

## 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 蛋白質 要求量

李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 金仁培\*

國立水產振興院 魚類養殖科 · \*釜山水產大學校 養殖學科

## Protein Requirements of the Korean Rockfish *Sebastes schlegeli*

Jong Yun LEE, Yong Jin KANG, Sang-Min LEE, and In-Bae KIM\*

Fish Culture Division, National Fisheries Research and Development Agency,  
Yongsan-gun, Kyongsangnam-do 626-900, Korea

\*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,  
Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

### ABSTRACT

In order to determine the protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* six isocaloric diets containing crude protein level from 20% to 60% were fed to two groups of fish, small and large size, with the initial average body weight of 8 g and 220 g respectively. White fish meal was used as a sole protein source. Daily weight gain, daily protein retention, daily energy retention, feed efficiency, protein retention efficiency and energy retention efficiency were significantly affected by the dietary protein content ( $p < 0.05$ ). The growth parameters (that is, daily weight gain, daily protein retention and daily energy retention) increased up to 44% protein level with no additional response above this point. The protein requirements were determined from daily weight gain using two different mathematical models. Second order polynomial regression analysis showed that maximum daily weight gain occurred at 56.7% and 50.6% protein levels for the small size group and the large size group, respectively. However the protein requirements, determined by the broken line model, appeared to be about 40% for both groups. Nutrient utilization also suggested that the protein requirements of both groups were close to 40%. When daily protein intake was considered, daily protein requirements per 100 g of fish, estimated by the broken line model, were 0.99 g and 0.35 g for the small and large size groups respectively. Based on these results, a 40% dietary crude protein level could be recommended for the optimum growth and efficient nutrient utilization of the Korean rockfish weighing between 8 g and 300 g.

### 緒 論

양볼락과 (Scorpaenidae)에 속하는 조피볼락은 우리 나라 全沿岸과 日本 北海道 以南 및 中國에 분포한다 (鄭 1977). 本種은 沿岸의 암초 지대에 서식하는 定着性 魚類로서 가두어 기르기가 쉬울 뿐만 아니라, 低水溫 및 高水溫에 모두 강해 연중 水溫變動이 심한 우리 나라 沿岸環境에 적합한

養殖魚種이다. 成長은 방어나 넙치에 비하여 느리지만 참돔보다는 빠르며, 肉質은 白色으로 참돔 및 넙치와 유사하여 고급 횡감으로 이용된다(佐佐木 1981). 이 외에도 本種은 卵胎生 魚類라서 人工 種苗生産이 비교적 용이한 점 등 養殖 對象種으로서의 이점을 고루 갖추고 있어, 養殖物量이 매년 증가하고 있다.

그간 種苗生産 기술의 발전으로 조피볼락 種苗의 大量生産은 어느 정도 가능해지고 있으나(김 등 1987; 金 등 1987; 金 등 1989; 洪 등 1990; 高等 1990), 이를 본격적으로 양식하기 위해서는 本種에 적합한 양질의 配合飼料가 시급히 개발되어야 한다. 아직까지도 우리 나라의 海産魚類 養殖用 사료로는 정어리, 전갱이, 까나리와 같은 生飼料나 生飼料와 粉末 配合飼料를 혼합한 moist 펠릿을 주로 사용하고 있으며, 완전한 配合飼料는 거의 보급되지 않고 있는 실정이다. 이는 대부분의 海産魚가 固形의 乾燥 펠릿보다는 moist 펠릿에 대한 기호도가 높고 성장도 좋은 것이 한 원인이겠지만, 한편으로는 방어와 참돔 외에는 어종별의 營養 要求量 구명 등 營養에 관한 연구가 별로 없어, 營養으로 완전한 配合飼料를 만들기가 곤란한 것이 일차적인 원인이 된다. 다행히, 조피볼락의 경우는 固形의 配合飼料도 잘 받아먹기 때문에, 각종 營養素에 대한 요구량을 밝혀서 필요한 營養素가 고루 갖춰진 乾燥 펠릿을 개발 이용한다면, 本種의 養殖에 획기적인 발전을 가져올 수 있으리라 예상된다.

魚類에 필요한 營養素는 약 40여 가지가 되지만, 이 중에서도 우선적으로 밝혀져야 할 것이 蛋白質 要求量이다. 魚類의 成長은 결국 蛋白質 증가에 의한 成長이므로, 必須 아미노산 均衡이 잘 갖추어진 양질의 蛋白質을 적절히 공급하지 않으면, 成長이 정체되어 生産性이 낮아진다. 또한, 蛋白質은 養魚飼料의 營養成分 중 함유량이 가장 많고, 값이 제일 비싸기 때문에, 蛋白質 要求量에 관한 정확한 자료가 있어야만 經濟性있는 사료의 제조가 가능하다.

조피볼락의 蛋白質 要求量에 관한 연구는 Ikehara and Nagahara (1980)가 처음으로 시도하여 사료의 適正 蛋白質 含量을 41% 전후로 추정하였다. 그러나 이 연구에서 사용된 실험 사료는 蛋白質 含量이 23~47% 범위에 불과하여, 그 이상의 蛋白質 含量에 대해서는 成長反應을 알 수 없으며, 실험 사료에 磷酸鹽과 소금 외에는 다른 無機物을 첨가하지 않음으로서, 鐵이나 일부 다른 無機物의 缺乏 可能性이 있음은 물론, 營養要求 실험시 필수 조건인 等칼로리 사료인지 여부도 알 수 없다. 또한, 蛋白質 蓄積效率이나 에너지 蓄積效率과 같은 營養素 利用에 관한 언급이 없이, 蛋白質 要求量의 판정 기준을 成長과 飼料效率에만 의존하였기 때문에 실험 결과를 그대로 받아 들여 실용화하기가 곤란한 점이 많다. 따라서, 좀 더 정밀한 실험과 분석을 통해 조피볼락의 蛋白質 要求量을 명확히 밝힐 필요가 있다고 생각된다.

本研究에서는 조피볼락 稚魚와 成魚의 蛋白質 要求量을 구명할 목적으로 蛋白質 含量이 다른 실험 사료를 제조하고, 이를 크기가 다른 두 group의 실험어에 먹여, 成長, 飼料效率, 營養素 蓄積效率 및 魚體成分의 변화를 조사하였다.

