

安心・安全な養殖魚生産技術開発事業－Ⅱ (低コスト飼料・効率的生産手法開発事業)

前野幸二，平江多績，村瀬拓也
鶴田和弘，新町静男

【目 的】

本県の海面養殖業は，漁業総生産額の約5割を占め，また海面養殖業生産額の約9割はカンパチを含めたブリ類養殖業で占めており，これらは重要な漁業種，魚種となっている。しかし，近年は，養魚用配合飼料の原料の5割強を占める魚粉の価格高騰により，国内の配合飼料価格も上昇しており，養殖経営に大きな影響を及ぼしている。

そこで，養殖コストを削減し経営の安定を図っていくために，本県の主要養殖魚種であるブリ及びカンパチについて，魚粉の配合割合が低く，品質で遜色のない安価な配合飼料の開発と給餌方法の改善による効率的な養殖生産手法について検討を行った。

試験1（カンパチ飼育試験）

【材料及び方法】

試験場所

鹿児島県水産技術開発センター地先の海面生簀にて実施した。

供試魚

鹿児島湾内で育成されたカンパチ1歳魚を試験に用いた。

試験飼料

飼料1は，市販の配合飼料と魚粉量が同等の魚粉60%の飼料で，飼料2及び飼料4は，魚粉量をそれぞれ32%，21%に低減し，合成タウリンをそれぞれ0.2%，0.28%添加し，タウリン含量を飼料1と同等にした飼料である。飼料3は，飼料4と同じ魚粉量であるが，合成タウリンは無添加の飼料である。

飼育管理

カンパチ1歳魚（試験開始時約1.4kg）を海面生簀網（3m×3m×3m）8生簀に各50尾収容した。飼料1給餌区を1・2区，飼料2給餌区を3・4区，飼料3給餌区を5・6区，飼料4給餌区を7・8区と設定し，平成21年8月11日から12月1日までの113日間飼育した。給餌形態は，土・日・祝日を除く1日1回，飽食と思われる量まで給餌した。

飼育期間中の水温及び溶存酸素は，水深1mにてデータロガー（Stow Away Tidbit temp logger）及びDOメーター（YSI Model185）で測定した。

魚体測定

試験開始時，中間時，試験終了時に全数の魚体重と尾叉長を測定した。

魚体の成分分析

試験開始時に5尾，試験終了時に各区5尾を取り上げ，魚体を磨碎し，一般成分及び全リンを測定した。水分は常圧加熱乾燥法，粗タンパク質はケルダール法，粗脂肪はソックスレー抽出法，灰分は直接灰化法，全リンは比色分析法で行った。併せて，得られた結果を用いて窒素蓄積率及び窒素負荷量を算出した。さらに，別に試験開始時に5尾，試験終了時に各区5尾を取り上げ，肝臓と魚体のタウリンについて分析した。

血液性状分析

試験開始時に5尾、試験終了時に各区5尾から採血し、個別別にドライケムFDC3500i（富士フィルム社製）を用いて血液性状を測定した。

色調

試験終了時に各区から2尾ずつ任意に取り上げ、活け締めし、30分間冷海水中で脱血処理したものを測定に用い、体表及び切り身の色調を測定した。体表の測定箇所は、頭部及び胸鰭後端の黄帯上の2か所とし（図1）、切り身は精肉部及び血合肉部とした。切り身は、脱血処理した魚体を三枚に卸し、片側背部から幅1cmとなるよう切り出し、表皮を取り除いた。体表は、

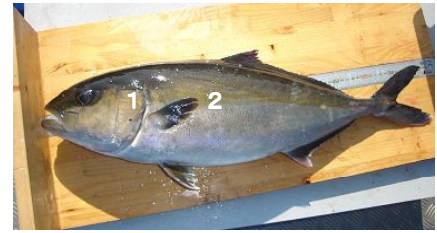


図1 体表の測定箇所

脱血処理後に1回、切り身は、切り出し直後（0時間）、24時間後、48時間後、72時間後の4回、色彩色差計（ミルワCR-2000）を用いてLab値を測定した。血合肉の変色度は、b/aを指標とした。

ドロップ量

色調を測定した同じ魚体から幅1cmに切り出し、測定用サンプルとした。ろ紙を敷いたシャーレに切り身を置き、5℃冷蔵下にて0時間、24時間、48時間、72時間保管した後、切り身重量を測定し、差し引き減量を流出ドロップ量とした。

破断強度

色調及びドロップ量の測定に用いた魚体から同じ様に幅1cmに切り出したものを、さらに中骨を腹側に残すように、また血合肉を含まないように表皮まで切除した背側精肉部を測定用サンプルとし、直径5mmの円盤形プランジャーを装着したレオメーター（株式会社サン科学製RHEO METER CR-500DX）で破断強度を測定した。

【結果及び考察】

飼育環境

飼育試験は、平成21年8月11日から12月1日までの113日間行った。開始から終了時まで4週間毎に分け、I～IV期とした。

期間中の水温は、17.1～29.0℃（平均24.0℃）であった。I期は27.4～28.7℃（平均28.2℃）、II期は25.1～29.0℃（平均26.6℃）、III期は18.9～24.4℃（平均22.3℃）、IV期は17.1～21.3℃（平均19.1℃）であった。DOは4.9～7.6mg/l（平均6.0mg/l）で推移した（図2）。

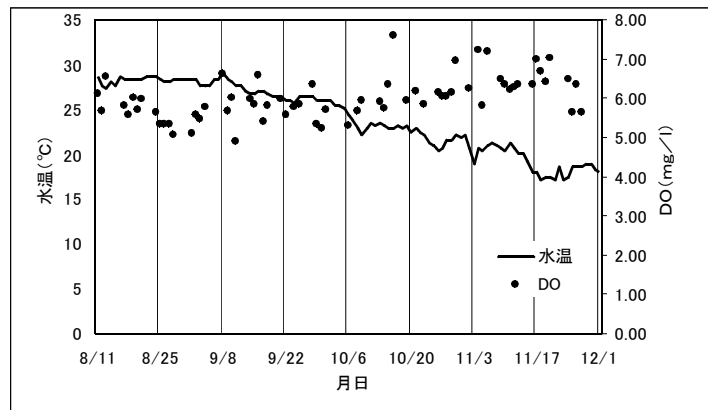


図2 飼育期間中の水温及び溶存酸素量

飼育成績

飼育成績は、表1、表1-2に示した。

高水温期初期（I期）では、連鎖球菌症等により飼料1以外の魚粉低減飼料区でへい死が多かったが、II期に入ると飼料1でもへい死が多くなり、生残率は、飼料1で56%、飼料2で47%、飼料3で42%、飼料4で65%となった。

平均体重の推移を図3に示した。魚粉32%で合成タウリンを0.2%添加した飼料2と魚粉21%で合成タウリンを0.28%添加した飼料4が同等で最も良く、次いで魚粉60%の飼料1であった。魚粉21%で合成タウリン無添加の飼料3は劣り、他の区と統計的有意差が見られた。また、飼料3の尾叉長及び肥満度は、魚体重と同様に他と比べて劣り、統計的有意差が見られた。

