状観察

作製した施肥剤について、圧縮強度を測定した結果を図2に示す。乳酸カルシウムよりも塩化カルシウムの方が強度は高い傾向にあった。目視による、振とう後の施肥剤の形状変化の観察で、カルシウム塩1wt%では、

塩化カルシウム、乳酸カルシウム共にアルギン酸ナトリウムの粘度が高い程形状が保たれていた。また、2wt%では乳酸カルシウムよりも塩化カルシウムで形状が保たれており、アルギン酸ナトリウムの粘度が高い程形状は保たれていた。このことから、使用するカルシウム塩を2wt%の塩化カルシウムとし、アルギン酸ナトリウムの粘度を高くすることにより形状を保持することが可能であることがわかった。一方で、肥料のみでは1日後にほとんどの粒で形状が崩れていた。

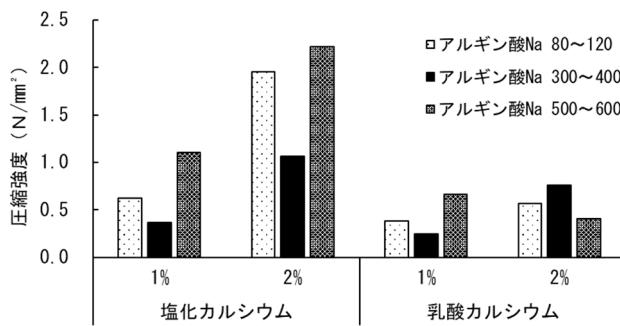


図2 施肥剤の圧縮強度

## (2) 栄養塩溶出試験

海水のアンモニア態窒素濃度の経時変化を図3に示す。対照の化成肥料では2日後には濃度が12.1mMとなつたが、20日後でも13.0mMであり、2日後までに含まれるアンモニア態窒素の多くが溶出したと考えられる。塩化カルシウム及び乳酸カルシウム五水和物でゲル化したものは2日後の濃度が1.3-1.7mMであり、対照と比較して栄養塩の溶出を抑制していると認められた。しかし、これらの20日後の濃度は1.3-1.8mMであり、いずれも2日後以降は栄養塩が溶出しない傾向であった。このことから、持続的かつ緩やかに栄養塩を溶出する施肥剤をさらに検討する必要がある。

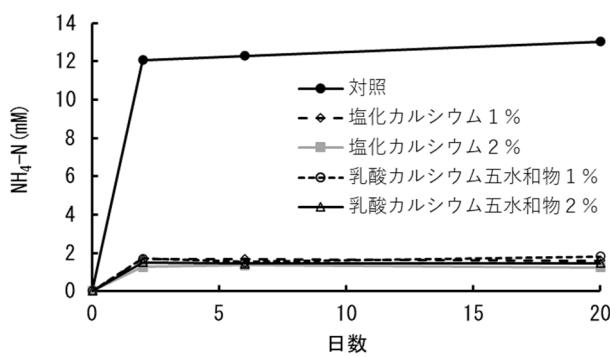


図3 アンモニア態窒素濃度の経時変化

## 2 ノリ養殖漁場環境調査

漁場水温について、西条市沿岸での推移を図4、弓削地区での推移を図5に示した。西条市沿岸では8.3-25.9°Cの範囲において、12月上旬まで平年（平成6-令

和5年）より高めで推移し、それ以降は概ね平年並みで推移した。弓削地区では9.4-25.6°Cの範囲において、12月上旬まで平年（平成6-令和5年）より高めで推移し、それ以降は概ね平年並みで推移したが、2月中旬からは平年より低めとなった。

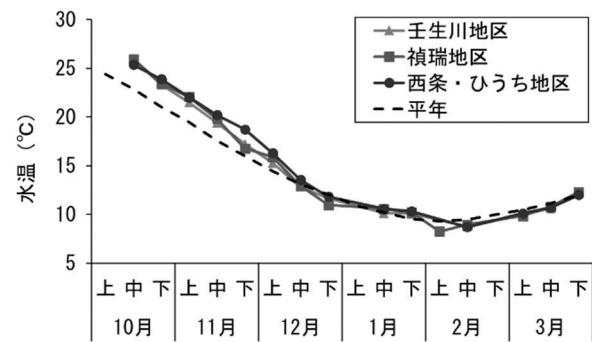


図4 西条市沿岸の漁場水温の推移

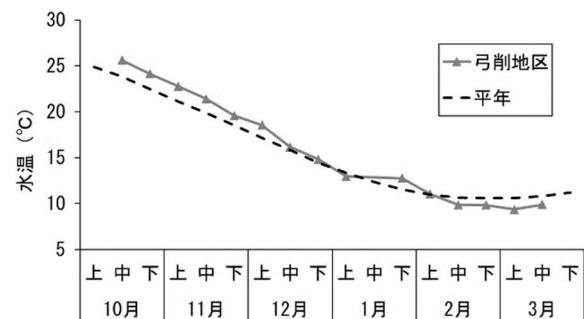


図5 弓削地区の漁場水温の推移

漁場珪藻細胞数について、西条市沿岸での推移を図6、弓削地区での推移を図7に示した。西条市沿岸では、増減を繰り返しながら増加傾向で推移した。弓削地区では10月中旬は193細胞/mLであったが、下旬には大きく減少し、それ以降は100細胞/mL未満の低位で増減を繰り返しながら推移した。

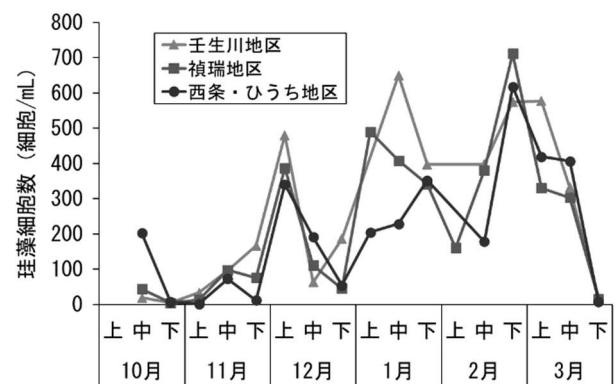


図6 西条市沿岸の漁場珪藻細胞数の推移

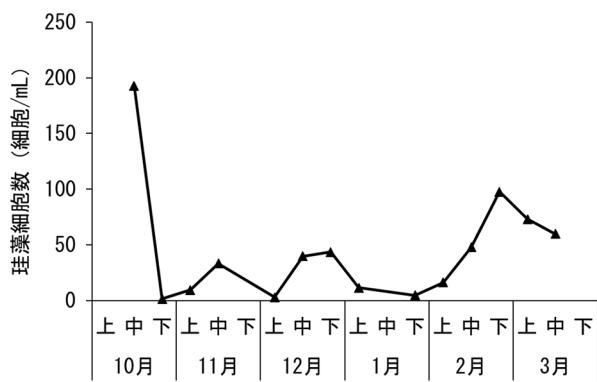


図 7 弓削地区の漁場珪藻細胞数の推移

溶存態無機窒素 (DIN) 濃度について、西条市沿岸での推移を図 8、弓削地区での推移を図 9 に示した。DIN 濃度は西条市沿岸では、10 月下旬から 11 月下旬まではノリの色落ち目安である  $3.5\mu\text{M}$  を概ね上回って推移したが、12 月上旬に大きく低下し、それ以降は、概ね  $3.5\mu\text{M}$  を下回って推移した。弓削地区では、10 月下旬から 1 月下旬は、 $3.5\mu\text{M}$  を超えて推移したが、その他の期間については  $3.5\mu\text{M}$  未満で推移した。

