

# カンパチ用配合飼料の開発と漁場環境改善効果の予測に関する研究

(カンパチ用配合飼料の開発と適正給餌方法の解明)

増養殖環境部 渡辺 貢

野見湾のカンパチ養殖は生餌主体の給餌形態であるために、漁場環境への影響が大きく環境悪化に伴う漁業被害がしばしば発生している。そこで、漁

場環境の改善と養殖経営の安定を図るための配合飼料化及び効率的な養殖技術開発が急務となっている。

## I 0才魚における適正給餌量把握試験

### 1 目的

カンパチ0才魚における適正な給餌量を把握し、成長・飼料効率等から効率的で環境への負荷低減につながる給餌方法を検討する。

### 2 方法

#### (1) 試験飼料及び給餌

試験区の内訳は表1に示したとおりで、飽食まで給餌する1区(100%飽食)、その80、70、60%に制限して給餌する2~4区(80~60%区)を設定した。試験飼料には魚粉を主体とした動物質性原料を73%含む市販ブリ類用EP(N社製)を用い、常法により分析した分析値(乾物換算)は表2に示したとおりで、粗タンパク質53.5%、粗脂肪14.8%、粗糖質14.6%であった。

表1 試験区の内訳

試験区	飼料及び給餌間隔	給餌方法
1区	市販EP、週6日	100%飽食、1日1回
2区	市販EP、週6日	80%飽食、1日1回
3区	市販EP、週6日	70%飽食、1日1回
4区	市販EP、週6日	60%飽食、1日1回

表2 試験飼料の一般成分

試験区	1~4区
粗タンパク質(%)	53.5
粗脂肪(%)	14.8
粗糖質(%)	14.6
粗灰分(%)	13.0
エネルギー(kcal/kg dry diet)	4,000
C/P ratio	75

一般成分から算出した可消化エネルギーは4,000

kcal/kg、C/P比は75であった。

給餌は1週間に6日、給餌日には1日1回午前中に所定量を給与した。なお、原則として魚体測定、網替え等の日には無給餌とした。

#### (2) 供試魚及び飼育

供試魚として平成17年5月に土佐湾で採捕された天然のカンパチ稚魚を、試験開始まで試験飼料と同じ組成の市販ブリ類用EPで約1ヶ月間予備飼育したものをを用いた。

飼育試験では平均体重95gのカンパチ0才魚を200尾ずつ3.2m角の海面小割網生簀4面に収容し、6月2日から7月19日までの28日間飼育した。なお、試験開始から2週間毎に網替え及び淡水浴を実施しハダムシを駆除し、死亡魚は見つけ次第取り上げて体重を測定した。

#### (3) 測定及び成分分析

試験開始から2週間毎に各試験区の総魚体重を測定し、また、開始時には予備飼育群から、終了時は各試験区から10尾ずつ抽出し、血液性状、血清成分、全魚体及び肝臓の一般成分を測定した。また、環境への窒素、リン負荷量を推定するため、使用した試験飼料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素、全リンの分析を常法により行った。

## 3 結果

### (1) 飼育成績

試験期間中の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図1に示した。試験期間を通じて各試験区とも活発に摂餌し、順調に成長した。平均体重は開始

時95 gが終了時210 g（1区）～162 g（4区）であり、給餌量が多いほど成長は良好であった。この間の表層水温は、23.8℃から29.4℃の範囲内で推移し、平均水温は26.2℃であった。

飼育成績を表3に示した。給餌量が多いほど日間成長率は高かったが、飼料効率、タンパク質効率、エネルギー効率については、ほとんど差はみられなかった。

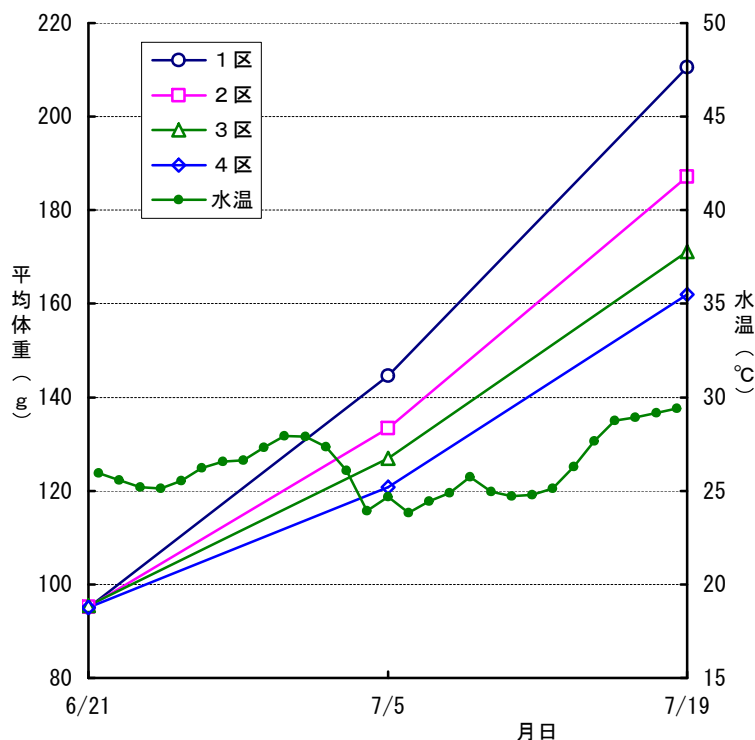


図1 平均体重の推移

表3 飼育成績

試験区		1	2	3	4
生残率 (%)	開始時	100.0	100.0	100.0	100.0
	終了時	100.0	100.0	100.0	99.5
平均体重 (g)	開始時	95.1	95.2	95.4	95.0
	終了時	210.5	187.1	171.1	162.0
飼料効率 (%)		105.4	105.0	98.8	101.6
日間摂餌率 (%)		2.56	2.22	2.06	1.83
日間成長率 (%)		2.70	2.33	2.03	1.86
タンパク質効率		1.97	1.96	1.84	1.90
エネルギー効率 (%)		26.4	26.2	24.7	25.4
N負荷量 (Ng/kg)		52.4	53.0	59.5	52.7
P負荷量 (Pg/kg)		18.7	19.4	20.6	17.7

(2) 血液性状及び血清成分

試験開始時及び終了時における血液性状を表4に、また、血清成分を表5に示した。終了時の血液性状

に関してはヘマトクリット値 (HCT)、ヘモグロビン濃度 (HGB) 及び赤血球数 (RBC) いずれも区間差は認められなかった。

表4 血液性状

試験区		1	2	3	4
HCT (%)	開始時		51.6±7.3		
	終了時	59.1±10.1	55.6±6.2	63.7±4.1	55.5±8.5
HGB (g/dl)	開始時	14.5±0.3			
	終了時	16.3±1.4	16.1±1.3	15.7±0.6	15.3±0.8
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	342±26			
	終了時	389±30	363±41	380±27	350±14

また、血清成分についてみると、各試験区の総タンパク質、総コレステロール、トリグリセリド及びアルブミンは開始時も含めて区間差はみられず、グ

ルコースは2，4区が僅かに高かったことを除いて区間差はみられなかった。

表5 血清成分

試験区		1	2	3	4
総タンパク質 (g/dl)	開始時		3.7±0.4		
	終了時	3.9±0.2	3.6±0.2	3.6±0.2	3.9±0.4
総コレステロール (mg/dl)	開始時	254±23			
	終了時	245±18	225±16	232±16	250±33
グルコース (mg/dl)	開始時	107±16			
	終了時	100±19	129±26	103±17	135±19
アルブミン (g/dl)	開始時	1.1±0.1			
	終了時	1.3±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1
トリグリセリド (mg/dl)	開始時	69±19			
	終了時	101±22	82±15	94±14	79±15

(3) 魚体成分

試験開始時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値を表6に示した。終了時の全魚体の各一般成分は全試験区でほとんど差異はなく、ほぼ一定の値を示した。終了時の肝臓については、4区で

粗脂肪含量が低かったことを除いて、全魚体と同様に区間差はみられなかった。比肝重値については、給餌量が多いほど高かったが、有意な区間差は認められなかった。

表6 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		1	2	3	4		
全魚体	水分	開始時		70.9			
		終了時	73.3	73.2	74.6	73.7	
	粗タンパク質	開始時		19.5			
		終了時	18.7	18.7	18.4	19.6	
	粗脂肪	開始時		6.4			
		終了時	5.6	5.6	4.7	4.8	
	粗灰分	開始時		2.7			
		終了時	2.7	2.8	2.8	3.0	
	肝臓	水分	開始時		60.2		
			終了時	70.0	67.5	69.3	70.6
粗タンパク質		開始時		12.6			
		終了時	10.4	10.2	10.4	10.9	
粗脂肪		開始時		21.8			
		終了時	10.1	9.3	8.3	5.9	
粗灰分		開始時		1.4			
		終了時	1.1	1.0	1.1	1.1	
グリコーゲン		開始時		1.3			
		終了時	9.8	9.3	8.9	8.5	
比肝重値*	開始時		1.3±0.2				
	終了時	1.8±0.4	1.7±0.3	1.7±0.2	1.5±0.3		

\* 平均±標準偏差 (n=5)

#### (4) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりで見ると、窒素52.4g(1区)～59.5g(3区)、リン17.7g(4区)～20.6g(3区)となり、いずれも飼料効率が最も低かった3区が多い結果となった。

## 4 考察

市販EPを給餌した今回の飼育試験では、試験期間中の乾物換算による飼料効率、タンパク質効率及

びエネルギー効率については、区間差は少なかったが、日間成長率は、給餌量が多いほど高い傾向を示し、4区が最も低い結果が得られた。また、環境への負荷量は成長が良好で飼料効率の高かった1区が少なかった。以上の結果から、成長期である魚体重100～200gのカンパチ0才魚については、成長のみならず飼育成績のいずれの項目も優れていたことから、飽食給餌が適切であると考えられた。

## II 1才魚における適正給餌量把握試験

### 1 目的

カンパチ1才魚における適正な給餌量を把握し、成長・飼料効率等から効率的かつ環境への負荷低減につながる給餌方法を検討する。

### 2 方法

#### (1) 試験飼料及び給餌

試験区の内訳は0才魚における適正給餌量把握試験と同様(表1)で、試験飼料にはタンパク質源として魚粉を主体とした動物質性原料を54%含む市販ブリ類用EP(N社製)を用いた。常法により分析した試験飼料の一般成分の乾物換算での分析値は表7に示したとおりで、粗タンパク質43.9%、粗脂肪25.5%、粗糖質12.7%であった。一般成分から算出した可消化エネルギーは4,370kcal/kg、C/P比は100であった。給餌は0才魚とは異なり、1週間に5日で、給餌日には1日1回午前中に所定量を給与した。なお、原則として魚体測定、網替え等の日には無給餌とした。

