

スギに対する適正飼料の検討 (スギ養殖技術確立試験)

中村博幸・金城清昭^{*1}・吉里文夫^{*2}

1. 目的

スギは、マダイやブリと比べると比較的新しい養殖対象魚種である。そのため、栄養要求量や餌料成分に関する知見は乏しい。そこで本研究では、海産魚類用エクストルーダーペレット（EP飼料）を基にカロリー・タンパク質比（C/P比）の異なる3種類の飼料を作成して飼育試験を行い、適正な飼料中脂質含量について検討を行った。さらに、血液性状の分析や肝臓組織の観察を行い、飼料中脂質含量の違いがスギに及ぼす影響について検討した。

2. 材料および方法

1) 供試飼料

市販のEP飼料（A社製）にフィードオイル（A社製：イワシ油）を飼料重量の0%、5%、10%添加した3種類の飼料を作成した。フィードオイルを添加したEP飼料の飼料成分とC/P比を表1に示した。

表1. 試験飼料の一般成分とC/P比

	フィードオイル添加率		
	無添加区	5%添加区	10%添加区
一般成分 (%)			
水分	10.8	10.2	9.4
粗タンパク	47.5 (53.2)	46.9 (52.2)	47.2 (52.1)
粗脂肪	12.9 (14.5)	15.5 (17.3)	17.2 (19.0)
粗糖分	15.8 (17.7)	14.8 (16.5)	14.3 (15.8)
粗灰分	13.0 (14.6)	12.6 (14.0)	11.9 (13.1)
C/P比	76.0	80.3	82.7

注・() 内の数値は乾物換算値である。

本来なら脂質含量10%以下の飼料も作成すべきであったが、今回はスギ養殖で主に使用されている市

販の海産魚類用EP飼料を基にしたため作成できなかった。なお、供試飼料の一般成分分析は（株）クロレラ工業に依頼した。

2) 飼育方法

屋内160m³円形コンクリート水槽に、ネトロンネットで作成した1m×1m×1mの生簀を6面設置し、フィードオイル無添加飼料給餌区、5%添加給餌区、10%添加給餌区をそれぞれ2区ずつ設けた。それぞれの生簀には、沖縄県栽培漁業センターで生産した平均体重40gのスギを30尾ずつ収容した。

給餌は原則として週5回とし、1日1回飽食するまで行った。なお、測定の前日は休餌とした。飼育は2004年12月11日から開始し、2005年5月11日に終了した。試験期間中の水温は16.7～26.6℃であった。

3) 魚体測定

毎月1回、全尾数を取り上げて計数し、体長、体重を測定した。また、測定終了時には各区から無作為に5尾ずつ取り上げ、血液検査、肝臓組織観察および筋肉の一般成分分析に供した。

血液性状分析は、自動分析装置（スポットケム；アークレイ（株）製）によりブドウ糖（GLU）、尿素窒素（BUN）、中性脂肪（TG）、総コレステロール（T-Cho）、アルカリ性フォスフォターゼ（ALP）、総タンパク質（T-Pro）を測定した。

肝臓組織観察は、定法に従って組織の固定、パラフィン包埋を行い、エオシン・ヘマトキシリン染色を施して顕微鏡観察した。

筋肉の一般成分分析は、（株）クロレラ工業に依頼した。なお、各測定および分析項目は、まず分散分析し、有意差（P<0.005）が認められた項目につ

*1現所属：栽培漁業センター *2現所属：農業研究センター

いてのみTukeyの多重比較検定法により有意差 ($P < 0.005$) を判定した。

3. 結果

1) 飼育結果 (成長、餌料効率、生残)

各区の飼育成績を表2に示した。平均体長と平均体重は、5%添加区と10%添加区がやや優れていたが、各区に有意な差はなかった。無添加区、5%添加区、10%添加区の生残率はそれぞれ95.0, 98.4, 96.7%となり、大きな差はなかった。なお、斃死は全て測定直後に観察され、ハンドリングによる影響であった。日間増重率、肥満度、餌料転換効率についても、各区の間に有意な差はみられなかった。

表2. C/P比の異なる飼料を用いた飼育試験結果
(2004年12月11日～2005年5月11日)