## 材料 및 方法

### 實驗飼料 및 飼料給與

조피볼락 營養 研究用 試驗飼料의 蛋白質源 평가에 관한 研究(李 등 1993)에서 成長과 飼料效率이 가장 좋았던 北洋魚粉을 蛋白質源으로 하여, 蛋白質 含量이 20~60% 되도록 8% 간격으로, 6種의 飼料區를 設定하였다(Table 1). 飼料의 蛋白質 含量이 증가함에 따라 魚粉含量을 점차 늘이는 대신 dextrin과 명태 肝油를 감소시켜, 代謝 에너지를 345~355 kcal/100 g 범위로 비슷하게 조정하였다. 飼料의 에너지는 蛋白質, 脂質 및 可消化 炭水化合物의 代謝 에너지價를 각각 4.5, 9.0 및 3.0 kcal/g을

조피볼락의 蛋白質 要求量

기준으로 계산하였다. 실험 사료는 全原料를 잘 혼합한 후 원료 100 g 당 400 ml의 물을 가하여 모이스트 펠렛 제조기로 成形하였으며, -25℃의 냉동고에 보관하면서, 當年生 稚魚는 1일 2회, 一年魚는 1일 1회 給與하였다. 하루에 주는 먹이의 量은 當年生 稚魚의 경우 처음 2주간은 체중의 4%, 그 다음 2주간은 3%, 그리고 마지막 3주간은 2%로, 먹이 먹는 것을 보아가며 차츰 줄였고, 一年魚는 전 기간을 통하여 1%를 먹였다. 그리고 魚體 測定日과 前日에는 먹이를 주지 않았다.

Table 1. Composition (%) of experimental diets used to determine the protein requirements of Korean rockfish

Ingredient	Diet	1	2	3	4	5	6
	Protein level (%)	20	28	36	44	52	60
White fish meal		27.9	39.1	50.3	61.5	72.6	83.8
Dextrin		52.0	41.5	31.0	20.5	10.0	3.0
Pollock liver oil		9.6	8.3	7.0	5.7	4.4	2.1
Vitamin mixture <sup>1</sup>		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral mixture <sup>2</sup>		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sodium alginate		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Alpha cellulose		0.5	1.1	1.7	2.3	3.0	1.1
Nutrient content in dry matter							
Protein		20.5	28.1	36.1	43.5	51.9	59.4
Lipid		12.3	11.5	10.6	10.5	9.1	7.6
Digestible carbohydrate		50.9	40.2	29.9	19.6	9.5	2.8
Ash		9.4	11.4	13.2	15.5	17.8	20.3
Metabolizable energy (kcal/100g) <sup>3</sup>		355.7	350.6	347.6	349.1	344.0	344.1

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

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

<sup>3</sup> Based on 4.5 kcal/g protein, 9 kcal/g lipid and 3 kcal/g digestible carbohydrate.

實驗魚 및 飼育管理

사육 실험은 1990년 5월에 생산된 當年生 稚魚와 1989년 5월에 생산된 一年魚의 2 group을 대상으로 하였다. 실험어의 평균 체중은 當年生 稚魚와 一年魚 각각 8g 및 220g으로서 실험 개시 전까지 모이스트 펠렛을 먹여 키웠다.

한 水槽에 수용한 실험어의 수효는 當年生 稚魚가 30마리, 一年魚가 8마리씩이었으며, 각 group마다 實驗區當 각각 3개 및 1개의 수조를 배치하였다. 當年生 稚魚의 사육 기간은 1990년 8월 13일부터 10월 1일까지 48일간 (飼料 給與日數 44일)이었고, 一年魚는 1990년 8월 17일부터 10월 4일까지 49일간 (飼料 給與日數 42일)이었다.

飼育水는 濾過海水와 生海水를 반반씩 섞어 1분에 약 6ℓ를 흘려주었으며, 水溫은 自然狀態대로 두었다. 그 외 飼育水槽의 구조와 飼育管理 방법은 李等 (1993)의 실험에서와 같았으며, 사육 기간 동안 水溫은 23.4±0.26℃ (평균±표준편차), 比重은 1.022±0.0001을 유지하였다.

## 魚體測定 및 成分分析

當年生 稚魚에 대한 어체 측정은 처음 2 회는 2 주 간격, 마지막 1 회는 3 주 간격으로 하였고, 一年魚는 18 일마다 실시하였는데, 실험어를 MS-222 100 ppm에 마취시켜 전체 무게를 달았다.

실험 종료 후에 각 수조로부터 當年生 稚魚는 15 마리, 一年魚는 3 마리씩을 無作為로 추출하여 全魚體의 一般成分을 분석하였다. 각 수조별로 추출된 어체는 chopper로 분쇄한 후, 熱風 乾燥機에서 60℃로 10 시간 건조하여 분석 시료로 하였다. 水分은 加熱 乾燥法(105℃), 粗蛋白質은 Kjeldahl 窒素 定量法(N×6.25), 粗脂肪은 ether를 溶劑로한 Soxhlet 抽出法, 粗灰分은 乾式 灰化法(550℃, 5~6시간)으로 각각 분석하였다. 可消化 炭水化合物 含量은 실험 사료에 첨가된 dextrin 含量을 乾物로 환산하여 계산치로 나타내었다.

한편, 魚體分析 결과로부터 蛋白質 蓄積量과 脂質 蓄積量을 구하고, 蛋白質과 脂質의 燃燒熱價 5.65 및 9.40 kcal/g을 각각 곱하여 에너지 蓄積量을 계산하였다. 그리고 魚體內的 炭水化合物 蓄積量은 극히 적으므로 이 값은 무시하였다.

## 統計處理

실험 자료는 分散分析(ANOVA)을 한 후 평균간의 有意性을 검정하였고, 飼料 蛋白質 含量에 따른 魚體成分의 변화에 대해서는 相關分析을 하였다. 蛋白質 要求量은 日間 增重量을 指標로 二次 回歸曲線(Cowey et al. 1972)과 broken line model(Robbins et al. 1979)을 이용하여 추정하였다. 그리고 이러한 방법으로 추정된 蛋白質 要求量을 營養素 蓄積效率과 비교하여 검토하였다.

## 結 果

當年生 稚魚와 一年魚의 飼育結果는 Table 2 및 3에 나타난 바와 같다. 成長指標인 日間 增重量, 日間 蛋白質 蓄積量 및 日間 에너지 蓄積量은 어느 것이나 當年生 稚魚와 一年魚 모두 蛋白質 44% 飼料까지는 직선적으로 증가하고 있으나, 그 이후에는 蛋白質 含量 증가에도 불구하고 增加量이 아주 적거나 오히려 감소하였다. 飼料의 蛋白質 含量에 따른 日間 增重量의 변화로부터 二次 回歸曲線을 도출하여, 조피볼락의 最大成長에 필요한 蛋白質 要求量을 구한 결과, 當年生 稚魚는 56.7%, 一年魚는 50.6%로 當年生 稚魚의 要求量이 一年魚보다 약간 높게 나타났다(Table 4 및 Fig. 1). 그리고 broken line model에 의한 蛋白質 要求量 추정치는 當年生 稚魚 40.89±2.036%, 一年魚 39.91±0.774%로 어체 크기간에 차이가 없었다(Table 4 및 Fig. 3). 한편, 日間 蛋白質 攝取量을 기준으로 하여 어체 100g 당 日間 蛋白質 要求量을 구할 경우, 二次 回歸曲線에 의한 추정치는 當年生 稚魚 1.34g, 一年魚 0.43g이었고(Table 4 및 Fig. 2), broken line model에 의한 추정치는 當年生 稚魚 0.99±0.027g, 一年魚 0.35±0.006g이었다(Table 4 및 Fig. 4).

