

## 돌돔사료의 적정 단백질 및 지질 함량

강용진 · 이상민\* · 황형규 · 배승철\*\*

국립수산진흥원, \*강릉대학교 해양생명공학부, \*\*부경대학교 양식학과

### Optimum Dietary Protein and Lipid Levels on Growth in Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*)

Yong Jin Kang, Sang-Min Lee\*, Hyung Kyu Hwang and Sungchul C. Bai\*\*

National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

\*Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

\*\*Dept. of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A feeding trial was conducted to investigate optimum dietary protein and lipid levels in diets for parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Three groups of 25 fish averaging 7.0 g were fed each of the experimental diets containing 30, 40, 50 or 60% crude protein (CP) with 8 or 16% crude lipid level (4×2 factorial design) for 8 weeks. Weight gain and feed efficiency increased significantly ( $P<0.05$ ) with dietary protein level up to 50% CP when diets contained 16% lipid level, and increased with dietary protein level up to 60% CP when diets contained 8% lipid level ( $P<0.05$ ). The broken-line model showed that an optimum dietary protein level was 46% when the diet contained 16% dietary lipid. Fish fed diets containing 16% lipid level showed significantly ( $P<0.05$ ) higher weight gain, feed efficiency and protein efficiency ratio than did fish fed diets containing 8% lipid level when diets contained 40 or 50% dietary protein ( $P<0.05$ ).

Key words : Dietary protein, Dietary lipid, Parrot fish

## 서 론

우리나라 해산어양식은 1980년대 초까지만 해도 자연산 방어치어를 채포하여 생사료를 급여하는 것이 고작이었다. 그러나 최근에는 인공 종묘 생산 기술개발과 적정 배합사료 개발 등 양식기술이 발전하여 육상수조식 및 가두리식 양식이 활발하게 이루어지고 있다. 이에따라 해산어양식 생산량은 1986년에 방어위주로 2,900톤이던 것이 1996년에는 넙치, 조피볼락을 중심으로 57,800톤을 생산하여 20배정도 증가했다(박, 1997). 그러나 양식어종이 넙치 및 조피볼락에 편중되어 생

산량의 90% 이상을 차지하기 때문에 일시 대량 출하시 가격이 하락하는 등 판로에 곤란을 겪고 있으며, 이의 극복을 위하여 신종종을 개발하는 등 양식어종을 다양화 하려는 추세이다. 그 대상어종으로는 참돔, 감성돔, 돌돔, 농어, 붉바리, 범자미 등을 들 수 있으며(국립수산진흥원, 1996), 그중 돌돔은 맛이 좋아 고급 횡감으로 이용되기 때문에 가격이 비싸서 양식어민들이 선호하는 어종이다.

돌돔 *Oplegnathus fasciatus*은 분류학상 농어목(Perciformes) 돌돔과(Oplegnathidae)에 속하며, 우리 나라, 일본 및 중국 연안의 암초지대에 서식하는 연안 정착성 어류로서 방언으로 청돔

(충남), 아홉동가리(경남), 갯돔(제주)으로 불려 지기도 한다(정, 1977). 본종은 꾸준한 인공 종묘생산의 기술개발로 대량 종묘생산의 기틀은 마련되어 있어서(福所, 1979; 熊井, 1984; 황 등, 1996), 유망한 양식어종으로 부상하고 있다. 또한 본종은 저수온에서 성장이 다소 늦은 단점이 있지만(熊井, 1984), 빛 또는 수온으로 산란시기를 조절하여 종묘생산 시기의 제어가 가능하기 때문에, 저수온기인 겨울에 종묘생산을 하여 고수온기인 봄부터 가을까지 양성을 하는 방법들이 개발되고 있다(황, 1997). 특히 본종은 식욕이 왕성하여 moist pellet이나 dry pellet을 모두 잘 받아 먹기 때문에 사료급여 등 사육관리는 비교적 용이하다. 따라서 넙치나 조피볼락이 배합사료 개발로 인해 생산량이 증가했듯이 본종의 양식을 발전시키기 위해서는 성장을 개선시킬 수 있는 적정 배합사료를 개발하는 것이 시급한 실정이다.

배합사료를 개발하기 위하여는 먼저 영양소 요구량을 구명하여 그 어종에 맞는 사료설계를 해

야한다. 어류에 필요한 영양소는 여러종류가 있지만, 그중 단백질은 성장에 있어 가장 중요한 요소로서 사료중 가장 높은 함량과 비용을 차지한다. 어류의 성장은 단백질이 증가하는 것으로 볼 수 있으므로 단백질은 성장에 이용하고 그외의 에너지는 값이 싼 지질이나 탄수화물을 이용하게 하기 위하여 사료중 단백질 및 에너지의 적정함량의 구명이 필요하다. 사료내 단백질과 에너지의 균형이 맞지 않을 경우 즉, 사료내 에너지 함량이 부족하고 단백질함량이 높을 때 여분의 단백질은 에너지 충족 목적으로 사용되며, 반대로 사료내 에너지 함량이 높으면 사료 섭취량이 줄어들어 최적 성장에 필요한 영양소의 섭취량이 상대적으로 낮아져 성장이 저하된다(NRC, 1993; Lee et al., 1993b; Page and Andrews, 1973). 이와같이 사료중 단백질과 에너지의 적정 함량은 사료배합시 중요하게 고려되어야 할 사항으로 반드시 구명되어야 경제적인 배합사료의 개발이 가능하다.