	無添加区 (1-2区)	5%添加区 (3-4区)	10%添加区 (5-6区)
開始時			
平均体長 (mm)	151.0±8.5	154.4±8.6	152.5±7.9
平均体重 (g)	40.5±6.9	40.0±5.9	39.4±5.7
終了時			
平均体長 (mm)	233.2±14.6	234.0±15.0	236.8±14.6
平均体重 (g)	146.1±22.8	149.8±24.9	148.3±25.3
生残率 (%)	95.0±7.1	98.4±2.3	96.7±4.7
日間増重率 (%)	0.74±0	0.76±0	0.76±0
肥満度	11.5±1.5	11.7±1.5	11.1±1.1
餌料転換効率 (%)	60.2±3.6	55.7±8.0	53.5±2.2

* 平均±標準偏差

2) 筋肉の一般成分

筋肉の一般分析表を表3に示した。筋肉中脂質含量は無添加区、5%添加区、10%添加区の順に含量が高くなる傾向がみられ、10%添加区の脂質含量は無添加区より有意に高くなった。筋肉中水分は5%添加区が無添加区に比べて有意に低くなった。

表3. C/P比の異なる飼料を用いて飼育した飼育魚の筋肉中一般成分の比較

	フィードオイル添加率		
	0% (1-2区)	5% (3-4区)	10% (5-6区)
水分 (%)	78.5±0.14 ^a	77.8±0.21 ^b	78.0±0.14 ^b
タンパク質 (%)	18.7±0.21	19.0±0.35	18.1±0.28
脂質 (%)	1.35±0.07 ^a	1.85±0.07 ^{ab}	2.15±0.21 ^b
糖分 (%)	0.05±0.07	0.05±0.07	0.45±0.21
灰分 (%)	1.35±0.07	1.40±0	1.30±0

* 平均±標準偏差 (n=10)

異符号間には多重比較検定により有意な差 ($p < 0.05$) があることを示し、水分含量は0%区と5%区、脂質含量は0%区と10%区に有意な差がみられた。

3) 血液性状

血液性状の分析結果を表4に示した。フィードオイル無添加区と添加両区とを比較した場合、オイル添加率が高くなるほどGLUやT-Choは高くなる傾向が、逆にBUN, TG, ALPは低くなる傾向がみられた。しかし、これら値に有意な差はなかった。BUNのみ、10%添加区が無添加区より有意に低くなった。

表4. C/P比の異なる3種類の供試飼料を用いて飼育した飼育魚の血液成分の比較

血液性状	フィードオイル添加率		
	0% (1-2区)	5% (3-4区)	10% (5-6区)
H (%)	24.0±2.3	24.2±2.0	23.6±2.3
GLU (mg/dL)	42.5±3.10	42.6±2.32	45.0±5.50
TG (mg/dL)	76.7±18.1	74.6±10.4	65.6±21.1
T-Cho (mg/dL)	71.1±9.98	74.0±10.4	79.1±13.6
ALP (IU/dL)	73.9±14.5	68.7±6.40	68.8±17.4
BUN (mg/dL)	4.8±1.14 ^a	4.6±1.36 ^{ab}	3.7±0.48 ^b
T-pro (g/dL)	2.2±0.24	2.3±0.19	2.34±0.23

* 平均±標準偏差 (n=10)

異符号間には多重比較検定により有意な差 ($P < 0.05$) があることを示し、BUNの分析結果において0%区と10%区に有意な差がみられた。

4) 肝臓組織観察

フィードオイル無添加区と添加両区の飼育魚について、肝臓組織の観察を行った(図1 A, B)。フィードオイル添加区の飼育魚は、肝細胞内に空泡状の脂肪滴が多数観察された。

