

# 低水温期のブリの飼育成績およびタンパク質消化性に及ぼす飼料へのオキアミエキスおよびオキアミミールの添加効果

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	佐藤, 公一
発行元	水産増殖談話会
巻/号	51巻1号
掲載ページ	p. 93-99
発行年月	2003年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 低水温期のブリの飼育成績およびタンパク質消化性に 及ぼす飼料へのオキアミエキス およびオキアミミールの添加効果

佐藤公一

(2002年12月25日受理)

### Effects of Supplement with Krill Extract and Krill Meal to Diet on the Growth Performance and Protein Digestibility of Yellowtail during Low Water Temperature

Koh-ichi SATOH\*

**Abstract:** Two feeding trials were conducted to examine the effects of supplement with krill extract (KE) and krill meal (KM) to formula feed on the growth performance and protein digestibility of yellowtail, *Seriola quinqueradiata* during low temperature season.

Generally, the daily growth rates in fish fed KE and KM supplemented diets were 1.10-1.15 and 1.15 times respectively higher than in fish fed unsupplemented diet, while the feed efficiencies in fish fed these supplemented diets were 1.07-1.09 and 1.23 times respectively higher than in fish fed the unsupplemented diet. However, there were not any differences in daily feeding rate. Apparent protein digestibilities of KE and KM supplemented diets were higher than unsupplemented diet in yellowtail. The activity of trypsin from pyloric caeca was markedly higher in fish fed KE supplemented diet, during 2 to 12 hours after feeding.

These results indicate that the supplement with KE and KM to diet might enhance the digestion of feed, and improve the growth and feed efficiency of yellowtail during periods of low temperature.

**Key words:** Yellowtail; Growth performance; Krill extract; Krill meal

著者らは、ブリ養殖における配合飼料の利用性向上を目的として、配合飼料を給与した時のブリの飼育成績や消化の問題点、またそれらの改善について検討している。これまでに、ブリへの配合飼料の給与は生餌主体の餌料のそれと比較して、低水温期に成長や飼料効率が劣ること<sup>1-4)</sup>、その理由として水温の低下に伴い配合飼料の摂餌量<sup>4)</sup>やタンパク質消化率<sup>5)</sup>が低下すること、その改善方法の一つとして、魚粉へ酵素処理を施すことにより飼料のタンパク質消化性が改善されブリの成長や飼料効率が向上すること<sup>6)</sup>を報告した。

養殖魚の摂餌に関して、摂餌促進の効果を有する原料あるいは合成フレーバーを飼料に添加することにより、飼料の嗜好性が改善され成長や飼料効率が向上することが多くの魚種で報告されている<sup>7-16)</sup>。また、

Takiiら<sup>17,18)</sup>は摂餌促進物質の添加効果を詳細に検討し、その添加は摂餌活性を増大させるばかりでなく、摂取した栄養素の消化吸收を促進させるとともに、肝臓の代謝酵素活性を高めて吸収された栄養素を効率よく利用させることを報告している。

オキアミエキスやオキアミミールは摂餌促進効果を有する原料として市販飼料によく用いられている<sup>12)</sup>が、それらの添加効果に関する知見は少ない<sup>8,12,19)</sup>。そこで本研究では、低水温期のブリ飼料におけるこれらの添加効果について、飼育成績、タンパク質消化率および消化酵素活性の食後変動から検討した。

#### 材料および方法

供試オキアミエキスおよびオキアミミール 試験に

\*1 大分県海洋水産研究センター (Oita Institute of Marine and Fisheries Science, Kamiura, Oita, 879-2602, Japan).

