

マハタの産地間競争力向上事業

1) 高品質種苗生産技術開発

辻 将治・宮本敦史・中村砂帆子・土橋靖史

目的

新しい養殖魚であるマハタの産地間競争力を高め、東紀州地域のブランドとして定着させるため、種苗の高品質化（形態異常率の低減技術開発）に取り組む。これまでに、仔魚期初期の飼育水面の油膜除去法による鰾の一次開腔促進が、人工種苗の形態異常低減に効果的である可能性が示された。本年度は、同法による鰾の開腔促進および形態異常低減を再確認することを目的に飼育試験を行った。なお、平成22年度までに開発したマハタの種苗生産技術を三重県尾鷲栽培漁業センター（以下、センター）に移転した。これにともない、大型水槽でのマハタの種苗生産技術開発については、センターの事業報告書に記載する。

方法

「三重のマハタ」種苗量産安定化研究施設において、種苗生産試験を行った。なお、親魚養成、採卵および人工授精の詳細はセンターの事業報告書（糟屋他 2014）に記載されており、ここでは本技術開発に関係する方法についてのみ記述する。

平成25年5月29日に親魚の成熟度調査を行い、胎盤性生殖腺刺激ホルモン（hCG, 500 IU/kg）の投与44～48時間後に採卵、採精した。そのうち、雌5尾と雄7尾の人工授精で得られた受精卵を試験で使用した。なお、人工授精にはNested-PCR法でVNN陰性と判断された精液を使用し、受精卵も同法により陰性であることを確認した。また、受精卵は卵管理水槽に収容し、受精24～26時間後に消毒（オキシダント海水0.5 ppm, 1分）を行い、飼育水槽へ収容した。採卵数282.2万粒のうち、卵消毒後に得られた浮上卵数は246.2万粒であり、SAIは23.8±15.4であった。

試験には0.5 m³水槽を9槽使用し、各水槽に受精卵を15,238粒ずつ収容した。試験に使用した受精卵のふ化率は72.9～92.3%、ふ化仔魚数は12,242尾/槽であった。飼育水温は26℃に加温した。

試験区として、水面の油膜を除去しない区（油膜非除去区）、流動パラフィンで水面と空気を遮断した区（流動パラフィン区）、オーバーフロー方式による排水で油膜を除去する区（油膜除去区）の3区を設定した。水槽数

は、油膜非除去区3槽、流動パラフィン区1槽、油膜除去区5槽とした。注水による飼育水温の急激な変動を抑えるため、注水は各区ともに9日令から開始し、仔稚魚の成長に伴って注水量を徐々に増やした。浮上死を防止するため、油膜非除去区および油膜除去区では0～10日令まで、流動パラフィン区は0～3日令まで、飼育水1 m²当たり0.1 mLの被膜オイルを添加した。油膜非除去区は油膜除去を行わず、油膜除去区は、オーバーフロー方式による排水で11～20日令まで油膜除去を行った。流動パラフィン区は、3～30日令まで流動パラフィンを飼育水表面に厚さ約7 mmで添加した。餌料として、S型ワムシ、ベトナム産およびソルトレイク産アルテミア、市販の配合飼料を用いた。S型ワムシは2～39日令に給餌し、アルテミアは、20～24日令まで各区でベトナム産を給餌し、平均全長が6 mmに到達後の25～56日令までソルトレイク産アルテミアを給餌した。配合飼料の給餌は各区ともに40日令以降試験終了まで行った。

鰾の開腔状況は、10～40日令に実体顕微鏡下で押し潰し法を用いて確認し、51日令および試験終了時に軟X線写真撮影で確認した。また、試験終了後に継続飼育したマハタ（144日令）の開腔率も軟X線写真撮影で確認した。形態異常率（屈曲率）は、試験終了時および継続飼育したマハタ（144日令）を軟X線写真撮影で確認した。

結果および考察

油膜除去区で仔魚の流出および浮上死が多発したが、試験終了時の生残率に差はなかった（表1）。

鰾の開腔は15日令に油膜除去区の4水槽で初めて確認され、開腔率は11.5±9.9%であった。その後、同区の全水槽で鰾の開腔個体が確認されるとともに、開腔率が上昇した。試験終了時の同区における鰾の開腔率は38.7±21.9%を示した（表2）。一方、油膜非除去区および流動パラフィン区で鰾の開腔個体はほとんど確認されず、試験終了時にそれぞれ4.5±4.0%および5.8%を示した（表2）。流動パラフィン区では、エアレーション部分を除いた水面が流動パラフィンで覆われており、同区の鰾の開腔率が低いことから、仔魚期の初期に水面から空気を呑み込むことが、鰾が開腔する機会のひとつと考えられる。また、鰾の開腔率は、油膜非除去区でも低いこ

とから、鰻の開腔は、飼育水面の油膜除去で促進されることが再確認された。

屈曲率は、試験終了時の油膜除去区で低く、試験終了後に継続飼育したマハタ（144日令）においても同区の屈曲率は低い傾向がみられた（表2）。

これらの結果から、鰻の開腔で形態異常率が低減する

ことが再確認された。今後は、最適な油膜除去法を検証し、鰻の開腔率を高める必要がある。

関連報文

糟屋 亨・他（2014）：マハタ種苗生産事業. 平成25年度三重県栽培漁業センター事業報告書.