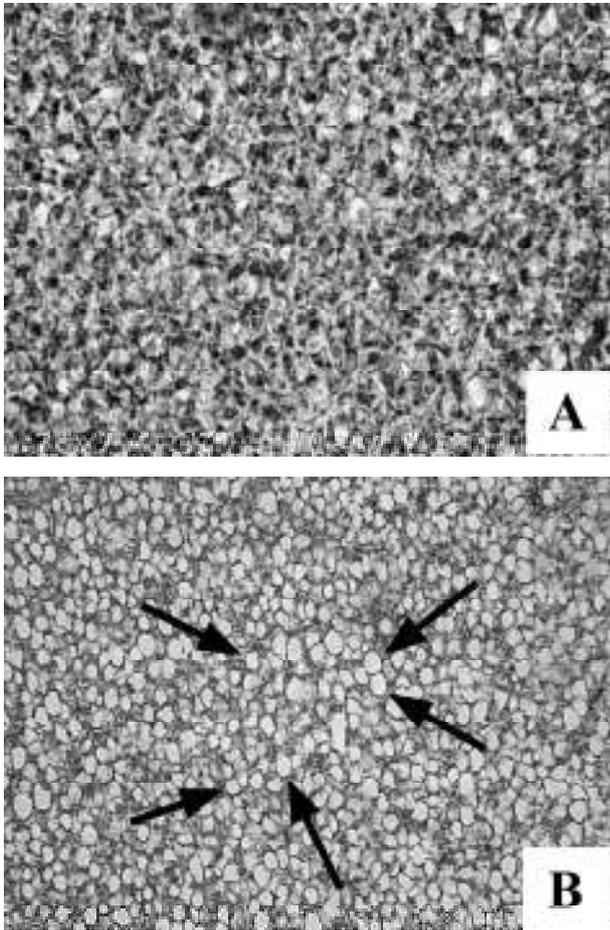


図1. 飼育魚の肝臓組織
(A: フィードオイル無添加区 B: フィードオイル添加区。矢印は脂肪滴を示す。)

4. 考察

飼料成分が飼育魚の筋肉および肝臓成分に影響を及ぼすことが、竹田ほか(1975)がブリで、Kikuchiほか(2000)がヒラメで、滝井ほか(1998)がマハタで報告している。今回の試験においても、フィードオイル無添加区と添加区の飼育魚の筋肉成分を比較したところ、無添加区の飼育魚に比べてフィードオイル5%添加区と10%添加区の飼育魚の脂質含量が有意に高くなっており、筋肉中に脂質が蓄積されることがわかった。また竹内(1978)によると、添加した脂質の種類により魚体脂質の脂肪酸組成に影響

を与えることが知られているが、今回はそのような分析は行っていない。今後、養殖スギの流通を推進する上で、魚体脂質の脂肪酸組成に対する飼料脂質の効果を検討することが必要かもしれない。

血液中に含まれる化学成分は、魚の栄養状態や成長状態および臓器の障害や生理機能を反映し、その値を変動させることが知られているが、魚類では血液成分による健康診断基準について、いぜん不明な点が多い(池田ほか, 1986)。しかし、朝井ほか(2003)はホシガレイにおいて、ALPおよびTPが高いほど、そしてTGおよびTCが低いほど抗病性が低くなることを推察している。今回の試験では、脂質含量の最も高い区でBUNが有意に低くなる結果が得られたが、舞田ほか(1984)は、不健全なハマチではBUNが低下することを報告している。その他の血液性状は、脂質含量の違いにより、測定値が高くなる傾向や低くなる傾向は見られたが、いずれも有意な差はみられなかった。

魚を開腹すると最初に目につくのが肝臓である。肝臓の色調は魚の健全状態の判断材料としてもよく利用され、物質代謝の中心として数多くの機能を備えている(赤崎, 1987)。今回は、過剰栄養分(脂質)を蓄積する点に着目して肝臓組織の観察を行った。その結果、フィードオイル添加区の肝臓組織には脂肪滴が肝臓全体に多数観察され、脂肪肝に陥っている事が示唆された。佐藤ほか(1996)は、ブリにおいて飼料への多量の脂質添加が抗病性の低下を招くことを報告しており、スギについても脂質含量と健全性について、今後さらなる知見収集が必要であろう。

魚類養殖で良好な成長を得るためには、飼料のタンパク含量と脂質含量の比率を考慮することが重要であり、C/P比はその指標として用いられている。竹田ほか(1975)がブリ、滝井ほか(1998)がマハタ、朝井ほか(2003)がホシガレイ、佐藤・舞田(1996)がシマアジで、飼料の適正C/P比を明らかにしている。今回、スギにC/P比の異なる3種類(C/P比: 76、80、83)の飼料を与えて飼育試験を行い、飼育成績、血液性状および、肝臓組織の観察などからスギの適正C/P比を検討した。