當年生 稚魚의 飼料效率 및 營養素 蓄積效率에 관해 살펴보면, 飼料效率은 蛋白質 含量 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보였는데, 蛋白質 44% 飼料까지는 47.2%에서부터 79.8%까지 빠르게 증가하였으나, 그 이후에는 81.3~85.6%로 그 增加幅이 아주 작았다(Table 2). 반면, 이와는 반대로 蛋白質 蓄積效率은 사료의 蛋白質 含量 증가에 따라 33.9%에서 26.9%에 이르기까지 점차 감소하는 경향을 보였으며, 특히 蛋白質 44%와 52% 飼料 사이에서는 약 3%가 감소되어 각 飼料間의 평균 減少幅 1.4%에 비하여 減少幅이 두드러지게 컸다. 그리고 에너지 蓄積效率은 27.4~44.1% 범위로서, 蛋白質 36% 飼料까지는 직선적으로 증가하였으나, 그 이후는 큰 증가가 없었다. 한편, 一年魚의 경우, 飼

조피볼락의 蛋白質 要求量

料效率은 점차 증가하여 蛋白質 52% 飼料에서 69.6%로 제일 높은 값을 보였고, 그 이후에는 감소하였다 (Table 3). 蛋白質 蓄積效率은 蛋白質 28~44% 飼料 사이에서는 22.2~23.4% 범위로 飼料間에 큰 차이가 없었으나, 蛋白質 含量이 이보다 높은 52%와 60% 飼料에서는 각각 19.0% 및 17.8%로 크게 감소하였다. 그리고 에너지 蓄積效率도 蛋白質 44% 飼料에서 최대값인 33.4%를 보인 후, 그 다음에는 30.4% 및 25.7%로 감소하였다.

Table 2. Growth performance of small size Korean rockfish fed diets containing graded levels of protein for 44 days<sup>1</sup>

Diet	1	2	3	4	5	6	SEM <sup>6</sup>
Protein level (%)	20	28	36	44	52	60	
Initial mean weight (g)	8.4	8.5	8.4	8.2	8.4	8.5	
Final mean weight (g)	14.6	16.8	19.1	20.6	20.1	22.0	
Mean weight gain (g)	6.2	8.3	10.7	12.4	11.6	13.6	
Daily weight gain <sup>2,4</sup>	1.21 <sup>a</sup>	1.49 <sup>b</sup>	1.77 <sup>c</sup>	1.95 <sup>de</sup>	1.86 <sup>cd</sup>	2.02 <sup>e</sup>	0.032
Daily protein retention <sup>2,4</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.29 <sup>c</sup>	0.32 <sup>d</sup>	0.32 <sup>d</sup>	0.35 <sup>e</sup>	0.008
Daily energy retention <sup>3,4</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.87 <sup>b</sup>	3.45 <sup>cd</sup>	3.52 <sup>cd</sup>	3.31 <sup>c</sup>	3.57 <sup>d</sup>	0.077
Feed efficiency (%) <sup>5</sup>	47.2 <sup>a</sup>	59.2 <sup>b</sup>	71.2 <sup>c</sup>	79.8 <sup>d</sup>	81.3 <sup>d</sup>	85.6 <sup>e</sup>	1.58
Protein retention efficiency (%) <sup>5</sup>	33.9 <sup>a</sup>	32.6 <sup>ab</sup>	31.8 <sup>bc</sup>	29.9 <sup>c</sup>	26.6 <sup>d</sup>	26.9 <sup>d</sup>	0.77
Energy retention efficiency (%) <sup>5</sup>	27.4 <sup>a</sup>	32.5 <sup>b</sup>	40.0 <sup>c</sup>	42.5 <sup>cd</sup>	42.3 <sup>cd</sup>	44.1 <sup>d</sup>	1.06
Daily feed intake <sup>2,6</sup>	2.56	2.52	2.48	2.44	2.28	2.36	
Daily protein intake <sup>2,6</sup>	0.53	0.71	0.88	1.06	1.19	1.27	

<sup>1</sup> Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different (p<0.05)

<sup>2</sup> g/(100 g fish weight×day).

<sup>3</sup> kcal/(100 g fish weight×day).

<sup>4</sup>  $\frac{\text{Fish weight, protein or energy gain}}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight})/2] \times \text{days fed}} \times 100$

<sup>5</sup>  $\frac{\text{Fish weight, protein or energy gain}}{\text{Feed, protein or energy intake}} \times 100$

<sup>6</sup>  $\frac{\text{Feed or protein intake}}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight})/2] \times \text{days fed}} \times 100$

<sup>7</sup> Standard error of the mean =  $\sqrt{\text{MSE}/n}$ , n=3.

當年生 稚魚와 一年魚의 全魚體 一般成分 분석치를 사용하여, 魚體의 크기에 따라 飼料의 成分이 魚體의 成分에 미치는 영향을 二元分類 (two-way ANOVA)로 분석하였고, 또 각 group마다 一元分類 (one-way ANOVA) 및 相關分析을 실시하였다 (Table 5 및 6). 二元分類 결과에 의하면 飼料의 成分은 魚體의 水分, 蛋白質 및 脂質 含量에 모두 영향을 미치는 반면, 실험어의 크기는 水分과 脂質 含量에만 영향을 주는 것으로 나타났다 (Table 6). 當年生 稚魚에 있어, 全魚體의 蛋白質 含量과 水分含量은

Table 3. Growth performance of large size Korean rockfish fed diets containing graded levels of protein for 42 days

Diet	1	2	3	4	5	6
Protein level (%)	20	28	36	44	52	60
Initial mean weight (g)	215.6	213.3	221.9	221.6	221.6	220.4
Final mean weight (g)	239.5	249.6	272.9	281.0	280.4	275.9
Mean weight gain (g)	23.9	36.4	51.0	59.4	58.8	55.5
Daily weight gain*	0.25	0.37	0.49	0.56	0.56	0.53
Daily protein retention*	0.01	0.06	0.07	0.09	0.08	0.09
Daily energy retention*	0.20	0.90	0.81	1.04	0.84	0.72
Feed efficiency (%)*	28.4	41.5	55.3	63.2	69.6	65.0
Protein retention efficiency (%)*	5.2	22.2	21.8	23.4	19.0	17.8
Energy retention efficiency (%)*	6.2	28.3	26.2	33.4	30.4	25.7
Daily feed intake*	0.88	0.90	0.89	0.89	0.80	0.82
Daily protein intake*	0.19	0.25	0.32	0.39	0.42	0.49

\* Refer to Table 2 for the unit and calculation method.