본 연구는 북양어분을 단백질원으로 사용하여

**Table 1. Composition (%) of the experimental diets used to determine the dietary optimum levels of protein and lipid for parrot fish**

	Protein level (%)		40		50		60	
	8	16	8	16	8	16	8	16
Casein	1.0	1.0	3.0	3.0	5.0	5.0	8.0	8.0
White fish meal	40.0	40.0	51.0	51.0	62.0	62.0	71.0	70.0
β-potato starch	25.0	29.0	16.0	20.0	6.0	11.0	0	2.0
Squid liver oil	4.5	4.5	3.6	3.6	2.7	2.7	2.0	2.0
Soybean oil	0	8.0	0	8.0	0	8.0	0	8.0
Vitamin mixture <sup>1</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral mixture <sup>2</sup>	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.5	3.5
Guar gum	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5
Alpha cellulose	16.5	4.5	14.4	2.4	13.3	0.3	8.5	0
Nutrient content(% of dry matter basis)								
Protein	30.2	30.4	39.9	39.5	48.8	49.0	58.4	57.4
Lipid	7.2	15.9	7.3	16.1	7.3	15.9	7.5	15.9
Ash	12.7	12.4	14.5	13.5	15.5	15.6	17.4	16.7
Fiber	15.0	4.7	13.1	3.2	12.0	2.1	8.1	2.2
Nitrogen-free extract <sup>3</sup>	34.9	36.6	25.2	27.7	16.4	17.4	8.6	7.8
Available energy(kcal/100g) <sup>4</sup>	325.1	411.1	326.1	413.7	326.5	408.7	335.5	403.9

<sup>1</sup> Halver (1957).

<sup>2</sup> H-440 premix NO.5 (mineral) (NAS, 1973).

<sup>3</sup> Calculated by nitrogen-free extract = 100 - (protein + lipid + ash + fiber).

<sup>4</sup> Based on 4 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 4 kcal/g nitrogen-free extract (Garling and Wilson, 1976).

돌돔사료의 적정 단백질 및 지질 함량을 구명하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 실험사료

단백질원으로 북양어분 및 casein을, 지질원으로 오징어간유 및 대두유를 사용하여 단백질 함량 30, 40, 50 및 60%로 맞추고, 각 단백질 함량에 지질 함량이 8 및 16%가 되도록 조절한 8종의 실험사료를 설계하였다(Table 1). 실험사료의 가용에너지는 실험사료의 지질 함량에 따라서 330 및 410 kcal/100 g이 되도록 potato starch 및 alpha cellulose의 함량을 변화시켜 조정하였으며, 이 때 에너지는 사료의 단백질, 지질 및 가용성 무질소물을 각각 4.0, 9.0 및 4.0 kcal/g으로 계산하였다(Garling and Wilson, 1976).

이와같이 설계된 원료들을 잘 혼합하여 분말사료를 제조하고, 사육실험시 분말사료 100 g당 물 40 g을 첨가하여 모이스트펠렛 제조기로 성형하여 -25°C의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

### 실험어 및 사육관리

실험어는 국립수산물진흥원 남제주배양장에서 인공 종묘생산하여 배합사료로 사육한 돌돔을 사용하였다. 건강하고 크기가 고른 중간 어체를 선별하여 실험 시작전 1주간은 실험수조에서 예비사육한 후, 실험시작시 평균 체중 7.0 g의 돌돔을 60ℓ수조에 각각 3반복으로 25마리씩 수용하여 8주간 사육실험하였다. 각 사육수조에는 에어스톤을 설치하여 산소를 보충해 주었고, 주수는 여과해수를 분당 2ℓ로 공급한 유수식으로 하였다. 사육기간중 수온은 19.8-25.4°C로서 자연수온에 의존하였다. 사료는 1일 2회(10시, 17시) 만복 공급하였다.

실험어는 매 2주마다 MS-222 100 ppm에 맞춰시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체무게를 측정하였다. 실험종료시 각 수조에서 20마리를 무작위 채취하여 -25°C에 냉동 보관했다가 비만도,

간체중비 및 내장체중비를 구했으며, 전어체, 등근육, 간 및 내장의 성분분석용 시료로 사용하였다.

### 성분분석

실험사료 및 어체의 일반성분 분석에서 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 ether을 용매로 한 Soxhlet 추출법, 조섬유는 automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 직접 회화법으로 각각 분석하였으며(AOAC, 1984), 가용성 무질소물은 100에서 위 성분의 합계를 뺀 값으로 계산하였다. 또 영양성분 축적율을 계산할 때 전어체의 단백질과 지질의 열량을 각각 5.65 및 9.40 kcal/g으로 계산하였다(Lee et al., 1993a).

### 통계처리

모든 자료는 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다. 단백질 요구량은 증체량을 지표로 하여 broken line model (Robbins et al., 1979)을 이용하여 추정하였다.