表7 試験飼料の一般成分

試験区	1～4区
粗タンパク質(%)	43.9
粗脂肪(%)	25.5
粗糖質(%)	12.7
粗灰分(%)	10.8
エネルギー (kcal/kg dry diet)	4,370
C/P ratio	100

#### (2) 供試魚及び飼育

供試魚として、前年から市販ブリ類用EPでほぼ1年間飼育したものをを用いた。飼育試験では平均体重1,350gのカンパチ1才魚を100尾ずつ3.2m角の海面小割網生簀4面に収容した。給餌割合は0才魚適正給餌量把握試験と同様とし、平成17年6月11日から7月8日までの28日間飼育した。なお、飼育開始から2週間毎に網替え及び淡水浴を実施しハダムシを駆除し、死亡魚は見つけ次第取り上げて体重を測定した。

#### (3) 測定及び成分分析

試験開始から2週間毎に各試験区の総魚体重を測定し、また、開始時には予備飼育群から、終了時は各試験区から10尾ずつ抽出し、血液性状、血清成分、全魚体及び肝臓の一般成分を測定した。また、環境への窒素、リン負荷量を推定するため、使用した試験飼料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素、全リンの分析を常法により行った。

## 3 結果

#### (1) 飼育成績

試験期間中の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図2に示した。試験期間を通じて各試験区とも順調に成長し、平均体重は開始時1,350gが終了時

## カンパチ用配合飼料の開発と漁場環境改善効果の予測

1,576 g（1区）～1,451 g（4区）であった。終了時の平均体重についてみると、給餌量が多いほど成長は良好であった。この間の表層水温は、23.8℃から27.9℃の範囲内で推移し、平均水温は25.6℃であった。

飼育成績を表8に示した。日間成長率、飼料効率、タンパク質効率及びエネルギー効率はいずれも1区が最も高く、次いで2区、3区、4区の順に低くなった。

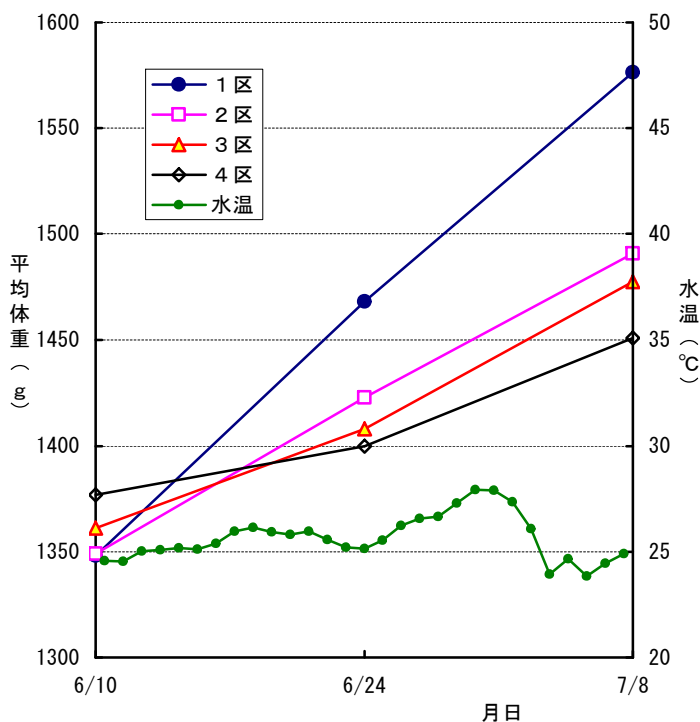


図2 平均体重の推移

表8 飼育成績

試験区		1	2	3	4
生残率 (%)	開始時	100	100	100	100
	終了時	100	100	100	100
平均体重 (g)	開始時	1348	1349	1361	1377
	終了時	1576	1491	1477	1451
飼料効率 (%)		50.0	38.8	36.4	26.9
日間摂餌率 (%)		1.12	0.92	0.81	0.69
日間成長率 (%)		0.56	0.36	0.29	0.19
タンパク質効率		1.14	0.88	0.83	0.61
エネルギー効率 (%)		9.2	7.1	6.7	4.9
N負荷量 (Ng/kg)		106.1	148.3	170.1	226.4
P負荷量 (Pg/kg)		5.3	8.7	7.5	14.0

### (2) 血液性状及び血清成分

試験開始時及び終了時における血液性状を表9に、また、血清成分を表10に示した。終了時の血液性状

に関してはHCT及びRBCについては区間差がほとんど認められなかったが、HGBでは最も成長が劣って

いた4区が1～3区に比べて有意に低かった。また、終了時の血清成分についてみると、1区の総タンパク質及び総コレステロールは最も高く、グルコース

は最も低かった。アルブミン及びトリグリセリドについては、有意な区間差はみられなかった。

表9 血液性状

試験区		1	2	3	4
HCT (%)	開始時	67.2±4.3			
	終了時	58.2±10.7	62.7±4.1	66.4±8.4	60.6±9.3
HGB (g/dl)	開始時	19.4±2.0			
	終了時	17.2±1.9	17.9±1.5	18.2±1.7	12.7±2.4
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	394±16			
	終了時	336±47	354±25	370±34	338±43

表10 血清成分

試験区		1	2	3	4
総タンパク質 (g/dl)	開始時	5.2±0.3			
	終了時	5.2±0.2	4.6±0.3	5.0±0.6	4.4±0.5
総コレステロール (mg/dl)	開始時	330±22			
	終了時	383±23	352±32	338±28	315±36
グルコース (mg/dl)	開始時	74±21			
	終了時	31±20	86±23	67±24	67±25
アルブミン (g/dl)	開始時	1.5±0.1			
	終了時	1.6±0.1	1.5±0.2	1.6±0.2	1.4±0.2
トリグリセリド (mg/dl)	開始時	121±22			
	終了時	95±20	80±15	88±13	82±28

(3) 魚体成分

試験開始時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値を表11に示した。終了時の全魚体及び

肝臓の一般成分は全試験区でほとんど差異はなく、開始時も含めてほぼ一定の値を示した。比肝重値についても有意な区間差は認められなかった。

表11 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		1	2	3	4		
全魚体	水分	開始時	65.1				
		終了時	64.2	65.3	65.5	66.6	
	粗タンパク質	開始時	19.4				
		終了時	19.7	19.5	19.0	19.5	
	粗脂肪	開始時	12.6				
		終了時	12.4	12.1	11.5	11.4	
	粗灰分	開始時	2.3				
		終了時	3.7	2.9	3.1	2.1	
	肝臓	水分	開始時	60.5			
			終了時	62.2	65.0	64.6	64.3
粗タンパク質		開始時	12.1				
		終了時	10.7	10.1	10.3	10.5	
粗脂肪		開始時	21.8				
		終了時	18.7	18.3	17.1	16.6	
粗灰分		開始時	1.4				
		終了時	1.2	1.3	1.4	1.3	
グリコーゲン		開始時	4.1				
		終了時	6.9	5.4	6.8	7.1	
比肝重値*	開始時	1.5±0.3					
	終了時	1.3±0.2	1.3±0.2	1.1±0.2	1.2±0.3		

\*平均±標準偏差 (n=5)

(4) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりでみると、窒素106.1g(1区)~226.4g(4区)、リン5.3g(1区)~14.0g(4区)となり、給餌量の減少に伴い負荷量は多くなる傾向がみられ、成長が良好で飼料効率等の飼育成績が最も優れていた1区が最も少ない結果となった。

4 考察

試験期間中の乾物換算による飼料効率、日間摂餌

率、日間成長率、タンパク質効率及びエネルギー効率は、いずれも給餌量が多いほど高い傾向を示し、1区が最も優れていた。

これは供試魚が大型の1才魚であったにもかかわらず、成長期である水温上昇期で、試験期間中の平均表層水温が好適であったと考えられる。また、成長が良好で飼料効率の高い給餌を行えば、カンパチ1才魚でも給餌量の削減だけでなく、環境への負荷量も少なくなることが示唆された。

このことから、水温上昇期における魚体重1,500g前後のカンパチ1才魚に対するE P給餌では、飽食給餌が適切であると考えられた。

Ⅲ 1才魚における夏季適正給餌間隔把握試験

1 目的

カンパチ1才魚における高水温期の適正給餌頻度を把握し、飼育成績及び環境への負荷量を推定することによって効率的な給餌方法を検討する。

2 方法

(1) 試験飼料及び給餌

試験区の内訳は表12に示したとおりで、試験飼料には市販ブリ類用E P(N社製)及び冷凍アジを用いた。

表12 試験区の内訳

試験区	飼餌料及び給餌間隔	給餌方法
1区	市販E P、週6日	飽食、1日1回
2区	市販E P、週5日	飽食、1日1回
3区	市販E P、週4日	飽食、1日1回
4区	市販E P、1日おき	飽食、1日1回
5区	生餌、週6日	飽食、1日1回
6区	生餌、週5日	飽食、1日1回
7区	生餌、週4日	飽食、1日1回
8区	生餌、1日おき	飽食、1日1回

表13 試験飼餌料の一般成分

試験区	1~4区	5~8区
粗タンパク質(%)	43.9	65.3
粗脂肪(%)	25.5	14.5
粗糖質(%)	12.7	1.6
粗灰分(%)	10.8	8.6
エネルギー (kcal/kg dry diet)	4,370	4,140
C/P ratio	100	63

常法により分析した両飼料の一般成分の分析値は表13に示したとおりで、粗タンパク質は生餌が高く、粗脂肪及び粗糖質はE Pが高かった。一般成分から算出したエネルギー含量は約4,370及び4,140kcal/kgと類似していたが、C/P比は100及び63で、両飼料間で差異が認められた。なお、冷凍アジは冷凍カッターで碎片としたものに総合ビタミン剤を規定量添加して用いた。魚体測定、網替え等の日には無給餌とし、原則として給餌日には1日1回午前中に飽食量を給与した。

(2) 供試魚及び飼育

供試魚として前年に土佐湾で採捕され、市販のブリ類用E Pで養成したカンパチ1才魚を用いた。

飼育試験では平均体重1,526~1,532gのカンパチ1才魚を80尾ずつ3.2m角の海面小割網生簀8面に収容した。給餌頻度は1週間に6日(1区、5区)、5日(2区、6区)、4日(3区、7区)及び2日に1回給餌(4区、8区)とし、平成17年7月16日から9月9日までの56日間飼育した。なお、試験開始から2週間毎に網替え及び淡水浴を実施しハダムシを駆除し、死亡魚は見つけ次第取り上げて体重を測定した。

(3) 測定及び成分分析

試験開始から2週間毎に各試験区の総魚体重を測定し、また、開始時、中間時及び終了時は各試験区

から10尾ずつ抽出し、血液性状、血清成分、全魚体及び肝臓の一般成分を測定した。また、環境への窒素、リン負荷量を推定するため、使用した飼餌料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素、全リンの分析を常法により行った。