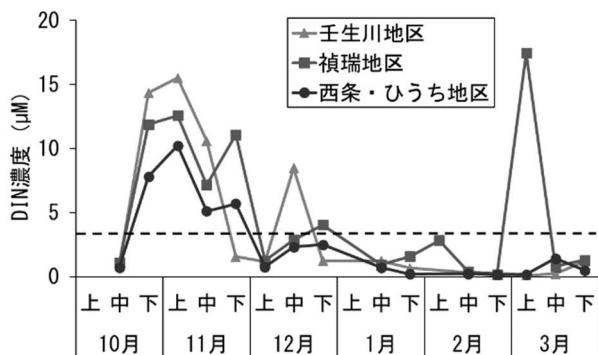


図 8 西条市沿岸の漁場栄養塩濃度の推移

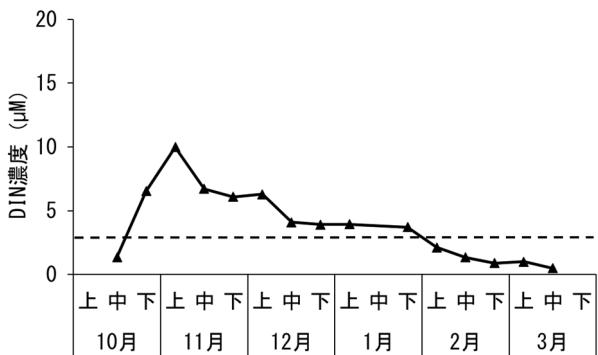


図 9 弓削地区の漁場栄養塩濃度の推移

養殖ノリの  $L^*$  値について、西条市沿岸と弓削地区での推移を図 10 に示した。西条市沿岸については、 $L^*$

値は、測定開始後から色落ちと判断される 59<sup>1)</sup> 以上の値で推移し、今漁期は栄養塩不足による慢性的な色落ち状態だったと考えられた。弓削地区については、1 月下旬の  $L^*$  値が約 50 であったが、それ以降は上昇傾向であり、2 月中旬以降は 59 以上の値で推移した。

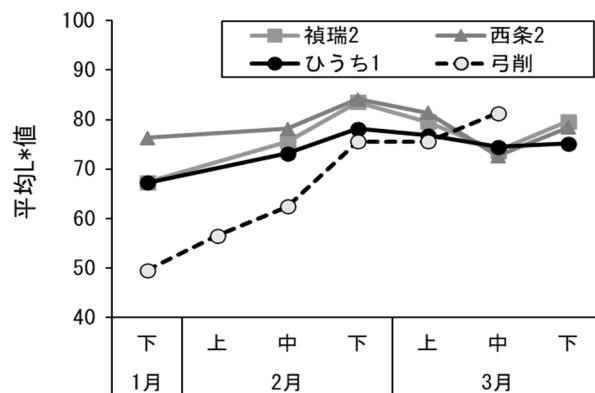


図 10 西条市沿岸及び弓削地区の養殖ノリ  $L^*$  値の推移

#### 参考文献

- 1) 川口 修・高辻英之：広島県東部海域における溶存態無機窒素動態とノリの色落ちへの影響. 日本水産学会 76(5):849–854 (2010)

# サメを用いた高機能抗体作製技術開発

(AMED 創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業)

楳 浩樹・前原 務\*

## 目的

サメを用いることにより、従来の技術では難しい、小さく優れた特性を持つ抗体（ナノボディ）を作製できることが知られている。サメのナノボディは、創薬や臨床検査における課題を解決できることが期待されているが、愛媛大学では、サメの入手ノウハウや飼育環境が整っておらず研究は進んでいなかった。

そこで本研究では、ナノボディ作製の実用化に向けた技術開発を目的に、愛媛大学で開発されたコムギ無細胞タンパク質合成系により生産した抗原を用いて、当研究所が入手したサメ（エイラクブカ）を免疫し、引き続き飼育を実施した。

## 方法

エイラクブカは、伊予漁業協同組合及び下灘漁業協同組合から、小型機船底びき網漁で漁獲されたものを入手し、10kL コンクリート製八角水槽に収容して、ろ過海水掛け流しで飼育した。入手後の初期へい死がなくなり、餌付きが確認できた個体を免疫試験に供した。餌料として小型魚類を1回/日、投餌した。なお、水温が15°C以下になるとへい死が増えるため、4月及び12月から3月まで15°Cに加温した。

免疫試験として、令和4年11月22日から令和6年10月30日の間に計11回、41尾に愛媛大学が用意した各種抗原を筋肉に接種した（表1）。その後は、2週間ごとを基本に免疫及び採血（1mL程度）し、抗体価の上昇が確認できた個体は、次回測定時に全採血を行った後、脾臓を摘出してRNA抽出用サンプルとした。免疫及び採血時には、2-フェノキシエタノール（600ppm）で麻酔した。免疫処理したサメは、背鰭に装着したPITタグにより個体識別した。

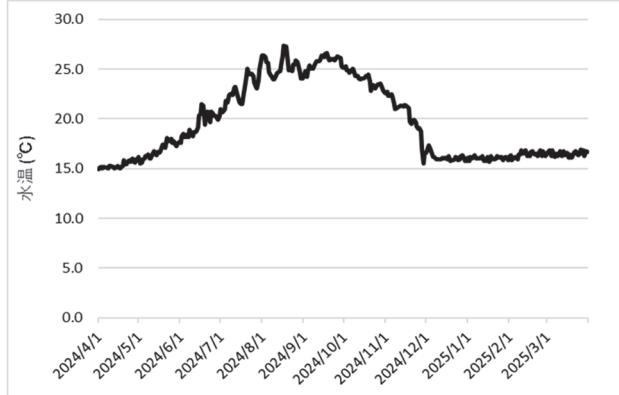
## 結果

飼育結果を表1に、飼育期間中の水温を図1に示した。飼育水温は、15.0°Cから27.4°Cの間で推移した。免疫した41尾のうち、抗体価の上昇が確認された23尾から脾臓を摘出した。なお、令和7年3月末現在、免疫した6尾の飼育を継続している。

表1 飼育結果

日付	尾数	平均 体重(g)	脾臓摘出		継続飼育中(令和7年3月19日現在)		
			尾数	飼育 日数	尾数	平均 体重(g)	飼育 日数
令和4年 2022/11/22	1	2925	1	519			
令和6年 2024/1/30	3	2240	3	260-274			
2024/2/27	4	2469	4	191-218			
2024/4/10	9	2133	4	189			
2024/5/8	1	1114	0				
2024/6/19	1	1612	0				
2024/7/3	3	1913	2	119-132			
2024/7/17	3	2161	0		1	2220	245
2024/9/5	4	1816	3	153			
2024/10/2	6	2299	4	126-154	1	2600	168
2024/10/30	6	2397	2	126	4	2390	140
計	41		23		6		

図1 飼育期間中の水温の推移



\*退職

# 養殖場と凍結精子を活用した育種産物普及システムの開発

## (養殖業成長産業化技術開発事業)

中岡 典義・水野 かおり・堀内 元貴・石川 豪大

### 目的

ブリは本県魚類養殖生産額の3割を占める重要な魚種であるが、種苗を天然採捕に依存しており、令和3年度には記録的な不漁により漁家経営に支障が生じた。また、農林水産省では『みどりの食料システム戦略』を策定し、持続可能な食料システムの構築のため、ブリを2050年までに100%人工種苗へ転換することを目指している。

当センターでは、平成27年度からブリの種苗生産技術開発研究に取り組み、さらに令和3年度からは他県との競争に打ち勝つ、低コストあるいは商品価値の高い家系（高成長等）の作出を目標に育種研究に取り組んでいる。しかし、当センターで飼育できる尾数は数百尾程度が限界であり、育種効果を高めるためには、より大きな母集団から優良な形質を持つ個体を選抜していく必要がある。

そこで、県内のブリ養殖業者の協力を仰ぎ、多くの個体から有用形質を持つ個体の選抜を試みる。さらに、（国研）水産研究・教育機構水産技術研究所では、ブリ精子の凍結保存に成功しており、本研究で得られた有用形質を持つ個体の精子を凍結保存することで、高品質種苗の安定的な供給体制を確立することを目指す。

### 方法

供試魚には、令和6年11月11日に県内の養殖業者から購入後、当センターの海面生簀で養成した1歳魚を用いた。令和7年2月20日から5月7日までに、5回にわたり雄雌10尾ずつサンプリングを行った。さらに、5月27日から6月19日にかけて3回にわたり雌10尾および雄5尾ずつサンプリングを行った。サンプリングした個体から、体重と生殖腺重量を測定し、生殖腺体指数（GSI=生殖腺重量×100/体重）を算出した。生殖腺は、組織学的観察に供するため、ダビットソン固定液で固定し、（国研）水産研究・教育機構水産技術研究所に送付した。また、飼育期間中の水温をデータロガーで測定した。