表1 マハタ種苗生産結果（生残数, 生残率）

試験区	10日令		試験終了時 (57~61日令, 平均全長27.2 mm)	
	生残数 (平均±SD)	生残率 (%) (平均±SD)	生残数 (平均±SD)	生残率 (%) (平均±SD)
油膜非除去	2,857±505	19.5±7.3	253±222	2.1±1.8
流動パラフィン	4,643	37.9	133	1.1
油膜除去	4,833±2,280	39.5±18.6	281±175	2.3±1.4

表2 マハタ種苗生産結果（鰻の開腔率, 屈曲率）

試験区	試験終了時 (57~61日令, 平均全長27.2 mm)		144日令 (平均全長10.0 cm)	
	鰻の開腔率 (%) (平均±SD)	屈曲率 (%) (平均±SD)	鰻の開腔率 (%)	屈曲率 (%)
油膜非除去	4.5±4.0	10.9±5.6	98.1	0.0
流動パラフィン	5.8	7.7	96.0	14.0
油膜除去	38.7±21.9	3.1±1.7	96.2	1.9
			98.1	1.9

マハタの産地間競争力向上事業

Ⅱ 高品質養殖魚生産技術開発

中村砂帆子・宮本敦史・土橋靖史

目的

消費者から評価の高いマハタ養殖魚を生産するために、養殖魚の身質特性を把握するとともに、適切な脂質含量のマハタを周年安定供給できる養殖技術を開発する。

方法

尾鷲湾内の海面生簀で飼育していたマハタ3歳魚（平均体重938g）を2.5×2.5×2.5mの海面生簀2面に95および96尾収容した。試験区は、粗脂肪含量が6%（6%区）、12%（12%区）のモイストペレット（MP）を投与する2区とし、週3回、1日1回飽食量を給餌した。

1. 身質特性の把握

1) 飼育成績

毎月1回の頻度で総魚体重測定を行い、増重率、飼料効率、肥満度を算出した。

2) 一般成分分析

5、8、11、2月に各試験区から6尾ずつサンプリングして、魚体（内臓および左頭の上側背部筋肉）の一般成分（内臓は水分および粗脂肪、筋肉は水分、粗脂肪、粗蛋白および粗灰分）を分析した。

3) 筋肉破断強度

レオメーター（山電社製、TPU-2C）を用いて、筋肉の硬さを、死後0h、48h、96h、168hに測定した。測定は背鰭前端基部付近の背側筋肉を厚さ1cmに切り出したものに対し、直径8mmの樹脂製円柱状プランジャーを2.5mm/secの速度で圧縮率90%まで貫入させることで行い、貫入時の最大荷重を筋肉の硬さとした。また、死後0hにおいて、左頭の下側背部筋肉を1cm切り出したものを約80℃の湯で1分半加熱し、同様に硬さを測定した。

4) 筋肉色彩変化

色彩色差計（ミノルタ社製、CR-300）を用いて、背側筋肉の血合および自身の色彩の変化（褐変）を測定した。

2. 飼料の適正な脂質含量の把握

食味試験をSD法によるアンケート調査で実施した。

質問は、「美味しそう、噛みごたえがある、美味しい、さっぱりしている、旨味がある、臭みがない」の6項目で、-3～3の7段階評価で行った。また最後に、「どちらの方が好まれるか」の質問を行った。

結果および考察

1. 身質特性の把握

1) 飼育成績

飼育期間は2013年5月9日～2014年2月10日で、水深2m層の水温は13.0～28.8℃で推移した。増重率、飼料効率、肥満度を図1、2に示した。11月までは増重率、飼料効率ともに安定せず、変動が大きく推移した。また、7～11月はウイルス性神経壊死症（VNN）の発生によって累積死亡率が約2割に達した。VNNによる死亡や摂餌低下が、増重率や飼料効率が安定しなかった原因となったと考えられる。肥満度は、8月に低下が見られ、期間を通して試験区間に有意差はなかった。

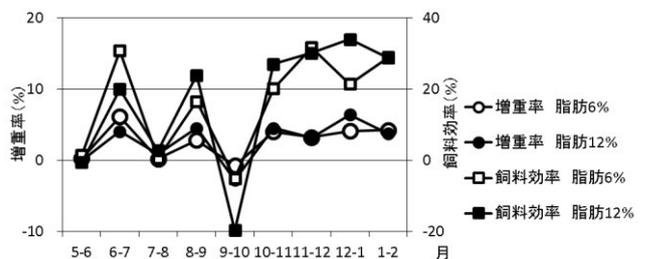


図1. 増重率および飼料効率

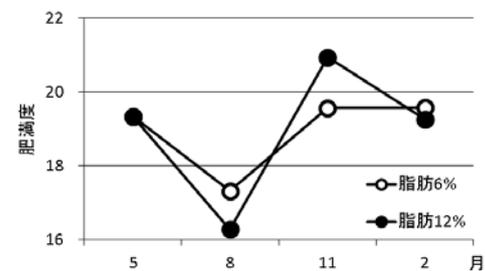


図2. 肥満度

2) 一般成分分析

内臓および筋肉の一般成分の季節変動を図3、4に示した。内臓の水分および脂肪については、12%区は季節毎に上昇低下の変動を示したが、6%区は水分が上昇、粗脂肪が低下していく傾向があった。筋肉の水分は両

試験区とも8月に低下し、その後上昇する傾向が見られたが、粗脂肪は12%区は季節毎に上昇低下の変動を示し、6%区は低下していく傾向があった。内臓、筋肉ともに、11月において、水分は6%区が有意に高く、粗脂肪は12%区が有意に高かった。その他のサンプリング月で有意差はなかった。粗蛋白質、粗灰分については試験区間で有意差はなかったが、粗蛋白は両試験区とも8月にやや上昇した。