## 결 과

사육실험 결과는 Table 2와 같다. 사료의 단백질 함량을 달리한 결과를 보면 증체율은 사료지질 8% 수준에서는 사료단백질 함량이 30%에서 60%까지 증가함에 따라 증체율도 유의하게 증가하였고(P<0.05), 사료지질 16% 수준에서는 사료단백질 함량 30%에서 50%까지는 직선적으로 증가하다가 사료단백질 함량 50%와 60%에서는 유의차가 없었다(P>0.05). 사료효율도 증체율과 같은 경향으로 사료지질 8% 수준에서는 사료단백질 함량에 따라 증가하였고, 사료지질 16% 수준에서는 사료단백질 함량 50%까지는 직선적으로 증가하다가 사료단백질 함량 50%와 60%에

**Table 2. Performance of parrot fish fed the experimental diets containing the different levels of protein and lipid for 8 weeks<sup>1</sup>**

Protein level(%)	30		40		50		60		Pooled SEM <sup>2</sup>
	8	16	8	16	8	16	8	16	
Initial mean weight(g)	6.9	7.0	7.0	7.0	6.9	7.0	7.0	6.9	0.01
Final mean weight(g)	28.5 <sup>c</sup>	27.7 <sup>c</sup>	29.6 <sup>c</sup>	33.2 <sup>b</sup>	33.1 <sup>b</sup>	36.9 <sup>a</sup>	37.3 <sup>c</sup>	38.8 <sup>a</sup>	0.82
Weight gain(%) <sup>3</sup>	292.2 <sup>c</sup>	297.0 <sup>c</sup>	290.3 <sup>c</sup>	374.2 <sup>b</sup>	371.1 <sup>b</sup>	427.1 <sup>a</sup>	429.7 <sup>a</sup>	431.2 <sup>a</sup>	12.92
Feed efficiency(%) <sup>4</sup>	57.6 <sup>c</sup>	64.1 <sup>d</sup>	62.5 <sup>d</sup>	79.2 <sup>b</sup>	74.7 <sup>c</sup>	87.1 <sup>a</sup>	78.3 <sup>bc</sup>	88.9 <sup>a</sup>	2.24
Daily feed intake <sup>5</sup>	3.90 <sup>a</sup>	3.45 <sup>c</sup>	3.65 <sup>b</sup>	3.05 <sup>c</sup>	3.24 <sup>d</sup>	2.92 <sup>ef</sup>	3.25 <sup>d</sup>	2.87 <sup>f</sup>	0.07
Daily protein intake <sup>5</sup>	1.18 <sup>d</sup>	1.05 <sup>e</sup>	1.46 <sup>c</sup>	1.20 <sup>d</sup>	1.58 <sup>b</sup>	1.43 <sup>c</sup>	1.90 <sup>a</sup>	1.65 <sup>b</sup>	0.05
Daily lipid intake <sup>5</sup>	0.28 <sup>d</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.27 <sup>d</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.24 <sup>e</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.24 <sup>e</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.03
PER <sup>6</sup>	1.91 <sup>c</sup>	2.11 <sup>a</sup>	1.57 <sup>c</sup>	2.01 <sup>b</sup>	1.53 <sup>e</sup>	1.78 <sup>d</sup>	1.34 <sup>f</sup>	1.55 <sup>e</sup>	0.05
PRE <sup>7</sup>	28.9 <sup>abc</sup>	32.2 <sup>a</sup>	25.3 <sup>de</sup>	32.0 <sup>a</sup>	26.7 <sup>bcd</sup>	29.0 <sup>ab</sup>	22.5 <sup>c</sup>	25.6 <sup>cde</sup>	0.73
LRE <sup>8</sup>	72.1 <sup>ab</sup>	58.5 <sup>b</sup>	68.0 <sup>ab</sup>	64.1 <sup>ab</sup>	72.6 <sup>ab</sup>	69.0 <sup>ab</sup>	76.1 <sup>a</sup>	66.5 <sup>ab</sup>	1.75

<sup>1</sup> Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup> Pooled standard error of mean.

<sup>3</sup> (Final fish weight - initial fish weight)×100 / initial fish weight.

<sup>4</sup> (Fish weight gain / feed intake)×100.

<sup>5</sup> % of average fish weight.

<sup>6</sup> Protein efficiency ratio = fish weight gain / protein intake.

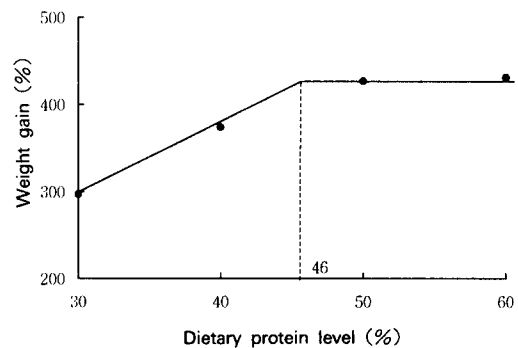
<sup>7</sup> Protein retention efficiency = 100×protein deposited / protein intake.

<sup>8</sup> Lipid retention efficiency = 100×lipid deposited / lipid intake.

