

# 增 養 殖 関 係

增  
養  
殖

# 種苗生産技術開発研究（ブリ）

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一・莖田 峻希

## 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、人工種苗はほとんど用いられていない。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飼育管理が可能となり、トータルでトレーサビリティを確保できる。また、天然資源を用いていないため、資源管理の実践をより海外の消費者へアピールすることが可能となる。よって、ブリ養殖に人工種苗を導入することにより、海外への輸出拡大の一助になると考えられる。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 採卵、卵およびふ化仔魚管理

親魚には、当センターで平成27年度に生産したブリ10尾および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ブリ19尾を用いた。親魚は平成30年11月12日に100kL水槽に陸上げし、9日間の馴致をおこなった後、長日処理（15:00～21:00 照明）および水温を19℃に調整して催熟を開始した。

平成31年1月22日に雌親魚（平均魚体重9.00kg）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、11尾にLHRHaを2mgずつ打注した。1月24日に雌親魚7尾から採卵、雄親魚6尾から採精し、人工授精をおこなった。受精卵は卵管理ネットで管理し、1月26日に卵管理ネットから浮上卵のみを分離し、225,000粒を角型水槽（水量8.6kL）1面（L3）に直接収容した。また、945,000粒を500Lアルテミアふ化槽2面に収容してふ化させ、日齢1で角型水槽（水量8.6kL）4面（L1, 2, 4, 5）および円型水槽（水量15kL）1面（15kL①）に収容し、1回次の種苗生産試験を実施した。

2回次の生産には、国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所五島庁舎で採卵された受精卵を、500Lアルテミアふ化槽に収容してふ化させ、L4およびL5に収容し、種苗生産試験を実施した。

### 2 種苗生産

#### (1) 生産方法

1回次および2回次の生産は以下のようにおこなった。収容から開口（日齢3）までは仔魚の沈降死を防止するために強通気とし、開口からは仔魚の摂餌と開鰓を妨げないように弱通気とした。飼育水温は20.0℃から開始し、取りあげまでに22.0℃へ加温した。日齢3からタウリンおよびスーパー生クロレラV12（クロ

レラ工業株式会社製）で15時間、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5～10個体/mlとなるように給餌した。日齢21からはバイオクロミスで4時間栄養強化したアルテミアを1日に10～1,000万個体給餌した。日齢30からは配合飼料を給餌した。配合飼料には、アンブローズ（フィード・ワン株式会社製）およびおとひめ（日清丸紅飼料株式会社製）を用いた。日齢3から日齢16まで、開鰓を促すため油膜取り器を設置した。1回次の生産では、L1およびL2は日齢37で、15kL①は日齢39で、共食い防止を目的として2.5mmスリットによる選別をおこない、稚魚を取りあげた。

#### (2) 測定項目

1回次と2回次のふ化計数は、日齢1でおこなった。1回次は日齢10で夜間計数をおこない、日齢10における生残率を算出した。L1およびL2は取りあげ時に実数計数をし、15kL①は最終的な生残尾数から累計死魚尾数を差し引いて、取りあげ尾数を算出した。

1回次は日齢3～9まで各水槽10～20個体ずつ仔魚のサンプリングをおこなった。サンプリングした仔魚は摂餌率、開鰓率および平均全長を求めた。L1～L5の各測定値を平均して角型水槽の値とし、円型水槽（15kL①）の値と比較した。摂餌率は、仔魚をスライドガラスに移して押しつぶした後、生物顕微鏡下で消化管中のワムシ咀嚼器の有無を確認し、ワムシ咀嚼器が確認できた個体数を測定尾数で割った値とした。また同時に、鰓内のガスの有無を確認し、ガスが確認できた個体数を測定尾数で割った値を開鰓率とした。平均全長は万能投影機で測定した。開鰓率および平均全長は日齢4～9まで求めた。また、日齢9以降、L1、L2および15kL①は2～5日ごとに10～20尾ずつサンプリングし、日齢29まで平均全長を求めた。L2は日齢29での生残尾数が少なかったため、サンプリングを中止した。

## 結 果

### 1 採卵

卵巣卵の平均卵径が634～728 $\mu$ mの雌親魚から採卵した。7尾から採卵し、合計168万粒の浮上卵を得た。平均卵径と浮上卵数の関係を図1に示した。卵巣卵径が大きい個体は得られる浮上卵数も多い傾向があった。卵巣卵径が700 $\mu$ m以上の親魚から採卵すると、4個体中3個体から、1個体あたり30万粒以上の浮上卵が得られた。

## 2 種苗生産

### (1) 生産結果

日齢1にふ化計数をおこなった結果、L1が141,000尾、L2が138,000尾、L3が165,000尾、L4が102,000尾、L5が91,000尾、15kL①が246,000尾であった。

日齢10でおこなった夜間計数の結果、角型水槽での生残率は、1.7%~13.0%であったのに対し、円型水槽の生残率は63.6%と高い値を示した。L1、2は日齢37で2.5mmスリットによる選別をおこない、L1は1,550尾(平均全長17.8mm)、L2は300尾を取りあげた。取りあげ時の生残率はL1が1.10%であり、L2が0.22%であった。15kL①は日齢39で2.5mmスリットによる選別をおこない、9,200尾(平均全長22.6mm)を取りあげた。取りあげ時の生残率は3.70%であった。

2回次の生産では、L4は日齢23、L5は日齢11で生残魚がほとんどいなくなったため、生産を中止した(表1)。

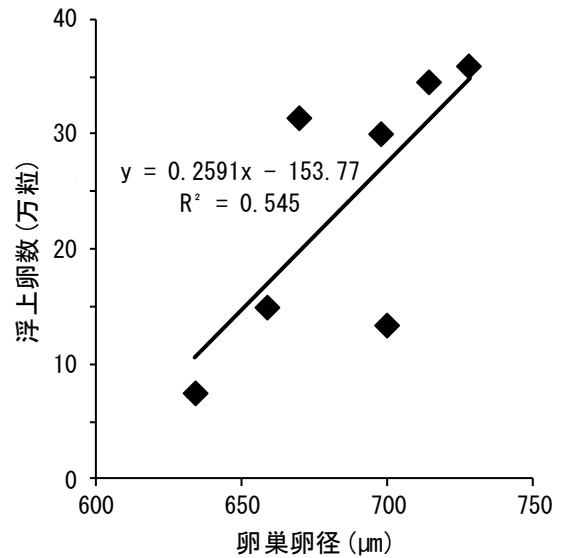


図1 卵巣卵径と浮上卵の関係

表1 生産結果

生産回次	水槽No.	ふ化計数		夜間計数			取りあげ			
		月日	尾数(尾)	日齢	尾数(尾)	生残率(%)	日齢	尾数(尾)	全長(mm)	生残率(%)
1回次	L1	1/28	141,000	10	18,400	13.0	37	1,550	17.8	1.10
	L2		138,000		7,800	5.7		300	-	0.22
	L3		165,000		2,800	1.7		日齢25で中止		
	L4		102,000		2,900	2.8		日齢11で中止		
	L5		91,000		2,900	3.2		日齢11で中止		
	15kL①		246,000		156,500	63.6	39	9,200	22.6	3.70
2回次	L4	2/18	84,000		-			日齢23で中止		
	L5		95,000		-		日齢11で中止			

### (2) 測定項目

摂餌率の推移を図2に示す。角型水槽では、日齢3で52%であり、それ以降は緩やかに上昇し、日齢9で100%に達した。円型水槽では、日齢3で80%であり、日齢4で100%に達した。開鰓率の推移を図3に示す。角型水槽では、日齢4で0%、日齢9で16%にとどまった。円型水槽では、日齢4で69%、日齢9で100%に達した。日齢4~9までの平均全長の推移を図4に示す。日齢9での平均全長は、角型水槽が4.67mm、円型水槽が5.11mmであった。L1、L2および15kL①における、日齢9~29までの平均全長の推移を図5に示す。15kL①水槽では、餌料がワムシからアルテミアへと切り替わる日齢21からの成長率が高くなり、日齢26で10.48mm、日齢29で11.91mmであった。L1は日齢26で9.67mmであり、日齢29で9.54mmであった。L2は日齢26で8.71mmであった。

### 考 察

今回の種苗生産試験の結果、角型水槽では、摂餌率、開鰓率、成長および生残率の全てにおいて、円型水槽よりも低い値を示した。角型水槽では、飼育初期にお

けるワムシ摂餌率および開鰓率が低かったため、飼育初期で大量減耗が起き、最終的な生残率が低くなったと考えられた。マハタの種苗生産において、通気量が強すぎると、仔魚のワムシ摂餌数が低下することが報告されている<sup>1)</sup>。角型水槽では、通気量が時間の経過とともに自動的に変化するという事態が頻繁に起きていたため、水槽内の流速が過大となり、遊泳能力の低い仔魚がワムシをうまく摂餌できなかった可能性があると考えられた。角型水槽では、ワムシをうまく摂餌できず、円型水槽よりも低成長であったと考えられた。また、通気量が強すぎると、鰓の開腔にも影響を及ぼす<sup>2)</sup>。角型水槽での低い開鰓率も、エアの通気量が時間の経過とともに自動的に変化することで、水槽内の流速が過大となり引き起こされた可能性が考えられた。

今回の種苗生産試験によって、ブリ種苗生産における初期飼育の重要性が再確認された。特に飼育初期において、水槽内の流速が最適となるような条件を、水槽の形状ごとに調べることで、ブリ仔魚の成長および生残率を向上できる可能性があると考えられた。

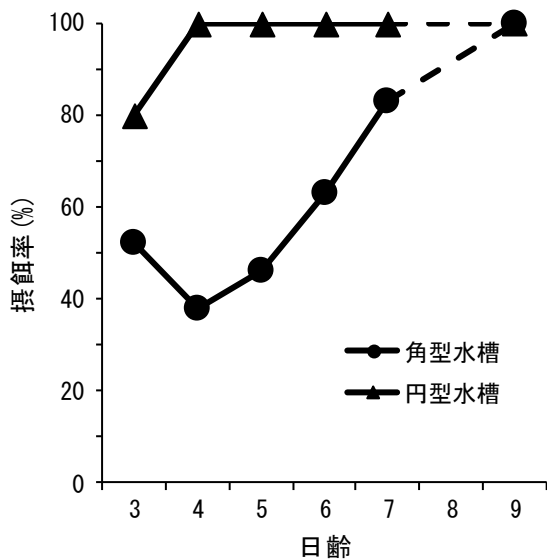


図2 摂餌率の推移

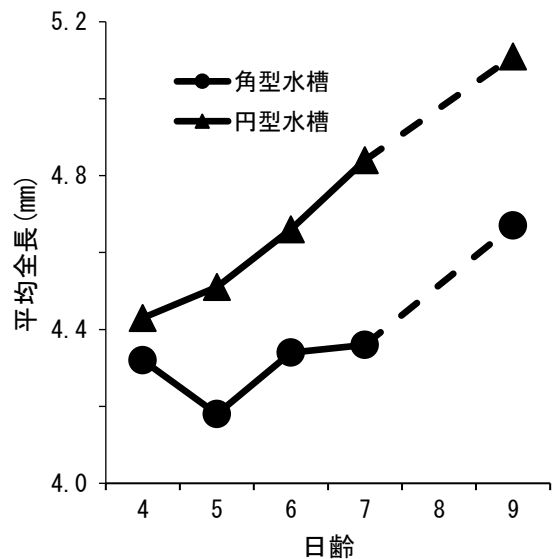


図4 日齢4～9までの平均全長の推移

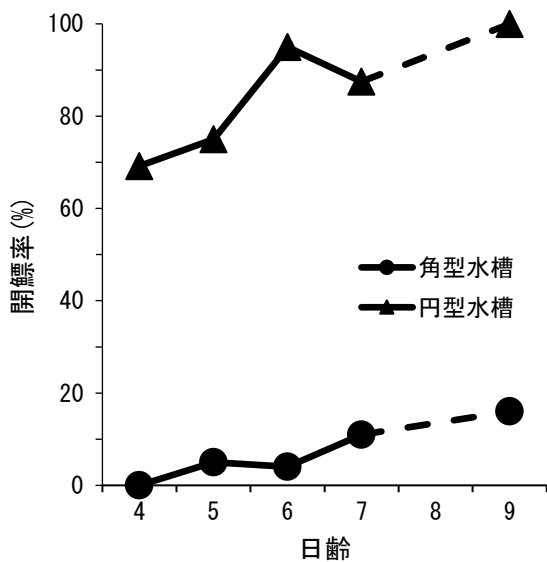


図3 開鰓率の推移

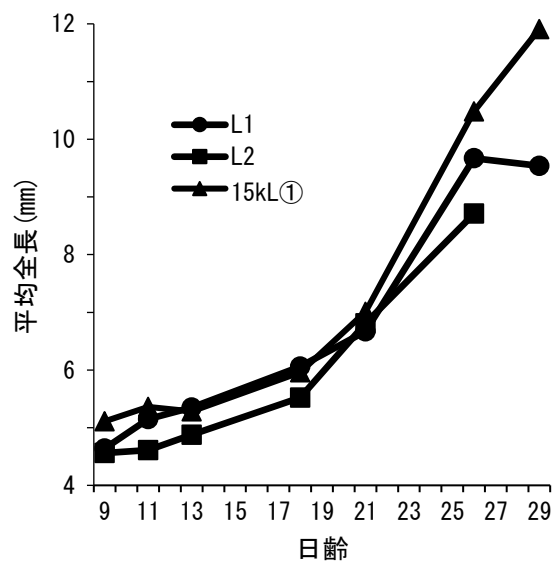


図5 日齢9～29までの平均全長の推移

参考文献

- 1) 塩谷茂明・赤澤敦司・阪倉良孝・中田久・荒川敏久・萩原篤志. 仔魚飼育水槽内の流場の計測：マハタ飼育水槽の検討例 水産工学 Fisheries Engineering Vol. 39 No. 3, 205-212, 2003
- 2) 辻将治 . 人工孵化マハタの形態異常低減に関する研究 近畿大学, 2015, 博士論文



# 伊予の媛貴海養殖安定化技術開発

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一・莖田 峻希・水野 かおり・  
石井 佑治・川上 秀昌・松原 孝博\*・後藤 理恵\*・斎藤 大樹\*

## 目 的

本県海面養殖業生産額の 3 割を占めるブリ類養殖（ブリ、カンパチ等）は、長引く出荷価格の低迷および飼料用魚粉、燃油、漁業資材等の高騰により、多数の養殖業者が経営不振に陥っており、採算性の高い魚種への迅速な転換が求められている。

当センターでは、クロマグロと同等以上の食味を示し、ブリ類養殖施設をそのまま使用できるスマの生産技術開発試験を平成 25 年度から平成 28 年度まで実施し、スマの養殖生産に係る親魚養成、採卵、種苗生産、養殖といった一連の工程における基礎的知見の蓄積ならびに実証がなされ、実用化の目途が得られた。

しかしながら、本種の養殖技術に関し、種苗量産、養殖導入初期の生残、育成用飼料、疾病対策および出荷手法など多くの課題を残しており、今後、産業に定着させるにはこれらの課題解決が早急に必要である。そこで、これらの課題の解決を目的に、本年度は以下の試験を実施した。出荷技術の開発については、国立大学法人愛媛大学南予水産研究センターに試験を委託し実施した。

## 方 法

### 1 種苗量産技術高度化試験

下記 3 養殖実証試験 (1) 早期種苗量産の 1 ラウンド (1R) において生産中の日齢 14 のスマを網で掬って 8.6kL 角型水槽 (L2) に移槽した。移槽した翌日から L2 に自動給餌器を 2 台設置して、配合飼料(おとひめ、鮪心：日清丸紅飼料株式会社製、アンブローズ、マグロ GF：フィード・ワン株式会社製) を日中 8 時間給餌した。毎日 1 回底掃除によって死亡魚を回収し、死亡尾数を数えた。

### 2 養殖用飼料開発試験

平均魚体重 145g のスマを 5m×5m×5m の海面生簀 6 面に 15～16 尾ずつ収容して各試験区を設けた。各試験区はスマ試験用 EP を用いた区、市販のブリ EP を用いた区およびイカナゴを用いた対照区をそれぞれ 2 面ずつ設け、1 日 3 回飽食給餌し、32 日間飼育した。試験終了時に全供試魚をサンプリングし、測定した。給餌量から滝井ら (2018) の方法を用いて、各区の消化速度を推定した。また、各飼餌料と魚体の一般成分を定法に従い分析した。

### 3 養殖実証試験

#### (1) 早期種苗量産

早期種苗量産として、4月24日から円型水槽 (G1:水量100kL) にスマ受精卵212,000粒を収容し、種苗生産をおこなった (1R)。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、バイオクロミス (クロレラ工業株式会社製) および冷凍ナンノ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6または7から餌料仔魚としてマダイふ化仔魚を、日齢14から別の水槽で成長させたマダイ仔魚を給餌した。日齢16で取揚げ、比色法で計数した後、活魚選別器で選別し中間育成をおこなった。

#### (2) 通常期種苗量産

通常期種苗量産として、6月22日から角型水槽 (C3,4:水量50kL) にスマ受精卵各70,000粒を収容し、種苗生産を行った (2R)。さらに、7月1日から角型水槽 (C5:水量50kL) にスマ受精卵70,000粒を収容し、種苗生産をおこなった (3R)。飼育水温は24.0～26.0℃に設定した。

日齢2から1Rと同様の方法で栄養強化をしたS型ワムシを給餌した。日齢7または8から餌料仔魚としてインダイふ化仔魚とイサキふ化仔魚を、日齢15から別の水槽で成長させたインダイ仔魚を給餌した。C3は日齢17で取揚げ、比色法で計数した後、活魚選別器で選別し中間育成をおこなった。日齢30で養殖業者に配布し、下記 (3) の養殖試験を実施した。C4およびC5は日齢15または16で生産を中止した。

#### (3) 平成 30 年度生産種苗の養殖試験

5月7日にスマ育種完全養殖システム開発事業で生産した種苗 20,000 尾を A 社に配布した。7月22日に 2R の種苗 5,200 尾を B 社に配布した。また、7月27日に A 社に配布した種苗を B 社へ輸送した。給餌回数や給餌量は、各社が決定した。魚体重は、水中ステレオカメラを用いて尾叉長を測定し、これまでの測定結果から求めたスマの尾叉長と魚体重のアロメトリー式から算出した。

#### (4) 平成 29 年度生産種苗の養殖試験 (平成 29 年度から継続)

平成 29 年 5 月から県内の養殖業者の生簀で実施中の飼育試験を継続した。飼育期間は出荷終了までとした。

### 4 魚病対策試験

#### (1) 種苗生産中に発生した疾病の検査

5月18日(日齢24)から種苗量産中のG水槽で遊

泳異常およびへい死がみられたため、5月19日および24日にサンプルを採取し、細菌検査、ウイルス検査および病理組織の観察をおこなった。細菌検査では、トリプトソーヤ寒天培地およびTCBS培地を用い腎臓および脳から菌分離をおこなった。ウイルス検査では、死亡魚の臓器（脾臓、肝臓および脳）からTrizolを用いてRNAを抽出し、既知のウイルス性疾患（ビルナウイルス感染症、ウイルス性神経壊死症）のPCR検査を実施した。また、死亡魚を用いた感染実験を次の方法でおこなった。死亡魚の臓器（胃を除く）の摩砕液上清（遠心分離3,000rpm、15分の上清）を0.45 $\mu$ mフィルターでろ過し、平均体重9.9gのスマの腹腔内に、1尾あたり0.1mL接種した。その後15日間観察をおこなった。

病理組織の観察では、病魚5個体をダビットソン固定液で固定し、パラフィン包埋し3 $\mu$ m厚の切片を作製し、それぞれヘマトキシリン・エオシン染色を施し観察した。

## (2) G水槽で発生した疾病の再現試験

(1)の結果から、G水槽で発生した疾病の原因として餌料の影響が考えられたため、イカナゴと配合飼料の給餌比較試験をおこなった。供試魚には配合飼料のみで飼育していた日齢30のスマ（平均体重4.6g）を用いた。試験区は、イカナゴ給餌区および配合飼料給餌区の2区を設定し、イカナゴ給餌区には、種苗生産中の使用状況を再現するため、冷凍イカナゴを5mm角程度に細かく切り水洗い後一晩冷蔵庫で保存したものを給餌した。配合飼料給餌区には、マグロ用配合飼料（アンブロシアM、フィードワン株式会社製）を給餌した。飼育水温は20.8~26.5 $^{\circ}$ Cで、1kL水槽に1区あたり66尾を收容し、12日間飼育した。試験開始10日後にサンプリングをおこない、両区の組織観察をおこなった。また、試験に用いたイカナゴおよび配合飼料について、成分分析をおこなった。

## 5 出荷技術の開発（愛媛大学委託）

スマの出荷に関する現行の船上作業方法は、1) 釣りによる捕獲、2) 鰓大動脈切断による脱血、3) 頸部脊椎骨及び脊髄の切断、4) 氷温希釈海水による冷やし込みにより構成される。同方法は出荷規模の小さい時期に考案したものであり、今後の出荷尾数の増大に対応した方法へと改善する必要がある。

そこで、今年度は、1) に関して海面生簀の1面に網に代わる低摩擦素材を装着し、取り上げを想定した実証試験をおこない、改良点を検討した。

## 結果および考察

### 1 種苗量産技術高度化試験

日齢14でL2に移槽した時点の全長は22.5mmであった。目視観察では、配合飼料を給餌した日（日齢14）から摂餌する個体が確認でき、日齢17にはほぼ全個

体が配合飼料に餌付いた。死亡尾数の推移を図1に示した。移槽した日から日齢16までは死亡尾数が多かったが、配合飼料に餌付いた日齢17からは大幅に減少した。日齢42で約700尾が尾叉長96.0mm、体重8.02gまで成長した。以上の結果から、全長22.5mmから配合飼料に餌付き成長することが明らかになった。

今回の試験では、L2に移槽した尾数を計数していない。そこで、共食いで飲み込まれた個体数を無視することにはなるが、計数した生残魚の尾数と死亡尾数からL2への收容尾数を推定すると4,911尾となり、死亡率は79.3%と高かった。量産水槽から移槽する際に網で掬ったことによるダメージで死亡した個体も多いと考えられるが、今後は死亡率が低く抑えられる餌付けの時期、方法および配合飼料の種類を検討する必要がある。

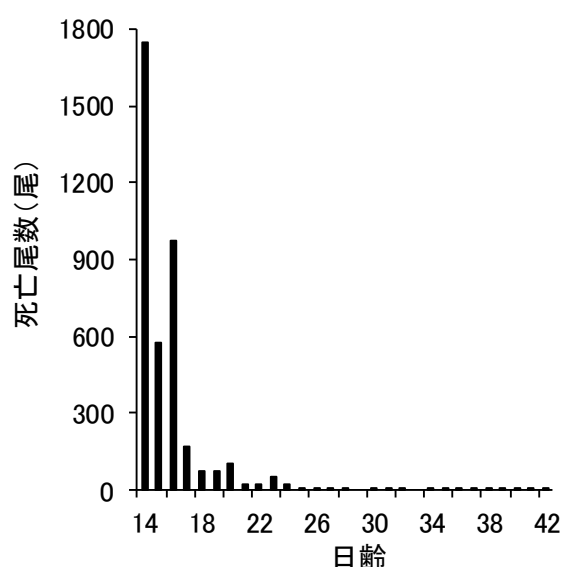


図1 死亡尾数の推移

### 2 養殖用飼料開発試験

飼育期間中の水温は20.5~26.1 $^{\circ}$ Cであった。スマEPはブリEPよりも粗タンパク質と粗脂肪が多い傾向がみられた(表1)。試験終了時の生残率はスマEP区が74%、ブリEP区が80%、対照区が67%であった。また、試験終了時の平均魚体重はスマEP区が278g、ブリEP区が202g、対照区が411gであった。肥満度においてスマEP区は1.96、ブリEP区は1.71、対照区が2.12であった(表2)。魚体成分において、スマEP区の粗脂肪量はブリEP区よりも多かった(表3)。推定した消化速度はスマEP区が6.21%、ブリEP区が5.88%、対照区は7.79%であった。本試験の結果から、スマEP区の成長はブリEP区よりも優れており、魚体の状態も良い傾向がみられた。また、スマEP区はブリEP区よりも消化速度が早い傾向がみられた。これらのことから、スマ試験用EPは対照区のイカナゴには及ばないもののブリEPより高成長、高栄養、高消化性であることが明らかとなった。今後は、原料を調節したスマ試験用EPを用いた成長比較試験

に取り組むことにより、消化性が良く成長の良いスマ用EP飼料を開発していく。

表1 各飼餌料の一般組成の乾物換算値

	使用飼料		
	スマEP	ブリEP	イカナゴ
粗タンパク (%)	58.5	53.7	66.1
粗脂肪 (%)	22.2	17.5	22.6
粗糖質 (%)	12.1	18.5	4.5
粗灰分 (%)	7.2	11.8	12.4

表2 各試験区における飼育成績の結果

	試験区		
	スマEP	ブリEP	イカナゴ
生残率 (%)	74.2 ±0.8	80.0 ±20.0	66.7 ±6.7
魚体重 (g)	277.7 <sup>b</sup> ±3.8	202.3 <sup>c</sup> ±14.6	411.0 <sup>a</sup> ±2.1
肥満度	1.96 <sup>b</sup> ±0.02	1.71 <sup>c</sup> ±0.01	2.12 <sup>a</sup> ±0.00
瞬間成長率 (%)	2.10 <sup>b</sup> ±0.09	1.07 <sup>c</sup> ±0.23	3.36 <sup>a</sup> ±0.02
消化速度 (%)	6.21 ±0.06	5.88 <sup>b</sup> ±0.40	7.79 <sup>a</sup> ±0.02
乾物換算 日間摂餌率 (%)	3.82 ±0.11	2.89 ±0.44	4.80 ±0.16
乾物換算 増肉係数	2.14 ±0.09	3.43 ±0.83	1.71 ±0.34

平均値±SE (n=2)

異なるアルファベット間で有意差有り (P<0.05)

表3 各試験区における魚体成分

	スマEP	ブリEP	イカナゴ
水分 (%)	69.4	72.1	67.5
粗タンパク (%)	19.1	19.5	20.5
粗脂肪 (%)	4.1	1.4	5.8
粗糖質 (%)	0.6	1.1	0.7
粗灰分 (%)	1.7	1.5	1.7

表4 種苗生産試験結果

生産 回次	水槽 No.	収容				取り揚げ			
		月日	卵数 (粒)	ふ化仔魚数 (尾)	ふ化率 (%)	日齢	尾数 (尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
1R	G1	4/24	212,000	145,000	68.4	16	38,250	27.2	26.4
2R	C3	6/22	70,000	57,000	81.4	17	11,750	23.6	20.6
	C4		70,000	41,000	58.6		日齢15で生産中止		
3R	C5	7/1	70,000	85,000	121.4		日齢16で生産中止		

### 3 養殖実証試験

#### (1) 早期種苗量産

1Rは日齢16(全長27.2mm)で38,250尾を取揚げた(表4)。日齢24から遊泳異常魚が見え始め、日齢40(全長116mm)まで断続的に大量死したため、種苗の配布ができなかった。

#### (2) 通常期種苗量産

2Rは日齢17(全長23.6mm)で11,750尾を取揚げた(表4)。日齢26(尾叉長68mm)で陸上水槽から海面生簀に5,800尾を沖出しした。日齢30(尾叉長84mm)で5,200尾を養殖業者(B社)に配布した。

#### (3) 平成30年度生産種苗の養殖試験

測定結果を表5に示した。A社では5月16日までに約18,000尾のへい死が確認され、飼育尾数が少なくなったため、7月27日に生残魚(尾叉長300mm、体重421g)をB社に輸送した。大量死のへい死の原因として、栄養性疾病が考えられた。

12月の魚体重は、早期種苗が1,975g、通常期種苗が1,034gであった。早期種苗は通常期種苗と比較して約2倍であり、早期種苗の有効性が改めて確認された。

#### (4) 平成29年度生産種苗の養殖試験

出荷期間は平成29年11月から平成31年2月であった。昨年度からの出荷尾数の合計は約5,400尾であり、平均魚体重は2,190gであった。ブランド魚である伊予の媛貴海の割合は20.2%であった。伊予の媛貴海の割合を増加させるためには、6月よりも早い時期に養殖業者に配布して養殖を開始することが必要であると考えられた。

表 5 養殖実証試験における測定結果

測定日	測定方法	尾叉長(mm)		体重(g)		肥満度	
		早期	通常期	早期	通常期	早期	通常期
5/7	サンプリング	50	-	1.3	-	10.4	-
7/22	サンプリング		84		4.4		7.4
7/27	死亡魚実測	300	-	421	-	15.6	-
9/10	カメラ	389	273	1,288	395	21.9	19.4
12/8	カメラ	441	364	1,975	1,034	23.0	21.4

#### 4 魚病対策試験

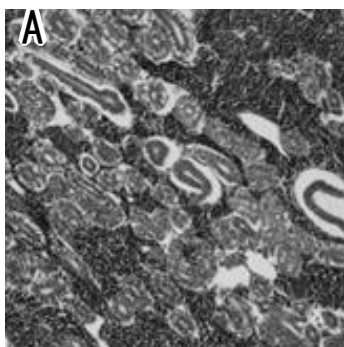
##### (1) 種苗生産中に発生した疾病の検査

G 水槽でみられた大量へい死の状況は、平成 29 年度にみられたものと同様にヒラヒラと遊泳する異常遊泳がみられた。平成 29 年度には昇温により死亡が減少したことから、飼育水温を 22℃から 24℃まで段階的に上昇させたが死亡は止まらなかった。その後約 2 週間死亡が続き、累積死亡率は約 85%となった。

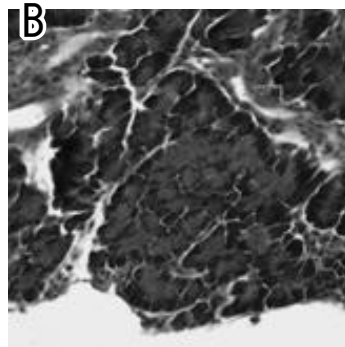
病魚の腎臓から菌分離をおこなったが、疾病の原因となる細菌は分離されなかった。病魚から抽出した RNA を用い、ビルナウイルス感染症およびウイルス性神経壊死症の PCR 検査を実施したが、いずれも陰性であった。また、死亡魚臓器の摩砕液上清を用い攻撃試験をおこなったが、試験区と対照区の死亡率に違いは

みられず、感染は成立しなかった。これらの結果から、細菌性およびウイルス性の疾病の可能性は低いと考えられた。

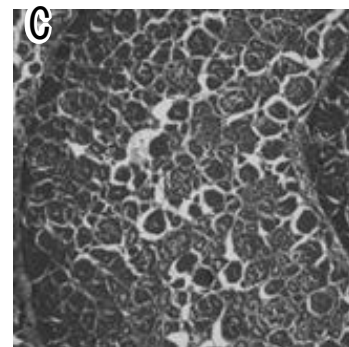
次に、病理組織観察では、腎臓では尿細管上皮の空胞化や尿細管の基底膜から剥離がみられた(図 2-A)。脾臓での脾細胞の空胞変性はみられなかった(図 2-B)。観察した 5 個体すべてに共通して、筋原繊維の壊死・変性が多く観察され、それらの周りには炎症性の細胞の出現は少なかった(図 3-C)。炎症性細胞を伴わない筋原線維の壊死および変性の場合、細菌性やウイルス性によるものは非常に稀であることから、今回の死亡原因は、栄養性によるものと考えられた(栄養性ミオパチー)。



**A**  
腎臓  
尿細管上皮の空胞変性、尿細管の基底膜からの剥離がみられる。  
200倍、HE染色



**B**  
脾臓  
脾細胞での空胞変性はみられなかった  
400倍、HE染色



**C**  
骨格筋  
筋原線維の壊死・変性はみられるが、炎症性細胞の出現は少ない。  
200倍、HE染色

図 2 病理組織写真

##### (2) G 水槽で発生した疾病の再現試験

試験開始 5 日後以降両区の死亡率には違いがみられ 12 日後の累積死亡率は、配合飼料給餌区では 27.5%であったのに対し、イカナゴ給餌区では 94%と有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ ) (図 3)。両区の平均体重は、試験開始 5 日後までは違いはみられなかったが、試験開

始 10 日後には、イカナゴ給餌区では 10.1g なのに対し、配合飼料給餌区では 11.2g と、イカナゴ給餌区が有意に低い値 ( $p < 0.05$ ) を示した (図 4)。試験開始 10 日後にサンプリングをおこない両区の組織観察をしたところ、イカナゴ給餌区において筋原繊維の壊死および変性が 5 尾中 4 尾でみられた (図 5-B)。一方、配合

飼料給餌区の筋原線維の異常は認められなかった。(図5-A)

試験に用いたイカナゴおよび配合飼料の分析結果を表6に示した。イカナゴは洗浄することによって一部の成分が流出し、灰分、粗脂肪、総アスコルビン酸および抽出油の過酸化値が減少した。

G水槽での死亡魚および本試験の試験魚の病理組織学的観察では、同様の筋原線維の壊死および変性が観察された。また、細菌検査およびウイルス検査では陰性であり、感染実験も成立していないことから、死亡原因は、栄養性ミオパチーであると判断した。スマの栄養要求に関する知見はないが、窪田ら(1980)<sup>2)</sup>によるとブリ等でみられる栄養性ミオパチーは、変敗脂質の中毒的な作用とビタミンE欠乏が原因と報告されている。表6に示すとおり配合飼料には多量のビタミンEが添加されており、イカナゴに比べて総トコフェロ

ール(ビタミンE)値が高い。このため、配合飼料給餌区のスマでは、筋原線維の壊死および変性の症状による死亡がみられず、イカナゴ給餌区では、給餌したイカナゴのビタミンE量が十分でなかったため、栄養性ミオパチーを発症し死亡したと考えられる。また、抽出油の過酸化値は、配合飼料に比べてイカナゴで高い値を示した。当初は、イカナゴを洗浄・冷蔵庫保管することで脂質の変敗が進むことが影響していることを考えていたが、洗浄・冷蔵庫保管したイカナゴは、何もしなかったイカナゴに比べて低い過酸化値を示し、洗浄・冷蔵庫保管が変敗脂質の増大に与える影響はみられなかった。これらのことから、イカナゴの単独給餌に何らかの問題があることが推察された。したがって、来年度以降は、スマ稚魚期の給餌には、マグロ用配合飼料とイカナゴを併用することが、大量死を防ぐ方法の一つであると考えられた。

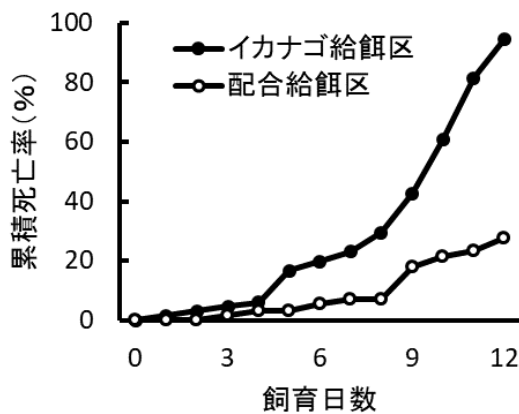


図3 再現試験の累積死亡率

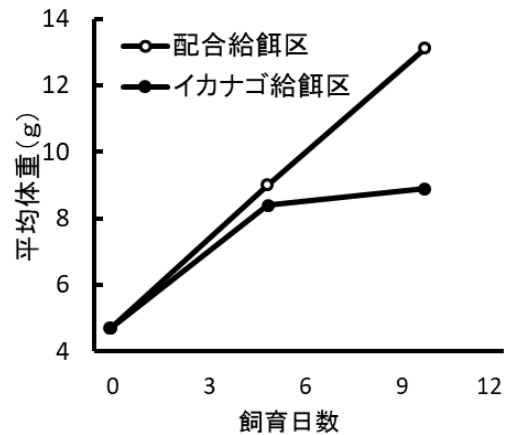
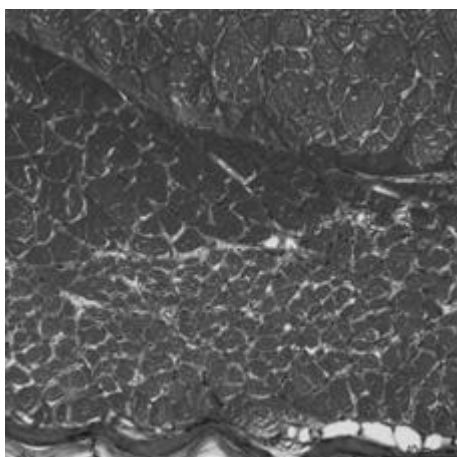
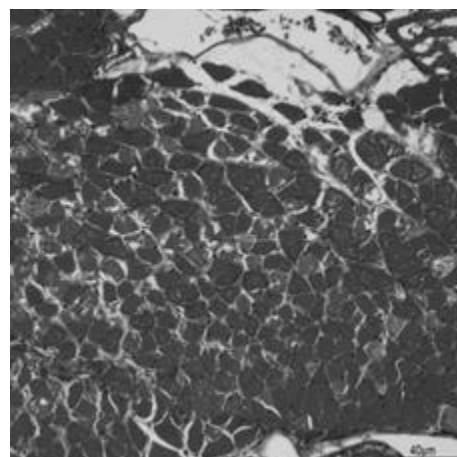


図4 再現試験の平均魚体重の推移



配合飼料給餌区の正常な筋肉。  
200倍、HE染色



イカナゴ給餌区の異常(ミオパチー)がみられた筋肉。  
200倍、HE染色

図5 病理組織写真

表6 イカナゴおよび配合飼料の分析結果

		イカナゴ	イカナゴ(洗浄)	イカナゴ(洗浄+冷蔵 庫24時間保存)	配合飼料
灰分	(%)	11.6	8.8	9.1	8.5
粗タンパク質	(%)	68.5	77.6	77.6	62.3
粗脂肪	(%)	14.9	8.6	8.4	22.5
総アスコルビン酸	(mg/100g)	16.9	定量下限以下	定量下限以下	未測定
総トコフェロール	(mg/100g)	1.1	1.8	1.2	88.5
抽出油の過酸化価	(meq/kg)	46.1	21.8	27.9	0.2

乾物換算値

総アスコルビン酸の定量下限0.1mg/100g

### 5 出荷技術の開発 (愛媛大学委託)

低摩擦布として壁に用いる新素材シートを試験したが、折れ目が極めて鋭利になり、実用化には不向きであることが判明した。そのため、ブルーシートに穴を穿ったものを用いて試験し、利用可能であることを確認した。しかしながら、同作業は多くの人員を必要とすることから大学保有の親魚候補を陸上水槽に移送するといった作業には適するものの、日常の出荷作業