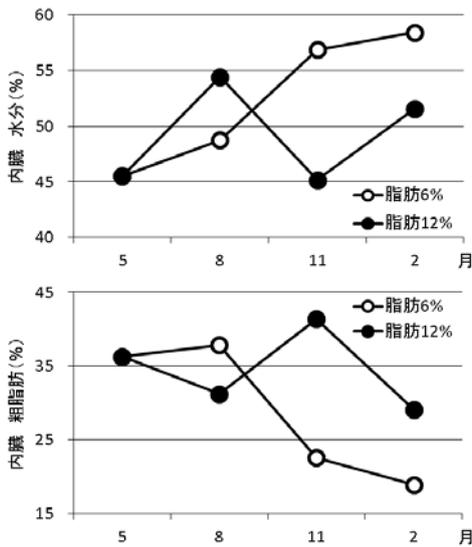


図3. 内臓の一般成分の季節変動

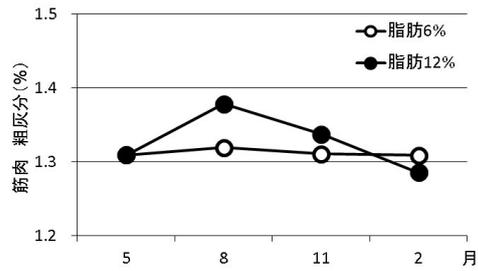
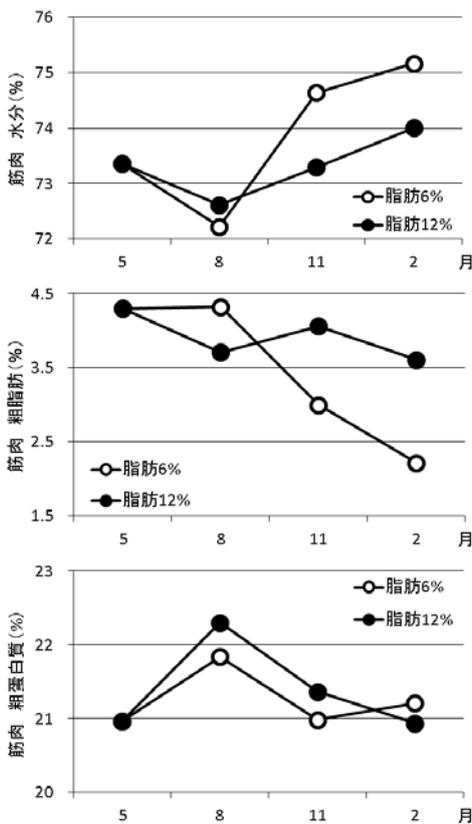


図4. 筋肉の一般成分の季節変動

3) 筋肉破断強度

各試験区ともに、死後の時間経過とともに軟化する傾向が見られた。8月96hおよび2月0hで6%区が、11月48hで12%区が有意に硬かった以外は、有意差はなかった(図5)。

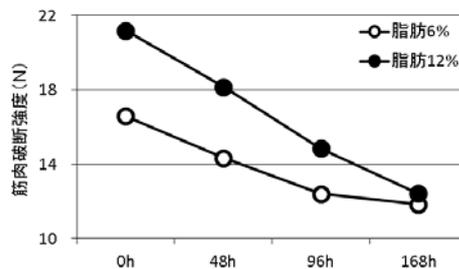


図5. 筋肉破断強度の経時変化 (11月)

4) 筋肉色彩変化

血合、白身ともに時間経過に伴って褐変した。8月96hの白身で12%区の、2月168hの血合で6%区の度合いが有意に高かった以外は、有意差はなかった。

2. 飼料の適切な脂質含量の把握

食味試験は6, 10, 11, 1, 3月に行い、有効回答数は計179人であった。筋肉中の粗脂肪量で嗜好性に大きな差は無かったが、高脂肪の方がやや好まれる傾向があった。

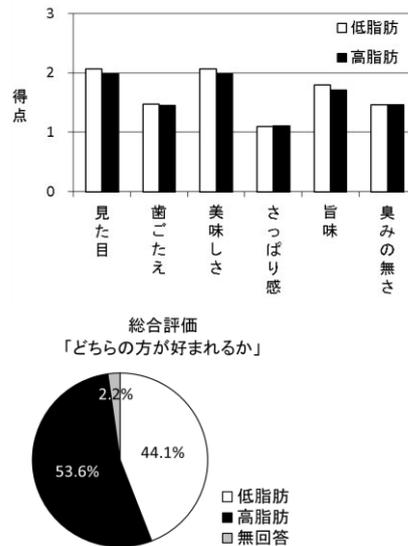


図6. 食味試験の結果

マダイ養殖コスト削減試験

中村砂帆子・宮本敦史

目的

マダイ養殖では、魚粉価格の高騰や魚病の発生等により生産コストが上昇している。本事業では、魚粉代替原料が成長と抗病性におよぼす影響を異なる水温帯で明らかにし、安定したコスト削減効果の期待できる魚粉代替原料の配合率を明らかにする。

方法

1. 魚粉代替原料の適正な利用方法の確立

試験区は、①魚粉 50% (50%)、②魚粉 20% (20%)、③魚粉 20%+タウリン (20%+T)、④魚粉 20%+タウリン+フィターゼ (20%+T+P) の4区を設定し(表1)、粗蛋白含量、粗脂肪含量が試験区間でほぼ同じになるように調整した。試験は水温上昇期、高水温、水温下降期、低水温期の飼育環境において行い、水温は自然水温とした。供試魚は、三重県尾鷲栽培漁業センターから導入したマダイ1歳魚(水温上昇期、高水温期)もしくは当歳魚(水温下降期、低水温期)を用いた。飼育密度を10kg/m³以下にするため、水温上昇期および高水温期は16尾、水温下降期および低水温期は20尾収容した。各区には容量500Lの円形水槽2槽を用い、毎日1回飽食量を給餌した。各水槽には、砂ろ過海水を1時間当たり280L注水し、適量の通気と酸素通気を施した。