Table 4. Second order polynomial fitting and broken line model of daily weight gain to dietary protein levels or daily protein intake

1. Second order polynomial fitting
(a) Variable X : dietary protein level (%)
Variable Y : daily weight gain (g/100 g fish weight × day)
Small size group : $Y = 0.162 + 0.0407X - 0.000565X^2$
Y maximal = 1.978 at X = 56.7
Large size group : $Y = -0.315 + 0.03477X - 0.000344X^2$
Y maximal = 0.564 at X = 50.6
(b) Variable X : daily protein intake (g/100 g fish weight × day)
Variable Y : daily weight gain (g/100 g fish weight × day)
Small size group : $Y = -0.109 + 3.1163X - 1.15963X^2$
Y maximal = 1.985 at X = 1.34
Large size group : $Y = -0.468 + 4.8015X - 5.61801X^2$
Y maximal = 0.558 at X = 0.43
2. Broken line model
(a) Variable X : dietary protein level (%)
Variable Y : daily weight gain (g/100 g fish weight × day)
Small size group : $Y = 1.941 - 0.035(R - X_{LR})$ , $R = 40.89 \pm 2.063$ (SE)
Large size group : $Y = 0.551 - 0.015(R - X_{LR})$ , $R = 39.91 \pm 0.774$ (SE)
(b) Variable X : daily protein intake (g/100 g fish weight × day)
Variable Y : daily weight gain (g/100 g fish weight × day)
Small size group : $Y = 1.941 - 1.582(R - X_{LR})$ , $R = 0.99 \pm 0.027$ (SE)
Large size group : $Y = 0.551 - 1.853(R - X_{LR})$ , $R = 0.35 \pm 0.006$ (SE)

조피볼락의 蛋白質 要求量

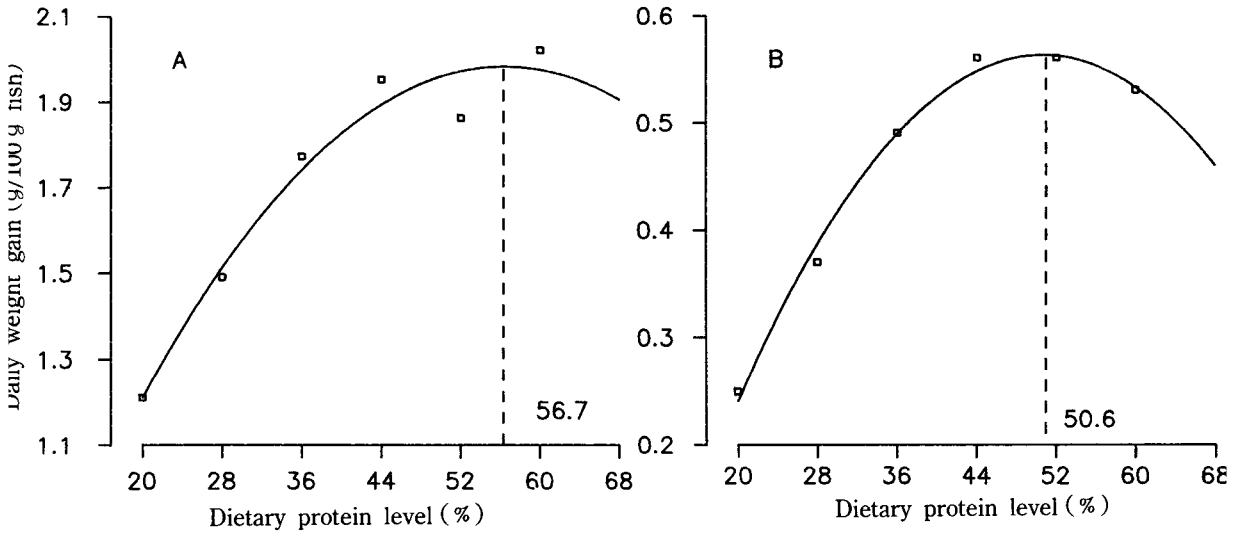


Fig. 1. Second order polynomial fitting of daily weight gain to dietary protein level in small size group (A) and large size group (B).

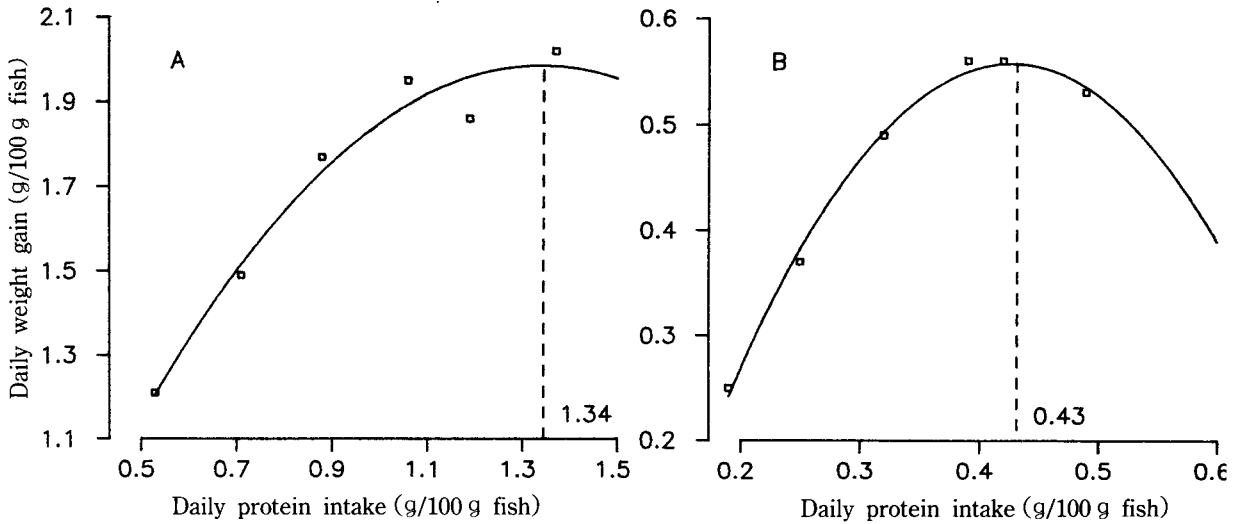


Fig. 2. Second order polynomial fitting of daily weight gain to daily protein intake in small size group (A) and large size group (B).