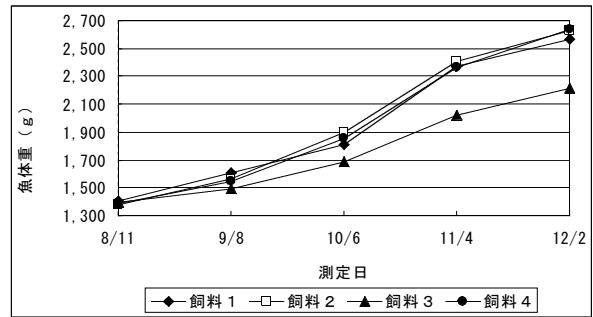


図3 平均体重の推移

表1 飼育成績

飼育期間	試験区	飼育 日数	平均体重(g)		増重率 (%)	日間増重率 (%)	日間給餌率 (%)	飼料転換効率 (%)	増肉係数 (乾物%)	生残率 (%)	
			開始時	終了時							
I 期 (8/11~9/7)	飼料1-1	28	1,396.6	1,595.5	14.2	0.48	1.48	32.15	2.91	98.0	
	飼料1-2	28	1,406.0	1,618.2	15.1	0.50	1.51	33.22	2.82	98.0	
	飼料2-1	28	1,400.6	1,606.6	14.7	0.49	1.31	37.23	2.58	58.0	
	飼料2-2	28	1,360.5	1,524.7	12.1	0.41	1.46	27.91	3.44	72.0	
	飼料3-1	28	1,399.0	1,515.4	8.3	0.29	1.25	22.83	4.03	72.0	
	飼料3-2	28	1,398.6	1,472.5	5.3	0.18	1.35	13.62	6.75	96.0	
	飼料4-1	28	1,360.8	1,509.8	11.0	0.37	1.42	26.03	3.59	86.0	
	飼料4-2	28	1,408.0	1,590.8	13.0	0.44	1.36	32.08	2.91	72.0	
II 期 (9/8~10/5)	飼料1-1	28	1,595.5	1,792.8	12.4	0.42	1.41	29.47	3.17	73.5	
	飼料1-2	28	1,618.2	1,833.8	13.3	0.45	1.45	30.78	3.04	69.4	
	飼料2-1	28	1,606.6	2,029.1	26.3	0.83	1.78	46.70	2.06	72.4	
	飼料2-2	28	1,524.7	1,802.4	18.2	0.60	1.74	34.22	2.81	75.0	
	飼料3-1	28	1,515.4	1,661.6	9.6	0.33	1.47	22.31	4.12	66.7	
	飼料3-2	28	1,472.5	1,708.8	16.0	0.53	1.60	33.24	2.77	52.1	
	飼料4-1	28	1,509.8	1,804.3	19.5	0.64	1.79	35.54	2.63	90.7	
	飼料4-2	28	1,590.8	1,921.0	20.8	0.67	1.69	39.85	2.34	86.1	
III 期 (10/6/~11/3)	飼料1-1	29	1,792.8	2,365.0	31.9	0.96	1.37	69.18	1.35	72.2	
	飼料1-2	29	1,833.8	2,381.7	29.9	0.90	1.52	58.85	1.59	88.2	
	飼料2-1	29	2,029.1	2,614.5	28.8	0.87	1.71	50.81	1.89	95.2	
	飼料2-2	29	1,802.4	2,250.0	24.8	0.76	1.59	47.97	2.00	100.0	
	飼料3-1	29	1,661.6	2,062.6	24.1	0.75	1.53	48.48	1.90	95.8	
	飼料3-2	29	1,708.8	1,967.4	15.1	0.49	1.27	38.13	2.41	76.0	
	飼料4-1	29	1,804.3	2,343.0	29.9	0.90	1.42	63.12	1.48	94.9	
	飼料4-2	29	1,921.0	2,393.3	24.6	0.76	1.35	56.02	1.67	96.8	
IV 期 (11/4~12/1)	飼料1-1	28	2,365.0	2,556.5	8.1	0.28	1.21	23.06	4.06	100.0	
	飼料1-2	28	2,381.7	2,574.7	8.1	0.28	1.15	24.10	3.88	100.0	
	飼料2-1	28	2,614.5	2,808.5	7.4	0.26	1.18	21.61	4.44	100.0	
	飼料2-2	28	2,250.0	2,503.0	11.2	0.38	1.18	32.22	2.98	100.0	
	飼料3-1	28	2,062.6	2,281.3	10.6	0.36	1.50	23.90	3.85	100.0	
	飼料3-2	28	1,967.4	2,130.6	8.3	0.28	1.37	20.75	4.43	100.0	
	飼料4-1	28	2,343.0	2,628.1	12.2	0.41	1.09	37.71	2.48	97.3	
	飼料4-2	28	2,393.3	2,648.3	10.7	0.36	1.03	34.93	2.68	96.7	
通算 (8/11~12/1)	飼料1-1	113	1,396.6	2,556.5	a	83.1	0.54	1.25	41.46	2.26	52.0
	飼料1-2	113	1,406.0	2,574.7	a	83.1	0.54	1.27	40.83	2.29	60.0
	飼料2-1	113	1,400.6	2,808.5	a	100.5	0.62	1.03	57.27	1.68	40.0
	飼料2-2	113	1,360.5	2,503.0	a	84.0	0.54	1.16	45.23	2.12	54.0
	飼料3-1	113	1,399.0	2,281.3	b	63.1	0.43	1.08	39.24	2.34	46.0
	飼料3-2	113	1,398.6	2,130.6	b	52.3	0.37	1.20	30.65	3.00	38.0
	飼料4-1	113	1,360.8	2,628.1	a	93.1	0.58	1.24	45.17	2.07	72.0
	飼料4-2	113	1,408.0	2,648.3	a	88.1	0.56	1.10	49.23	1.90	58.0

※異符号間で有意差あり(Tukey P<0.01)

表1-2 飼育成績

	飼料	開始時	I 期	II 期	III 期	IV 期
尾叉長(cm)	1区	45.6±2.0	46.5±2.0	47.7±2.3	50.6±2.0	51.8±2.2 a
	2区	45.3±2.3	46.1±2.4	48.0±2.4	50.8±2.6	52.1±2.7 a
	3区	45.6±2.3	46.1±2.4	47.5±2.4	49.4±2.1	50.4±2.2 b
	4区	45.4±2.2	46.0±2.2	48.2±1.5	51.0±2.4	52.4±2.4 a
肥満度	1区	14.7±0.9	16.0±1.2	16.6±1.3	18.3±1.1	18.4±1.4 a
	2区	14.8±1.2	15.9±1.2	17.1±1.2	18.2±1.4	18.4±1.7 a
	3区	14.7±0.9	15.1±1.1	15.7±1.3	16.7±1.4	17.2±1.6 b
	4区	14.8±0.8	15.8±1.0	16.8±1.1	17.7±1.2	18.3±1.5 a

※異符号間で有意差あり(Tukey P<0.05)

日間給餌率は、I 期の1.3%~1.5%からII期は1.4%~1.8%に上昇した。しかし、水温低下とともに、III期は1.4%~1.7%へ、IV期は1.1%~1.5%へと低下した。通算の日間給餌率は、飼料1が1.26%で最も高く、次いで飼料4が1.17%、飼料3が1.13%、飼料2が1.10%となったが、飼料間で有意差は見られなかった。増肉係数は、成長の劣った飼料3が最も高く、飼料1、飼料4、飼料2の順で低くなった。各期で見ると、水温が20℃以上のI~III期では増肉係数の低下が見られたが、水温が20℃を下回ったIV期では成長の鈍化とともに増肉係数は上昇した。

魚体の成分分析

魚体の成分分析結果、蓄積率及び負荷量を表2に示す。

試験終了時における飼料3の水分は、飼料2と飼料4より有意に高く、粗脂肪は、飼料2と飼料4より有意に低かった。リン含有量は、試験開始時の0.51%から試験終了時には0.23~0.48%と減少した。試験終了時においては、飼料間で有意な差ではなかったが、飼料3は飼料2と飼料4と比べると高い値であった。窒素含有量は、試験開始から終了までいずれも約3%であった。窒素蓄積率については、飼料4が19.7%と最も高く、次いで飼料1の16.1%、飼料2の15.7%、飼料3の13.1%となった。飼料3の蓄積率は、飼料4と比較して有意に低かった。窒素負荷量が最も多かったのは飼料3の145.6kg/生産量tで、次いで飼料1の124.4kg/生産量t、飼料2の105.1kg/生産量t、飼料1の97.9kg/生産量tの順となった。各試験区間において有意な差ではなかったが、魚粉量が少なく、かつ合成タウリン添加区の方が窒素負荷量は少なくなる傾向であった。リンについては、飼料1に比べて魚粉量が少なく、かつ合成タウリン添加区の方がリン負荷量は有意に少なかった。試験開始時の魚体のタウリン含量は、0.13%であった。試験終了時では、飼料1が0.15%、飼料2が0.16%、飼料3が0.15%、飼料4が0.18%と、全ての区で試験開始時より増加していた。タウリン蓄積率についても、飼料4が高かった。

表2 魚体分析結果、蓄積率及び負荷量

時期	飼料 区	魚体成分(%)								蓄積率(%)		負荷量(kg/生産量t)	
		水分	粗タンパク	粗脂肪	粗灰分	窒素	リン	タウリン	窒素	タウリン	窒素	リン	
開始		71.3	19.9	5.6	3.9	3.2	0.51	0.13	—	—	—	—	
終了	1	1	63.6	18.7	15.3	2.8	3.0	0.31	0.16	15.7	24.1	124.4	23.8
		2	62.7	19.4	14.4	3.0	3.1	0.35	0.14	16.6	18.1	124.3	23.3
	2	3	61.8	18.9	16.7	3.1	3.0	0.23	0.16	16.4	23.4	85.5	16.1
		4	62.2	19.0	16.4	3.0	3.0	0.29	0.15	15.0	20.3	115.8	19.3
	3	5	64.8	19.8	13.0	2.8	3.2	0.30	0.17	14.4	26.8	118.3	21.8
		6	66.0	19.2	12.3	3.3	3.1	0.48	0.13	11.8	13.4	162.7	23.1
	4	7	62.7	19.6	15.5	3.0	3.1	0.28	0.18	20.0	30.8	103.0	18.2
		8	61.4	19.4	16.5	3.1	3.1	0.28	0.18	19.5	32.9	92.4	16.8

異符号間で有意差あり(Tukey P<0.05)