表1. 試験用飼料の配合比率

配合率 (%)	50%	20%	20%+T	20%+T+P
魚粉	50	20	20	20
大豆油粕	5	26	26	26
コーングルテンミール	0	17	17	17
小麦粉	23	15	15	15
タウリン	0	0	1	1
フィターゼ (単位/g)	0	0	0	2,500

1) 飼育成績、増重単価

飼育成績として、増重率、飼料効率を算出した。また、増重単価を、飼料1kg当たりの単価50%区199.6円、20%区143.9円、20%+T区150.6円、20%+T+P区151.9円から算出した。

2) 体内侵入菌量

最終給餌日の翌日に飼育水槽から各7尾を取り上げ、*Edwardsiella tarda* MEE0309株の菌液(10⁷CFU/mL)で供試魚を1.5時間浸漬攻撃し、容量100Lの水槽に収容した。攻撃の24時間後、血液と腎臓を採取して、直ちにリン酸緩衝生理食塩水(PBS)で適宜希釈し、ト

リプトソイ寒天培地(TSA)に塗抹した。25°C48時間の培養条件で増殖したTSA上のコロニーを計数し、血液は1ml当たりの、腎臓は1g当たりの菌量に換算した。

3) 抗病性評価

最終給餌日の翌々に各水槽7尾から採血し、「改良ポンドサイドキット」マニュアル(平成9年度版)に従い、ニトロブルーテトラゾリウム(NBT)還元能、ポテンシャルキリング(PK)活性を測定した。

4) 組織切片

抗病性評価で用いた検体を採血後、腸管と体表を10%中性リン酸緩衝ホルマリンで固定した。固定後、腸管は胃に近い部位(①)、中央部位(②)、直腸に近い部位(③)の三部位を輪切りに薄切してHE染色し、染色像の画像処理により、腸絨毛長、腸管外周長および腸絨毛長率(腸絨毛長÷腸管外周長×100%)を測定した。体表は脱灰処理した後、同じく組織切片を作成し、染色像の画像処理により、表皮と真皮を合わせた体表全体の厚さを測定した。

2. 魚粉代替原料が体表治癒に与える影響

試験区は、1と同様に設定し、各試験区に非スレ区とスレ区を設定した。試験は高水温期および低水温期において行い、供試魚は、三重県尾鷲栽培漁業センターから導入したマダイ当歳魚を用いた。非スレ区には500L円形水槽、スレ区には200L円形水槽を用い、収容尾数は表2に示した。

表2. 収容尾数

収容尾数(尾)	非スレ区	スレ区
高水温期	10	45
低水温期	15	30

1) 体内侵入菌量

約1ヶ月飼育し、人為的に体表スレを起こした後、飼育水槽から各6尾を取り上げ、1.2)と同様の方法で感染実験を行った。

2) 体表治癒に与える影響

感染実験に用いなかったスレ区の個体を500L水槽に移動し、週1回、1尾ずつ取り上げ、目視により体表スレ度合を0~3の4段階で評価することにより、体表治癒に費やす日数を試験区間で比較した。

結果および考察

1. 魚粉代替原料の適正な利用方法の確立

試験開始時の平均体重は、水温上昇期 162.5g、高水温期 155.8g、水温下降期 45.0g、低水温期 66.5g であった。飼育期間は順に、2013年5月7日～7月9日(64日間)、8月7日～10月1日(56日間)、10月10日～12月10日(56日間)、2014年1月6日～2月26日(52日間)で、平均水温は順に、21.8℃、26.8℃、20.0℃、20.9℃、14.1℃であった。

1) 飼育成績、増重単価

増重率(=成長)、飼料効率、増重単価を表3に示した。増重単価は、水温上昇期、高水温期、水温下降期においては20%+T+P区が、低水温期においては20%+T区が最も優れていた。

表3. 飼育成績

試験区	50%	20%	20%+T	20%+T+P	
水温上昇期	増重率(%)	102.3 ^a	70.4 ^b	63.3 ^b	91.9
	飼料効率(%)	52.9	41.4	38.6	49.9
	増重単価(円/kg)	377.1	349.3	393.4	304.6
高水温期	増重率(%)	86.0	79.6	80.8	92.3
	飼料効率(%)	39.9	36.1 ^a	36.1 ^a	41.7 ^b
	増重単価(円/kg)	499.7	399.4	417.1	364.5
水温下降期	増重率(%)	85.8	63.8	67.9	84.5
	飼料効率(%)	47.3	35.8	40.1	47.3
	増重単価(円/kg)	421.8	402.2	372.1	321.4
低水温期	増重率(%)	17.5	11.3	15.2	13.8
	飼料効率(%)	28.7	18.5	25.1	22.1
	増重単価(円/kg)	696.5	775.1	599.1	647.6

*異なる文字 (a, b) に有意差あり (P<0.05)

2) 体内侵入菌量

全水温期において、血中および腎中菌量について、試験区間に有意差はなかった。

3) 抗毒性評価

全水温期において、NBT還元能およびポテンシャルキリング活性について、試験区間に有意差はなかった。

4) 組織切片

腸絨毛長率および体表の厚さを表4に示した。腸絨毛長率は水温期や部位によってばらつきがあったものの、そのほとんどで増重率および飼料効率と正の相関が認められた。このことより、腸絨毛長の発達と成長との関係性が推測された。体表の厚さは、全水温期において有意差は無かったものの、低魚粉飼料の給餌による薄化傾向と、タウリン添加による改善傾向が認められた。