### 3 結果

#### (1) 飼育成績

試験期間中の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図3に示した。試験期間前半は各試験区とも活発に摂餌し、順調に成長したが、40日目以降はノカルジア症の発生により摂餌量は急激に低下していった。特にE Pを給餌した1～4区では、その傾向が顕著で成長の鈍化と生残率の低下がみられた。平

均体重は開始時約1,530 gが終了時2,173 g (5区)～1,853 g (4区)であった。終了時の平均体重についてみると、E Pを給餌した1～4区よりも生餌を給餌した5～8区のほうが良好な成長を示したが、ともに給餌日数が多いほど成長は良好であった。試験期間中の表層水温は、24.2～29.8℃で推移し、平均水温は28.4℃であった。

試験期間中の飼育成績を表14に示した。飼料効率、日間摂餌率、日間成長率、タンパク質効率及びエネルギー効率については、E Pあるいは生餌のいずれも給餌日数が多いほど良好な傾向がみられ、日間成長率を除いて全般的に生餌よりもE Pのほうが高い結果が得られた。

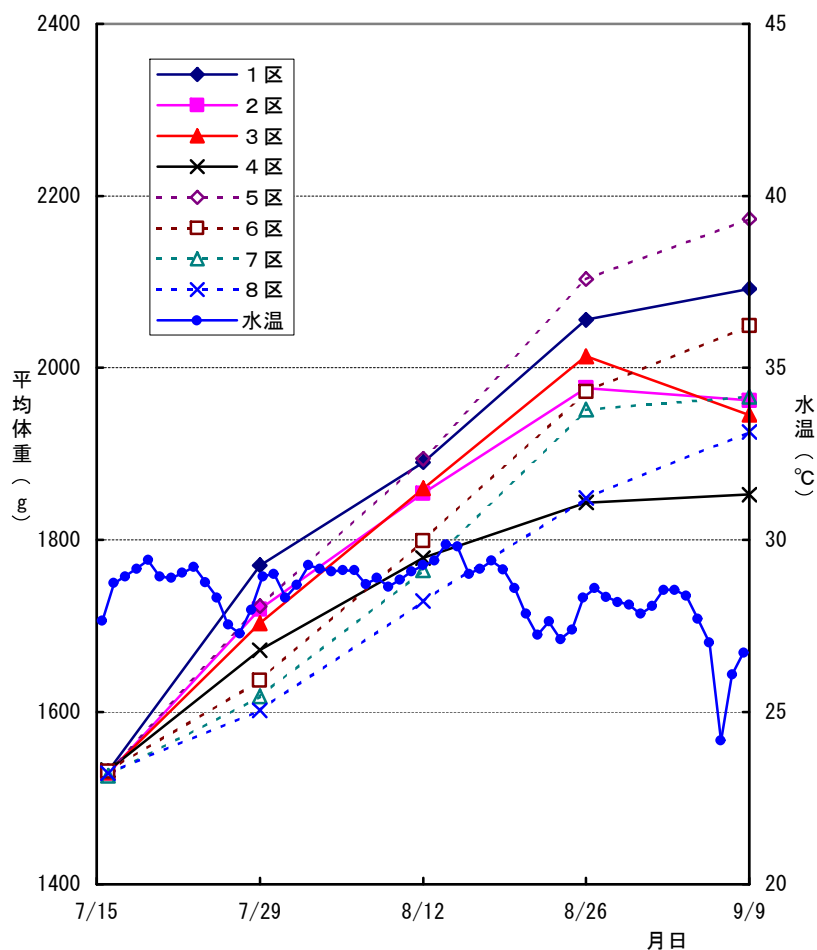


図3 平均体重の推移



表14 飼育成績

試験区		1	2	3	4	5	6	7	8
生残率 (%)	開始時	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	中間時	100.0	100.0	100.0	98.8	100.0	98.8	100.0	97.5
	終了時	81.3	83.8	78.8	92.5	91.3	97.5	93.8	90.0
平均体重 (g)	開始時	1531.3	1528.8	1530.0	1532.5	1531.3	1531.3	1526.3	1528.8
	中間時	1890.3	1854.1	1860.0	1779.2	1894.3	1799.0	1764.4	1728.8
	終了時	2091.8	1962.0	1945.3	1852.6	2173.2	2048.9	1966.7	1925.5
飼料効率 (%)	開始時～中間時	59.1	59.1	59.7	50.5	50.1	43.4	46.3	44.0
	中間時～終了時	38.2	27.7	21.0	28.6	34.6	38.8	34.0	30.4
	開始時～終了時	53.5	49.0	46.8	40.8	45.7	44.3	42.2	39.5
日間摂餌率 (%)	開始時～中間時	1.27	1.16	1.16	1.05	1.51	1.33	1.12	1.00
	中間時～終了時	0.86	0.77	0.73	0.69	1.27	1.17	1.04	1.05
	開始時～終了時	1.15	1.05	1.05	0.91	1.44	1.25	1.10	1.03
日間成長率 (%)	開始時～中間時	0.75	0.69	0.70	0.53	0.76	0.57	0.52	0.44
	中間時～終了時	0.35	0.20	0.17	0.19	0.49	0.46	0.39	0.40
	開始時～終了時	0.55	0.44	0.43	0.34	0.62	0.52	0.45	0.41
タンパク質効率	開始時～中間時	1.35	1.35	1.36	1.15	0.77	0.67	0.71	0.67
	中間時～終了時	0.87	0.63	0.48	0.65	0.53	0.59	0.52	0.47
	開始時～終了時	1.22	1.12	1.07	0.93	0.70	0.68	0.65	0.61
エネルギー効率 (%)	開始時～中間時	13.5	13.5	13.7	11.5	12.1	10.5	11.2	10.6
	中間時～終了時	8.7	6.3	4.8	6.5	8.4	9.4	8.2	7.3
	開始時～終了時	12.2	11.2	10.7	9.3	11.1	10.7	10.2	9.5
N負荷量 (Ng/kg)	開始時～終了時	104.6	118.4	126.9	149.7	196.0	203.9	214.7	232.3
P負荷量 (Pg/kg)	開始時～終了時	28.9	33.4	35.3	45.5	41.1	50.3	42.9	50.0

(2) 血液性状及び血清成分

試験開始時、中間時及び終了時における血液性状を表15に、また、血清成分を表16に示した。終了時の血液性状に関してはHCT、HGB及びRBCいずれもEPを給餌した1～4区より生餌を給餌した5～8区がやや高い傾向がみられた。HCTについては有意な区間差はみられなかったが、HGB及びRBCは6、7区が有意に高い値を示した。また、終了時の血清

成分についてみると、各試験区の総タンパク質及びトリグリセリドで有意な区間差はみられなかったが、総コレステロール、グルコース及びアルブミンには区間差がみられ、全般的にEPを給餌した1～4区よりも生餌を給餌した5～8区のほうが有意に高かった。

表15 血液性状

試験区		1	2	3	4	5	6	7	8
HCT (%)	開始時	57.3±11.7							
	中間時	66.8±4.9	62.5±9.0	55.7±7.5	68.4±3.1	70.8±8.5	59.0±10.1	65.3±6.6	61.6±3.7
	終了時	64.8±2.2	62.7±11.6	54.5±14.8	55.5±8.4	64.3±15.6	71.3±4.1	66.1±8.4	60.8±8.8
HGB (g/dl)	開始時	17.0±2.4							
	中間時	18.7±0.5	17.6±2.0	16.5±2.0	19.1±1.3	16.3±3.3	14.7±0.9	15.8±0.8	14.9±0.3
	終了時	18.5±0.9	17.9±2.2	14.3±3.5	16.4±2.4	16.6±3.0	19.5±2.4	19.1±1.8	16.2±3.0
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	336±71							
	中間時	376±19	351±44	338±44	385±23	399±46	350±59	374±26	359±23
	終了時	366±12	358±52	297±76	345±47	364±89	433±52	422±12	384±59

表16 血清成分

試験区		1	2	3	4	5	6	7	8
総タンパク質 (g/dl)	開始時	4.6±0.4							
	中間時	5.1±0.6	4.7±0.3	5.0±0.5	5.2±0.4	5.3±0.4	5.2±0.5	5.2±0.4	5.5±0.1
	終了時	4.2±0.3	5.0±0.2	4.5±0.5	4.9±0.5	4.6±0.6	4.9±0.6	4.6±0.6	4.8±0.5
総コレステロール (mg/dl)	開始時	342±43							
	中間時	337±39	300±34	354±15	337±35	436±39	450±33	424±46	443±11
	終了時	236±64	258±38	250±31	273±22	278±19	312±46	277±38	306±25
グルコース (mg/dl)	開始時	110±40							
	中間時	102±13	105±14	93±37	78±11	107±18	98±25	145±30	142±18
	終了時	81±16	82±13	94±19	105±5	107±20	115±11	105±13	115±5
アルブミン (g/dl)	開始時	1.4±0.1							
	中間時	1.6±0.2	1.5±0.1	1.5±0.2	1.6±0.1	1.6±0.2	1.6±0.2	1.6±0.2	1.9±0.1
	終了時	1.3±0.1	1.5±0.1	1.4±0.2	1.5±0.1	1.4±0.2	1.6±0.1	1.4±0.1	1.6±0.1
トリグリセリド (mg/dl)	開始時	75±18							
	中間時	93±16	101±29	138±9	82±9	76±17	130±35	146±29	79±19
	終了時	78±39	60±28	88±33	64±27	78±31	81±30	62±31	63±9

(3) 魚体成分

試験開始時、中間時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値を表17に示した。終了時の全魚体の各一般成分は全試験区でほとんど差異はなく、開始時も含めてほぼ一定の値を示した。終了時の肝

臓については、8区で粗脂肪含量が低く、1区と8区の水分含量が高かったのを除いて大きな区間差はみられなかった。比肝重値については、生餌を給餌した5～8区よりもEPを給餌した1～4区が全般的にやや高かった。