用いたオキアミエキス (KE) とオキアミミール (KM) の一般成分および遊離アミノ酸 (FAA) 組成を Table 1 に示した。KE には、濃縮液タイプ (エキス A: 林兼産業社製) と自己融解液タイプ (エキス B: 林兼産業社製) の 2 種を用いた。FAA 量は KE に多く、特に濃縮液タイプのエキス A のそれは総量の 14% を占めていた。FAA 組成は、共通してアルギニン、グリシン、プロリン、タウリンが多く、他にエキス A ではアラニン、エキス B ではアラニンとグルタミン酸、KM ではリジンが多かった。

供試飼料 沿岸魚粉を主体としたエクストルーダー飼料 (EP) に KE および KM を添加した 6 種の試験飼料を作製し、ブリ、*Seriola quinqueradiata* の飼育試験を 2 回行い、それぞれを試験 1 および 2 とした (Table 2)。

試験 1 では、魚粉量 65% の EP を対照飼料 (飼料: Cont-1) として、それに給餌直前にエキス A を 3% 外添 (飼料: KE-1)、およびエキス B を 3% 外添 (飼料: KE-2) した 2 種の KE 添加飼料を作製した。また、別に魚粉量 55% および KM 量 10% の KM 添加飼料 (飼料: KM) を作製した。各飼料にはタンパク質消化率を求める目的で酸化クロムを 0.5% 配合した。なお、対照飼料および KM 飼料は 2 軸小型エクストルーダーにより作製した。

試験 2 では、2 軸大型エクストルーダーにより作製された市販のブリ育成用 EP (S 社製) を対照飼料 (Cont-2) として、それに給餌直前に KE (エキス B) を、1.5% (KE-3)、3% (KE-4) および 5% (KE-5) 外添した 3 種の試験飼料を作製した。なお、対照飼料には KM や KE が使用されていないことを確認した。またイカナゴミンチを 75、タラ肝油を 5、市販ハマチ用粉末飼料を 20 の割合で混合、造粒したモイストペレット (OMP) も作製した。

常法<sup>3,6)</sup>により分析した飼料の一般成分は、試験 1 の各飼料の水分量が通常の EP よりかなり多かったが、各試験における供試飼料間の一般成分は OMP を除き類似していた (Table 2)。

飼育 飼育試験は大分県上浦町地先の海面小割生簀 (3 × 3 × 3 m) において行った。試験 1 および 2 の飼育条件について Table 3 に示した。

試験 1 では、生簀 4 面に平均体重 629 - 645 g のブリ 0 才魚を 100 尾ずつ収容し、飼料 Cont-1、KE-1、KE-2 および KM を給与して 1 月 7 日から 4 月 6 日まで 91 日間飼育した。給餌は 3 日/週の頻度で 1 回/日午前中に飽食まで行った。飼育期間中の水温は 12.5 - 16.1 (平均: 14.0) であった。

試験 2 では、生簀 5 面に平均体重 547 - 558 g のブリ 0 才魚を 100 尾ずつ収容し、飼料 Cont-2、KE-3 ~ 5

および OMP による 97 日間 (10 月 18 日 - 1 月 22 日) の飼育を行った。給餌は 5 - 6 日/週の頻度で 1 回/日午前中に飽食まで行った。飼育期間中の水温は 14.5 - 22.0 (平均: 18.5) であった。

各試験とも、開始時および終了時に総重量を測定して、増重率、日間増重率 (DGR)、日間給餌率 (DFR)、飼料効率 (FE) およびタンパク質効率 (PER) を求めた。

タンパク質消化率 試験 1 の飼育期間中および飼育終了後に、飼料 Cont-1、KE-1、KE-2 および KM のみかけのタンパク質消化率 (APD) を測定した (Table 4)。

すなわち、飼育期間中の測定 (Test 1) では飼料 Cont-1、KE-1 および KE-2 について、飼育試験と別の魚を供試飼料に約 2 週間馴致したのち、供試飼料を飽食給与して給餌 12 および 24 時間後に各魚群から 5 - 6 尾ずつ取り上げ、腹部圧迫法により糞を採取した。飼育終了後の測定 (Test 2) では飼料 Cont-1、KE-2 および KM について飼育終了後の魚を用い、同様に給餌後 2 回糞を採取した。各々採取された糞はプールして、酸化クロム量を古川・塚原<sup>20)</sup>の方法により、粗タンパク質量を Kjeldahl 法により分析し、タンパク質・酸化クロム比から APD を算出した。

Table 1. Proximate and free amino acid compositions of experimental krill extracts and krill meal