生残率は無添加区で若干低くなったが、いずれの区とも斃死は測定の手ドリングによるものであり、C/P比の違いによる影響ではないと考えている。また、増重率、肥満度、餌料効率についても有意な差はなかった。Chouほか(2001)は、平均体重33gのスギにタンパク含量を36~60%の範囲で調整した8種類の餌料を与えて成長試験を行い、タンパク含量が44, 48, 52%の餌料を与えた区で、増重率や餌料効率の成績が良かったと報告している。さらに、脂質含量が3, 6, 9, 12, 15, 18%の餌料を与えた場合の成長試験も行っているが、脂質含量の違いによる増重率や餌料効率の明らかな差はみられず、スギ餌料のタンパク含量は45%程度、脂質含量は5.76%程度で十分であろうと推測している。今回の試験で用いた餌料のタンパク含量は約47%であり、量的に問題なかったと考えられる。また、今回の試験で用いた餌料の脂質含量は12.9~17.0%であったが、Chouほか(2001)の試験同様、この程度の脂質含量の違いでは成長や餌料効率に明らかな差はみられなかった。この結果を併せて考えると、スギ餌料中の脂質含量はそれほど高くする必要はないことが示唆された。また、竹内ほか(1978)のニジマスや、竹田ほか(1975)のブリを用いた試験では、脂質添加によるタンパク質節約効果が認められている。Chouほか(2001)によると、台湾で使用されているスギ用餌料についても、タンパク質節約効果を得るため餌料中の脂質含量を若干高めており、タンパク含量は約45%、脂質含量は約16%程度だと報告している。スギでも脂質によるタンパク質節約効果が示唆されていることは興味もたれる。近年ではスギ餌料の魚粉を大豆油粕で代替する研究も行われており、魚粉の16.9%を大豆油粕で代替することが最適であると報告されている(Chouほか, 2004)。Chouほか(2001, 2004)が行った試験や、筆者らの今回の試験は、平均体重32~42gのスギ稚魚を用いており、さらに今回の適正C/P比試験は冬季の水温低下時期に試験を行っている。至適タンパク含量および脂質含量は、魚体サイズや水温により異なることが考えられるため、今後は魚体サイズや水温を考慮した試験を行う必要がある。

以上、餌料のタンパク含量や脂質含量についての検討、筋肉成分や血液性状の分析、肝臓組織の観察等による総合的な判断から、スギの適正C/P比は、朝井ほか(2003)が報告しているホシガレイや、竹田ほか(1975)が報告しているブリのC/P比より若干高く、佐藤・舞田(1996)が報告しているシマアジ、滝井ほか(1998)が報告しているマハタのC/P比よりも低い75付近にあると判断した。魚体サイズや水温によって適正C/P比は変化することが考えられるため、今後は魚体サイズや水温、さらには脂質含量と抗病性(攻撃試験の実施)についての検討を加え、スギ養殖において飼育魚の健康管理による魚病対策が必要であろう。

5. 参考文献

- 赤崎正人. 「消化器系, 水産養殖学講座1 魚類解剖学, 落合明編」, 緑書房, 東京1987; 94-96.
- 朝井孝元・佐藤公一・舞田正志. ホシガレイ当歳魚の飼育成績と魚病発生時の生残率に及ぼす餌料のカロリー・タンパク質比の影響. 大分海水研調研報 2003; 4: 9-12.
- Chou, R. L., Su, M. S., and Chen, H. Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 2001; 193: 81-89.
- Chou, R. L., Her, B. Y., Su, M. S., Hawng, G., Wu, Y. H., and Chen, H. Y. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 2004; 229: 325-333.
- 池田彌生・尾崎久雄・瀬崎啓次郎. 魚類血液図鑑, 緑書房刊, 東京. 1986; 4.
- Kikuchi, Kotaro. H. Sugita, and T. Watanabe. Effect of Dietary Protein and Lipid Levels on Growth and Body Composition of Japanese Flounder. *Suisanzoshoku* 2000; 48 (3): 537-543.
- 舞田正志・塩満捷夫・池田弥生. 血液検査からみたクライモグラフによる養殖ブリの健康診断. 日水誌1984; 51 (2): 205-211.
- 佐藤公一・福田 穰・舞田正志・池田彌生. 養殖ブ

りの抗病性に及ぼす飼料中の脂質含量の影響. 大分水試調研報 1996 ; 16 : 1-9.

佐藤公一・舞田正志. シマアジの成長—餌料効率および体成分に及ぼす飼料のカロリー・タンパク質比の影響. 大分海水研調研報 1996 ; 16 : 19-26.

竹田正彦・示野貞夫・細川秀毅・梶山英俊・会所健志. ハマチの成長. 餌料効率および体成分に及ぼす飼料のカロリー・蛋白質比の影響. 日水誌1975 ; 41 (4) : 443-447.

竹内昌昭. 養魚飼料における油脂添加の問題点, 「水産学シリーズ22養魚と飼料脂質」日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京. 1978 ; 112-122.

竹内俊郎・横山雅仁・渡辺 武・萩野珍吉. ニジマス飼料の至適エネルギー・たん白質比. 日水誌 1978 ; 44 (7) : 729-732.

滝井健二・黒宮香美・中村元二・熊井英水・栗藤和治. 飼料タンパク質含量がマハタの飼育成績、蓄積率および筋肉カテプシン活性に及ぼす影響. 水産増殖1998 ; 46 (4) : 529-534.