表17 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		1	2	3	4	5	6	7	8	単位 : %
全魚体	水分	開始時	67.6							
		中間時	64.4	64.2	66.3	64.9	65.2	67.0	65.4	66.5
		終了時	65.1	68.2	64.5	65.7	66.4	65.8	65.5	64.6
	粗タンパク質	開始時	19.2							
		中間時	19.9	19.9	17.9	19.2	19.0	18.6	18.9	19.8
		終了時	18.5	18.4	18.2	18.3	19.5	19.4	19.5	19.4
	粗脂肪	開始時	12.4							
		中間時	13.7	13.4	12.8	12.4	11.3	11.8	11.7	10.2
		終了時	12.8	10.8	14.1	13.3	11.7	11.9	11.4	9.8
	粗灰分	開始時	2.3							
		中間時	1.9	2.5	3.1	3.2	2.7	2.1	3.2	3.0
		終了時	3.4	2.1	2.8	2.3	2.7	2.9	3.3	6.2
肝臓	水分	開始時	62.6							
		中間時	62.8	64.1	64.0	66.7	65.1	69.2	67.1	67.9
		終了時	69.2	62.0	64.7	60.8	60.8	63.3	64.9	71.6
	粗タンパク質	開始時	12.0							
		中間時	10.7	10.8	10.9	11.1	13.1	12.7	12.7	13.7
		終了時	15.2	13.9	14.1	14.4	15.4	14.6	16.0	16.8
	粗脂肪	開始時	18.9							
		中間時	19.5	16.5	14.0	15.6	14.3	11.8	11.0	12.5
		終了時	13.6	21.1	19.5	21.3	21.2	19.4	17.3	7.8
	粗灰分	開始時	1.2							
		中間時	1.1	1.3	1.1	1.4	1.5	1.3	1.3	1.4
		終了時	1.6	1.9	1.8	1.0	1.4	2.1	1.0	2.2
グリコーゲン	開始時	3.8								
	中間時	3.2	3.5	5.2	3.4	2.3	2.4	3.3	1.6	
	終了時	0.2	0.2	0.4	0.4	0.1	0.3	0.2	0.2	
比肝重値*	開始時	1.1±0.1								
	中間時	1.4±0.2	1.3±0.2	1.5±0.2	1.2±0.2	1.0±0.1	1.0±0.2	1.0±0.1	0.8±0.1	
	終了時	1.0±0.1	1.0±0.1	0.9±0.2	0.9±0.2	0.7±0.2	0.8±0.1	0.8±0.2	0.7±0.1	

\*平均±標準偏差 (n=5)

(4) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりでみると、E Pを給餌した1～4区では窒素104.6g（1区）～149.7g（4区）、リン28.9g（1区）～45.5g（4区）となり、成長が良好で飼料効率が高いほど負荷量は少ない結果となった。一方、生餌を給餌した5～8区では窒素196.0g（5区）～232.3g（8区）、リン41.1g（5区）～50.3g（6区）となり、成長が良好で飼料効率の高かった5区で窒素、リンいずれもが最も少ない結果となった。

4 考察

試験期間中の乾物換算による飼料効率、日間摂餌率、日間成長率、タンパク質効率及びエネルギー効率は、E Pを給餌した1～4区及び生餌を給餌した5～8区では、同様に給餌日数が多いほど高い傾向を示し、いずれの項目も4区あるいは8区が最も低かった。また、窒素及びリンの負荷量の結果から、E P給餌、生餌給餌ともに成長が良好で飼料効率の高い給餌を行えば、給餌量の削減だけでなく、環境

への負荷量も少なくなることが明らかになり、前年実施した0才魚での試験結果と同様な傾向を示すことが分かった。

全体的にみると飼料効率等の飼育成績はE Pを給餌したほうが優れていたが、生餌を給餌したほうが成長は良好であり前年の0才魚での結果とは異なっている。これは総摂餌量の差によるものであり、終了時の血液性状、血清成分及び肝臓の一般成分の区間差にもみられるように試験期間後半に発生したノカルジア症の影響があるのかも知れない。

以上の結果から、高水温期における魚体重1,500g以上のカンパチ1才魚については、環境負荷を考えず成長のみを重視するならば6日/週の生餌飽食給餌が有効であると考えられる。

しかし、単位生産当たりの窒素及びリンの負荷量の結果から、いずれもE P給餌のほうが環境への負荷が低減されているため、E Pを給餌する場合には、6回/週の飽食給餌が適切ではないかと考えられた。

IV 1才魚における夏季至適C/P比把握試験

1 目的

カンパチ1才魚を用いて、高水温期における魚粉削減飼料の至適C/P比について検討する。

2 方法

(1) 試験飼料

表18に示したように6区を設定し、それぞれの試験区で粒径10mmの沈降性E Pを成形し試験に供した。その試験飼料の組成は表19のとおりであり、常法により分析した試験飼料の一般成分の分析値は表20に示したとおりであった。粗タンパク質含量が1～3区で49.4～51.9%、4～6区で53.8～56.3%の2段階とし、粗脂肪含量は1～3区の順に12.1～17.2%の範囲内で高く、同様に4～6区も13.0～21.6%の範囲内で順に高い6種類の試験飼料を用いた。これらの分析値を用いて算出したエネルギー含量及びC/P比は、それぞれ3,590～4,490kcal/kg及び69

～80の範囲にあった。

表18 試験区の内訳

試験区	飼料の特徴	給餌方法
1区	タンパク質45%、脂質10%	5日/週、飽食、1日1回
2区	タンパク質45%、脂質15%	5日/週、飽食、1日1回
3区	タンパク質45%、脂質20%	5日/週、飽食、1日1回
4区	タンパク質50%、脂質10%	5日/週、飽食、1日1回
5区	タンパク質50%、脂質15%	5日/週、飽食、1日1回
6区	タンパク質50%、脂質20%	5日/週、飽食、1日1回

組成\試験区	1	2	3	4	5	6
沿岸魚粉	27.0	27.0	27.0	30.0	30.0	30.0
濃縮大豆タンパク	30.0	30.0	30.0	36.0	36.0	36.0
小麦グルテン	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
レージン	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
レメチオニン	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
肝油	8.0	13.0	18.0	8.0	13.0	18.0
α-澱粉	9.0	9.0	9.0	0.0	0.0	0.0
ビタミン混合物	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
ミネラル混合物	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
α-セルロース	11.0	6.0	1.0	10.8	5.8	0.8
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表19 試験飼料の組成 (%)

表20 試験飼料の一般成分

試験区	1	2	3	4	5	6
粗タンパク質 (%)	49.4	49.4	51.9	53.8	55.2	56.3
粗脂肪 (%)	12.1	15.6	17.2	13.0	16.8	21.6
粗糖質 (%)	14.2	14.2	13.9	9.0	9.1	8.3
粗灰分 (%)	7.3	7.3	7.8	7.8	7.5	7.9
エネルギー (kcal/kg dry diet)	3590	3860	4100	3710	4080	4490
C/P ratio	73	78	79	69	74	80

(2) 供試魚及び飼育

供試魚として前年に土佐湾で採捕され、市販のブリ類用E P及び試験飼料で養成したカンパチ1才魚を用いた。

飼育試験では平均体重1,553~1,558gのカンパチ1才魚を80尾ずつ3.2m角の海面小割網生簀6面に収容し、平成17年7月9日から8月5日までの28日間飼育した。また、試験開始から2週間毎に網替え及び淡水浴を実施しハダムシを駆除し、死亡魚は見つけ

次第取り上げて体重を測定した。なお、魚体測定、網替え等の日には無給餌とし、原則として週5日の割合で1日1回午前中に各試験区に各試験飼料を飽食量給与した。

(3) 測定及び成分分析

試験開始時、2週間目及び終了時には、各試験区の総魚体重を測定するとともに、試験開始時及び終了時には10尾ずつ抽出し、血液性状、全魚体及び肝臓の一般成分を測定した。また、環境への窒素、リン負荷量を推定するため、使用した試験飼料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素及び全リンの分析を常法により行った。

3 結果

(1) 飼育成績

試験期間中の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図4に、飼育成績を表21に示した。

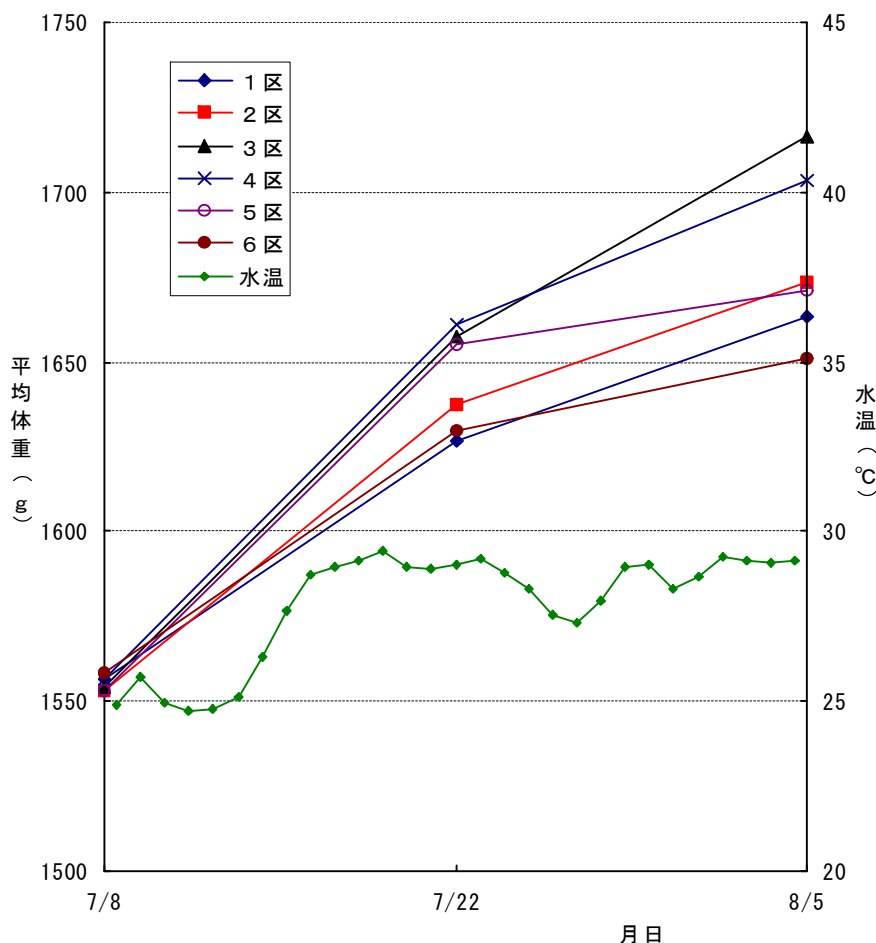


図4 平均体重の推移

## カンパチ用配合飼料の開発と漁場環境改善効果の予測

平均体重は開始時1,550 g前後が終了時1,716 g (1区) ~1,651 g (6区)であった。試験開始後14日目までは順調に成長したが、その後はノカルジア症による死亡がみられ摂餌活性の低下と成長の遅滞がみられた。終了時の平均体重についてみると、3区及び4区で他の試験区より高くなる傾向がみられた。飼料効率、日間成長率、タンパク質効率及びエネルギー効率については低タンパク質含量区(1~3区)