### 結果・考察

試験期間中の水温を図1に、GSIの季節変化を図2に示す。水温は、試験開始から徐々に下降し、3月中旬に最低気温を記録した。GSIは雌雄ともに2月から3月にかけてわずかに上昇した後に急増し、4月11日に雌がピークの2.89に達し、4月22日に雄がピークの4.16に達し、それ以降雌雄ともには急減した。

本試験において、GSIのピークは4月中旬から下旬であった。このことから当センターの沖合筏でブリを飼育

した際には4月中～下旬が産卵期となることが示唆された。

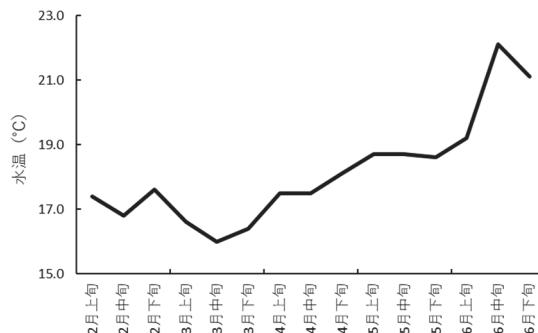


図1 水温の推移

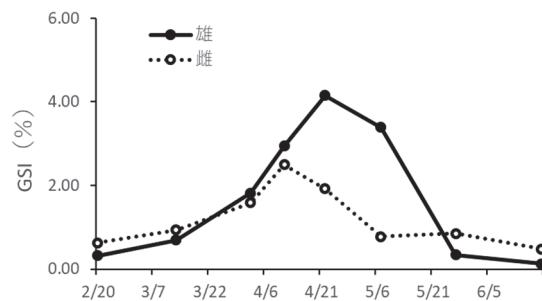


図2 GSIの季節変化

# 優良親魚最適組合せ選考を目的とした小規模種苗生産技術開発

## (オープンイノベーション研究・実用化推進事業)

水野 かおり・堀内 元貴・石川 豪大

### 目的

ブリは本県魚類養殖生産額の3割を占める重要な魚種であるが、養殖用種苗は天然採捕に依存している。農林水産省では『みどりの食料システム戦略』を策定し、持続可能な食料システムの構築のため、2050年までに100%人工種苗へ転換することを目指している。

当センターでは、平成27年度から令和2年度までブリの種苗生産技術開発研究に取り組み、令和3年度からは他県との競争に打ち勝つ低コストあるいは商品価値の高い家系（高成長等）の作出を目標に、育種研究に取り組んでいる。しかし、これまでの育種方法では、産卵できる親魚まで育成してから次世代を作出させるため数百尾程度から選抜するのが限界であり、育種効果を高めるためには、より大きな母集団から優良な形質を持つ個体を選抜する技術の開発が必要である。

そこで、優良形質を持った個体を1:1交配による人工受精で選抜するため、小規模水槽において安定的に種苗を生産できる飼育技術を確立する。

### 方法

#### 1 小規模種苗生産の技術開発

##### (1) 仔魚の収容密度の検討

飼育開始時のふ化仔魚の収容密度がその後の生残尾数にどの程度反映されるかを検証し、最適な収容密度を明らかにするために、異なる収容密度で比較試験を実施した。

飼育水槽には500Lの黒色ポリエチレン水槽6基を用い、飼育温度は20°Cに設定した。餌料には、日齢3からタウリン、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ロプシス（K-2、クロレラ工業株式会社製）で栄養強化したS型ワムシを給餌した。油膜除去は、日齢3から前述のオーバーフロー法で実施した。ふ化仔魚の収容密度を、5,000尾/kL（試験区1）、10,000尾/kL（試験区2）および15,000尾/kL（試験区3）に調整した水槽を2面ずつ設け、日齢10までの開鰓率および生残率を比較した。

##### (2) 飼育初期の通気量の検討

飼育初期の通気量がその後の生残尾数にどの程度反映されるかを検証し、最適な通気量を明らかにするために、異なる通気量で比較試験を実施した。

飼育水槽には500Lの黒色ポリエチレン水槽2基を用い、飼育温度は20°Cに設定した。通気量を、0.2L/min（試験区1）、0.5L/min（試験区2）に調整し、ふ化仔

魚5,000尾ずつ収容した水槽（収容密度：10,000尾/kL）を設け、日齢3の生残率を比較した。

### 結果および考察

#### 1 小規模種苗生産の技術開発

##### (1) 仔魚の収容密度の検討

日齢10の生残率は、試験区1では22%、試験区2では28%、試験区3では19%となり、試験区2が最も高い値を示した。日齢10の開鰓率は、試験区3では100%で全ての個体の開鰓が確認できたが、試験区1(89%)、試験区2(67%)の順に低い値を示した。しかし日齢18では中密度区の2面も100%に上昇し、何らかの理由で開鰓が遅れたと考えられるが、最終的な開鰓率に違いはなく問題はないと考えられた。この結果より、1.0万尾/kL以上の密度では効果的な生残には繋がっておらず、収容密度は1.0万尾/kLを目安とすることが適当と思われた。

表1 収容密度と日齢10の飼育成績

	試験区1 0.5万尾/kL	試験区2 1.0万尾/kL	試験区3 1.5万尾/kL
生残尾数(尾)	1096	2783	2804
生残率(%)	22	28	19
開鰓率(%)	89	67	100

##### (2) 飼育初期の通気量の検討

日齢3の生残率は、試験区1では78.6%、試験区2では46.2%となり、試験区1の方が高かった。今回は通気量0.2L/min以下の弱通気の水槽を設定できなかったが、通気が弱い場合には沈降死が起こることが知られていることから、最適な通気量は0.2L/min付近であると考えられた。

表2 飼育初期の通気量と日齢3の飼育成績

	試験区1 0.2L/min	試験区2 0.5L/min
生残率(%)	78.6	46.2

# 日本一の養殖マサバ産地づくりプロジェクト事業費

石川 豪大・水野 かおり・堀内 元貴  
松原 孝博<sup>\*1</sup>・後藤 理恵<sup>\*1</sup>・斎藤 大樹<sup>\*1</sup>

## 目的

県内の養殖現場では、“養殖期間が短い”、“単価が高い”、“海外で人気が高い”養殖魚の開発が強く求められている。また、農林水産省では令和3年5月に『みどりの食料システム戦略』を策定し、2050年までにブリ等の養殖において人工種苗比率100%を実現するなど、天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖体制を目指すこととしている。水産研究センターでは、これらの条件に当たる新規養殖対象種として、次期の有望な養殖対象魚種としてマサバを選定した。

しかし、県内のマサバ養殖は、その種苗を主にまき網等で採捕された天然種苗に依存しているため、安定的な入手が困難であることに加えて、高水温期のレンサ球菌症などの発症による生残率の低下、成熟による成長停滞及び身質の低下などの課題がある。本研究は、日本一の養殖マサバ産地づくりに向け、マサバの完全養殖、ワクチンによる魚病対策、不妊化技術の開発、マサバに適した配合飼料を明らかにすることを目的とする。

## 方 法

### 1 完全養殖マサバの作出及び量産

(1) 完全養殖マサバの種苗生産技術・周年生産のための親魚管理手法の開発

#### 1) 春生産（通常期）

##### ①採卵並びに卵及びふ化仔魚管理

1回次の親魚には、当センターで生産したマサバ1歳魚80尾を用いた。親魚は令和6年5月17日に8kL角形水槽に陸揚げし、長日処理(3:00-6:00 照明点灯)するとともに、水温を20-22°Cに調整して催熟を開始した。親魚には、マダイ用EP(マダイEPスーパー5号、日清丸紅飼料株式会社)を給餌した。令和6年5月22日に、HCG(あすかアニマルヘルス製)を打注した。同月24日に雌親魚11尾から採卵、雄親魚10尾から採精し、人工授精した。受精卵は、26.2万粒及び18.6万粒を30kL水槽2面に(C1,2)に収容した。

##### ②生産方法

1回次の生産は以下のように行った。収容から飼育水温は21°Cから開始し、取揚げまでに25°Cまで上昇させた。日齢3からタウリンで15時間、濃縮ナンノクロロプロシスで7時間、さらにバイオクロミス(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、水槽内の密度が5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:400g/kL培養水、濃縮ナンノクロロプロシス:100mL/1億個体、バイオクロミス:

