

マアジの成長に及ぼす配合飼料への摂餌刺激物質添加効果

池田 至[†], 竹下直彦

The Effect of Feeding Stimulants Added to Formulated Diet on Growth of the Jack Mackerel *Trachurus japonicus*

Itaru Ikeda[†] and Naohiko Takeshita

Abstract : The effect of feeding stimulant mixture on feeding activity, growth, feed efficiency and other physiological conditions of jack mackerel *Trachurus japonicus* were assayed by using the formulated diet based on brown fish meal or casein. When fish of 6.0g average body weight were fed on diets with and without feeding stimulant, inosine monophosphate and tryptophan, for 30 days, feeding activity, growth and feed efficiency of the group fed the fish meal diet with the feeding stimulant were higher than the diet without the feeding stimulant, equivalent to the group fed sand lance *Ammodytes personatus*. These reveal that the feeding stimulant in the diet promotes feeding activity as well as digestion, absorption and metabolic functions of jack mackerel.

Key words : jack mackerel, feeding stimulant, growth, feed efficiency

緒 言

新規配合飼料の開発や代替タンパク質の検討などにおいて、飼料の嗜好性を向上させることは、重点課題の一つである。また、嗜好性を向上させることにより、飼料の散逸を防ぎ、環境悪化の改善が期待される。

摂餌刺激物質を、漁業や増養殖業に応用しようとする試みが種々の立場からなされており、配合飼料への摂餌刺激物質の添加効果についても、これまでに数種の魚種について検討され²⁻⁴⁾、いずれも良い成果が得られている。

著者らは、マアジ *Trachurus japonicus* の摂餌刺激物質に関する一連の研究から⁵⁻⁷⁾、イノシン酸 (IMP) とトリプトファン (Trp) に高い摂餌刺激活性が認められることを明らかにしている。

本研究ではこれらの摂餌刺激物質を沿岸魚粉またはカゼインをタンパク源とする基本飼料に添加してマアジを飼育し、成長、飼料効率、体成分、血液性状などに及ぼす影響について調べた。

なお、本研究に先立ち、主要な摂餌刺激物質である IMP と Trp の協同効果について検討したところ、水温 25.7-29.6℃ において平均体重 5.1-6.0g のマアジは、Table 1 に示すように乾物 100g 当たり 1mmol の IMP と 0.4 mmol 以上の Trp の併用で IMP 単独より約 30% も摂餌活性が増大することを確認した。

材料および方法

実験方法

供試魚には、平均体重 6.0g のマアジを用いた。マアジは冷凍イカナゴを投与して 2 週間以上予備飼育した後、50 尾ずつ 240ℓ 容塩ビ角形水槽に収容して 6 試験区を設け 30 日間飼育した。各水槽には、海水を毎分 3ℓ の割合で注水し、エアレーションを施した。給餌は 1 日 2 回 10 時と 16 時に下記の試験飼料を飽食量与えた。飽食の目安は、水槽の底に試験飼料が 2-3 粒残り、2 分経過しても摂餌行動を起こさなかった状態とした。なお、実験期間中の

海水の温度および比重はそれぞれ26.6～29.6℃, 1.018～1.023であった。

試験飼料

基本飼料の配合組成と一般化学成分の量を Table 2 に示した。タンパク源としては, 沿岸魚粉あるいはカゼインを, またミネラルおよびビタミン混合物は竹田⁸⁾に準じて調製・添加した。これらの基本飼料に Table 3 に示した摂餌刺激物質を加えた後, 造粒機で直径2-3mmのモイストペレットに成型した。各試験飼料は1週間毎に新しく作製して-20℃で冷凍保存し, 給餌の際に必要な量を解凍して給与した。また, 比較のために冷凍イカナゴを飼料6として使用した。

測定項目

30日間の各区の摂餌量(乾物)および平均体重の変化から, 日間摂餌率, 日間成長率, 飼料効率およびタンパク質効率を算出した。

開始時および終了時には各区より5尾ずつ取り上げ, 全魚体および肝臓の一般分析を行った。また, 尾静脈より採血して, 赤血球数(RBC), ヘマトクリット値(Ht), ヘモグロビン含量(Hb)を測定すると同時に, 肝臓, 胃および腸を摘出し, 各器官の重量を測定して体重比を求めた。

血液性状および各器官の体重比について, Kruskal-Wallisの検定で優位性を確認したのち各区の平均値の有意差を, Dunnの多重比較法により危険率5%で判定した。