血液性状

試験開始時及び終了時の血液性状を表3に示す。

試験終了時においてヘマトクリットに差は見られなかった。総コレステロールは飼料間で大きな差

はなかった。トリグリセリド，無機リン，総タンパクは，試験開始時より上昇した。総ビリルビンは，飼料間で差は見られなかった。

表3 血液性状分析結果

項目\時期	開始時(n=5)		終了時							
			飼料1(N=10)		飼料2(N=10)		飼料3(N=10)		飼料4(N=10)	
Ht(%)	48.4	± 1.5	47.6	± 4.6	47.1	± 7.9	48.2	± 3.8	46.8	± 5.8
GOT(U/L)	98.4	± 141.2	18.3	± 14.3	73.8	± 77.5	65.8	± 47.6	35.7	± 21.5
GPT(U/L)	16.2	± 8.7	8.1	± 2.6	15.1	± 10.5	12.7	± 5.9	11.8	± 2.9
TCHO(mg/dl)	281.8	± 29.8	336.3	± 38.2	352.6	± 58.6	335.6	± 35.0	331.1	± 25.3
TG(mg/dl)	67.2	± 9.5	188.5	± 103.1	167.9	± 124.5	210.1	± 136.8	141.6	± 62.4
TBIL(mg/dl)	0.6	± 0.3	0.2	± 0.1	0.3	± 0.2	0.3	± 0.1	0.3	± 0.2
IP(mg/dl)	8.9	± 0.6	6.2	± 0.6	8.6	± 1.6	10.2	± 1.7	11.1	± 2.4
TP(g/dl)	5.2	± 0.6	5.5	± 0.7	6.0	± 0.8	6.1	± 0.6	5.8	± 0.7

注) 平均値±標準偏差

色調

脱血処理後に測定した体表の色調のうち，b値について図4に示した。

頭部の部位1と胸鰭後端の部位2では，部位1の方が高い値を示す傾向が見られた。また，部位に関わらず魚粉量が少なく，植物性原料の多い飼料2，3，4の値は高い傾向にあった。これら色調の違いは，肉眼でも確認することができ，植物性原料の多い飼料区の方が，濃い黄色を帯びていた。

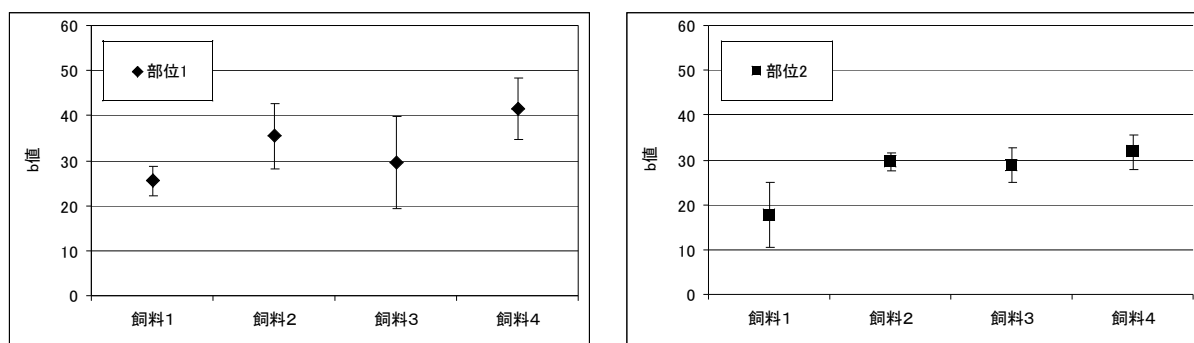


図4 体表における部位別のb値

次に，切り身の色調について，精肉部のL値を図5に，血合肉部のb/aを図6に示す。

脱血処理直後(0時間)における精肉部のL値は，飼料1が最も高く，次いで飼料3，飼料4，飼料2の順であったが，有意な差ではなかった。時間の経過とともに全てにおいてL値は高くなるとともに，飼料間の差は小さくなった。血合肉部のb/aは，全てにおいて時間の経過とともに上昇したが，飼料間で有意な差は見られなかった。

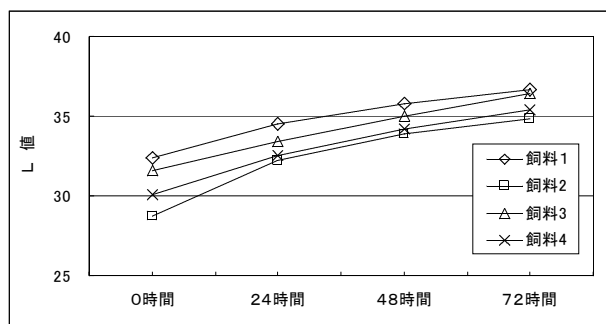


図5 精肉部のL値

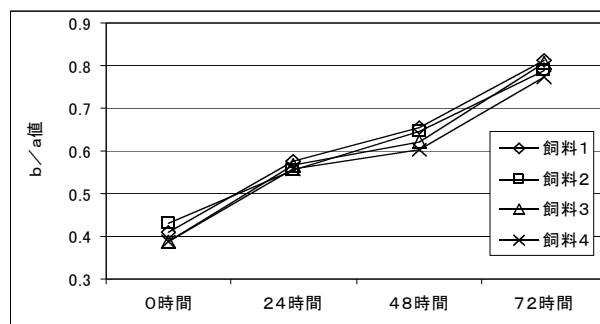


図6 血合肉部のb/a

ドリップ量

切り身を冷蔵保管してから24時間後、48時間後、72時間後の総ドリップ量を図7に示した。

0～24時間では3.4%前後、0～48時間では5%前後、0～72時間では6.2%前後のドリップ量であった。飼料間では、飼料2が飼料1より発生量は少なかったものの、明瞭な差ではなかった。

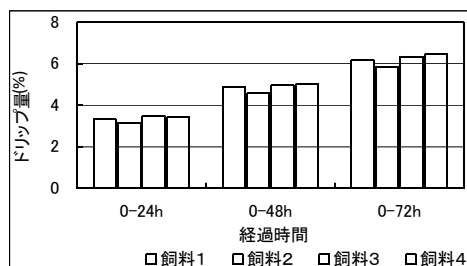


図7 ドリップ量の変化

破断強度

カンパチの特徴である歯ごたえのある身質への影響を把握するため、切り身の破断強度を測定した。測定して得られた結果をもとに、飼料1の破断強度を100%とし、他の飼料区の破断強度を表し、図8に示した。

魚粉量を削減したいずれの飼料区においても、飼料1より高い値を示した。特に、魚粉32%の飼料2は飼料1の1.37倍の破断強度を示した。同じ魚粉量である飼料3と飼料4では、合成タウリン添加区の飼料4の方が高い破断強度を示した。

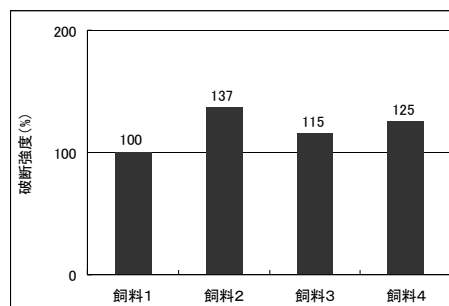


図8 破断強度(飼料1を100とした)

まとめ

今回は、魚粉量60%の飼料1と、魚粉量を32%に低減し合成タウリンを0.2%添加した飼料2、魚粉量を21%に低減した飼料3、飼料3に合成タウリン0.28%を添加した飼料4を用いて、カンパチ1歳魚の飼育試験を実施した。

魚粉量21%で合成タウリン無添加の飼料3は、尾叉長、魚体重、肥満度のいずれでも他の飼料区より劣った。しかし、魚粉量を32%あるいは21%まで低減しても、合成タウリンを添加した飼料2及び飼料4は、魚粉60%の飼料1と同等以上の成長を示し、合成タウリンを添加することで飼育成績の改善効果が認められたことから、魚粉量の低減が可能と思われた。日間給餌率について、魚粉量60%の飼料1は通算では最も高かったものの、水温が低下する時期には飼料2、4と同様に低下が見られた。しかし、他の飼料区よりも増重率の低下が大きかったため、増肉係数は、飼料2が最も優れ、次いで飼料4となり、飼料1は、これらよりも劣る結果となったことから、20℃を下回るような低水温期には、合成タウリン添加した魚粉量21%飼料の方が増肉係数を低減できる可能性が示唆された。

試験2 (ブリ飼育試験)

【材料及び方法】

試験場所

鹿児島県水産技術開発センター内の陸上水槽にて実施した。

供試魚

鹿児島湾内で育成されたブリ当歳魚を試験に用いた。

試験飼料

飼料1は、魚粉60%の魚粉主体の飼料で、飼料2は魚粉量を32%に低減し合成タウリンを0.2%添加した飼料、飼料3は魚粉量を21%に低減した飼料、飼料4は飼料3に合成タウリンを0.28%添加した飼料、

飼料5は飼料4にフィターゼを添加した飼料，飼料6は飼料4に魚油を外割で添加した飼料である。

飼育管理

1 t 円形FRP水槽12面にブリ当歳魚（試験開始時約100g）を1水槽当たり20尾収容し，平成21年7月30日から10月21日までの84日間飼育した。飼料1給餌区を1・2区，飼料2給餌区を3・4区，飼料3給餌区を5・6区，飼料4給餌区を7・8区，飼料5給餌区を9・10区，飼料6給餌区を11・12区と設定した。給餌形態は，土・日・祝日を除く1日1回，飽食と思われる量まで給餌した。

なお，本試験は，鹿児島大学に再委託し，水産技術開発センターにて連携を取りながら実施した。

魚体測定

試験開始時，中間時（4週間毎），試験終了時に全数の魚体重と尾叉長を測定した。

魚体の成分分析

試験開始時に5尾，試験終了時に各区3～5尾を取り上げ，魚体を磨砕し一般成分及び全リンを測定した。併せて，得られた結果を用いて窒素蓄積率及び窒素負荷量を算出した。さらに，別に試験開始時に5尾，試験終了時に各区3～5尾を取り上げ，肝臓とそれ以外の魚体のタウリンを分析した。