でエネルギー含量の増加に伴い高くなる傾向がみられたが、高タンパク質含量区(4~6区)ではエネルギー含量の増加に伴い低くなる傾向がみられた。また、日間摂餌率は5区と6区で低くなっていた。なお、試験期間中の午前9時の表層水温は、開始直後の24.7°Cから終了直前の29.4°Cまで徐々に上昇し、平均水温は27.9°Cであった。

表21 飼育成績

試験区		1	2	3	4	5	6
生残率 (%)	開始時	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	14日目	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	終了時	86.3	92.5	96.3	97.5	97.5	87.5
平均体重 (g)	開始時	1556.9	1553.1	1554.4	1556.9	1553.1	1558.1
	14日目	1626.6	1637.4	1657.4	1661.1	1654.9	1629.9
	終了時	1663.1	1673.1	1716.1	1703.7	1671.0	1650.9
飼料効率 (%)	開始時~14日目	26.4	49.8	57.2	59.5	68.2	44.2
	開始時~終了時	23.6	32.9	43.2	40.7	41.6	29.3
日間摂餌率 (%)	開始時~14日目	0.75	0.76	0.80	0.78	0.66	0.73
	開始時~終了時	0.77	0.81	0.84	0.80	0.67	0.73
日間成長率 (%)	開始時~14日目	0.31	0.38	0.46	0.46	0.45	0.32
	開始時~終了時	0.24	0.27	0.35	0.32	0.26	0.21
タンパク質効率	開始時~14日目	0.54	1.01	1.10	1.11	1.24	0.79
	開始時~終了時	0.48	0.67	0.83	0.76	0.75	0.52
エネルギー効率 (%)	開始時~14日目	7.37	12.90	13.94	16.04	16.71	9.83
	開始時~終了時	6.58	8.51	10.53	10.96	10.19	6.52
N負荷量 (N g / k g)		285.4	188.8	152.7	176.7	165.0	250.4
P負荷量 (P g / k g)		43.4	25.2	18.5	22.9	22.6	38.8

### (2) 血液性状

試験開始時及び終了時における血液性状を表22に示した。終了時のHCT、HGB及びRBCは、いずれも

大きな区間差は認められなかった。

表22 血液性状

試験区		1	2	3	4	5	6
HCT (%)	開始時	58.4±10.5					
	終了時	60.7±13.2	66.4±4.4	67.0±4.1	50.1±11.4	54.2±10.7	63.5±9.1
HGB (g/dl)	開始時	18.3±1.3					
	終了時	23.7±3.8	24.4±1.2	23.7±1.1	19.2±3.1	20.2±4.1	22.7±2.6
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	354±38					
	終了時	343±67	370±23	371±19	283±51	303±66	339±47

### (3) 魚体成分

試験開始時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分

及び比肝重値を表23に示した。終了時の全魚体の各

一般成分は試験飼料の粗タンパク質及びエネルギー含量の違いに関係なく、全試験区でほとんど差異はなく、ほぼ一定の値を示した。終了時の肝臓については、開始時に比べて水分及び粗タンパク質含量が

増加し、粗脂肪含量が低下したことを除けば著しい区間差は認められなかった。比肝重値については、5区で有意に低かったが、正常な値の範囲内であった。

表23 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		1	2	3	4	5	6	
全魚体	粗タンパク質 (%)	開始時			19.5			
		終了時	20.2	20.4	20.0	19.7	20.2	20.4
	粗脂肪 (%)	開始時			10.1			
		終了時	9.9	10.1	10.0	9.8	9.7	9.9
粗灰分 (%)	開始時			2.7				
	終了時	3.1	2.6	3.6	3.9	2.9	2.8	
水分 (%)	開始時			66.7				
	終了時	68.4	65.2	64.6	66.6	68.2	67.6	
肝臓	粗タンパク質 (%)	開始時			11.8			
		終了時	14.0	14.4	14.2	15.3	15.2	13.9
	粗脂肪 (%)	開始時			16.2			
		終了時	11.5	13.0	12.3	11.1	15.1	10.7
グリコーゲン (%)	開始時			3.4				
	終了時	2.8	2.8	3.8	3.2	3.4	3.0	
粗灰分 (%)	開始時			1.1				
	終了時	1.6	1.6	1.4	1.8	1.6	1.5	
水分 (%)	開始時			63.6				
	終了時	67.8	67.0	68.3	68.8	64.2	69.4	
比肝重値*	開始時			1.0±0.1				
	終了時	1.1±0.1	1.0±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1	0.8±0.1	1.0±0.2	

\*平均±標準偏差 (n=5)

#### (4) 栄養成分のみかけの蓄積率

全魚体及び試験飼料の一般成分分析値から、飼育成績に基づきタンパク質、脂質、エネルギー及びリンのみかけの蓄積率を算出し、表24に示した。みかけの脂質蓄積率は、低タンパク質含量区では試験飼料のエネルギー含量の増加に伴い上昇する傾向がみられたが、高タンパク質含量区ではエネルギー含

量の増加に伴い低下する傾向がみられた。みかけのエネルギー及びリン蓄積率は、低タンパク質含量区ではエネルギー含量の増加に伴い上昇する傾向がみられたが、高タンパク質含量区では一定の傾向は認められなかった。みかけのタンパク質蓄積率は試験飼料の組成に関する一定の傾向はみられなかった。

表24 栄養成分のみかけの蓄積率

試験区	1	2	3	4	5	6
タンパク質 (%)	16.5	21.7	20.6	16.5	21.8	18.8
脂質 (%)	11.4	21.3	22.7	20.8	11.6	8.7
エネルギー (%)	16.5	23.8	23.7	20.3	21.2	17.2
リン (%)	20.6	28.8	32.0	22.7	24.2	10.6

#### (5) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりでみると、窒素152.7g (3区) ~ 285.4g (1区)、リン18.5g (3区) ~ 43.4g (1区) となり、飼育成績が

最も良好であった3区が最も少ない結果となった。そして、負荷量は低タンパク質含量区ではエネルギー含量の増加に伴い減少する傾向がみられたが、高

タンパク質含量区ではエネルギー含量の増加とと

### 4 考察

試験期間中は、ハダムシの大量寄生で各試験区とも摂餌はやや不活発であり、成長及び飼料効率は低調であった。最大の成長が得られた試験飼料は粗タンパク質含量52%、粗脂肪含量17%及びエネルギー含量4,100kcal/kgの3区であり、試験期間中の乾物換算による日間摂餌率、日間成長率、飼料効率及びタンパク質効率についても最も高かった。また、低タンパク質含量区では、試験飼料中のエネルギー含量が増加するにつれて成長が良く、タンパク質節約効果が顕著に認められるとともに、日間摂餌率、日間成長率、飼料効率、タンパク質効率及びエネルギー効率も上昇した。一方、高タンパク質含量区では、試験飼料中のエネルギー含量の増加に伴い飼育成績の各項目で減少する傾向がみられた。脂質の添加により試験飼料中のタンパク質がどの程度節約されたかを知るために魚体が100g増重するために要した飼料タンパク質を算出したところ、1区から順に209、150、120、132、133及び191gであった。これらの数値からも優れた成長を示した3区で要したタンパク質量は最も少なく、低タンパク質含量区

もに増加する結果となった。

ではエネルギー含量の増加に伴い多くのタンパク質が節約されたことが分かった。一方、高タンパク質含量区では試験飼料中の脂質含量の増加、すなわちエネルギー含量の増加に伴い成長が低下する傾向がみられた。これは、試験飼料中の過剰なエネルギーが代謝に悪影響を及ぼしたのではないかと考えられる。また、環境への負荷量について、低タンパク質含量区では試験飼料中のエネルギー含量の増加に伴い減少し、タンパク質節約効果が顕著に認められた3区で窒素及びリンの負荷量が最も少なくなり、最も負荷量が多かった1区に比べてそれぞれ46.5%及び57.4%もの負荷量が低減されていた。

以上の結果より、カンパチ1才魚の夏季における最適なタンパク質、脂質及びエネルギー含量は、それぞれ52%、17%及び4,100kcal/kgであり、このときのC/P比は79であった。そして、この組成の飼料を給餌すれば、成長や飼料効率が優れているのみならず、飼料のタンパク質やエネルギーも魚体に効率良く蓄積され、環境への窒素及びリンの負荷量も著しく低減できることが明らかになった。

## V 1才魚における秋季至適C/P比把握試験

### 1 目的

カンパチ1才魚を用いて、水温下降期における魚粉削減飼料の至適C/P比について検討する。

### 2 方法

#### (1) 試験飼料

夏季至適C/P比把握試験と同じ試験飼料を用いた(表7)。

#### (2) 供試魚及び飼育

夏季至適C/P比把握試験で使用したカンパチ1才魚を供試魚とし、市販のブリ類用EPで予備飼育した後、試験に供した。

飼育試験では平均体重2,182~2,187gのカンパチ1才魚を60尾ずつ3.2m角の海面小割網生簀6面に収容し、平成17年10月12日から12月6日までの56日間飼

育した。また、試験開始から2週間毎に網替え及び淡水浴を実施しハダムシを駆除し、死亡魚は見つけ次第取り上げて体重を測定した。なお、魚体測定、網替え等の日には無給餌とし、原則として週5日の割合で1日1回午前中に各試験区に各試験飼料を飽食量給与した。

#### (3) 測定及び成分分析

試験開始から2週間毎に、各試験区の全尾数を取り上げ総魚体重を測定するとともに、開始時、中間時及び終了時に各試験区から10尾ずつ抽出し、血液性状、血清成分、全魚体及び肝臓の一般成分を測定した。また、環境への窒素、リン負荷量を推定するため、使用した試験飼料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素及び全リンの分析を常法により

行った。

### 3 結果

#### (1) 飼育成績

試験期間中の各試験区の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図5に、飼育成績を表25に示した。平均体重は開始時2,185 g前後が終了時2,679 g（3区）～2,530 g（4区）であった。試験期間の前半は全試験区とも活発に摂餌し順調に成長したが、後半は水温の低下に伴い摂餌活性の低下と成長の遅滞が

みられた。終了時の平均体重についてみると、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区とも、エネルギー含量の増加に伴い増加し、3区及び6区で他の試験区より高くなる傾向がみられた。飼料効率、日間成長率、タンパク質効率及びエネルギー効率についても類似した傾向がみられた。また、日間摂餌率にはほとんど差がみられなかった。