9.5g/1億個体とした。日齢8からはバイオクロミスで2時間栄養強化したアルテミアを、1日に1水槽あたり220万-3,000万個体給餌した。アルテミアの強化濃度は、バイオクロミス:4.0-6.0g/100L培養水とした。日齢11からは配合飼料(アンブロシア及びアンブローズ、フィード・ワン株式会社)を給餌した。日齢3から、開鰓を促すため油膜取り器を設置した。

##### ③測定項目

ふ化計数を日齢0で行った。また、日齢10で夜間計数を行い、生残率を算出した。フィッシュポンプでの移槽時に、フィッシュカウンターを用いて取揚げ尾数を算出した。

#### 2) 冬生産（非産卵期）

##### ①採卵並びに卵及びふ化仔魚管理

2回次の親魚には、当センターで生産したマサバ1歳魚80尾を用いた。親魚は令和7年11月25日に70kL円形水槽に陸揚げし、長日処理(3:00-6:00 照明点灯)するとともに、水温を20-22°Cに調整して催熟を開始した。親魚には、シマアジ用EP(ビーンズKZ5号、スクレッティング株式会社)を給餌した。令和7年2月6日に、HCG(あすかアニマルヘルス製)を打注した。同月7日に雌親魚24尾から採卵、雄親魚10尾から採精し、人工授精した。受精卵55.9万粒を、70kL水槽1面(S3)に収容した。

##### ②生産方法

春生産と同様の方法で実施した。

##### ③測定項目

ふ化計数を日齢0で行った。また、日齢9で夜間計数を行い、生残率を算出した。日齢17時に、取揚げを行い、生残率を算出した。

#### (2) 優良親魚の選抜・養殖試験

##### 1) 高成長選抜

8月22日に5月に生産したマサバ種苗900尾(FL:16.41mm、体重:29.8g)を当センター地先海面小割生簀(3m×3m×3m)2面に収容し、約2か月間飼育した。その後、10月21日に生残個体の体重を測定し、増重率上位22%の個体を選抜した。

##### 2) 高水温耐性選抜

7月22日に5月に生産したマサバ種苗5,000尾(FL:142.5mm、体重:25.3g)を愛南青年協に配付した。しかし、8月以降の約1か月間、高水温の時期が続いたことにより、約4,000尾がへい死した。そこで、高水温時に生存した個体として選抜するため、11月19日に生残

\*1 愛媛大学南予水産研究センター

個体 200 尾を当センター海面小割生簀に収容した。

### 3) 養殖試験

令和 6 年度 5 月に採卵・生産した種苗を八幡浜管内の 2 業者、宇和島管内の 1 業者及び愛南管内の 1 業者に配付し、養殖試験を実施した。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。

## 2 成長促進技術の開発

### (1) 水産用ワクチンによる疾病対策技術の開発

供試魚には、平均体重 12.3g のマサバ人工種苗を用いた。各試験区 10 尾収容した。攻撃菌株には、シマアジ由来の I 型、II 型及び III 型を 1 株ずつ用いた。それぞれの菌株間の病原性を比較するため、各菌株の攻撃濃度は  $10^3$ 、 $10^5$  及び  $10^7$  cfu/尾としを腹腔内に注射接種した。さらに、水温別の病原性を明らかにするため、前述の攻撃感染試験はそれぞれ水温 20.5°C (低水温感染) 及び 26.5°C (高水温感染) で実施した。なお、各試験区の供試尾数は 10 尾とした。攻撃後は、経過観察を 2 週間続けて死亡率を記録し、生残魚は脳から釣菌して保菌率を調べた。

### (2) 不妊化マサバ作出技術の開発

始原生殖細胞の生存に関わる dead end 遺伝子に対するアンチセンス核酸を用いてマサバ不妊化魚を作出し、不妊形質が養殖マサバの成長や身質に及ぼす影響を調べることを目的とする。令和 6 年度は、不妊化魚作出にあたり必要となる基盤技術として、受精卵の顕微注入および始原生殖細胞の可視化の可否を検証した。実験は、2024 年 6 月 8 日、9 月 26 日および 2025 年 3 月 3 日の計 3 回実施した。また、不妊化処理魚の妊性を調べるため、マサバの通常の生殖腺性分化過程を組織学的に把握する必要があり、水産研究センターで生産した令和 6 年度産のマサバ種苗の生殖腺の固定を適宜行った。

## 3 養殖技術の高度化

### マサバに適した配合飼料の探索

#### (粗たんぱく質)

マサバ稚魚期に最適なタンパク質割合を明らかにするために、タンパク質割合の異なる市販飼料を用い、飼育試験を行った。

供試魚には令和 6 年 5 月に採卵・ふ化したマサバを用い、試験開始までは 90t 水槽 (D7) で飼育した。期間中の飼育水温は、20.2~23.8°C 平均水温 : 22.6°C であった。試験開始時に各試験区に 50 尾ずつ (平均尾叉長 : 92.3mm、平均体重 : 6.8g) を 4t 角形水槽に収容した。

飼料は、粗たんぱく質割合 47.7% である飼料 A、54.3% の飼料 B、56.8% の飼料 C を用いた。給餌は、1 日 2 回 (各回最大 10 分)、1 週間に 7 日飽食給餌し、30 日間

飼育した。

試験終了時には全個体を取揚げて尾叉長と体重を測定し、試験区ごとの増肉係数を算出した。各区の飼料と供試魚については、一般成分分析を行った。水分は 105°C 常圧乾燥法、灰分は 600°C 灰化法、粗タンパク質はケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法により分析した。試験区間の検定には、一元配置分散分析 (ANOVA) を用い、統計解析は R (ver.4.3.0) を使用しておこなった。有意水準は 5 % とした。

#### (粗脂肪)

マサバ稚魚期に最適な脂質割合を明らかにするために、脂質割合の異なる市販飼料を用い、飼育試験を行った。

飼料は、脂質割合 6.5% である飼料 D、8.8% の飼料 E、11.0% の飼料 B を用い、上記の試験同様の条件で飼育試験を行った。

## 結果及び考察

### 1 完全養殖マサバの作出及び量産

#### (1) 完全養殖マサバの種苗生産技術・周年生産のための親魚管理手法の開発

##### 1) 春生産 (通常期)

C1 は、5 月 26 日に 8.5 万尾ふ化し (ふ化率 32.5%)、6 月 11 日に、日齢 17 で 2.1 万尾 (全長 29.5mm)、C2 は、13.1 万尾ふ化し (ふ化率 70.3%)、1.0 万尾 (全長 32.2mm) を取揚げた (表 1)。取揚げた種苗は、同年 6 月下旬から 7 月上旬にかけて約 100mm を目安に、県内の養殖業者に試験的に配付した。

表 1 種苗生産成績 (春生産)

水槽No.	収容			ふ化計数			取揚げ		
	卵数 (万粒)	日齢	仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)	日齢	全長 (mm)	尾数 (万尾)	生残率 (%)	
C1	26.2		8.5	32.5		29.5	2.1	25.2	
		1			17				
C2	18.6		13.1	70.3		32.2	1.0	8.0	
計	44.8		21.6					3.2	

##### 2) 冬生産 (非産卵期)

S3 は、2 月 9 日に 5.1 万尾ふ化し (ふ化率 9.2%)、2 月 26 日に、日齢 17 で 1.9 万尾 (全長 37.5mm)、を取揚げた (表 2)。取揚げた種苗は、同年 3 月下旬にかけて全長約 100mm を目安に、県内の養殖業者に試験的に配付した。

表2 種苗生産成績（冬生産）

水槽No.	収容 卵数 (万粒)	ふ化計数			取揚げ		
		日齢	仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)	日齢	全長 (mm)	尾数 (尾)
S3	55	1	5.1	9.2	17	37.5	1.9
							38.0

(2) 優良親魚の選抜・養殖試験

1) 高成長選抜

飼育期間中にハダムシによるへい死が見られ、試験期間中の生残率は、約 34% であった。10月 21 日に生残している 307 個体について測定した（図 1）。平均値は 87.7  $\pm$  18.6g であり、増重率上位 22% の個体（107g 以上）計 66 尾を選抜した。これらの個体は飼育を継続し、令和 7 年度生産時の親魚候補として、養成する。