	Krill extract-A* <sup>1</sup>	Krill extract-B* <sup>2</sup>	Krill meal
Proximate composition (%)			
Moisture	47.3	67.4	8.6
Crude protein	36.2	11.9	62.3
Crude lipid	1.0	1.7	12.1
Crude ash	13.6	18.4	10.5
Free amino acid composition (mg/100g)			
Arginine	1499	701	227
Histidine	542	158	5
Isoleucine	747	277	8
Leucine	964	303	103
Lysine	291	343	488
Methionine	463	182	4
Cystine	10	76	2
Phenylalanine	657	318	18
Tyrosine	651	202	6
Threonine	568	344	21
Valine	889	417	8
Alanine	1278	528	33
Aspartic acid	835	282	5
Glutamic acid	109	495	8
Glycine	1151	496	67
Proline	1039	426	160
Serine	645	269	7
Taurine	1625	605	97
Total	13965	6421	1266

\*<sup>1</sup> Concentrated liquid type.

\*<sup>2</sup> Self-digestion liquid type.

**Table 2.** Composition and nutrient content of experimental diets

Diet:	Experiment 1				Experiment 2				
	Cont-1	KE-1	KE-2	KM	Cont-2	KE-3	KE-4	KE-5	OMP
Ingredients (%)									
Brown fish meal	65	65	65	55					
Krill meal <sup>*1</sup>				10					
Pollack liver oil	14	35	35	35					
Potato starch	5								
Wheat flour	10.48								
Mineral mixture <sup>*2</sup>	2								
Vitamin mixture <sup>*2</sup>	3								
APM <sup>*3</sup>	0.02								
Chromium oxide	0.5								
Commercial EP <sup>*4</sup>					100	100	100	100	
-----									
Krill extract-A <sup>*1</sup>		3							
Krill extract-B <sup>*1</sup>			3		0	1.5	3	5	
Sand lance mince									75
Commercial mash									20
Pollack liver oil	3	3	3	3					5
Vitamin mixture									0.5
Proximate composition (%)									
Moisture	20.5	21.9	21.3	21.5	8.5	9.5	10.3	11.4	52.7
<i>Dry matter basis</i>									
Crude protein	50.1	49.9	50.5	48.0	49.4	49.4	49.3	49.2	51.1
Crude lipid	19.8	19.7	19.4	21.8	24.5	24.5	24.4	24.2	33.9
Crude sugar <sup>*5</sup>	15.7	15.8	15.8	16.3	15.1	15.0	14.9	14.9	5.1
Crude ash	11.4	11.6	11.3	11.3	10.3	10.6	10.8	11.2	9.1

<sup>\*1</sup> Details are shown in Table 1.

<sup>\*2</sup> Same as a previous paper<sup>3)</sup>.

<sup>\*3</sup> Mg-ascorbyl-2-phosphate.

<sup>\*4</sup> Commercial extruded pellet for yellowtail (fish meal content 60%).

<sup>\*5</sup> Carbohydrate hydrolyzed with boiling in 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 4 h.

**Table 3.** Conditions for the feeding experiments with yellowtail

	Experiment 1	Experiment 2
Experimental diet	Cont-1, KE-1, KE-2 and KM	Cont-2, KE-3 ~ 5 and OMP
Diet type	EP <sup>*1</sup>	EP <sup>*2</sup> and moist pellet
Initial weight (g)	629-645	547-558
Density (fish/cage)	100	100
Rearing period	Jan.7-Apr.6	Oct.18-Jan.22
Rearing days	91	97
Feeding days <sup>*3</sup>	38	66
Water temperature ( )	12.5-16.1	14.5-22.0
(average)	(14.0)	(18.5)

<sup>\*1</sup> Extruded pellet made by small type twin screw extruder.

<sup>\*2</sup> Commercial extruded pellet made by large type twin screw extruder.

<sup>\*3</sup> Fish were fed to near satiation once a day in net cages (3 × 3 × 3m).