には大幅な改善が不可避である。そこで、実際の出荷作業を想定し、新たな出荷生簀を考案した(図6)。同生簀は底部を低摩擦布で被覆し、昇降を可能にするためのフレームをもつ。側部フレームと底部中央を持ち上げることでドーナツ状の水槽とし、水ダモによりスマを取り上げる。取り上げ生簀、LED誘導に関しては次年度に試作品を作製し、実証試験をおこなう。

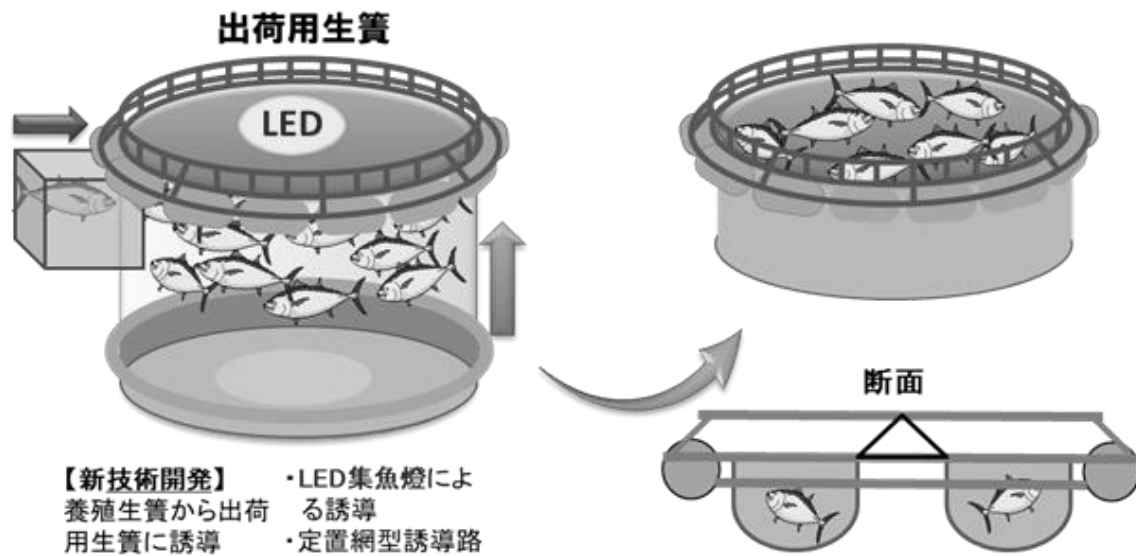


図6 出荷筏のイメージ図

### 参考文献

- 1) 滝井健二・甲斐俊史・布川忠頌・加藤歩実・高桑史明・高岡治・Biswas Amal: クロマグロ若魚における非侵襲的な胃消化速度の推定. 水産増殖 66 (3): 193-198 (2018)
- 2) 窪田三朗・舟橋紀男・伊東真・宮崎照雄: 養殖魚の栄養性ミオパチー症候群に関する研究-I ブリの栄養性ミオパチー. 魚病研究15: 75-80 (1980)

# スマ育種完全養殖システム開発事業

## (革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域プロジェクト))

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一・莖田 峻希

### 目 的

愛媛県の西南部に位置する宇和海沿岸は、日本有数の養殖産地である。しかし、マダイ、ブリに見られる価格の不安定化や赤潮などの問題に加え、人気の高まるクロマグロにおいても人工種苗の不足などから、養殖業の低迷が続いている。そのため、商品価値の高い新たな魚種の養殖、とりわけ新規マグロ類「スマ」を対象として、最新技術水準の完全養殖システムを樹立する。本研究課題は、国立大学法人愛媛大学、鹿児島大学および国立開発法人水産研究・教育機構と共同で実施した。

スマ養殖の産業化のためには種苗の大量生産技術の開発が必須であり、現在、技術上のボトルネックとなっている餌料用魚類孵化仔魚の削減・廃止が必要である。そこで、当センターでは、「1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発」および、種苗量産化技術を最適化するため、「2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化」の2課題を実施した。

### 方 法

#### 1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発

##### (1) 飼育方法

当センターで養成したスマ親魚18尾から得られた受精卵を円型水槽1面（容量100kL）に180,000粒収容した。また、同様に当センターで養成したマダイ親魚100尾から得られた受精卵を角型水槽1面（容量50kL）に280,000粒収容した。飼育水温はスマ仔魚において26°C、マダイ仔魚は24°Cとした。

##### (2) 飼餌料

###### 1) スマ仔魚

S型ワムシを初期餌料とし、日齢2から11まで飼育水中のワムシ密度が5個体/mL、日齢12以降は10~25個体/mLとなるように1日1回給餌した。ワムシの栄養強化は、濃縮淡水クロレラおよびタウリンで18時間、DHA藻類（バイオクロミス、クロレラ工業株式会社製）および冷凍ナンノ（K-2、クロレラ工業株式会社製）で5時間おこなった。また、日齢8から18までマダイ孵化仔魚を卵重量で20g~1,000g給餌した。

###### 2) マダイ仔魚

初期餌料としてS型ワムシを使用した。日齢2から飼育水中のワムシ密度が10個体/mLとなるよう

に給餌を開始した。その後、順次給餌量を増やしていき、最大で100個体/mLになるように給餌した。ワムシの栄養強化はスマ仔魚で給餌したワムシと同様であった。サンプリング時に全長が5mmを超えた場合、翌日から冷凍コペポータ（チャイコペ、太平洋貿易）を朝夕500gずつ給餌した。日齢17からスマの餌料用としてマダイ仔魚を順次取揚げ、日齢19ですべてのマダイ仔魚を取揚げた。

#### (3) 測定項目

##### 1) 仔魚の成長、生残

スマ仔魚の成長を調べるため、日齢1から1日おきに飼育水槽から手網を用いて仔魚を20尾ずつ採集し、仔魚の全長、体高、上顎長を測定した。また、上顎長より代田（1970）<sup>1)</sup>の方法に従って開口角を90°として、口径を算出した。生残尾数は、日齢1と7において塩化ビニルパイプを用いて水槽内10定点より夜間柱状サンプリングをおこない、容積法により推定した。日齢16に取揚げをおこない、比色計数により生残尾数を求めた。

マダイは孵化直後と日齢2から1日おきに各飼育水槽から手網を用いて仔魚を20尾ずつ採集し、全長、体高を測定した。生残尾数は、日齢0と10においてスマと同様の方法を用いて水槽内1定点からサンプリングし、容積法により推定した。日齢17に取揚げを開始し、19日齢までスマに給餌した。

##### 2) スマ仔魚の口径とマダイ仔魚の体高の関係

スマ仔魚の口径とマダイ仔魚の体高から、マダイ孵化仔魚を摂餌可能なスマ仔魚の日齢を推定した。また、種苗量産においてスマ仔魚は日齢11以降になると急激に成長し、孵化仔魚の摂餌量が急激に増えることから、日齢11のスマ仔魚が摂餌可能なマダイ仔魚の日齢を推定した。代田（1970）<sup>1)</sup>に従い、平均の摂餌開口率を口径の75%とみなして、マダイ仔魚の体高がスマ仔魚の口径の75%以下ならスマが摂餌可能であるとした。

##### 3) 大型仔魚尾数から孵化仔魚尾数への換算

体重＝肥満度×全長<sup>3</sup>の式を用いて、肥満度を一定と仮定し、生産したマダイ大型仔魚の尾数をマダイ孵化仔魚の尾数に換算した。

#### 2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化

上記1で生産した稚魚487尾(①)、本年度実施した伊予の媛貴海養殖安定化技術開発の3養殖実証試験(1)



早期種苗量産および(2)通常期種苗量産で生産した稚魚(1R:493尾(②)、2R:102尾(③))を取揚げ時に2.5 mm、3.0 mm、3.5 mm、4.0 mmのスリット幅の活魚選別器を用いて、2.5 mm以下、2.5~3.0 mm、3.0~3.5 mm、3.5~4.0 mmの4群に選別した。各群に選別された稚魚の全長を測定し、全長の分布を調べた。

### 結果および考察

#### 1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発

##### (1) 水温経過

各試験区の試験期間を通じた平均水温と標準偏差はスマ試験区において25.6±0.4°Cであった。マダイ試験区においては24.1±1.2°Cであった。

##### (2) 種苗生産結果

スマ仔魚とマダイ仔魚の各試験区における種苗生産結果を表1に示した。取揚げ尾数において、スマ試験区では65,900尾(生残率47.4%)、マダイ試験区では1,591,000尾(56.8%)であった。

##### (3) 仔魚の成長

各試験区における成長結果を図1に示した。スマ仔魚の日齢1における平均全長と標準偏差は3.50±0.12 mmであった。日齢11には10.63±0.81 mmに達し、取揚げ時の日齢16には25.57±3.76 mmに達した。マダイ孵化仔魚の平均全長と標準偏差は2.65±0.16 mmであった。マダイ仔魚の取揚げ開始時の日齢17には7.17±0.47 mmに達した。

スマ仔魚の口径と仔魚の各試験区における体高の成長を図2に示した。スマ仔魚の平均口径と標準偏差は日齢3において0.67±0.05 mmであった。日齢11には3.29±0.20 mmであった。取揚げ前日の日齢15には6.94±0.45 mmに達した。マダイ孵化仔魚の平均体高と標準偏差は0.78±0.04 mmであった。日齢とともにマダイの体高は高くなり、取揚げ時の体高は2.01±0.12 mmであった。

##### (4) スマ仔魚の口径とマダイ仔魚の体高の関係

スマ仔魚の口径とマダイ孵化仔魚の体高の比率が75%以下になる日齢を図3に示した。マダイ孵化仔魚を摂餌可能なスマ仔魚の日齢は6以降であった。日齢11のスマ仔魚が摂餌可能な最大のマダイ大型仔魚は日齢16で、その時のマダイ大型仔魚の平均全長と標準偏差は7.26±0.42 mmであった。

##### (5) 大型仔魚尾数から孵化仔魚尾数への換算

全長7.26 mmのマダイ大型仔魚1尾はマダイ孵化仔魚19.7尾分に相当すると推定された。

##### (6) まとめ

本研究の結果から、マダイは水温24°Cで飼育すると日齢16で7.26 mmに成長することが明らかとなった。スマ仔魚の口径とマダイ仔魚の体高を比較した結果、マダイ孵化仔魚を摂餌可能なスマ仔魚の日齢は6以降

であり、日齢11のスマ仔魚が摂餌可能な最大のマダイ大型仔魚は日齢16の全長7.26 mmであった。また、全長7.26 mmのマダイ大型仔魚1尾はマダイ孵化仔魚19.7尾分に相当すると推定された。

日齢16で40,000尾のスマを取り上げる場合、過去の種苗生産結果から必要孵化仔魚量を受精卵量に換算すると80kgと判明している。このうち、生産後半で不足する受精卵量20kgをマダイ大型仔魚で補うには、3,514gの受精卵を大型仔魚の給餌を開始する17日前から生産することが必要であると考えられた。

表1 種苗生産結果

試験区	卵数 (千粒)	取揚げ			生残率 (%)
		日齢	尾数 (千尾)	全長 (mm)	
スマ 26°C	180	16	65.9	25.6	47.4
マダイ 24°C	2,800	19	1,591	7.3	56.8

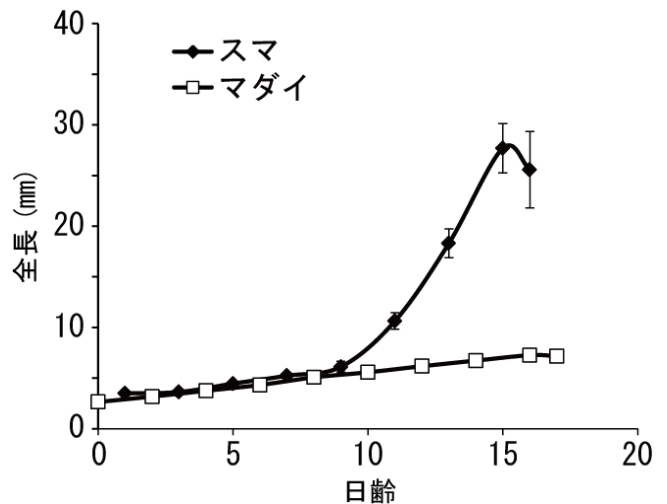


図1 スマとマダイの成長

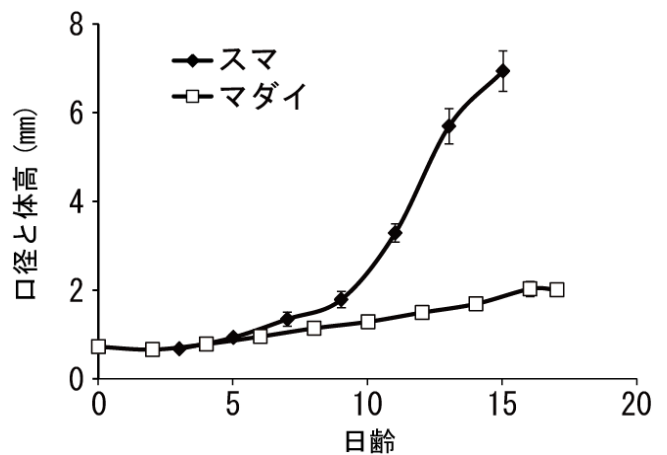


図2 スマの口径とマダイの体高の成長



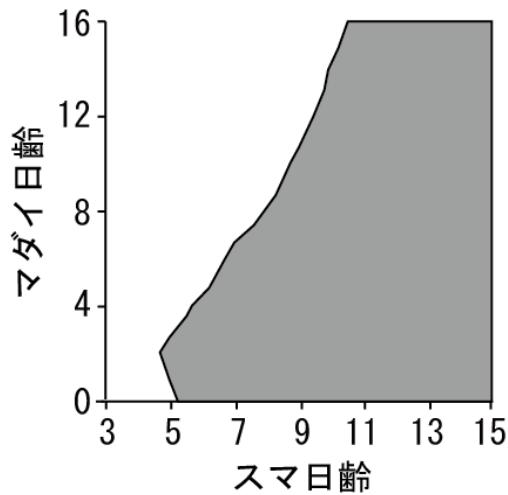


図3 スマの口径とマダイの体高の関係

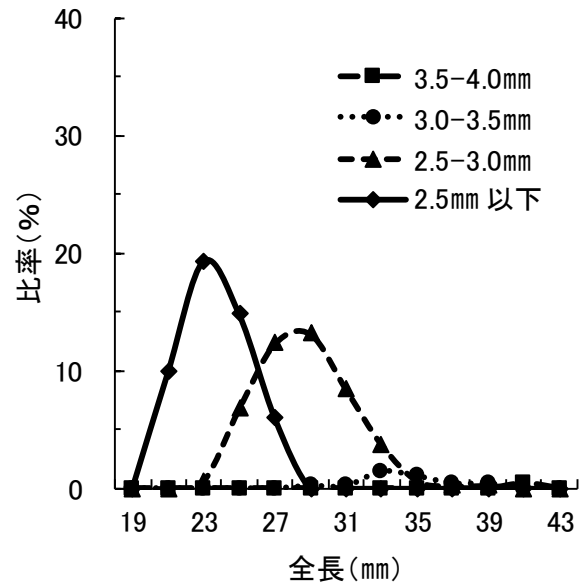


図4 ①の選別結果

## 2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化

各生産回次の選別結果を表2 および図4~6 に示した。取揚げ時における稚魚の各群への選別割合は各生産回次によって異なるが、活魚選別器によって全長モードが異なる群に選別できることが明らかになった。

魚類では体サイズ差が共食いを引き起こす要因の一つであることが広く知られている。選別前の水槽と選別後の水槽を目視観察したところ、共食い行動の減少が認められた。今後は選別によってどの程度減耗が防除できるのかを明らかにするために、同一環境下において選別群と無選別群をそれぞれ飼育して生残率を比較する必要がある。

### 参考文献

- 1) 代田昭彦：魚類稚仔魚の口径に関する研究. 日本水産学会誌 36 : 353-368 (1970)

表2 生産した稚魚の選別結果

スリット幅	割合 (%)		
	①	②	③
2.5mm以下	49.9	8.3	55.8
2.5~3.0mm	46.0	81.8	42.2
3.0~3.5mm	3.7	9.1	2.0
3.5~4.0mm	0.4	0.8	0.0

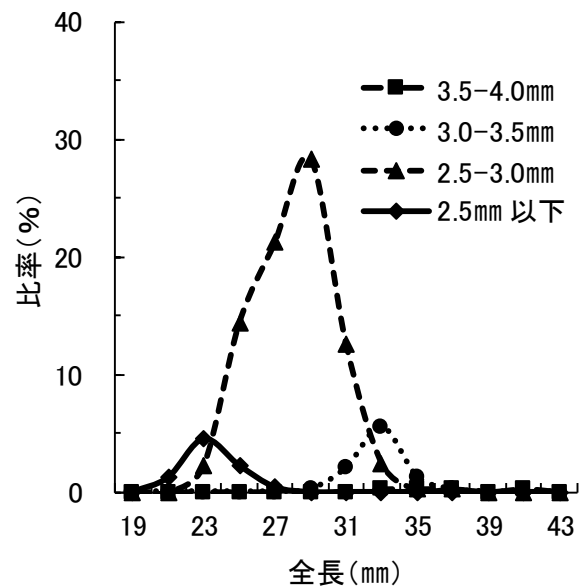


図5 ②の選別結果

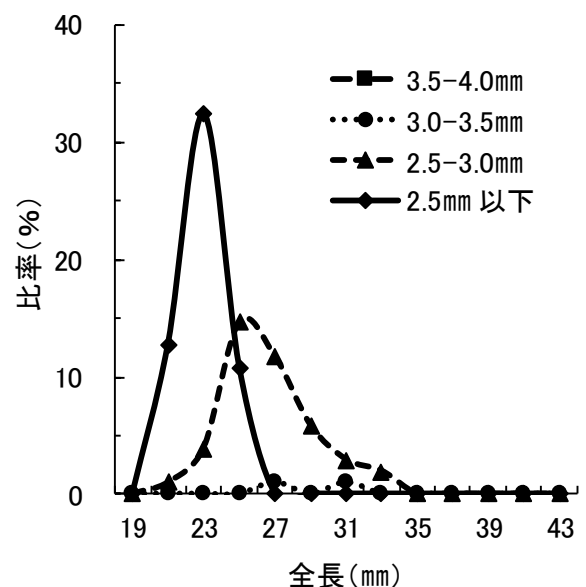


図6 ③の選別結果

# えひめ産養殖クロマグロ競争力向上事業

眞鍋 諒太郎・中島 兼太郎・佐々木 進一・莖田 峻希

## 目 的

クロマグロは国内外で非常に人気の高い魚であり、世界中の海域で乱獲されることにより天然資源が減少している。このため、養殖事業が脚光を浴び、愛媛県のクロマグロ養殖も本格化している。しかし、愛媛県内のクロマグロ養殖は愛南町で平成 17 年から取り組まれたばかりであり、飼育から流通までの工程において技術的に解決しなければならない課題が数多く残っている。本事業では特に①幼魚の歩留まりの低さ、②出荷時の「ヤケ肉」の発生という 2 つの課題に着目し、養殖にかかる支援器具や技術の実用化に取り組み、県内ものづくり企業における養殖産業支援事業を創出し、愛媛産養殖クロマグロの競争力向上を図ることを目的とする。

本研究では、マグロ幼魚の「衝突死」防止技術の開発として、視覚と衝突の相関を利用した「衝突死」防止対策の検討に取り組んだ。

## 方 法

水産研究センターの陸上水槽（容量 40kL）に LED 照明システム区画（水中に設置した LED により様々

な色彩（赤、青、緑）を照射）を設置し、天然マグロ幼魚 10 尾を投入し、LED の色彩や点灯方法を変化させ、ビデオカメラによる行動観察をおこなった。また、同様の試験を人工種苗マグロ幼魚についてもおこなった。

## 結果および考察

LED 照明を明暗が異なるように水槽の壁面を 2 分割すると、マグロは全ての色彩で暗い領域に寄る行動が観察された。また、赤色との組み合わせでは赤色の領域に寄ることが明らかとなった。急激な照度変化に対しては、人工種苗と天然で反応の程度に違いがあることが判明した。暗から明だけでなく、明から暗の変化に対してもマグロ幼魚は驚愕行動反応を示した。

今後は対照区を設置し、対照区と比較して斃死を減少させることができるのか確認を行い、LED 照明を効果的に活用する衝突防止技術の開発をさらに進めていく。

# 低魚粉飼料によるブリおよびマダイの養殖実証試験

## (養殖魚安定生産・供給技術開発委託事業)

佐々木 進一・中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・莖田 峻希・山下 浩史

### 目 的

養魚用飼料の主原料である魚粉は、国内消費のうち90%以上を南米産に依存しており、近年の国際相場の上昇により高騰し、飼料コストの増大を招いている。このため、魚粉の配合率を低減させた飼料開発をおこない、魚類養殖における生産コストのうち、6-7割を占める飼料コストを抑制することを目的とする。

本年度は、試験対象種をブリおよびマダイとし、養殖現場における実証試験を実施した。併せて、魚粉削減飼料給餌下において、昨年度に選抜試験を行ったブリの1歳魚期における低魚粉飼料および選別効果の確認と、高成長を示すマダイ個体を3世代にわたり選抜した愛媛 F4 の1歳魚期における有効性を確認するため、水産研究センター地先の海面小割生簀で飼育試験を実施した。

### I ブリ養殖実証試験

#### 方 法

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、試験区 (FM30%) には試験区夏期および試験区秋季の飼料 (飼料番号1および3) を給餌した。試験区夏期は

8月27日から11月12日まで、それ以降は試験区秋期を給餌した。対照区 (FM50%) には対照区夏期および対照区秋期の飼料 (飼料番号2および4) を給餌した。試験区夏期および対照区夏期は8月27日から11月12日まで、それ以降は試験区秋期および対照区秋期を給餌した。試験飼料は対照飼料よりも原材料費で約10%安価に作製している。愛媛県宇和島市戸島地区の養殖業者が保有する縦10m×横10m×深さ8mの金網生簀2台 (試験区4,500尾、対照区4,100尾) に養成されている、由来が同一のブリ1歳魚を試験に用いた。それぞれの生簀に8月27日から11月28日まで試験飼料を給餌し、定期的に体重測定をおこないながら飼育した。試験生簀の魚病発生状況について、飼育を担当する養殖業者から適宜、聞き取り調査を実施し、同地区の周辺の魚病発生状況についても調査した。

11月28日に試験区及び対照区より各5尾をサンプリングし、両区の外部所見及び解剖所見を得た。さらに、背側筋、腹側筋及び肝臓の成分分析を定法によりおこなった。併せて、尾丙部よりヘパリン処理を施したシリンジを用いて採血を行い、血液検査を実施した。

表1 試験飼料組成

原料	飼料番号						
	ブリ用飼料				マダイ用飼料		
	試験・夏	対照・夏	試験・秋	対照・秋	試験・夏	試験・秋	対照・通年
	1	2	3	4	5	6	7
アンチョビミール	30.0	50.0	30.0	50.0	15.0	15.0	40.0
濃縮大豆たんぱく質	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	0.0
大豆油粕	11.0	3.0	6.0	3.0	16.0	16.0	11.0
コーングルテンミール	16.0	3.0	16.0	3.0	19.0	19.0	11.0
チキンミール	5.0	0.0	5.0	0.0	10.0	10.0	0.0
フェザーミール	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	3.0	0.0
小麦粉	3.0	10.0	3.0	10.0	7.0	7.0	7.0
脱脂米糠	0.0	6.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.0
タピオカデンプン	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
魚油	14.0	18.0	23.5	23.0	8.0	12.0	12.0
パーム油	4.5	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
ビタミン混合	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
無機質混合	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
アミプラスZn	+		+		+	+	+
リン酸カルシウム	1.0	0.0	1.0	0.0	1.5	1.5	0.0
アミノ酸(リジン1、メチオニン0.5、トレオニン0.5、トリプトファン0.2)	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0
タウリン(合成)	0.5		0.5		1.0	0.5	0.5
カツオペプチド	0.5		0.5		0.5	0.5	0.5
SSF 酵素混合(麹発酵物)液	0.2		0.2		0.2	0.2	0.2
アスタキサンチン(ppm)					40.0	40.0	40.0

## 結果および考察

養殖場周辺5m層の水温は、試験開始時の8月27日の24.9℃から11月28日には18.9℃にかけて段階的に低下した(図1)。試験開始時の平均魚体重は試験区が3,107g、対照区が3,018gであった。試験終了時の平均魚体重は、試験区が4,863g、対照区が4,790gであり、両区は同等に成長した(図2)。肥満度の推移を図3に示す。両区共に試験開始時から試験終了時まで徐々に増加した。成長に関しては、両区ともに同等に成長したが、今年度は養殖業者の出荷が始まったのが早く、まだ水温が低下しきる前に試験を終了したことに加え、疾病対策としてエリスロマイシンやリンコマイシンなどを投薬した期間があり、十分に餌を給餌できる期間が短かったことを考慮する必要がある。試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表2に示す。増肉係数は、試験区が2.84と対照区の2.66と比較し0.2ポイントほど低かった。試験期間中の累積死亡率は、試験区が1.24%、対照区が1.05%であり、両区とも2%以下であり同地区の他の死亡率と比較しても特に問題ないと考えられた。死亡原因はランスフィールドC群のレンサ球菌症が大半であり、試験区の累積死亡率が対照区と比較し0.1ポイント高い結果は、飼料中の魚粉削減が起因する魚病発生とは関連がないと考えられた。また血液検査に違いは見られなかったことから、健康状態は良好であったと考えられた。

試験終了時の両区の外観所見及び解剖所見に差異は見られなかった。魚粉削減飼料による飼育において散見される肝臓の緑化(ヘム代謝異常に起因する緑肝症状)も観察されなかった。血液性状ならびに血漿生化学性状の分析結果を表3および表4に示す。筋肉及び肝臓の成分分析結果を表5に示す。筋肉においては背側筋及び腹側筋の成分分析値に差異はなく、製品としての身質に問題はないと考えられた。また、出荷後の聞き取り調査においても品質に関するクレームなどはなく、低魚粉飼料で飼育したブリは十分に市場流通すると考えられた。

以上の結果から、魚粉配合率を30%に低減させた試験飼料においても魚粉配合率50%の対照区と同レベルの飼育・出荷が可能であることが示された。今回の試験飼料を用いた実証試験では、増肉係数は0.18ポイントのみ上回る結果となり、原材料費では約10%試験飼料が安価であることを考慮すると、飼料コスト削減効果はあると判断された。しかしながら、先ほども述べたように、今年度は養殖業者の出荷が始まったのが早く、低水温期が短かったことや、投薬したことによる無給餌の飼育期間があったことで、成長差がなくなった可能性は否定できない。

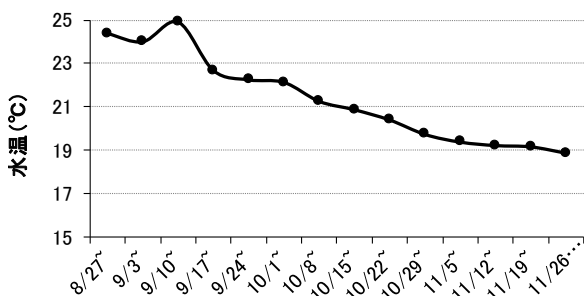


図1 漁場水温の推移 (ブリ養殖実証試験)

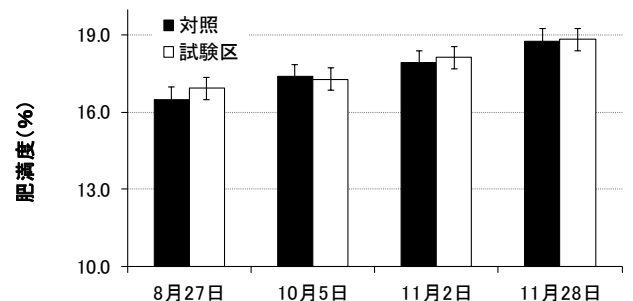


図3 肥満度の推移 (ブリ養殖実証試験)

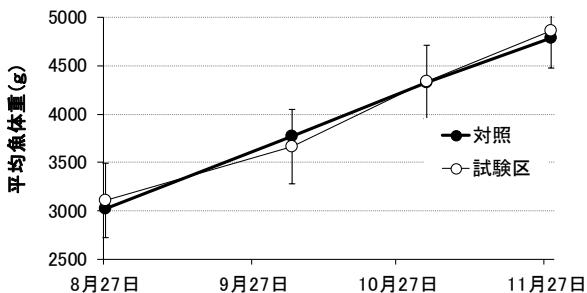


図2 平均魚体重の推移 (ブリ養殖実証試験)

表2 ブリ養殖実証試験における飼育成績 (2018/8/30~2018/11/28)

	尾数	平均魚体重(g)		増重量(g)	増肉係数	日間摂餌率(%)	死亡率(%)
		開始時	終了時				
低魚粉(FM30)	4500	3107±254	4863±337	1755	2.84	1.38	1.24
対照(FM50)	4100	3018±281	4790±383	1773	2.66	1.32	1.05

表3 ブリ実証試験における試験魚の血液性状および比肝臓重量

	赤血球数 ( $\times 10^4/\text{mm}^3$ )	ヘモグロビン含量 (g/100mL)	ヘマトクリット値 (%)	比肝臓重量 (%)
低魚粉(FM30)	4.04±1.60	16.0±6.0	58.52±23.3	1.06±0.2
対照(FM50)	3.54±0.91	14.6±3.8	49.98±13.0	1.15±0.2

表4 ブリ実証試験における試験魚の血漿性化学性状

	総タンパク (g/100mL)	アルブミン (g/100mL)	グルコース (mg/100mL)	尿素窒素 (mg/100mL)	カルシウム (mg/100mL)	総コレステロール (mg/100mL)	トリグリセリド (mg/100mL)	尿酸 (mg/100mL)
低魚粉(FM30)	4.1±0.64	0.68±0.23	89.0±21.6	9.0±2.7	13.08±2.27	380±21.6	86.6±45.6	0.80±0.58
対照(FM50)	4.4±0.46	0.66±0.23	92.6±15.0	10.2±1.9	14.36±0.89	351±9.54	120.8±26.9	1.04±0.70

平均値±標準偏差(N=5)

表5 ブリ実証試験における試験魚の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	59.4±1.9	58.4±3.2	58.9±2.2	54.1±5.7	57.6±7.0	50.8±6.8
粗灰分	1.5±0.9	1.4±0.5	1.5±1.0	1.6±0.9	1.5±0.7	1.1±0.6
粗タンパク質	19.5±0.9	20.3±0.5	18.1±1.0	19.2±0.9	10.8±0.7	12.1±0.6
粗脂肪	22.7±3.6	21.3±2.8	29.5±4.1	25.6±3.8	29.1±4.8	26.4±2.5

平均値±標準偏差(N=5)

## II ブリ飼育試験

### 方 法

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、試験区には試験区夏期および試験区秋季の飼料(飼料番号1および3)を給餌した。試験区夏期は8月31日から11月12日まで、それ以降は試験区秋期を給餌した。対照区には対照区夏期および対照区秋期の飼料(飼料番号2および4)を給餌した。試験区夏期および対照区夏期は8月31日から11月12日まで、それ以降は試験区秋期および対照区秋期を給餌した。試験飼料は対照飼料よりも原材料費で約10%安価に作製している。愛媛県水産研究センター地先の5m×5m×5mの金網小割生簀6面に昨年度選抜した3群(人工、天然大、天然中)のブリ1歳魚を50尾ずつ収容した。それぞれの小割に8月

31日から12月17日まで試験飼料および対照飼料をそれぞれ1日1回、週6日飽食給餌し、定期的に体重測定を行いながら飼育した。

12月17日にすべての小割より各10尾をサンプリングし、両区の外部所見及び解剖所見を得た。さらに、背側筋、腹側筋及び肝臓の成分分析を定法によりおこなった。併せて、尾丙部よりヘパリン処理を施したシリッジを用いて採血をおこない、血液検査を実施した。

### 結果および考察

金網小割生簀周辺5m層における水温は、試験開始時の8月31日の25.6℃から12月17日には17.8℃にかけて若干の上下はあるものの、段階的に低下した(図

4)。試験開始時の平均魚体重は低魚粉飼料を給餌した天然大の群が 2,422g、天然中の群が 2,328g、人工の群が 2,081g、対照飼料を給餌した天然大の群が 2,494g、天然中の群が 2,359g、人工の群が 2,244g であった。試験終了時の平均魚体重は、低魚粉飼料を給餌した天然大の群が 4633g、天然中の群が 4,176g、人工の群が 3,913g、対照飼料を給餌した天然大の群が 4,999g、天然中の群が 4,654g、人工の群が 4,459g であった(図5)。尾叉長の推移を図 6、肥満度の推移を図 7、試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表 6 に示す。増肉係数は、低魚粉飼料を給餌した天然大の群が 1.93、天然中の群が 2.61、人工の群が 2.53、対照飼料を給餌した天然大の群が 2.04、天然中の群が 2.35、人工の群が 2.48 であった。天然大の群は低魚粉飼料区及び通常飼料区ともに高成長し、増肉係数も他の群と比較して、良い結果であった。また、試験期間中に死亡はみられなかった。

天然大の群は両区共に、最も増重量が高く、高成長

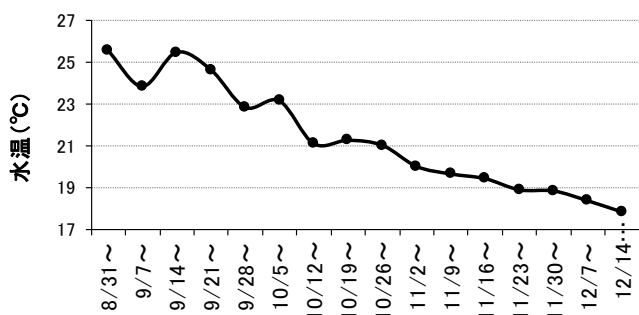


図4 漁場水温の推移 (ブリ飼育試験)

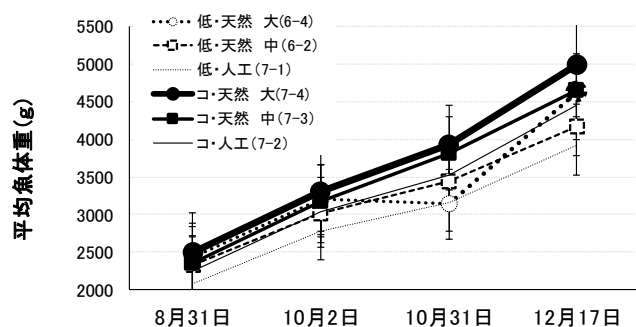


図5 平均魚体重の推移 (ブリ飼育試験)

することが明らかとなった。飼料の違いに着目すると、すべての群で低魚粉飼料では少し増重が劣ったが、天然大の群ではその差が小さく、この魚を選抜・継代飼育していくことで低魚粉飼料でも十分に育つ系統が創出できると考えられる。また、試験終了時の両区の外観所見および解剖所見に差異はみられなかった。血液性状ならびに血漿生化学性状の分析結果を表 7 及び表 8 に示す。試験期間中の死亡はほぼ無く、数少ない死亡魚も飼料中の魚粉削減が起因する成育異常とは関連がないと考えられ、血液検査に違いはみられなかったことから、健康状態は良好であったと考えられた。

魚粉削減飼料による飼育において散見される肝臓の緑化(ヘム代謝異常に起因する緑肝症状)も観察されなかった。筋肉及び肝臓の成分分析結果を表 9~11 に示す。筋肉においては背側筋及び腹側筋の成分分析値に差異はなく、身質成分には問題がないと考えられた。

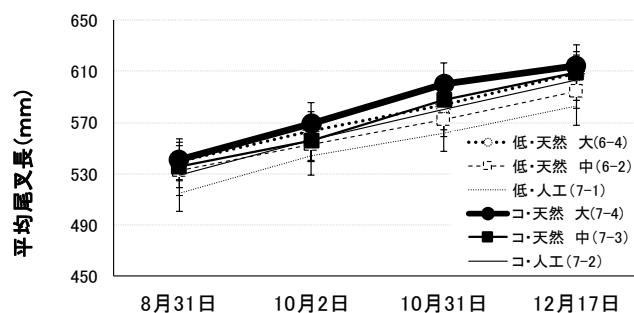


図6 平均尾叉長の推移 (ブリ飼育試験)

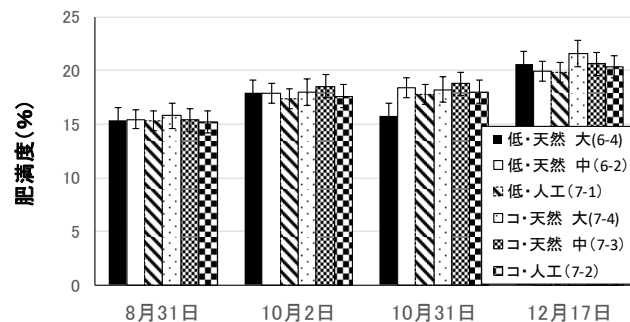


図7 肥満度の推移 (ブリ飼育試験)

表 6 ブリ飼育試験における飼育成績 (2018/8/31~2018/12/17)

		尾数	平均魚体重(g)		増重量(g)	増肉係数	日間給餌率(%)	死亡率(%)
			開始時	終了時				
低魚粉飼料区	天然大	50	2422±189	4633±405	2211	1.93	1.12	0.0
	天然中	50	2328±167	4176±372	1848	2.61	1.36	2.0
	人工	50	2081±188	3913±340	1832	2.53	1.43	0.0
通常飼料区	天然大	50	2494±197	4999±394	2505	2.04	1.26	0.0
	天然中	50	2359±190	4654±506	2295	2.35	1.42	0.0
	人工	50	2244±217	4459±338	2215	2.48	1.50	2.0

表7 ブリ飼育試験における試験魚の血液性状および比肝臓重量

		赤血球数 ( $\times 10^4/\text{mm}^3$ )	ヘモグロビン含量 (g/100mL)	ヘマトクリット値 (%)	比肝臓重量 (%)
低魚粉飼料区	天然大	4.3±0.6	17.2±2.0	57.4±7.8	1.1±0.2
	天然中	3.8±1.3	15.3±4.8	54.3±18.4	1.3±0.2
	人工	4.2±0.4	17.1±1.7	57.2±6.9	1.3±0.1
通常飼料区	天然大	4.2±0.8	16.7±3.2	56.2±10.5	1.5±0.2
	天然中	4.1±1.1	16.4±4.0	56.3±15.2	1.5±0.2
	人工	3.9±0.8	16.0±3.1	52.4±9.9	1.4±0.2