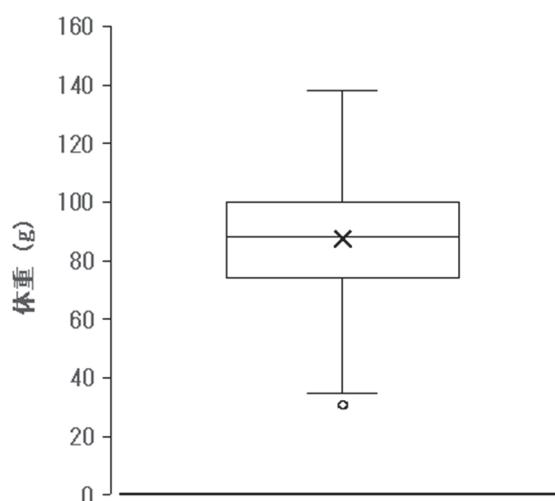


図1 魚体重の分布

2) 高水温選抜

選抜個体 200 尾について、飼育を継続し、令和 7 年度生産時の親魚候補として養成する。

3) 養殖試験

試験期間中の体重及び生残率の推移を示した（図 2,3）。体重は、2 月中旬から 3 月上旬時点では、八幡浜 A で 205g、八幡浜 B で 185g、宇和島で 278g、愛南で 283g であった。生残率について、八幡浜管内及び宇和島管内の漁場において、9 月から 10 月にハダムシの寄生に起因する体表の擦過傷等により、へい死が確認され、生残率が低下した。

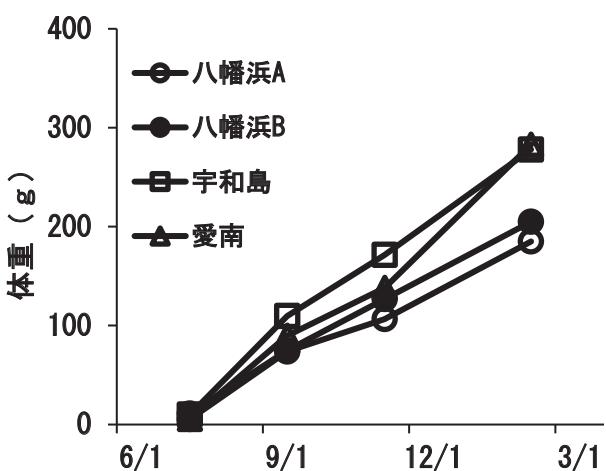


図2 体重の推移

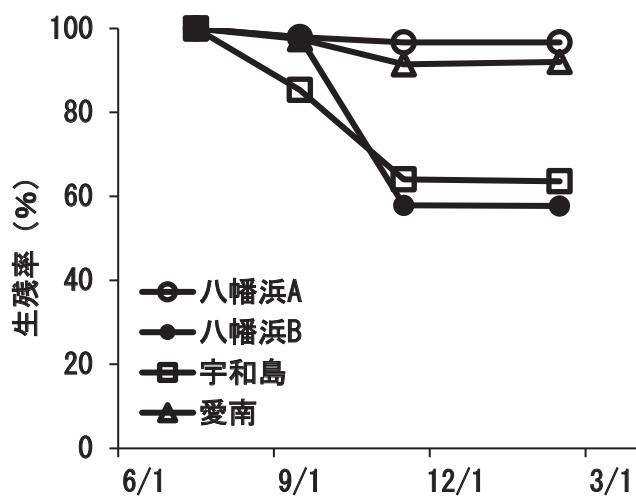


図3 生残率の推移

## 2 成長促進技術の開発

(1) 水産用ワクチンによる疾病対策技術の開発

高水温攻撃での I 型、II 型及び III 型の死亡率は、 $10^3$  cfu/尾接種区でそれぞれ 80%、20% 及び 40% と I 型が最も高い結果となった（表 3）。各菌株の死亡率は、攻撃濃度が高くなるにつれて増加する傾向がみられた。低水温感染の  $10^3$  cfu/尾接種区の死亡率は、それぞれ 50%、30%、10% であり、高水温感染と同様に I 型の死亡率が最も高くなかった（表 4）。しかし、 $10^7$  cfu/尾接種区では、それぞれ 60%、20%、10% となり、濃度依存的な死亡率の増加はみられなかった。また、生残魚の保菌率は、低水温感染の  $10^3$  cfu/尾接種区で I 型、II 型及び III 型がそれぞれ 100%、75% 及び 20% であり、 $10^5$  cfu/尾接種区ではそれぞれ 100%、100% 及び 22% となり、III 型が最も低い結果であった。となつた。

以上のことから、本試験に用いた菌株のマサバに対する病原性は、I 型、II 型、III 型の順に高いと考えられた。また、高水温感染の死亡率が低水温感染と比較して高かった要因として、26°C では高水温でマサバの自然免疫が低下している可能性が考えられた。

表3 高水温感染 (26.5°C) の死亡率及び保菌率

	死亡率 (%)			保菌率 (%)		
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>
α I	80	90	90	100	100	100
α II	20	80	60	63	100	100
α III	40	100	90	50	-	100

表4 低水温感染 (20.5°C) の死亡率及び保菌率

	死亡率 (%)			保菌率 (%)		
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>
α I	50	60	60	100	100	100
α II	0	20	20	70	100	100
α III	0	10	10	20	22	89

## (2) 不妊化マサバ作出技術の開発

1回次および2回次は始原生殖細胞を可視化するための gfp-nanos3RNA を用いて顕微注入試験を実施したが、人工採卵で採卵した場合は、卵質が悪く発生には至らなかった。3回次は、自然採卵により採卵した受精卵を用いて顕微注入を行い、処理卵を培養温度 20°C で管理したところ、20 時間後に GFP 蛍光を有する始原生殖細胞が確認された（図 4）。このことから、良質な受精卵を得ることができれば、本手法によりマサバの始原生殖腺細胞を可視化することができる事が明らかとなった。

一方、マサバ受精卵が有する色素細胞は受精後 24 時間まで蛍光を発しないことが確認された（図 4C）。以上の結果、人工授精により得られた受精卵への顕微注入および始原生殖細胞の可視化が可能であることが確かめられた。このことから、顕微注入によるマサバ不妊化処理魚の作出およびPGCの動態を指標とした初期胚における不妊化の検証が可能になった。

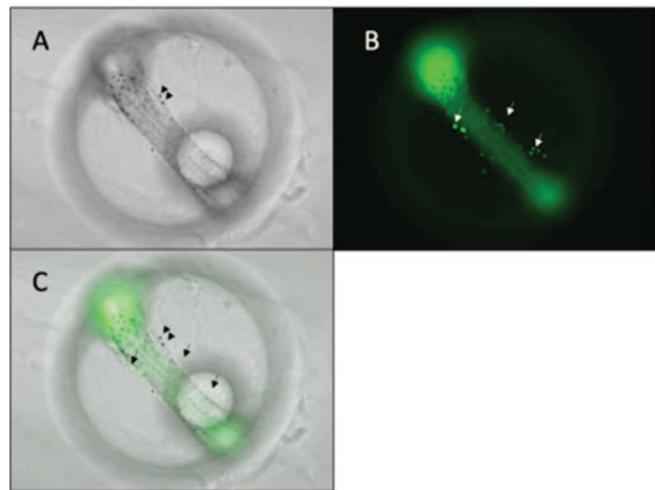


図4 受精卵に gfp-nanos3RNA を顕微注入したマサバ 20 時間胚の明視野画像 (A)、GFP 蛍光画像 (B) および重畠画像 (C)。矢印は始原生殖細胞、矢頭は色素細胞。GFP 蛍光を有する色素細胞は観察されなかった。

## 3 人工種苗に適した養殖手法の確立

### マサバに適した配合飼料の探索

#### (粗たんぱく質)

試験終了時の飼育成績を表5、用いた配合飼料と試験終了時の供試魚の一般成分分析結果を表6,7に示す。試験終了時の尾叉長、魚体重及び肥満度は、飼料Aの値が有意に低かったが、飼料B及び飼料Cで有意差はみられなかった。日間増重率は、飼料B、飼料C、飼料Aの順で高かった。また、日間摂餌率は、飼料C、飼料B、飼料Aの順で高かった。増肉係数は飼料Aが1.35、飼料Bが1.25、飼料Cが1.30と、飼料Bで最も低い値を示した。身質に関して、飼料Aの粗脂肪割合が有意に低かったが、そのほかの成分について試験区間で明確な差異は確認されなかった。