消化酵素活性の食後変動 試験2の飼育終了後、飼料 Cont-2, KE-4 および KE-5 を給与したのち、胃の pepsin および幽門垂の trypsin 活性の食後変動を測定した。すなわち、3日間絶食した供試魚に各飼料を飽食量給与し、給餌0, 2, 6, 12, 24および48時間後に

**Table 4.** Conditions for the protein digestibility test in yellowtail

	Test 1	Test 2
Test diet	Cont-1, KE-1 and KE-2	Cont-1, KE-2 and KM
Average body weight (g)	600	760
Stocking density <sup>*</sup>	50	100
Tested date	Feb.7-8	Apr.10-11
Sampling (hours after feeding)	12 and 24	
Av. water temperature ( )	13.9	15.0

<sup>\*</sup> Numbers of fish/net cage.

各魚群から5尾ずつ取り上げ、食塊を含んだまま胃および幽門垂を採取した。試験は1月末に行い、その時の水温は14.6 - 15.4 であった。

酵素活性は、食塊中の消化酵素はその臓器から産出されたものと想定し、食塊を含んだ臓器全体の活性を測定して、臓器(含食塊)重量・魚体重比から μmol/min/100gBW<sup>13,14,17)</sup> で表現した。すなわち、食塊を含む臓器を冷蒸留水とともにホモゲナイズし、遠心分離(10,000 × g · 15分間 · 4 )により得た上澄

**Table 5.** Growth performance and feed utilization in yellowtail

Diet	Average body weight (g)		Growth rate (%)	DGR <sup>*1</sup> (%/day)	DFR <sup>*1,2</sup> (%/day)	FE <sup>*1,2</sup> (%)	PER <sup>*1</sup>	Mortality (%)
	Initial	Final						
Experiment 1								
Cont-1	633	739	16.8	0.17	0.59	28.7	0.57	0
KE-1	629	747	18.8	0.19	0.61	30.8	0.63	0
KE-2	639	764	19.6	0.20	0.62	31.4	0.63	0
KM	645	777	20.5	0.20	0.58	35.4	0.74	0
Experiment 2								
Cont-2	556	763	37.3	0.32	0.96	33.7	0.68	0
KE-3	547	761	39.2	0.34	0.98	34.2	0.69	1.0
KE-4	558	777	39.4	0.34	1.01	33.7	0.68	0
KE-5	551	782	42.0	0.36	0.97	36.5	0.74	2.0
OMP	550	839	52.5	0.43	1.18	36.5	0.71	0

<sup>\*1</sup> DGR, daily growth rate; DFR, daily feeding rate; FE, feed efficiency; PER, protein efficiency ratio.

<sup>\*2</sup> On a dry matter basis.

を粗酵素液として、Casein-Folin 法<sup>21)</sup>で酵素活性を測定した。なお、pepsin 活性は pH 2.5 の 0.05 M クエン酸緩衝液、trypsin 活性は pH 9.5 の 0.05 M アンモニウム塩緩衝液を用い、反応温度はいずれも 30 °C で測定した。

統計検定 各測定値について、Duncan<sup>22)</sup>の多重比較解析により有意差の検定を行った。

## 結 果

飼育結果 試験 1 および 2 の飼育成績を Table 5 に示す。全区の斃死率は 2% 以下と低く、飼料に起因すると思われる斃死は観察されなかった。

試験 1 では、越冬期の飼育のため全体に成長は低調であったが、飼育終了時の平均体重や増重率は Cont-1 区と比べ KE-1,2 区および KM 区がいずれも高く、KE や KM 添加区の成長が優れていた。FE (乾物換算値) や PER でも同様に KE や KM 添加区の成績が優れ、特に KM 区のそれらは Cont-1 区と比べ高かった。

試験 2 では、飼育終了時の平均体重や増重率に示されたとおり、Cont-2 区と比較して KE 添加区 (KE-3 ~ 5 区) の成長はいずれも優れ、また KE の添加量が増すにつれ Cont-2 区との差が大きくなる傾向がみられた。FE や PER では KE 添加量の最も多い KE-5 (5% 添加) 区のそれらが Cont-2 区と比べ高かった。一方 OMP 区は、FE や PER は KE-5 区とほぼ同等の値であったが、飼育終了時の平均体重や増重率に示されたとおり、成長が他の区に比較して著しく高かった。