서는 차이가 없었다. 따라서 성장과 사료효율을 기준으로 볼 때 돌돔 사료의 적정 단백질 함량은 50% 전후로 생각되며, 사료지질 16%에서 broken line model에 의해 증체율을 기준으로 단백질 요구량을 구한 결과 46%로 추정되었다(Fig. 1). 일간 사료 섭취율은 같은 사료지질 수준에서 사료 단백질 함량이 증가함에 따라 유의하게 감소하는 경향을 보였고(P<0.05), 일간 단백질 섭취율은 반대의 경향이었다. 사료지질 16%에서 broken line model에 의해 일간 단백질 섭취량을 기준으로 하여 일간 단백질 요구량을 구한 결과 어체 100 g당 1.31 g로 나타났다(Fig. 2). 단백질 축적효율은 같은 사료지질 수준에서 사료단백질 30%에서 50%까지는 차이가 없었고, 사료단백질 60%에서 유의하게 낮았다(P<0.05).

사료의 지질 함량을 달리했을 때 증체율은 모든 사료단백질 수준에서 고지질사료구(16%)의 증체율이 저지질사료구(8%)에서 보다 높았으며, 특히 사료단백질 함량 40%와 50%에서는 유의하게 높았다(P<0.05). 사료효율도 증체율과 같은 경향

으로 모든 사료단백질 수준에서 고지질사료구의 사료효율이 저지질사료구에서 보다 높았다. 따라서 성장과 사료효율을 기준으로 볼 때 돌돔 사료의 적정 지질함량은 16% 전후로 추정되었다. 일간 사료 섭취율은 모든 사료 단백질 수준에서 고지



**Fig. 1. Broken line model of percent weight gain to dietary protein level in parrot fish fed experimental diets containing 16% dietary lipid level for 8 weeks.  $Y = 429.8 - 8.48(R - X)$ ,  $R = 45.98 \pm 0.14$  (SE). R : requirement.**

Table 3. Proximate composition (%) of whole body and dorsal muscle in parrot fish fed the experimental diets for 8 weeks<sup>1</sup>

Protein level(%)	30		40		50		60		Pooled SEM <sup>2</sup>
	8	16	8	16	8	16	8	16	
Lipid level(%)									
Whole body									
Moisture	69.5 <sup>a</sup>	67.8 <sup>b</sup>	69.4 <sup>d</sup>	67.7 <sup>b</sup>	70.5 <sup>a</sup>	65.7 <sup>c</sup>	69.5 <sup>a</sup>	66.8 <sup>bc</sup>	0.35
Protein	16.1 <sup>de</sup>	15.8 <sup>e</sup>	17.3 <sup>ab</sup>	16.2 <sup>cde</sup>	17.5 <sup>a</sup>	16.6 <sup>bcd</sup>	17.0 <sup>abc</sup>	16.8 <sup>abc</sup>	0.14
Lipid	8.1 <sup>c</sup>	12.0 <sup>a</sup>	7.4 <sup>cd</sup>	11.2 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>d</sup>	11.1 <sup>ab</sup>	6.8 <sup>cd</sup>	10.6 <sup>b</sup>	0.44
Ash	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.09
Conditidn factor <sup>3</sup>	2.38 <sup>c</sup>	2.56 <sup>cd</sup>	2.67 <sup>abc</sup>	2.71 <sup>ab</sup>	2.49 <sup>de</sup>	2.68 <sup>ab</sup>	2.64 <sup>bc</sup>	2.77 <sup>a</sup>	0.03
Dorsal muscle									
Moisture	75.8 <sup>a</sup>	74.9 <sup>c</sup>	75.5 <sup>abc</sup>	74.9 <sup>bc</sup>	75.7 <sup>a</sup>	74.9 <sup>bc</sup>	75.7 <sup>ab</sup>	73.9 <sup>d</sup>	0.14
Protein	19.6 <sup>b</sup>	19.2 <sup>b</sup>	20.4 <sup>ab</sup>	20.2 <sup>ab</sup>	21.0 <sup>a</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	19.8 <sup>ab</sup>	19.4 <sup>b</sup>	0.17
Lipid	1.9 <sup>c</sup>	4.0 <sup>a</sup>	2.0 <sup>c</sup>	3.2 <sup>b</sup>	1.6 <sup>c</sup>	3.1 <sup>b</sup>	1.9 <sup>c</sup>	4.0 <sup>a</sup>	0.20
Ash	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.3 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.14

<sup>1</sup> Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup> Pooled standard error of mean.

<sup>3</sup> (Body weight / total length<sup>3</sup>) × 100.

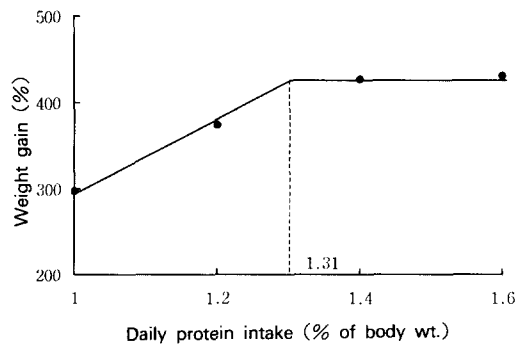


Fig. 2. Broken line model of percent weight gain to dietary protein intake (g protein/100 g fish) in parrot fish fed experimental diets containing 16% dietary lipid level for 8 weeks.  $Y=429.2-514(R-X)$ ,  $R=1.31\pm 0.003(SE)$ . R: requirement.