血液性状分析

試験開始時に5尾，試験終了時に各区4～5尾から採血し，個体別に自動血液分析装置（スポットケム，アークレイ株式会社製）を用いて血液性状を測定した。

色調

試験終了時に各区から3～5尾ずつ任意に取り上げ，活け締めし，30分間冷海水中で脱血処理したものを体表色の測定に用いた。測定個所及び測定方法等は，試験1と同じとした。

【結果及び考察】

飼育環境

飼育試験は，平成21年7月30日から10月21日までの84日間行い，開始時から終了時まで4週間毎に分け，それぞれⅠ～Ⅲ期とした。

期間中の水温は，23.5～28.4℃（平均27.6℃）であった。Ⅰ期は26.4～28.4℃（平均27.6℃），Ⅱ期は26.4～28.1℃（平均27.7℃），Ⅲ期では23.5～26.4℃（平均25.1℃）であった。DOは5.02～6.43mg/l（平均5.74mg/l）で推移した（図9）。

飼育成績

飼育成績は，表4，4-2，4-3に示した。

試験期間中，ノカルジア症の発症により飼料3と飼料4でやや低い生残率となり，飼料1が97.5%，飼料2が97.5%，飼料3が65.0%，飼料4が72.5%，飼料5が80.0%，飼料6が90.0%であった。飼育期間における各飼料別の平均体重の推移を図10に示した。魚粉60%の飼料1が最も優れ，魚粉21%で合成タウリンを0.28%添加した飼料4，魚粉32%で合成タウリンを0.2%添加した飼料2，飼料4に魚油を

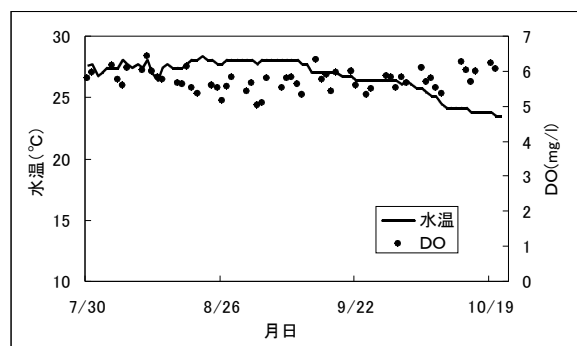


図9 飼育期間中の水温及び溶存酸素量

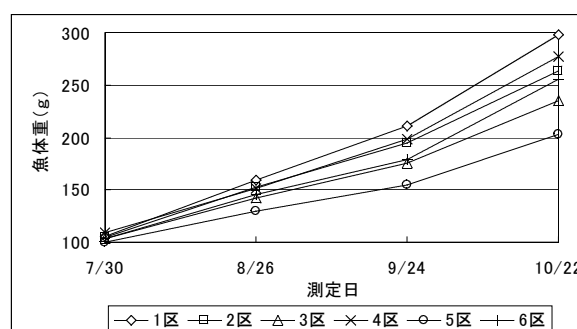


図10 平均体重の推移

外添した飼料6と続いた。飼料3と飼料5の魚体重は劣った。増重率，日間増重率，飼料転換効率，増肉係数について，飼料間で有意差は見られなかったが，飼料1が最も優れ，飼料4，飼料2と続き，飼料3，飼料5は劣る結果となった。魚粉21%飼料間では，飼料5はいずれの指標でも劣った。これは，特に飼料5の浮上性が高かったために，摂餌が活発でなかったことが成長に影響したものとと思われる。しかしながら，魚粉21%飼料に合成タウリンもしくは魚油の添加量を増やすことで，成長が改善される傾向は見られた。

表4 飼育成績

飼育期間	試験区	平均体重(g)				増重率(%)	日間増重率(%)	日間給餌率(%)
		開始時		終了時				
I 期 (7/30~8/26)	飼料1	105.6 ± 12.6	159.4 ± 22.5	50.9 ± 3.6	1.47 ± 0.08	2.76 ± 0.10		
	飼料2	104.3 ± 15.5	152.9 ± 29.7	46.6 ± 1.7	1.36 ± 0.04	2.74 ± 0.08		
	飼料3	103.1 ± 16.0	142.4 ± 29.5	38.1 ± 17.2	1.15 ± 0.44	2.47 ± 0.30		
	飼料4	108.9 ± 14.9	151.5 ± 23.1	39.1 ± 7.1	1.18 ± 0.18	2.65 ± 0.14		
	飼料5	99.6 ± 16.7	130.0 ± 26.3	30.5 ± 0.8	0.95 ± 0.02	2.53 ± 0.12		
	飼料6	104.0 ± 14.0	145.0 ± 24.5	39.4 ± 3.4	1.20 ± 0.09	2.59 ± 0.06		
II 期 (8/27~9/23)	飼料1	159.4 ± 22.5	211.4 ± 35.4	32.6 ± 1.6	1.01 ± 0.04	2.11 ± 0.03		
	飼料2	152.9 ± 29.7	195.1 ± 49.1	27.6 ± 6.2	0.87 ± 0.17	2.15 ± 0.16		
	飼料3	142.4 ± 29.5	175.5 ± 43.5	23.2 ± 4.4	0.75 ± 0.13	2.06 ± 0.06		
	飼料4	151.5 ± 23.1	197.8 ± 35.9	30.6 ± 3.4	0.95 ± 0.09	2.13 ± 0.14		
	飼料5	130.0 ± 26.3	155.4 ± 36.5	19.5 ± 4.6	0.64 ± 0.14	2.28 ± 0.16		
	飼料6	145.0 ± 24.5	178.9 ± 41.9	23.4 ± 2.8	0.74 ± 0.08	1.96 ± 0.08		
III 期 (9/24~10/21)	飼料1	211.4 ± 35.4	297.7 ± 42.2	40.8 ± 2.6	1.22 ± 0.06	2.24 ± 0.01		
	飼料2	195.1 ± 49.1	263.4 ± 74.5	35.0 ± 6.6	1.07 ± 0.18	2.33 ± 0.09		
	飼料3	175.5 ± 43.5	234.4 ± 67.6	33.6 ± 5.5	1.03 ± 0.15	2.19 ± 0.08		
	飼料4	197.8 ± 35.9	277.7 ± 62.0	40.4 ± 3.5	1.21 ± 0.09	2.13 ± 0.09		
	飼料5	155.4 ± 36.5	203.2 ± 62.5	30.8 ± 7.9	0.96 ± 0.22	2.20 ± 0.07		
	飼料6	178.9 ± 41.9	255.4 ± 64.0	42.8 ± 16.3	1.27 ± 0.41	2.09 ± 0.18		
通算 (7/30~10/21)	飼料1	105.6 ± 12.6	297.7 ± 42.2	181.9 ± 1.8	1.23 ± 0.01	2.21 ± 0.03		
	飼料2	104.3 ± 15.5	263.4 ± 74.5	152.5 ± 2.8	1.10 ± 0.01	2.28 ± 0.16		
	飼料3	103.1 ± 16.0	234.4 ± 67.6	127.4 ± 43.9	0.98 ± 0.24	2.26 ± 0.04		
	飼料4	108.9 ± 14.9	277.7 ± 62.0	155.0 ± 13.4	1.11 ± 0.06	2.09 ± 0.15		
	飼料5	99.6 ± 16.7	203.2 ± 62.5	104.0 ± 3.3	0.85 ± 0.02	2.29 ± 0.18		
	飼料6	104.0 ± 14.0	255.4 ± 64.0	145.6 ± 28.3	1.07 ± 0.14	2.07 ± 0.04		

表4-2 飼育成績

飼育期間	試験区	飼料転換効率(%)		増肉係数(乾物%)		生残率(%)	
		飼料	効率	飼料	係数	飼料	率
I 期 (7/30~8/26)	飼料1	52.7 ± 1.1	1.75 ± 0.04	100.0 ± 0.0			
	飼料2	49.2 ± 0.0	1.86 ± 0.00	100.0 ± 0.0			
	飼料3	46.3 ± 12.0	1.96 ± 0.55	100.0 ± 0.0			
	飼料4	44.1 ± 4.4	2.07 ± 0.21	95.0 ± 7.1			
	飼料5	37.4 ± 2.6	2.46 ± 0.17	100.0 ± 0.0			
	飼料6	46.0 ± 2.1	1.99 ± 0.09	100.0 ± 0.0			
II 期 (8/27~9/23)	飼料1	47.4 ± 2.7	1.95 ± 0.11	100.0 ± 0.0			
	飼料2	40.4 ± 4.9	2.27 ± 0.28	97.5 ± 3.5			
	飼料3	36.1 ± 5.3	2.52 ± 0.42	85.0 ± 14.1			
	飼料4	44.4 ± 1.6	2.06 ± 0.07	84.2 ± 23.6			
	飼料5	27.8 ± 8.0	3.32 ± 0.95	90.0 ± 7.1			
	飼料6	37.5 ± 5.7	2.44 ± 0.37	97.5 ± 3.5			
III 期 (9/24~10/21)	飼料1	54.0 ± 2.5	1.71 ± 0.08	97.5 ± 3.5			
	飼料2	45.8 ± 9.2	2.00 ± 0.40	100.0 ± 0.0			
	飼料3	46.9 ± 5.3	1.94 ± 0.30	76.5 ± 29.3			
	飼料4	56.4 ± 1.6	1.62 ± 0.05	90.6 ± 8.3			
	飼料5	43.3 ± 8.3	2.13 ± 0.42	88.9 ± 14.9			
	飼料6	60.3 ± 13.8	1.52 ± 0.37	92.3 ± 3.4			
通算 (7/30~10/21)	飼料1	51.3 ± 1.1	1.80 ± 0.04	97.5 ± 3.5			
	飼料2	45.2 ± 2.7	2.03 ± 0.12	97.5 ± 3.5			
	飼料3	41.0 ± 9.7	2.22 ± 0.64	65.0 ± 35.4			
	飼料4	49.6 ± 1.2	1.84 ± 0.04	72.5 ± 31.8			
	飼料5	35.6 ± 2.0	2.59 ± 0.15	80.0 ± 7.1			
	飼料6	48.4 ± 4.5	1.89 ± 0.18	90.0 ± 0.0			