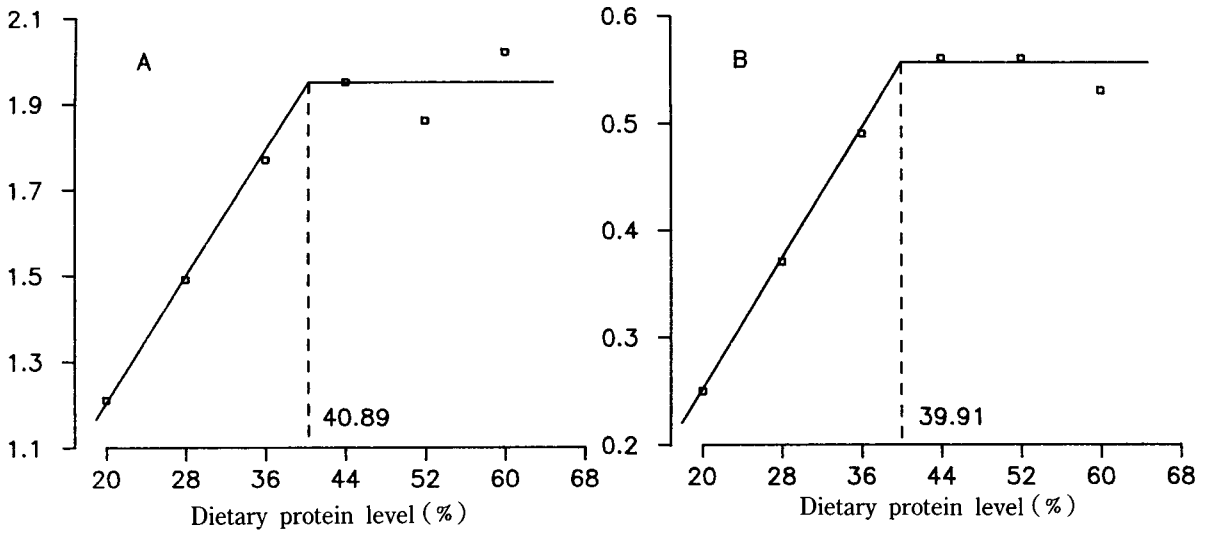


Fig. 3. Broken line model of daily weight gain to dietary protein level in small size group (A) and large size group (B).

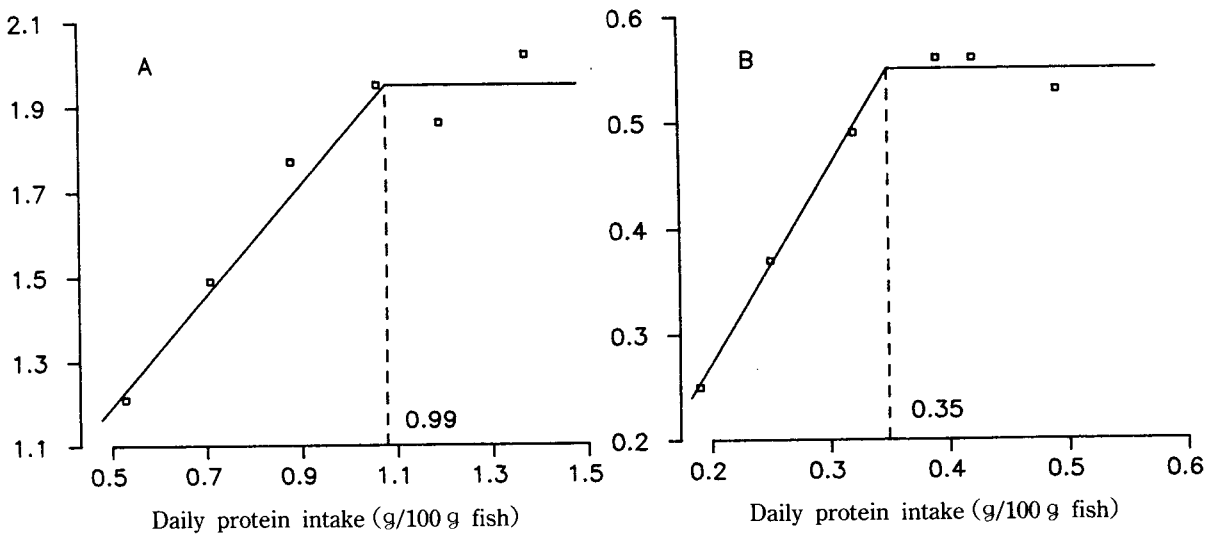


Fig. 4. Broken line model of daily weight gain to daily protein intake in small size group (A) and large size group (B).



조피볼락의 蛋白質 要求量

각각 16.3~17.3% 및 68.5~70.0% 범위로 사료의 蛋白質 含量 증가와 더불어 조금씩 증가였으나, 脂質含量은 10.0%에서 8.2%까지 차츰 감소하는 경향을 보였다 (Table 5). 반면, 一年魚의 水分, 蛋白質 및 脂質 含量은 각각 65.9~69.0%, 16.1~17.2% 및 10.0~12.1% 범위로서, 어느 것도 飼料成分과의 유의적인 관계가 없었다. 한편, 水分含量과 脂質含量은 魚體 크기에 따라 차이를 보였는데, 水分含量은 전 실험구를 평균하여 當年生 稚魚가 一年魚보다 약 1.6% 많은 대신, 脂質含量은 一年魚가 1.8% 정도 높았다.

Table 5. Proximate composition (%) of the whole body of Korean rockfish fed six different dietary protein levels<sup>1</sup>

	Initial	Final						SEM <sup>2</sup>
		Diet	1	2	3	4	5	
Small size group								
Moisture	69.7	68.5 <sup>a</sup>	68.8 <sup>ab</sup>	68.9 <sup>ab</sup>	69.0 <sup>ab</sup>	69.4 <sup>bc</sup>	70.0 <sup>c</sup>	0.23
Protein	17.4	16.3 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	16.7 <sup>ab</sup>	17.2 <sup>bc</sup>	17.3 <sup>c</sup>	0.15
Lipid	7.7	10.0 <sup>a</sup>	9.4 <sup>ab</sup>	9.6 <sup>ab</sup>	9.1 <sup>b</sup>	8.3 <sup>c</sup>	8.2 <sup>c</sup>	0.20
Large size group								
Moisture	65.8	67.9	65.9	67.6	67.0	69.0	67.9	
Protein	17.4	16.1	17.1	16.8	17.2	16.8	17.2	
Lipid	11.4	10.8	12.1	10.9	11.1	10.6	10.0	

<sup>1,2</sup> Refer to Table 2.