粗たんぱく質割合が47.7%である飼料A区は、その他の試験区と比較して、体測データが小さく、粗脂肪割合が少なかったことから、マサバの成長に必要な要求量を満たしていなかったと考えられる。一方で、54.3%含む飼料B及び56.8%含む飼料Cの試験区間では成長及び身質に関して、違いがみられなかったことから、上記の範囲では、成長及び身質に与える影響は同程度と考えられる。

表5 飼育成績

	飼料A	飼料B	飼料C
尾叉長 (mm)	129.9	154.2	153.3
魚体重 (g)	21.6	43.0	42.4
肥満度	9.6	11.6	11.7
日間増重率 (%)	3.2	4.6	4.4
日間摂餌率 (%)	5.0	6.9	7.2
増肉係数	1.35	1.25	1.30

表6 配合飼料の一般成分組成

	飼料A	飼料B	飼料C
粗たんぱく質 (%)	47.7	54.3	56.8
粗脂肪 (%)	10.1	11.0	10.4
粗灰分 (%)	14.1	13.0	13.2
水分 (%)	6.6	8.7	5.4

表10 供試魚の一般成分組成

	開始時	飼料D	飼料E	飼料F
粗たんぱく質 (%)	17.9	20.0	20.3	19.9
粗脂肪 (%)	5.2	12.9	11.2	14.6
粗灰分 (%)	2.4	1.9	2.2	2.7
水分 (%)	72.5	63.3	64.2	62.6

表7 供試魚の一般成分組成

	開始時	飼料A	飼料B	飼料C
粗たんぱく質 (%)	17.9	21.1	19.3	19.6
粗脂肪 (%)	5.2	6.8	15.5	13.4
粗灰分 (%)	2.4	2.2	1.7	1.9
水分 (%)	72.5	68.5	63.1	62.7

## (粗脂肪)

試験終了時の飼育成績を表8、用いた配合飼料と試験終了時の供試魚の一般成分分析結果を表9,10に示す。試験終了時の尾叉長、魚体重及び肥満度について、試験区間で有意差はなかった。日間増重率は、飼料F、飼料D、飼料Eの順で高かった。また、日間摂餌率は、飼料E、飼料D、飼料Fの順で高かった。増肉係数は、飼料Dが1.31、飼料Eが1.32、飼料Fが1.17と飼料Fで最も低い値を示した。身質に関して、粗脂肪割合が飼料Dで12.9%、飼料Eで11.2%、飼料Fで14.6%と、飼料Fで最も高い値を示した。

試験終了時の体側に明確な差はみられなかったものの、増肉係数は、飼料Fがやや低い値を示した。このことから、今回試験を実施した粗脂肪割合6.5~12.5%の範囲で成長に与える影響は同程度であることが考えられる。

表8 飼育成績

	飼料D	飼料E	飼料F
尾叉長 (mm)	148.3	145.7	148.5
魚体重 (g)	37.5	33.5	38.7
肥満度	11.0	10.8	11.7
日間増重率 (%)	4.3	3.4	4.3
日間摂餌率 (%)	6.8	8.1	6.3
増肉係数	1.31	1.32	1.17

表9 配合飼料の一般成分組成

	飼料D	飼料E	飼料F
粗たんぱく質 (%)	52.1	52.8	53.3
粗脂肪 (%)	6.5	8.8	12.5
粗灰分 (%)	8.2	8.1	7.8
水分 (%)	13.5	13.2	13.5

# 養魚用飼料原料新規開発事業費

堀内 元貴・水野 かおり・石川 豪大

## 目的

魚類養殖業における生産コストの8割以上は飼料代が占めるとされているが、近年、飼料の主要な原料となる魚粉の価格は世界的な需要の増加や原料魚の漁獲量減少により高騰し、漁家経営を圧迫している。また、魚粉1kgを生産するには約4~5倍の重量の原料魚が必要と言われ、魚粉に依存した養殖生産は天然水産資源に大きな負荷を掛けている。

このような背景から、魚粉の代替として天然資源への負荷が少ない原料を活用した持続可能な養殖業への転換は喫緊の課題であり、種々の魚粉代替原料を利用した飼料が開発されてきた。

本事業では、生産性の高い動物性のタンパク質源である昆虫に着目し、昆虫粉末（コオロギ）を原料とした飼料を作製してマダイに給餌し、マダイにおける昆虫粉末の摂飢性や成長性を検討することを目的とした。

## 方法

試験に使用するため、主要なタンパク質源として魚粉のみを使用した区（魚粉区）、魚粉と昆虫粉末を同量ずつ使用した区（魚粉+昆虫区）、昆虫粉末のみを使用した区（昆虫区）の3種類の試験飼料を作製した。

魚粉及び昆虫粉末以外の原料の配合や水分の添加量について検討した結果、下記の原料に70%の水を添加して攪拌混合し、造粒機で成型したのちに乾燥させたものを飼育試験における試験飼料として使用することとした。なお、原料のうち粒子の大きい大豆油粕及びコーンスターチについては粉碎機で粒度100μm以下に粉碎した後に使用した。各区の試験飼料は乾燥後に成分分析を行い、水分、粗タンパク質、粗灰分を測定した。

表1 試験飼料の組成（湿重量%）

	魚粉区	魚粉+昆虫区	昆虫区
魚粉	60	30	0
昆虫粉末	0	30	60
大豆油粕	7.5	7.5	7.5
オキアミ	5	5	5
スターチ	10	10	10
コーングルテンミール	10	10	10
タウリン	1.5	1.5	1.5
ビタミンMIX	1	1	1
魚油	5	5	5

飼育試験として、水産研究センターの海面生簀（3m×3m×3m）でマダイ（平均体重214.4g、尾叉長214.0mm）に上記の3種類の試験飼料を給餌し、飼育を2週間継続して給餌量及び飼育前後の成長を比較した。飼育試験中は各区1日1回の飽食給餌を行って摂飢量を記録するとともに、飼育試験の開始時と終了時に魚体重を測定して成長率を比較した。

## 結果・考察

飼育試験の結果、試験期間中の日間摂飢率は昆虫区が最も高く、次いで魚粉+昆虫区、魚粉区の順に高かった。また、飼育試験中の体重の増加率を比較すると、魚粉+昆虫区が最も増重率が高く、昆虫区では魚粉区を僅かに下回った。

表2 飼育試験の結果

	魚粉区	魚粉+昆虫区	昆虫区
開始時体重(g)	208.5	214.5	210.5
終了時体重(g)	214.9	232.4	216.4
日間摂飢率(%)	0.57	0.98	1.32
増重率(%)	3.07	8.34	2.80

これらの結果から、昆虫粉末は魚粉に比べてマダイの摂飢を誘引する効果が高いことが示された。一方、昆虫粉末のみを主なタンパク質源とする飼料で飼育すると、魚粉を含む飼料に比べてマダイの成長性が低下するという結果が得られた。先行する研究により、昆虫粉末には昆虫の外骨格に由来する難消化性のキチン等が含まれ、魚粉に比べて魚の腸管における消化性が低いことや、昆虫原料のみで飼育すると一部の脂肪酸やアミノ酸が不足することで成長が停滞することが報告されていることから、昆虫区ではそれらの要因により摂飢量が増加しても体重の増加に繋がらなかつた可能性が示唆される。

今回の結果から、マダイにおける昆虫粉末の摂飢性は魚粉と比較して極めて高いことが示された。一方、昆虫原料のみを主なタンパク質源とした飼料でマダイを飼育すると成長が停滞することから、昆虫粉末を魚粉やその他の消化性の高いタンパク質源と組み合わせて使用することや、不足する脂肪酸やアミノ酸を補って使用することにより、高い摂飢性と成長性を両立できる可能性が期待された。

# アカウニの種苗生産の効率化と短期間での中間育成技術の開発

(受託試験)

加藤 利弘<sup>\*1</sup> 納田 健次<sup>\*2</sup>

## 目的

本県で漁獲されるアカウニは、近年の藻場減少などによる生育範囲の狭小化や品質の不安定化が現場の声として上がっており、対策が必要となっている。一方、ウニ類の消費に目を向けると国内価格の上昇や輸出の伸長など、その人気は高まっており、高価なアカウニを効率的かつ安定的に生産する技術の開発は、今後の水産業振興の一助となることが期待される。