平均値±標準偏差(N=5)

表8 ブリ飼育試験における試験魚の血漿性化学性状

		総タンパク (g/100mL)	アルブミン (g/100mL)	グルコース (mg/100mL)	尿素窒素 (mg/100mL)	カルシウム (mg/100mL)	総コレステロール (mg/100mL)	トリグリセリド (mg/100mL)	尿酸 (mg/100mL)
低魚粉飼料区	天然大	4.0±1.0	1.3±0.4	77.1±16.1	7.4±2.0	12.8±1.7	356.7±36.4	62.9±21.8	0.9±0.4
	天然中	4.4±0.5	1.4±0.2	81.1±9.7	7.9±1.2	12.8±2.5	356.6±18.9	69.3±23.6	0.9±0.4
	人工	4.2±0.9	1.2±0.3	75.4±16.6	7.8±1.5	12.4±2.0	366.0±36.4	71.7±19.4	0.9±0.3
通常飼料区	天然大	4.5±0.7	1.3±0.3	71.9±14.7	6.9±1.9	12.4±1.5	366.0±41.6	67.8±23.2	0.7±0.3
	天然中	4.2±0.6	1.3±0.2	74.3±10.8	8.0±1.4	13.1±2.3	360.4±27.7	69.8±20.2	1.0±0.4
	人工	4.0±1.0	1.3±0.3	68.4±17.9	7.0±1.4	11.6±2.2	356.0±33.3	70.9±18.3	1.0±0.4

平均値±標準偏差(N=5)

表9 ブリ飼育試験における試験魚(天然中)の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	57.5±0.5	55.1±0.7	59.7±0.2	57.0±3.3	50.5±2.5	57.0±3.3
粗灰分	1.4±0.0	1.4±0.0	1.4±0.0	1.4±0.0	1.2±0.1	1.2±0.1
粗タンパク質	20.4±0.5	20.1±0.2	18.5±0.3	18.7±0.8	10.7±0.1	11.8±1.7
粗脂肪	15.4±0.2	14.0±0.9	18.2±0.2	17.4±1.4	27.8±4.7	27.1±2.6

平均値±標準偏差(N=2)

表10 ブリ飼育試験における試験魚(天然大)の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	60.3±1.1	61.1±1.6	58.8±2.1	60.8±1.3	54.0±0.0	55.1±0.7
粗灰分	1.5±0.1	1.6±0.0	1.4±0.1	1.4±0.0	1.1±0.1	1.1±0.1
粗タンパク質	20.3±0.8	20.8±0.1	18.4±0.1	20.2±0.8	11.1±1.3	11.7±0.1
粗脂肪	14.6±2.0	15.5±0.2	18.8±2.1	19.9±0.9	26.6±0.0	29.6±5.0

平均値±標準偏差(N=2)

表 11 ブリ飼育試験における試験魚（人工）の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	60.6±1.2	57.3±3.2	54.6±1.8	55.6±2.2	55.6±2.4	59.6±0.0
粗灰分	1.5±0.0	1.4±0.0	1.4±0.0	1.3±0.3	1.1±0.0	1.2±0.1
粗タンパク質	19.8±0.1	19.8±0.1	18.8±0.1	19.6±1.8	10.7±0.1	12.1±0.7
粗脂肪	13.7±0.0	17.5±1.2	17.0±1.6	24.2±0.5	20.5±1.3	33.8±0.4

平均値±標準偏差(N=2)

### Ⅲ 来年度試験用の低魚粉対応家系ブリの種苗生産方法

H29 に無魚粉飼料を用いた飼育試験を行い、高成長を示した個体の各試験区上位 10 尾を選抜親魚として養成し、得られた選抜系統 (F1) を来年度の愛媛県水産研究センターでの飼育試験用の種苗として生産する。

#### 結果および考察

2018 年 11 月 12 日に愛媛県水産研究センター海面生簀において飼育していた無魚粉飼料を用いて成長上位 16%を選抜した系統親魚 20 尾 (平均魚体重 8.91kg) を陸上の 100t 円形水槽に收容し、11 月 22 日から日長コントロール (15L9D) 及び水温コントロール (19°C) を行いながら 60 日間催熟処理をおこなった。催熟期間中は、自家製モイストペレットを給餌した。

催熟開始から 61 日目の 2019 年 1 月 22 日にホルモン投与 (LHRHa) を行い、44~48 時間後の 1 月 24 日に採卵、採精及び人工授精をおこなった。8.6t コンクリート水槽 2 面に低魚粉対応家系の受精卵 (ふ化仔魚計数 279,000 尾) を收容した。また、15 t 円形水槽に通常家系の受精卵 (ふ化仔魚計数 246,000 尾) を收容し、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ながら生産し、3 月 5 日 (日齢 37) に低魚粉対応家系ブリ約 1,800 尾を取揚げた。また、3 月 7 日 (日齢 39) に通常家系ブリ約 9000 尾を取揚げた。両家系 500 尾ずつを水産研究センター地先の海面小割生簀へ移送し、ハダムシの防除を目的とした網替えや淡水浴を適宜行いながら飼育中である。

### Ⅳ マダイ養殖実証試験

#### 方法

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、試験区には夏期用および秋期用の飼料 (飼料番号5および6) を給餌した。夏期用は8月29日から11月12日まで、それ以降は秋期用を給餌した。対照区には対照区の飼料 (飼料番号7) を試験開始から終了まで給餌した。試験飼料は対照飼料よりも原材料費で約10%安価に作製している。愛媛県宇和島市吉田地区の養殖業者が保有する縦11m×横11m×深さ8mの金網生簀2台 (試

験区12,000尾、対照区10,000尾) に養成されていた、由来は昨年度に愛媛県水産研究センターで生産した同一のマダイ (低魚粉対応家系F4マダイ) 1歳魚を試験に用いた。それぞれの生簀に8月29日から翌2019年2月27日まで試験飼料と対照飼料を給餌し、定期的に体重および体長測定をおこないながら飼育した。試験生簀の魚病発生状況について、飼育を担当する養殖業者から適宜、聞き取り調査を実施し、同地区の周辺の魚病発生状況についても調査した。

2018年12月14日に試験区および対照区より各5尾をサンプリングし、両区の外部所見および解剖所見を得るとともに、尾丙部よりヘパリン処理を施したシリンジを用いて採血をおこない、血液検査を実施した。

#### 結果および考察

養殖場 3m 層の水温は、試験開始時の 8 月 29 日の 26.9°Cから翌 2 月 13 日の 13.7°Cにかけて若干の上下はあるものの、段階的に低下した (図 8)。試験開始時の平均魚体重は試験区が 730g、対照区が 690g であった。試験終了時の平均魚体重は、試験区が 1,322g、対照区が 1,313g であった (図 9)。試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表 12 に示す。増肉係数は、試験区が 1.81 と対照区の 1.64 と比較し 0.17 ポイントほど劣った。試験期間中の累積死亡率は、試験区、対照区とも 1%以下であり、同地区の他の死亡率と比較しても特に問題ないと考えられた。死亡原因は主にエドワジェラ症であったが、魚粉削減が起因する魚病発生とは関連がないと考えられた。また血液検査に違いは見られなかったことから (表 13,14)、健康状態は良好であったと考えられた。

増肉係数は0.17ポイントのみ上回る結果となり、原材料費では約10%試験飼料が安価であることを考慮すると、飼料コスト削減効果はあると判断された。マダイ育成用の魚粉削減飼料 (魚粉配合率15%) は、原材料コスト比で90%を達成したうえで、飼育成績に大きな違いが見られず、健康状態も良好であることから、実用可能性が高まったと考えられた。また、試験区では2,000尾ほど多くの魚が收容されており、実質のコスト削減効果は本試験よりも高まると考えられる。



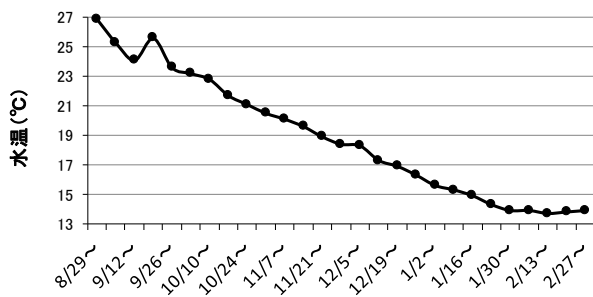


図8 漁場水温の推移 (マダイ養殖実証試験)

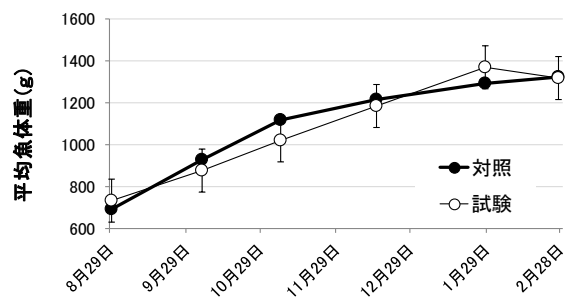


図9 平均魚体重の推移 (マダイ養殖実証試験)

表12 マダイ養殖実証試験における飼育成績 (2018/8/30~2018/11/28)

	尾数	平均魚体重 (g)		増重量 (g)	増肉係数	日間摂餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
低魚粉 (FM15)	12000	730±86	1322±160	592	1.81	0.57	0.25
対照 (FM40)	10000	690±78	1313±178	623	1.64	0.55	1.00

表13 マダイ実証試験における試験魚の血液性状および比肝臓重量

	赤血球数 ( $\times 10^4/\text{mm}^3$ )	ヘモグロビン含量 (g/100mL)	ヘマトクリット値 (%)	比肝臓重量 (%)
低魚粉 (FM15)	2.61±0.2	7.92±0.6	32.0±2.0	1.47±0.1
対照 (FM40)	2.67±0.4	7.84±1.67	31.4±6.1	1.57±0.3

平均値±標準偏差 (N=5)

表14 マダイ実証試験における試験魚の血漿性化学性状

	総タンパク (g/100mL)	アルブミン (g/100mL)	グルコース (mg/100mL)	尿素窒素 (mg/100mL)	カルシウム (mg/100mL)	総コレステロール (mg/100mL)	トリグリセリド (mg/100mL)	尿酸 (mg/100mL)
低魚粉 (FM15)	3.30±0.2	0.46±0.05	55.8±18.0	2.0±0.7	14.52±0.8	184.8±45.0	120±92	0.42±0.0
対照 (FM40)	3.44±0.5	0.50±0.23	44.4±19.2	2.6±0.9	14.16±1.5	199.4±36.3	110±74	0.44±0.1

平均値±標準偏差 (N=5)

## V マダイ低魚粉対応系統 (F4) を用いた飼育試験方法

試験飼料は表1に示す魚粉15%EP飼料の夏期用および秋期用 (飼料番号5および6) を用いた。対照飼料には表1に示す魚粉40%EP飼料の対照区 (飼料番号7) を用いた。夏期用は8月30日から11月12日まで、それ以降は秋期用を給餌した。試験区として、低魚粉選抜—通常飼料 (Nx-FM40)、低魚粉選抜—試験飼料 (F4-FM15)、民間種苗—通常飼料 (Nx-FM40) および民間種苗—試験飼料 (Nx-FM15) の4区を設定し、二重反復とした。愛媛県水産研究センター地先に設置した海面小割生簀 (3m×3m×3m: ポリ網8面) にそれぞれの試験魚を35尾ずつ収容し、1日1回、週6回飽食給餌しながら、2018年8月30日から2019年2月21日まで176日間飼育した。2018年12月10日に各小割より5尾ず

つ採材し、背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析を定法によりおこなった。併せて、尾丙部よりヘパリン処理を施したシリンジを用いて採血を行い、血液検査を実施した。

### 結果および考察

地先 5m 層における水温は、飼育開始時の 25.5°C から試験終了時には 14.7°C に低下した (図 10)。試験開始から試験終了時までの平均魚体重の推移を図 11 に示す。試験開始時の平均魚体重は F4-FM40 が 715g、F4-FM15 が 772g、Nx-FM40 が 576g、Nx-FM15 が 618g と全体的に差があった。試験終了時には F4-FM40 が 1,603g、F4-FM15 が 1,600g と高成長を示し、Nx-FM40 が 1,289g、Nx-FM15 が 1,209g と、系統間で成長差が大きくなった。筋肉及び肝臓の成分分析結果を表 15 に

示す。筋肉においては背側筋及び腹側筋の成分分析値に差異はなく、製品としての身質に問題はないと考えられた。飼育成績の概要を表16に示す。増肉係数は選抜種苗の区 (F4-FM15、F4-FM40) が1.98及び1.95と同等で、市販種苗の区 (Nx-FM40、Nx-FM15) は2.18及び2.35と選抜種苗区に比べ増肉係数が劣った。試験期間中の累積死亡率は0~2.0%と全体に低く、系統間及び飼料間の違いはなかった。また、血液検査に違いはみられなかったことから(表17,18)、健康状態は良好であったと考えられた。

1歳魚の飼育においては、系統間で成長及び増肉係数に違いが見られた。これは高成長を示す個体を選抜した効果が表れていると考えられる。また、選抜種苗の区 (F4-FM15、F4-FM40) で成長や飼育成績に違いがなかったことから、選抜種苗と低魚粉飼料を併用することで、低コスト化につながると考えられる。ま

た、愛媛県水産研究センターでは今年度からこの選抜系統マダイ (愛媛F4) から採卵し、種苗生産及び愛媛県の各養殖業者への有償配布を実施しており、今後は聞き取り調査等で現場での有用性を確認していきたい。さらに、昨年度に試験用に配布した選抜種苗のマダイ1歳魚から、更なる世代(愛媛F5)を作成するため、F4の中から高成長する個体を選抜するために、低魚粉飼料を用いた飼育試験を試みたい。

2018年12月10日に採材した試験魚の身質成分の分析結果を表19及び表20に示す。低魚粉対応系統の区であるF4-FM15とF4-FM40の間で低魚粉区の方が肝臓のタンパク質量が有意に高かった (P<0.05) が、全体としては大きな違いは見られず、同等の身質成分であると判断された。

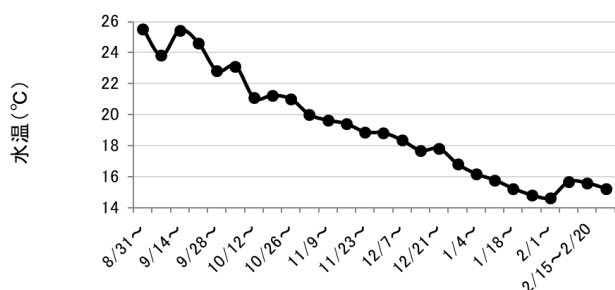


図10 漁場水温の推移 (マダイ飼育試験)

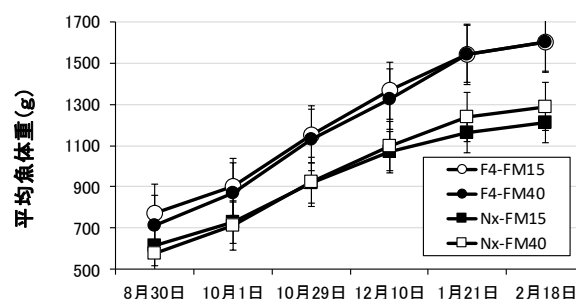


図11 平均魚体重の推移 (マダイ飼育試験)

表15 マダイ実証試験における試験魚の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	73.1±1.0	72.4±1.3	70.5±1.2	69.3±3.1	66.4±1.8	66.6±3.3
粗灰分	1.5±0.7	1.4±0.5	1.4±0.5	1.4±0.6	1.1±0.4	1.2±2.0
粗タンパク質	21.3±0.7	21.5±0.5	21.0±0.6	20.6±0.6	11.9±0.4	12.0±2.0
粗脂肪	3.3±0.5	3.3±0.9	9.2±0.7	9.1±1.2	15.8±0.7	15.5±1.0

平均値±標準偏差 (N=5)

表16 マダイ飼育試験における飼育成績 (2018/8/30~2019/2/18)

系統	飼料	尾数	平均魚体重 (g)		増重量 (g)	増肉係数	日間給餌率 (%)	死亡率 (%)
			開始時	終了時				
低魚粉対応家系	低魚粉	35	772±10	1600±3	828	1.98±0.04	0.80±0.02	0.0
	対照	35	715±16	1603±14	888	1.95±0.01	0.85±0.01	0.0
市販種苗	低魚粉	35	618±2	1209±13	591	2.35±0.03	0.89±0.03	0.0
	対照	35	576±7	1289±56	713	2.18±0.00	0.94±0.00	0.0

表17 マダイ飼育試験における試験魚の血液性状および比肝臓重量

		赤血球数 ( $\times 10^4/\text{mm}^3$ )	ヘモグロビン含量 (g/100mL)	ヘマトクリット値 (%)	比肝臓重量 (%)
低魚粉対応家系	低魚粉	3.26 $\pm$ 0.2	9.37 $\pm$ 0.7	36.6 $\pm$ 2.6	1.32 $\pm$ 0.0
	対照	3.23 $\pm$ 0.1	9.65 $\pm$ 0.3	36.3 $\pm$ 1.8	1.52 $\pm$ 0.2
市販種苗	低魚粉	3.44 $\pm$ 0.2	9.75 $\pm$ 0.1	35.9 $\pm$ 1.1	1.67 $\pm$ 0.3
	対照	3.52 $\pm$ 0.0	10.1 $\pm$ 0.3	37.1 $\pm$ 0.3	1.72 $\pm$ 0.1

平均値 $\pm$ 標準偏差(N=5)

表18 マダイ飼育試験における試験魚の血漿性化学性状

		総タンパク (g/100mL)	アルブミン (g/100mL)	グルコース (mg/100mL)	尿素窒素 (mg/100mL)	カルシウム (mg/100mL)	総コレステロール (mg/100mL)	トリグリセリド (mg/100mL)	尿酸 (mg/100mL)
低魚粉対応系統	低魚粉	3.92 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.06	83.10 $\pm$ 14.8	6.3 $\pm$ 1.6	14.36 $\pm$ 0.1	348.7 $\pm$ 3.0	96.7 $\pm$ 30.4	1.19 $\pm$ 0.2
	対照	3.12 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.07	67.20 $\pm$ 11.6	2.0 $\pm$ 0.3	15.02 $\pm$ 0.7	291.3 $\pm$ 4.7	110.4 $\pm$ 3.7	0.42 $\pm$ 0.0
市販種苗	低魚粉	2.10 $\pm$ 0.5	0.8 $\pm$ 0.06	68.90 $\pm$ 16.3	5.5 $\pm$ 1.8	14.23 $\pm$ 1.5	299.3 $\pm$ 12.3	82.1 $\pm$ 8.6	0.85 $\pm$ 0.2
	対照	2.79 $\pm$ 0.1	0.9 $\pm$ 0.00	72.30 $\pm$ 7.2	4.6 $\pm$ 4.0	14.52 $\pm$ 0.0	265.1 $\pm$ 14.3	81.5 $\pm$ 10.9	0.76 $\pm$ 0.1

平均値 $\pm$ 標準偏差(N=5)

表19 マダイ飼育試験における低魚粉対応家系試験魚の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	72.4 $\pm$ 0.2	72.4 $\pm$ 0.0	68.3 $\pm$ 0.8	68.1 $\pm$ 0.1	64.2 $\pm$ 0.6	64.3 $\pm$ 0.5
粗灰分	1.5 $\pm$ 0.0	1.5 $\pm$ 0.0	1.4 $\pm$ 0.0	1.4 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.1
粗タンパク質	21.6 $\pm$ 0.7	21.4 $\pm$ 0.6	20.6 $\pm$ 0.3	20.1 $\pm$ 1.1	*12.7 $\pm$ 0.1	12.0 $\pm$ 0.1
粗脂肪	3.3 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.1	9.1 $\pm$ 0.4	9.6 $\pm$ 0.1	16.2 $\pm$ 0.4	14.7 $\pm$ 0.7

平均値 $\pm$ 標準偏差(N=2)

\*は両区間の有意差(Tukey's multiple comparison test ,p<0.05)を示す

表20 マダイ飼育試験における市販種苗試験魚の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

(%)	背側筋		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	71.6 $\pm$ 0.0	72.4 $\pm$ 0.2	66.9 $\pm$ 1.1	68.2 $\pm$ 0.0	62.8 $\pm$ 2.9	60.5 $\pm$ 2.5
粗灰分	1.5 $\pm$ 0.0	1.5 $\pm$ 0.0	1.4 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.1
粗タンパク質	21.1 $\pm$ 1.0	21.8 $\pm$ 0.1	20.8 $\pm$ 0.6	20.1 $\pm$ 0.4	11.2 $\pm$ 0.1	10.9 $\pm$ 0.1
粗脂肪	4.3 $\pm$ 0.8	3.7 $\pm$ 0.9	11.3 $\pm$ 0.0	10.8 $\pm$ 0.1	14.9 $\pm$ 2.9	17.9 $\pm$ 3.8

平均値 $\pm$ 標準偏差(N=2)

# 輸出用大型ブリ等生産技術開発研究

渡邊 昭生・中島 兼太郎・菊池 隆展・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一・莚田 峻希  
納田 健次\*1・松原 孝博\*2・竹ノ内 徳人\*2・後藤 理恵\*2・斎藤 大樹\*2

養殖ブリは北米をはじめとした海外での需要が急速に拡大しており、世界的に有望な養殖魚のひとつとして注目されている。海外では脂乗りがよい大型のサイズのブリが求められているが、本県では大型サイズのブリの生産体制が確立してないことから、需給のミスマッチが生じている。そのため、海外ニーズに応える品質のブリやみかんフィッシュを提供する生産技術を開発することで、輸出版売力を強化し、実需の創出を図ることを目的とする。

## I 成熟抑制による大型ブリ養殖技術の開発

### 目 的

海外ニーズに対応した大型のブリを、従来よりも低コストで効率的に生産する技術を開発する。このため、特定の栄養素が欠乏すると成熟が抑制される知見を利用し、人為的に成熟をコントロールする技術を開発するとともに、そのメカニズムを解明する。

### 方 法

#### 1 飼育試験

平成 30 年 2 月 27 日に 5×5×5m の金網生簀で飼育中の平均魚体重 5,794g のブリ 150 尾のうち 60 尾を、5×5×5m のポリ網生簀 3 面に 20 尾ずつ収容した。飼料の栄養素を調整した特注の EP 飼料（以下、調整飼料）を 2～5 月に給餌する試験区 1（金網生簀）、3～5 月に給餌する試験区 2（ポリ網生簀）、4～5 月に給餌する試験区 3（ポリ網生簀）、および市販の EP 飼料（おいかぜ 18 号：日清丸紅飼料社製）を給餌する対照区（ポリ網生簀）を設定し、各区とも週 3 回飽食給餌した。5 月以降は、各試験区の 8 尾にピットタグを打ち込み、どの試験区由来のものか識別可能な状態にして 1 生簀にまとめた上でおいかぜ 18 号を給餌し、12 月まで飼育した。

試験開始時に 10 尾、4 月および 5 月に各試験区から 6 尾ずつをサンプリングし、尾部静脈から注射器により約 10ml 採血した。その後、尾又長および魚体重を測定し、生殖腺の採取と重量計測をおこない、一部を組織学的観察用にブアン固定した。肝臓はビテロジェニかったが、その他の個体については精子が観察される発達した精巣組織像が観察された。また、試験開始時の雌では卵黄蓄積前の表層胞期の卵母細胞が、対照区、試験区 1 では卵黄球期後期の卵母細胞を多く含む像が観察されたが、試験区 2 と 3 では卵黄球期後期まで発達した卵母細胞の退行像が多数観察された。5 月のサ

ンプリングでは、GSI は低下しており、組織学的観察では、雌は周辺仁期または初期の表層胞期の卵母細胞の遺伝子発現解析用に RNA Later (Invitrogen 社) で処理し、-80℃で保存した。血清は 5,000 rpm 15 分遠心分離し、-30℃で保存した。組織学的観察は常法によってパラフィン切片を作製し、ヘマトキシリン-エオシン染色を施してその組織像を観察した。また、8 月、10 月および 12 月には、ピットタグを打ち込んだ個体の尾又長および魚体重を測定した。

#### 2 ビテロジェニン (Vtg) 遺伝子の発現解析および Vtg タンパクの免疫学的定量

肝臓サンプルから ISOGEN (NIPPON GENE 社) を用いて全 RNA を抽出し、その 1μg を使用して ReverTra Ace qPCR RT Master mix cDNA synthesis kit (TOYOBO 社) により逆転写した。VtgAa, VtgAb, VtgC 遺伝子は定量リアルタイム RT-PCR (rtqRT-PCR) により測定した。

Vtg タンパクの免疫学的定量には、北海道大学原彰彦教授から供与された家兎抗血清、抗ブリ成熟卵巣抽出液 (a-ytOE) を用いた。各抗血清はブリ雄血清で吸収し、Vtg 特異抗血清とした。Vtg 濃度の定量はマンシーニの免疫拡散法によりおこなった。定量には 2% の吸収 a-ytOE を含む 1% アガロースプレートにより、適切な希釈を施した血清 10μl を用いておこなった。プレートは 24 時間静置し、洗浄、乾燥後アミドブラック 10B により染色し、免疫沈澱した円の面積を測定した。同プレートに段階希釈した濃度既知の精製ビテロジェニン溶液をスタンダードとして加え、血清の Vtg 濃度を算出した。

#### 3 血清ステロイドホルモンの測定

血清中の雌性ホルモン（エストラジオール 17β-Estradiol, E2）及び雄性ホルモン（11-Ketotestosterone を含む全テストステロン, T）は Enzo Life Science 社の ELISA キットを用いて測定した。

## 結果および考察

#### 1 飼育試験

体重の推移を図 1 に示した。産卵前の 4 月から産卵直後の 5 月にかけて試験区 2 を除いて体重が減少した。試験終了時の 12 月には調整飼料を給餌した試験区の体重が対照区よりも大きかった。また、試験区の中でも、調整飼料の給餌期間が長い順に体重が大きかった。

生殖腺体指数 (GSI) の測定結果を表 1 に示した。4 月のサンプリングにおいて、試験区 2 の雄 (2 尾) を除き試験開始時と比較して GSI は増大していた。組織

\*1 産業技術研究所食品産業技術センター

\*2 愛媛大学南予水産研究センター

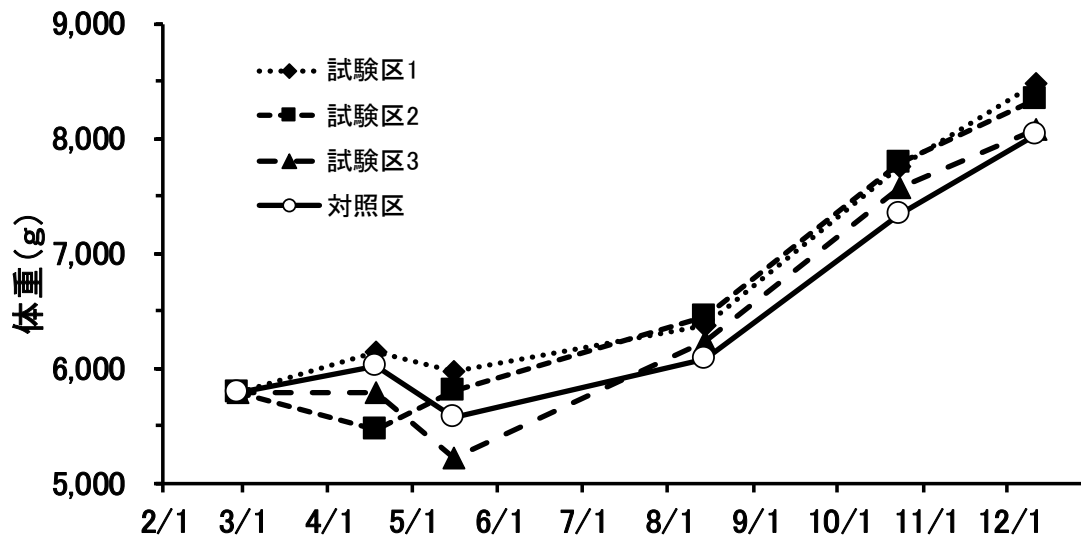


図1 体重の推移

学的観察では、試験区2の雄については活発な精子形成中であることを示す精母細胞や精細胞は明瞭ではなかったが、その他の個体については精子が観察される発達した精巣組織像が観察された。また、試験開始時の雌では卵黄蓄積前の表層胞期の卵母細胞が、対照区、試験区1では卵黄球期後期の卵母細胞を多く含む像が観察されたが、試験区2と3では卵黄球期後期まで発達した卵母細胞の退行像が多数観察された。5月のサンプリングでは、GSIは低下しており、組織学的観察では、雌は周辺仁期または初期の表層胞期の卵母細胞からなる未熟な状態、雄は未熟な精巣像であった。これらのことから、雌雄ともにいずれの個体の生殖腺も4月のサンプリング時には成熟が進んでおり、GSIから判断すると成熟抑制の明瞭な効果は認められなかった。

表1 GSIの推移

		開始時	試験区1	試験区2	試験区3	対照区
開始時	雄	0.36				
	雌	0.72				
	合計	0.57				
4月	雄	5.44	0.51	1.69	3.11	
	雌	2.75	1.68	2.20	2.89	
	合計	3.65	1.29	1.95	2.97	
5月	雄	0.48	0.57	0.16	0.32	
	雌	0.82	0.27	0.60	0.61	
	合計	0.65	0.37	0.31	0.37	

## 2 Vtg遺伝子の発現解析およびVtgタンパクの免疫学的定量

4月のサンプリング時には血中Vtg濃度はいずれの区でも高い値(3.49~5.59mg/mL)を示した。5月のサンプリングでは、試験区の雌は測定限界を下回る濃度に低下したが、対照区ではVtgが認められた(1.16mg/mL)。

## 3 血清ステロイドホルモンの測定

性ステロイドホルモンの測定結果では、4月のサンプリングにおいて雄のT、雌のE2ともに試験区2と3で低い値を示した(図2、3)。肝臓のVtg遺伝子の発現解析においても試験区2と3で低い値を示し、Vtg遺伝子の発現を調節するE2と同様の結果であった。

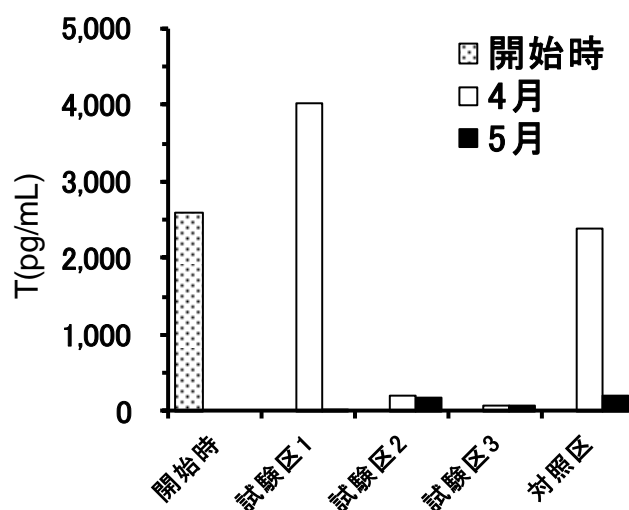


図2 雄の血清テストステロン濃度

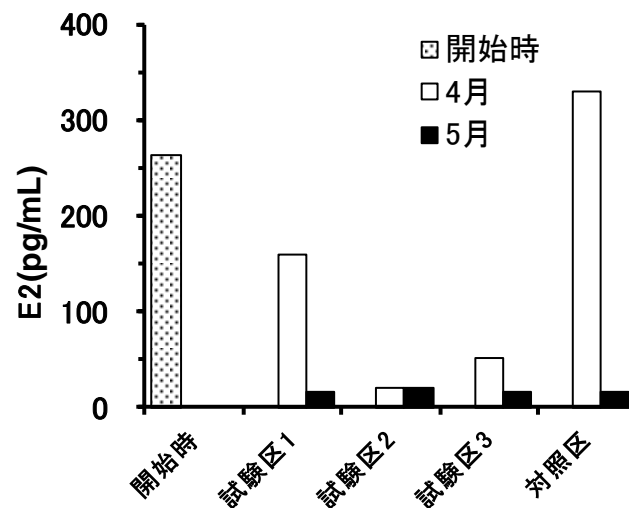


図3 雌の血清エストラジオール-17β濃度

## 4 まとめ

今回の飼育試験では、試験終了時の体重は調整飼料を給餌した期間が長い順に体重が大きかった。試験区2と3では生殖腺の発達や性ステロイドホルモンの分泌が抑えられている傾向がみられたが、試験区1については対照区と差がみられなかった。これらのことから、今回の飼育方法試験の方法では生殖腺の発達を完全に抑制することはできなかったが、一部の個体では成熟を抑制する効果があったと考えられた。

## II 輸出戦略としての差別化・付加価値化技術の開発 目 的

日本近海の固有種であるブリの海外市場における評価は、国内とは異なる可能性があることから、大型ブリの体成分や機能性成分を分析して海外でアピールできる点を明確にするとともに、冷蔵状態で空輸するための鮮度保持技術を開発する。また、輸出先として有望な海外のニーズを把握したうえで市場に応じた販売ツールを開発することで、差別化・付加価値化を図り、高い産地間競争力を得る。

## 方 法

### 1 特性把握と鮮度保持技術の開発

ブリを冷やし込みした後の保管中における鮮度保持技術を向上するため、保冷剤の種類やブリに挿入する冷却棒の使用について検討をおこなった。

保冷剤の検討として、8月に大型ブリを2尾（平均体重6,500g）サンプリングして締めた後、肛門から中心部に向けて温度センサーを挿入して魚体芯温を10分ごとに連続測定した。冷やし込みは、 $-1.5^{\circ}\text{C}$ 塩氷に3時間浸漬した。

冷やし込み後、試験区には、 $-25^{\circ}\text{C}$ まで冷却可能な強力保冷剤300gを3個、500gを3個同梱し、 $5^{\circ}\text{C}$ で24時間保管した後、強力保冷剤を取り出して、従来の保冷剤500gを4個同梱して、66時間保管した。この試験区は、国内輸送のみ強力な保冷剤を使うことを想定して設定した。対照区には、従来の保冷剤500gを4個同梱し、 $5^{\circ}\text{C}$ で90時間保管した。保管後、それぞれのK値及び色調を分析した。

K値を分析するにあたり、背鰭第1棘の前から採肉し、10%PCAを10mL加えホモジナイズし、遠心分離（5,000rpm、8分、 $0^{\circ}\text{C}$ ）して、上清を回収した。次に、5%PCAを5mL加えて攪拌し、再度遠心分離して上清を回収した。これを、KOH水溶液で中和後、No.2ろ紙でろ過し50mLにメスアップした。0.2 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフ（株式会社島津製作所製 Prominence）で測定した。

背側部血合筋の色調（a値およびb値）は、分光測色計（コニカミノルタオプティクス株式会社製 CM-5）を用い、捌いてから0、3、24時間後に測定した。なお、

色調の表記は血合筋のメト化度合を良く表現するb/a値で、0.8を超えると褐変のため刺身商材にならないものと判定した。

冷却棒使用の検討として、12月に大型ブリを2尾（平均体重6,500g）サンプリングして締めた後、前述と同様の方法で魚体芯温を測定した。冷やし込みは、 $-1.5^{\circ}\text{C}$ 塩氷に3時間浸漬した。試験区には、ブリの口から冷却棒（22cm）を挿入し、内側からも冷却することで芯温を速やかに下げることができないか検討した。対照区は無処理とした。

## 2 海外市場における消費ニーズ調査

養殖ブリ（大型みかんブリ）に対する評価を把握するため、アメリカ合衆国ヒューストン、同ニューヨーク同ロサンゼルス、カナダバンクーバーの4都市で試食アンケート調査およびヒアリング調査を実施した。

### (1) ヒューストン

12月1日と2日に「SEIWA MARKET」（現地スーパー）で開催された愛媛フェアにおいて、大型みかんブリと通常ブリの試食アンケート調査を行った。試食用のブリは、愛媛県漁業協同組合連合会（以下、県漁連という）を通じて空輸したチルドブリ（通常ブリ体重約5kg、大型みかんブリ体重約8kg：水産研究センター生産、ラウンド）を刺身で提供した。

### (2) ニューヨーク

1月11日から13日にニューヨークの現地輸入業者及び高級レストランにおいて、みかんブリのプロモーション、商談および試食サンプルに対する評価やアメリカ合衆国における流通事情の情報交換を行った。試食用のブリは、県漁連を通じて空輸したチルドブリ（みかんブリ体重約5kg、ラウンド）を刺身で提供した。

### (3) ロサンゼルス

1月12日と13日に「SEIWA MARKET」で開催された愛媛フェアにおいて、大型みかんブリと通常ブリの試食アンケート調査を行った。試食用のブリは、愛媛県漁業協同組合連合会（以下、県漁連という）を通じて空輸したチルドブリ（通常ブリ体重約5kg、大型みかんブリ体重約8kg：水産研究センター生産、ラウンド）を刺身で提供した。

### (4) バンクーバー

2月4日と5日にバンクーバーの飲食店において、みかんブリのプロモーション、商談および試食サンプルに対する評価やカナダにおける流通事情の情報交換を行った。試食用のブリは、県漁連を通じて空輸したチルドブリ（大型みかんブリ体重約9kg、ラウンド）を刺身で提供した。

## 結果および考察

### 1 特性把握と鮮度保持技術の開発

梱包後における保冷剤の条件を変えた大型ブリの

芯温変化を図4に示す。24時間後の芯温は、強力保冷剤を使用した試験区で1.4°Cだったが、従来保冷剤を使用した対照区で2.7°Cであった。90時間後の芯温は、試験区で0.6°Cであったが、対照区で4.8°Cであった。強力保冷剤を使用することで従来保冷剤よりも素早く芯温を下げる事ができ、強力保冷剤から従来保冷剤に変えても、芯温を低く抑えられることが分かった。

梱包90時間後のK値は、試験区で12.9%、対照区で19.6%であり、強力保冷剤を使用することで、K値を低く抑えられることが分かった。

背側部血合筋の色調の変化を図5に示す。解体時と3時間後のb/a値は、試験区が対照区よりも高かった。強力保冷剤の使用により芯温を下げると、魚体表面が凍り、褐変が進むと考えられた。

冷却棒の有無による冷やし込み中における大型ブリの芯温変化を図6に示す。試験区と対照区では差はみられず、冷却棒の使用によって、芯温の低下速度を速めることはできなかった。