Table 6. Statistical analysis for proximate composition of the whole body of Korean rockfish fed six different dietary protein levels

	Two-way ANOVA			Small size group		Large size group
	Diet	Size	Interaction	One-way ANOVA	Correlation	Correlation
Moisture	p<0.005	p<0.001	p<0.05	p<0.05	0.765*	0.447
Protein	p<0.005	ns	ns	p<0.005	0.847*	0.629
Lipid	p<0.001	p<0.001	ns	P<0.0005	-0.879*	-0.664

\* p<0.001, ns : not significant (P≥0.05).

考 察

魚類의 蛋白質 要求量은 魚體의 크기, 水溫, 收容密度, 飼料 給與方法, 飼料 蛋白質의 質 및 非蛋白質 에너지 含量과 같은 여러 요인에 의해 영향을 받는다 (NRC 1983). 또한 동일한 실험 결과를 가지고도 蛋白質 要求量 決定을 위한 指標를 무엇으로 하며, 어떤 數學的 分析方法을 사용하느냐에 따라 요구량이 달라질 수 있다 (Tacon and Cowey 1985; Baker 1986). 本實驗에서는 日間 增重量을 지표로 하여 二次 回歸曲線 및 broken line model을 사용하여 蛋白質 要求量을 추정하였다. 그 결과, 二次 回歸曲線에 의한 蛋白質 要求量은 當年生 稚魚와 一年魚가 각각 56.7% 및 50.6%였고, broken line model에 의한 추정치는 當年生 稚魚와 一年魚 간에 별 차이가 없이 40% 내외였다.

二次 回歸曲線에 의한 蛋白質 要求量 推定 방법은 二次 回歸曲線에서 성장이 최대가 되는 點(最大 反應點)의 蛋白質 含量을 구하는 것인데, 보통 다른 방법으로 구한 요구량보다 수치가 높은 것이 특징이다(Zeitoun et al. 1976). 二次 回歸曲線은 broken line model에서와 같이 성장이 갑자기 변하는 것처럼 표시되는 부자연스러운 점이 없으므로 生物의 成長反應을 나타내는 데는 더 適合하며, 이렇게 구해진 蛋白質 要求量은 生物學的 最大成長을 위한 요구량이라 할 수 있다(Moore et al. 1988). 그러나 이 방법은, 本實驗에서 當年生 稚魚와 一年魚의 日間 增重量이 蛋白質 44% 이상인 飼料에서는 각각 1.86~2.02 g 및 0.53~0.59 g 범위로 飼料間에 차이가 거의 없었던 것과 같이, 最大 反應點 부근에서는 실험구 간에 통계적으로 유의적인 차이가 없는 점을 고려하지 않는 단점이 있다(Zeitoun et al. 1976). 즉, 蛋白質 含量이 最大 反應點에 가까워 올수록, 飼料 蛋白質 含量을 한 單位 증가시키는 데 대한 어체의 成長 增大效果가 아주 적게 되어 단백질 이용의 效率性이 떨어진다. 또한, 生物學的인 見地에서도 最大 反應點은, 성장이나 영양소 이용 효율이 낮은 개체를 포함하여, 한 母集團에 속하는 모든 동물의 요구량이 만족되었을 때에 나타나므로 역시 實際的이거나 經濟的이라고 할 수는 없다(Baker 1986).

한편, broken line model은 蛋白質 要求量 이하에서는 사료의 蛋白質 含量과 成長 사이에 직선적인 增加關係가 성립되지만, 요구량 이상이 되면 成長直線이 꺾여서(break) 평탄하게 되어, 더 이상의 成長增大가 없는 것을 가정하고 있다. 이 모델은 生物의 成長反應을 표시하는 데 있어 二次 回歸曲線보다는 適合도가 떨어지지만, 要求量 決定을 명확하고 객관적으로 할 수 있는 장점이 있다(Baker 1986). 더우기, broken line model에 의해 결정된 요구량은 한 母集團 내의 동물 중 蛋白質 要求量이 아주 적거나 큰 個體를 제외한 평균적인 동물의 蛋白質 要求量이 만족되는 수준이므로(Baker 1986), 二次 回歸曲線에 의해 결정된 요구량보다는 수치가 낮게 나타난다. 따라서, 이러한 수준으로 蛋白質을 급여할 경우 성장이 다소 낮아질 가능성이 있으나 사료의 이용면에서는 효율성이 더 크다고 할 수 있다. 本實驗에서도 broken line model로 구한 蛋白質 要求量은 當年生 稚魚 40.9%, 一年魚 40%로 二次 回歸曲線에 의해 구한 값보다는 상당히 낮은 것을 보여 주고 있다.

本實驗의 結果 나타난 조피볼락의 營養素 蓄積效率를 살펴보면, 當年生 稚魚의 蛋白質 蓄積效率는 飼料 蛋白質 含量이 증가함에 따라 계속 감소하기는 하였으나 44%를 넘어서면서 減少幅이 커졌고, 에너지 蓄積效率는 飼料 蛋白質 36% 이상에서는 더 이상의 증가 없이 일정한 것을 볼 때, 營養素 蓄積效率를 최대로 하는 當年生 稚魚의 適正 蛋白質 含量은 36~44% 사이임을 암시하고 있다. 또한, 一年魚에 있어서도 蛋白質 蓄積效率는 稚魚와 마찬가지로 飼料 蛋白質 含量이 44%를 넘어서면서 급격히 감소되고, 에너지 蓄積效率는 蛋白質 44% 飼料에서 최대값을 나타내고 있어, 蛋白質 및 에너지가 效率的으로 축적될 수 있는 飼料의 適正 蛋白質 含量은 44% 이하인 것을 알 수 있다. 이상과 같이, 營養素 蓄積效率 면에서의 조피볼락의 蛋白質 要求量은 稚魚, 一年魚 모두 40%에 접근하고 있어, 成長을 지표로 broken line model을 이용하여 추정된 蛋白質 要求量 40%와 일치하고 있다.