そこで本研究では、アカウニのオールシーズンの出荷に向けて、アカウニの陸上施設による種苗から成ウニまでの生産システムを構築することを目的とする。

なお、本研究は、大和酸素工業株式会社（愛媛県東温市）からの委託を受けて行った。

## 方 法

令和6年10月に、愛媛県漁業協同組合三崎支所から採卵用の親アカウニを購入し、天然アラメや塩蔵ワカメを与えて飼育した。飼育水温は成熟状態を維持するため20°Cを目安に18°C以上を維持した。

採卵は、0.5molの塩化カリウム1mLを口器に注射器を刺して注入する方法で行い、ふ化した幼生は1kLポリカーボネイト水槽に収容した。卵管理及び浮遊幼生飼育には0.1μmのフィルターでろ過した海水を用い、市販の冷蔵キートセラス・グラシリスを給餌し、おおむね21°Cの水温下で管理した。採苗には、砂ろ過海水流水下で自然発生した珪藻が付着した平板(33cm×33cm)を用いた。

採苗後は、砂ろ過海水流水下で管理し、適宜、剥離選別を行い、殻径3mm以上の個体はカゴ飼育に移行し、それ以下の個体は、珪藻培養した平板に再付着させた。

飼育水温は、採苗後1か月間20°Cを維持し、その後は、徐々に低下させた。生産した稚ウニの一部（約200個）を大和酸素工業株式会社から提供を受けたウニ陸上養殖システムへ移植し、飼育した。

## 結果

採卵は、令和6年11月28日と令和7年1月16日の2回行い、各6個の親ウニを使用した。反応率は、1回目が100%（♀2個、♂4個）、2回目は50%（♀2個、♂1個、未反応3個）であった。

幼生飼育は、1回目の採卵により得られた幼生を用い親ウニごとに水槽2面に収容して行い、このうち1面分を採苗に供した。採苗までの飼育期間は14日であった。

採苗は、平板900枚（30枚：1組×30組）を設置した5kLFRP水槽1面に、約23万個の幼生を収容して行い、

24日後の推定付着数は約15.5万個で、この時点での生残率が約67%であった。

令和7年3月末現在で、カゴ飼育に移行した4.5万個と再付着させた稚ウニを5kL水槽及び陸上養殖システムで飼育中である。なお、飼育試験結果等の詳細は大和酸素工業株式会社へ提供した。

<sup>\*1</sup>現 農林水産研究所水産研究センター <sup>\*2</sup>現 農林水産部水産局水産課

# プラズマによる魚類の成長促進技術の確立

## (受託試験)

楳 浩樹・前原 務\*

### 目的

近年、飼料や燃油等の価格高騰が常態化しており、魚類養殖業者の経営は厳しさを増している。一方で、プラズマを水に照射して生成されるプラズマ処理水が、魚の成長を促進させる効果が期待されている。

そこで本研究では、プラズマ処理水を養殖魚の稚魚飼育に用いることで、その成長への影響及び適切な供給量を明らかにすることを目的とする。

なお、本研究は愛媛大学からの委託を受けて行った。

### 方 法

供試魚には、平均全長 153.9mm、平均体長 125.9mm 平均体重 60.5g のキジハタ稚魚を用いた。プラズマ処理水の供給量に応じて試験区を 2 区設定し、対照区 2 区を含めて合計 4 区とした。各区には、1kL パンライト水槽にキジハタ稚魚を 30 尾ずつ収容した。市販配合餌料（ピアゴールド 4 号：日清丸紅飼料株式会社）を 1 日 1 回、週に 3-5 回飽食給餌した。飼育試験は、令和 6 年 11 月 27 日から令和 7 年 3 月 21 日までの 115 日間行った。

試験開始前に、各区の全供試魚の全長、体長及び体重を測定後、ピットタグで個体識別した。収容後は、月に 1 回の頻度で全長、体長及び体重を測定した。

### 結果

キジハタ稚魚の試験終了時の平均全長は 165.9mm、平均体長は 134.0mm、平均体重は 79.0g であった。

なお、飼育試験結果等の詳細は、委託元である愛媛大学に提供した。

\*退職

# 高収益型マハタ養殖システムの開発

(オープンイノベーション研究・実用化推進事業)

藤田 慶之・石川 豪大

## 目的

燃油、資材及び飼料価格の高騰により、増肉係数が低く販売単価が高いマハタの要望が増加している。当センターではマハタの種苗生産・販売を行っているが、形態異常の発生により養殖業者の要望数を満たせていない。その形態異常の発生要因として、仔魚期の鰓の開腔（開鰓）不全が挙げられる。これまでに、水面の油膜除去により開鰓率が向上することが明らかとなっているが、既存の油膜除去方法では浮上死の発生及び仔魚の流出による生残率の低下が問題となっている。（国）水産技術研究所において、ハタ科魚類のスジアラで浮上死と流出のない革新的な開鰓率向上技術（全面シャワーワン方式）が開発されており、この技術をマハタに適用することで生残率と開鰓率を共に向上させ、販売尾数の向上を図る。

また、異体類では緑色のLEDライトを照射することで成長が1.6倍に向上し、13%のコスト削減に成功している。ハタ科魚類のヤイトハタでは、青色LEDライトの照射が成長促進に効果があることが明らかになっており、マハタの成長促進効果がある色や日長を明らかにすることで、コスト削減につながる飼育方法を明らかにする。

## 方法

シャワーによる開鰓促進効果をマハタで検証するため、円形コンクリート水槽（C1：水量30t）でマハタを飼育し、シャワー試験を実施予定であったが、採卵時期に高濃度の赤潮が発生したため採卵を中止したことから量産規模での開鰓試験は実施できなかった。

増肉改善による養殖生産システムの開発は、当センターで種苗生産したマハタ幼魚を試験に使用した。日長試験の供試魚は全長104±4.1mm、体重26±3.8g、波長試験の供試魚は全長104±4.2mm、体重26±4.0gの個体を使用し、個体別にタグ付けを行った。水温約23°Cに調温された500Lポリカーボネート水槽4基に各試験区30尾収容した。すべての水槽は暗室に設置し、LEDライト（ZENSUI MULTI COLOR LED 1200、ゼンスイ株式会社製）を各水槽別に設置した。日長試験区では、ピーク波長578nmの光を用い、水面の光量子束密度は平均26.2μmol/m²sとし、照射時間を24L0D、18L6D、12L12D、8L16D（以下、24L区、18L区、12L区、8L区）に設定した。波長試験区ではピーク波長が578nm（自然光区）、622nm（赤色区）、525nm（緑色区）、455nm（青色区）の光を照射し、水面の光量子束密度は平均5.3±0.5μmol m⁻² s⁻¹、照射時間はLD=12:12と

した。全試験区において午前4:00に点灯を開始した。

給餌は両試験区とも午前7:00に市販の配合飼料ピーゴールド3号（日清丸紅飼料株式会社製）を週5回飽食給餌した。試験期間は約3か月とした。試験は令和6年10月25日に開始し、尾叉長（FL）および体重（BW）を11月26日（試験33日時点）、12月26日（試験63日時点）令和7年1月30日（試験99日時点）に測定した。また、令和7年1月30日（試験98日時点）に遺伝子発現解析のために脳下垂体および肝臓を採取した。

## 結果および考察

増肉改善による養殖生産システムの開発は、令和6年10月25日から令和7年1月30日までの98日間実施した。日長試験では、12時間照明区（自然日長）が増重、日間摂餌率、増肉係数のすべての項目において最も優れた成績を示した。

波長試験においては、赤色区が増重と日間摂餌率で優れた結果を示し、増肉係数については青色区が最も優れていた。また、日長試験の12時間照明区と波長試験の自然光区は、光量子束密度のみが異なる条件（それぞれ26.3および6.0μmol/m²s）であったにもかかわらず、成長に顕著な差が観察された。このことから、光量子束密度がマハタの成長に影響を与える可能性が示唆された。

# ブリ種苗生産技術の向上を目指したL型ワムシの連続培養技術の開発

(若手研究員研究力向上対策事業)

高田 雅記

## 目的

ブリ種苗生産の現場では、一般的に初期餌料にL型ワムシが使用されているが、当センターではS型ワムシを使用している。これにより、ブリ種苗の初期成長の遅れ等の問題が発生している。そこで、当センターでL型ワムシを培養しブリに給餌することでこの問題の解決を目指している。しかし、水産研究センターでのワムシ培養は、高密度連続培養で行われており、この培養方法は、水質の悪化が激しく水質悪化に弱いL型ワムシとの相性が悪い。そこで本試験では、餌料にナンノクロロプシスを導入してすることで水質悪化の緩和を目指し、L型ワムシを高密度連続培養方式で安定して培養させ、ブリ種苗生産にL型ワムシを導入できる水準で培養することを目的とした。