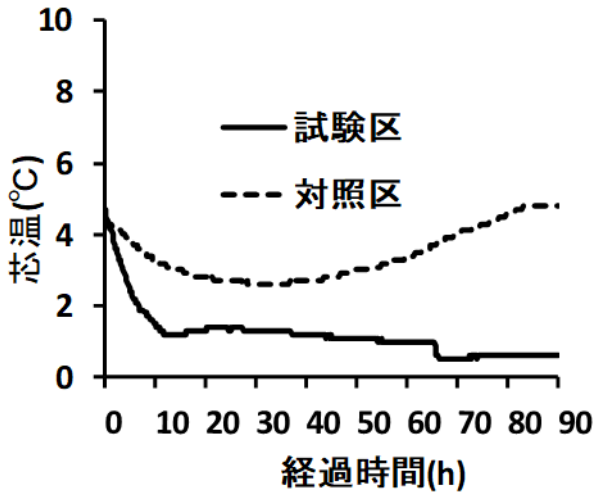


図4 梱包後における大型ブリの芯温変化

## 2 海外市場における消費ニーズ調査

### (1) ヒューストン

現地ベンダーとの意見交換では、元々ヒューストンでは品質の高いブリの流通量が少ないことから、みかんブリを含めた鮮度の良いブリの流通の可能性に対する期待感が高かった。

### (2) ニューヨーク

現地輸入業者と5店舗の高級レストランからヒアリングを行った結果、みかんブリについて高い評価を受けるとともに、複数の注文を受け出荷が続いた。他県産の養殖ブリとの差別化を図る上でも、特徴のある商品の販売が有効であることが明らかとなった。

### (3) ロサンゼルス

2店舗において大型みかんブリの試食販売を行った結果、好評であり購入したいという意見も多く聞かれた。ベンダーとの意見交換では、夏場に脂乗りのよいブリについては特にニーズが高いことが明らか

となった。

### (4) バンクーバー

現地ホールセラーと5店舗のレストランでヒアリングを行った結果、大型みかんチョコブリについて、1週間経っても血合筋の褐変は見られず、熟成された味であり大変好評であった。ただし、規模の小さなレストランでは8キロサイズでは大きすぎるとの声もあった。

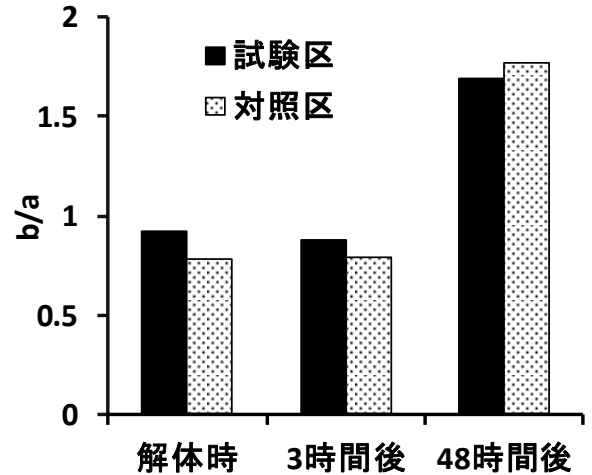


図5 解体後における大型ブリの血合筋の色調変化

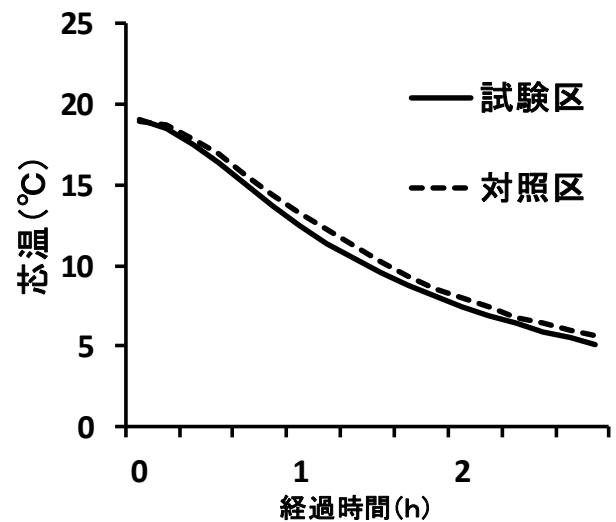


図6 冷やし込み中における大型ブリの芯温変化

## III 新規「みかんフィッシュ」作出技術の開発

### 目的

イヨカン搾汁滓を飼料に混合し作出したみかんブリは、果皮に多く含まれるβクリプトキサンチンの抗酸化作用によって、血合筋の褐変(メト化)が進行しにくい特徴を有している。ブリの海外への販路展開をおこなう際に、この褐変防止効果は極めて重要な効果になりうる。しかしながら、みかんフィッシュは食べた時に柑橘特有の香りを伴うため一般的とは言い難い。そこで、チョコレートなどに多く含まれるカカオポリフェノールを飼料に混合し、香りを伴わない褐変抑制効果を有するブリの作出技術を試みた。



## 方 法

褐変防止効果を期待する成分として、強い抗酸化力を有するカカオポリフェノールの高含有するチョコレート（食品用）およびカカオバターを用いた。表3に従い、チョコレートを5%（w/w）配合した1区、カカオバターを5%（w/w）配合した2区および抗酸化作用をもつ成分を含まない対照区（3区）の3種類のMPを作製し、試験に用いた。

平均魚体重 6.5kg のブリ 2 歳魚を海面金網生簀（3×3×3m）3面に各15尾ずつ収容し、表2の組成のモイストペレットを1日1回給餌しながら2週間予備飼育をおこなった。これらのブリに試験用MPを総魚体重の2%になるように1日1回、給餌した。給餌開始から5、10および20回目に各区3尾ずつサンプリングし、生け締め後0日、1日、2日、3日、4日、5日および7日目に色彩色差計（ユニカミノルタ株式会社製 CR-13）を用い背側部血合筋の色調（a 値および b 値）を測定した。なお、色調の表記は血合筋のメト化度合を良く表現する b/a 値で示した。

表2 試験用モイストペレットの組成

(kg)	チョコMP	カカオバターMP	対照MP
マッシュ	20	20	20
イカナゴ	20	20	25
チョコレート	5		
カカオバター		5	
ビタミンミックス	1	1	1
フィードオイル	4	4	4

## 結果および考察

チョコレートを5%配合したMP飼料およびカカオバターを5%配合したMP飼料の摂餌性は、対照MP飼料と同等以上であり、給餌期間が長くなっても低下することはなかった。

試験飼料を20日間給餌したブリの血合筋の色調変化を図7に示す。給餌20日目のブリ血合筋生食の目安と考えられる b/a 値が0.8を下回る日数は対照区（3区）が2日であったのに対して、カカオバター区（2区）およびチョコレート区（1区）が5日目までであった。カカオバターを含有させることにより、チョコレートMP同様な強い変色防止効果が確認された。

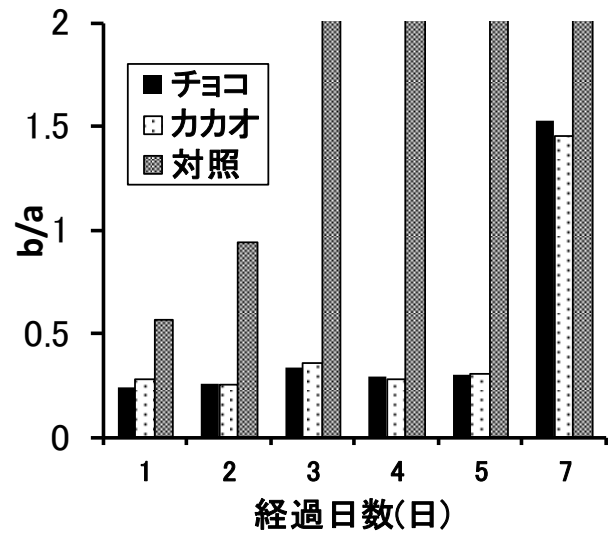


図7 試験用モイストペレットを20日間給餌後のブリの血合筋の色調



# サケ類養殖技術開発事業

中村 翠珠・武智 昭彦・坂口 秀雄・納田 健次\*

## 目 的

近年、食の多様化から、付加価値の高い新たな養殖魚種が求められており、本県海面養殖業の高い生産技術により、主力魚種の生産量を維持しながら、出荷後の生簀を用いて翌春までの短期間で出荷が可能な新魚種としてサケ類に期待が寄せられている。また、これらの種苗が県内で生産されることにより、内水面養殖業者の経営安定や新たな雇用の創出が期待される。さらに、みかんフィッシュ化技術を活用するなどの、本県独自の新たなサケ類養殖技術を開発し、内水面と海面を繋いで双方の振興を図る。

## 方 法

### 1 ギンザケ種苗生産試験

#### (1) 平成 29 年度生産分

平成 29 年度試験において当所でふ化・育成したギンザケ種苗を、上浮穴郡久万高原町の民間内水面養魚場（以下、「久万高原町養魚場」とする）に 9,679 尾移送し、平成 30 年 4 月 3 日から 12 月 20 日まで飼育試験を行った。ギンザケ種苗は定期的に 30 尾をサンプリングし、全長および体重を測定した。

#### (2) 平成 30 年度生産分

平成 30 年 12 月 20 日に北海道斜里郡斜里町の業者からギンザケ発眼卵 10,000 粒（平均卵重 0.146g、積算水温 280℃）を入手し、久万高原町養魚場で種苗生産をおこなった。発眼卵は、水産用イソジン液で消毒（有効ヨウ素濃度 50ppm に 15 分間浸漬）した後、卵管理をおこない、ふ化仔魚は、配合飼料（おとひめ B2 および C1、日清丸紅飼料（株）製）で飼育した。

### 2 ギンザケ海面養殖試験

#### (1) 平成 29 年度導入分

宇和島市の民間養殖業者所有のコンクリート水槽で平成 29 年 12 月から海水養殖していたギンザケを、平成 30 年 4 月 20 日に測定した。また、併せて魚肉の赤色度について色彩色差計（ミノルタカメラ（株）製 CR-121）で頭部近くの背肉断面 5 カ所の Lab 値を測定した。また、魚肉成分については、頭部近くの魚肉（背肉および腹肉、骨、皮は除く）をサンプルとし、複数尾の魚肉を平均化するため、ミキサーでミンチにした魚肉を等量ずつ混合したものを冷凍保存し、愛媛県食品産業技術センターに一般成分（水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分）の分析を依頼した。

#### (2) 平成 30 年度導入分

養殖試験は、方法 1-(1)で記載したギンザケ 1 歳魚（平均体重 110g）を用いて、今治 2 ヶ所、宇和島市 1 ヶ所で養殖試験を実施した（表 1）。

海水馴致は、生簀に 0～50%海水を入れたブルーシートを貼り、ギンザケ種苗を活魚車から流し込み導入したのち、海水を注水し海水比率を徐々に上昇させた。また、海水馴致中は酸素濃度が低下しないよう酸素および空気を通気した。

測定および魚肉成分については方法 2-(1)と同様の方法を用いた。ただし、魚肉の赤色度については色彩色差計（コニカミノルタ（株）製 CR-20）を使用した。

表 1 各試験区および試験開始日

種類	場所	生け簀 (種苗導入時)	開始月日	種苗尾数 尾	平均体重 g
H29年度	ギンザケ	宇和島	2017/12/18	1,645	172
		今治C	2018/1/20	1,623※	308
	ニジマス	今治D	2018/1/23	1,002※	449
		今治E	2018/1/23	557※	449
		松山	2018/2/2	1,551	315
H30年度	ギンザケ	今治C	2018/12/20	1,000	110
		今治D	2018/12/14	1,000	110
	宇和島	2018/12/12	5,000	110	

※は導入重量と導入時平均体重から推測

### 3 サケ類海面養殖試験

#### (1) ニジマス海面養殖試験（平成 29 年度導入分）

前年度から継続していたニジマス海面養殖試験について、月 1 回の測定を適宜実施しデータを収集した。各試験区の設定および試験開始日を表 1 に示した。各試験場所のうち、松山において平成 30 年 4 月にサイズ選別を実施し、その際に大個体を収容した生簀を（大）、小個体を収容した生簀を（小）とした。

#### (2) アマゴ海面養殖試験

サケ類養殖時の飼料代削減方法として、家畜等で成長促進作用が確認されているメチオニンの添加効果を検証するため、平成 30 年 2 月 16 日に高知県産のアマゴ（2 歳魚、平均体重 176g）を 10t 八角コンクリート水槽に 100 尾収容し、1 週間以上淡水で水温馴致させたのち、3 日かけて海水馴致を実施した。海水馴致終了 1 週間後に 3t 円形 FRP 水槽 3 面に、各区 20 尾ずつ（平均体重 174.3～176.9 g）収容し、表 2 の試験飼料を供試した。メチオニン添加飼料は、コンクリートミキサーで飼料を攪拌しながらメチオニン（住友化学（株）社製）水溶液を添着させ、濃度が 1%となるように調整した。試験期間は平成 30 年 3 月 1 日～4 月 26 日までの 56 日間、週 5 日の飽食給餌とした。また、試験開始時と終了時に全数の体長・体重を測定した。

表2 アマゴ海面養殖試験飼料組成

試験区名		Diet 1 対照区	Diet 2 メチオニン 添加区	Diet 3 高魚粉区
飼料(市販品)		科学飼料研究所; ます類育成用エル		フィードワン; あまごEP
メチオニン添加量		無添加	1%	無添加
成分量(%以上)	粗タンパク質	44.0	44.0	45.0
	粗脂肪	8.0	8.0	8.0
	粗繊維	4.0	4.0	3.0
	粗灰分	14.0	14.0	15.0
	カルシウム りん	1.0 1.0	1.0 1.0	1.6 1.3
備考		植物性油かす類36% 動物質性飼料30% 穀類10%		魚粉56% 小麦粉24% 大豆油粕10%

(3) ニジマス種苗生産試験

種苗生産試験は、久万高原町養魚場および滑床養魚場(松野町営)で実施した。ニジマス種苗は、平成30年4月27日に長野県安曇野市の業者からニジマスのドナスチ系統(ドナルドソンとスチールヘッドを掛け合わせた系統)60,000尾を入手し、久万高原町養魚場および滑床養魚場にそれぞれ57,800尾、2,200尾導入した。その後月1回の測定を適宜実施し、データを収集した。

(4) 色揚げ飼料給餌時期検討試験

平成30年12月27日に久万高原町より購入したドナスチ系ニジマス(平均体重99g)を10tレースウェイ水槽に200尾収容し、1週間以上淡水で水温馴致させたのち、3日かけて海水馴致を実施した。1t黒色ポリエチレン水槽3面に、各区50尾ずつ収容し、アスタキサンチン配合飼料として、フィード・ワン(株)の色揚げEP飼料「サーモン・EPパンサー(以下、「Diet1」とする)」を、アスタキサンチン未配合飼料として(株)日清丸紅飼料のマダイ(アスタキサンチン未配合)EP飼料「しぶき(以下、「Diet2」とする)」および(株)マルイ産業「マス育成用(以下、「Diet3」とする)」を併用して使用し、換水率360%/時で平成31年1月28日から3月31日までの62日間当所にて給餌試験を行った。なお、本試験は5月末まで試験継続予定であり、各飼料の配合成分および価格は表3の通りである。

表3 アマゴ海面養殖試験飼料組成

試験区名		Diet 1 対照区	Diet 2 メチオニン 添加区	Diet 3 高魚粉区
飼料(市販品)		科学飼料研究所; ます類育成用エル		フィードワン; あまごEP
メチオニン添加量		無添加	1%	無添加
成分量(%以上)	粗タンパク質	44.0	44.0	45.0
	粗脂肪	8.0	8.0	8.0
	粗繊維	4.0	4.0	3.0
	粗灰分	14.0	14.0	15.0
	カルシウム りん	1.0 1.0	1.0 1.0	1.6 1.3
備考		植物性油かす類36% 動物質性飼料30% 穀類10%		魚粉56% 小麦粉24% 大豆油粕10%

対照区には全期間通してDiet1を給餌し、試験区①はDiet2および3を3月1日まで与えたのち、Diet1に切り替え、試験区②はDiet2および3を4月1日ま

で与えたのちDiet1へ切り替えた。給餌は週5日の飽食給餌とし、試験開始時と終了時に全数の体長・体重を測定した。身色は2週間毎に3尾無作為にサンプリング後、頸椎切断により即殺・脱血し、翌日に頭部近くで輪切りにして断面を露出させ、色彩色差計(コニカミノルタ(株)製CR-20)で背肉側5カ所のLab値を測定した。

4 みかんフィッシュ生産試験

方法3-1)の今治Dニジマスでみかんフィッシュ化を試みるため、いよかんオイル((株)えひめ飲料製)を使用し、出荷前の2週間に魚体重の0.1%の量を餌に浸透させて与えた。いよかんオイルが少量の場合は、餌に均一に混ざるよう、フィードオイルなどでかさ増しをして浸透させた。

官能試験は、平成30年5月に採取したサンプルを-20℃で保存して供した。10~50代の審査員28名により、外観、食感、脂の乗り、味わいについて5点満点、柑橘の香りについては4点満点で評価した。

結果および考察

1 ギンザケ種苗生産試験

(1) 平成29年度生産分

試験期間中の水温および体重を図1に示す。水温は3.7~18.8℃で推移しており、昨年度試験と同様に、高水温によるへい死はみられなかった。また、平均体重は高水温期の夏期に緩やかな成長を見せ、低水温期の冬期には高成長し試験終了時には110gとなった。この成長の推移としては、昨年度試験と同様に海面養殖業者への出荷時体重を150g前後に設定しているが、本養魚場ではギンザケの他アマゴを飼育しており、池の面数が必要な夏期にギンザケの面数をおさえるために給餌量を少なく設定していたためである。本試験の結果より、池の面数を確保することが難しい養殖場においても、低水温期でも成長する海面養殖用ギンザケ種苗は他魚種の養殖規模を維持しつつ養殖可能であり、今後内水面の養殖振興に向けて有力な魚種であると考えられた。

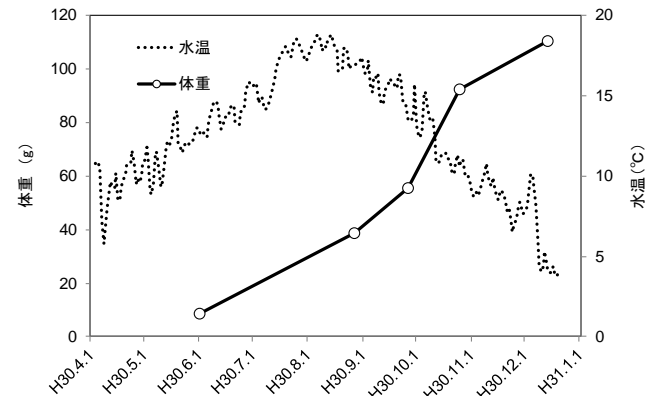


図1 H29 ギンザケ種苗生産試験時の水温および体重の推移

(2) 平成30年度生産分

発眼卵の管理は平成30年12月22日から始め、積算水温が460℃となった平成31年1月13日にふ化が始まり、日齢67から稚魚が浮上しはじめ、日齢72で全長3.6cmとなった。

昨年度試験では当所で飼育していたが、内水面養魚場のふ化場とは水温にして約1~2℃の差があることから、ふ化開始日および成長が遅れているものと考えられた。今後、初期成長も含め12月の出荷時の目標体重に向けて計画的に給餌する必要がある。

2 ギンザケ海面養殖試験

(1) 平成29年度導入分

試験期間中の水温と体重を図2に、養殖試験中の全長、一般成分および魚肉のLab値を表4に示した。種苗導入時12月の平均魚体重は172gで出荷時4月の平均魚体重は1,223gとなった。脂質含量については種苗導入時12月に2.7g/100gであったが、4月までに19.4g/100gとなった。

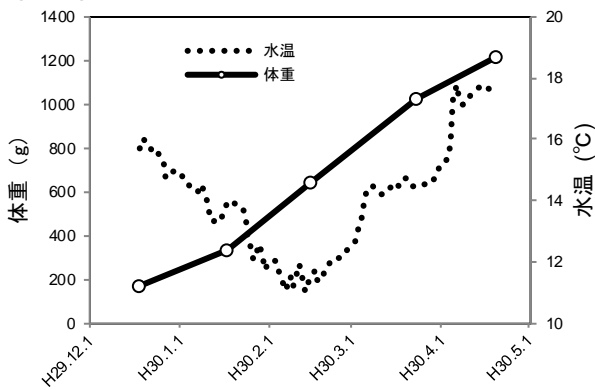


図2 H29 ギンザケ養殖試験中の水温および体重の推移

Lab値のうちギンザケ魚肉の赤色度合いを示すa値については、種苗導入時12月は-0.4であったが、4月までに徐々に増加し、6.5まで増加した。

一方で、コンクリート水槽での飼育はポンプアップによる取水が必須であること、純酸素の投入が必要であることなどから、電気代および諸経費がかかり、事業化は難しいと考えられた。

(2) 平成30年度導入分

養殖試験中の全長、体重、魚肉の一般成分およびLab値のうちa値を表4に、体重の推移を図3に示した。

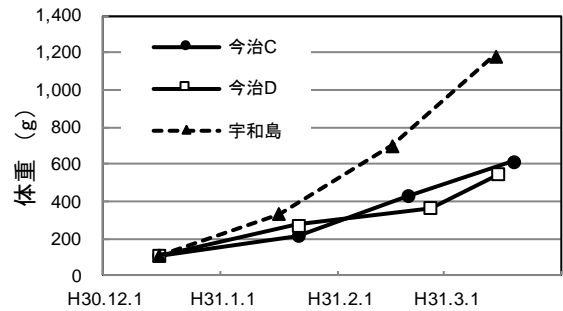


図3 H30 ギンザケ養殖試験中の体重の推移

種苗導入時の平均魚体重は110gであったが、3月の魚体重は今治Cが616g、今治Dが546g、宇和島が1,187gと瀬戸内海(今治)と宇和海(宇和島)で差が見られた。養殖期間中の水温は今治Dで2月に最低水温11.6℃、最高水温は12月の16.3℃であったが、宇和島では最低水温13.6℃、最高水温16.9℃と約2℃の水温差があり、これに起因したものと考えられた。

ギンザケ魚肉中の脂質含量は、導入時は1.9g/100gであり、3月測定時には今治Cで14.6g/100g、今治Dで14.5g/100g、宇和島で24.2g/100gと平均体重の大きい宇和島で最も高く、昨年度試験における外国産ギンザケ(18.4g/100g)よりも高かった。

表4 サケ類海面養殖試験の全長、体重、一般成分および色調

魚種	場所	種苗導入元	月日	検査尾数	全長(mm)	体重(g)	水分(g/100g)	たんぱく質(g/100g)	脂質(g/100g)	炭水化物(g/100g)	灰分(g/100g)	Lab値a値	
H29年度 ニジマス	今治C	静岡県	1/20	10	291	308	71.3	18.9	7.2	1.4	1.2	-1.0	
			3/19	10	298	284	74.7	18.1	5.1	0.8	1.3	-0.3	
			4/18	10	336	498	74.4	19.6	4.4	0.4	1.3	0.1	
			5/21	11	315	391	71.0	17.9	9.1	1.0	1.1	0.6	
			5/21	10	328	449	72.3	18.3	7.5	1.0	0.9	-0.3	
	今治D、E	長野県	3/5	7	348	480	73.2	17.6	7.8	0.5	0.9	0.0	
			5/21	6	413	1210	67.7	18.3	12.7	0.2	1.2	2.5	
			4/5	5	350	420	75.3	18.2	5.2	0.1	1.2	-0.3	
	今治E		5/21	5	374	572	76.2	19.4	2.8	0.3	1.3	0.4	
			2/2	10	298	315	71.3	18.9	7.2	1.4	1.2	-0.5	
	松山	静岡県	(大)	4/11	5	359	649	71.2	18.6	7.6	1.5	1.1	1.7
			(小)	4/11	5	307	290	74.1	20.1	3.9	0.6	1.3	-0.1
			(大)	5/17	5	390	890	67.2	20.1	11.0	0.5	1.2	1.7
			(小)	5/23	5	331	362	75.5	19.8	2.9	0.5	1.3	0.8
ギンザケ	宇和島	愛媛県	12/18	10	246	172	75.9	18.8	2.7	1.3	1.3	-0.4	
			1/17	10	292	329	70.1	17.6	10.1	1.0	1.2	2.9	
			2/15	10	352	642	65.1	17.5	15.7	0.6	1.1	4.1	
			3/23	10	396	1029	61.7	18.0	19.2	0.1	1.0	5.7	
			4/20	10	434	1223	60.2	18.9	19.4	0.4	1.1	6.5	
H30年度 ギンザケ	導入時	愛媛県	1/21	10	229	110	77.3	19.1	1.9	0.5	1.2	-1.9	
			2/19	10	268	215.8	75.0	17.7	5.3	0.9	1.1	6.4	
			3/19	10	366	615.6	66.2	18.0	14.6	0.8	0.3	19.4	
	今治C	愛媛県	1/21	12	283	275.7	72.2	17.2	8.5	0.9	1.2	9.2	
			2/25	10	313	363.6	70.0	17.6	10.9	0.4	1.1	12.5	
			3/15	6	349	546.2	66.0	17.8	14.5	0.6	1.2	18.9	
	今治D	愛媛県	1/16	10	298	333.1	69.4	17.5	11.1	0.9	1.1	14.7	
			2/15	10	357	703	61.4	16.8	20.6	0.2	1.0	22.5	
			3/14	10	416	1187.3	57.5	16.8	24.2	0.5	1.0	26.0	

Lab 値のうち a 値も脂質と同様、体重が大きくなるにつれて高くなり、3 月時点で今治 C において 19.4、今治 D で 18.9、宇和島では 26.0 であった。

ギンザケは 13℃以上が適水温とされており、瀬戸内海では冬期にこれを下回るため成長が遅れる一方で、18℃以上になるとへい死個体が増えるとされているため、瀬戸内海では養殖期間が宇和海よりも延長できる可能性がある。

### 3 サケ類海面養殖試験

#### (1) ニジマス海面養殖試験（平成 29 年度導入分）

試験期間中の各試験場所の水温を図 4 に、養殖試験中の全長、体重、魚肉の一般成分および Lab 値のうち a 値を表 4 に、体重の推移を図 5 に示した。種苗導入時の平均魚体重は、静岡県産種苗を導入した今治 C が 308g、松山が 315g、長野県産種苗を用いた今治 D および E が 449g であり、入手時期の違いもあるが導入元によって種苗のサイズが異なっていた。5 月に測定した際の魚体重は、今治 C、D、E および松山（大）、（小）それぞれ 391g、1,210g、572g、890g、362g と試験場所によって成長に違いが見られた。今治 C では選別を実施しておらず、5 月の測定では最大個体（1,183g）と最少個体（173g）と大小差が大きかったことから、平均値が低くなっているものと考えられた。また、選別を実施した松山では、4 月の選別実施後も 5 月まで小個体生簀に給餌したものの成長がみられず、小個体が発生する原因については生理的になんらかの障害が起きている可能性も示唆された。

5 月のニジマス魚肉中の脂質含量は、今治 C、D、E および松山（大）、（小）それぞれ 9.1g/100g、12.7g/100g、2.8g/100g、11.0g/100g、2.9g/100g とサイズの大きな試験区ほど高くなる傾向にあり、a 値についても、同様の傾向がみられた。

平成 29 年度の試験では導入時～5 月にかけて成長がほとんどみられず、それに伴って脂質含量の減少が起きていたと考えられる。これは冬期の低水温が関係していると推測されるほか、今治 D ではサケ科ヘルペスウイルスが発生したためにへい死魚が増加したこと等が要因の 1 つと考えられた

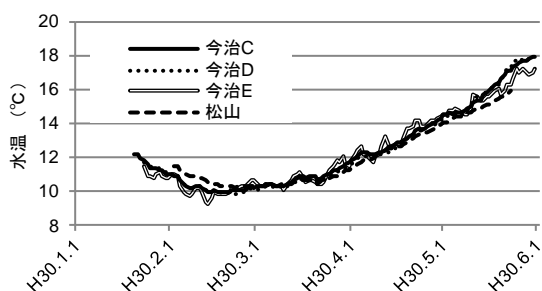


図 4 ニジマス海面養殖試験中の水温

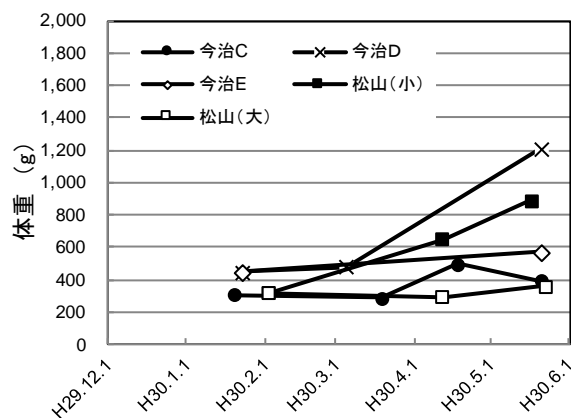


図 5 H29 ニジマス海面養殖試験中の体重の推移

#### (2) アマゴ海面養殖試験

各水槽の水温はほぼ同傾向を示し、試験期間中は 10.3～16.0℃で推移した。飼育成績の概要を表 5 に示す。日間成長率は高魚粉飼料区が最も高く、次いで対照区となり、メチオニン添加区が最も低かった。低魚粉を補う目的でメチオニンを添加したが添加効果はみられず、無添加区よりもさらに飼育成績は悪化した。

表 5 アマゴ海面養殖試験結果

Diet No.	平均魚体重(g)		増重量 g	日間成長率 %	増肉係数	死亡率 %
	開始時	終了時				
1	176.9	282.4	105.5	0.8%	1.43	0
2	176.4	257.9	81.5	0.7%	2.18	25
3	174.3	295.3	121.0	0.9%	1.20	10

#### (3) ニジマス種苗生産試験

期間中の水温は久万高原町では 3.7～18.8℃、滑床養魚場では 11.6～21.7℃で推移しており（図 6）、各地とも高水温によるへい死はみられなかったが、滑床養魚場では大雨の影響による取水停止により全数がへい死したため、8 月 7 日の測定分で終了した。また、試験期間中の平均体重の推移を図 6 に示す。平均体重は滑床養魚場では直線的に増加しているが、久万高原町ではゆるやかな増加であり、水温が一因となっていると考えられた。また、海面養殖用ニジマス種苗の導入時サイズは一般的に 400g 以上とされているが、本試験においては、河川水を使用しており冬季水温が低いことから 1 歳魚で 12 月に 400g に達することは難しいと考えられた。したがって県内における海面養殖用ニジマス種苗の生産については、2 歳魚まで淡水で飼育する必要があると考えられた。

#### (4) 色揚げ飼料給餌時期検討試験

各水槽の水温はほぼ同傾向を示し、試験期間中は 11.5～13.8℃で推移した。各試験区で導入した供試魚の体重および試験終了時の体重を表 6 に示す。試験開始時の Lab 値のうち a 値は -2.1、3 月測定時の a 値は対照区、試験区①、試験区②でそれぞれ 3.4、-1.6、-2.1 と Diet 1 を試験開始時より給餌した対照区で a 値が高く、



通常の海面導入サイズ（約 400g）よりも小型ではあるが約 1 ヶ月半の色揚げ飼料給餌により a 値の上昇が確認できた。一方で、3 月まで低水温による成長の停滞があったことから、サンプリングに若干偏りがみられた。試験区①は Diet1 を約 2 週間給餌していたが、色揚げ効果は確認できなかった。

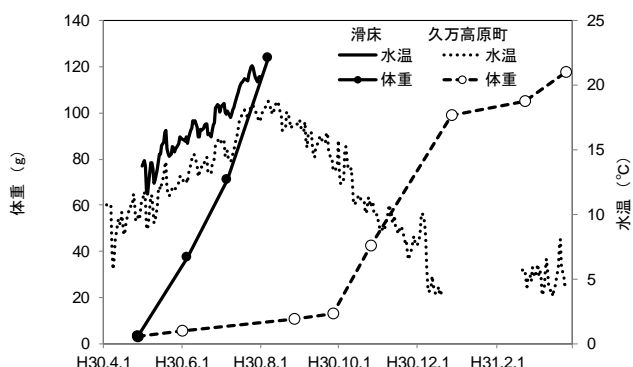


図 6 H30 ニジマス養殖試験中の水温および体重の推移

表 7 平成 29 年度ニジマス官能試験結果

ニジマス	食味評価・番号→5:大変良い、4:良い、3:普通、2:悪い、1:大変悪い					
	柑橘の香り→4:強すぎる、3:丁度良い、2:ほのかにする、1:しない					
	外観	食感	脂の乗り	味わい	総合評価	柑橘の香り
40歳以下	4.6	3.8	4.2	4.1	4.2	3.1
40代	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	2.8
50代	4.9	3.6	3.9	4.0	4.0	2.6
60代	4.3	3.2	4.2	3.3	4.1	2.2

## 総 括

### 1 ギンザケ種苗生産試験

ウイルスフリーのギンザケ発眼卵を北海道斜里郡斜里町の業者から入手し、当所にて卵管理を行ったところ、ふ化率は平成 28 年度試験で 78.5%、平成 29 年度試験で 98.4%と良好な結果を得た。また、平成 30 年度試験では久万高原町の養魚場に直接導入した際、低水温に起因するふ化日の遅れと成長の停滞がみられたが、特に問題なく生育した。

中間育成については、4 月～12 月にかけて久万高原町の養魚場にて育成した結果、水温は 1.7～18.8℃で推移したが、高水温あるいは魚病によるへい死もみられず、12 月には出荷目標である 100～150g のサイズの出荷に成功した。これらのことから、県内におけるギンザケ種苗生産においては、県外のウイルスフリー発眼卵を導入してのふ化・育成が可能であり、また水温の年変動が大きい河川水を利用可能であることが分かった。また、ギンザケは成長が良いことから、夏期は他魚種で多くの池を使用したい等の各内水面養魚場の事情に適宜対応できる魚種であり、県内内水面養魚場における新たな養殖対象種として今後期待できる。

表 6 ニジマス色揚げ飼料給餌時期検討試験結果

a 値	1月28日	2月20日	3月1日	3月12日
対照区		3.7	4.8	3.4
試験区①	-2.1	-1.0	-2.7	-1.6
試験区②		-0.4	-0.8	-2.1

サンプリング魚の平均体重(g)	1月28日	2月20日	3月1日	3月12日
対照区		153.2	141.0	135.0
試験区①	104.2	113.1	104.6	108.6
試験区②		124.5	154.0	115.6

### 5 みかんフィッシュ生産試験

官能試験の結果を表 7 に示した。結果、総合評価は平均 4 点以上と好評価だが、柑橘の香りに関しては、年代によって違いが見られ、若年層ほどより強く柑橘の香りが感じられる傾向にあった。

### 2 ギンザケ海面養殖試験

本事業において久万高原町で育成したギンザケ種苗を用いて、平成 29 年度は宇和島市の陸上水槽で、平成 30 年度は今治市 2 ヶ所、宇和島市 1 ヶ所の海面生簀において海面養殖試験を実施した。宇和島市においては、平成 29 年度の陸上水槽では 3 月に平均体重が 1,029g であったが、平成 30 年度の海面生簀においては 3 月に平均体重 1,187g と海面生簀の方がより成長が良い傾向にあった。これらの結果から、陸上水槽でのギンザケ飼育は施設のランニングコスト等から経営的に不利であることが分かった。平成 30 年度試験においては、3 月時点で宇和島市で養殖した方が今治市よりも成長が良いが、これは、瀬戸内海は宇和海と比較して水温が低く、冬期にはギンザケの適水温である 13℃を下回ることが多いためであると考えられる。しかしながら、ギンザケは 18℃以上になるとへい死個体が増えるとされているため、養殖期間は瀬戸内海の方が宇和海よりも延長できる可能性がある。よって、各海域の特徴を生かしギンザケ海面養殖に取り組む必要があると考えられた。

### 3 サケ類海面養殖試験

#### (1) ニジマス海面養殖試験

長野県および静岡県の内水面養魚場より入手したニジマス（ドナルドソン×スチールヘッド）を、平成28年度は県内3ヶ所、平成29年度は県内4ヶ所に導入して養殖試験を実施した。ニジマスは成長差が大きく、その課題を解消するためサイズ選別を実施したが、小型の個体はその後成長がほとんどみられない傾向にあった。また、この特徴により、身の脂質含量および赤色の度合いを示すLab値のうちa値も魚体重によって差がみられ、小個体の商品価値は低かった。これらの結果を踏まえ、ニジマスの成長差の解消が今後ニジマス海面養殖の普及に重要な課題であると考えられた。

#### (2) アマゴ海面養殖試験

アマゴの海水馴致試験では、水温が16℃、酸素濃度90%以上、飼育密度5kg/m<sup>3</sup>の条件下ではほとんどへい死がないが、密度が11kg/m<sup>3</sup>以上になると生残率が60～85%に低下したことから、海水馴致時の水温に適した酸素濃度・密度下での海水馴致作業が必要となることがわかった。また、海面飼育時のコスト削減策として、低魚粉飼料にメチオニン1%を添加した飼料を給餌したが、通常飼料よりも増肉係数が劣ったことから、アマゴ飼育時の低魚粉飼料使用にはメチオニン添加以外の改善策あるいはメチオニン添加量の適正化が必要と考えられた。

#### (3) 色揚げ飼料給餌時期検討試験

約100gのニジマス稚魚に色揚げ飼料を1ヶ月半給餌することにより、体重30gの増加に対してLab値のうちa値は5.5の上昇がみられた。なお、本試験は5月まで継続予定であり、4～5月の高水温による摂餌量増加に伴ってさらにa値の上昇が進むものと考えられる。

### 4 みかんフィッシュ生産試験

みかんフィッシュ化は、いよかんオイル（株）えひめ飲料製）を使用し、出荷前の2週間に魚体重の0.1%の量を餌に浸透させて与えた。このみかんフィッシュ化したニジマスを用いて、身質（外観、食感、脂の乗り、味わい）について5点満点、柑橘の香りについては4点満点で評価したところ、身質の各項目については平均4点以上と好評価であったが、柑橘の香りに関しては、年代によって評価に違いがみられ、若年層ほど強く柑橘の香りを感じる傾向にあった。このことから、消費者層を意識していよかんオイル添加量を調整する必要があると考えられた。

# ニジマス海面養殖安定生産技術開発

## (広域連携型農林水産研究開発事業)

中村 翠珠・武智 昭彦・坂口 秀雄

### 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、平成 30 年度戦略的魚類養殖推進事業のうち養殖魚安定生産・供給技術開発委託事業（トラウト海面養殖における優良家系作出技術の開発）報告書（平成 31 年 3 月）に報告した。

