

【研究報告】

ヤイトハタ養殖における県産魚粉配合ドライペレットの有効性 —養殖用飼料のコスト削減に向けた適正給餌技術の開発— (おきなわ産ミーバイ養殖推進事業)

山内 岬*

Effectiveness of dry pellet containing by-product of local seafood in cultured Malabar grouper, *Epinephelus malabaricus*.

Misaki YAMAUCHI*

沖縄県内で製造される海産魚育成用ドライペレット「銘柄：ヤイトハタ」の給餌効果について検討するため、屋根付きコンクリート製角型水槽に収容したヤイトハタ人工種苗を対象に、1) 機械給餌による定量給餌試験と、2) 手撒き給餌による飽食給餌試験を行った。その結果、いずれの給餌手法においてもマダイ用 EP 飼料を給餌した場合と同等以上の飼育成績を示すことが確認された。八重山地域における購入実績に基づいて算出した飼料単価は、マダイ用 EP が 327 円/kg であったのに対し、ドライペレットは 263 円/kg と安価で、試験終了時における増肉単価（増肉係数×飼料単価）の削減率は、定量給餌で 44.8%、飽食給餌で 9.9%であったことから、特に稚魚期の飼料コスト削減に有効な代替飼料であることが示された。

給餌は、養殖を営む上で最も基本的な飼育管理の一つであり、与える飼料の品質は飼養魚の成長や健康状態および肉質（商品価値）を決定する重要な要素となる。本県で広く養殖されるヤイトハタ *Epinephelus malabaricus* は、一般的に流通する海産魚育成用固形飼料の中でもタンパク質含量が低いマダイ用エクストルーダペレット（以下、マダイ用 EP）で良好な成長を示すことが知られ（金城ほか, 1998, 1999；中村ほか, 1999, 2000）、特に免疫機能が不完全で疾病や共食い等による減耗の大きな稚魚期に多用されている。小割式生簀を用いた海面養殖では、少なくとも沖出し後3か月間は EP 飼料の単独給餌による管理が行われる場合が多く、陸上養殖では、種苗サイズから体重 1.5kg 以上の出荷サイズに達する全工程で単独給餌を行う事業者も存在しており、現状では比較的安価なマダイ用 EP を主体とした給餌管理が行われている。

一方、近年の国際的な魚粉取引価格の高騰によって、国内に流通する EP 飼料の多くが値上がりしており、離島地域に散在する小規模経営体が多い本県では、過去 10 年間で小売価格が約 2 倍に上昇した地域もあることから、養殖漁家の経営に深刻な影響を及ぼしている。

一般的な魚類養殖における種苗期の飼育管理では、タイマー式自動給餌機等を使った機械給餌によって、摂餌活性の高い日中に定量多頻度の給餌管理を行うことが生残率の向上や共食いによる減耗の抑制に有効とされ、自動給餌機の導入により節約した作業時間をサイズ選別や疾病対策等の他の

飼育管理作業に振り分けることで歩留りの高い養殖生産が可能となる。

しかし、零細な経営体が多い本県の海面養殖場では、摂餌活性の低下や給餌機の機械的・人的な不具合（吐出量の過不足・タイマ調節ミス等）の発生によって、養殖成績が悪化することを懸念し、残餌の発生による歩留り低下を防ぐことを目的に手撒き飽食給餌が採用される場合が多い。近年の度重なる飼料価格の値上げは、直接経費の増加だけでなく、給餌作業の機械化を妨げる一因にもなっていると考えられ、生産性の高い養殖経営を実現するためには、より安価な飼料への代替と給餌作業にかかる経費の削減が大きな課題となっている。

沖縄県飼料協業組合で製造される海産魚育成用ドライペレット「銘柄：ヤイトハタ」（以下、県産 DP）は、その主なタンパク質原料として県内に水揚げされる生鮮マグロ類の加工残さから成る荒粕魚粉（以下、県産魚粉）を使用しており、輸入魚粉主体のマダイ用 EP と同等のタンパク質含量（43%以上）を有する。本飼料は既に市場へ流通可能な製造体制が整えられ、価格も一般的に流通するマダイ用 EP 飼料に比べて安価であるが、養魚飼料としての認知度が低く、粒径サイズも 4.5mm に限られていることから、県内の魚類養殖現場における給餌実績はほとんどない。