表4. 腸絨毛長率および体表の厚さ

試験区	50%	20%	20%+T	20%+T+P	
水温上昇期	腸絨毛長率①(%)	625.5±254.4 ^a	527.7±226.4	458.9±168.5	403.8±189.6 ^b
	腸絨毛長率②(%)	415.9±124.5	394.8±98.1	432.9±88.5	378.7±117.1
	腸絨毛長率③(%)	453.6±120.1 ^a	372.5±85.4	349.6±56.6 ^b	378.7±86.4
	体表(μm)	163.4±37.6	134.4±34.3	150.0±30.8	163.4±45.9
高水温期	腸絨毛長率①(%)	530.1±182.1	368.8±141.2	423.2±220.9	553.5±190.5
	腸絨毛長率②(%)	393.5±71.8	323.7±89.2	338.5±100.6	381.4±68.7
	腸絨毛長率③(%)	358.6±130.0	313.8±103.3	342.9±104.1	389.2±83.9
	体表(μm)	154.0±25.9	136.6±55.9	172.1±45.3	156.3±58.1
水温下降期	腸絨毛長率①(%)	556.5±112.6	547.0±117.1	570.7±146.6	672.0±145.1
	腸絨毛長率②(%)	405.6±61.1	343.1±102.0 ^a	412.9±101.6	438.4±77.8 ^b
	腸絨毛長率③(%)	340.5±58.7 ^a	269.2±71.1 ^b	287.4±72.0	335.3±77.2
	体表(μm)	65.2±14.0	53.1±12.4	62.5±11.2	64.7±17.4
低水温期	腸絨毛長率①(%)	659.1±161.5	663.5±172.6	675.8±169.2	751.4±109.6
	腸絨毛長率②(%)	413.5±74.8	391.8±112.1	403.4±87.2	388.7±72.1
	腸絨毛長率③(%)	348.3±94.4	329.8±105.4	322.4±75.3	339.8±92.4
	体表(μm)	79.9±24.2	66.1±22.8	85.3±22.3	81.7±33.2

*異なる文字 (a, b) に有意差あり (P<0.05)

以上のことから、低魚粉飼料へのフィターゼ添加は、低水温期を除く全ての水温期で成長、増重単価の面で有効であると考えられた。

2. 魚粉代替原料が体表治癒に与える影響

1) 体内侵入菌量

飼育期間は、高水温期が2013年8月7日～9月2日(27日間)、低水温期が2014年1月6日～1月28日(23日間)で、平均水温は順に27.8℃、13.8℃であった。両水温期ともに全試験区で、体表スレの有無で血中および腎中菌量に有意差はなかった。

2) 体表治癒に与える影響

飼育期間は、高水温期が2013年9月3日～10月4日(32日間)、低水温期が2014年1月28日～2月28日(32日間)で、平均水温は順に25.9℃、13.6℃であった。各水温期における体表治癒期間を図1,2に示した。高水温期においては、50%区および20%+T+P区では試験開始15日後にはほぼ体表スレは完治した。20%区は15日目までは治癒していたが、15日目以降は再びスレ始めた。20%+T区は最初スレ度合いが低かったものの、徐々にスレが増えていった。低水温期においては、全ての試験区で概ね回復していく傾向があり、高水温期と比較して緩やかに治癒していった。

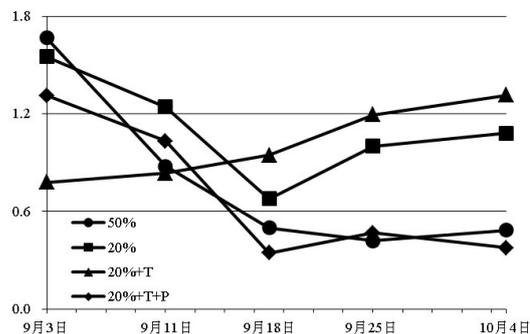


図1. 高水温期における体表治癒期間

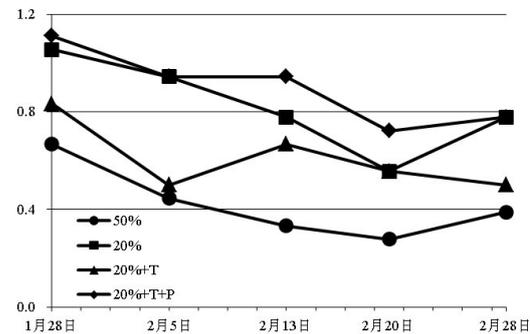


図2. 低水温期における体表治癒期間

参考文献

社団法人日本水産資源保護協会(1998).平成9年度バイオディフェンス機能活用健康魚づくり技術開発事業研究成果実績報告書. 4-12

東日本大震災津波被害の養殖業復興事業

伊勢まだい肉質改善向上研究開発事業

土橋靖史・宮本敦史・中村砂帆子

目的

東日本大震災の津波被害により、県内の魚類養殖業は大きな被害を受け、養殖業者の経営は非常に厳しい状況となっている。そこで、養殖魚の付加価値向上をはかることで、養殖業の復興をはかるため、養殖マダイに海藻類、柑橘類および茶葉等を添加した飼料を給餌して飼育し、飼育成績や身質を分析し、鮮度保持効果や身質向上効果など、その付加価値向上効果を把握する。

方法

1 第1期飼育試験

試験区は、マダイ用粉末配合飼料を原料とした無添加のシングルモイスト（MP）を給餌する対照区と、対照区のMPに海藻、茶葉および柑橘の粉末を1:1:0.1の割合でミックスしたもの（以下、ミックス粉末）を2%添加したMPを給餌する区（ミックス2%区）と、ミックス粉末を1.33%（乾物換算で2%）添加したMPを給餌する区（ミックス1.3%区）の3区とした。

これらの飼料を3×3×3mの海面生簀3面に53尾ずつ収容したマダイ（平均体重1,450g）に原則として週3回、1日1回の頻度で飽食給餌した。ミックス粉末を添加したMPの給餌は4週までとし、4週から8週までは無添加のMPを全ての試験区に給餌した。