이와 같이 本實驗의 결과 二次 回歸曲線에 의한 蛋白質 要求量 추정치는 當年生 稚魚가 一年魚보다 약간 높았으나, broken line model에 의한 추정치나 營養素 蓄積效率를 기준으로 검토한 요구량은 어체 크기간에 별 차이를 보이지 않았다. 이와 관련하여 일반적으로 魚類의 蛋白質 要求量은 어체 크기 및 年齡의 증가와 더불어 감소한다고 알려져 있으며, 어린 고기일수록 요구량이 높다. Wilson and Halver (1986)는 여러가지 실험 자료로부터 魚類의 年齡과 蛋白質 要求量과의 관계를 정리하여, 雜食性 魚類에 속하는 차널메기, 잉어 및 틸라피아는 모두 成長에 따라 蛋白質 要求量이 점차로 낮아지는 것을 확인하였다. Wilson and Halver (1986)는 또한 肉食性인 연어類에 있어서도 같은 경향을 보인다고 설명하고 있다. 그런데, 이들이 연어類에 대해 설명한 내용을 검토하여 보면, 연어類 중에서

어떤 한 魚種에 대한 자료만을 대상으로 조사한 것이 아니고, 연어類에 속하는 여러 魚種의 蛋白質 要求量을 種의 구분 없이 年齡別로 나열한 결과, 성장에 따라 蛋白質 要求量이 변한다고 결론을 내리고 있음을 발견할 수 있다. 그러나 같은 연어類라 할지라도 蛋白質 要求量은 魚種에 따라 다를 수 있으므로, 魚種別 特性을 고려하지 않은 채, 이러한 결론을 내리는 데는 무리가 따른다고 생각된다. 예를 들어, 송어만을 대상으로 검토해 보면, 實驗魚의 크기가 3.5~25.5 g (Satia 1974), 6.25~18.5 g (Zeitoun et al. 1973) 및 6.2~8.6 g (Ogino et al. 1976) 되는 稚魚의 경우에는 蛋白質 要求量이 모두 40% 내외였고, 153~387 g (Austreng and Refstie 1979, cited in Tacon and Cowey 1985) 및 250~550 g (Beamish and Medland 1986) 되는 큰 고기에 있어서도 42~43%로서, 크기 및 年齡에 따른 蛋白質 要求量의 차이가 전혀 나타나지 않았다. 위에서 언급한 것처럼 本實驗에서의 조피볼락 蛋白質 要求量도 當年生 稚魚나 1年魚 모두 40%로서, 송어와 마찬가지로 魚體 크기간에 별 차이를 보이지 않았다. 이와 같이, 肉食性 魚種과 雜食性 魚種 間에 성장에 따른 蛋白質 要求量 pattern이 다른 것은, 雜食性 魚種은 성장에 따라 肉食性에서 雜食性으로 식성이 변하는 데 반하여, 肉食性 魚種은 어린 고기와 큰 고기간에 食性的 변화가 비교적 적은 데 기인하는 것으로 생각된다. 天然에서의 食성에 관한 연구 결과 조피볼락은 幼魚期에는 말새우, 자주새우 및 개류를 먹고, 成魚期에도 어류, 오징어류, 새우류 및 개류를 주로 먹는 강한 肉食性 魚種임이 밝혀져 있다 (Hatanaka and Iizuka 1962; 草刈 1988).

海産魚類의 蛋白質 要求量은 방어, 참돔 및 넙치가 55% (Takeda et al. 1975; Yone 1976; 黒木 1986), 자주복과 plaice, *Pleuronectes platessa*가 50% (Kanazawa et al. 1980; Cowey et al. 1972), 돌돔과 striped bass, *Morone saxatilis*가 45% 및 47% (Ikeda et al. 1988; Millikin 1983), gilthead bream, *Chrysophrys aurata*, estuary grouper, *Epinephelus salmoides*, 유럽산 농어 *Dicentrarchus labrax* 및 농어 *Lateolabrax japonicus*가 40% (Sabaut and Luquet 1973; Teng and Lim 1978; Hidalgo and Alliot 1988; 李等 1992)로 보고되어 있다. 이러한 연구 결과들은 실험어의 年齡, 飼料組成 및 飼育條件들이 서로 다르기 때문에, 엄밀한 의미에서 직접 비교하기에는 무리가 있으나, 本實驗에서 추정된 조피볼락의 蛋白質 要求量 40%는 현재까지 보고된 海産魚 中에서는 비교적 낮은 편에 속한다고 생각된다. 또한, 조피볼락의 蛋白質 要求量을 淡水魚類와 비교하면, 잉어의 31~38% (Ogino and Saito 1970; Takeuchi et al. 1979), 털라피아의 28~35% (De Silva and Perera 1985; Santiago et al. 1982) 및 차넬메기의 32% (Garling and Wilson 1976)보다는 높으나, 은연어의 40% (Zeitoun et al. 1974), 뱀장어의 45% (Nose and Arai 1972), 송어의 40% (Satia 1974; Zeitoun et al. 1973)와는 비슷한 수준이다.

한편, 蛋白質 蓄積效率은 섭취된 단백질이 成長을 위해 체내에 축적되는 비율을 나타내는데, 사료의 영향을 주로 받지만 어종이나 연령에 따라서도 차이가 난다. 本實驗의 경우 사료의 단백질 함량이 40%일 때 當年生 稚魚의 蛋白質 蓄積效率은 31% (飼料 3과 4의 평균)로서, Bowen (1987)이 조사한 魚類 16種의 평균값 31%와 동일하였다. 또한, 이 값은 돌돔 19% (Ikeda et al. 1988), gilthead bream, 24% (Sabaut and Luquet 1973), plaice, 23% (Cowey et al. 1972) 및 방어 28% (Takeda et al. 1975) 보다는 높고, 유럽산 농어 31.5% (Hidalgo and Alliot 1988)와는 비슷한 수준으로서, 海産魚 中에서는 조피볼락이 蛋白質을 성장에 비교적 效率的으로 이용하는 것을 알 수 있다.

年齡에 따른 蛋白質 蓄積效率의 변화를 보면, 조피볼락 一年魚의 蛋白質 蓄積效率은 23%로서 當年生 稚魚의 31% 보다는 상당히 낮았다. 鳥類나 哺乳類에 있어서도 蛋白質 蓄積效率은 日間 蛋白質 要求量과 마찬가지로 年齡의 영향을 받는다고 알려져 있다 (Brody 1945, cited in Bowen 1987). 즉, 동물이 커감에 따라 섭취된 蛋白質 中 成長에 이용되는 비율은 감소하는 대신, 維持에 필요한 비율은 증가하므로, 蛋白質 蓄積效率도 이에 따라 감소하게 된다. Leeson and Summers (1980, cited in Bowen 1987)에 의하면 생후 1 주된 닭의 蛋白質 蓄積效率은 59.8%이지만, 성장함에 따라 계속적으로 감소하여 10 주

후에는 26.1%가 되었다고 한다. 本實驗에서도 조피볼락 一年魚의 蛋白質 蓄積效率이 當年生 稚魚보다 낮아져서, 정도의 차이는 있으나, 陸上動物과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 이와는 달리, Huisman et al. (1979, cited in Bowen 1987)이 3~488 g 사이의 잉어를 대상으로 조사한 결과에 의하면, 魚體 크기가 달라져도 蛋白質 蓄積效率에는 큰 변화가 없었다고 하였다. 兩實驗의 결과가 이와 같이 차이가 나는 것은 魚種 또는 實驗條件의 차이 때문인지, 현재로서는 확실히 알 수가 없다. 魚類의 年齡에 따른 蛋白質 蓄積效率의 변화 특성을 확실히 파악하려면, 금후 다른 魚種에 대해서도 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