## 方法

### 1 試供ワムシおよび培養方法

いわゆるL型ワムシを使用した。株については、奄美株だと推定される。

培養方法は、高密度連続培養方式とし、1kLのアルテミアふ化槽4を使用して行われた。培養は、60%海水を使用し、培養水量を1kL、定量ポンプによる注水を600L/日、ヒーターにより26度に加温して行われた。また、給餌は定量ポンプを使用し点滴で給餌され、給餌量は、対照区で生クロレラ（クロレラ工業）を6L、実験区では、生クロレラを3.5L、濃縮ナンノクロロプシス（クロレラ工業）を1.5L毎日給餌した。

### 2 測定項目

培養槽のワムシを毎日サンプリングし、ワムシの個体密度、携卵率を記録し比較した。また、収穫槽における収穫量についても比較した。

### 3 栄養強化

生クロレラ、ナンノ混合給餌区で培養されたL型ワムシ及び高密度連続培養方式で培養されたS型ワムシに栄養強化を行い、脂肪酸分析を行い比較することでL型ワムシに餌料価値があるかどうかを比較した。栄養強化は、冷凍ナンノクロロプシス7時間、バイオクロミスを6時間かけて取り込ませて行われた。ワムシの強化剤濃度は、バイオクロミス：9.5g/1億個体、冷凍ナンノクロロプシス：80g/1億個体で行われた。

## 結果及び考察

### 1 培養状態

生クロレラ給餌区と生クロレラ、ナンノ混合給餌区それぞれの培養結果を図1及び2に示す。生クロレラ給餌区では、個体数が1-9日まで個体数が20億程で推移したが10日以降に10億前後まで半減する不安定な培養だった。また、個体数が低下する前に携卵率の低下も発生しており、個体数が半減する9日目には携卵率が0%になった。なお、携卵率が低下した際には、離卵を多く確認した。一方生クロレラ、ナンノ混合給餌区では、25日間にわたって個体数が15億前後を安定して推移し、携卵率においても30-65%を安定して推移した。

図1 生クロレラ給餌区の個体数及び携卵

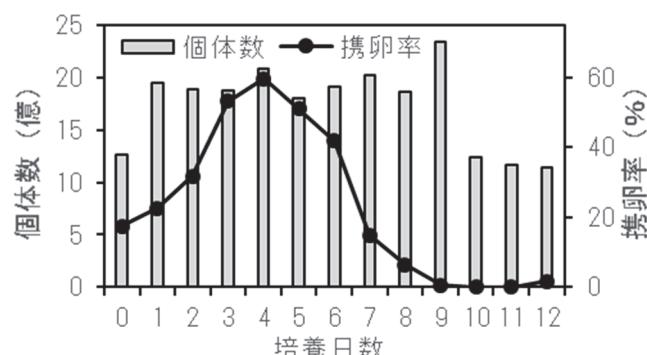
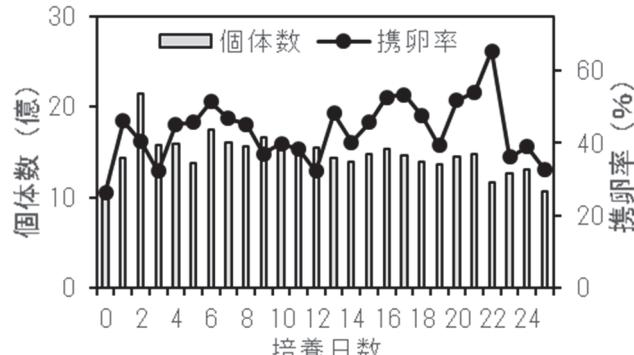


図2 生クロレラ、ナンノ給餌区の個体数及び携卵率



## 2 収穫量

生クロレラ給餌区と生クロレラ、ナンノ混合給餌区それぞれの収穫量の結果を図3及び4に示す。生クロレラ給餌区においては、3-9日目まで12.3-15.6億個体の収穫を維持したが10日齢以降は減少し12日目には収穫量が4.6億個体まで低下した。一方生クロレラ、ナンノ混合給餌区では3-25日目にわたって8-11.7億個体の収穫が安定して行われた。ブリは6万尾の生産目標を掲げておりこれを達成するためには、L型ワムシを20日間にわたって7億個体ほど収穫する必要があると推定される。生クロレラ給餌区では、11及び12日目に収穫量が7億個体を下回ったが、生クロレラ、ナンノ混合給餌区では、21日間にわたって下回ることがなかった。このことから、ナンノ混合給餌すればブリ種苗生産に必要なワムシの生産が可能であることが推定された。

図3 生クロレラ給餌区の個体数及び収穫量

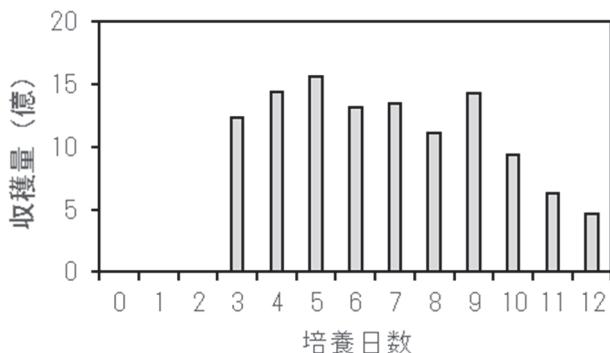
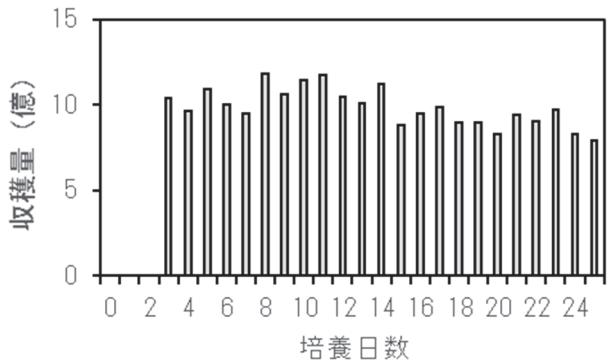


図4 生クロレラ、ナンノ給餌区の個体数及び収穫量

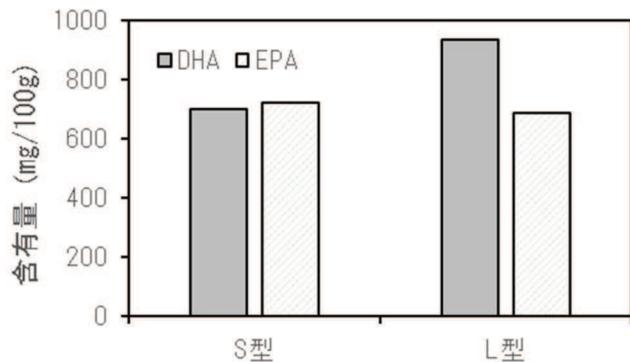


## 2 栄養強化

S型及びL型の脂肪酸分析の結果を図5に示す。

S型ではDHAが700mg/100g、EPAが719mg/100gとなり、L型ではDHAが932mg/100g、EPAが685mg/100gとなった。L型ワムシの強化量は、EPAについては同程度、DHAについてはS型ワムシよりも多かった。このことからL型ワムシでも十分な栄養強化ができることが、確認された。

図5 S型ワムシ及びL型ワムシの影響強化量



## 総括

本試験では、生クロレラ及びナンノクロロプシスを混合給餌することで、L型ワムシを高密度連続培養で安定して培養することができた。また、収穫量についてもブリの出荷目標に対して必要な量が安定して収穫できたことも確認された。また、栄養強化についてもS型と同等以上の強化量が確認された。このことから、L型ワムシをブリの生産に使用することが技術的に可能になったと思われる。しかし、本試験でL型ワムシの培養が成功した要因については厳密に特定できていない。想定される要因としては、ナンノクロロプシスの栄養価による影響、ナンノクロロプシスによるアンモニアの同化による水質改善及び生クロレラの使用量が減ったことによる水質悪化の抑制などが考えられる。今後は、更に効率よく安定した培養を行うために、これらの要因について究明していく必要があると考える。