試験 1 と 2 を通じて KE および KM 添加区の摂餌は、いずれも飼育開始後 1 - 2 週間程度は対照区よりやや活発であったが、その後差がみられなくなり、飼育期間中を通した DFR (乾物換算値) に対照区との差は認められなかった。一方、OMP 区の摂餌は終始

**Table 6.** Apparent protein digestibility (APD) measured with indirect method using with chromium oxide as an indicator<sup>\*1</sup>

Diet	APD (%)	
	Test 1	Test 2
Cont-1	79.3 ± 0.6 <sup>*2</sup>	82.0 ± 1.0
KE-1	81.0 ± 0.5	NT
KE-2	81.1 ± 1.7	82.2 ± 2.4
KM	NT <sup>*3</sup>	84.0 ± 1.4

<sup>\*1</sup> Feces were collected by pressing the belly region to strip.

<sup>\*2</sup> Mean ± SD (n=2).

<sup>\*3</sup> Not tested.

活発で、その DFR は他の区に比較して著しく高かった (Table 5)。

タンパク質消化率 各測定においてそれぞれに給餌後 2 回糞を採取し APD を求めたが、採取時間による APD 値の差異は小さかったので、各飼料の APD 値を平均値 ± 標準偏差 (n=2) として Table 6 に示した。いずれも有意な差ではなかったが、Test 1 では Cont-1 に比較して KE-1 や KE-2 の APD 値がやや高く、Test 2 では KM の同値が Cont-1 のそれよりやや高かった。

消化酵素活性の食後変動 供試飼料給与後のプリの pepsin および trypsin 活性の食後変動を Fig. 1 に示す。Pepsin 活性は摂餌後やや低下する傾向があるものの大きな変動なく推移した。一方、trypsin 活性は食後著しく上昇し、その後摂餌前の状態にまでゆるやかに低下する大きな食後変動がみられた。飼料間の比較では、Cont-2 給与区に比べて KE-5 給与区の trypsin 活性は給餌 2 - 12 時間後にかけて高く、特に 2 および 12 時間後の活性は有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。また KE-4 給与区でも給餌 2 時間後の trypsin 活性が Cont-2 給与区のそれに比べ有意 ( $p < 0.05$ ) に高く、6 時間