### 方 法

#### 1 系統別馴致試験

試験魚には、長野県水産試験場で育成されたニジマス（ドナルドソン系（1 歳魚、平均 167g、以下ドナ系）、長野系（1 歳魚、平均 167g）、ドナルドソン×スチールヘッド系（1 歳魚、平均 175g、以下ドナスチ系））を用い、試験区として高速馴致（4 時間で海水濃度 0→100%）および低速馴致（27.5 時間で海水濃度 0→100%）の 2 区を設定した。

愛媛県水産研究センター栽培資源研究所敷地内の 50 t 屋外円形コンクリート水槽 2 面（高速馴致区、低速馴致区）内に、生残率評価用生簀網（2m×2m×1.1m）3 面および血液サンプリング用生簀網（1m×0.5m×1.1m）12 面を設置し、平成 30 年 11 月 16 日に長野県水産試験場より供試された試験魚を生残率評価用生簀網に各系統 70～75 尾（1 系統あたり 1 面）、血液サンプリング用生簀網には各系統 7 尾（1 系統あたり 4 面）ずつ、コンクリート水槽 2 面に収容し、試験開始まで淡水で流水飼育した。海水馴致試験は平成 30 年 11 月 26～27 日にかけて実施し、各試験区について海水馴致前、海水馴致終了 1 日後、2 日後、7 日後の 4 回、採血サンプリング用生簀網より各系統 7 尾ずつ生簀網ごと取り出して 1,000ppm のフェノキシエタノールで麻酔したのち、4 分以内に採血した。採取した血液は、遠心分離して血清を分離させ、血液浸透圧、コルチゾール濃度、グルコース濃度を測定した。

#### 2 系統別飼育試験

海水馴致終了 7 日後に生残した全試験魚の標準体長、体重を測定後、ピットタグで個体識別後に 50 t 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ろ化海水を用い、

純酸素通気ならびにエアレーションを設置し、1 日 1 回、週 5 回、市販配合飼料（サーモン・EP パンサー（フィード・ワン（株）製））を飽食給餌した。その後、月 1 回の割合で体測を行った。

### 結果および考察

#### 1 系統別馴致試験

海水馴致開始～終了後 7 日後までの生残率は、長野系で低かった（図 1）。また、血液浸透圧、コルチゾール濃度およびグルコース濃度の傾向はほぼ一致しており、高速馴致区の 2 日目に長野系で高く、低速馴致区では全体的に変化が小さかった（図 2）。また、両試験区とも長野系が他 2 系統に比べて高い傾向にあった。

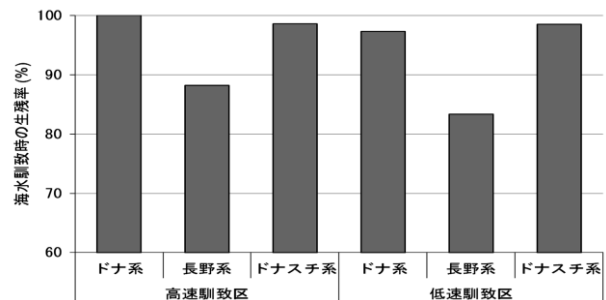


図 1 海水馴致開始～終了後 7 日目までの各試験区・系統ごとの生残率

#### 2 系統別飼育試験

系統別飼育試験では、12 月～翌 2 月までの飼料効率率はドナスチ系が 122% と最も高く、次いでドナ系が 117%、長野系は最も低く 100% だった（表 1）。瞬間成長率は両試験区ともに、他 2 系統よりも長野系が有意に低かったが（Steel-Dwass,  $p < 0.05$ ）、各系統内においては試験区による有意差はみられなかった。体重組成は 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、多峰分布を示した（図 3）。また、試験開始時体重と、12 月～翌 2 月までの瞬間成長率の間には相関はみられなかった（図 4）。

ニジマス海面養殖においては成長差が大きいことが課題として挙げられており、本試験においてもその傾向が顕著にみられた。また、長野系は生残率および瞬間成長率が他 2 系統よりも低く、ドナ系およびドナスチ系が海面養殖により適している系統であると考えられた。また、12 月～翌 2 月の飼育期間中においては、海水馴致の方法の違いや今回の試験区程度の試験開始時体重の差では、瞬間成長率の違いは確認できなかった。

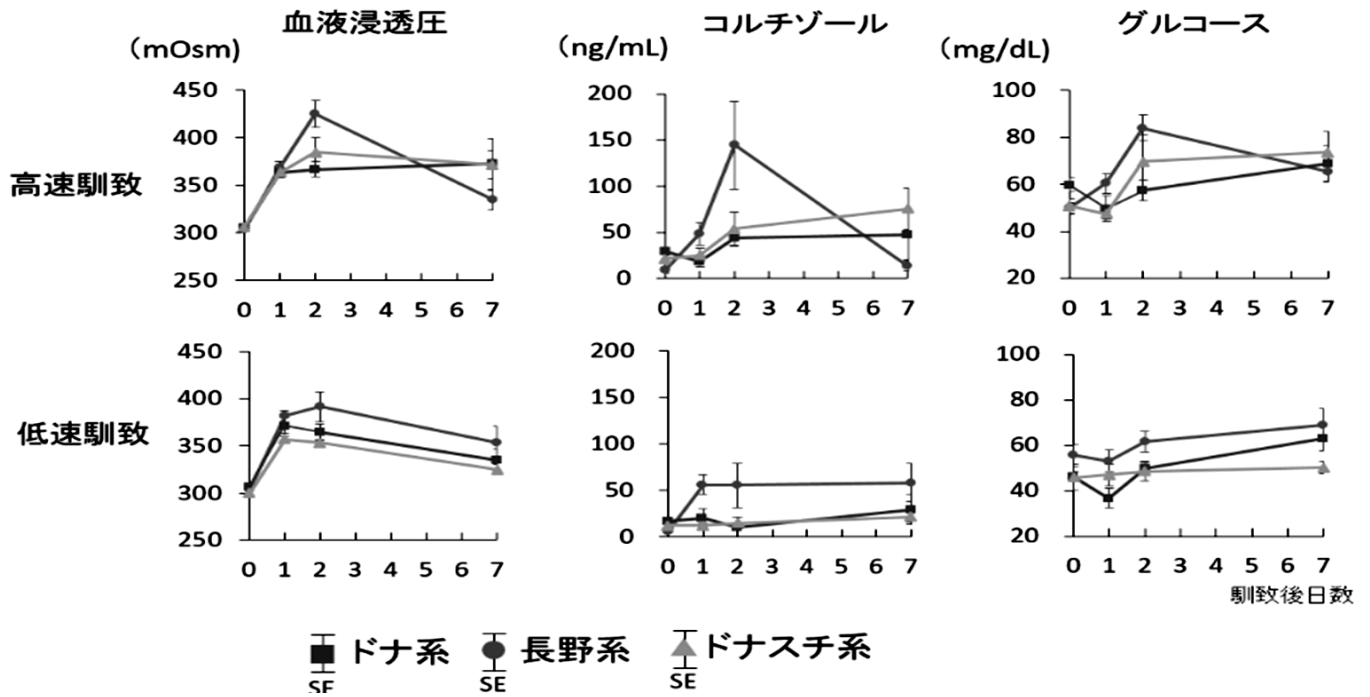


図2 海水馴致前後の各系統の血液中の各要素の推移

表1 系統別飼育試験（12月～翌2月）の結果

試験区	飼育期間 (日)	生残率 (%)	体重範囲 (g)	平均体重 (g)	瞬間成長率 (%)	飼料効率 (%)	
ドナ系	0	100	132-222	175			
	高速	0-36	100	147-466	303	1.43	146
		0-62	100	147-597	382	1.17	117
	低速	0	100	125-225	170		
		0-62	97	151-441	270	1.21	146
		0-62	97	155-609	337	1.02	117
長野系	0	100	123-253	164			
	高速	0-37	92	124-332	228	0.82	105
		0-62	92	119-416	265	0.70	100
	低速	0	100	126-228	158		
		0-37	96	124-359	213	0.76	105
		0-62	93	119-473	250	0.68	100
ドナスチ系	0	100	144-246	186			
	高速	0-36	100	147-501	321	1.42	147
		0-64	99	131-655	406	1.12	122
	低速	0	100	138-221	178		
		0-36	100	152-475	311	1.45	147
		0-64	100	150-622	392	1.12	122

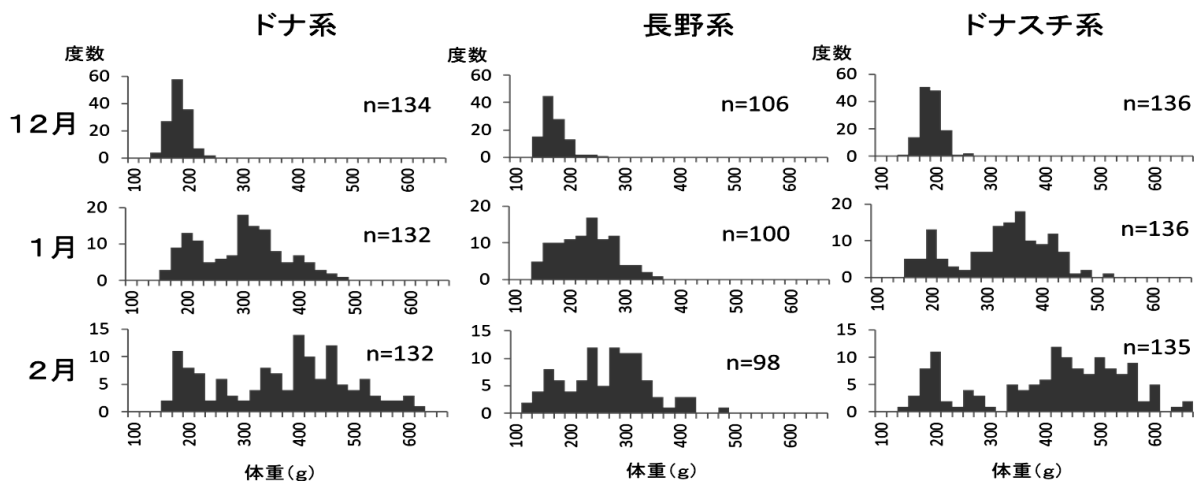


図3 海水馴致後の各系統の体重組成



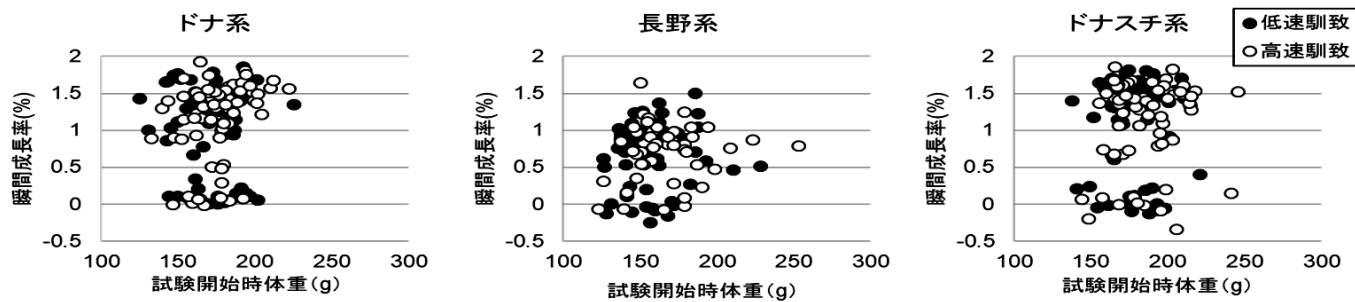


図4 各系統における試験開始時体重と12月～2月飼育期間中の瞬間成長率

# 魚類の成長促進技術の開発

## (ファインバブル利用技術開発事業)

坂口 秀雄

### 目 的

ファインバブル (FB) は気泡のサイズにより、マイクロバブル (MB、粒径  $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ) とウルトラファインバブル (UFB、粒径  $1\mu\text{m}$  以下) に分けることができ、MB は気体溶解作用、物理的吸着作用、洗浄作用があり、UFB は上記の作用に加えて気体封入作用、生理活性向上作用があるとされている。そこで、FB を利用してヒラメなどの養殖対象魚を飼育し、MB の気体 (酸素) 溶解効果や UFB の生理活性向上効果により魚類の成長が促進されるかどうかを試験する。

### 方 法

#### 魚類飼育試験

##### (試験 1)

昨年度の本試験で、酸素 MB によりヒラメ体表粘液が剥離し、寄生虫に感染しやすくなることが判明したため、体表粘液の剥離が MB によるものなのか、酸素によるものなのかを確認するため次の試験を実施した。

1,000L 黒色ポリエチレン水槽 2 面にヒラメ 1 歳魚 (平均体重 767g) を 6 尾ずつ収容し、砂ろ過海水を 21L/分の割合で注水し、中央部からオーバーフローにより排水した。試験区は、1) 空気 MB 区 2) 対照区の 2 区を設定した。空気 MB 区は、注水口に MB 発生装置を接続し、空気 MB を発生させた。MB 発生装置は、株式会社ジンノ工業製を使用し、海水供給部に圧力計を、空気吸引部に流量計を取り付けた。海水供給圧力は 0.03Mpa、空気供給量は 0.4L/分とした。対照区はエアストーンにより 0.45L/分の割合で空気を通気した。10 月 15 日から、平日に市販配合飼料 (ひらめ EP F-6) を飽食給餌した。

##### (試験 2)

MB は水中に鉄イオンが存在すると UFB の状態に移行するといわれているので、淡水中で空気 MB を発生させ、鉄イオンを添加した水を点滴により飼育水槽に注水し、ヒラメを飼育した。

試験区として、1) 空気 MB 区 2) 対照区の 2 区を設定した。空気 MB 区は 500L アルテミアふ化水槽に砂ろ過海水を 21L/分の割合で注水し、注水口に MB 発生装置を接続して空気 MB を発生させ、底から排水した MB 水を飼育水槽に注入した。海水供給圧力は 0.03Mpa、空気供給量は 0.45L/分とした。対照区は 500L アルテミアふ化水槽に砂ろ過海水を 21L/分の割合で注水し、底からの排水を飼育水槽に注入した。さらに、それぞれのアルテミアふ化槽の上部に経腸栄養ボトル (900mL、ニプロ) を設置し、点滴により鉄イ

オンを 0.3g/日添加した。使用した鉄イオン溶液は「二価の鉄」(有限会社翠水) を蒸留水で希釈したものをを用いた。飼育水槽は 1,000L 黒色ポリエチレン水槽を用い、ヒラメ 0 歳魚 (平均体重 407g) を 10 尾ずつ収容し、中央部からオーバーフローにより排水した。12 月 3 日から試験を開始し、平日に市販配合飼料 (ひらめ EP F-6、日清丸紅飼料株式会社) を飽食給餌した。

##### (試験 3)

MB は水中に鉄イオンが存在すると UFB の状態に移行するといわれているので、淡水中で空気 MB を発生させ、鉄イオンを添加した水を点滴により飼育水槽に注水し、ニジマスを飼育した。

試験区として、1) 空気 MB 区 2) 対照区の 2 区を設定した。空気 MB 区は 500L アルテミアふ化水槽に井水 (淡水) を 21L/分の割合で注水し、注水口に MB 発生装置を接続して空気 MB を発生させ、底から排水した MB 水を飼育水槽に注入した。淡水供給圧力は 0.03Mpa、空気供給量は 0.45L/分とした。対照区は 500L アルテミアふ化水槽に井水 (淡水) を 21L/分の割合で注水し、底からの排水を飼育水槽に注入した。さらに、それぞれのアルテミアふ化槽の上部に経腸栄養ボトル (900mL、ニプロ) を設置し、点滴により鉄イオンを 0.3g/日添加した。使用した鉄イオン溶液は「二価の鉄」(有限会社翠水) を蒸留水で希釈したものをを用いた。飼育水槽は 1,000L 黒色ポリエチレン水槽を用い、ニジマス 0 歳魚 (平均体重 98g) を 20 尾ずつ収容し、中央部からオーバーフローにより排水した。1 月 8 日から 2 月 15 日までの 39 日間、平日に市販配合飼料 (サーモン EP パンサー-d6、フィード・ワン株式会社) を飽食給餌した。

### 結果および考察

#### 魚類飼育試験

##### (試験 1)

試験開始直後から昨年度と同様に飼育水表面にアク状物質が出現した。このため、空気を用いた MB でもヒラメの体表粘液が剥離することが明らかとなった。供試魚はほとんど摂餌せず、30 日間の飼育で体重が 4% 程度減少したが、昨年のような寄生虫による死亡はみられなかった。水温は 22.7~19.4℃、溶存酸素は 6.5~7.5 mg/L で推移した。

昨年度の試験では 0 歳魚のヒラメ (平均体重 300g) を用いたが今年度は 1 歳魚 (平均体重 770g) のヒラメを用いた。このため、粘液量が多く粘液が完全に剥離しなかったため寄生虫に感染しなかったものと推察された。

(試験 2)

2 試験区ともにエドワジェラ症の発生により供試魚のへい死が続いたため、試験を中止した。

(試験 3)

試験結果を表 1 に示した。飼育水温は 7.9~11.4℃の範囲で推移した。溶存酸素量は空気 MB 区が 86~101%、対照区が 84~101%の範囲で推移した。

試験終了時の供試魚の平均体重は、空気 MB 区が 149g、対照区が 155g であり、2 試験区間で有意な成長差はみられなかった。(P>0.05、U 検定)

表 1 魚類飼育試験(試験 3) 結果

試験区	空気マイクロバブル区	対照区
飼育日数	39	39
給餌日数	27	27
水槽容量(L)	1000	1000
飼育尾数(尾)	20	20
終了時の生残率(%)	100	100
総給餌量(g)	948	1008
開始時の平均体重(g)	98	99
終了時の平均体重(g)	149	155
水温(℃)	7.9-11.4	7.9-11.4
DO(%)	86-101	84-101
飼料効率(%)	108	110
増肉係数	0.93	0.91
日間給餌率(%)	1.42	1.47
日間増重律(%)	1.06	1.12

# 高水温耐性母貝系統選抜試験

中岡 典義\*・小田原 和史

## 目 的

平成 6 年に発生したアコヤガイの大量へい死以降、本センターでは病気に強い貝や巻きの良い貝を選抜育種し、系統化することで母貝の品質を向上させてきた。

アコヤガイの系統は、耐病性があり高水温に強く、夏期に衰弱しにくい中国由来の中国系と耐病性や品質に優れた日本系に大別されるが、系統内での選抜育種を繰り返してきたことで、近年、近親交配による貝の弱体化が懸念されるようになった。特に、中国系においては新たな貝を持ち込むことが困難であるため弱体化が懸念されている。このため、天然海域に生息しているアコヤガイ（天然貝）から中国貝の形質を有するものを選抜し、系統化することが重要である。

これまでの研究から、閉殻筋グリコーゲン含量が高いほど、高水温時の生残率が高いことが分かっており、平成 28 年度までにアコヤガイ血清中の総炭水化物含量（TC）が閉殻筋グリコーゲン含量と正の相関があることを明らかにした。また、平成 29 年度には天然貝 F1 と既存の中国貝を交配して、TC 高値系統（TC 高）、TC 低値系統（TC 低）、中国×中国系統（中国×中国）の次代 3 系統を作出した。

今年度は TC による選抜の有効性を確認するため、次代 3 系統の死亡率、成長、生理活性指標を調査した。

## 方 法

### 1 死亡率

試験貝として、平成 29 年に愛媛県水産研究センターで作出し育成した次代 3 系統を用いた。既存の系統と比較するため、同年に作出した日本貝、中国貝、交雑貝を用いた。これら 6 系統をポケットネットにそれぞれ 56 個ずつ収容し、宇和島市遊子（宇和海北部）、同市下波（宇和海中部）、愛南町平暮（宇和海南部）に垂下した。

試験貝は 6 月から 11 月まで垂下して、毎月 1 回死亡個体を取り除き、死亡率を算出した。

### 2 成長、生理活性指標

試験貝として、死亡率と同様の次代 3 系統を用い、宇和海中部に垂下した。試験貝は 8 月から 11 月まで垂下して、毎月各 20 個をサンプリングし、殻高、全湿重量、閉殻筋 a 値、血清タンパク質含量（TP）、炭酸脱水酵素（CA）活性、TC を個体ごとに測定した。また、閉殻筋グリコーゲン含量について、10 個体分をプールして 2 プール分の平均値を算出した。なお、閉殻筋 a 値は色差計（KONICA MINOLTA CR-13）を用いて測定し、TP はブラッドフォード法、閉殻筋グ

リコーゲン含量は硫酸アンスロン法により測定した。

## 結果および考察

### 1 死亡率

宇和海北部における次代 3 系統と既存の日本貝、中国貝、交雑貝の死亡率の推移を図 1、宇和海中部における死亡率の推移を図 2、宇和海南部における死亡率の推移を図 3 に示す。

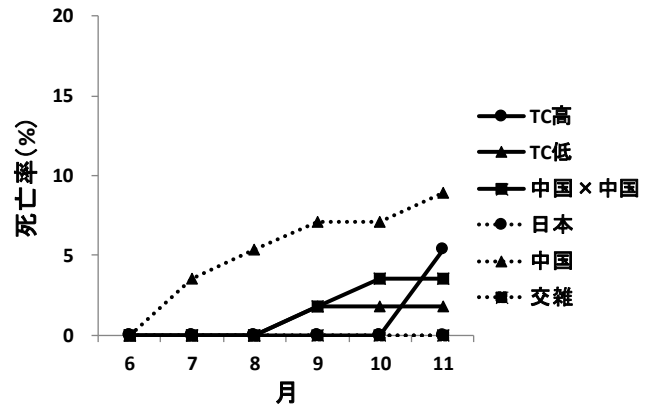


図 1 宇和海北部における死亡率の推移

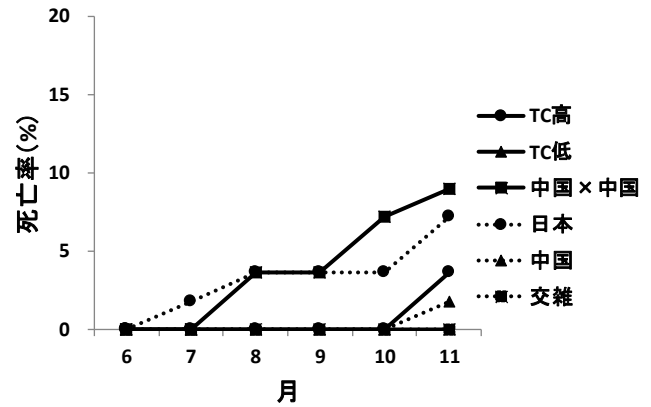


図 2 宇和海中部における死亡率の推移

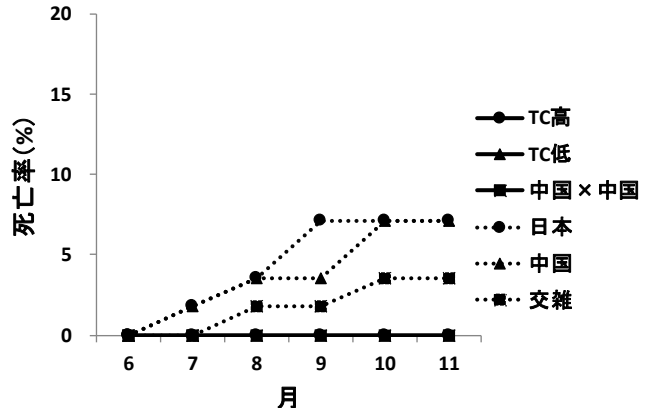


図 3 宇和海南部における死亡率の推移

宇和海北部では、中国貝の死亡率が高かった。宇和海中部では、日本貝と中国×中国の死亡率が高かった。宇和海南部では、日本貝と中国貝の死亡率が高かった。なお、宇和海南部では次代3系統の死亡は1個も確認されなかった。

死亡率の調査では、次代3系統に特徴的な傾向が見られなかったことから、翌年度も引き続き調査を実施する予定である。

## 2 成長、生理活性指標

次代3系統の殻高の推移を図4、全湿重量の推移を図5、a値の推移を図6、CA活性の推移を図7、TPの推移を図8、TCの推移を図9、閉殻筋グリコーゲン含量の推移を図10に示す。

図6 次代3系統のa値の推移

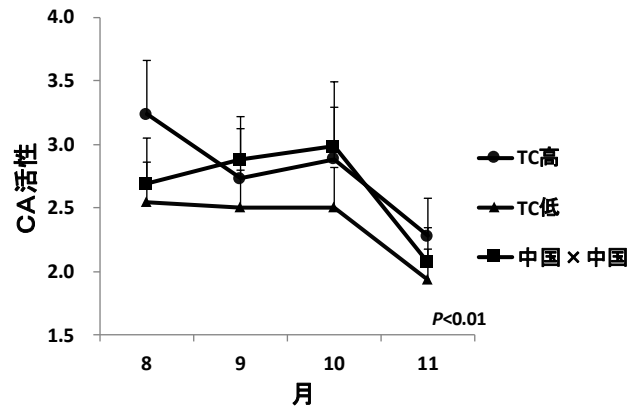


図7 次代3系統のCA活性の推移

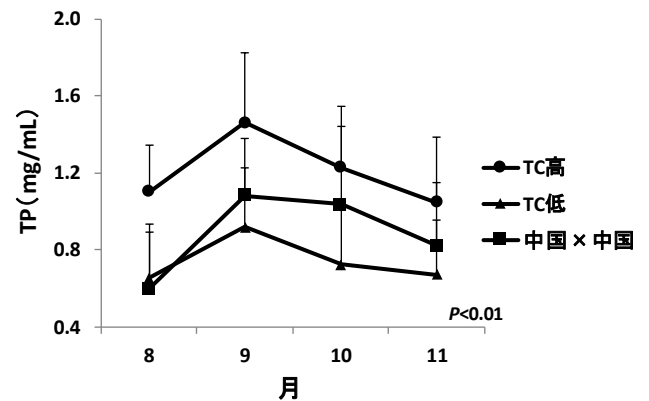


図8 次代3系統のTPの推移

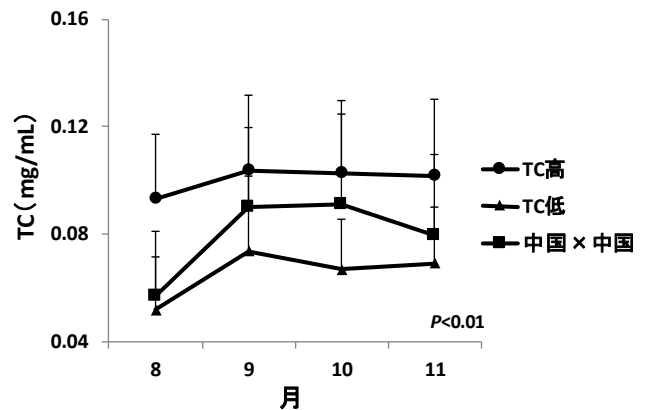


図9 次代3系統のTCの推移

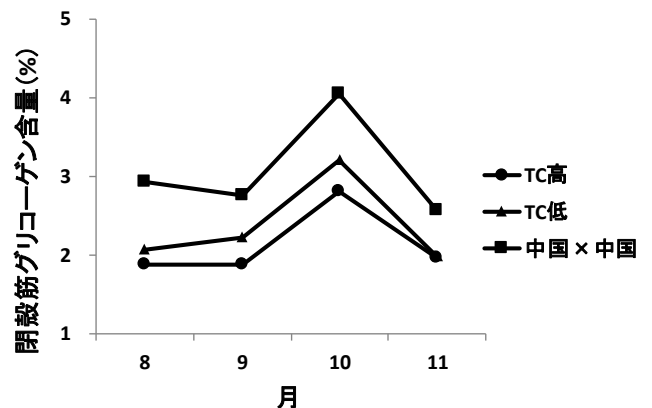


図10 次代3系統の閉殻筋グリコーゲン含量の推移

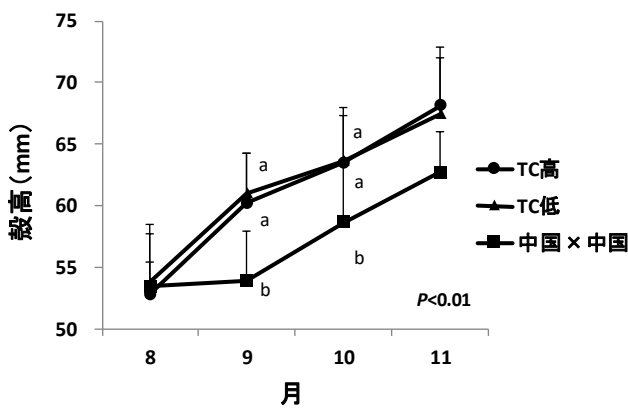


図4 次代3系統の殻高の推移

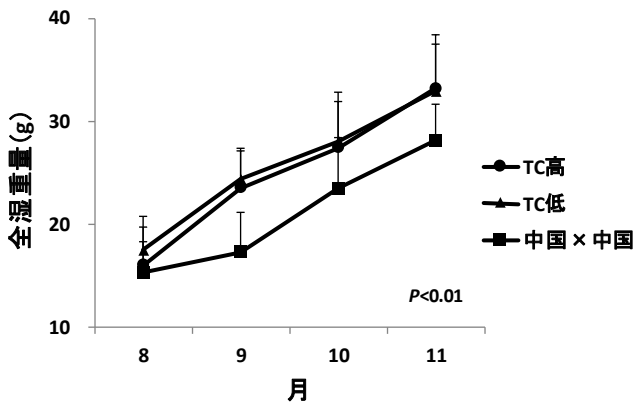
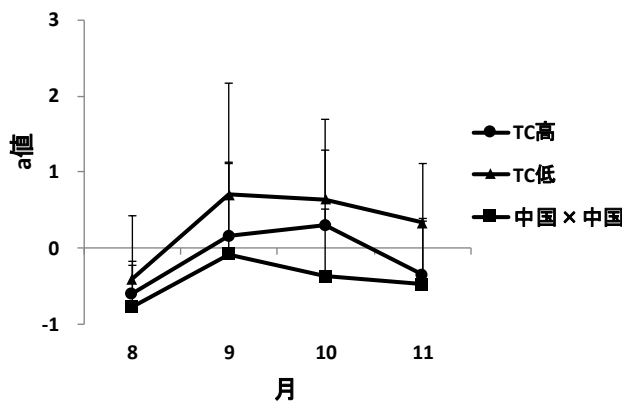


図5 次代3系統の全湿重量の推移



殻高と全湿重量について、TC 高と TC 低は中国×中国よりも値が高く推移した。TC 高と TC 低では差はみられなかった。

a 値について、TC 低は TC 高と中国×中国よりも値が高く推移した。a 値はアコヤガイ赤変病の発症度を示すことから、TC 低はより症状が進んでいた可能性が考えられた。

CA 活性について、TC 高と中国×中国は TC 低よりも値が高く推移した。CA 活性は貝殻や真珠形成に重要な働きを示す酵素の活性であることから、TC 高は真珠形成に有利な性質を持っていると示唆された。

TP について、TC 高は TC 低や中国×中国よりも値が高く推移した。TP の値が高い系統は値の低い系統と比較して成長が良く、生残率が高いとされており、TC 高もこのような性質を持っていると示唆された。

TC について、TC 高は TC 低や中国×中国よりも値が高く推移した。この結果から、TC はある程度遺伝するものと考えられるが、今後、詳細に検討する必要があると考えられた。

閉殻筋グリコーゲン含量について、中国×中国は TC 高や TC 低よりも値が高く推移した。TC 高と TC 低ではほとんど差はみられなかった。これまでの研究から、TC を測定することで、貝を殺すことなく閉殻筋グリコーゲン含量が推定できることが分かっているが、様々な系統の中から優良な系統を選抜する際は、従来から行っている閉殻筋グリコーゲン含量を測定し、系統の中から採卵用の親貝を選抜する際は TC を測定するなど、閉殻筋グリコーゲン含量と TC を使い分ける必要があると考えられた。

今後は次代 3 系統を用いて挿核試験をおこない、真珠品質を評価する予定である。

# 高品質ピース貝生産技術開発試験

小田原 和史・中岡 典義\*

## 目 的

真珠の真珠層の厚さ(巻き)が厚くなると、真珠の品質も高くなるのが一般的に言われている。また、成長の良いピース貝を使用すると、真珠の巻きも厚くなることが報告されている<sup>1)</sup>。これまでの研究により、白色系統に成長の良い褐色系統を交配し、その次代にさらに白色系統を交配(戻し交雑)して、成長と遺伝的多様性の低下を改善した試験区1、2と、従来どおり白色系統を継代した対照区を作出した。さらに、これら3系統から雌親を選び、共通の雄親と昨年度に交配して、巻きが厚くなることが期待されるピース貝1、2と、対照区であるピース貝3を生産した。今年度は、これら3種類の貝の成長および貝殻真珠層の黄色度を調査するとともに、これら3種類を用いて真珠養殖試験をおこない、試験区と対照区のピース貝を用いて養殖した真珠の巻きや経済的価値を比較した。

## 方 法

### 1 貝の成長等の調査

ピース貝1~3は、昨年度の事業報告書のとおり、平成29年5月に当センターで生産して愛南町の1業者に飼育委託した貝である。これら3種類を平成30年6月に当センターに持帰り、各40個体を無作為にサンプリングして掃除した後、殻高、全湿重量、左殻重量、左殻結晶層厚および左殻真珠層の黄色度(YI)を測定

した。殻高はノギスを用いて測定し、結晶層厚は既報<sup>2)</sup>の方法を用いて1検体につき1回を計測した。YIは林<sup>3)</sup>の方法により左殻を水酸化カリウム溶液で煮沸した後、貝殻外面を分光測色計(CM-700d、コニカミノルタ製)で10か所測定して平均した。

### 2 真珠養殖試験

真珠養殖試験をおこなった場所、真珠養殖業者、挿核日、浜揚日、挿核個数、ピース貝と母貝の種類、核径を表1に示す。浜揚げした真珠は、日本真珠振興会に依頼して最も価値の高い1級、価値の低い2級、価値のない3級へ分類した。その後、真珠重量、1、2級真珠の巻きおよび1、2級真珠の黄色度(YI)を次のとおり測定した。巻きの測定は淡路<sup>4)</sup>の方法を用いた。YIは真珠を転がした後、分光測色計(CM-700d、コニカミノルタ製)で測定し、3回の平均値をその真珠の値とした。単価係数は、日本真珠振興会に依頼して各区の各級における真珠の冪当りの単価係数を算出した。なお、算出にあたり、2区1級の真珠の経済的価値が最も高かったことから、この真珠の単価を100と設定して、その相対値を各区の各級における単価係数とした。各区の各級における単価係数に、各区の各級における真珠重量を乗じ、それらの1級と2級の和を各区における金額指数とした。

表1 真珠養殖試験方法

場所	業者	挿核日	浜揚日	挿核個数	ピース貝	区	母貝	核径(mm)
三浦	A氏	H30.6.21	H31.1.4	150	ピース貝1	1区	日中交雑貝 (満1歳)	6.36~ 6.48
				150	ピース貝2	2区		
				150	ピース貝3	3区		
下灘	B氏	H30.6.18	H30.12.20	150	ピース貝1	4区		
				150	ピース貝2	5区		
				150	ピース貝3	6区		
愛南	C氏	H30.7.4	H30.12.16	150	ピース貝1	7区		
				150	ピース貝2	8区		
				150	ピース貝3	9区		

## 結果および考察

### 1 貝の成長等の調査

ピース貝1~3における殻高、全湿重量および左殻重量を図1~3に示す。殻高、全湿重量および左殻重量のいずれも、ピース貝2はピース貝3に比べて有意に( $p<0.01$ )大きかった。また、ピース貝1は、有意で

はなかったもののピース貝3に比べていずれも大きい傾向であった。ピース貝1~3における貝殻結晶層厚およびYIを図4および図5に示す。各ピース貝における貝殻結晶層厚、YIは、ピース貝間で有意差は認められなかった。



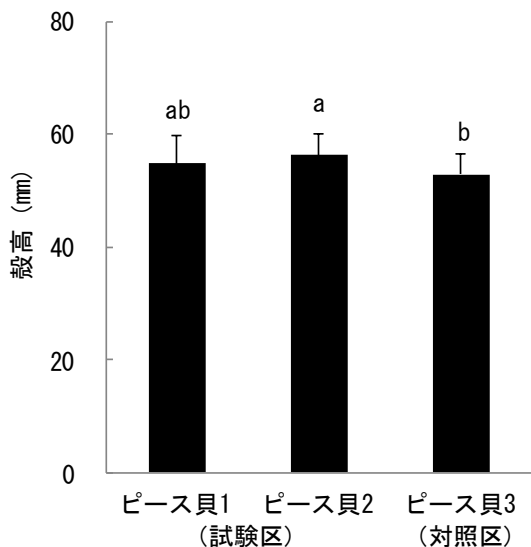


図1 各ピース貝における殻高

(異なるアルファベットは1%未満の危険率で有意差を示す)

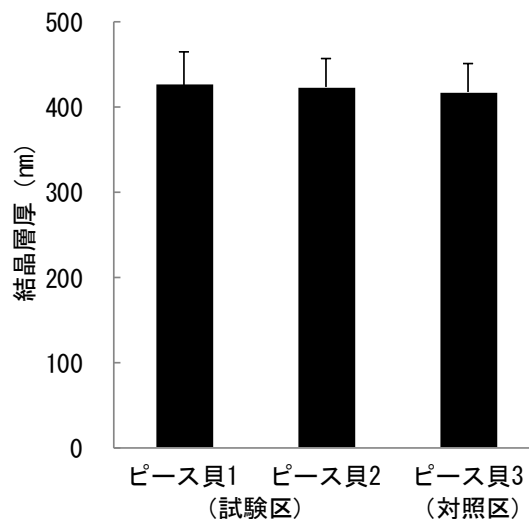


図4 各ピース貝における貝殻結晶層厚

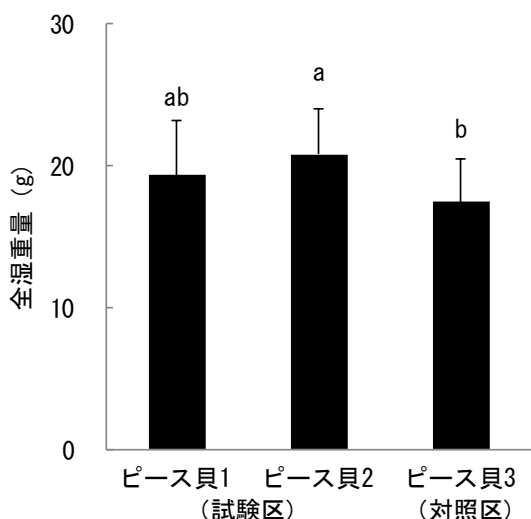


図2 各ピース貝における全湿重量

(異なるアルファベットは1%未満の危険率で有意差を示す)