そこで、本研究では1歳未満のヤイトハタ人工種苗を対象として、1) 機械給餌による定量給餌試験と、2) 手撒き給餌による飽食給餌試験を行うことで、それぞれの給餌手法にお

*E-mail : ymuchimi@pref.okinawa.lg.jp 石垣支所（現所属：水産海洋技術センター普及班）

ける県産 DP とマダイ用 EP の飼育成績を比較し、飼料コスト削減効果と代替飼料としての有効性について検討した。

材料及び方法

(1) 試験飼料の概要

試験には、いずれも市販される県産 DP とマダイ用 EP を使用した（図 1）。各飼料の特性値（一般成分、平均粒径、原料組成、飼料添加物の構成）および購入に要した飼料単価を表 1 に示す。本県における養殖ハタ類の主産地は八重山地域であることから、試験飼料の購入先は同地域へ納品可能な小売業者を選定し、飼料単価は製造場所からの輸送費や販売手数料その他税等を全て含めた価格から求めた。

(2) 給餌試験の概要

1) 定量給餌試験

2015 年 10 月 13 日から 2016 年 3 月 22 日（161 日間）にかけて、ヤイトハタ人工種苗（開始時平均全長 173mm・体重 92～94g・日齢 208）を EP 区と DP 区に分け、屋根付きコンクリート製角型水槽（容量 40kL）に設置したナイロンモジ網（2.8×2.9×1.4m・6.25mm 目合）に 600 尾をそれぞれ収容した。網上部には、鳥類による食害防止のため 30mm 目合の天井網を設置し、飼育水には、地下 28m より浸透取水した地下海水と砂ろ過後の表層海水による混合海水を用いた。1 日あたりの換水率は、約 5 回転／槽に設定し、全期間流水飼育による管理を行った。

各区の給餌は、全てタイマー式自動給餌機（さんし郎 KS-05L, 松坂製作所製）を使用して行い、毎日午前 6～9 時 15 分と午後 3～6 時 30 分の時刻に両区とも同量の飼料が吐出されるように設定した。また、飼育環境ストレスの緩和や配合飼料に対する餌付け効率の改善を目的として、網内には垂下式シェルター（トリカルネット製、容積 0.45m³）をそれぞれ設置し、給餌機吐出口直下に試験魚を蟄集させた（図 2）。

2) 飽食給餌試験

2017 年 4 月 4 日から 8 月 4 日（122 日間）にかけて、ヤイトハタ人工種苗（開始時平均全長 148～152mm・体重 57～60g・日齢 212）を、上記試験と同様の流水管理を行った屋根付きコンクリート製角型水槽（容量 60kL）に設置したナイロンモジ網（3×3×2m・7.0mm 目合）にそれぞれ 250 尾収容した。