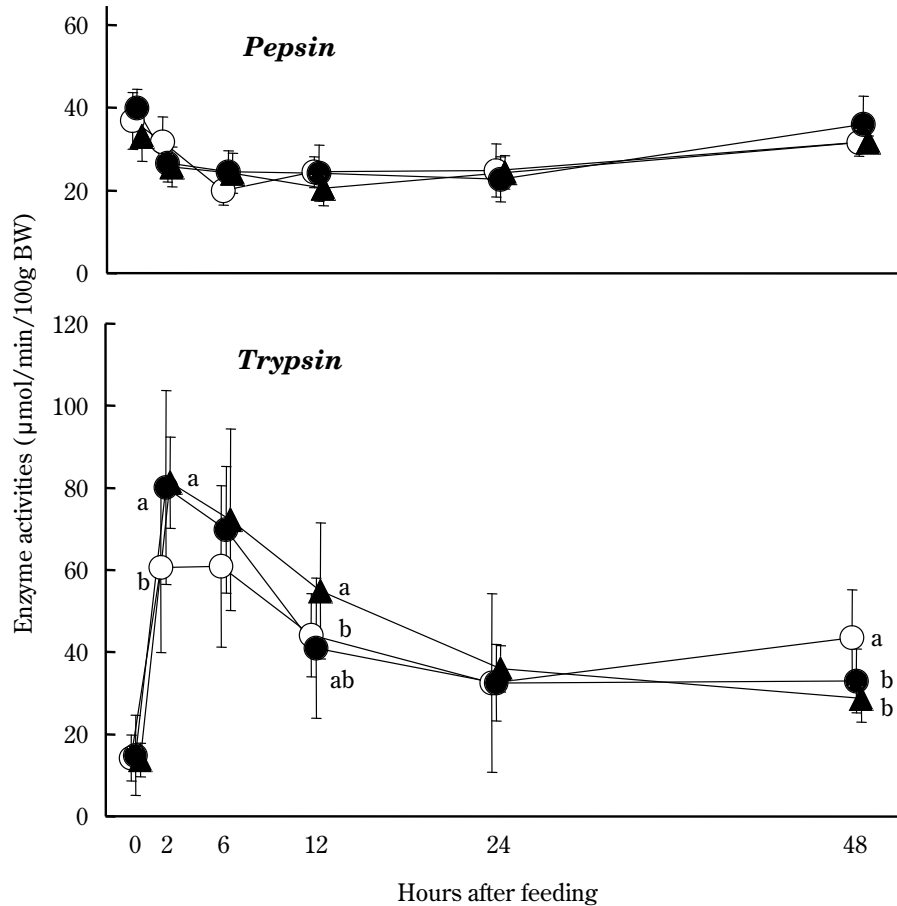


Fig. 1. Changes of activities of pepsin from stomach and trypsin from pyloric caeca (mean  $\pm$  SD) in yellowtail fed krill extract supplemented diet (○, KE-4; ●, KE-5) or unsupplemented diet (○, Cont-2) after feeding in the experiment 2. Figures with different marks at the specific time indicate significant difference from each other ( $p < 0.05$ ).

後もやや高かった。なお、今回用いた KE 自体の保有するプロテアーゼ活性は酸性域 (pH2.5) で  $0.8 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ 、アルカリ性域 (pH9.5) で  $1.3 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  であったので、今回の pepsin および trypsin 活性測定値に及ぼす KE 由来の酵素活性の影響は小さいと考えられる。

### 考 察

今回、飼料への KE および KM の添加効果について、低水温期にブリの飼育試験を行いその飼育成績を無添加飼料と比較した。試験 1 および 2 の飼育成績から DGR, FE および DFR について、無添加対照区の成績を 100 として、KE や KM 添加区のそれぞれの相対値を Fig. 2 にまとめた。

試験 1 では、対照区と比較して KE および KM 添加区の成績は、DGR でそれぞれ対照区の 111 - 115% および 115%, FE でも同様に 107 - 109% および 123% と優れていた。試験 2 でも、KE 添加量の多い KE-5 区の DGR および FE はそれぞれ対照区の 110% および 108%

と優れ、成長と飼料効率の両面から KE や KM の添加効果が認められた。Takii ら<sup>13,17)</sup> および滝井ら<sup>14)</sup> は、摂餌促進物質を飼料へ添加すると消化酵素の分泌が増大し、飼料の消化吸収が促進されることを報告している。本研究においても、KE 添加区の trypsin 活性が摂餌 2 - 12 時間後の間対照区より有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった (Fig. 1)。また有意の差はなかったものの KE や KM 添加飼料の APD はそれぞれ対照飼料より高い傾向を示した (Table 6)。今回の KE や KM 添加区の成長や飼料効率が対照区より優れていた理由として、既報<sup>13,14,17)</sup> と同様に、これらの添加によりブリの消化活性が増大し飼料の消化吸収が促進されたことが考えられる。

一方、試験 2 における OMP 区の成績は、FE では KE-5 区と同等であったが、DGR は他の区に比較して著しく優れていた。これは、OMP 区の DFR が他の区より著しく高く、この摂餌量の差が成長に反映したものと思われる。