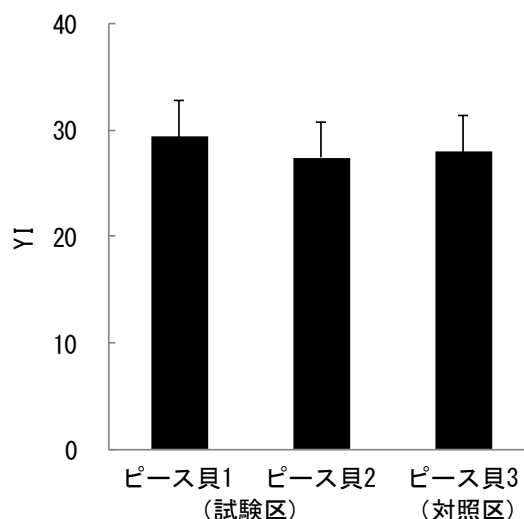


図5 各ピース貝における貝殻結晶層の黄色度(YI)

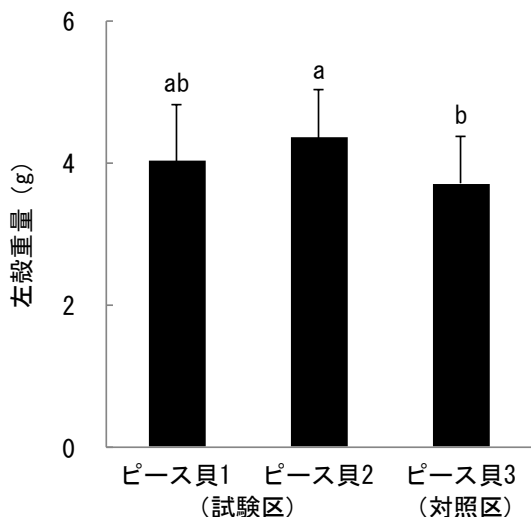


図3 各ピース貝における左殻重量

(異なるアルファベットは1%未満の危険率で有意差を示す)

## 2 真珠養殖試験

浜揚げした真珠の巻き、YI、重量、単価係数および金額指数を表2に示す。同じピース貝を使用しても、真珠養殖業者によって真珠の巻きに平均で0.04~0.10mmの差がみられた。同じ真珠養殖業者の中で比較すると、試験区であるピース貝1および2の真珠の巻きは、対照区であるピース貝3の真珠に比べて、同じかまたは厚かった。B氏におけるピース貝2の真珠の巻きは、ピース貝3の真珠の巻きに比べて有意に厚かった。ピース貝毎にA~C氏の真珠の巻きを平均すると、ピース貝2の真珠で0.37mmと最も厚く、ピース貝3の真珠で0.34mmと最も薄く、ピース貝1でその中間となった。これらのことから、真珠養殖業者間の差は大きいものの、試験区のピース貝を使用した真珠は対照区のピース貝を使用した真珠に比べて、巻きが平均で0.02mm厚くなると考えられた。一方、ピー

ス貝の成長と真珠の巻きを比較すると、殻高、全湿重量、左殻重量のいずれもピース貝2でもっとも大きく、ピース貝3でもっとも小さかった。また、これらのピース貝を使用した真珠の巻きの平均値も、ピース貝2

でもっとも厚くピース貝3でもっとも薄かった。本試験におけるこれらの結果は、成長の良いピース貝を使用すると真珠の巻きも厚くなるというこれまでの報告<sup>1)</sup>を支持していると考えられた。

表2 浜揚げした真珠の巻き、YI、重量、単価計数及び金額指数

		試験区		対照区	
		ピース貝1	ピース貝2	ピース貝3	
巻き (mm)	A氏	0.39±0.11	0.42±0.14	0.39±0.12	
	B氏	0.31±0.09	0.32±0.11*	0.29±0.13	
	C氏	0.36±0.10	0.38±0.13	0.35±0.11	
巻き平均		0.35	0.37	0.34	
YI	A氏	6.9±5.1	7.7±4.8	8.1±5.5	
	B氏	6.6±5.1*	6.8±6.5*	8.9±6.5	
	C氏	4.8±5.6	4.8±6.6	4.9±6.4	
YI平均		6.1	6.4	7.3	
重量 (匁)	A氏	1級品	12.6	11.1	12.0
		2級品	4.4	5.7	5.1
		3級品	0.9	1.2	0.7
	B氏	1級品	6.0	6.4	6.0
		2級品	9.3	9.3	9.2
		3級品	1.0	2.1	2.4
	C氏	1級品	9.3	7.5	5.5
		2級品	11.8	11.6	7.9
		3級品	3.1	1.2	2.0
重量合計		58.4	56.1	50.8	
単価 係数	A氏	1級品	79.4	100.0	95.2
		2級品	28.6	28.6	28.6
	B氏	1級品	68.3	88.9	73.0
		2級品	30.2	30.2	23.8
	C氏	1級品	71.4	74.6	68.3
		2級品	33.3	30.2	25.4
単価係数平均		51.9	58.7	52.4	
金額 指数	A氏	1125.8	1272.8	1288.6	
	B氏	690.0	849.4	657.2	
	C氏	1057.6	909.4	576.0	
金額指数合計		2873.4	3031.6	2521.8	
対照区との金額指数 合計の比		1.14	1.20	—	

\*対照区との間に有意差があることを示す ( $p < 0.05$ )

真珠のYIの平均は、ピース貝3で7.3と最も高く、ピース貝1で6.1と最も低く、ピース貝2でその中間となった。これらのことから、本試験によって開発したピース貝を用いた真珠は、対照区のピース貝を用いた真珠に比べて、YIは高くはなかった。

真珠の重量の合計は、ピース貝1を用いた真珠で58.4匁と最も重く、ピース貝3を用いた真珠で50.8匁と最も軽く、ピース貝2で56.1匁とその中間となった。このことから、試験区は対照区に比べて真珠重量の合計は重い傾向であったと考えられた。

真珠の単価係数は、1級真珠で68.3～100.0、2級真珠で23.8～33.3となり、1級と2級で大きな差が認められた。単価係数の平均はピース貝2を使用した真珠で58.7と最も高く、ピース1を使用した真珠で34.6と最も低く、ピース貝3を使用した真珠で34.9とその中間の値となった。

真珠の金額指数について、ピース貝毎にA～C氏の金額指数を合計すると、ピース貝2の真珠で3031.6と最も高く、ピース貝3の真珠で2521.8と最も低く、ピース貝1で2873.4とその中間となった。ピース貝3を用いた真珠の金額指数合計を1とした場合のピース貝1、2の真珠の金額指数合計の比は、それぞれ1.14、1.20となり、これらを平均すると1.17となった。このことから、試験区のピース貝を用いた真珠は対照区を用いた真珠に比べて、真珠の経済的価値が平均で17%向上すると試算された。

### 総 括

真珠の品質は、真珠の巻き、色、照り、大きさ、形状および傷の有無によって評価されるが、巻きに与えるピース貝の影響については、これまで知見が不足していたため高品質真珠の安定生産に向けた障害となっていた。そこで本研究では、既存の白色系統に成長の良い褐色系統を交配し、その次代にさらに白色系統を交配（戻し交雑）することにより、白色系統を継代した対照区に比べて、成長と遺伝的多様性の低下を改善

できることを明らかにした。また、成長等を改善した白色貝と対照区の白色貝からトビの雌個体を選抜し、共通の雄貝と交配させて、巻きが良くなることが期待されるピース貝1、2と、対照区であるピース貝3を生産したところ、ピース貝1、2はピース貝3に比べて成長が改善され、真珠の巻きも厚くなった。これらのことから、白色系統を戻し交雑して高成長の白色系統を作出し、この系統からトビ個体を選抜してピース貝の親貝に使用することにより、従来のピース貝に比べて真珠の巻きを改善できることを明らかにした。

### 参考文献

- 1) 岩永俊介・山田英二・川口 健・小島拓郎：施術時に使用したピース貝と生産した真珠の巻き（真珠径）との関係（短報）．長崎県水産試験場研究報告 40：13-16（2014）
- 2) 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）
- 3) 林 政博：アコヤガイの殻体真珠層色の改良について．全真連技術研究会報 14：1-13（1999）
- 4) 淡路雅彦・山本貴志・柿沼 誠・永井清仁・渡部 終五：アコヤガイ外套膜から分離した外面上皮細胞の移植による真珠形成．日本水産学会誌 80（4）：578-588（2014）

# 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))

小田原 和史・中岡 典義\*

### 目 的

近年、アコヤガイ赤変病の病原体由来だと考えられる遺伝子配列が、メタゲノム解析等の手法により発見された<sup>1)</sup>。このことから、赤変病の病原体の調査をさらに進めるとともに、耐病性に関与する DNA マーカーを関係機関と連携して開発することにより、アコヤガイの耐病性育種を高度化することが可能になると考えられる。加えて、真珠層を構成する層状構造一層の厚さ(結晶層厚)を非破壊で計測することが近年可能になり<sup>2)</sup>、ピース貝の貝殻結晶層厚が真珠品質に強く影響を与えることも明らかになったことから<sup>3)</sup>、貝殻結晶層厚と遺伝マーカーの関係を把握し、真珠品質にも考慮した貝の選抜をおこなう必要がある。そこで今年度は、昨年度に引き続きアコヤガイの貝殻結晶層厚が親から子世代にどの程度遺伝するのか把握するため、平成 28 年度に生産した F1 世代とその親の貝殻結晶層厚を計測して遺伝率を計算した。また、F1 世代を用いて真珠養殖試験をおこなった。

なお、本研究は農研機構生研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、本試験における詳細な試験の内容は、同事業の構成員別研究成果報告書に記載した。

### 方 法

平成 28 年度の事業報告書のとおり、平成 28 年 5 月にアコヤガイ 1 系統 431 個の貝殻結晶層厚を計測し、結晶層厚が厚い雌雄各 1 個のペア 3 組、薄い雌雄各 1 個のペア 3 組をそれぞれ交配して、F1 の 6 系統(厚 1~3、薄 1~3)を生産した。これら 6 系統を飼育し、親と同月齢となる平成 30 年 5 月に、各系統から無作為に 30 個の貝殻結晶層厚を計測し、親子回帰によって遺伝率を計算した。

F1 から F2 を作出するため、平成 30 年 5 月に貝殻結晶層厚の厚い F1 の 3 系統のうち 1 系統を選び、その 151 個の結晶層厚を計測し、貝殻結晶層厚が厚い雌雄各 1 個のペア 3 組を選んでそれぞれ交配した。同様に、貝殻結晶層厚の薄い F1 の 3 系統のうち 1 系統を選び、その 205 個の結晶層厚を計測し、貝殻結晶層厚が薄い雌雄各 1 個のペア 3 組を選んでそれぞれ交配した。なお、種苗生産期間中の飼育管理は既報<sup>4)</sup>に基づいておこなった。

貝殻結晶層厚の厚い F1 の 3 系統および薄い F1 の 3 系統の合計 6 系統をピース貝に用いて真珠養殖試験を

おこなった。場所は宇和島市遊子および三浦で、それぞれ真珠養殖業者は異なる。挿核時期は平成 30 年 6 月、母貝は日中交雑貝の満 1 歳貝、真珠核サイズは 6.99~7.13 (平均 7.06) mm、挿核個数はピース貝 1 系統あたり 150 個とし、同一漁場あたりピース貝 6 系統で合計 900 個とした。浜揚げ時期は遊子で平成 30 年 12 月、三浦で平成 31 年 1 月とした。なお、貝殻結晶層厚および真珠の結晶層厚の計測には既報<sup>2)</sup>の方法を用い、貝殻については左殻を、真珠は転がした後に、1 検体につき 1 回を計測した。

### 結果および考察

F1 の 6 系統の貝殻結晶層厚とその雌雄親の貝殻結晶層厚の平均値との関係を図 1 に示す。両者には強い正の相関関係が認められた( $p=0.002$ )。親子回帰によって遺伝率を計算したところ、0.57 であった。昨年度計算した遺伝率は 0.60~0.75 であり、今回の計算値の方で低かったものの、類似した結果が得られた。一般に 0.2 以上の遺伝率をもつ形質は選択の効果があるとされていることから<sup>5)</sup>、アコヤガイの貝殻結晶層厚の遺伝率は低くなく、選択効果がある形質であることが強く示唆された。

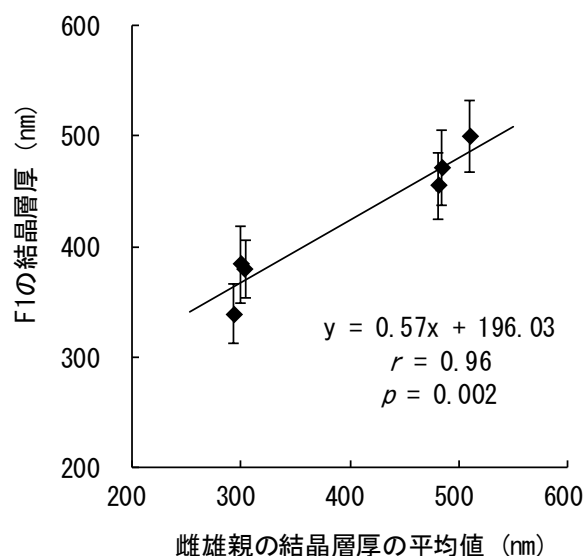


図 1 アコヤガイの親と F1 における貝殻結晶層厚の関係

F2 の作出のため平成 30 年 5 月に計測した、貝殻結晶層厚の厚い F1 の 151 個と貝殻結晶層厚の薄い F1 の 205 個における結晶層厚の頻度分布を図 2 に示す。ど

これらのF1とも、1系統内における結晶層厚の最大値と最小値の差は150nm程度であった。これらの集団から選抜した雌雄親のペアの貝殻結晶層厚を表1に示す。選抜した親の中で、結晶層厚の最も厚い個体は520nm、最も薄い個体は266nmであり、両者には254nmの差が認められた。なお、生産したF2の6系統は、各100~500個を当センター地先で飼育している。

F1の6系統をピース貝に用いて挿核した際の、ピース貝貝殻結晶層厚と真珠の結晶層厚との関係を図3に示す。遊子、三浦とともに、6系統の貝殻結晶層厚の各平均値と真珠の結晶層厚の各平均値には強い正の相関関係が認められた ( $p=0.002$ ,  $0.017$ )。これらのことから、貝殻結晶層厚で選抜したアコヤガイ F1 をピース貝に用いると真珠の結晶層厚に強く影響を与えることが明らかとなった。

表1 F1系統から選抜した親の貝殻結晶層厚

系統	親のペア名	結晶層厚 (nm)	
		オス	メス
貝殻結晶層の厚いF1	厚いペア1	507	520
	厚いペア2	475	479
	厚いペア3	513	473
貝殻結晶層の薄いF1	薄いペア1	291	266
	薄いペア2	289	281
	薄いペア3	295	292

以上より、アコヤガイ親とF1世代の遺伝率が定量化され、また同一系統を親として生産したF1と、真珠の結晶層厚に強い正の相関関係が認められたことから、ピース貝の親の結晶層厚を計測して選抜するにより、そのピース貝を用いた真珠の結晶層厚を、従来よりも定量的にコントロールすることが可能になると考えられた。

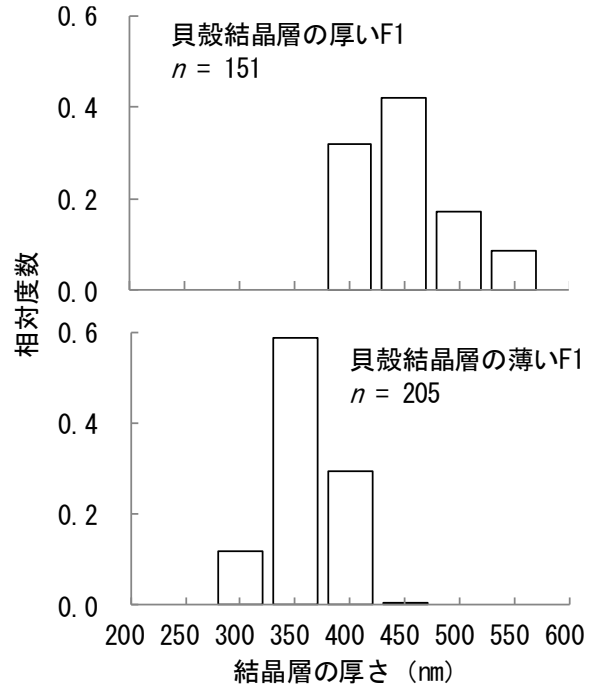


図2 アコヤガイ F1 における貝殻結晶層厚の分布

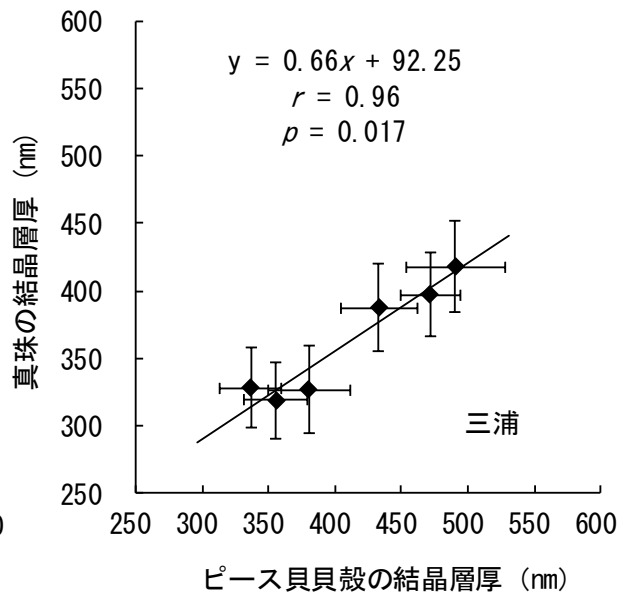
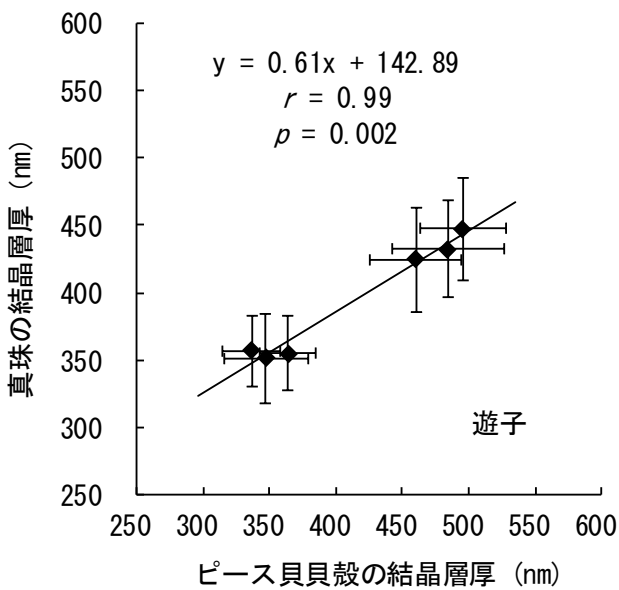


図3 F1の6系統をピース貝に用いた貝殻結晶層厚と真珠の結晶層厚との関係

### 参考文献

- 1) Matsuyama T, Yasuike M, Fujiwara A, Nakamura Y, Takano T, Takeuchi T, Satoh N, Adachi Y, Tsuchihashi Y, Aoki H, Odawara K, Iwanaga S, Kurita J, Kamaishi T, Nakayasu C: A Spirochaete is suggested as the causative agent of Akoya oyster disease by metagenomic analysis. *PloS ONE* 12(8): 1–23 (2017)
- 2) 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)
- 3) 小田原和史・尾崎良太郎・高木基裕：結晶層厚の異なるピース貝家系が真珠の結晶層厚および品質に与える影響. *日本水産学会誌* 83 (6) : 981–995 (2017)
- 4) 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)
- 5) 和田克彦：1. 量的形質の遺伝. *水産学シリーズ 26 水産生物の遺伝と育種* (日本水産学会編) 恒星社厚生閣. 東京 : 7-26 (1979)

# ヒジキ藻場造成高度化技術開発試験

藻場を構成する褐藻類の一種であるヒジキは近年高値で取り引きされており、天然海域におけるヒジキ藻場の造成は、藻場機能の拡大に加えて漁業者の収入増加につながるものとして大いに期待されている。当所では、平成26年度から28年度までの3年間、「ヒジキ増産技術開発試験」を実施し、粘着性物質を用いたヒジキ受精卵・幼胚の漁場添加技術の開発に取り組んだほか、岩盤清掃や母藻添加を継続しておこなうことでヒジキ収量が増加することを確認したが、試験区に

よっては波浪等、環境要因の影響と思われるヒジキ幼体数の減少や生育状況の差が認められた。本試験は、ヒジキの好適な生育環境条件を把握して造成適地を選定し、ヒジキ受精卵または幼胚（以下、「受精卵」とする）を、コンクリートブロックに種付けして培養したヒジキ種苗（以下、「人工種苗」とする）、特に、概ね50mm以上に生育したヒジキ種苗（以下、「大型種苗」とする）を添加することにより実効性の高いヒジキ藻場造成を実施するための手法について検討する。

## I 人工種苗移植技術開発試験

富士 泰

### 目 的

移植後の人工種苗の生残率を向上させるため、大型種苗を作出するための管理方法を検討し、作出した大型種苗を天然ヒジキ藻場や藻礁へ移植するための技術を開発する。

### 方 法

#### 1 人工種苗移植技術開発試験

人工種苗の管理方法や移植に適した時期について検討した。

##### (1) 種付け

種付けは、屋外に設置したFRPレースウェイ水槽（1.5×5m、以下、「陸上水槽」とする）でおこなった。水深50cmで砂ろ過海水を掛け流しとし、海水が適度に循環するようにエアレーションを設置した陸上水槽の底にコンクリートブロックを静置して、ヒジキ母藻を、コンクリートブロックを覆うように收容した。種付け期間中、水槽底に内装壁用タイル（45×45mm）を裏面を上にして静置し、タイルに付着した受精卵を計数することでコンクリートブロックに付着した受精卵数を推計した。種付け終了後は母藻を取り除き、受精卵が付着したコンクリートブロックを水深35～40cmに調整した別の水槽に收容した。

##### (2) 種付けした人工種苗の管理

收容したコンクリートブロックは、種付け1～14日後、伊予市森漁港内（図1）に設置した筏から水深25cmに垂下して管理した。管理期間中は、付着した雑海藻や堆積した浮泥を適宜除去した。その際、除去の頻度を変えた試験区を設定し、ヒジキの主枝が伸長した株数（以下、「株数」とする）を計数するとともに同一株のうち最も長かった主枝の長さ（以下、「主枝長」とする）を測定して平均値を求め、それらを比較して人工種苗の管理方法について検討した。

なお、一部の人工種苗は、陸上水槽で61日間日間管理を継続し、その後、筏から水深25cmに垂下して管理した。

#### (3) 人工種苗漁場移植試験

##### 1) 平成29年度種苗移植試験

平成29年度に種付けし、平成30年2月1日および平成30年3月19日に伊予市森漁港北東側の潜堤（図1）へ移植した人工種苗を平成30年6月4日に回収して、ヒジキの株数、分枝を含めたすべての枝の本数および湿重量、主枝長を測定した。

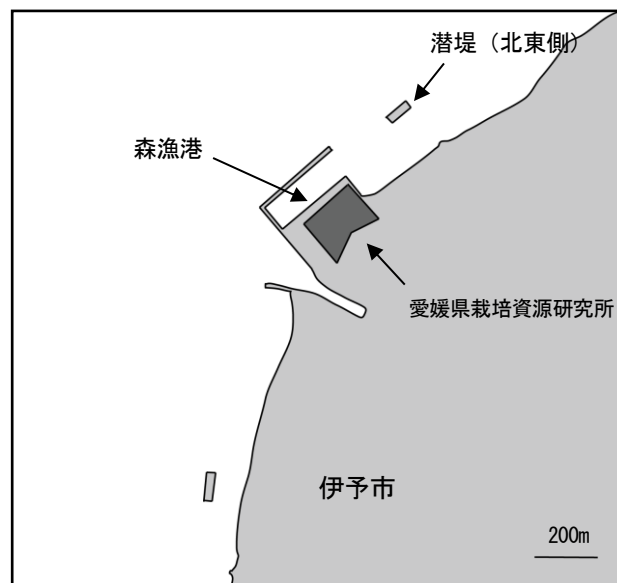


図1 森漁港・潜堤位置図

##### 2) 平成30年度種苗移植試験

平成30年度に種付けして作出した人工種苗を、平成30年8月、12月および平成31年3月に、大洲市長浜町喜多漁港砂坊堤の東斜面、北斜面および西斜面に移植し、その後の生長、生残を比較した。

#### 2 ヒジキ種苗脱落防止等防止技術開発

種付けを行う際、一部のコンクリートブロックについて、ブロック上面に種付けした後に、ブロックの側面を上に向けて陸上水槽の底に静置し、種付けした。種付け期間中、水槽底に内装壁用タイル（45×45mm）



を、裏面を上にして静置し、タイルに付着した受精卵を計数することで付着した受精卵数を推計した。種付け終了後は母藻を取り除き、受精卵が付着したコンクリートブロックを水深 35~40cm に調整した別の水槽に 3 日間収容した後、伊予市森漁港内に設置した筏から水深 25 cm に、種付けした側面が南東向きになるように垂下して管理した。管理期間中は、付着した雑海藻や堆積した浮泥を適宜除去した。

## 結果および考察

### 1 人工種苗移植技術開発試験

#### (1) 種付け

種付けは 4 回おこなった。1 回目は、平成 30 年 6 月 27 日に、大洲市長浜町青島地先で採取したヒジキ母藻 14.3 kg を陸上水槽に収容して種付けを開始した。7 月 9 日に受精卵の放出を確認し 7 月 19 日に母藻

を取り除いて種付けを終了した。付着した受精卵数は、コンクリートブロック (190×190×100mm) 1 基あたり 3,947 粒であった。2 回目は、7 月 11 日に、大洲市長浜町今坊地先で採取した母藻 12.6kg を用いて種付けを開始した。7 月 17 日に受精卵を確認した。7 月 19 日に種付けを終了し、付着した受精卵数は、コンクリートブロック (190×190×100mm) 1 基あたり 84,156 粒であった。3 回目は、大洲市長浜町今坊地先で採取した母藻 11.5kg を用いて 7 月 27 日に開始し、8 月 3 日に種付けを終了した。付着した受精卵数は、コンクリートブロック (190×190×100mm) 1 基あたり 43,320 粒であった。4 回目は、西宇和郡伊方町鳥津地先で採取した母藻約 7.5 kg を用いて 8 月 13 日に種付けを開始し、8 月 21 日終了した。付着した受精卵数は、コンクリートブロック (390×190×100mm および 390mm×190mm×150mm) 1 基あたり 88,920 粒であった。(表 1)。

表 1 ヒジキ受精卵種付け結果

	母藻		開始日	終了日	基質	結果(粒/基)
	採取場所	使用量				
第1回目	長浜町青島	14.3kg	H30.6.27	H30.7.19	コンクリートブロック <sup>※1</sup> 15基	3,947
第2回目	長浜町今坊	12.6kg	H30.7.11	H30.7.19 (H30.7.30)	コンクリートブロック <sup>※1</sup> 18基ほか	84,156 (3,420)
第3回目	長浜町今坊	11.5kg	H30.7.27	H30.8.3	コンクリートブロック <sup>※1</sup> 9基ほか	43,320
第4回目	伊方町鳥津	約7.5kg	H30.8.13	H30.8.21	コンクリートブロック <sup>※2</sup> ブロック凹凸あり <sup>※3</sup> 1基 1基ほか	88,920

※1 190×190×100mm (側面190×100mm)

※2 190×390×100mm

※3 190×390×150mm

#### (2) 種付けしたコンクリートブロックの管理

試験は、2 回目に種付けした人工種苗 (コンクリートブロック 12 基) を用いて、筏から垂下した平成 30 年 8 月 1 日から 12 月 19 日の間に実施した。12 基のうち 6 基は、試験の始期および終期に付着した雑海藻をピンセットで除去するとともに、毎月 1 回、水中から引き揚げたコンクリートブロックに、バケツで海水をかけて浮泥を除去した。浮泥の除去は荒天後にも 2 回実施し、試験期間中計 7 回おこなった (以下、「試験区 1」とする)。残りの 6 基は、試験の始期と終期に加え、雑海藻の付着が多い 9 月に 1 回雑海藻を除去した。浮泥の除去は毎月 2 回実施するとともに荒天後に 1 回実施し、試験期間中計 11 回おこなった (以下、「試験区 2」とする)。試験終了時、株数を計数し、主枝長を計測して平均値を比較した結果、すべての株数および大型種苗の株数のいずれも試験区 1 より試験区 2 が有意に

多く (t 検定、 $p < 0.01$ )、主枝長も有意に長かった (t 検定、 $p < 0.01$ ) (図 2)。

#### (3) 人工種苗漁場移植試験

##### 1) 平成 29 年度種苗移植試験

回収後のヒジキの株数の平均値は、平成 30 年 2 月 1 日に移植した人工種苗 1 組 (コンクリートブロック 2 基、以下、「試験区 3」とする) が 27.0 株/基 (移植前 49.5 株/基)、平成 30 年 3 月 19 日に移植した人工種苗 2 組 (コンクリートブロック各 2 基) のうち 1 組 (以下、「試験区 4」とする) が 55.0 株/基 (移植前 53.0 株/基)、もう 1 組 (以下、「試験区 5」とする) 試験が 53.5 株/基 (移植前 54.0 株/基) であった。分枝を含めたヒジキの本数の平均値は、試験区 3 が 69.5 本/基、試験区 4 が 152.0 本/基、試験区 5 は 195.5 本/基であった (図 3)。

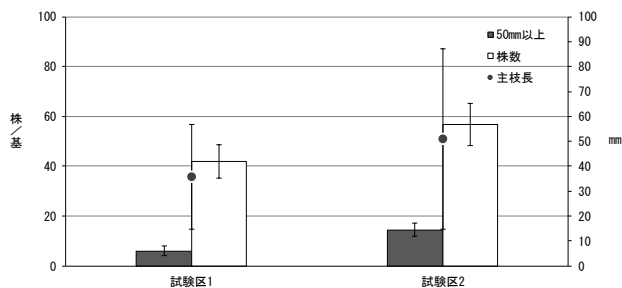


図2 ブロック1基あたりの主枝が伸長したヒジキ株数および主枝長（平成30年12月19日）

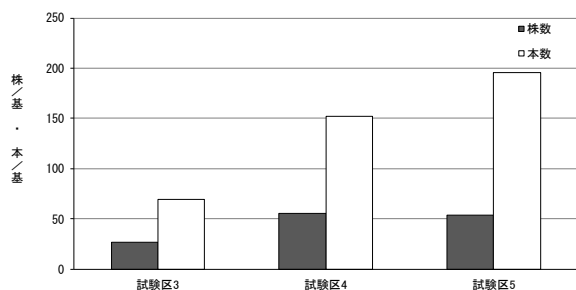


図3 ブロック1基あたりの主枝が伸長したヒジキ株数および本数（平成29年度種苗移植試験 平成30年6月4日）

湿重量の平均値は、試験区3が46.5g/基、試験区4が183.6g/基、試験区5が748.9g/基であった。主枝長の平均値は、試験区3が77.7mm、試験区4が224.4mm、試験区5が467.9mmで、試験区4は試験区3より有意に長く（Scheffe法、 $p < 0.05$ ）、試験区5は試験区3および試験区4より有意に長かった（Scheffe法、 $p < 0.01$ ）（図4）。

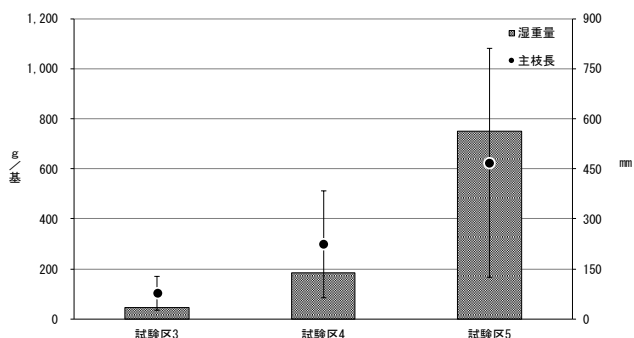


図4 ブロック1基あたりの湿重量および主枝長（平成29年度種苗移植試験 平成30年6月4日）

潜堤には、鉄杭（直径12mm×長さ60cm）とポリエステルロープ（直径6mm）を使用して、人工種苗が付着したコンクリートブロックを固定したが、試験区3のブロックは、波浪により転覆し平成30年3月15日に再固定した。また、試験区4は、波浪によりブロックがずれ動く状態になっており、4月20日にロープで補強した。これらのことから、試験区3では、ブロックの転覆時に種苗が仮根ごと剥離して株数が減少するとともに、主

枝等が切れて流失したため本数が減少し主枝の平均長も短くなったと考えられた。また、試験区4は、種苗が仮根ごと剥離しなかったものの、ブロックがずれ動くことで主枝等が流失したと考えられた。

## 2) 平成30年度種苗移植試験

移植試験には、平成30年度、2回目に種付けした人工種苗を使用した。人工種苗は、大潮または中潮の干潮時、水中ポンド（コニシ株式会社 E380）を用いてコンクリートブロックごと砂坊堤に固定した。平成30年8月は27日に北斜面、29日に東斜面、30日に西斜面に移植した（以下、「8月北区」「8月東区」「8月西区」とする）。移植時は、ヒジキ種苗が小さいことや雑海藻の付着により密度の算出や長さの測定が困難であったため、主枝の伸長が多数認められた平成30年11月から平成31年3月まで、毎月1回、ヒジキの株数を計数し主枝長を計測した。なお、8月北区および8月西区では、平成31年3月の調査時、残存した人工種苗数が多く、また、伸長した枝や伸長して複雑に絡まった仮根により株が判別できず株数が計数できなかった。平成30年12月は25日に北斜面、26日に東斜面および西斜面に移植した後（以下、「12月北区」「12月東区」「12月西区」とする）、毎月1回、ヒジキの株数を計数し主枝長を計測した。平成31年3月は9日に東斜面および西斜面に固定し（以下、「3月東区」「3月西区」とする）、平成31年3月21日に、株数を計数し主枝長を計測した。なお、北斜面へは平成31年3月8日に人工種苗を移植したが、3月9日に、コンクリートブロックが剥離していたため、持ち帰って伊予市森漁港内に設置した筏から水深25cmに垂下して管理した後、3月21日に再度、北斜面に移植した（以下、「3月北区」とする）。

平成31年3月21日（8月西区および8月北区は平成31年2月21日）計数時の人工種苗の株数は、全ての試験区の中で8月西区の株数が102株/基と最も多く、3月東区が59株/基で2番目に多かった。一方、12月に移植した試験区は、12月西区が20株/基、12月北区が19株/基、12月東区が22株/基で、いずれも株数が少なかった（図5）。

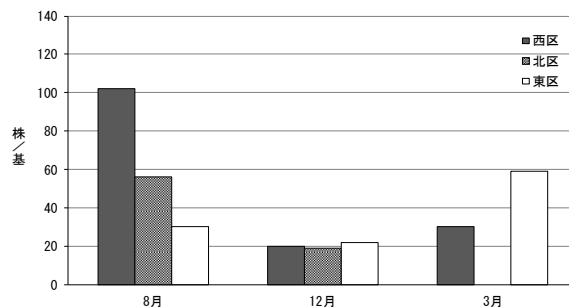


図5 主枝が伸長したヒジキ株数（平成30年度種苗移植試験 平成31年2月21日（8月西区および8月北区）または平成31年3月21日（その他の試験区））

平成31年3月21日における主枝長の平均値は、8月西区が207.6mm、8月北区が119.8mm、8月東区が57.5mmで、値に大きな差があるものの、11月以降継続して平均値が大きくなった。12月西区は32.9mm、12月北区は38.3mm、12月東区は56.6mmで、12月北区および12月西区では移植後に平均値が小さくなった。3月西区は49.96mm、3月東区は56.1mmで両試験区とも移植後に平均値が小さくなった(図6)。

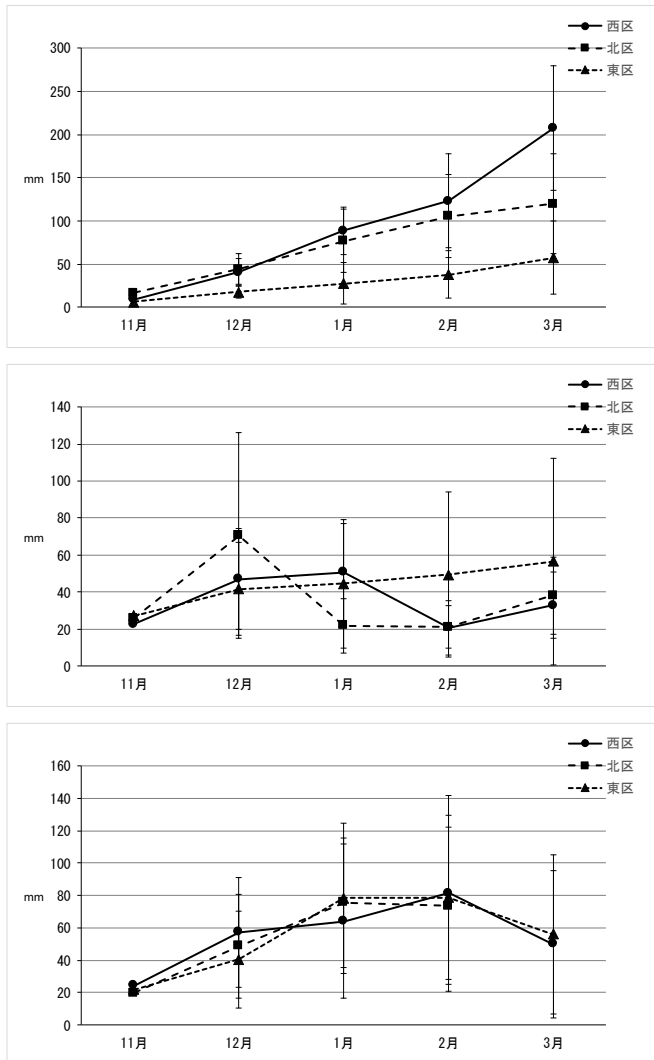


図6 主枝長の平均値変動(平成30年度種苗移植試験 上段:8月移植、中段:12月移植、下段3月移植)