질사료구가 저지질사료구에서 보다 유의하게 낮았고(P<0.05), 일간 지질 섭취율은 반대의 경향이였다. 단백질 효율은 모든 사료 단백질 수준에서 고지질사료구가 유의하게 높았고, 단백질 축적 효율은 사료 단백질 40% 수준에서 고지질사료구가 유의하게 높았다. 지질 축적효율은 같은 사료 단백질 수준에서 사료지질 함량에 따라 유의차가 없었다(P>0.05).

사육실험 완료한 전어체 및 등근육의 성분분석

결과는 Table 3과 같고, 간 및 내장의 성분은 Table 4와 같다. 전어체의 성분에서 수분은 같은 사료지질 수준에서 사료단백질 함량에 따라 거의 차이가 없었으며, 같은 사료단백질 수준에서 고지질사료구에서 유의하게 낮았다(P<0.05). 단백질은 같은 사료지질 수준에서 사료단백질 함량이 증가함에 따라 증가하다가 사료단백질 40% 이상에서는 유의차가 없었고(P>0.05), 지질은 같은 사료단백질 수준에서 고지질 사료일 때 유의하게 높았다. 비만도는 같은 사료지질 수준에서 사료단백질 함량이 증가함에 따라 증가하다가 40% 이상에서는 유의차가 없었고, 지질은 같은 사료단백질 수준에서 고지질사료일 때 유의하게 높았다. 등근육의 성분도 전어체의 성분과 비슷한 경향으로 지질은 같은 단백질 수준에서 고지질사료일 때 유의하게 높았다.

간의 성분에서 수분 및 단백질은 사료단백질 함량에 따라서는 뚜렷한 차이가 없었지만 같은 사료단백질 수준에서 고지질사료일 때 유의하게 낮았고, 지질은 반대의 경향으로 고지질사료일 때 유의하게 높았으며(P<0.05), 내장의 성분은 간의 성분과 같은 경향이였다. 간체중비는 뚜렷한 경향이 없었고, 내장체중비는 사료단백질 함량에 따라서는 뚜렷한 차이가 없었지만, 같은 사료단백질 수준에서 고지질사료일 때 유의하게 높았다.

**Table 4. Proximate composition (%) of liver and viscera in parrot fish fed the experimental diets for 8 weeks<sup>1</sup>**

Protein level(%)	30		40		50		60		Pooled SEM <sup>2</sup>
Lipid level(%)	8	16	8	16	8	16	8	16	
<b>Liver</b>									
Moisture	61.7 <sup>a</sup>	57.9 <sup>b</sup>	61.8 <sup>a</sup>	57.6 <sup>b</sup>	60.5 <sup>a</sup>	53.8 <sup>c</sup>	59.7 <sup>ab</sup>	53.9 <sup>c</sup>	0.65
Protein	11.6 <sup>b</sup>	10.7 <sup>c</sup>	12.1 <sup>a</sup>	10.6 <sup>c</sup>	11.8 <sup>ab</sup>	10.6 <sup>c</sup>	12.1 <sup>a</sup>	10.4 <sup>c</sup>	0.14
Lipid	18.2 <sup>d</sup>	24.7 <sup>b</sup>	18.5 <sup>d</sup>	25.1 <sup>b</sup>	20.2 <sup>cd</sup>	28.2 <sup>a</sup>	21.4 <sup>c</sup>	28.0 <sup>a</sup>	0.81
Ash	1.1 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.02
HSI <sup>3</sup>	2.80 <sup>c</sup>	2.82 <sup>c</sup>	2.88 <sup>bc</sup>	3.15 <sup>ab</sup>	2.88 <sup>bc</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	3.02 <sup>bc</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.05
<b>Visera</b>									
Moisture	65.0 <sup>a</sup>	56.9 <sup>c</sup>	65.8 <sup>a</sup>	56.4 <sup>c</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	56.4 <sup>c</sup>	61.3 <sup>b</sup>	57.0 <sup>c</sup>	0.83
Protein	12.0 <sup>ab</sup>	10.4 <sup>c</sup>	12.1 <sup>ab</sup>	10.9 <sup>c</sup>	12.9 <sup>a</sup>	10.6 <sup>c</sup>	11.8 <sup>b</sup>	10.7 <sup>c</sup>	0.19
Lipid	19.8 <sup>de</sup>	32.2 <sup>a</sup>	18.8 <sup>c</sup>	26.0 <sup>b</sup>	22.5 <sup>cd</sup>	32.2 <sup>a</sup>	23.9 <sup>bc</sup>	31.8 <sup>a</sup>	1.11
Ash	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0.02
VSI <sup>4</sup>	8.03 <sup>bc</sup>	9.64 <sup>a</sup>	7.61 <sup>d</sup>	8.37 <sup>b</sup>	7.08 <sup>e</sup>	8.20 <sup>bc</sup>	6.70 <sup>f</sup>	7.97 <sup>cd</sup>	0.17

<sup>1</sup> Values in the same row not sharing a common superscript are significantly different each other (P<0.05).

<sup>2</sup> Pooled standard error of mean.