Table 1. Feeding stimulants activity of IMP plus Trp

Compounds	Concentrations (mmol/100 g dry diet)		Diet eaten (g)		Relative activity (%)
	IMP	Trp	Total	Per 100 g fish	
IMP	1.0	-	14.1	11.3	100
IMP+Trp	1.0	0.1	13.7	11.1	98
IMP+Trp	1.0	0.4	19.1	14.9	132
IMP+Trp	1.0	0.7	19.3	14.8	131
IMP+Trp	1.0	1.0	19.7	15.1	134

Table 2. Composition of basal diets

Diet	Mash	Caseine	Sand lance
Ingredient			
Brown fish meal	65g	-	
Vitamin-free casein	-	69g	
White dextrine	6.5	3	
Wheat gluten	10	-	
Mineral mixture*	2.5	2.5	
Vitamin mixture*	3	3	
Carboxymethyl cellulose·Na	2	3	
Cellulose	2	5.5	
Pollack liver oil	9	14	
Test solution (ml)	40	95	
NaOH (25%)	-	5	
Proximate composition on dry weight basis (%)			
Crude protein	58.1	73.9	73.0
Crude fat	16.9	12.9	11.4
Ash	12.8	8.0	12.8
Digestible carbohydrate	12.3	5.2	2.8

* Kochi Univ. Premixture⁸⁾.

Table 3. Amounts of feeding stimulants added to test diets (mg/100g dry diet)

Diet No.	1	2	3	4	5
Basal diet	Mash	Mash	Mash	Casein	Casein
IMP	-	394	394	394	394
Tryptophan	-	-	82	-	82

結 果

飼育成績

飼育成績を Table 4 に、また平均体重の推移を Fig.1 に示した。まず魚粉飼料1-3区についてみると、摂餌刺激物質無添加の1区の飼育成績はいずれも最も劣ったが、IMP 単独添加の2区ではかなり向上し、IMP と Trp 併用添加の3区では、日間摂餌率、日間成長率、飼料効率、タンパク質効率、生残率などがすべて顕著に向上し、イカナゴ投与の6区に匹敵する優れた成績がみとめられた。一方、カゼイン飼料の4および5区の飼育成績は2および3区に比べて劣り、IMP に Trp を併用添加した5区でも、日間成長率は6区に比べて約55%にとどまった。ただし、同区の飼料効率およびタンパク質効率は最も高かった。

一般成分

各区の全魚体および肝臓の一般成分を Table 5 に示した。優れた成長がみられた3区では全魚体の粗脂肪含量が著増し、1区や6区に比べて約4%も高かった。一方、成長の劣った5区では全魚体の脂肪含量が著減し、1および6区に比べて約3%低かった。しかし、終了時の肝臓の一般成分は大きな区間差はなく、4区を除くといずれの区も、開始時に比べて脂肪およびグリコーゲン含量が増加

した。

血液性状

血液性状を Table 6 に示した。RBC, Ht および Hb のいずれについても、区間差が認められた (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$)。RBC では、開始時に比べて終了時の4区と5区は有意に低かった (Dunn, $P < 0.05$)。終了時についてみると4区のRBCは2区と比較して低い値を示した (Dunn, $P < 0.05$)。また終了時の3区に比べて4区と5区は低い値を示した (Dunn, $P < 0.05$)。Ht については、開始時に比べて終了時の各区に有意差は認められなかった (Dunn, $P > 0.05$)。終了時で比べると、4区は2区や3区に比べて低い値を示した (Dunn, $P < 0.05$)。Hb についても、開始時に比べて終了時の各区に有意な差は認められなかった (Dunn, $P > 0.05$)。終了時で比べると、4区は3区に比べて低い値を示した (Dunn, $P < 0.05$)。

器官の重量比

各器官の重量比を Table 7 に示した。胃および肝臓については開始時と終了時における各区間に有意な差はなかった (Kruskal-Wallis, $P > 0.05$)。腸については、区間差が認められ (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$)、終了時の4区は3区に比べて低かった (Dunn, $P < 0.05$)。