なお、試験期間中の午前9時の表層水温は、開始直後の26.1℃から終了直前の16.6℃まで徐々に低下し、平均水温は21.6℃であった。

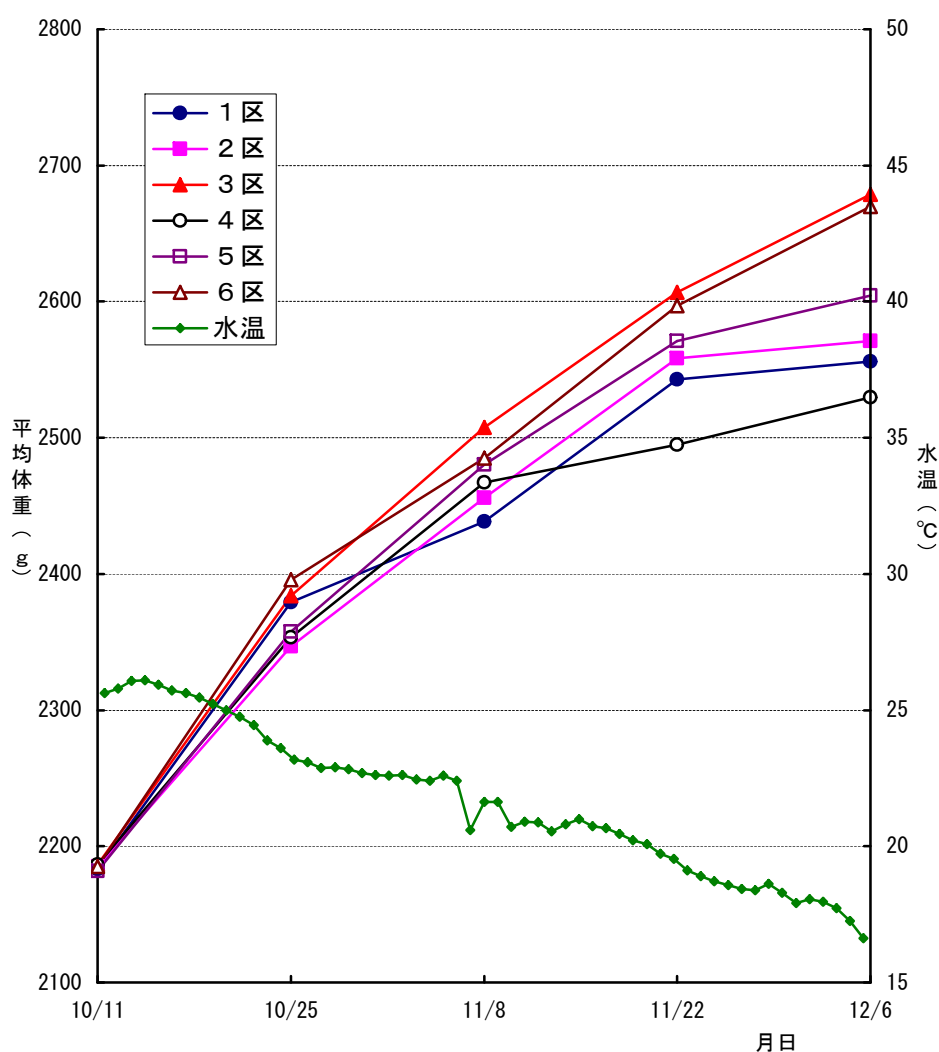


図5 平均体重の推移



表25 飼育成績

試験区		1	2	3	4	5	6
生残率 (%)	開始時	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	中間時	100.0	98.3	100.0	98.3	100.0	98.3
	終了時	100.0	98.3	100.0	98.3	100.0	98.3
平均体重 (g)	開始時	2183.3	2185.0	2186.7	2186.7	2181.7	2185.0
	中間時	2438.4	2455.9	2507.4	2467.3	2480.5	2485.2
	終了時	2556.1	2571.1	2678.9	2529.7	2604.4	2669.6
飼料効率 (%)	開始時～中間時	52.0	55.2	62.4	56.3	62.4	62.5
	開始時～終了時	41.0	43.3	54.0	43.8	47.7	54.6
日間摂餌率 (%)	開始時～中間時	0.76	0.77	0.78	0.75	0.73	0.73
	開始時～終了時	0.68	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
日間成長率 (%)	開始時～中間時	0.39	0.42	0.49	0.43	0.46	0.46
	開始時～終了時	0.28	0.29	0.36	0.26	0.32	0.36
タンパク質効率	開始時～中間時	1.05	1.12	1.20	1.05	1.13	1.11
	開始時～終了時	0.83	0.88	1.04	0.81	0.86	0.97
エネルギー効率 (%)	開始時～中間時	14.48	14.29	15.20	15.16	15.28	13.89
	開始時～終了時	11.43	11.19	13.17	11.81	11.68	12.15
N 負荷量 (N g / k g)		143.4	135.0	109.6	148.2	137.9	120.5
P 負荷量 (P g / k g)		25.4	22.6	16.4	23.5	21.9	19.4

(2) 血液性状及び血清成分

試験開始時、中間時及び終了時における血液性状を表26に、血清成分を表27に示した。終了時のHCT、HGB及びRBCは、いずれも有意な区間差は認められず、正常な値の範囲内であった。血清成分については、総タンパク質、アルブミン及び総コレステロールは試験期間を通してほとんど変化がみられなかつ

た。グルコースは、飼育開始時に比べて中間時以降はいずれの試験区も減少した。トリグリセリドは中間時及び終了時にはいずれの試験区においても開始時より高い値を示した。しかし、いずれの項目においても区間差はほとんどみられなかった。

表26 血液性状

試験区		1	2	3	4	5	6
HCT (%)	開始時	59.4±6.7					
	中間時	63.2±4.6	63.7±6.0	68.7±8.7	72.2±5.8	65.0±4.3	68.4±10.2
	終了時	58.9±5.2	58.8±4.4	59.7±5.0	62.9±7.6	60.5±9.8	63.1±6.5
HGB (g/dl)	開始時	19.3±2.0					
	中間時	16.6±1.4	17.2±1.3	16.9±2.9	19.3±1.0	18.2±1.3	19.0±2.3
	終了時	16.2±3.2	16.6±2.4	17.1±0.7	16.5±2.6	16.2±1.1	15.8±1.1
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	335±38					
	中間時	388±20	371±37	399±52	421±13	383±26	407±60
	終了時	333±20	334±21	345±7	356±37	343±34	362±27

平均±標準偏差 (n=5)

表27 血清成分

試験区		1	2	3	4	5	6
総タンパク質 (g/100ml)	開始時			5.1±0.4			
	中間時	5.2±0.7	4.9±0.4	5.1±0.6	5.3±0.2	4.9±0.4	5.4±0.5
	終了時	4.8±0.2	4.9±0.7	4.8±0.4	4.9±0.7	4.9±0.4	4.2±0.3
総コレステロール (mg/100ml)	開始時			346±28			
	中間時	318±29	302±30	315±17	310±33	297±33	342±54
	終了時	338±47	348±49	330±28	320±36	336±45	326±22
グルコース (mg/100ml)	開始時			187±30			
	中間時	88±14	104±20	109±12	94±10	119±10	118±16
	終了時	101±7	106±15	91±10	103±12	109±17	105±6
アルブミン (g/100ml)	開始時			1.5±0.1			
	中間時	1.5±0.2	1.5±0.2	1.5±0.2	1.5±0.1	1.5±0.1	1.5±0.1
	終了時	1.4±0.1	1.3±0.2	1.3±0.1	1.4±0.2	1.4±0.1	1.2±0.1
トリグリセリド (mg/100ml)	開始時			68±29			
	中間時	71±28	76±12	106±28	124±31	101±24	96±29
	終了時	93±45	130±46	124±98	140±85	115±47	75±24

平均±標準偏差 (n=5)

### (3) 魚体成分

試験開始時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値を表28に示した。全魚体の各一般成分は中間時に区間差がみられたが、終了時には試験飼料の粗タンパク質及びエネルギー含量の違いに関係なく、全試験区でほとんど差異はなく、ほぼ一定の

値を示した。終了時の肝臓については、開始時に比べて水分及び粗タンパク質含量が増加し、粗脂肪及びグリコーゲン含量が低下する傾向がみられた。また、粗脂肪含量は低タンパク質含量区でエネルギー含量の増加に伴い上昇する傾向がみられたが、高タ

表28 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		1	2	3	4	5	6	
全魚体	粗タンパク質 (%)	開始時			18.4			
		中間時	17.7	17.7	19.2	19.0	18.9	19.3
		終了時	20.2	20.1	20.1	20.0	20.2	20.1
	粗脂肪 (%)	開始時			12.5			
		中間時	13.9	14.9	12.8	14.2	12.0	11.4
		終了時	11.3	11.8	11.8	11.9	11.6	12.2
	粗灰分 (%)	開始時			2.7			
		中間時	3.3	2.8	2.4	3.1	2.5	3.0
		終了時	3.9	3.1	3.0	2.5	2.9	3.5
	水分 (%)	開始時			66.6			
		中間時	64.1	65.5	66.1	64.6	66.6	65.8
		終了時	65.4	66.2	65.6	64.9	66.0	64.3
肝臓	粗タンパク質 (%)	開始時			10.7			
		中間時	12.3	11.7	12.3	13.6	13.2	13.6
		終了時	12.8	12.6	12.3	13.3	13.2	13.1
	粗脂肪 (%)	開始時			20.5			
		中間時	11.9	15.7	16.1	13.4	14.6	17.4
		終了時	12.5	14.9	17.6	15.3	12.8	14.2
グリコーゲン (%)	開始時			6.0				
	中間時	2.4	3.6	3.6	2.8	2.3	3.1	
	終了時	4.4	3.1	3.1	2.7	3.6	2.8	
粗灰分 (%)	開始時			1.1				
	中間時	1.4	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	
	終了時	1.1	1.2	1.1	1.3	1.3	1.2	
水分 (%)	開始時			61.0				
	中間時	68.7	62.8	62.7	66.4	64.6	62.1	
	終了時	66.1	65.5	62.9	64.6	66.4	66.6	
比肝重値*	開始時			1.2±0.2				
	中間時	1.1±0.1	1.2±0.2	1.3±0.2	1.0±0.2	1.0±0.2	1.2±0.1	
	終了時	1.3±0.2	1.4±0.1	1.5±0.3	1.2±0.1	1.2±0.3	1.1±0.2	

\*平均±標準偏差 (n=5)

## カンパチ用配合飼料の開発と漁場環境改善効果の予測

ンパク質含量区では大きな区間差はみられなかった。粗灰分含量は試験期間を通して全ての試験区でほとんど変化がみられなかった。比肝重値については、各試験区内でばらつきがみられたが、正常な値の範囲内であった。

### (4) 栄養成分のみかけの蓄積率

全魚体及び試験飼料の一般成分分析値から、飼育成績に基づきタンパク質、脂質、エネルギー及びリンのみかけの蓄積率を算出し、表29に示した。みか

けのタンパク質及びエネルギー蓄積率は、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともに試験飼料のエネルギー含量の増加に伴い上昇する傾向がみられたが、みかけのリン蓄積率は3区のみが他の試験区よりも高くなった。みかけの脂質蓄積率は、低タンパク質含量区でタンパク質と同様にエネルギー含量の増加に伴い上昇したが、高タンパク質含量区では5区で最も低い値となった。