<sup>3</sup> Hepatosomatic index = (liver weight / body weight) × 100.

<sup>4</sup> Viscerasomatic index = (viscera weight / body weight) × 100.

## 고 찰

어류의 단백질 요구량은 어종, 크기, 수온, 사료 단백질의 질, 단백질과 에너지 비 등 여러가지 요인에 의해 영향을 받으며(NRC, 1993), 동일한 실험 결과로도 수학적 분석방법이나 사용 지표에 따라 요구량의 추정값이 달라질 수 있다(Tacon and Cowey, 1985; Baker, 1986). 단백질 요구량을 구하는 방법에는 일반적으로 broken line model(Robbins et al., 1979)이나 이차회귀곡선(Cowey et al., 1972)이 이용되고 있다. 이차회귀곡선으로 구한 단백질 요구량은 생물학적 최대성장을 위한 요구량이라 할 수 있는데(Moore et al., 1988), 다른 방법으로 추정된 요구량보다 수치가 높은 것이 특징이다(Zeitoun et al., 1976). Broken line model은 단백질 요구량 이하에서는 사료의 단백질 함량과 성장 사이에 직선적인 증가관계가 성립되지만, 요구량 이상이 되면 더 이상의 성장증대가 없는 것을 가정하고 있으며, 요구량 결정을 명확하게 할 수 있는 장점이 있다(Baker, 1986). 따라서 이러한 수준으로 단백질을 공급할 경우 성장이 다소 낮아질 가능성도 있으나 사료의 이용면에서 효율성이 크다고 할 수

있다(Lee et al., 1993a).

본 연구에서 사료지질 16% 수준에서 사료의 단백질 함량에 따른 증체율은 사료단백질 50%까지 직선적으로 증가하다가 그 이상에서는 유의적인 차이가 없었는데, 이 결과로 부터 증체량을 지표로하여 broken line model에 의한 단백질 요구량을 도출해 본 결과 46%로 추정되었다. Ikeda et al.(1988)은 casein을 단백질원으로 한 정제사료로 사료지질 8% 수준에서 돌돔 사료의 적정 단백질 함량은 단백질효율을 기준으로 45%라고 보고하였다. 본 연구에서는 사료지질 8% 수준에서 사료단백질 60%까지 증체량이 직선적으로 증가하였기 때문에 요구량 추정이 어려웠는데, 위 Ikeda et al.(1988)의 실험에서도 성장과 사료효율을 기준으로 볼 때는 사료단백질 55%에서 최고치를 보였기 때문에, 최대성장을 위한 사료의 단백질 함량과 에너지의 관계에 대한 좀 더 세밀한 검토가 필요하다고 생각된다.

한편, Garling and Wilson(1976)은 차넬메기에서 사료의 적정 에너지 수준은 2750-3410 kcal/kg으로 추정하였으며, 적정 에너지/단백질 비가 존재한다고 하였다. 그들의 실험결과에서 적정 단백질 함량을 사료 에너지가 2750 kcal/kg

수준에서는 24%로, 위 에너지보다 높은 3410 및 4070 kcal/kg에서는 32% 및 42%로 추정하고 있다. 그러나 본연구에서는 사료지질 8% 수준(3300 kcal/kg)에서가 사료지질 16% 수준(4100 kcal/kg)보다 더 높은 단백질을 요구하는 것으로 나타났다. 이러한 종간의 차이는 사료중 탄수화물의 이용능력에 따라 나타날 수 있다. 다시 말하면 돌돔이 차넬메기에 비해 탄수화물의 이용능력이 크기 때문에 에너지원으로 쓰이는 단백질의 양이 적을 것이다. 따라서 Garling and Wilson(1976) 등 많은 연구자들이 주장한 사료내 적정 에너지/단백질 비는 어종에 따라 다를 수 있다고 생각된다.

타어종의 단백질 요구량을 살펴보면 해산어류의 경우 방어와 참돔은 55% (Takeda et al., 1975; Yone, 1976), 자주복과 plaice가 50% (Knazawa et al., 1980; Cowey et al., 1972), striped bass가 47% (Millikin, 1983), 쥐노래미가 45% (Lee and Lee, 1996), 조피볼락 및 gilthead bream이 40% (Lee et al., 1993a; Sabaut and Luquet, 1973)로 보고되었다. 이러한 연구 결과들은 실험사료의 조성이나 사육 조건들이 서로 다르기 때문에 서로 비교하기는 곤란한 점이 있겠으나, 본 연구에서 추정된 돌돔의 단백질 요구량 46%는 해산어 중에서 중간 정도에 속한다고 생각된다. 또한 담수어류의 경우에는 일반적으로 잉어, 틸라피아, 차넬메기, 송어 및 뱀장어 등이 30-45%로 알려지고 있다.