表4-3 飼育成績

	飼料	開始時		I 期		II 期		III 期	
尾叉長(cm)	飼料1	19.9	± 0.9	22.1	± 1.0	23.7	± 1.1	26.3	± 1.2
	飼料2	19.9	± 0.9	22.0	± 1.3	23.4	± 1.7	25.5	± 2.1
	飼料3	19.9	± 1.0	21.7	± 1.3	22.8	± 1.7	24.8	± 2.1
	飼料4	20.0	± 1.0	22.0	± 1.1	23.6	± 1.3	25.9	± 1.7
	飼料5	19.7	± 1.0	21.3	± 1.2	22.1	± 1.5	23.9	± 2.0
	飼料6	19.9	± 0.9	21.7	± 1.1	22.8	± 1.4	25.2	± 1.8
肥満度	飼料1	13.3	± 1.0	14.7	± 0.8	15.7	± 0.8	16.3	± 1.1
	飼料2	13.2	± 0.6	14.3	± 0.9	14.9	± 1.1	15.5	± 1.2
	飼料3	13.0	± 0.7	13.8	± 1.0	14.5	± 1.1	15.0	± 1.2
	飼料4	13.5	± 0.8	14.1	± 1.0	15.0	± 0.8	15.7	± 0.9
	飼料5	13.0	± 0.7	13.4	± 1.1	14.1	± 1.1	14.3	± 1.6
	飼料6	13.1	± 0.9	14.0	± 0.8	14.7	± 1.5	15.5	± 1.3

魚体の成分分析

魚体の成分分析結果、蓄積率及び負荷量を表5に示す。

試験終了時における水分含量は、いずれも70%前後で、飼料間で差は見られなかった。飼料5の粗タンパク質含量は、他の試験区と比較してやや低かった。また、飼料5の粗脂肪含量は、飼料1と比較して有意に低い値であった。これは、飼料5の高い浮上性が摂餌に影響した結果と思われた。試験終了時の魚体リン含量については、試験区間で有意差は見られなかったものの、飼料3及び飼料5は他と比べて高い値を示した。これは、飼料3及び飼料5の肥満度が他に比べて低いことから、魚体重が劣り、結果として魚体に対する骨割合が相対的に高くなったためと思われた。窒素含有量は、試験開始から終了までいずれも約3%であった。窒素蓄積率、負荷量ともに飼料間で有意差は見られなかったが、蓄積率については、飼料6が最も高く、飼料1、飼料4が続き、飼料3及び飼料5は低かった。また、負荷量は、飼料5が最も多く、次いで飼料3となり、飼料1、飼料4、飼料6は低かった。

リン蓄積率については、魚粉量の低い飼料で高い傾向が見られ、中でも飼料6が最も高かった。負荷量については、魚粉量の低い飼料の方が低い傾向が見られ、中でも飼料6が低かった。

試験終了時のカンパチ魚体のタウリン含量については、飼料3のみが開始時より減少していたが、それ以外は、飼料1より高い傾向であった。また、蓄積率も、低魚粉飼料区は高い値を示した。

表5 魚体分析結果、蓄積率及び負荷量

時期	飼料	魚体成分(%)						蓄積率(%)			負荷量(kg/生産量t)		
		水分	粗タンパク	粗脂肪	粗灰分	窒素	リン	タウリン	窒素	リン	タウリン	窒素	リン
開始		75.3	18.6	2.3	3.8	3.0	0.65	0.18	—	—	—	—	—
終了	1	68.8	19.3	8.4	3.0	3.1	0.59	0.19	21.6	15.4	25.7	104.4	28.0
	2	69.5	19.4	7.3	3.2	3.1	0.62	0.22	19.5	18.3	29.4	117.6	23.8
	3	69.5	19.4	7.6	3.5	3.1	0.72	0.13	16.9	26.2	31.6	157.6	21.6
	4	70.1	19.8	6.0	3.2	3.1	0.62	0.22	21.3	26.9	31.9	106.7	14.1
	5	72.6	18.8	4.8	3.1	3.2	0.66	0.23	15.2	20.9	31.8	159.8	23.5
	6	69.0	19.5	8.0	3.2	3.0	0.60	0.22	22.4	29.5	33.7	102.7	12.2

血液性状

試験開始時及び終了時の血液性状を表6に示す。

試験終了時において、ヘマトクリット、グルコース、総コレステロール、総タンパクに統計的有意差は見られなかった。一方、尿素窒素、トリグリセリド、無機リンにおいて試験区間で有意差が見られたが、いずれも異常値ではなかった。飼料3のトリグリセリドや総コレステロールは、他の試験区より低い値を示した。これは、他と比較して増重率や肥満度が劣ることから、栄養素の摂取不足であったと思われた。飼料3に合成タウリンを添加した飼料4や、飼料4に魚油を添加した飼料6は、これらの項目について改善される傾向にあったことから、魚粉21%飼料でも、合成タウリンあるいは魚油を添加することにより、生理状態が改善されたものと思われた。

表6 血液性状分析結果

飼料	Ht(%)		Glu(mg/dl)		T-Cho(mg/dl)		BUN(mg/dl)	T-BIL(mg/dl)	T-Pro(mg/dl)
開始時	31.2 ± 3.6		106.0 ± 4.9		142.5 ± 4.9		15.0 ± 0.0	-※	2.0 ± 0.0
飼料1	42.0 ± 6.1		140.5 ± 14.4		293.8 ± 14.4		17.5 ± 0.6 ^a	0.3 ± 0.1	3.1 ± 0.2
飼料2	38.2 ± 3.7		131.8 ± 11.1		229.8 ± 11.1		14.5 ± 1.3 ^b	0.3 ± 0.1	2.7 ± 0.1
飼料3	39.9 ± 4.3		112.5 ± 61.2		185.8 ± 61.2		17.8 ± 1.0 ^a	0.2 ± 0.0	2.6 ± 0.2
飼料4	41.9 ± 4.1		111.3 ± 9.9		209.8 ± 9.9		14.3 ± 1.0 ^{bce}	0.2 ± 0.0	3.0 ± 0.3
飼料5	38.0 ± 6.3		143.3 ± 59.7		198.3 ± 59.7		14.5 ± 0.6 ^{bd}	0.3 ± 0.0	2.6 ± 0.5
飼料6	35.8 ± 4.7		148.8 ± 18.2		227.8 ± 18.2		12.5 ± 0.6 ^e	0.4 ± 0.1	3.1 ± 0.1

飼料	GOT(U/l)		GPT(U/l)		TG(mg/dl)	Ca(mg/dl)	IP(mg/dl)
開始時	97.0 ± 5.7		29.0 ± 1.4		109.5 ± 6.4	13.4 ± 0.1	5.3 ± 0.4
飼料1	109.8 ± 14.6		-※		72.3 ± 9.0 ^{ab}	12.3 ± 1.1	6.2 ± 0.7 ^{ab}
飼料2	267.3 ± 138.1		137.5 ± 23.3		72.0 ± 5.0 ^{ab}	11.2 ± 1.0	5.6 ± 0.4 ^{ab}
飼料3	63.0 ± 31.3		-※		59.5 ± 20.2 ^{ab}	12.5 ± 0.3	7.0 ± 0.3 ^{ab}
飼料4	203.8 ± 42.1		24.0 ± 1.4		84.0 ± 2.2 ^a	12.9 ± 1.3	7.1 ± 1.0 ^a
飼料5	193.0 ± 191.4		38.0 ± 0.0		50.3 ± 12.0 ^b	11.3 ± 0.2	5.9 ± 0.7 ^b
飼料6	228.0 ± 100.5		14.0 ± 4.2		74.5 ± 2.4 ^{ab}	12.0 ± 0.5	6.8 ± 0.2 ^{ab}

※:検出範囲以下

※:異符号間で有意差あり(Tukey P<0.05)