モジ網上部には、給餌作業における人的ストレスの緩和や鳥類による食害を防止するため、遮光幕をそれぞれ設置し網内には上記試験と同様の垂下式シェルターを設置した。

各区の給餌は、午前 9 時と午後 4 時を目安に週 3 回に分けて全て手撒きで行い、毎回網底に少量の残餌が出る程度に飽食させた。

表 1 試験飼料の特性値と飼料単価

項 目	県産DP	マダイEP
一般成分 (%) ^{*1}		
水分	5.9	8.9
粗たん白質	46.1	45.4
粗脂肪	9.4	8.2
粗繊維	26.0	24.9
粗灰分	12.6	12.6
平均サイズ (mm)		
粒径	4.7±0.2	6.5±0.3
長さ	8.1±1.9	5.5±0.3
原材料名 ^{*2}		
県産魚粉	+	—
小麦粉	+	+
ふすま	+	—
海藻粉末	+	—
リン酸カルシウム	+	—
泡盛もろみ酢かす	+	—
飼料用酵母	+	—
さんびん茶かす	+	—
炭酸カルシウム	+	—
輸入魚粉	—	+
魚あら発酵抽出物	—	+
大豆油かす	—	+
コーングルテンミール	—	+
タピオカでん粉	—	+
精白米	—	+
玄米	—	+
米ぬか油かす	—	+
精製魚油	—	+
リン酸カルシウム	—	+
植物性油脂	—	+
含有飼料添加物 ^{*2}		
ビタミンA	+	+
ビタミンD ₃	+	+
ビタミンE	+	+
ビタミンK ₃	+	—
ビタミンB ₁	+	+
ビタミンB ₂	+	+
ビタミンB ₆	+	+
ビタミンB ₁₂	+	+
ニコチン酸	+	+
パントテン酸	+	+
葉酸	+	+
ビオチン	+	+
イノシトール	+	+
コリン	—	+
ビタミンC	—	+
ペプチド鉄	+	—
ペプチドマンガン	+	—
ペプチド銅	+	—
ペプチド亜鉛	+	—
ヨウ素酸カルシウム	+	—
水酸化アルミニウム	+	—
硫酸マンガン	—	+
硫酸亜鉛	—	+
硫酸鉄	—	+
硫酸銅	—	+
硫酸コバルト	—	+
フマル酸第一鉄	—	+
硫酸マグネシウム	—	+
アスタキサンチン	—	+
エトキシキン	—	+
BHT	—	+
飼料単価 (kg/円) ^{*3}	263	327

*1: 沖縄環境科学センター分析依頼 (2018/3/1)

*2: 沖縄県飼料協業組合配合飼料表示票より転記

*3: 2015～2017年水枝セ石垣支所の購入実績による

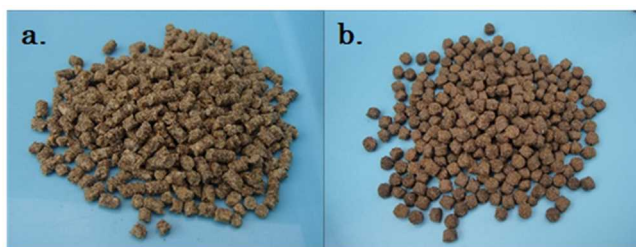


図1 試験飼料 (a.: 県産DP, b.: マダイ用EP).

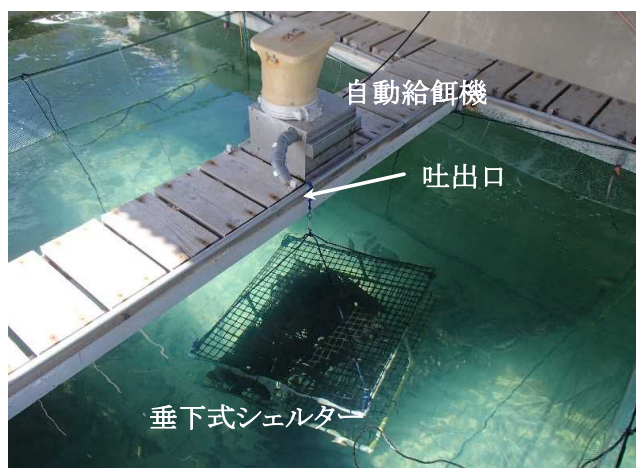


図2 試験水槽の外観

(3) 飼育成績の算出と統計処理

試験期間中は、約30日毎に各区から無作為に抽出した50尾の全長と体重をそれぞれ記録し、その後、生残魚を全数計数しながら同一の飼育環境に調整した水槽へ池替えを実施した。各期間に測定した体サイズとそれぞれの給餌量を基に、金城ほか(1999)と同様の方法で試験開始時からの日間給餌率、日間増重率、増肉係数、飼料効率および肥満度を測定期間毎に算出し、両区の成績を比較した。

平均全長および体重は、ウェルチのt検定により有意差を判定した。また、表1に記載した各飼料の単価(kg/円)と飼育試験の結果から求めた増肉係数より、試験魚を1kg増重するために要した飼料単価(以下、増肉単価)をそれぞれ求め、各飼料の給餌コストを比較した。

結果

(1) 定量給餌試験

期間中の飼育水温は20.3~26.2℃の範囲(平均23.8℃)で推移し(図3)、累積給餌量はDP区で計220kg、EP区で計219kgとほぼ同等であった(表2)。両区の体サイズは、飼育開始65日目までほぼ同じ値を示したが、水温24.0℃以下を記録し始めてから徐々にEP区で残餌が多く発生し、成長が停滞した。その結果、飼育開始128日目以降の測定では、DP区の平均全長と体重がEP区に比べて有意に大きい値を示し(図3)、飼料効率が50%台にまで低下した(表2)。