表29 栄養成分のみかけの蓄積率

試験区	1	2	3	4	5	6
タンパク質 (%)	26.4	26.6	29.3	24.3	26.2	27.5
脂質 (%)	11.0	20.3	25.9	26.8	17.8	26.5
エネルギー (%)	24.3	27.1	31.4	28.9	27.1	31.6
リン (%)	16.3	15.7	25.2	15.1	16.4	16.2

### (5) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりでみると、窒素109.6g(3区)～148.2g(4区)、リン16.4g(3区)～25.4g(1区)となり、飼育成績が最も良好であった3区が最も少ない結果となった。そして、負荷量は低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともにエネルギー含量の増加に伴い減少する傾向がみられた。

## 4 考察

最大の成長が得られた試験飼料は粗タンパク質含量52%、粗脂肪含量17%及びエネルギー含量4,100kcal/kgの3区であり、試験期間中の乾物換算による日間摂餌率、日間成長率、飼料効率及びタンパク質効率についても最も高かった。また、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともに、試験飼料中のエネルギー含量が増加するにつれて成長が良くなり、タンパク質節約効果が認められた。脂質の添加により試験飼料中のタンパク質がどの程度節約されたかを知るために魚体が100g増重するために要した飼料タンパク質を算出したところ、1区から順に120、114、96、123、116及び103gであった。これらの数値からも優れた成長を示した3区で要

したタンパク質量は最も少なく、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともにエネルギー含量の増加に伴いタンパク質が節約されたことが分かった。日間成長率、飼料効率、タンパク質効率及びエネルギー効率は、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともに、試験飼料中のエネルギー含量の増加に伴い上昇し、3区で最大となった。これは、適量のタンパク質及び脂質を含む飼料を摂取した3区では、エネルギー源に脂質を効率良く利用できたためタンパク質の利用は比較的少なく、飼料中のタンパク質とエネルギーが魚体に効率良く蓄積し、その成長も優れていたものと考えられた。また、環境への負荷量について、低タンパク質含量区及び高タンパク質含量区ともに、試験飼料中のエネルギー含量の増加に伴い減少し、タンパク質節約効果が顕著に認められた3区で窒素の負荷量が最も少なくなり、最も負荷量が多かった4区に比べて26.1%低減できることが分かった。同様に、リンの負荷量も3区で最も少なくなり、最も負荷量が多かった1区に比べて35.5%低減されていた。

夏季至適C/P比把握試験に比べて今回の飼育成績、栄養成分のみかけの蓄積率及び環境への負荷

量は、区間差が小さくなる傾向がみられた。これは、水温の低下による摂餌活性の低下が大きな原因ではないかと考えられた。

以上のことから、カンパチ1才魚の秋季における最適なタンパク質、脂質及びエネルギー含量は、それぞれ52%、17%及び4,100kcal/kgであり、このと

きのC/P比は79であることが分かった。そして、この組成の飼料を給餌すれば、成長や飼料効率が優れているのみならず、飼料のタンパク質やエネルギーも魚体に効率良く蓄積され、環境への窒素及びリンの負荷量も著しく低減できることが明らかになった。

## VI 0才魚長期飼育試験

### 1 目的

カンパチ0才魚に対する魚粉半減飼料の栄養価を確かめるために、長期飼育試験を実施した。

### 2 方法

#### (1) 試験飼料

前年までに0才魚を用いた飼育試験で良好な成績が得られた試験飼料を基本として粒径5,7及び10mmの沈降性EPを成形し、0才魚での飼育試験を実施した。表30に示した2つの試験区を設け、1区で用いた飼料組成は表31に示した。なお、ビタミン及びミネラル混合物はこれまで実施した0才魚での飼育試験と同様のものを使用し、また生餌には総合ビタミン剤を規定量添加したものをを用いた。

表30 試験区の内訳

試験区	飼餌料の特徴	給餌方法
1区	27%魚粉EP	飽食、1日1回
2区	冷凍生餌(マアジ)	飽食、1日1回

表31 試験飼料の組成(%)

沿岸魚粉	27.0
大豆油粕	36.0
オキアミミール	5.0
小麦グルテン	10.0
レリジン	0.6
レメチオニン	0.4
魚油	15.0
ビタミン混合物	2.0
ミネラル混合物	2.0
小麦粉	2.0
計	100.0

両飼餌料の一般成分の分析値は表32に示したとおりで、粗タンパク質は2区が高く、粗脂肪及び粗

糖質は1区が高かった。また、粗灰分は両飼餌料で差はなかった。一般成分から算出したエネルギー含量はいずれも4,140kcal/kgと同等であったが、C/P比は79及び63と両試験区で差異が認められた。

表32 試験飼餌料の一般成分

	魚粉削減飼料 (φ5~10mm)	生餌 (冷凍マアジ)
粗タンパク質(%)	52.6	65.3
粗脂肪(%)	17.8	14.5
粗糖質(%)	12.4	1.6
粗灰分(%)	8.9	8.6
エネルギー (kcal/kg dry diet)	4,140	4,140
C/P ratio	79	63

#### (2) 供試魚及び飼育

供試魚として平成17年5月上旬に土佐湾で採捕された天然のカンパチ稚魚を試験開始まで市販のブリ類用配合飼料(N社製)で予備飼育したものをを用いた。飼育試験ではその中から選抜した平均体重136gのカンパチ0才魚を200尾ずつ3.2m角の小割網生簀2面に收容し、平成17年6月25日から12月9日までの168日間(給餌130日)飼育した。両試験区には週6日間を基本として、それぞれの飼餌料を1日1回午前中に飽食給与した。試験開始から2週間毎に淡水浴を実施しハダムシを駆除した。魚体測定及び淡水浴時には無給餌とし、死亡魚は見つけ次第取り上げて体重を測定した。

#### (3) 測定

試験開始から3週間毎に両試験区の全尾数を取り上げ総魚体重を測定し、また開始時、6週目、12週目、18週目及び終了時に両試験区から10尾ずつ抽出

## カンパチ用配合飼料の開発と漁場環境改善効果の予測

し、血液性状、血清成分、全魚体の一般成分を測定した。また、環境への窒素及びリンの負荷量を推定するため、使用した飼餌料、試験開始時及び終了時の魚体について全窒素及び全リンの分析を常法により行った。

### 3 結果

#### (1) 飼育成績

試験期間中の平均体重及び午前9時の表層水温の推移を図6に示した。試験期間中の水温は、8月中

旬の29.9℃を最高に漸次低下し12月には最低15.7℃まで低下した。試験期間中は12週目前後にノカルジア症が発生し両試験区で2週間ほど死亡魚が観察されたが、それ以外の期間は活発に摂餌し順調に成長した。開始時から中間時（12週目）までの平均体重は両試験区ではほぼ同等であったが、その後1区の成長は2区と比較して劣る傾向がみられ、水温の低下に伴い両試験区の平均体重の差は大きくなった。試験終了時の平均体重は、1区の1,053gに比べて2区は1,292gで、1区の成長がやや劣る結果となった。