色調

体表は、頭部及び胸鰭後端部の黄帯上の2カ所を測定した。脱血処理後のb値を図11に示した。

部位毎では、カンパチと同様に部位1の方が高い値を示した。また、部位に関わらず魚粉量が少なく、植物性原料の多い飼料の方が高い傾向であった。部位別で見ると、部位1では、飼料2、4、6は飼料1より、また飼料2、6は、飼料5と比べても有意に高かった(Tukey p<0.05)。部位2でも同じ傾向であったが、飼料6は飼料1より有意に高かった(Tukey p<0.05)。

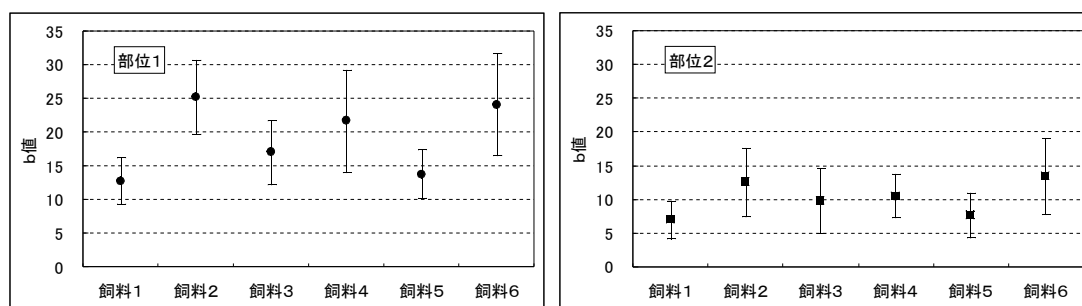


図11 体表における部位別のb値

まとめ

今回は、魚粉量60%の飼料1、魚粉量を32%に低減し合成タウリンを0.2%添加した飼料2、魚粉量を21%に低減した飼料3、飼料3に合成タウリンを0.28%添加した飼料4、飼料4にフィターゼを添加した飼料5、飼料4に魚油を添加した飼料6を用いて、ブリ当歳魚の飼育試験を12週間実施した。

試験終了時の平均体重は、飼料1が最も優れ、魚粉21%で合成タウリン無添加の飼料3は劣った。魚粉量を32%あるいは21%に低減し、合成タウリンを添加した飼料2や飼料4は、僅かながら飼料1を下回った。この傾向は、増重率、日間増重率、増肉係数といった成長指標でも同様であった。しかし、飼料間で有意な差ではなかったことから、魚粉32%飼料に合成タウリンを添加、もしくは魚粉21%飼料に合成タウリンもしくは魚油の添加量を増やすことで、成長が改善される傾向が窺われた。一方、フィターゼ添加の飼料5は、魚粉21%飼料間でいずれの指標も劣る結果となった。今回用いた試験飼料の中で、特に浮上性が高かったことから、摂餌がうまくなされなかったことが少なからず低成長に影響したものと思われる。このため、今回の飼育試験からは、フィターゼの添加効果を検証するまでに至らなかったが、今後、十分な沈降性が確保できる飼料への物性面での改善が必要と思われる。

試験3（ブリ飼育試験）

【材料及び方法】

試験2では、魚粉21%に合成タウリンまたは、合成タウリンと魚油を添加した飼料が成長や生理状態を改善する傾向にあったが、給餌方法の改良による効率的な給餌形態及び栄養素の利用を検討するため、一週間当たりの給餌回数に着目し、その効果を検討した。

試験場所

鹿児島県水産技術開発センター内の陸上水槽にて実施した。

供試魚

鹿児島湾内で育成されたブリ当歳魚を試験に用いた。

試験飼料

試験飼料は、試験2のブリ飼育試験で用いた魚粉低減飼料のうち、増肉係数等の飼育成績で良好であった飼料4と飼料6に魚油を追加した飼料を用いた。

飼育管理

1 t 円形FRP水槽12面にブリ当歳魚（試験開始時約180g）を1水槽当たり20尾収容し、平成21年10月23日から12月21日までの60日間飼育した。給餌は、1週間当たりの日数を検証するため、5日/週、4日/週、3日/週とし、1日1回給餌した。試験区は、飼料4の5日/週給餌区を1・2区、4日/週給餌区を3・4区、3日/週給餌区を5・6区とした。飼料6の5日/週給餌区を7・8区、4日/週給餌区を9・10区、3日/週給餌区を11・12区と設定した。

なお、本試験は、鹿児島大学に再委託し、水産技術開発センターにて連携を取りながら実施した。

魚体測定

試験開始時、中間時（2週間毎）、試験終了時に全数の魚体重と尾叉長を測定した。

魚体の成分分析

試験開始時に5尾、終了時に各区5尾を取り上げた。魚体処理、成分分析等は試験2と同じとした。

血液性状分析

試験開始時に5尾、試験終了時に各区5尾から採血し、個体別に自動血液分析装置（スポットケム、アークレイ株式会社製）を用いて血液性状を測定した。

【結果及び考察】

飼育環境

飼育試験は、平成21年10月23日から12月21日までの60日間行い、開始時から終了時まで2週間毎に分け、それぞれⅠ～Ⅳ期とした。期間中の水温は、16.8～22.9℃（平均20.1℃）であった。各期の平均水温は、Ⅰ期で22.2℃、Ⅱ期で21.0℃、Ⅲ期で19.4℃、Ⅳ期で18.3℃であった。

DOは4.92～6.92mg/l（平均6.03mg/l）で推移した（図12）。

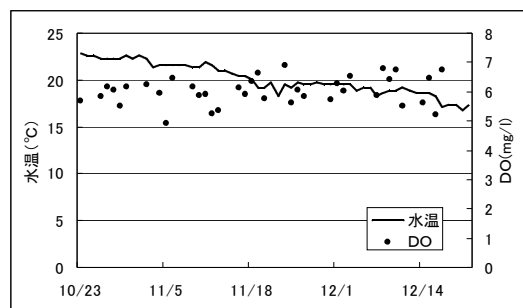


図12 飼育期間中の水温及び溶存酸素量

飼育成績

飼育成績は、表7、表7-2、表7-3に示した。

試験期間中は、各区ともに良好で90%以上の生残率であった。飼料4の平均体重の推移を図13に、飼料6の平均体重の図14に示した。

〔飼料4〕魚体重は、5日/週給餌区が優れ、4日/週給餌区との間で有意差が見られた (Tukey $P < 0.05$)。

尾叉長も、魚体重と同じ傾向であった。日間給餌率は、統計的有意差は見られなかったが、給餌回数が多いほど高い傾向が見られ、増肉係数は、給餌回数が少ない方が優れる傾向であった。

〔飼料6〕魚体重は、4日/週給餌区がわずかに優れたものの、異なる給餌回数間で有意差は見られなかった。日間給餌率については、5日/週給餌区と3日/給餌区の間で有意差が見られ、給餌回数が多い方が高い値を示した (Tukey $P < 0.05$)。増肉係数も、5日/週給餌区と3日/給餌区の間で有意差が見られ、給餌回数が少ない方が優れていた (Tukey $P < 0.05$)。二元配置分散分析の結果、給餌回数及び魚油添加の違いは、成長指標へ有意差を与える要因とはならなかった。しかし、給餌回数の違いは、日間給餌率においては、3日/週給餌、4日/週給餌、5日/週給餌のそれぞれの間で有意差 (Tukey $P < 0.01$) を、また、飼料転換効率及び増肉係数では、3日/週給餌、5日/週給餌の間で、有意差 (Tukey $P < 0.05$) を与える要因となり、給餌回数が多くなる程、飼料の利用性が低下するものと思われた。