단백질 요구량 설정은 주로 사료중의 단백질 함량으로 표시하여 왔으나, 백분율로 표시되는 단백질 요구량은 상대적인 값이기 때문에 단백질 이외의 영양소 함량이나 사료 급여율에 따라 달라질 수 있다(Bowen, 1987; Tacon and Cowey, 1985). 단백질 요구량을 상대적인 값으로 표시하는 데 따른 단점을 보완하기 위해 Tacon and Cowey(1985)와 Bowen(1987)은 단백질 요구량을 어류가 최대로 성장하기 위해 단위 체중당 하루에 필요한 단백질의 양인 일일 단백질 요구량으로 표시할 것을 제의하고 있다. 본 연구

에서 돌돔의 최대 성장에 필요한 어체 100 g당 일간 단백질 요구량은 1.31 g으로 조피볼락 치어의 1.34 g(Lee et al., 1993a) 및 어류 16종의 평균값 1.625 g(Bowen, 1987)과 큰 차이가 없었다.

어류는 사료중에 함유된 비단백질 에너지원인 지질이나 탄수화물의 양이 충분하지 않을 때 유 지나 대사에 필요한 에너지를 충당하기 위하여 단백질을 분해하지만, 비단백질 에너지원이 적당할 경우 섭취된 단백질은 성장을 위해 사용하는 부분이 커지므로 사료효율이나 단백질효율이 좋아져서 단백질 절약효과가 나타난다(Stickney, 1977; Wilson, 1977). 본 연구에서 사료의 단백질과 탄수화물 함량을 같은 수준으로 하고, 지질 함량을 달리하여 실험한 결과 사료 단백질 40% 및 50% 수준에서 사료지질 함량이 높을 때 증체율 및 사료효율이 유의차 있게 높았다. 따라서 성장과 사료효율을 기준으로 볼 때 사료지질 함량이 8%일 때는 에너지가 부족하기 때문에 단백질을 분해하여 에너지로 이용하고, 사료지질 함량이 16%일 때는 비단백질 에너지가 충분하여 단백질 절약 효과가 나타났다고 생각된다. 단백질 축적율도 고지질(16%) 사료구에서 높았으며, 특히 사료단백질 40% 수준에서는 저지질(8%) 사료구의 단백질 축적율이 25.3%인 데 비해 고지질 사료구에서는 32.0%로 유의차 있게 높아서 단백질 절약효과가 나타난 것으로 생각된다.

Takeuchi et al.(1978)은 사료단백질 45% 수준에서 사료지질 함량을 18%까지 높일 경우 송어의 성장 및 사료효율이 개선되었다고 보고했고, 이 외에 지질 또는 탄수화물 첨가에 의한 사료 단백질의 절약효과에 관하여는 은연어(Clarke et al., 1982), 방어(Shimeno et al., 1985) 및 차넬메기(Page and Andrews, 1973; Garling and Wilson, 1976) 등 여러 어종에서 보고되고 있다. 반면, 잉어(Murai et al., 1985) 및 조피볼락(Lee et al., 1993b)의 경우와 같이 몇 어종에서는 비단백질 에너지원 첨가에 따른 단백질 절약효과가 전혀 없거나 아주 적다는 보고도 있

다. 본 연구에서 지질축적율은 모든 사료단백질 수준에서 사료지질 함량에 따라 유의차가 없었는데, 이것은 돌돔의 경우 활동성이 강하여 사료지질을 에너지로 잘 활용하기 때문이라고 생각된다.

한편, 어체 성분에서는 전어체, 근육, 간 및 내장의 지질 함량이 고지질 사료구에서 높았는데, 이것은 돌돔이 비교적 고수온 어종으로서 18°C 이상에서 활발하게 섭식하여 성장하므로(熊井, 1984), 성장시기에 에너지를 체내에 축적하는 것으로 추측되며, 사료의 에너지원으로서 지질이나 탄수화물 함량과 수온과의 관계는 더 깊은 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 모든 사료 단백질 수준에서 내장체중비가 고지질 사료구에서 유의차 있게 높았는데, 이것은 가식부 비율이 고지질 사료구에서 적은 것을 의미하기 때문에 사료지질과 어체의 품질에 대하여도 더 많은 검토가 필요하다고 생각된다.

## 요 약

돌돔 사료의 적정 단백질 및 지질 함량을 구하기 위해 북양어분과 카제인을 단백질원으로 하여 사료의 단백질 함량이 30, 40, 50 및 60%가 되도록 하고, 각 단백질 함량에 지질 함량이 8 및 16%가 되는 8종의 실험사료로 평균체중 7g의 돌돔을 대상으로 8주간 사육 실험하였다.

사료의 단백질 함량에 따른 증체율 및 사료효율은 사료지질 8% 수준에서 사료단백질이 40% 이상인 사료구에서는 사료단백질 함량이 증가함에 따라 유의차 있게 증가하였으며( $P < 0.05$ ), 사료지질 16% 수준에서는 사료단백질이 증가함에 따라 증가하다가, 사료단백질 50% 이상에서는 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 사료지질 16% 수준에서 broken line model을 이용하여 증체율을 지표로 하여 돌돔의 적정 단백질 요구량을 구한 결과 46%로 추정되었다. 사료의 지질 함량에 따른 증체율은 사료단백질 40 및 50% 수준에서 고지질 사료구(16%)가 유의하게 높았으며, 사료효율은 모든 사료단백질 수준에서 고지질 사

료구(16%)가 유의하게 높았다( $P < 0.05$ ). 단백질 효율 및 단백질 축적율도 모든 사료단백질 수준에서 고지질 사료구가 높았다. 따라서 성장과 사료효율을 기준으로 볼 때 돌돔 사료의 적정 지질 함량은 16% 전후로 추정되었다.