## 2 ヒジキ種苗脱落防止等防止技術開発

コンクリートブロック側面(190mm×100mm)への種付けは、2回目の種付けが終了した平成30年7月19日から30日の間に、3基のブロックを用いておこなった。側面に付着した受精卵数は、1基あたり3,420粒であった(表1)。

試験は、筏から垂下した平成30年8月2日から平成31年3月28日の間に実施した。コンクリートブロックは、試験の始期、終期および2ヶ月に1回程度、付着生物をピンセットで除去するとともに、毎月1~2回、水中から引き揚げたコンクリートブロックに、バケツで海水をかけて浮泥を除去した。平成30年11月から平

成31年3月まで、毎月1回、ヒジキの株数を計数し主枝長を計測した。試験終了時には、湿重量も計量した。

平成31年3月26日から28日における人工種苗の株数の平均値は、コンクリートブロック上面で56.7株/基、うち大型種苗は53.3株/基であった。側面の株数の平均値は、上面と同じ面積に換算すると、34.8株/基、うち大型種苗は29.8株/基であった(図7)。

また、主枝長の平均値は、上面が246.5mm、側面が253.3mm、湿重量の平均値は、上面で409.5g/基、側面で422.9g/基であった(図8)。

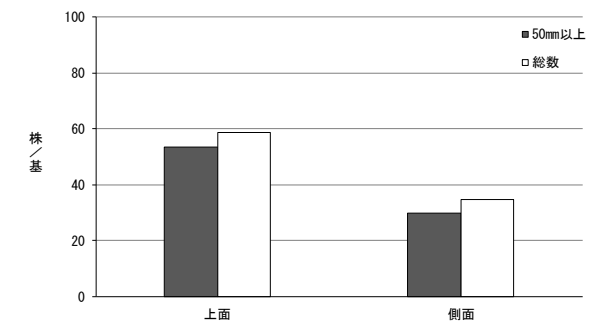


図7 ブロック1基あたりの主枝が伸長したヒジキ株数(平成30年度種苗移植試験 平成31年3月26-28日)

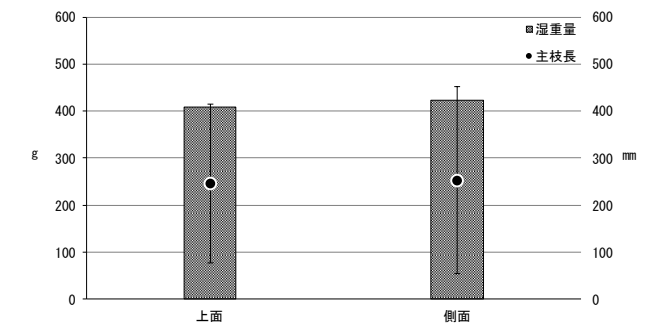


図8 ブロック1基あたりの湿重量および主枝長(平成30年度種苗移植試験 平成31年3月26-28日)

以上のことから、コンクリートブロックの側面にも種付けをおこなうことで、より効率良く人工種苗が作出できるものと考えられた。

## II ヒジキ藻場造成高度化技術開発試験

中村 翠珠・武智 昭彦・神岡 啓二

### 方 法

#### 1 天然ヒジキ生育場環境比較調査

天然海域のヒジキの生育場所別の形態特性を詳細に調査するため、ヒジキの生息密度が異なる大洲市長浜町今坊3ヶ所(以下、「今坊西」、「今坊北」、「今坊東」とする)、伊予市高野川棧橋2ヶ所(以下、「高野川南」、「高野川北」)、大洲市長浜町青島の北側自然海岸2ヶ所(以下、「青島北1」、「青島北2」とする)および南側漁港内1ヶ所(以下、「青島南」とする)、伊予市森漁港南側の潜堤(以下、「潜堤(沖側)」、「潜堤(中央)」、「潜堤(陸側)」)の4地点、計11ヶ所を調査箇所とした(図1)。

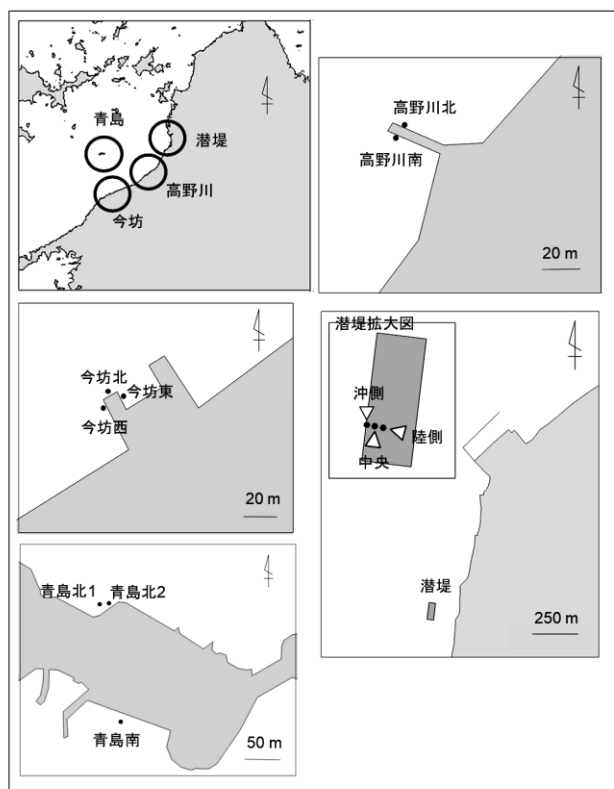


図1 調査地点と各地点の試験箇所

各調査地点にはデータロガー(Onset Computer社、HOBOペンダントロガーシリーズ、UA-001-64)を設置し1時間おきに水温を記録した。形態については、各地点周辺のヒジキ20本の主枝長および主枝径を測定し、その平均値を算出した。また、平成30年5月および6月に20cm×20cm角でヒジキの坪刈りを実施し、層別解析のため実験室に持ち帰った。層別解析では、坪刈りしたヒジキの長さ上位20本を根本から10cm毎

に切断し(以下、「10cm毎ブロック」とする)、各箇所のヒジキを主枝と分岐枝に分け、各10cm毎ブロックにおける主枝と分岐枝の乾燥重量を測定して平均化した。また、坪刈りしたヒジキ全数の主枝径を測定し、平均値化した。

#### 2 ヒジキ好適波浪条件調査

平成29年8月～平成30年7月にかけてデータロガー(Onset Computer社、HOBOペンダントGLogger)を方法1に記載の各調査箇所に設置し、10分おきに加速度を記録した。ロガーに記録された加速度データは、各月ごとの全データの平均値を月別平均加速度として抽出した。

### 結果および考察

#### 1 天然ヒジキ生育場環境比較調査

平成29年8月から平成30年7月の各地点における水温を図2に示した。各地点の最高水温は26.1～26.7℃、最低水温は8.0～10.1℃で推移し、青島北と南の水温はほぼ同じだった。各地点では夏期から秋期にかけてほぼ同じ水温で推移したが、11月から翌2月の間は青島で他3地点より1～2℃高く推移した。また、主枝長は青島南で116cmと他調査箇所よりも有意に長く(Steel-Dwass,  $p < 0.05$ )、今坊北は茎の太さが2.4mmと全箇所でも最も太かった(図3)。また、各箇所におけるヒジキの形態は多様化しており、潜堤(中央)および潜堤(陸側)は分岐枝がほとんどない一方で、青島北2および青島南では茎・枝ともに大型だった(図4)。収穫時期のヒジキの乾燥重量(以下、「D.W.」とする)は、主枝長が長いほど重くなる傾向にあり(図5)、より多くのヒジキを収穫するためにはヒジキの主枝長が長くなるような環境条件が必要なことが明らかとなった。

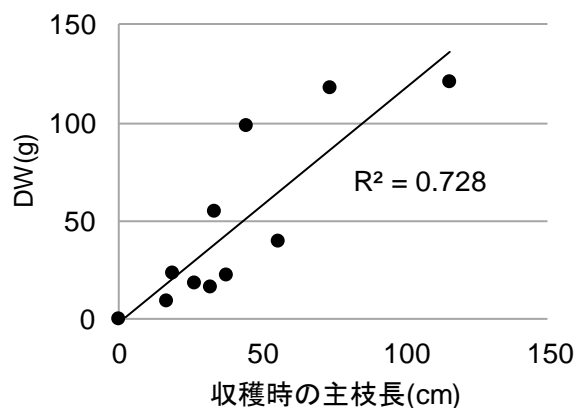


図5 ヒジキ収穫時のDWと主枝長との関係

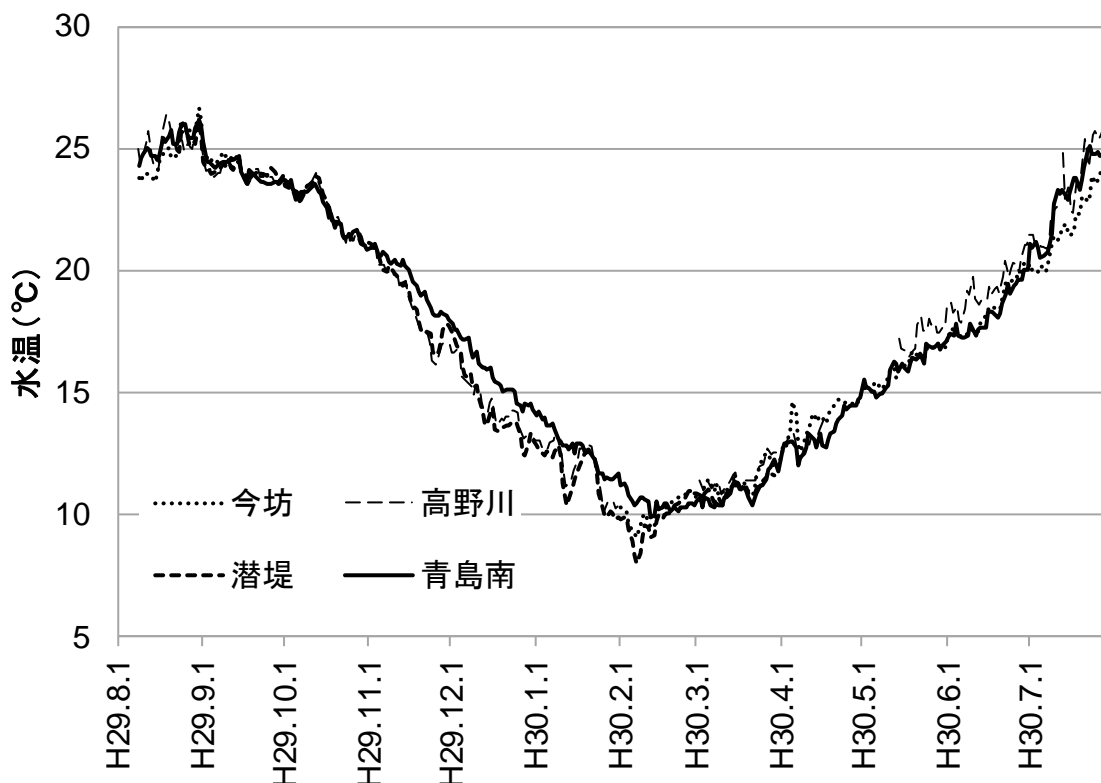


図2 各地点における水温

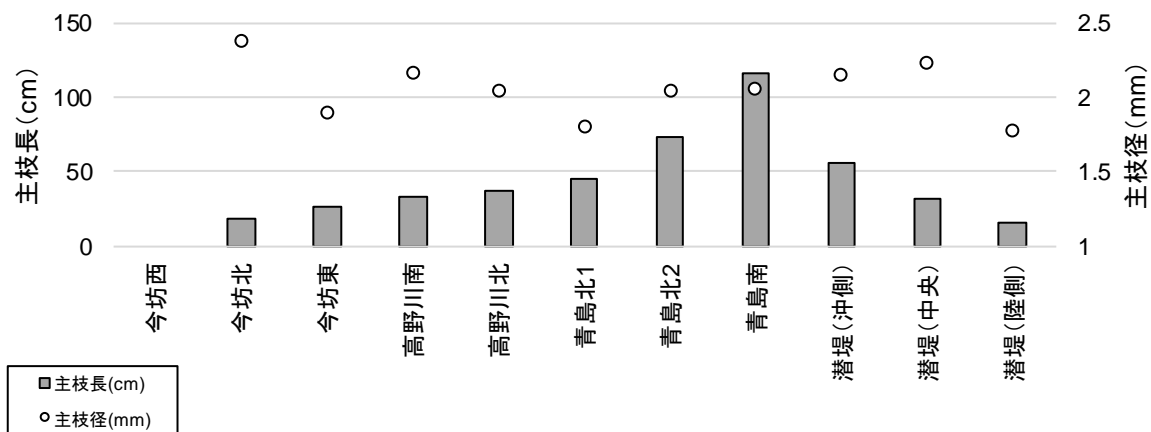


図3 各地点の収穫時期の主枝長と主枝径

## 2 ヒジキ好適波浪条件調査

加速度ロガーに記録された加速度データについて、各箇所における月毎の平均加速度を図6に示した。なお、データロガーが流失したため、高野川北では平成29年2～3月および平成30年6月が、今坊東では平成29年10月～翌3月までのデータは欠測となった。月毎の平均加速度は各箇所によって季節変動があり、今坊西および潜堤中央側・陸側では夏期～秋期(8月～10月)の平均加速度よりも冬期(1月～3月)の平均加速度が高く、青島北では夏期の平均加速度よりも冬期の平均加速度が低い傾向にあった。また、青島南では10月～4月の平均加速度の平均が全地点で最も高か

った。ここで、離島である青島はその他の調査箇所とはヒジキの生育環境が大きく異なるものと考えられたので、青島3ヶ所を除いた8ヶ所(以下、「伊予灘海岸線調査箇所」)について平均加速度と収穫時D.W.の相関を調べると、伊予灘海岸線調査箇所の1月～3月の平均加速度と収穫時D.W.に強い負の相関があり( $r=-0.90$ )、冬期の平均加速度が低い地点ほど翌年の収穫時D.W.が多い結果となった(図7)。今年度の試験ではロガー流出によるデータの欠損等もあったことから、次年度の試験において同地点で再度平均加速度を測定し、再現性の確認が必要と考えられた。

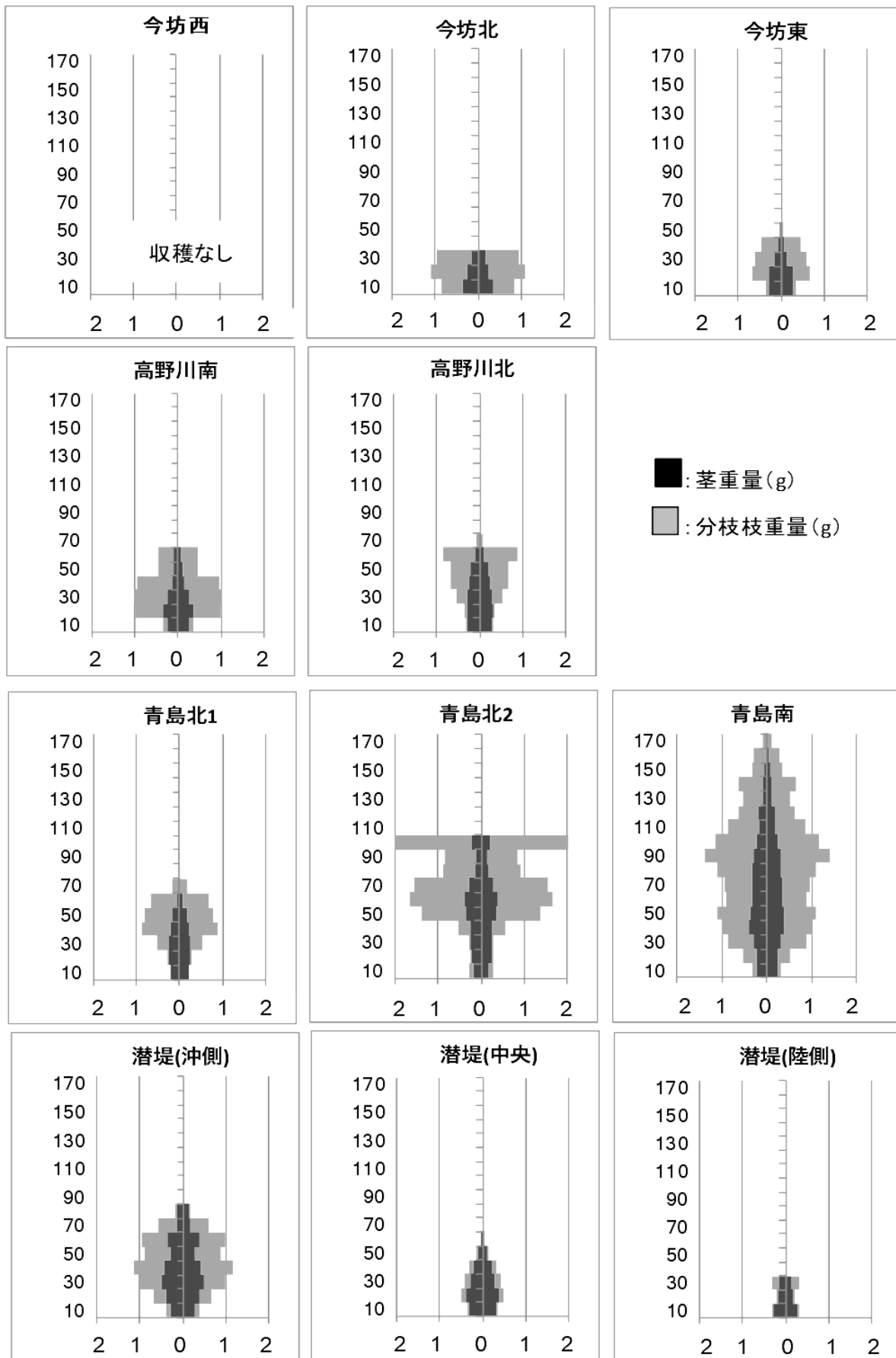


図4 各調査地点のヒジキ形態 (縦軸: 刈取り点からの長さ (cm)、横軸: 茎 1m あたりの DW (g))

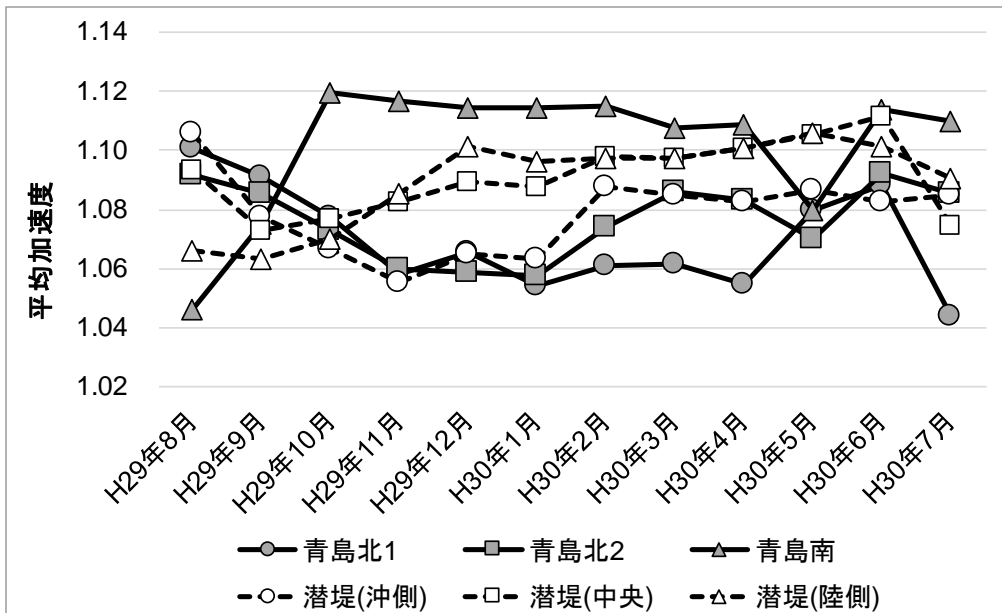
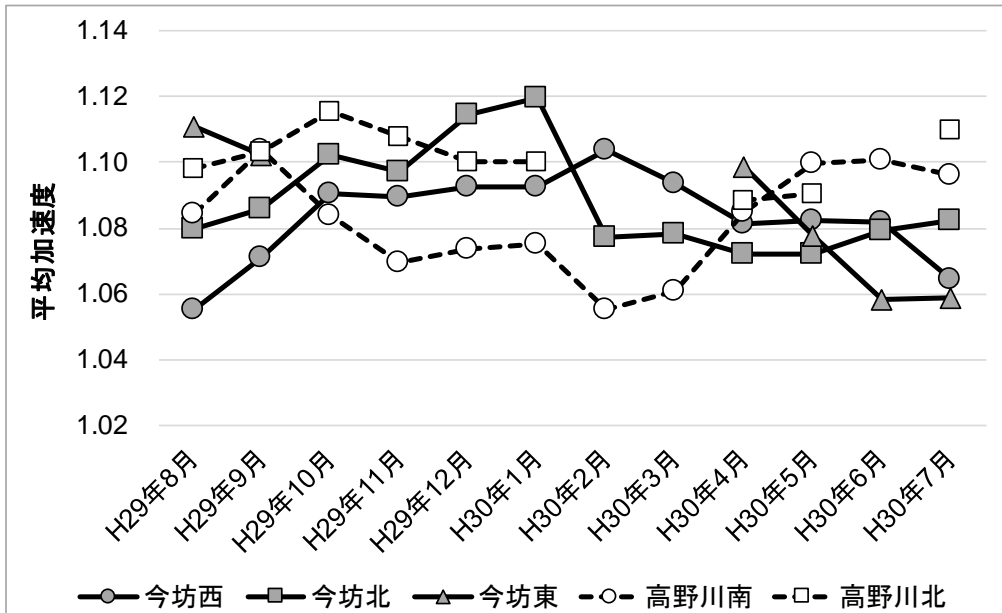


図6 各調査地点の月毎の平均加速度（上：今坊および高野川、下：青島および潜堤）

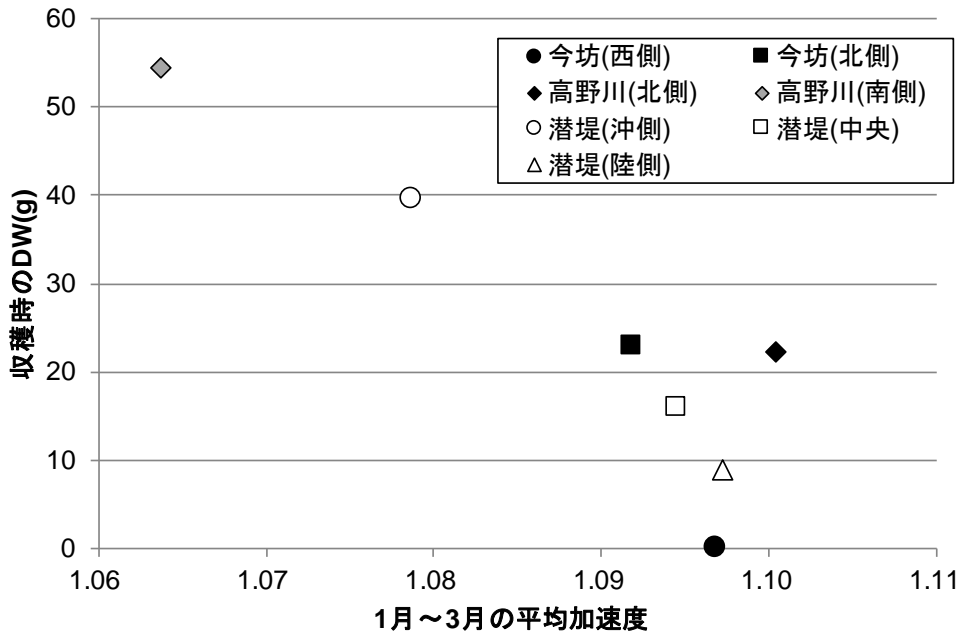


図7 1月～3月の平均加速度と収穫時のDWの関係



# 高水温期ノリ養殖安定化技術開発試験

喜安 宏能\*1・富士 泰\*2

## 目 的

瀬戸内海の中央部に位置する燧灘は、県内で唯一のノリ養殖漁場であるが、近年、その生産量は大きく減少している。養殖ノリ減産の要因として、秋季から冬季の海水温上昇による育苗期から本養殖初期の葉体生育不良があることから、高水温時において安定生産が可能な種苗を開発するとともに、養殖漁場における海況の変化を把握し、安定的なノリ養殖技術の確立を図る。

## 方 法

### 1 高水温耐性株の選抜育種

#### (1) フリー糸状体の作出

養殖場で採取したノリ葉体を屋内培養して果胞子を放出させ、長期間保存が可能なフリー糸状体の作出に取り組んだ。

#### (2) 優良株選抜試験

貝殻糸状体から果胞子を放出させて採苗し、伸長した葉体を24℃の高水温下で培養した後、生育状況の良い葉体を選抜した。選抜した葉体から果胞子を放出させ、優良株のフリー糸状体の作出に取り組んだ。

### 2 養殖漁場環境調査

図1に示す西条地区のノリ養殖漁場10地点において、平成30年10月中旬から毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分を多項目測定装置(JFEアドバンテック社製)で、表層水の栄養塩(DIN(NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N)、PO<sub>4</sub>-P)をTRAACS 800(BRAN+LUEBBE社製)で分析するとともに、表層水中の珪藻密度を計数した。また、ノリ養殖関係漁業協同組合から持ち込まれた海水も同様に測定し、測定結果について、「ノリ養殖漁場栄養塩速報」として取りまとめ、本研究所ホームページに掲載するとともに、ノリ養殖関係漁協および関係機関にFAXで広報した。

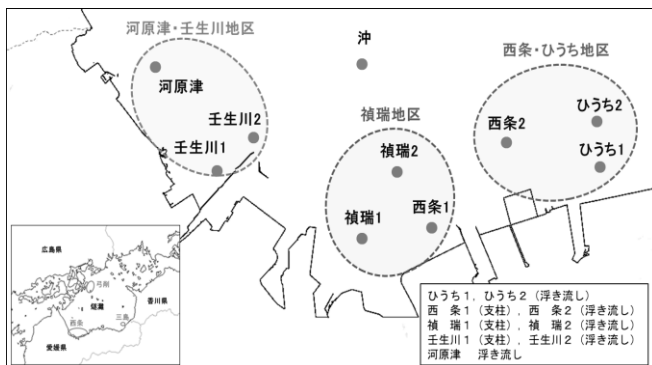


図1 調査定点

## 結 果

### 1 高水温耐性株の育種選抜

#### (1) フリー糸状体の作出

作出は2回行った。1回目は、西条市壬生川の養殖漁場において、ノリ養殖終期まで残存していた葉体を採取して試験に供した。平成30年3月12日に採取した葉体を、砂ろ過海水を掛け流しにしたプラスチック水槽内で一晚管理した後、目視により大きな葉体を20枚選抜した。選抜した葉体は、pH2.5に調整した塩分31.60の希釈海水(加圧滅菌した0.6μmろ過海水を蒸留水で希釈したもの、以下、同じ)に浸漬し、7分間静置して洗浄した。洗浄後、pH調整していない塩分31.60の希釈海水で3回洗い流した後、葉体を2分割し、プラスチック製滅菌シャーレ(φ90mm×10mm、以下、同じ)に1枚ずつ収容した。

ノリ糸状体栄養剤(第一製網株式会社ノリシード、以下、同じ)を規定量(0.5mL/L、以下、同じ)の1/2添加した希釈海水(塩分31.60または31.66)を、シャーレに50mL入れ、蓋をしてパラフィルムで密封した後、温度18℃、照度3,000~4,000Lux(明期:暗期=14h:10h)の環境下で培養した。

培養後9日頃からシャーレ底や葉体表面等に細胞の付着が確認され、その後増殖した。一部のシャーレで緑藻類の増殖がみられ、ピンセットで除去した。培養後22日目以降、増殖した細胞をピンセットで採取し、ノリ糸状体栄養剤を規定量加えた希釈海水(塩分31.20~32.19)を200mLまたは300mL入れた三角フラスコ(容量200mLまたは300mL)に収容して、温度20℃、照度6,000~8,000Lux(明期:暗期=12h:12h)の環境下で静置培養した。一部は同希釈海水を100mL入れた培養試験管(φ40mm×130mm、以下、同じ)で培養した。培養期間中、培養液は1週間に1回交換した。また、珪藻類が増殖した場合は、培養液に酸化ゲルマニウムを2ppm添加して培養して珪藻の増殖を抑制した。温度および照度はグロースキャビネット(三洋電機株式会社製MLR-350、以下、同じ)で制御した。

約2ヶ月間培養した後、増殖した細胞を、海苔糸状体栄養剤を規定量加えた希釈海水(塩分31.24~31.58)300mL入れた三角フラスコ(容量300mL)に収容してシリコン栓で蓋をし、温度19℃、照度8,00~1,000Lux(明期:暗期=12h:12h)の環境下で保存した。培養液は数ヶ月に1回程度交換した。温度および照度は卓上型人工気象器(株日本医化機械製作所製LH-60FL2-DT)で制御した。

2回目は、平成31年1月10日に、西条市壬生川の養殖漁場で、養殖網から最初に伸長した葉体を採取して使用した。採取後、原海水中で、止水で一晩管理した後、

\*1 現 東予地方局水産課

\*2 現 南予地方局水産課

目視により大きく色の濃い葉体を5枚選抜した。選抜した葉体は、pH2.5に調整した塩分31.32の希釈海水に浸漬し、90rpmで8分間振とうして洗浄した。洗浄後、pH調整していない塩分31.32の希釈海水で3回洗い流した後、葉体を3分割し、滅菌シャーレに1枚ずつ収容した。酸化ゲルマニウムを2ppm添加し、海苔糸状体栄養剤を規定量の1/2加えた希釈海水(塩分31.46)をシャーレに60mL入れ、蓋をしてパラフィルムで密封した後、温度18℃、照度3,500~4,000Lux(明期:暗期=14h:10h)の環境下で培養した。温度および照度はグロースキャビネットにて制御した。

2回目の作出では、培養後20日が経過しても細胞の増殖が少なく、34日頃、シャーレ15枚中、5枚のシャーレで細胞の増殖が確認された。その内、細胞数が多い3枚のシャーレから細胞を採取し、海苔糸状体栄養剤を規定量加えた希釈海水(塩分31.22)を60mL入れた別の滅菌シャーレに収容した。収容後、パラフィルムで密閉し、採取元のシャーレとあわせて培養を継続した。50日目に、細胞の増殖がみられないシャーレ10枚は葉体ごと廃棄した。細胞の増殖がみられたシャーレは、培養液(塩分31.35)を交換して培養を継続した。その際、葉体上に細胞が増殖しているものは、増殖箇所を切除して残し、残りの葉体は廃棄した。その後、培養液を1週間に1回程度交換し(塩分31.32~31.60)培養を継続中である。なお、温度および照度はグロースキャビネットにて制御した。

## (2) 優良株選抜試験

採苗には、平成30年7月3日に壬生川漁業協同組合から提供があった貝殻糸状体を用いた。貝殻糸状体が穿入したカキ殻(以下、「糸状体貝殻」という。)12枚を、1Lビーカーに各1枚収容し、希釈海水(塩分31.53または32.09)を800mL入れて食品包装用ラップフィルムで蓋をし、温度25℃、照度1,700~2,600Lux(明期:暗期=8h:16h)の環境下で管理した。海苔糸状体栄養剤は添加しなかった。希釈海水は1~2週間に1回交換した。

管理開始後10日目と27日目に、スポンジまたはタワシを用いて糸状体貝殻に付着した珪藻類を除去し、0.6μmろ過海水で洗浄した。洗浄後は、交換した1Lビーカーおよび希釈海水(塩分31.23~31.81)800mLに糸状体貝殻を収容して継続して管理した。当初、糸状体貝殻は濃い灰色をしていたが、日数が経過するごとに、その色は薄くなった。

平成30年8月3日に、温度18℃、照度6,000~7,500Lux(明期:暗期=8h:16h)に培養条件を変更し、1Lビーカーに、糸状体貝殻を収容したままガラス管で通気して、採苗を開始した。

採苗3日目に種糸をビーカー内に投入した。種糸には、水道水で希釈した次亜塩素酸ナトリウム溶液(0.27mL/800mL)に約15時間浸漬し、水道水でよく洗浄した後4日間、屋内で乾燥させたクレモナローブ(φ3mm×100mm)を使用した。

採苗4日目の午前、グロースキャビネットが点灯してから数分後に採苗中の種糸2本を蛍光灯顕微鏡で観察したところ、殻胞子の付着が確認された。さらに10数分後に同じ種糸を確認したところ付着した殻胞子が多くなっていったことから、殻胞子が、種糸に高密度に付着することを防ぐため、すべての糸状体貝殻をビーカーから取り出し、通気を中止して静置し殻胞子の付着を促した。静置5時間後、殻胞子が付着した種糸を500mL枝付きフラスコに各1本ずつ収容し、海苔糸状体栄養剤を規定量添加した希釈海水(塩分31.53または31.55)を500mL入れて通気培養した。培養条件は、温度18℃、照度4,300~6,700Lux(明期:暗期=8h:16h)としたが、翌日、照度を3,600~5,000Lux(明期:暗期=11h:13h)に変更した。培養中は約1週間に1回、培養液(塩分31.24~32.11)を交換した。

培養開始後5日目頃から、種糸に付着珪藻の増殖が多数確認されたため、8月15日に、二重にしたチャック付きポリ袋(140mm×120mmおよび170mm×120mm)に種糸を入れて密封した後、-20℃で冷凍保存し珪藻を除去した。9月6日に培養を再開した。

再培養後、7日目に一部の種糸でノリの葉体が確認され、12日目にはすべての種糸で葉体を確認した。

21日目に、培養温度を18℃から24℃に変更し高水温下で2週間培養した後、10月12日に優良な藻体を選抜した。大きさや色の濃さ、形状(しわや端部の湾曲の有無等)により目視で20枚の葉体を選抜した後、長さ、幅およびSPAD値を測定して優良な葉体を10枚選抜した。なお、SPAD値は葉緑素計(コニカミノルタ株式会社製SPAD-502Plus)を用いて葉体の3か所を測定し平均値を算出した。

選抜した葉体は、pH2.5に調整した塩分31.45の希釈海水に浸漬し、90rpmで8分間振とうして洗浄した。洗浄後、pH調整していない塩分31.45の希釈海水で3回洗い流した後、滅菌シャーレに1枚ずつ収容した。シャーレに、海苔糸状体栄養剤を、規定量の1/2加えた希釈海水(塩分31.50)を50mL入れ、蓋をしてパラフィルムで密封した後、果胞子を放出させてフリー糸状体を作成するため、温度18℃、照度3,500~4,000Lux(明期:暗期=14h:10h)の環境下で培養した。

培養後11日目頃からシャーレ底や葉体表面等に細胞の付着が確認され、その後増殖した。培養後26日目以降、増殖した細胞をピンセットで採取し、海苔糸状体栄養剤を規定量加えた希釈海水(塩分31.12~31.90)を50mL入れた滅菌シャーレ、100mL入れた培養試験管および200mLまたは300mL入れた三角フラスコ(容量200mLまたは300mL)に収容して、温度20℃、照度5,500~8,000Lux(明期:暗期=12h:12h)の環境下で静置培養した。培養期間中、培養液は1週間に1回程度交換した。また、珪藻類が増殖した場合は、培養液に酸化ゲルマニウムを2ppm添加して培養して珪藻の増殖を抑制した。

表1 ノリ葉体選抜結果

No.	長さ(mm)	幅(mm)	SPAD値(※3回測定)				2次選別
			1回目	2回目	3回目	平均	
1	110.56	21.46	3.5	3.9	4.0	3.8	○
2	113.73	12.48	2.8	2.5	2.4	2.6	
3	119.31	19.29	2.8	1.8	2.3	2.3	
4	96.94	22.16	3.5	2.7	2.4	2.9	
5	132.63	19.31	2.3	2.1	1.7	2.0	
6	150.36	18.35	2.6	1.5	2.6	2.2	
7	170.30	23.66	1.8	1.8	1.1	1.6	○
8	96.41	38.01	4.2	4.5	4.6	4.4	○
9	113.72	40.45	2.2	2.3	2.7	2.4	○
10	93.20	37.19	2.0	2.2	1.6	1.9	
11	73.58	46.63	3.1	2.7	2.9	2.9	
12	90.45	41.71	3.9	4.0	4.2	4.0	○
13	110.91	53.82	4.1	3.7	3.7	3.8	○
14	198.11	41.14	4.1	4.3	4.0	4.1	○
15	106.12	31.77	3.1	3.2	3.3	3.2	
16	97.90	24.25	3.4	4.2	3.5	3.7	
17	138.87	57.95	3.6	4.0	4.1	3.9	○
18	119.31	37.93	3.6	3.4	3.3	3.4	
19	110.83	35.64	4.1	4.2	4.3	4.2	○
20	157.39	34.85	3.9	3.3	3.4	3.5	○

増殖した細胞は当初白色であったが密度が高くなる  
ともに緑色となり、他の藻類の混入が疑われた。培養後  
約2ヵ月後には増殖もみられなくなり、4ヵ月培養した  
後、試験を中止した。なお、温度および照度はグロース  
キャビネットにて制御した。

2 養殖漁場環境調査

ノリ養殖漁場の水温は、西条市沿岸のすべての漁場  
において11月以降平年より高めとなり、12月第1週に  
は平年差+2.0℃以上となった。その後も漁期終了まで  
概ね高めで推移した(図2)。育苗期及び本養殖初期で  
ある11月及び12月に高めで推移したことから、葉体  
生育不良が発生しやすい状況であった。

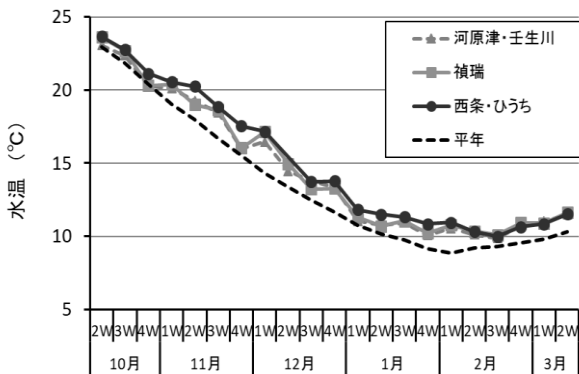


図2 西条地区ノリ養殖漁場の水温の推移

珪藻細胞数は漁期の始めは低く推移していたが、す  
べての漁場において12月第4週に大きく増加した。ま

た、禎瑞地区においては1月第3週にも増加した(図  
3)。栄養塩濃度は漁期の始めは高く推移していたが、12  
月以降は増減を繰り返しながら減少傾向となった(図  
4)。