表7 飼育成績

飼育期間	試験区	給餌 (日/週)	平均体重(g)		増重率(%)	日間増重率(%)
			開始時	終了時		
I 期 10/23-11/5	飼料4(1・2区)	5日	184.6 ± 29.2	250.9 ± 43.0	35.9 ± 0.4	2.19 ± 0.02
	飼料4(3・4区)	4日	184.8 ± 28.7	233.0 ± 51.7	26.1 ± 0.6	1.66 ± 0.03
	飼料4(5・6区)	3日	183.2 ± 30.3	224.3 ± 47.8	22.5 ± 5.3	1.45 ± 0.31
	飼料6(7・8区)	5日	181.1 ± 29.0	234.9 ± 42.5	29.7 ± 0.7	1.86 ± 0.04
	飼料6(9・10区)	4日	181.9 ± 30.5	234.9 ± 49.7	29.1 ± 3.5	1.82 ± 0.19
	飼料6(11・12区)	3日	177.1 ± 29.9	218.8 ± 47.1	23.5 ± 4.8	1.51 ± 0.28
II 期 11/6-11/19	飼料4(1・2区)	5日	250.9 ± 43.0	322.4 ± 61.6	28.5 ± 1.4	1.79 ± 0.08
	飼料4(3・4区)	4日	233.0 ± 51.7	287.1 ± 78.8	23.3 ± 0.4	1.49 ± 0.03
	飼料4(5・6区)	3日	224.3 ± 47.8	274.6 ± 66.9	22.4 ± 5.5	1.45 ± 0.32
	飼料6(7・8区)	5日	234.9 ± 42.5	294.3 ± 60.2	25.3 ± 3.6	1.61 ± 0.21
	飼料6(9・10区)	4日	234.9 ± 49.7	299.8 ± 60.2	27.6 ± 4.2	1.74 ± 0.24
	飼料6(11・12区)	3日	218.8 ± 47.1	272.9 ± 74.9	24.8 ± 3.8	1.58 ± 0.22
III 期 11/20-12/3	飼料4(1・2区)	5日	322.4 ± 61.6	391.1 ± 87.8	21.3 ± 1.0	1.38 ± 0.06
	飼料4(3・4区)	4日	287.1 ± 78.8	343.5 ± 91.5	19.6 ± 5.8	1.28 ± 0.34
	飼料4(5・6区)	3日	274.6 ± 66.9	339.1 ± 74.5	23.5 ± 1.8	1.51 ± 0.11
	飼料6(7・8区)	5日	294.3 ± 60.2	358.1 ± 82.0	21.7 ± 5.0	1.40 ± 0.29
	飼料6(9・10区)	4日	299.8 ± 60.2	358.5 ± 73.5	19.6 ± 1.5	1.28 ± 0.09
	飼料6(11・12区)	3日	272.9 ± 74.9	342.2 ± 81.8	25.4 ± 3.8	1.62 ± 0.21
IV 期 12/4-12/21	飼料4(1・2区)	5日	391.1 ± 87.8	430.7 ± 98.6	10.1 ± 2.5	0.54 ± 0.13
	飼料4(3・4区)	4日	343.5 ± 91.5	379.0 ± 96.2	10.3 ± 3.1	0.55 ± 0.16
	飼料4(5・6区)	3日	339.1 ± 74.5	385.5 ± 90.9	13.7 ± 2.2	0.71 ± 0.11
	飼料6(7・8区)	5日	358.1 ± 82.0	399.5 ± 81.1	11.6 ± 4.3	0.61 ± 0.22
	飼料6(9・10区)	4日	358.5 ± 73.5	398.2 ± 80.3	11.1 ± 0.0	0.58 ± 0.00
	飼料6(11・12区)	3日	342.2 ± 81.8	388.0 ± 95.0	13.4 ± 0.2	0.70 ± 0.01
通算 10/23-12/21	飼料4(1・2区)	5日	184.6 ± 29.2	430.7 ± 98.6	133.4 ± 0.2	1.41 ± 0.00
	飼料4(3・4区)	4日	184.8 ± 28.7	379.0 ± 96.2	105.1 ± 3.9	1.20 ± 0.03
	飼料4(5・6区)	3日	183.2 ± 30.3	385.5 ± 90.9	110.4 ± 25.6	1.24 ± 0.20
	飼料6(7・8区)	5日	181.1 ± 29.0	399.5 ± 81.1	120.6 ± 4.8	1.32 ± 0.04
	飼料6(9・10区)	4日	181.9 ± 30.5	398.2 ± 80.3	118.9 ± 1.4	1.31 ± 0.01
	飼料6(11・12区)	3日	177.1 ± 29.9	388.0 ± 95.0	119.0 ± 9.0	1.31 ± 0.07

表7-2 飼育成績

飼育期間	試験区	給餌 (日/週)	日間給餌率(%)		飼料轉換 効率(%)		増肉係数 (乾物%)		生残率(%)	
I 期 10/23-11/5	飼料4(1・2区)	5日	2.76 ±	0.51	78.8 ±	1.5	1.19 ±	0.02	100.0 ±	0.0
	飼料4(3・4区)	4日	2.04 ±	0.04	80.9 ±	5.6	1.16 ±	0.02	100.0 ±	0.0
	飼料4(5・6区)	3日	1.97 ±	0.45	73.0 ±	1.6	1.28 ±	0.11	100.0 ±	0.0
	飼料6(7・8区)	5日	2.61 ±	0.28	70.8 ±	8.0	1.31 ±	0.03	100.0 ±	0.0
	飼料6(9・10区)	4日	2.21 ±	0.17	82.0 ±	4.0	1.13 ±	0.01	100.0 ±	0.0
	飼料6(11・12区)	3日	1.97 ±	0.39	76.4 ±	8.8	1.22 ±	0.15	100.0 ±	0.0
II 期 11/6-11/19	飼料4(1・2区)	5日	2.49 ±	0.32	71.4 ±	0.8	1.31 ±	0.05	100.0 ±	3.5
	飼料4(3・4区)	4日	2.08 ±	0.09	71.7 ±	1.7	1.30 ±	0.03	100.0 ±	0.0
	飼料4(5・6区)	3日	1.95 ±	0.35	74.0 ±	5.9	1.26 ±	0.09	100.0 ±	0.0
	飼料6(7・8区)	5日	2.44 ±	0.19	65.6 ±	10.0	1.42 ±	0.09	100.0 ±	0.0
	飼料6(9・10区)	4日	2.17 ±	0.06	79.8 ±	3.3	1.17 ±	0.14	97.5 ±	3.5
	飼料6(11・12区)	3日	2.10 ±	0.15	75.1 ±	9.5	1.24 ±	0.04	100.0 ±	0.0
III 期 11/20-12/3	飼料4(1・2区)	5日	1.83 ±	0.14	75.2 ±	1.9	1.24 ±	0.01	100.0 ±	0.0
	飼料4(3・4区)	4日	1.68 ±	0.10	76.0 ±	4.7	1.23 ±	0.19	95.0 ±	7.1
	飼料4(5・6区)	3日	1.81 ±	0.10	82.7 ±	7.8	1.13 ±	0.03	100.0 ±	0.0
	飼料6(7・8区)	5日	1.95 ±	0.12	71.7 ±	0.0	1.30 ±	0.16	100.0 ±	0.0
	飼料6(9・10区)	4日	1.78 ±	0.03	71.7 ±	14.8	1.30 ±	0.02	100.0 ±	0.0
	飼料6(11・12区)	3日	1.74 ±	0.15	92.7 ±	10.8	1.00 ±	0.14	92.5 ±	3.5
IV 期 12/4-12/21	飼料4(1・2区)	5日	1.16 ±	0.00	46.1 ±	0.6	2.03 ±	0.34	100.0 ±	0.0
	飼料4(3・4区)	4日	1.19 ±	0.07	45.8 ±	6.7	2.04 ±	0.33	100.0 ±	0.0
	飼料4(5・6区)	3日	1.29 ±	0.07	55.2 ±	3.1	1.69 ±	0.02	97.5 ±	3.5
	飼料6(7・8区)	5日	1.20 ±	0.03	50.8 ±	2.7	1.83 ±	0.75	97.5 ±	3.5
	飼料6(9・10区)	4日	1.24 ±	0.01	47.0 ±	7.0	1.98 ±	0.00	100.0 ±	0.0
	飼料6(11・12区)	3日	1.22 ±	0.05	56.9 ±	10.7	1.64 ±	0.18	100.0 ±	0.0
通算 10/23-12/21	飼料4(1・2区)	5日	1.96 ±	0.20	68.1 ±	0.1	1.37 ±	0.02	100.0 ±	3.5
	飼料4(3・4区)	4日	1.70 ±	0.01	67.4 ±	1.9	1.39 ±	0.04	95.0 ±	7.1
	飼料4(5・6区)	3日	1.69 ±	0.18	70.0 ±	4.2	1.34 ±	0.05	97.5 ±	3.5
	飼料6(7・8区)	5日	1.95 ±	0.12	64.2 ±	3.8	1.45 ±	0.05	97.5 ±	3.5
	飼料6(9・10区)	4日	1.79 ±	0.08	69.5 ±	3.4	1.34 ±	0.04	97.5 ±	3.5
	飼料6(11・12区)	3日	1.67 ±	0.18	74.3 ±	5.3	1.25 ±	0.03	92.5 ±	3.5

表7-3 飼育成績

給餌回数	開始時		I 期		II 期		III 期		IV 期	
5日/週	23.3	± 1.19	24.8	± 1.18	26.4	± 1.44	27.9	± 1.75	29.0	± 2.05
4日/週	23.3	± 0.98	24.40	± 1.28	25.5	± 1.65	26.9	± 1.87	27.9	± 1.95
3日/週	23.2	± 1.16	24.30	± 1.35	25.5	± 1.63	27.1	± 1.71	28.0	± 1.95
5日/週	23.2	± 1.07	24.50	± 1.20	25.8	± 1.44	27.1	± 1.68	28.1	± 1.63
4日/週	23.1	± 1.01	24.40	± 1.20	25.9	± 1.34	27.4	± 1.49	28.2	± 1.67
3日/週	22.9	± 1.12	24.10	± 1.19	25.4	± 1.68	27.1	± 1.68	28.0	± 1.87
5日/週	14.5	± 0.74	16.20	± 0.92	17.4	± 1.10	17.7	± 1.45	17.3	± 1.45
4日/週	14.6	± 0.79	15.70	± 1.57	16.8	± 2.12	17.1	± 1.69	17.1	± 1.30
3日/週	14.6	± 0.69	15.30	± 1.14	16.2	± 1.50	16.8	± 1.64	17.1	± 1.37
5日/週	14.4	± 0.70	15.90	± 1.07	16.9	± 1.16	17.5	± 1.55	17.7	± 0.97
4日/週	14.6	± 1.03	15.80	± 1.51	17.1	± 1.38	17.1	± 1.59	17.5	± 1.57
3日/週	14.6	± 0.75	15.40	± 1.43	16.2	± 1.84	16.9	± 1.42	17.2	± 1.47