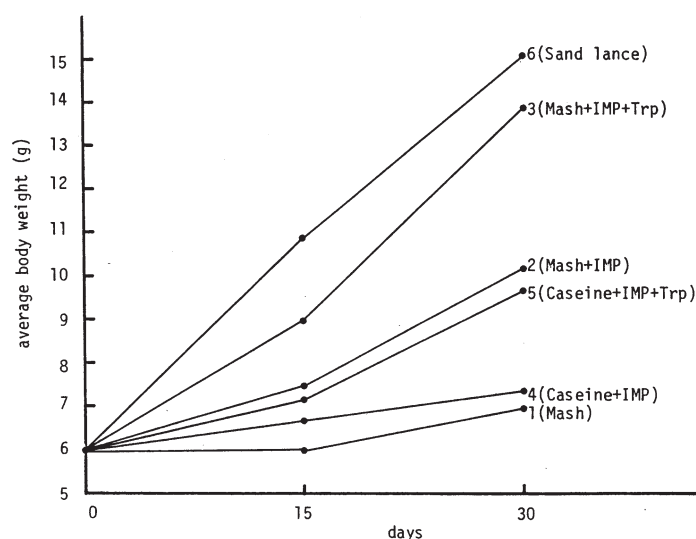


Fig.1. Changes of average body weight of jack mackerel fed on test diets for 30 days.

Table 4. Performance of jack mackerel fed on test diets for 30 days

Diet No.	1	2	3	4	5	6
Number of fish						
Initial	50	50	50	50	50	50
Final	44	47	49	32	30	42
Ave. body weight (g)						
Initial	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Final	7.0	10.2	13.9	7.4	9.7	15.1
Total diet intake (g)	132.5	319.3	555.9	127.4	167.9	855.3
Daily feeding rate (%)	1.45	2.71	3.76	1.55	1.78	5.87
Daily growth rate (%)	0.51	1.73	2.65	0.70	1.57	2.88
Feed efficiency (%)	35.2	63.8	70.5	45.2	88.2	49.1
Protein efficiency ratio	0.64	1.17	1.32	0.72	1.44	0.74
Survival rate (%)	88	94	98	64	60	84

Table 5. Proximate composition of jack mackerel fed on test diets for 30 days (%)

Diet No.	Initial		Final					
		1	2	3	4	5	6	
Whole body								
Moisture	71.2	71.1	69.5	66.0	72.4	73.0	69.2	
Crude protein	17.9	16.0	16.6	16.6	16.3	16.9	17.4	
Crude fat	8.3	8.2	9.1	12.8	5.8	5.6	8.7	
Ash	3.1	3.9	4.0	3.1	4.3	4.0	3.5	
Liver								
Moisture	61.6	57.1	52.6	56.2	67.9	60.3	60.0	
Crude protein	11.8	10.5	10.2	9.5	10.2	7.8	10.3	
Crude fat	22.1	27.0	25.6	25.9	20.1	25.4	24.4	
Ash	1.4	1.0	0.7	1.1	1.2	0.5	1.0	
Glycogen	0.5	2.7	3.0	3.2	2.7	3.6	3.3	

Table 6. Hematological characteristics of jack mackerel fed on test diets for 30 days

Group	Red blood cell ($10^4/\text{mm}^3$)	Hematocrit (%)	Hemoglobin (g/100 ml)
Initial	440.7±22.1	33.6±3.9	8.5±0.7
Final			
1	415.5±17.7	31.7±10.3	7.6±1.9
2	434.8±40.4	39.6±6.7	8.9±1.6
3	449.5±36.8	39.1±2.7	9.4±0.7
4	265.6±41.4	24.7±1.3	4.8±0.9
5	298.0±36.5	26.4±3.2	6.0±1.1
6	382.0±9.6	38.1±4.2	8.8±1.2

Lines linking values indicate significant differences (Dunn's multiple comparison test, $P < 0.05$).

Table 7. Relative organ weights to somatic weight of jack macarel fed on test diets for 30 days

Group	Stomach	Intestine	Liver
Initial	0.786±0.235	0.521±0.174	1.07±0.610
Final			
1	0.848±0.152	0.587±0.300	0.723±0.465
2	0.968±0.130	0.597±0.261	1.01±0.628
3	0.888±0.119	1.07±0.323	1.23±0.500
4	0.990±0.119	0.428±0.092	0.319±0.110
5	1.11±0.173	0.650±0.251	0.939±0.301
6	1.04±0.452	0.900±0.438	1.26±0.423

Lines linking values indicate significant differences (Dunn's multiple comparison test, $P < 0.05$).