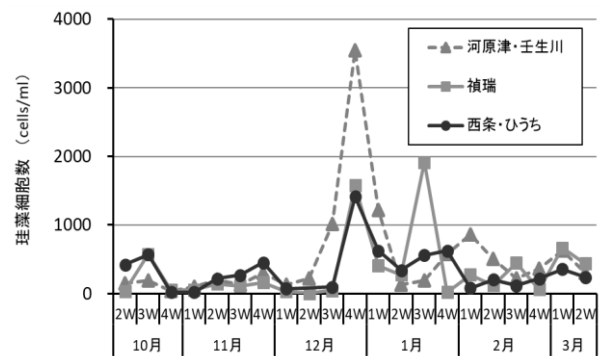


図3 西条地区ノリ養殖漁場の珪藻細胞数の推移

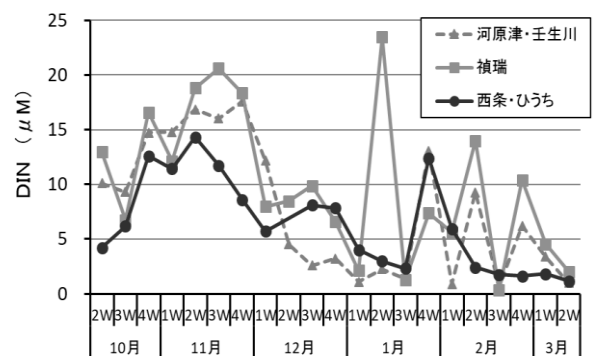


図4 西条地区ノリ養殖漁場の栄養塩濃度の推移

# アオノリ漁場生産力回復実証試験

## (漁場環境改善推進委託事業)

喜安 宏能\*1・高島 景・富士 泰\*2

### 目 的

燧灘西部において、3月のクロノリ養殖終了後に引き続き営まれているアオノリ養殖は、販売単価が非常に高く、重要な養殖業となっている。しかしながら、近年の栄養塩の低下により、クロノリ同様の品質の低下や生産量の減少が大きな問題となっている。そのため、本試験ではアオノリ養殖場がある燧灘西部において、詳細な調査により漁場生産力低下に対する栄養塩低下の影響を明らかにするとともに、本研究所で開発したクロノリ養殖漁場への栄養塩添加手法をアオノリ養殖に応用する技術を開発し、養殖アオノリの増産と品質向上を図る。

なお、結果の詳細は、平成30年度漁場環境改善推進委託事業(栄養塩からみた漁場生産力回復手法の開発)成果報告書(平成31年3月)に、本県ほか4機関の水産試験研究機関が合同で報告した。

### 方 法

#### 1 アオノリ養殖漁場モニタリング

図1に示す西条地区のアオノリ養殖漁場9地点において、平成30年4月4日から毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分を多項目測定装置(JFEアドバンテック社製)で、表層水の栄養塩(DIN(NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N)、PO<sub>4</sub>-P)をTRAACS 800(BRAN+LUEBBE社製)で分析するとともに、表層水中の珪藻密度を計数した。また、アオノリ養殖関係漁業協同組合から持ち込まれた海水も同様に測定し、測定結果について「アオノリ養殖漁場栄養塩情報」として取りまとめ、本研究所ホームページに掲載するとともに、アオノリ養殖関係漁協および関係機関にFAXで広報した。

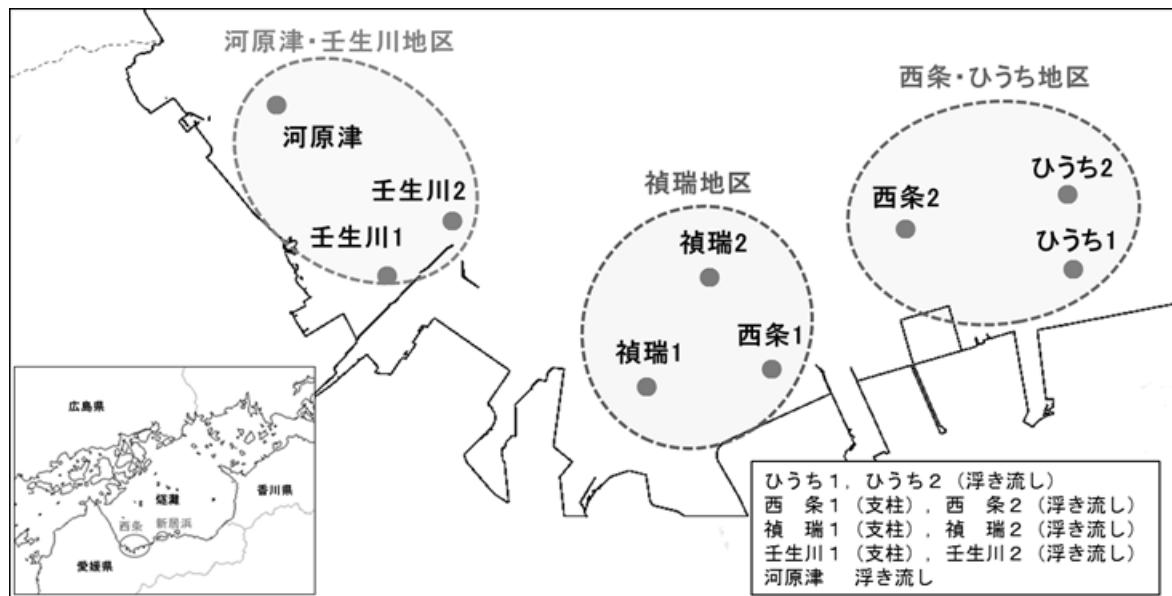


図1 調査定点

## 2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

### (1) 栄養塩添加技術開発

供給する栄養源は、平成26年度から29年度に実施した「ノリ漁場生産力向上実証試験」によりクロノリの生長効果が認められ、安価である8-8-8化成肥料(昭見産業株式会社製、保証成分:アンモニア性窒素:8%、リン酸:8%、カリ:8%)を用いた。愛媛県西条市壬生川漁協管内の浮き流しアオノリ養殖漁場において、対照区を含む4試験区を設定し、施肥による栄養塩添加効果と、敷網による栄養塩滞留効果を検証した。平成29

年12月下旬に種網を張出して天然採苗をおこない、育苗後、平成30年3月に順次展開したアオノリ網を試験に供した。試験は、5月7日から5月18日までおこなった。

漁場への栄養塩供給、500gの肥料を不織布と水切りネットで包んで施肥袋を作成し、これと浮子をブランチハンガーに結び付け、ブランチハンガーによりアオノリ網に設置する方法でおこなった。施肥袋は、3日毎に交換をおこなった。敷網には目合い9mmのポリエチレン製ネットを用い、ブランチハンガーにより幹縄と

\*1 現 東予地方局水産課

\*2 現 南予地方局水産課

結合して設置した。

試験区の配置を図 2 に示した。アオノリ網 1 枚につき 10m を試験区として設定した。

収穫は、コドラート (50×50 cm) を用い、試験ノリ

網 10m につき 3 か所を摘採し、重量をノリ網 1 枚 (1.8×21m) 当たりの重量に換算した。また、葉緑素計 (コニカミノルタ(株)製 SPAD-502Plus) により葉体の色調の指標となる SPAD 値を測定した。

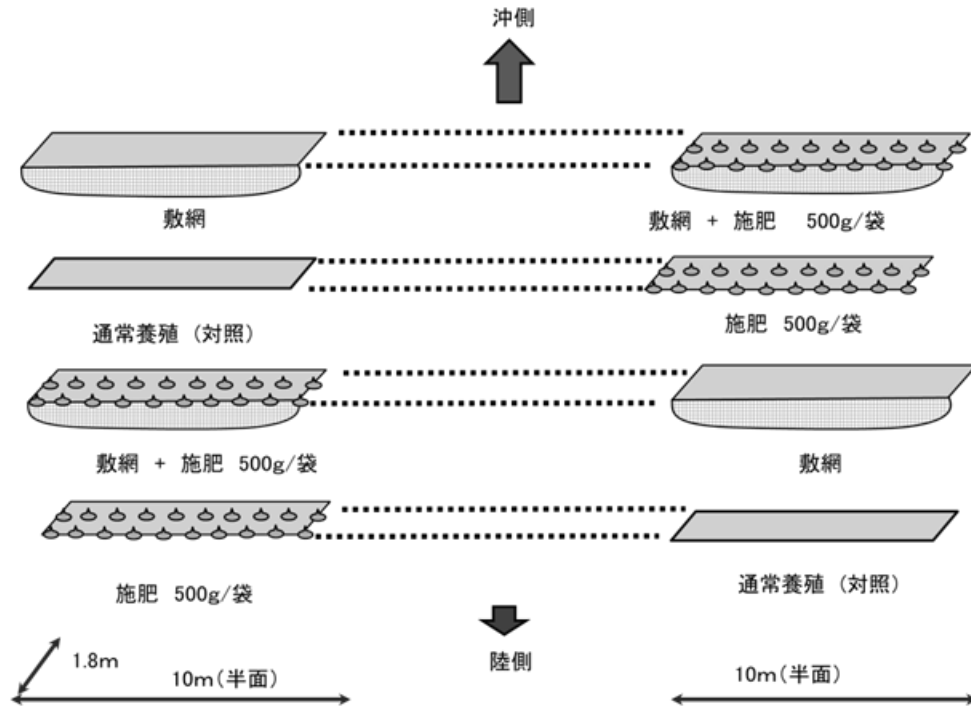


図 2 試験区配置

## (2) 栄養塩溶出試験

アオノリへの効果的な栄養塩供給のため、8-8-8 化成肥料からの栄養塩溶出速度を緩慢にする栄養塩添加袋の開発を試み、栄養塩溶出特性を把握するため、溶出試験をおこなった。

ポリエチレン製袋に直径 2.5mm または直径 5mm の溶出孔を袋の上下 2 箇所を開けた溶出抑制袋を作成し、500g の肥料を不織布と水切りネットで包んだ施肥袋をそれぞれ収容した。これらを水深 0.5m に垂下し、適宜取り上げた後、3.0L 海水中で、攪拌機により 350 回転/分で 10 分間攪拌し、残留アンモニア態窒素を溶出させ、TRAACS 800 (BRAN+LUEBBE 社製) で測定した。

試験は、11 月 21 日より実施し、1、3、5、9、15、21 日後に取り上げた。

## (3) アオノリ食害調査

2 台の水中ビデオカメラ (㈱リコー製 WG-M2) を試験漁場の対照区と敷網区に同時に設置し、魚類による食害の調査をおこなった。撮影は、栄養塩添加技術開発試験期間中である平成 30 年 5 月 16 日に実施し、10:25~16:25 まで 6 時間連続撮影をおこなった。

## (4) 硝酸塩センサーを用いた漁場栄養塩の連続観測と挙動

栄養塩添加実証試験漁場における栄養塩の挙動を観測するため、硝酸塩センサー (SALLANTIC 社製 SUNA V2) を、平成 30 年 4 月 11 日に実証試験漁場に隣接する養殖漁場の水面下 0.5m に設置し、1 時間ごとの連続

観測を開始するとともに、測定値は、データ通信により自動送信した。

## 結 果

### 1 アオノリ養殖漁場モニタリング

水温は、西条市地先の全ての漁場において 5 月第 2 週に平年値を下回ったが、その他の期間は概ね平年に比較して高く推移した (図 3)。

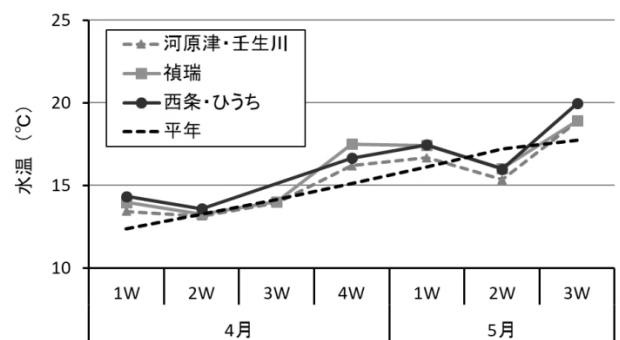


図 3 アオノリ養殖漁場水温の推移

珪藻細胞数は、全ての漁場において 4 月に 1mL あたり概ね 200 から 400 細胞で推移し、5 月第 3 週には大きく増加した (図 4)。また、4 月は月を通して *Eucampia zodiacus* の出現がみられた (図 5)。これらのため、栄養塩濃度は、5 月第 2 週を除いて、概ね  $5.0 \mu\text{M}$  以下の低位で推移し、当年のアオノリ養殖は、5 月第 3 週には終漁となった (図 6)。

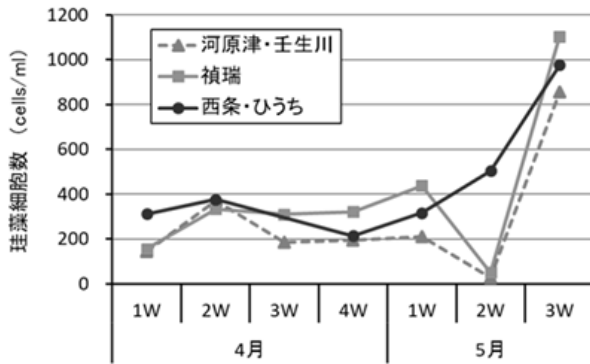


図4 珪藻細胞数の推移

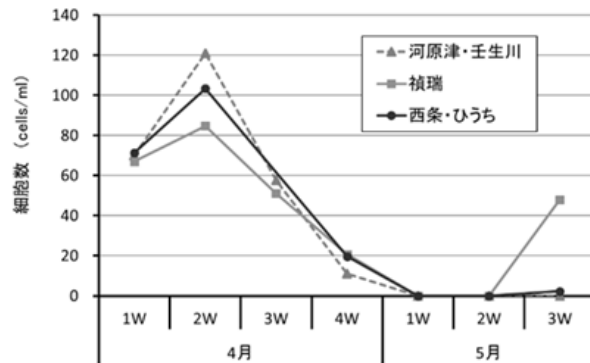


図5 Eucampia zodiacus 細胞数の推移

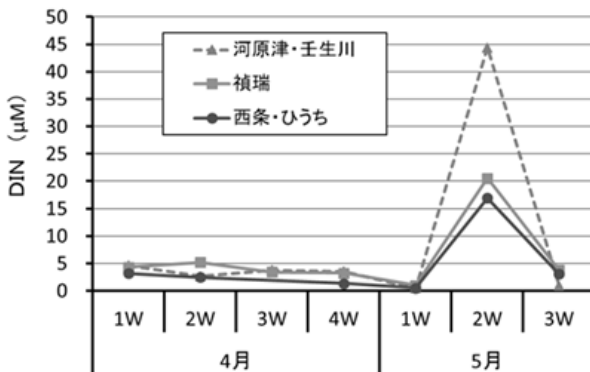


図6 栄養塩濃度の推移

## 2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

### (1) 栄養塩添加技術開発

各試験区のノリの収量を図7に示した。対照区(施肥なし・敷網なし)と比較して、敷網区(施肥なし・敷網あり)では収量が10.20倍増加した。平成29年度に実施した「ノリ漁場生産力回復実証試験」ではクロノリ魚類による食害と敷網によるその防止が確認されたことから、クロノリ同様、アオノリ養殖においても魚類による食害と敷網によるその防止効果が考えられる。施肥区(施肥あり・敷網なし)では対照区と比較して収量の増加が認められず、食害により施肥の効果が発現しなかったと推察される。一方、施肥・敷網区(施肥あり・敷網あり)を敷網区と比較すると1.28倍の増加が認められ、栄養塩添加の効果によるものと推察される。

これらのノリ葉体 SPAD 値測定結果を図8に示した。SPAD 値は、対照区の5.9に対し、施肥区で7.2、施肥・敷網区で7.4であり、それぞれ高くなった。

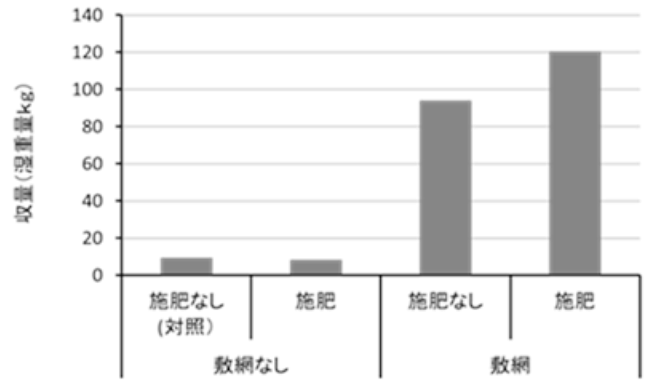


図7 試験区別収量

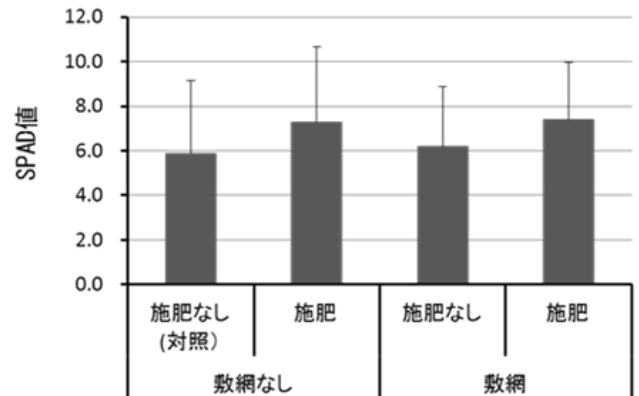


図8 試験区別 SPAD 値

### (2) 栄養塩溶出試験

残留アンモニア態窒素溶出量の経時的変化を図9に示した。2.5mm孔の溶出抑制袋では9日後までアンモニア態窒素の残留が認められ、15日後以降はほぼ認められなくなった。5.0mm孔では2.5mm孔に比べ、1日後から残留量が非常に少なく、肥料に含まれるアンモニア態窒素の大部分が海水への浸漬直後に溶出したと推察される。これらの結果から、アオノリ漁場への栄養塩添加には2.5mm孔の溶出抑制袋が有効であると考えられる。

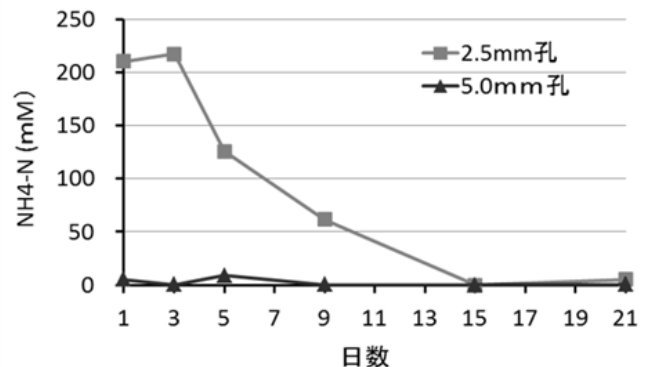


図9 残留アンモニア態窒素溶出量の経時的変化

### (3) アオノリ食害調査

通常養殖である対照区において、ボラの出現が確認され、アオノリ網をつつく様子が撮影された。一方、同時に設置した敷網区の水中ビデオカメラでは、ボラの出現が確認されたが、アオノリ網をつつくことはなく、網に向かって頭を上げる様子もみられなかった。また、



ボラは撮影時間を通して散発的に出現しており、今回の調査では出現が集中した時間帯は認められなかった。これらのことから、アオノリ生長不良の一因として、ボラによる食害が考えられ、敷網にはそれを防止する効果があると推察される。

#### (4) 硝酸塩センサーを用いた漁場栄養塩の連続観測と挙動

硝酸塩センサーを設置した西条市壬生川漁協管内の浮き流しアオノリ養殖漁場における、平成30年5月1日から9日までの硝酸塩センサーの測定値と潮位の変化を図10に示す。5月7日と8日には一日当たり30mm以上のまとまった降水があり、9日は大きく硝酸塩濃度が上昇した。これは降水による河川流量の増大と残差流の影響によるものと考えられる。しかし、その他の期間は概ね低位で推移しており、下げ潮時に上昇する傾向が確認された。平成26年度から29年度まで実施した「ノリ漁場生産力回復実証試験」におけるクロノリ養殖時期の調査において、当該漁場への栄養塩供給には河川が重要な役割を果たしていること、河川水の波及には河川流量とともに風による残差流が大きく影響していること、当該漁場へは河川水が波及し難いことが明らかとなっており、今回の調査から、アオノリ養殖時期においても当該漁場へ河川水は波及し難く、降水がない期間は主に下げ潮時にのみ波及していると考えられる。

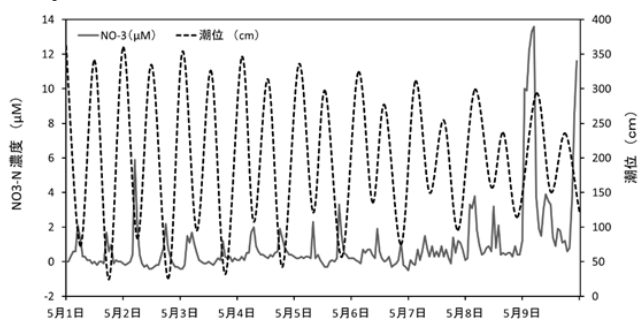


図10 硝酸塩濃度と潮位

# 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)

武智 昭彦・中村 翠珠

## 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、サメの捕獲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を用いて生産した抗原を用いて、エイラクブカを免疫した。

## 方 法

用いたエイラクブカは、北条市漁業協同組合（底びき網漁）から入手し、10トンFRP製レースウェイ水槽または10トンコンクリート製八角水槽に收容して、ろ過海水掛け流しで飼育した。入手後、陸上水槽に馴致して初期斃死がなくなり、配合飼料への餌付けが確認できた後に免疫試験に供した。餌料は、餌付け初期のみ冷凍エビを与え、餌付いた後は配合飼料（EP）を1回/日、投餌した。なお、29年度試験において冬期の加温により、斃死が抑制できたことから、30年度も12月下旬から飼育水の加温（設定温度16℃）をおこなった。

免疫試験は、6月6日、6月20日、7月17日、8月1日、10月3日、10月30日、2月6日、2月20日の計8回、47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）。通常2週間毎に、免疫および採血（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おこなった後、脾臓を摘出してRNA抽出用サンプルとした。免疫および採血時は、500ppm2-フェノキシエタノールで麻酔した。また、飼育中に斃死または斃死直前のサメについては、全採血と脾臓摘出をおこない、愛媛大学へサンプル提供した。なお、免疫処理したサメは、背鰭に装着したイラストマー蛍光標識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、日間成長率と水温の関係を図2に示した。

6月6日から8月1日までの間に免疫した29尾のうち14尾に抗体価の上昇が確認され脾臓を摘出した。ほかに1尾については、回復不能と判断された体表の潰瘍のため脾臓を摘出した。斃死個体を除いた2尾は、継続飼育中である。

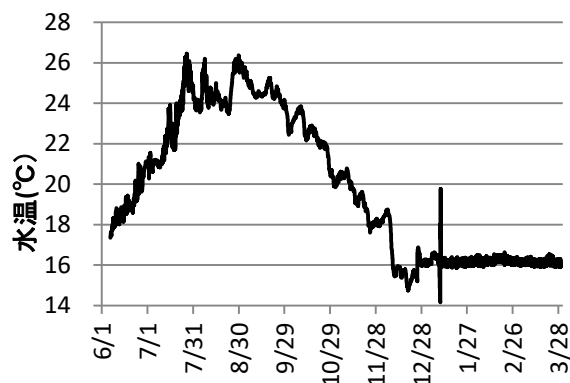


図1 飼育期間中の水温の推移

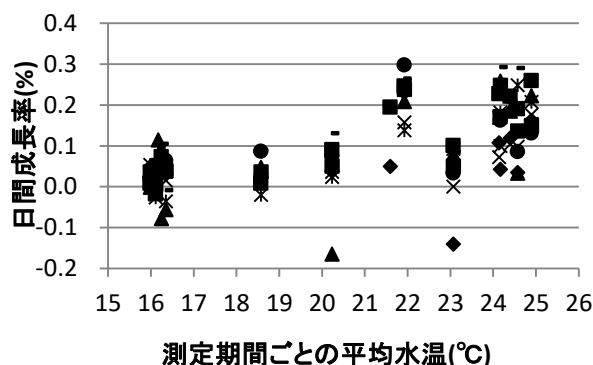


図2 日間成長率と水温の関係

10月3日以降に免役した18尾のうち17尾は継続飼育中で、脾臓を摘出した個体はない。

飼育期間中の生残率は、免疫初期の平均体重が346gと最小であった6月6日の区で最も低く33%であった。つづいて、平均体重が413gの6月20日の区が55%と低かった。小型個体では、大量のアジュバントとともに抗原を打注したため、身体が屈曲したまま戻らず、斃死に至ったと推定され、免疫開始時の体重は、少なくとも500gは必要であると推察された。

飼育水温は、最高値が7月26日の26.5℃、最低値が4月4日の12.3℃で、加温は12月25日から開始し、このときの自然水温は15℃台であった。高水温期から低水温期まで飼育を継続した8個体の日間成長率は、21℃を超えると高く、加温設定値の16℃ではマイナス成長を示す個体が増えた。抗体価の上昇が確認されるまで健全に飼育を継続するには、低水温期に18℃以上を維持する必要があると考えられた。



表1 飼育結果

日付	免疫		脾臓摘出			継続飼育中(3/20現在)			生残率 (%)
	尾数	平均 体重(g)	尾数	平均 体重(g)	飼育 日数	尾数	平均 体重(g)	飼育 日数	
6/6	6	346	2	965	259	0			33
6/20	11	413	5	744	77~231	1	626	273	55
7/17	6	549	5	958	78~190	0			83
8/1	6	644	3	1049	105~175	1	711	231	67
10/3	4	776	0			3	1029	168	75
10/30	3	730	0			3	765	141	100
2/6	4	728	0			4	730	42	100
2/20	7	733	0			7	710	28	100
計	47		15			19			72

# アサリ増養殖技術生産性向上試験

喜安 宏能\*1・富士 泰\*2・高島 景

## 目 的

近年、瀬戸内海のアサリ資源は激減しており、本県においてもアサリ生産量が減少し、県内のアサリ漁場はほとんど消失している。

このような中、本研究所では減耗要因やその対策について調査・研究し、小規模ではあるが、袋網などを用いた移植技術を開発した。そこで、これら技術を応用しながらアサリ餌料環境改善のための施肥や施設の規模拡大による増養効果を検証し、生産性の向上を図り、アサリ増殖技術の実用化及び漁場の再生を目指す。

## 方 法

### 1 袋網による移植・施肥試験

愛媛県西条市高須干潟において、対照区を含む試験区を設定するとともに自然環境下と比較し、袋網および施肥による餌料環境改善効果を検証した。施肥には8-8-8化成肥料（昭見産業株式会社製、保証成分：アンモニア性窒素：8%、リン酸：8%、カリ：8%）を用いた。肥料を不織布と水切りネットで包み、溶出孔を開けたポリエチレン製袋に收容して施肥袋を作成し、これらを袋網内の底面に設置した。

1回目の試験は、平成29年度二枚貝生態系修復試験において袋網によるアサリ成長効果が確認された地点において、対照区を含む4試験区を設定し、添加する肥料量を検討した。平成30年7月12日に平均殻長11.5mmのアサリ稚貝200個体と砂利を收容した袋網を設置し、直径5mmの溶出孔を開けた施肥袋により2週間ごとに施肥を行った。

2回目の試験は、1回目の試験と同地点において、対照区を含む3試験区を設定し、施肥袋の溶出孔サイズを検討した。平成30年10月30日に平均殻長19.7mmのアサリ100個体と砂利を收容した袋網を設置し、直径2.5mmまたは5mmの溶出孔を開けた施肥袋により、それぞれ1か月ごとに施肥を行った。

### 2 被覆網による移植規模拡大試験

平成29年度二枚貝生態系修復試験において砂利敷設による1m×1m被覆網のアサリ生残、成長への有効性が確認できたことから、1と同地点において目合い12mm×8mmの被覆網1m×1m及び1m×5mを用いて、移植規模拡大を検討した。網の埋没を防ぐため、被覆網には合成浮子（16.0cm×12.5cm）を結び付けた。平成30年6月12日にそれぞれの試験区に敷網と砂利を設置した後、250個体/m<sup>2</sup>の密度で平均殻長22.5mmのアサリ稚貝を收容し、被覆網を設置して比較した。

## 結 果

### 1 袋網による移植・施肥試験

1回目の試験において、袋網内のアサリは、試験開始時の平均殻長11.5mmから、6週間後（平成30年8月23日）には対照区19.3mm、100g施肥区20.1mm、200g施肥区19.0mm、400g施肥区18.6mmとなり、100g施肥区が最も高い値となった。同試験区は、生残率および餌料環境の指標となる底泥クロロフィルa量においても高くなったことから、施肥により餌料環境が改善され、アサリの成長、生残が向上したと考えられる。一方、200g、400g施肥区はともに、平均殻長、生残率が対照区を下回り、クロロフィルa量も対照区と比較して増加しなかった。これら試験区においては、溶出したアンモニア体窒素が高濃度であったため、餌料環境が改善されなかったとともに、アサリにアンモニア体窒素が直接影響し、生残を阻害したものと考えられる。なお、対照区と自然環境下の天然アサリを比較したところ、自然環境下では平均殻長、生残率およびグリコーゲン含量が低く、生息環境の底泥クロロフィルa量も低い値となった。これらのことより、自然環境における餌料不足がアサリ資源減少の一因であると考えられるとともに、袋網による餌料環境改善効果が確認できた。

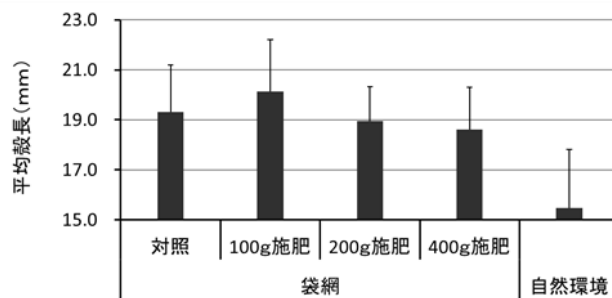


図1 試験区別平均殻長（1回目）

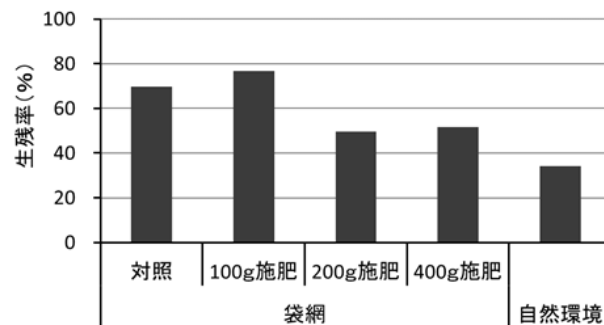


図2 試験区別生残率（1回目）

\*1 現 東予地方局水産課

\*2 現 南予地方局水産課

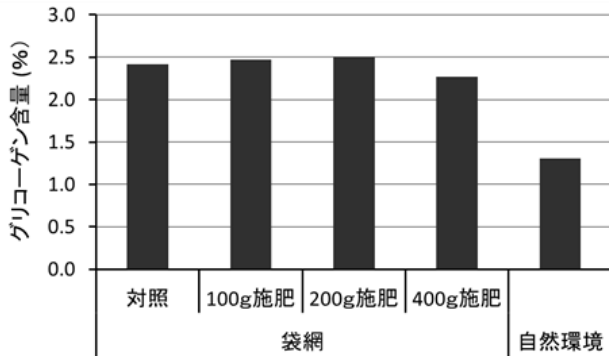


図3 試験区別グリコーゲン含量 (1回目)

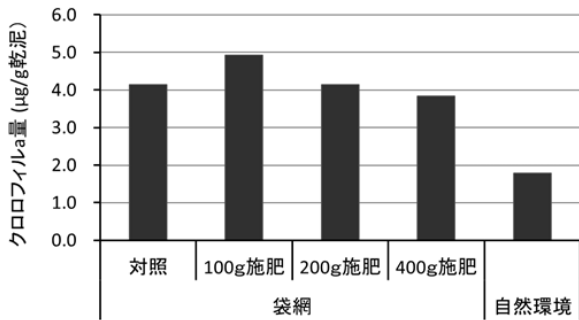


図4 試験区別クロロフィル a 量 (1回目)

2回目の試験において、試験開始から5か月後(平成31年3月19日)には、袋網内のアサリは、試験開始時の平均殻長19.7mmから、対照区26.1mm、2.5mm孔区26.6mm、5.0mm孔区26.3mmとなった。両試験区とも対照区と比較して、殻長に大きな差はなく、生残率、グリコーゲン含量およびクロロフィル a 量については対照区より低くなった。2回目の試験を行った冬季は1回目試験を行った夏季と比較して、添加した栄養塩が餌料生物に十分に吸収・利用されなかったと考えられ、袋網内のアンモニア体窒素が高濃度となったため、生残を阻害したと推察される。

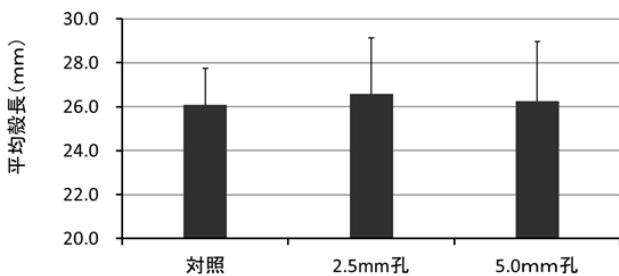


図5 試験区別平均殻長 (2回目)

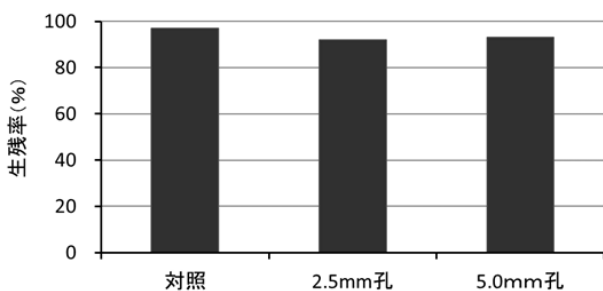


図6 試験区別生残率 (2回目)

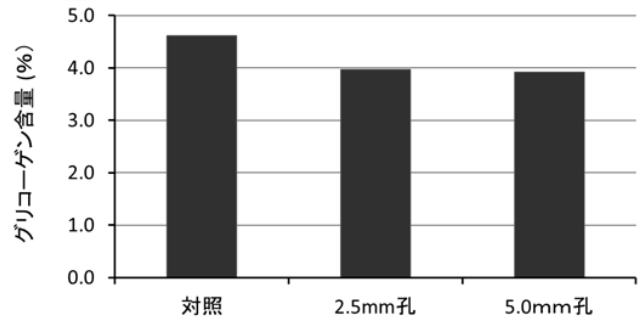


図7 試験区別グリコーゲン含量 (2回目)

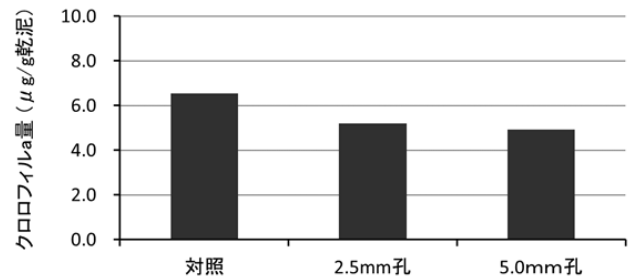


図8 試験区別クロロフィル a 量 (2回目)

これらのことから、施肥は袋網1袋につき100gを夏季に添加する手法が効果的であることが判明したが、肥料交換の間隔、溶出孔サイズ等についてはさらなる検討が必要である。

## 2 被覆網による移植規模拡大試験

被覆網内のアサリは、試験開始時の22.5mmから3か月後(平成30年9月5日)には1m×1m区で27.9mm、1m×5m区で27.7mmに成長した。また、生残率はそれぞれ67.2%、64.3%、グリコーゲン含量は2.8%、2.7%であり、全て大きな差はなかったことから、規模の拡大は可能であることが判明した。また、試験区周辺の自然環境下のクロロフィル a 量は4.1µg/g 乾泥であったが、1m×1m区、1m×5m区ともに6.5µg/g 乾泥であり、袋網同様、被覆網においても餌料環境の改善が確認された。しかし、この後フロートに付着したフジツボと被覆網が波浪等により擦れ、被覆網が破損、アサリが流出したため、試験中止となった。今後はフロートの有無、設置方法等について検討する必要がある。

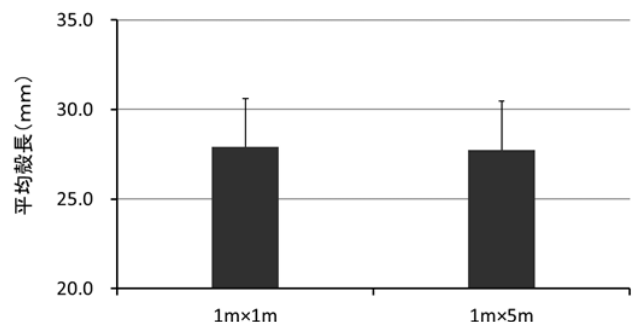


図9 被覆網試験区別平均殻長

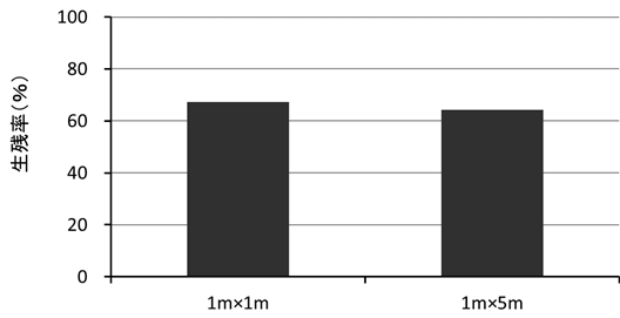


図 10 被覆網試験区別生存率

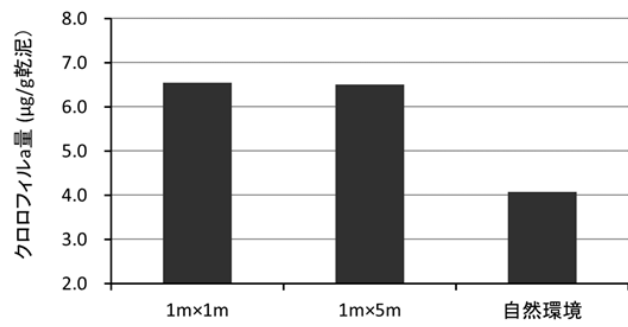


図 11 被覆網試験区別クロロフィル a 量