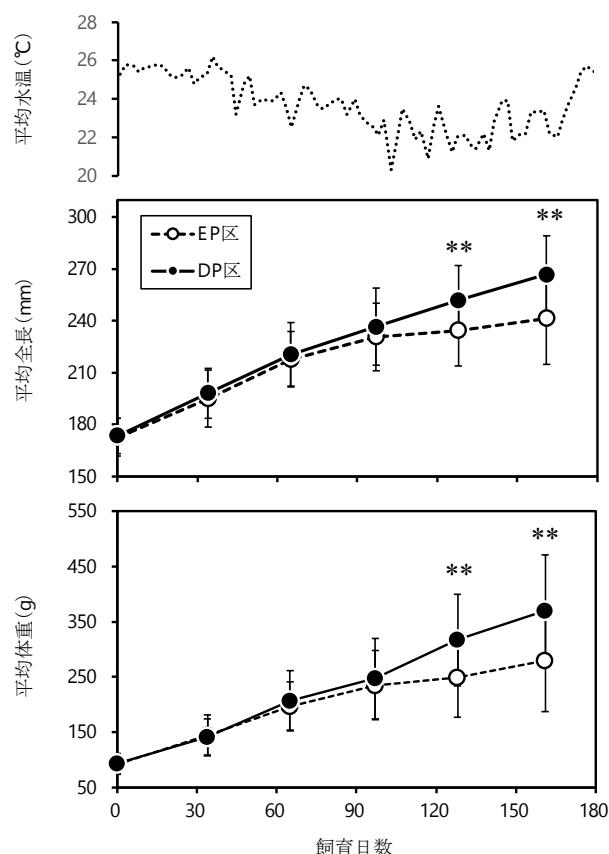


図3 定量給餌試験における体サイズ測定結果と飼育水温の変化 (** : $p<0.01$).

試験終了時における生残率はいずれも90%以上を記録し、肥満度は同等の値であった(表2)。また、試験開始時から各測定日における増肉単価は、DP区が336~370円/kgの範囲で増減したのに対し、EP区は開始時の412円/kgから終了時の661円/kgへ徐々に増加した(表2)。

(2) 飽食給餌試験

期間中の飼育水温は24.2~30.8℃の範囲で推移し、平均26.7℃であった(図4)。両区の体サイズは、飼育開始27日目以降全ての測定日においてDP区が有意に大きな値を示した(図4)。試験終了時における飼料効率は、DP区が66.9%であったのに対し、EP区が75.0%とわずかに優れた値を示した(表3)。

試験終了時における生残率はいずれの試験区も95%以上と高く、肥満度、給餌率、増重率、収容密度はほぼ同等の値であった(表3)。終了時の増肉単価は、DP区(393円/kg)がEP区(436円/kg)に比べて安価であった(表3)。

考察

本研究により、県産DPを与えたヤイトハタ人工種苗の成長と生残が給餌機による定量給餌または手撒き飽食給餌といった異なる給餌方法でも、マダイ用EPと同等以上の飼育成績を示すことが初めて確認された。いずれの試験も4カ月以上の長期にわたって健全な飼育成績が示されたことから