飼育期間は2013年6月10日から8月5日までの8週間とした。飼育期間中の水深2m層の水温は21.2～26.8℃で推移した。飼育開始時（0週）、2週、4週、および終了時（8週後）に全魚体重を測定し、飼育成績（成長、死亡率、増肉係数、肥満度、内臓重量比等）を求めた。また各試験区から6尾取上げ、体表の色彩測定、魚体（背部筋肉）の一般成分（水分、粗脂肪）、内臓脂肪比、採血した血液成分（ヘマトクリット、総コレステロール、中性脂肪）を分析するとともに筋肉の破断強度および血合肉の色彩（褐変）の変化を測定した。

2 第2期飼育試験

試験区は、対照区とミックス2%区の2区とした。これらの飼料を3×3×3mの海面生簀2面に44尾ずつ収容したマダイ（平均体重1,530g）に原則として週3回、1日1回

の頻度で飽食給餌した。4週目にミックス2%区から6尾を取り上げ、背ビレをカット後、対照区に収容した（4週中止区）。

飼育期間は2013年10月21日から12月16日までの8週間とした。飼育期間中の水深2m層の水温は23.8～15.8℃で推移した。飼育開始時（0週）、4週、および終了時（8週後）に全魚体重を測定し、飼育成績を求めた。また各試験区から6尾取上げ、第1期飼育試験と同じ項目の分析および測定を行った。

3 魚類養殖業者が生産した伊勢まだいの品質評価

魚類養殖業者が生産した伊勢まだいを、尾鷲水産研究室で魚体測定し、肥満度、内臓重量比、内臓脂肪比を算出するとともに、体表の色彩測定、魚体（背部筋肉）の一般成分（水分、粗脂肪）、筋肉の破断強度、および血合肉の色彩（褐変）の変化を測定した。また魚類養殖業者が給餌している餌（MP）の一般成分（水分、粗脂肪、粗蛋白、粗灰分）の分析を行った。

結果および考察

1 第1期飼育試験

飼育成績について、飼育期間中の死亡は各試験区とも認められなかった。増肉係数は対照区よりもミックス2%区、1.3%区の方が低い（飼料効率が良い）傾向が認められた。肥満度は8週目で対照区よりもミックス2%区、1.3%区の方が低い傾向が認められた。

体表の色彩は8週目のL値（明度）と4週目、8週目のC値（彩度）でミックス2%区、1.3%区の方が高い傾向が認められた。

魚体背部筋肉の脂質含量について、各試験区とも4週目に減少し、8週目に増加する傾向が認められた。内臓脂肪比について、4週目にはミックス2%区のみが減少し、8週目には各試験区とも増加する傾向が認められた。

血液成分について、試験区間の差は認められなかった。筋肉の破断強度および血合肉の色彩（褐変）の経時変化（0h、48h、96h、168h後）についても、試験区間の差は認められなかった（表1）。

表1 第1期飼育試験結果 (一部)

0週目	肥満度	増肉係数	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比
	3.58		50.6	18.0	3.67%	4.28%
4週目	肥満度	増肉係数	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比
対照区	3.24	8.13	46.9	17.4	3.03%	5.34%
2.0%区	3.53	5.03	45.8	18.3	3.49%	4.22%
1.3%区	3.29	8.14	45.8	19.3	3.01%	5.14%
8週目	肥満度	増肉係数	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比
対照区	3.46	7.45	40.7	14.1	3.36%	7.36%
2.0%区	3.14	4.75	41.8	15.9	3.55%	8.69%
1.3%区	3.00	4.54	42.0	15.9	3.43%	8.45%

2 第2期飼育試験

飼育成績について、飼育期間中の死亡は各試験区とも認められなかった。肥満度は対照区よりもミックス2%区および4週中止区の方が低い傾向が認められた。

体表の色彩は4週目、8週目のL値(明度)およびC値(彩度)で対照区の方が高い傾向が認められた。

魚体背部筋肉の脂質含量について、4週目は各試験区とも減少し、8週目は4週中止区以外の試験区は増加する傾向が認められた。内臓脂肪比についても、8週目は4週中止区以外の試験区は増加する傾向が認められた。

血液成分について、8週目の総コレステロール量は4週中止区で低い傾向が認められた。

筋肉の破断強度および血合肉の色彩(褐変)の経時変化(0h、48h、96h、168h後)について、試験区間の差は認められなかった(表2)。

表2 第2期飼育試験結果 (一部)

0週目	肥満度	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比	総コレステロール
	3.42	36.8	11.6	3.56%	8.00%	181.7mg/dl
4週目	肥満度	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比	総コレステロール
対照区	3.08	47.7	17.1	3.06%	8.03%	204.5mg/dl
2.0%区	2.93	46.7	16.0	3.14%	9.04%	188.5mg/dl
8週目	肥満度	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比	総コレステロール
対照区	3.61	44.1	16.2	3.45%	8.76%	190.0mg/dl
4週中止	3.44	43.8	14.9	2.81%	7.99%	188.7mg/dl
2.0%区	3.56	40.0	15.1	3.75%	8.86%	225.7mg/dl

3 魚類養殖業者が生産した伊勢まだいの品質評価

7業者が生産した伊勢まだいの身質と餌(MP)を分析した。肥満度は2.0~2.7、体表の色彩L値は29.0~47.8、C値は8.5~21.0、脂質は2.4~6.2%、内臓脂肪比は2.6~8.4%の範囲にあった。餌(MP)の水分は39.7~53.7%、乾物換算した脂質は6.3~10.1%、タンパク質は50.7~56.3%の範囲にあった(表5,6)。

対照区のある業者の伊勢まだい(投与4週目)の身質分析結果を表7に示した。対照区(無添加区)と比較して肥満度の減少、体表色彩の増加、筋肉脂質含量の減少、内臓脂肪比の減少傾向が認められた(表7)。