考 察

本研究の結果より、魚粉飼料へIMPとTrpをそれぞれ1 mmolおよび0.4 mmol/100 gの濃度で添加することにより、摂餌率が著増するばかりでなく、飼料効率やタンパク質効率も著しく向上し、ひいては優れた成長が認められ、また魚体の粗脂肪含量が増加することが明らかになった。

一方、摂餌刺激物質を添加しても、血液性状に顕著な差は認められず、また胃、肝臓および腸の重量に影響を及ぼさなかった。しかし、カゼイン飼料の4区と5区は魚粉飼料の2区や3区に比べていずれの血液性状でも低い値となった。

滝井ら²⁾は、ウナギを摂餌刺激物質添加の魚粉飼料で飼育すると、摂餌量が増すばかりでなく、成長や飼料効率も向上することを明らかにした。さらに、その原因を消化生理と物質代謝の面から検討し、飼料への摂餌刺激物質の添加により、各種の消化酵素⁹⁾や肝臓の代謝酵素¹⁰⁾の活性が増大したことから、上記の摂餌刺激物質による成長促進効果は、その好ましい化学感覚刺激により消化酵素の分泌が促進され、飼料栄養素の消化吸收および代謝機能が活性化されることに基因すると推察した。

哺乳類では味覚刺激と栄養機能との間に密接な関係があり、好ましい味覚刺激は食物の消化吸收をはじめ種々の栄養機能を促進させることが早くから知られている¹¹⁾。したがって、本実験におけるマアジ飼料への摂餌刺激物質の添加効果も、味覚刺激による消化および代謝機能の促進が一因であると思われる。

ところで、カゼインの必須アミノ酸組成は魚粉のそれとは著しく異なっている。また、精製カゼインはヒトにとっても無味・嗅である。これらのことが本研究のカゼイン飼

料区が、魚粉飼料区に比べて、日間摂餌率、日間成長率、生残率、魚体脂肪含量、血液性状、比消化管重値などの低下が著しかった原因と推察される。

養魚飼料へ摂餌刺激物質を添加する場合、核酸関連化合物やアミノ酸の試薬を用いると、製造コストが高くなり実用的ではない。したがって、摂餌刺激物質を高濃度に含有する水産物のエキス製品、水産加工廃棄物、魚類の自己消化物などを利用した安価な飼料用フレーバーの開発が必要である。

一方、配合飼料の嗜好性を改善するには、摂餌刺激物質を添加するだけではなく、飼料原料に含まれる摂餌阻害物質を適当な抽出操作により取り除くことも必要となる。今後は、摂餌刺激物質に関する研究と合わせて摂餌阻害物質についての更なる知見の集積が望まれる。

文 献

- 1) 竹田正彦：魚類摂餌促進物質の水産への応用. 日本水産学会(編), 魚類の化学感覚と摂餌刺激物質. 恒星社厚生閣, 東京, 109-119(1981)
- 2) 滝井健二, 竹田正彦, 中尾善弘：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**, 1039-1043(1984)
- 3) 池田 至, 柴田和秀, 木村真敏, 酒井治己：カサゴに対する摂餌刺激物質の配合飼料への添加効果. 水大校研報, **46**, 209-214(1998)
- 4) 池田 至, 伊藤隆道, 松田智恵子, 山田達也：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. 水大校研報, **49**, 67-73(2001)
- 5) 池田 至, 細川秀毅, 示野貞夫, 竹田正彦：マアジ筋

- 肉エキス中のマアジに対する摂餌刺激物質の検索. 日水誌, **54**, 229-233 (1988)
- 6) 池田 至, 細川秀毅, 示野貞夫, 竹田正彦: ツノナシオキアミエキス中のマアジに対する摂餌刺激物質の検索. 日水誌, **54**, 235-238 (1998)
- 7) 池田 至, 細川秀毅, 示野貞夫, 竹田正彦: マアジに対する核酸関連物質およびトリプトファン関連物質の摂餌刺激活性. 日水誌, **57**, 1539-1542 (1991)
- 8) 竹田正彦: 海水魚用飼料. 米 康夫(編), 養魚飼料. 恒星社厚生閣, 東京, 111-122 (1985)
- 9) Takii K, Shimeno S, Takeda M, Kamekawa S: The effect of feeding stimulants in diet on digestive enzyme activities of eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 1449-1454 (1986)
- 10) Takii K, Shimeno S, Takeda M: The effect of feeding stimulants in diet on same hepatic enzyme activities of eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 2131-2134 (1986)
- 11) 弓狩康三, 鳥居邦雄: 味覚と栄養. 佐藤昌康(編), 味覚の化学. 朝倉書店, 東京, 244-266 (1981)