ヤイトハタ人工種苗に対する県産 DP の給餌効果

表2 定量給餌試験における開始時から各測定日までの飼育成績と増肉単価

	10月13日	11月16日	12月17日	1月18日	2月18日	3月22日
日齢	208	242	273	305	336	369
試験日数	0	34	65	97	128	161
DP区						
生残率 (%)	-	95.0	93.3	91.7	90.7	91.7
肥満度	17.8	17.8	18.8	18.0	19.3	18.9
収容密度 (kg/kL)	4.9	7.1	10.2	11.9	15.2	17.9
累積給餌量(g)		39,000	89,500	123,030	163,030	220,030
日間給餌率 (%)		1.67	1.58	1.30	1.08	1.03
日間増重率 (%)		1.19	1.16	0.93	0.85	0.74
飼料効率 (%)		71.1	73.4	71.6	78.3	72.1
増肉係数		1.41	1.36	1.40	1.28	1.39
増肉単価 (kg/円) *		370	358	367	336	365
EP区						
生残率 (%)	-	95.5	94.3	92.8	93.2	92.2
肥満度	17.6	19.0	18.8	18.7	18.7	19.1
収容密度 (kg/kL)	4.8	7.3	9.8	11.5	12.2	13.6
累積給餌量(g)		39,000	89,500	123,066	163,066	219,159
日間給餌率 (%)		1.66	1.63	1.34	1.29	1.27
日間増重率 (%)		1.31	1.13	0.90	0.72	0.63
飼料効率 (%)		79.3	68.9	67.3	55.9	49.5
増肉係数		1.26	1.45	1.49	1.79	2.02
増肉単価 (kg/円) *		412	475	486	585	661

表3 飽食給餌試験における開始時から各測定日までの飼育成績と増肉単価

	4月4日	5月1日	6月5日	7月5日	8月4日
日齢	212	239	274	304	334
試験日数	0	27	62	92	122
DP区					
収容尾数	250	248	247	246	244
生残率(%)	-	99.2	98.8	98.4	97.6
肥満度	17.1	17	16.5	17.3	17.2
収容密度(kg/kL)	0.8	1.2	1.8	2.7	3.9
日間給餌率(%)		1.76	1.95	1.76	1.62
日間増重率(%)		1.32	1.23	1.17	1.08
飼料効率(%)		75.4	63.2	66.3	66.9
増肉係数		1.33	1.58	1.51	1.49
増肉単価 (kg/円) *		349	416	397	393
EP区					
収容尾数	250	250	250	250	250
生残率(%)	-	100.0	100.0	100.0	100.0
肥満度	17.1	16	16.9	17.6	17.3
収容密度(kg/kL)	0.8	1.1	1.6	2.5	3.7
日間給餌率(%)		1.57	1.64	1.60	1.77
日間増重率(%)		1.14	1.13	1.14	1.06
飼料効率(%)		72.7	72.5	80.4	75.0
増肉係数		1.38	1.38	1.24	1.33
増肉単価 (kg/円) *		450	451	407	436

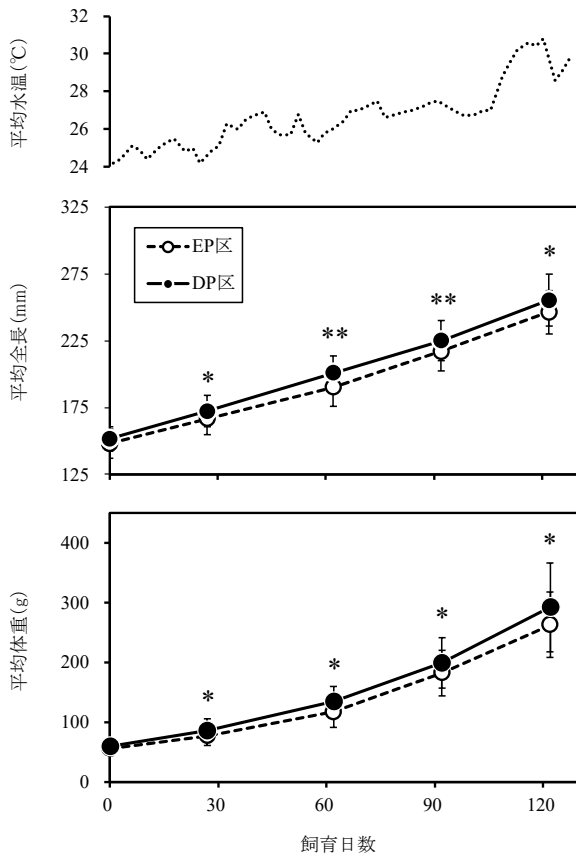


図4 飽食給餌試験における体サイズ測定結果と飼育水温の変化
(*: $p<0.05$, **: $p<0.01$).