今後も養殖業者が生産した伊勢まだいの身質を分析し、肉質の改善向上と業者間の品質の統一を図る必要がある。

表5 魚類養殖業者が生産した伊勢まだいの品質

	肥満度	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	筋肉水分	内臓脂肪比
平均	2.36	38.6	15.3	4.4%	72.2%	5.45%
最大	2.65	47.8	21.0	6.2%	74.2%	8.36%
最小	2.04	29.0	8.5	2.4%	76.1%	2.60%

表6 魚類養殖業者の餌(MP)の一般成分

	脂質	蛋白	灰分	水分	乾物脂質	乾物蛋白	乾物灰分
平均	4.4%	27.7%	7.5%	47.2%	8.4%	52.7%	14.3%
最大	5.7%	30.8%	8.8%	53.7%	10.1%	56.3%	17.2%
最小	3.2%	24.4%	6.6%	39.7%	6.3%	50.7%	12.1%

表7 対照区のある業者の伊勢まだいの身質分析結果

4週目	肥満度	L値(明度)	C値(彩度)	筋肉脂質	内臓脂肪比
伊勢まだい	2.45	40.7	11.9	2.72%	5.97%
対照マダイ	2.57	39.7	8.5	3.22%	7.60%

水産技術クラスター構築による水産物高付加価値化促進事業

3-2) ナマコ生産・加工イノベーション

土橋靖史・辻 将治

目的

ナマコ養殖および加工に関する地域水産技術クラスターを形成するとともに、海洋深層水を活用したナマコ養殖技術を開発し、実証試験による採算性の調査を行う。またナマコの高品質な加工技術を開発する。

方法

1 海洋深層水活用ナマコ養殖技術開発

海洋深層水を活用してナマコを飼育し、養殖に必要な条件を調査することを目的として、以下の試験を行った。

1)1 歳ナマコ

昨年度から継続飼育しているクロナマコ 1 歳 300 個（平均体重 0.5g）を用い、試験を開始した。飼育水槽として、マハタ研究施設（尾鷲市古江町）内に発砲スチロール製の 30L 水槽×6 槽を設置し、平成 25 年 5 月 23 日に 1 槽当たり 45 個ずつ収容した。試験区は、6 槽のうち対照区（ヒジキ飼料給餌＋砂添加）2 槽、ケアシェル区（ヒジキ飼料給餌＋砂添加＋ケアシェル添加）2 槽、酸素通気区（ヒジキ飼料給餌＋砂添加＋酸素通気 0.1L/分）2 槽とした。餌料は、ヒジキの粉末を週 3 回 1 水槽当たり 1g 給餌した。測定項目は、毎日の水温を測定するとともに、1 ヶ月毎（6 月 21 日、7 月 27 日、8 月 24 日、9 月 24 日、10 月 24 日、11 月 25 日、12 月 25 日）に生残数、体長、体幅を測定した。体長、体幅データから山名ら（2006）の方法により、標準体長を算出した。さらに標準体長から標準体重を推定した。

2)2 歳ナマコ

一昨年度から継続飼育しているクロナマコ 2 歳 100 個（平均体重 10g）を用い、試験を開始した。飼育水槽として、マハタ研究施設（尾鷲市古江町）内に発砲スチロール製の 30L 水槽×6 槽を設置し、平成 25 年 6 月 29 日に 1 槽当たり 15 個ずつ収容した。試験区は、1 歳ナマコと同様に 6 槽のうち対照区 2 槽、ケアシェル区 2 槽、酸素通気区 2 槽とした。餌料は、ヒジキの粉末を週 3 回 1 水槽当たり 2g 給餌した。測定項目は、毎日の水温を測定するとともに、1 ヶ月毎に生残数、体長、体幅を測定した。体長、体幅データから山名ら（2006）の方法により、標準体長を算出した。さらに標準体長から標準体重を推定した。

2 ナマコ加工技術の高度化

ナマコの高品質な加工技術を開発することを目的として、養殖ナマコを用いた乾燥ナマコ加工の試験を行った。平成 26 年 3 月 18 日に、養殖クロナマコ 3 歳（平均体重 18.4g）を用いて、試験を開始した。

加工条件は平成 23 年度に天然クロナマコを用いて行った、標準的な加工条件（1 番煮 80～90℃45 分→乾燥→2 番煮 80～90℃15 分→乾燥）と同じとした。測定項目は、加熱時の水温、体重変化、および疣立ち、曲がり等の観察とし、天然クロナマコでのデータと比較した。

結果および考察

1 海洋深層水活用ナマコ養殖技術開発

1)1 歳ナマコ

試験結果を表 1 に示した。生残率は 80.5～85.0%の範囲にあり、酸素通気区で高い傾向が認められた。増重率は 110.2～142.8%の範囲にあり、逆に酸素通気区で低い傾向が認められた。増肉係数は 1.80～3.52 の範囲にあり、ケアシェル区が最も飼料効率が良かった。また飼育水中にコペポーダが発生し、成長不良や減耗が起きる事が課題として残った。

上記の結果をもとに採算性の算出を行った。体重 1g のナマコを 1 個 40 円で購入し、体重 200g までヒジキ粉末（500 円/kg）飼育した場合の原価（種苗費＋餌代のみ）は 275 円/個÷1,375 円/kg となり、三重県産天然ナマコの価格 1,000 円/kg 前後よりも高く、現在の養殖方法では採算がとれないことが示された。

表 1 1 歳ナマコの飼育試験結果

	生残率	増重率	増肉係数
対照区	82.8%	141.1%	2.16
ケアシェル区	80.5%	142.8%	1.80
酸素通気区	85.0%	110.2%	3.52