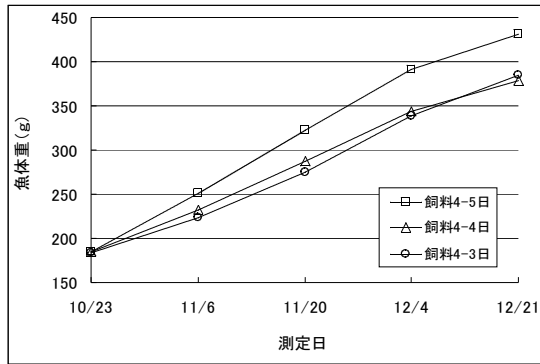


図13 飼料4の平均魚体重の推移

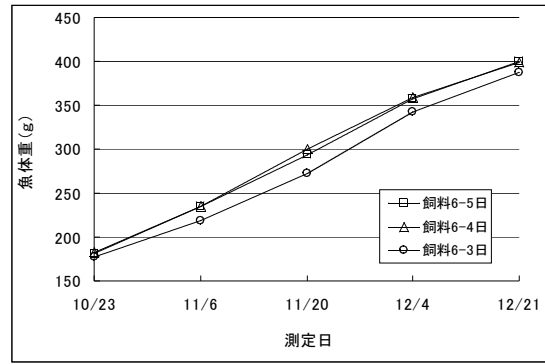


図14 飼料6の平均魚体重の推移

魚体の成分分析

魚体の成分分析結果、蓄積率及び負荷量を表8に示す。

終了時の魚体水分含量は、いずれも63%前後で差は見られなかった。飼料4の粗タンパク質含量は、4日/週給餌区が僅かに高く、粗脂肪含量は低い傾向であった。飼料6の粗タンパク質含量は、給餌回数による違いは見られなかったが、粗脂肪含量は給餌回数が少ないほど少なくなり、5日/週給餌区と3日/給餌区では有意な差が見られ (Tukey $P < 0.05$)、3日/週給餌区は低くなった。

二元配置分散分析の結果、給餌回数の違い及び魚油添加の有無は、魚体粗脂肪含量に有意差 (Tukey $P < 0.01$) を与える要因となり、給餌回数が多い程、魚体の粗脂肪含量が高くなるものと思われた。

試験終了時の魚体リン含量については、試験区間で統計的有意差は見られなかった。

窒素蓄積率、負荷量ともに試験区間で有意差は見られなかったが、蓄積率では、試験1と同じ傾向を示し、飼料4より飼料6の方が高い傾向であった。また、両区ともに給餌回数が少なくなる程、窒素蓄積率は高くなった。窒素負荷量は、飼料4より飼料6の方が低い傾向を示した。また、両区における給餌回数との関係では、5日/週給餌区は、4日/給餌区及び3日/週給餌区との間に有意な差が見られ (Tukey $P < 0.01$)、負荷量は多かった。リン蓄積率及び負荷量は、窒素と同じ傾向を示した。

二元配置分散分析の結果、給餌回数と魚油添加率の違いは、窒素蓄積率において、有意差 (Tukey $P < 0.05$) を与える要因となり、給餌回数の減、もしくは魚油添加により上昇する傾向が見られた。

タウリンについては、いずれも開始時より高くなっていったが、給餌回数の違いによる差は見られなかった。蓄積率については、飼料6では、給餌回数の減とともに蓄積率が上昇する傾向であった。

表8 魚体分析結果、蓄積率及び負荷量

時期	飼料	給餌回数	魚体成分(%)							蓄積率(%)			負荷量(kg/生産量t)	
			水分	粗タンパク	粗脂肪	粗灰分	窒素	リン	タウリン	窒素	リン	タウリン	窒素	リン
開始			71.8	19.8	4.1	3.6	3.2	0.61	0.17	—	—	—	—	—
終了	飼料4	5日/週	63.3	17.8	14.0	2.5	2.8	0.46	0.25	22.3	24.8	53.5	75.3	9.7
	飼料4	4日/週	64.2	19.0	12.7	2.7	3.0	0.50	0.21	27.7	28.0	46.0	69.8	9.3
	飼料4	3日/週	63.8	18.6	12.9	2.5	3.0	0.60	0.22	29.3	43.0	49.8	66.0	7.0
	飼料6	5日/週	63.0	19.4	14.5	2.7	3.1	0.55	0.21	25.7	35.8	44.2	75.4	8.3
	飼料6	4日/週	63.1	19.2	13.7	2.6	3.1	0.55	0.21	29.2	37.1	48.4	65.5	7.3
	飼料6	3日/週	63.9	19.2	12.9	2.7	3.1	0.53	0.22	31.4	37.7	53.3	59.7	6.8

血液性状

試験開始時及び終了時の血液性状を表9に示す。

各試験区間で総ビリルビン、無機リンについては、統計的有意差は見られなかった。トリグリセリド、総タンパク、総コレステロール、カルシウムで統計的有意差が見られた。総タンパク、総コレス

テロールについては給餌回数の違いが、トリグリセリド、カルシウムについては、飼料及び給餌回数
の違いによって値が変化した。

表9 血液性状分析結果

飼料	Ht(%)		Glu(mg/dl)		T-Cho(mg/dl)		BUN(mg/dl)		T-BIL(mg/dl)		T-Pro(mg/dl)	
開始時			175.0 ± 2.8		255.5 ± 2.1		12.0 ± 0.0		-*		2.7 ± 1.4	
飼料4-5日	53.8 ± 4.0		110.3 ± 10.2		385.5 ± 9.3		9.5 ± 0.6		0.7 ± 0.1		4.0 ± 13.9	
飼料4-4日	43.5 ± 6.9		134.3 ± 7.4		309.8 ± 10.6		9.3 ± 1.5		0.9 ± 0.6		3.7 ± 34.3	
飼料4-3日	47.8 ± 5.0		122.8 ± 11.4		341.8 ± 14.5		8.5 ± 0.6		0.9 ± 0.2		4.2 ± 51.6	
飼料6-5日	47.4 ± 5.1		118.3 ± 9.0		348.3 ± 23.0		10.0 ± 0.0		2.4 ± 2.0		4.4 ± 10.3	
飼料6-4日	46.3 ± 3.1		114.5 ± 9.1		328.0 ± 31.1		9.0 ± 1.2		1.5 ± 0.6		4.1 ± 9.7	
飼料6-3日	46.5 ± 8.7		115.0 ± 7.5		332.3 ± 11.4		8.5 ± 0.6		1.3 ± 0.3		4.1 ± 4.2	
飼料	GOT(U/l)		GPT(U/l)		TG(mg/dl)		Ca		IP(mg/dl)			
開始時	92.0 ± 1.4		10.0 >		43.5 ± 3.5		14.1 ± 0.0		5.1 ± 0.2			
飼料4-5日	45.5 ± 13.9		10.0 >		91.8 ± 2.8		16.1 ± 0.5		7.5 ± 0.2			
飼料4-4日	87.8 ± 34.3		30.0 ± 0.0		83.3 ± 13.0		14.4 ± 0.3		6.0 ± 0.7			
飼料4-3日	89.8 ± 51.6		16.0 ± 0.0		76.0 ± 5.6		15.5 ± 0.1		6.9 ± 0.5			
飼料6-5日	30.8 ± 10.3		30.8 ± 18.6		86.3 ± 2.2		15.7 ± 0.5		7.2 ± 0.2			
飼料6-4日	77.3 ± 9.7		28.0 ± 18.0		66.0 ± 2.9		15.4 ± 0.6		7.2 ± 0.1			
飼料6-3日	48.3 ± 4.2		14.8 ± 2.5		72.3 ± 3.1		16.8 ± 0.4		7.4 ± 0.7			

※-: 検出範囲以下

まとめ

今回の試験では、試験2（ブリ）で用いた魚粉低減飼料のうち、増肉係数等の飼育成績で良好であった飼料4（魚粉21%+合成タウリン0.28%添加）に外割で魚油を添加した飼料と、飼料6（飼料4+魚油）に魚油を外割で添加した飼料を用いて、ブリ当歳魚を対象に給餌回数の違いが成長等に及ぼす効果を検討した。

飼育試験の結果、魚体重は飼料4では5日/週給餌区が優れたが、飼料6では5日/週給餌区と4日/週給餌区では差は見られなかった。飼料転換効率や増肉係数については、両飼料ともに1週間当たりの給餌回数が少なくなるにつれ改善される傾向にあった。一方、飼料間の比較では、魚体重は飼料4の5日/週給餌区が最も優れ、次いで飼料6の5日/週給餌区と4日/週給餌区が同等の成績であったことから、魚粉量を21%に低減した場合、合成タウリンや魚油を添加した飼料では、1週間当たりの給餌回数は、5～4回が適していると考えられた。

なお、本事業の結果は別途、「平成21年度持続的養殖生産・供給推進事業（低コスト飼料・効率的生産手法開発委託事業）報告書」として、水産庁へ提出した。