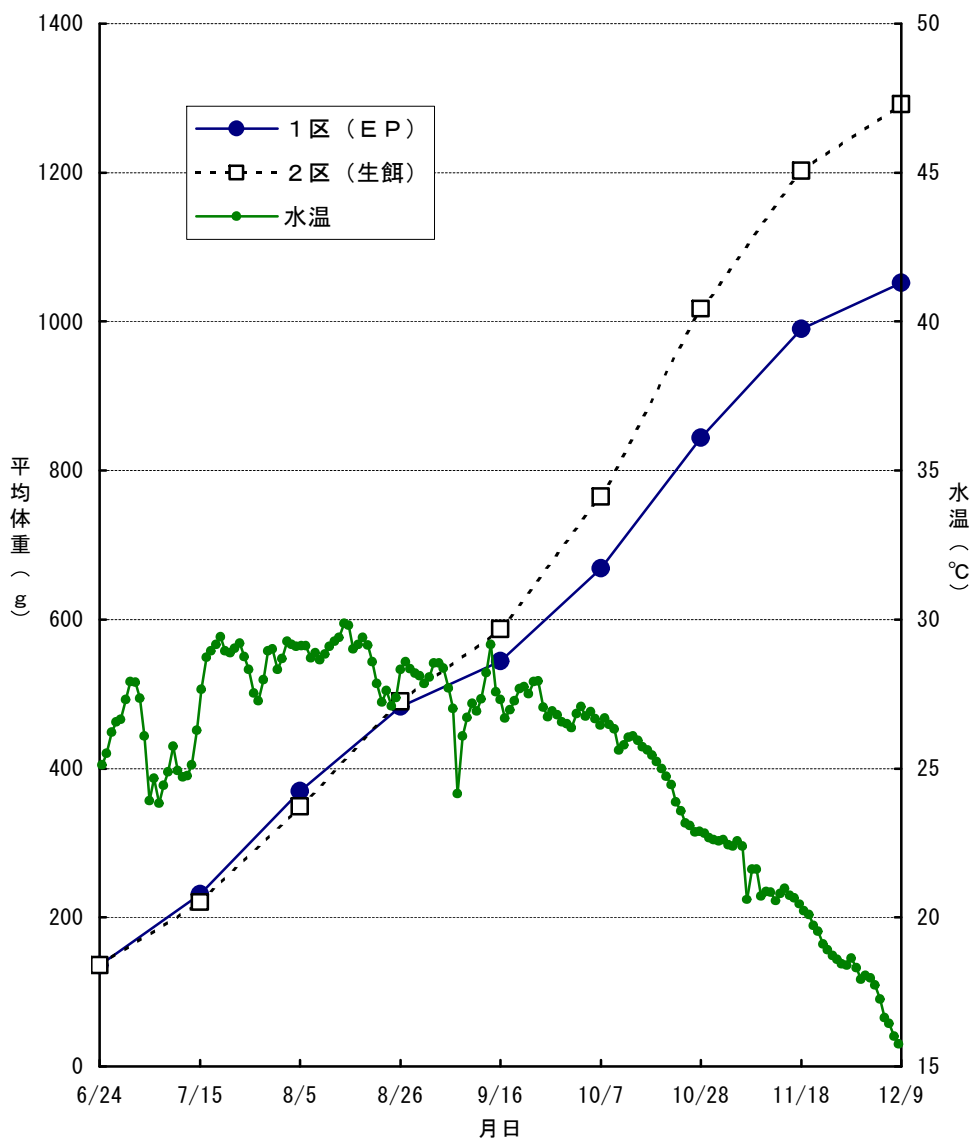


図6 平均体重の推移

表33 飼育成績

試験区		1	2
生残率 (%)	開始時	100.0	100.0
	3週目	99.6	99.6
	6週目	99.6	99.6
	9週目	98.8	97.1
	中間時	94.6	87.1
	15週目	80.8	82.1
	18週目	80.8	82.1
	21週目	80.8	82.1
	終了時	80.8	82.1
平均体重 (g)	開始時	136.0	135.9
	3週目	231.7	220.4
	6週目	370.0	349.4
	9週目	483.4	490.5
	中間時	544.2	587.5
	15週目	668.3	765.2
	18週目	843.6	1,016.8
	21週目	989.6	1,202.5
	終了時	1,052.5	1,291.8
飼料効率 (%)	開始時		
	3週目	98.6	89.6
	6週目	93.4	112.9
	9週目	86.3	88.6
	中間時	75.7	75.6
	15週目	71.9	72.0
	18週目	74.0	78.0
	21週目	74.3	74.9
	終了時	73.1	73.7
日間摂餌率 (%)	開始時		
	3週目	2.51	2.52
	6週目	2.35	1.85
	9週目	2.08	2.05
	中間時	1.92	2.03
	15週目	1.82	1.86
	18週目	1.53	1.50
	21週目	1.35	1.38
	終了時	1.21	1.24
日間成長率 (%)	開始時		
	3週目	2.48	2.26
	6週目	2.20	2.10
	9週目	1.78	1.80
	中間時	1.43	1.49
	15週目	1.26	1.33
	18週目	1.15	1.21
	21週目	1.03	1.08
	終了時	0.92	0.96
タンパク質効率	開始時		
	3週目	1.89	1.37
	6週目	1.79	1.73
	9週目	1.65	1.36
	中間時	1.44	1.16
	15週目	1.37	1.10
	18週目	1.41	1.20
	21週目	1.42	1.15
	終了時	1.39	1.13
エネルギー効率 (%)	開始時		
	3週目	25.01	21.64
	6週目	23.67	27.27
	9週目	21.89	21.41
	中間時	18.80	18.26
	15週目	17.66	17.39
	18週目	18.04	18.85
	21週目	18.04	18.10
	終了時	17.66	17.80
N負荷量 (Ng/kg)		83.8	110.7
P負荷量 (Pg/kg)		15.4	27.0

表33にその時点までの通算の飼育成績を示した。試験期間中はノカルジア症以外の魚病の発生はみられず、順調に推移していった。このノカルジア症による死亡は1区で46尾、2区で43尾であり、生残率は同等であった。摂餌活性は両試験区とも水温低下に伴い鈍化し、10月下旬より給餌頻度を週5日としたため、21週目以降は成長の鈍化がみられた。両試験区の乾物換算による飼育成績を比較すると、タンパク質効率は1区がやや高かったが、飼料効率、日間成長率及びエネルギー効率は同等であった。しかし、試験期間を通した総給餌量は2区と比べて1区で若干少なくなっており、これが終了時における平均体重の差につながったものと考えられた。

## (2) 血液性状及び血清成分

試験開始時、中間時及び終了時の血液性状を表34に、また、血清成分を表35に示した。血液性状について有意な差はみられず、全て正常な値の範囲内であった。血清成分では、いずれの項目においても開始時より増加する傾向がみられた。また、中間時には総タンパク質含量が、終了時にはトリグリセリド含量が1区に比べて2区が有意に増加したが、いずれも正常な値の範囲内であった。

表34 血液性状

試験区		1	2
HCT (%)	開始時	48.7±5.1	
	中間時	56.0±7.2	57.7±8.6
	終了時	58.0±9.2	64.8±1.7
HGB (g/dl)	開始時	16.4±1.8	
	中間時	17.6±0.6	18.0±1.4
	終了時	18.3±2.6	20.2±0.7
RBC (10 <sup>4</sup> /μl)	開始時	347±38	
	中間時	341±43	390±36
	終了時	365±53	416±20
平均±標準偏差 (n=5)			

表35 血清成分

試験区		1	2
総タンパク質 (g/dl)	開始時	3.6±0.3	
	中間時	4.0±0.2	4.5±0.2
	終了時	4.1±0.6	4.2±0.2
総コレステロール (mg/dl)	開始時	252±18	
	中間時	270±15	327±67
	終了時	357±95	276±26
グルコース (mg/dl)	開始時	77±16	
	中間時	137±10	142±12
	終了時	98±23	97±4
アルブミン (g/dl)	開始時	0.9±0.5	
	中間時	1.2±0.1	1.3±0.1
	終了時	1.2±0.1	1.3±0.1
トリグリセリド (mg/dl)	開始時	83±49	
	中間時	102±53	86±40
	終了時	101±24	182±63

平均±標準偏差 (n=5)

### (3) 魚体成分

試験開始時、中間時及び終了時の全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値を表36に示した。全魚体の一般成分は、両試験区において水温の低下に伴い粗脂肪含量が増加する傾向がみられたが、いずれの成分においても両試験区間に大きな差は認められなかった。肝臓の一般成分についてみると、中間時に1区の粗脂肪含量が2区と比べて増加し、水分含量が減少したが、その他の項目の成分含量に大きな差はみられなかった。終了時にはそれ以前と比べて両試験区とも粗脂肪含量が増加していたが、両試験区間では類似した値が得られた。比肝重値は試験期間中を通して2区よりも1区が若干高かったが、有意な区間差はみられなかった。

### (4) 栄養成分のみかけの蓄積率

全魚体及び試験飼料の一般成分分析値から、飼育成績に基づきタンパク質、脂質、エネルギー及びリンのみかけの蓄積率を算出し、表37に示した。2区と比べて1区は、タンパク質及びリンの蓄積率は高く、脂質の蓄積率は低くなる傾向がみられた。また、エネルギーの蓄積率は両試験区に大きな区間差はみられなかった。

### (5) 窒素、リンの負荷量

環境への負荷量は、増重量1kg当たりでみると、窒素83.8g(1区)~110.7g(2区)、リン15.4g(1区)~27.0g(2区)となり、2区と比べて1区では窒素及びリンの負荷量が減少する傾向がみられた。

表36 全魚体と肝臓の一般成分及び比肝重値

試験区		単位: %		
		1	2	
全魚体	水分	開始時	72.6	
		中間時	68.0	69.6
		終了時	65.8	63.0
	粗タンパク質	開始時	19.7	
		中間時	19.3	19.2
		終了時	19.5	19.4
粗脂肪	開始時	5.3		
	中間時	8.4	8.0	
	終了時	11.9	13.6	
粗灰分	開始時	3.4		
	中間時	3.4	2.2	
	終了時	3.1	2.7	
肝臓	水分	開始時	73.6	
		中間時	59.2	71.0
		終了時	55.2	55.2
	粗タンパク質	開始時	15.3	
		中間時	11.4	14.2
		終了時	11.2	11.3
粗脂肪	開始時	6.3		
	中間時	25.9	11.5	
	終了時	27.6	27.5	
粗灰分	開始時	1.4		
	中間時	1.0	1.3	
	終了時	1.1	1.0	
グリコーゲン	開始時	1.3		
	中間時	1.8	1.8	
	終了時	2.2	2.5	
比肝重値*	開始時	1.3±0.5		
	中間時	1.4±0.1	1.2±0.1	
	終了時	1.8±0.3	1.6±0.3	

\*平均±標準偏差 (n=5)

表37 栄養成分のみかけの蓄積率

試験区	1	2
タンパク質 (%)	27.0	21.8
脂質 (%)	53.9	75.7
エネルギー (%)	41.2	44.3
リン (%)	29.3	17.5

## 4 考察

1区に用いた魚粉半減飼料では、飼料効率等の飼育成績が2区に用いた冷凍アジと同等であり、さらに、タンパク質効率では1区が2区を上回る結果が得られた。日間摂餌率では試験期間を通して両試験区で差はみられなかったが、総摂餌量は1区より2区で若干多くなる傾向がみられた。血液性状、血清成分ならびに全魚体及び肝臓の一般成分についても両試験区間ではほぼ類似した値を示し、いずれの項目においても正常な範囲内であった。エネルギーの蓄積率は両試験区で大きな差はみられなかったが、2区と比べて1区におけるタンパク質の蓄積率は高く、脂質の蓄積率は低くなる傾向がみられたこ

とから、1区では摂取した脂質の多くがエネルギーとして利用され、タンパク質は2区よりも効率良く蓄積されたものと考えられた。これらの結果から、今回使用した魚粉半減飼料は嗜好性に課題がみられたものの、生餌給餌に匹敵する成長と飼育成績の得られることが明らかとなった。この魚粉半減飼料は魚粉配合量を市販配合飼料の約半分に削減し、その削減された魚粉に相当するタンパク質源を大豆油粕で代替している。このため、魚粉に多く含まれている摂餌活性化成分の含量が市販配合飼料と比べて少なく、摂餌量の低下につながっているものと考えられる。今回の飼育試験では前述のように生餌給餌と同等の飼育成績が得られており、魚粉半減飼料の摂餌性を生餌に近づけることで生餌給餌での成長及び飼育成績を上回る可能性が示唆された。

試験開始後12週目前後の高水温及びノカルジア症発生時期には両試験区とも日間摂餌率が若干低下し、成長が鈍化する傾向がみられた。その影響による死亡魚の推移や終了時における生残率は両試験区間で類似していたことから、両試験区の供試魚の生理状態は同等であったと考えられた。

環境への窒素及びリンの負荷量は、2区と比べて1区で少なくなる傾向がみられ、成長及び飼育成績では同等であったにもかかわらず、2区と比べて1区では窒素の負荷量を24.3%、リンの負荷量は42.9%も低減することができた。1区ではタンパク質の蓄積率が高かったことから、摂餌した飼料中の窒素排出量が減少し、2区よりも窒素の負荷量を少なくすることができ、また、生餌には骨及び鱗由来のリンが多く含まれているが、1区に用いた魚粉半減飼料はリン含量の高い魚粉を削減しているため、生餌よりもリンの負荷量が少なくできたと考えられた。このことから、魚粉配合量を削減した配合飼料は、生餌よりも養魚環境中への負荷量を大幅に低減させる効果のあることが明らかとなった。

今回、2区に用いた生餌は試験期間全体で約1,000kgを給餌したが、1区の魚粉半減飼料は約250kgと生餌の1/4の重量であった。しかも、水分含量の少ない配合飼料は冷暗所で保存可能であるが、生餌には冷凍庫及び広大なスペースが必要であり、さらに、粉碎処理と給餌作業に伴う労力も増加する。近

年養殖業においては高齢化が進み、このような労力を軽減することは必要不可欠となっており、今回用いた魚粉半減飼料は生餌と比べて成長面では同等、環境面及び省力面では優れていると考えられた。そして、今後は摂餌促進物質の添加等により摂餌性が改善されれば、生餌以上のカンパチ用配合飼料となる可能性が示唆された。