2)2 歳ナマコ

試験結果を表 2 に示した。生残率は 0～50.0%の範囲にあり、うち対照区は試験期間の途中で全個体が死亡した。飼育水中にコペポーダが発生し、食害が起きたためと考えられた。増重率は 40.8～53.1%の範囲にあり、コペポーダの影響による成長不良が認められた。増肉係数は算出することができなかった。

表2 2歳ナマコの飼育試験結果

	生残率	増重率	増肉係数
対照区	0.0%	0.0%	--
ケアシエル区	50.0%	40.8%	--
酸素通気区	44.4%	53.1%	--

2 ナマコ加工技術の高度化

加工時の温度について、1番煮は76～93℃、2番煮は72～92℃で推移した。養殖クロナマコと天然クロナマコの体重の減少率を表3に示した。

養殖ナマコの体重の減少率は、内臓除去後62.2±6.0%、1番煮乾燥後3.7±0.5%、2番煮乾燥後3.6±0.4%となり、乾燥ナマコ完成後は、元の体重の4%以下にまで減少することが明らかになった。天然ナマコとの減少率の差は認められなかった。また、1番煮乾燥後に確認された疣立ちの凹みや曲がり、天然ナマコと同様に2番煮乾燥後はほとんどの個体で確認されなくなった。

表3 加工時のナマコの体重減少率

	内臓除去後	1番煮乾燥後	2番煮乾燥後
養殖ナマコ	62.2±6.0%	3.7±0.5%	3.6±0.4%
天然ナマコ	57.8±3.4%	5.0±0.7%	3.8±0.4%

水産技術クラスター構築による水産物高付加価値化促進事業 抗病性飼料の商品化に関する研究

宮本敦史・中村砂帆子・土橋靖史

目的

マダイのエドワジエラ症は、発生頻度、被害量、治療の困難さなどの点において、マダイ養殖で最も問題となっている疾病の一つである。マメ科植物であるミモザの樹皮抽出物（以下、ミモザ）は、安価でありながら多量のポリフェノールを含む物質であり、これまで行った水槽での飼育実験において、マダイのエドワジエラ症予防に有効であることが明らかとなった。本研究は、ミモザを利用した飼料の商品化に向けて、マダイ養殖業者が養殖するマダイにミモザ添加飼料を与え、実用化する上での問題点を抽出するとともに、その効果を実証することを目的として実施した。

方法

マダイを養殖する4業者（A～D）において、生簀に5,000～24,000尾収容したマダイ（0歳魚および1歳魚）に対し、6月頃から9月頃にかけてミモザを含むプレミックス飼料を規定量配合したモイストペレットを計8週間投与し（4週間投与、4週間休止、4週間投与）、摂餌状況、成長、魚病発生状況を聞き取った。業者A～Cの1歳魚では、対照区としてミモザ未投与区を用意した。このほか、表1に示す各種検査を行った。エドワジエラ症原因菌 *Edwardsiella tarda* の保菌率検査は、ミモザ投与直前および投与終了約2ヶ月後に30尾をサンプリングし、ホモジナイズした腎臓をトリプトソーヤ寒天培地で25°C、48時間培養し、コロニーが確認された場合は抗 *E.tarda* 血清を用いた凝集反応により菌の同定を行った。血液検査は、ミモザ投与終了後に6～14尾から採血し、血液性状（ヘマトクリット）、血漿化学成分（総コレステロール、リン脂質）、生体防御指標（NBT還元能、ポテンシャルキリング活性）の各項目を調べた。身質分析は、エドワジエラ保菌率検査に用いたマダイ1歳魚のうち6尾について、色彩色差計を用いた筋肉の色彩測定およびレオメーターを用いた筋肉の破断強度測定を行った。

結果および考察

ミモザ添加飼料投与後に4業者への聞き取りを行ったところ、ミモザ投与区の嗜好性に問題はなく、成長への悪影響も特に感じないとの回答が得られた。このことから、生産効率の観点ではミモザ添加飼料の養殖生産規模での実

用化について特に問題はないものと考えられた。魚病発生状況は、ミモザ投与開始前からエドワジエラ症が発症していた業者BおよびCでは投与開始以降も両区ともにエドワジエラ症による死亡が続き、エドワジエラ症に感染する前にミモザの投与を開始する必要があると考えられた。エドワジエラ症が発症していない業者Aではいずれも死亡はほとんど認められなかった。

E.tarda 保菌率検査は、1歳魚ではミモザ投与開始前は投与区、未投与区ともに0%（0尾）、投与終了後はともに3.3%（1尾）の保菌率であった。0歳魚では投与区のみで設定で、ミモザ投与開始前および投与終了後のいずれも保菌率は検出されなかった。1歳魚では保菌率に差がみられず、0歳魚は投与区のみで設定であったため、この結果からはミモザ添加によるエドワジエラ感染予防効果を実証することはできなかった。

1歳魚の血液検査では、業者Cでは両区間に有意な差はみられなかったが、業者AおよびBでは未投与区の方が全体的に良好な値を示した。本試験では養殖業者の投与区と未投与区で飼育密度や給餌率などの飼育条件を揃えることができなかったため、これらの違いが結果に影響している可能性が考えられた。

身質分析では、両区間に大きな違いはみられなかった。今回は、ミモザ投与終了から約2ヶ月経過後の *E.tarda* 保菌率調査で用いた個体を使用したため、ミモザ投与直後に分析を行う必要がある。

今後は、飼育条件や検査時期を見直し、引き続きマダイにおけるミモザ添加飼料の投与効果を調べる予定である。

表1. 各養殖業者ごとの検査項目

業者	年齢	<i>E.tarda</i> 保菌率	血液検査		身質分析
			血液性状・ 血漿化学成分	生体防御 指標	
A	1	○	○	○	○
A	0	○	○	○	—
B	1	—	○	○	—
C	1	—	○	—	—
D	1	—	—	—	—