特に養殖開始初期の稚魚に対する代替飼料として有効な飼料であることが明らかとなった。

県産 DP とマダイ用 EP を比較した場合における試験終了時の増肉単価の削減率は、定量給餌で 44.8%，飽食給餌で 9.9%であり、いずれの方法においても飼料コストの削減効果が認められた。これは、輸送費等が加算された八重山地域における購入実績より求めた飼料単価を基に算出した値であり、県産 DP を製造する工場から直接飼料を受け取り可能な沖縄島地域の場合はさらなる低減が見込める。

また、手撒き飽食給餌に比べて定量給餌で高い削減率が得られた理由は、EP 区のみで顕著に発生した水温低下時の残餌による差が主な原因であり、DP 区は EP 区と同量の飼料が吐出されたにもかかわらず残餌の発生量が顕著に少なかった。

低水温時の目視観察では、EP 区で摂餌活性が著しく低下している日でも、DP 区では水面付近で活発に摂餌する様子が確認されており、本飼料に対するヤイトハタの高い嗜好性の存在が示唆される。これは、機械給餌導入時における残餌発生リスクの低減策としても有効に機能する可能性を示すものであり、本飼料を与えることによって飼料コストの削減だけでなく、冬季低水温期の摂餌量増大や成長改善および給餌管理の機械化による人的労力の軽減が期待できるかもしれない。今後は嗜好性の有無や誘因成分の特定およびその含有量の増減が低水温時の摂餌量へ与える影響について検討

する必要がある。

一方で、県産 DP はその製造工程や配合設計の違いから 1) マダイ用 EP に比べて各粒の長さにバラつき多く、やや崩れやすいため袋内で一部が粉状化すること、2) 現在の工場ラインで製造可能な粒径サイズが 4.5mm 規格に限られていること、3) 飼料中の脂質過酸化を防ぐ合成抗酸化剤（エトキシキン・BHT）を含有していないことなど、粒径サイズが幅広く規格化され、優れた保存性や成形率を有するマダイ用 EP に比べると異なる点が多い。特に、県産魚粉を主原料とすることに起因して、輸入魚粉では添加が義務付けられている合成抗酸化剤が含まれていない点については、海産魚養殖において様々な飼育障害の発生要因となる過酸化脂質（坂口・浜口，1969；村井ほか，1988）の含有状況や原料となる水産加工残さの質的変動および保存管理中の留意点に関する情報を広く周知することで、より安心して給餌可能な飼料として認知されるであろう。

本研究で対象としたヤイトハタは、一般的に養殖されるタイ型魚に比較して魚体サイズに対する口径比率が大きく、給餌の際はより大きな粒径のものを好んで摂餌するため、現状のサイズ規格（粒径 4.5mm）で育成可能な魚体サイズは最大でも平均体重 350g 程度と考えられる。今後は、より粒径の大きな県産 DP の開発と合わせて、体重 1.5kg 以上の出荷サイズに達するまでの飼育試験を実施することにより、稚魚期以降における代替飼料としての有効性を明らかにするべきであろう。

近年は、食品安全性の観点から特に生食を行う水産物において、前述の合成抗酸化剤等の飼料添加を好まない消費傾向も高まっており、仮に本剤の不使用を PR することで養殖生産物の付加価値向上につなげることができれば、より効果的な代替飼料として活用の幅を広げるものと考えられる。

文 献

- 金城清昭，中村博幸，仲本光男 1998. ヤイトハタの養殖試験Ⅰ. 沖縄県水産試験場事業報告書 平成8年度:126-129.
- 金城清昭，中村博幸，大嶋洋行，仲本光男 1999. ヤイトハタの養殖試験Ⅱ. 沖縄県水産試験場事業報告書 平成9年度:160-164.
- 坂口宏海，浜口章 1969. 酸化油添加飼料によるハマチの飼育とビタミン E 添加の効果. 日本水産学会誌 35:1207-1214.
- 中村博幸，大嶋洋行，金城清昭，仲本光男 1999. ヤイトハタ飼料別養殖試験. 沖縄県水産試験場事業報告書 平成9年度:168-170.
- 中村博幸，大嶋洋行，仲盛淳，仲本光男 2000. ヤイトハタの養殖試験Ⅲ. 沖縄県水産試験場事業報告書 平成10年度:159-161.
- 村井武四，秋山敏男，尾形博，鈴木徹 1988. ハマチ稚魚に対する酸化油脂の毒性とグルタチオンによる解毒効果. 日本水産学会誌 54:145-149.