Fig. 2 に示すとおり、KE や KM 添加区の DFR は対照区と比較して差異がみられず、これらの添加によ

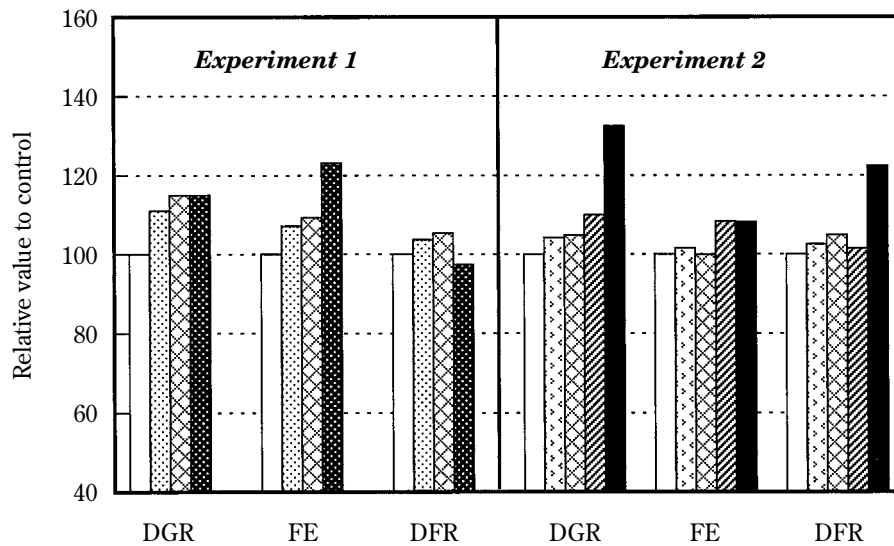


Fig. 2. Relative values of daily growth rate (DGR), feed efficiency (FE), and daily feeding rate (DFR) in the fish fed experimental diets. The values of the experimental groups were compared to the controls. The bars represent the value of □, Cont-1; ▤, KE-1; ▥, KE-2; ▧, KM; □, Cont-2; ▨, KE-3; ▩, KE-4; ▪, KE-5; and ■, OMP.

る摂餌量の増加効果は認められなかった。これまでの摂餌促進物質の添加効果に関する報告でも、タンパク質源にカゼインや代替タンパク質源を多く配合し摂餌性が悪い飼料の場合では摂餌量の増加がみられている<sup>9-11,14</sup>が、本研究のように魚粉主体の飼料を用いた場合には摂餌量の増加が認められていない<sup>7,12</sup>。一方、飼育期間が21 - 43日間と比較的短い飼育試験においては、魚粉飼料でも摂餌促進物質添加による摂餌量の増加効果が報告<sup>13,15,16</sup>されている。本研究でも試験開始から1 - 2週間程度は各添加区の摂餌性が対照区より比較的高かったが、82 - 118日間の長期飼育ではその差異は認められなくなった。魚粉飼料へ摂餌促進物質を添加した場合には、摂餌量の増加効果がみられるのは短期に限られるように思われる。

先に著者らは、ブリ用配合飼料について低水温期の摂餌性やタンパク質消化性に改善の余地が残されていることを報告<sup>4,5</sup>した。今回、KEやKMを配合飼料に添加することにより成長や飼料効率が改善されることが明らかとなったが、その添加効果は摂餌性よりもむしろ消化性の改善にあることが推察された。今後、低水温期におけるブリ用配合飼料の摂餌性改善について、摂餌促進原料のより優れた使用方法を探るとともに、飼料の物性や形状からの検討も加えていきたい。

## 要 約

低水温期のブリにおけるオキアミエキス (KE) やオキアミミール (KM) の飼料への添加効果について、

飼育試験における成長や飼料効率、タンパク質消化率 (APD) および消化酵素活性の食後変動から検討した。

KEおよびKM添加飼料区の成績は、無添加の対照飼料区の成績を100としたときに、日間増重率ではそれぞれ110 - 115%および115%、飼料効率では107 - 109%および123%で成長と飼料効率の両面で優れていた。KEやKM添加飼料のAPDはそれぞれ対照飼料のそれより高かった。また消化酵素活性の食後変動では、KE添加区のtrypsin活性が摂餌2 - 12時間後の間対照区より有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。一方、日間給餌率はKEやKM添加区と対照区に差異がなかった。

これらの結果から、低水温期のブリ飼料にKEやKMを添加すると、成長や飼料効率が改善され、その添加効果は摂餌性よりもむしろ消化性の改善にあることが推察された。

## 謝 辞

本研究は水産庁高品質配合飼料開発事業により行い、試験の実施にあたっては大分県海洋水産研究センターの多数の職員に協力を願った。記して関係各位にお礼申し上げる。

## 文 献

- 1) 佐藤公一 (1996): 養殖ブリ0才魚におけるエクストルーダ処理固形配合飼料の実用性. 大分県水試調報, 16, 10-18.