전어체 및 등근육의 성분에서 단백질은 사료의 단백질 함량이 증가함에 따라 증가하다가 사료 단백질 40% 이상에서는 유의차가 없었으며, 지질은 모든 사료단백질 수준에서 고지질 사료구가 높았다. 간 및 내장의 성분에서 단백질은 사료의 단백질 함량에 따라 뚜렷한 경향이 없었지만, 지질은 모든 사료단백질 수준에서 고지질 사료구(16%)가 높았다.

## 참 고 문 헌

- AOAC, 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV. 1141 pp. Baker, D. H., 1986. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. J. Nutr., 116 : 2339-2349.
- Bowen, S. H., 1987. Dietary protein requirements of fishes - A reassessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44 : 1995-2001.
- Clarke, W. C., D. A. Higgs, J. R. Markert, J. E. Shelbourn and A. J. Castledine, 1982. Effect of varying dietary protein : lipid ratio on growth and body composition of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) reared at different temperatures. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 373, 18 pp.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair, 1972. Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). Br. J. Nutr., 28 : 447-456.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Garling, D. L. Jr. and R. P. Wilson, 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. J. Nutr., 106 : 1368-1375.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fi-



- shes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.*, 62(2) : 225-243.
- Ikeda, M., Y. Ishibashi and O. Murata, 1988. Optimum levels of protein and lipid in purified test diet for the Japanese parrot fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 54 : 151-154.
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakamoto, 1980. Nutritional requirements of the puffer fish. Purified test diet and the optimum protein level. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 1357-1361.
- Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim, 1993a. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6 : 13-27.
- Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim, 1993b. Optimum digestible energy to protein ratio in diets for the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 6 : 29-46.
- Lee, J. K. and S. M. Lee, 1996. Effects of the Dietary protein and energy levels on growth in fat cod *Hexagrammos otakii*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 29 : 464-473.
- Millikin, M. R., 1983. Interactive effects of dietary protein and lipid on growth and protein utilization of age-0 striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111 : 373-378.
- Moore, B. J., Hung and J. F. Medranno, 1988. Protein requirement of hatchery produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 71 : 235-245.
- Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi, 1985. Effect of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51(4) : 605-608.
- NAS (National Academy of Sciences), 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50 pp.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D. C. 114 pp.
- Page, J. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 102 : 1339-1346.
- Robbins, K. R., H. R. Norton and D. H. Baker, 1979. Estimation of nutrient requirements from growth data. *J. Nutr.*, 109 : 1710-1714.
- Sabaut, J. J. and P. Luquet, 1973. Nutritional requirement of the gilthead bream, *Chrysophrys aurata*. Quantitative protein requirements. *Mar. Biol.*, 18 : 50-54.
- Shemeno, S., H. Hosokawa, M. Takeda, H. Kjiyama and T. Kasho, 1985. Effect of dietary carbohydrates on growth, feed conversion and body composition in young yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51(11) : 1893-1898.
- Stickney, R. R., 1977. Lipids in catfish nutrition. In : R. R. Stickney and R. T. Lovel (editors), *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218. pp. 14-18.
- Tacon, A. G. J. and C. B. Cowey, 1985. Protein and amino acid requirements. In : P. Tytler and P. Calow (editors), *Fish energetics, New perspectives*. Croom Helm, London, pp. 155-183.
- Takeda, M., S. Shimeno, H. Hosokawa, H. Kajiyama and T. Kaisyo, 1975. The effect of dietary calorie-to-protein ratio on the growth, feed conversion and composition of young yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 41 : 443-447.
- Takeuchi, T., M. Yokoyama and T. Watanabe, 1978. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44(7) : 983-987.
- Wilson, R. P., 1977. Energy relationships in catfish diets. In : R. R. Stickney and R. T. Lovel (editors), *Nutrition and Feeding of Channel Catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218. pp. 21-25.
- Yone, Y., 1976. Nutritional studies of red sea bream. In : K. S. Price, W. N. Shaw and K. S. Danberg (editors), *Proc. 1st. Int. Conf. Aquaculture*. Lewes, Delaware, pp. 39-64.
- Zeitoun, I. H., D. E. Ullery, D. E. Magae, J. L. Gill and W. G. Bergen, 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 : 167-172.
- 福所邦彦, 1979. イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎縣水試論文集, 第6集, 173 pp.

態井英水, 1984. イシダイの養殖生物學的研究. 近畿  
大水産研究所報告, No. 2. 127 pp.  
국립수산진흥원, 1996. '96 양식어장 관리지도 종합  
평가 회의자료. 44 pp.  
박승렬, 1977. 해산어류 신품종 개발과 전망. 수산  
양식, 한국수산신보사, 서울, 8 : 100-105.

정문기, 1977. 한국어도보, 일지사, 서울, p. 502.  
황형규, 1977. 해산어류의 신품종 양식개발 전망과  
대처방안. 한국양식학회 현 장세미나 요지집, p.  
7-8.  
황형규 · 강용진 · 이종하 · 양상근, 1996. 돌돔 종묘  
양산시험. 남해수연사업보고, p. 381-383.