- 2) 佐藤公一・真田康広 (1997): ブリ1才魚におけるエクストルーダ処理固形配合飼料および生餌の飼料特性. 大分海水研調研報, 1, 7-10.
- 3) 佐藤公一・真田康広 (1999): 低水温期のブリにおける粉末飼料単独および生餌主体モイストペレットの成長, 飼料効率とタンパク質消化性. 水産増殖, 47(2), 283-288.
- 4) 佐藤公一 (2001): 低水温期のブリ当歳魚におけるエクストルーダ処理固形配合飼料と生餌主体餌料の成長, 飼料効率, および栄養素蓄積率. 大分海水研調研報, 3, 9-12.
- 5) 佐藤公一・日高悦久・木本圭輔 (2000): ブリ若齢魚の配合飼料および生餌主体餌料のタンパク質消化率に及ぼす水温の影響. 日水誌, 66(2), 243-248.
- 6) 佐藤公一・真田康広・日高悦久・木本圭輔 (2002): 低水温期のブリの成長, 飼料効率およびタンパク質消化率に及ぼす酵素処理した魚粉の飼料効果. 水産増殖, 50(2), 219-226.
- 7) 竹田正彦 (1981): 魚類摂餌促進物質の水産への応用. 魚類の化学感覚と摂餌促進物質 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.109-119.
- 8) Allahpichay, I. and C. Shimizu (1984): Supplemental effect of the whole body krill meal and the non-muscle krill meal of *Euphausia superva* in fish diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(5), 815-820.
- 9) 滝井健二・竹田正彦・中尾嘉弘 (1984): ウナギ稚魚の摂餌活動および成長に及ぼす飼料への摂餌促進物質添加の影響. 日水誌, 50(6), 1039-1043.
- 10) Kumai, H., I. Kimura, M. Nakajima, K. Takii, and H. Ishida (1989): Studies on digestive system and assimilation of flavored diet in ocellate puffer. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(6), 1035-1043.
- 11) 金沢昭夫 (1994): タンパク質とペプチド. 魚介類の摂餌刺激物質 (原田勝彦編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.47-54.
- 12) 松下哲久 (1994): 養魚用飼料. 魚介類の摂餌刺激物質 (原田勝彦編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.120-127.
- 13) Takii, K., S. Shimeno, M. Akutsu, and M. Takeda (1994): Dietary supplement of feeding stimulants on performance and digestive function of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Bull. Fish. Lab. Kinki Univ.*, 4, 127-137.
- 14) 滝井健二・高岡 治・中村元二・熊井英水 (1998): 摂餌促進物質の添加がトラフグの成長および消化酵素分泌に及ぼす影響. 近大水研報, 6, 159-166.
- 15) 池田 至・柴田和秀・木村真敏・酒井治己 (1998): カサゴに対する摂餌刺激物質の配合飼料への添加効果. 水大研報, 46(4), 209-214.
- 16) 池田 至・伊藤隆道・松田智恵子・山田達也 (2001): イサキの成長に及ぼす配合飼料への摂餌刺激物質添加効果. 水大研報, 49(2), 67-73.
- 17) Takii, K., S. Shimeno, M. Takeda, and S. Kamekawa (1986): The effect of feeding stimulants in diet on digestive enzyme activities of eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52(8), 1449-1454.
- 18) Takii, K., S. Shimeno, and M. Takeda (1986): The effect of feeding stimulants in diet on some hepatic enzyme activities of eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52(12), 2131-2134.
- 19) 示野貞夫・松本将哉・細川秀毅・益本俊郎・松本敏浩 (1999): ブリ実用飼料の利用性に及ぼす飼料形態の影響. 日水誌, 65(5), 866-871.
- 20) 古川 厚・塚原宏子 (1966): 養魚餌料消化試験の指標物質としての酸化クロームの湿式定量法について. 日水誌, 32(6), 502-506.
- 21) 荻原文二 (1956): Proteolytic enzyme. 酵素研究法 (赤堀四郎編), 2, 朝倉書店, 東京, pp.237-246.
- 22) 石井 進 (1989): 生物統計学入門. 培風館, 東京, pp.177-180.