蛋白質 要求量を 飼料中の 蛋白質 含量(百分率)으로 표시하는 것은 현재까지 주로 사용되는 보편적인 방법으로서, 飼料組成을 처방 하는데 편리하게 이용할 수 있는 이점이 있다. 그러나 百分率로 표시되는 蛋白質 要求량은 상대적인 값이기 때문에 蛋白質 이외의 다른 營養素의 함량이나 飼料 給與率에 따라 달라진다 (Bowen 1987; Ogino 1980; Tacon and Cowey 1985). 예를 들어, 두 魚種間에 單位 體重당 하루에 필요한 蛋白質의 量이 같은 경우라도, 에너지 要求량이 높은 쪽의 飼料에 非蛋白質 에너지가 더 많이 첨가되므로, 사료의 蛋白質 含量은 상대적으로 낮아지게 된다. 또한, Ogino (1980)는 송어와 잉어에 있어 하루에 필요한 蛋白質 要求량을 충족시키기 위해서는, 日間 飼料 給與率이 2% 일 때는 蛋白質 含量이 60~65% 되는 사료를 먹여야 하나, 給與率을 4%로 증가시키면 蛋白質 含量을 30~32%로 줄여야 한다고 하여, 飼料 給與率에 따라 百分率로 표시되는 蛋白質 要求량이 달라짐을 보여 주고 있다.

이와 같은 蛋白質 要求량을 상대적인 값으로 표시하는 데 따르는 단점을 보완하기 위해, Tacon and Cowey (1985)와 Bowen (1987)은 蛋白質 要求량을 魚類가 최대 성장하기 위해 單位 體重당 하루에 필요한 蛋白質의 量(日間 蛋白質 要求量)으로 표시할 것을 제안하고 있다. 이러한 관점에서 Bowen (1987)은 어린 고기를 실험 대상으로 한 여러가지 실험 자료로부터 16種의 魚類에 대한 어체 100 g당 日間 蛋白質 要求량을 조사한 결과, 이들의 평균값은 1.625 g으로서, 陸上 脊椎動物의 평균값 1.20과 큰 차이가 없다고 하였다. 本實驗에서 나타난 조피볼락의 最大成長에 필요한 蛋白質 要求량은 當年生 稚魚 1.34 g, 一年魚 0.43 g으로서, 稚魚의 경우에는 Bowen (1987)이 구한 魚類 및 陸上動物의 평균값과 큰 차이가 없으나, 一年魚는 이보다 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 日間 蛋白質 要求량은 기본적으로 어류의 成長 潜在力에 의해 결정되므로, 本實驗에서 一年魚의 日間 蛋白質 要求량이 낮은 것은 年齡增加에 따라 成長率이 둔화되기 때문인 것으로 생각된다.

## 要 約

조피볼락의 蛋白質 要求량을 구명하기 위해 北洋魚粉을 蛋白質源으로 하여 에너지 含量이 동일하고 蛋白質 含量이 각각 20, 28, 36, 44, 52 및 62% 되도록 6種의 實驗飼料를 제조하여 當年生 稚魚(평균 체중 8g)와 一年魚(평균 체중 220g)를 대상으로 사육 실험을 실시하였다.

成長指標인 어체 100 g 당 日間 增重量, 日間 蛋白質 蓄積量 및 日間 에너지 蓄積량과 飼料效率은 어느 것이나 當年生 稚魚와 一年魚 모두 蛋白質 44% 飼料까지는 직선적으로 증가하였으나, 그 이후에는 飼料의 蛋白質 含量 증가에도 불구하고 증가량이 적거나 오히려 감소하였다. 飼料의 蛋白質 含量에 따른 日間 增重量의 변화로부터 二次 回歸曲線式을 도출하여 조피볼락의 生物學的 最大成長에 필요한 사료중의 蛋白質 含量을 추정한 결과 當年生 稚魚는 56.7%, 一年魚는 50.6%로 나타났다. 반면, broken line model을 이용하여 구한 蛋白質 要求量 추정치는 當年生 稚魚, 一年魚 모두 40%였다. 그리고 蛋白質 및 에너지 蓄積效率을 최대로

## 조피볼락의 단백질 要求量

하는 사료의 단백질 함량은 當年生 稚魚에서는 36~44%, 一年魚에서는 44% 이하로 나타나 營養素 蓄積效率 面에서의 조피볼락의 단백질 要求量도 當年生 稚魚, 一年魚 모두 40%에 접근하였다. 따라서, 조피볼락의 適正成長을 유지하고 營養素 蓄積效率 및 經濟的 效率性を 높이는데 필요한 사료중의 단백질 함량은 40%가 적정할 것으로 판단된다.

한편, 日間 蛋白質 攝取量を 지표로 하여 어체 100 g 당 日間 蛋白質 要求量を 추정된 결과, 二次 回歸曲線式으로부터 구한 단백질 要求量은 當年生 稚魚 1.34 g, 一年魚 0.43 g이었고, broken line model을 이용하여 구한 단백질 要求量은 當年生 稚魚 0.99 g, 一年魚 0.35 g이었다.

## 參 考 文 獻

- Austreng, E. and T. Refstie. 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture* 18:145~156.
- Baker, D. H. 1986. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *J. Nutr.* 116:2339~2349.
- Beamish, F. W. H. and T. E. Medland. 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*, *Aquaculture* 55:35~42.
- Bowen, S. H. 1987. Dietary protein requirements of fishes - A reassessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1995~2001.
- Brody, S. 1945. Bioenergetics and growth. Hafner Publishing Company, New York, NY.
- 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.
- De Silva, S. S. and M. K. Perera. 1985. Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *Tilapia nilotica* at four salinities. *Trans. Am. Fish. Soc.* 114:584~589.
- 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 fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.* 62 (2):225~243.
- Hatanaka, M. and K. Iizuka. 1962. Trophic order in a fish group living outside of the zostera area. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 28 (2):155~161.
- Hidalgo, F. and E. Alliot. 1988. Influence of water temperature on protein requirement and protein utilization in juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 72:115~129.
- Huisman, A. E., J. G. P. Klein Breteler, M. M. Vismans and E. Kanis. 1979. Retention of energy, protein, fat and ash in growing carp (*Cyprinus carpio* L.) under different feeding and temperature regimes. In J. E. Halver and Tiews (editors), *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20~23 June, 1978, Vol. I, Berlin.* p. 175~188.
- 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 (1):151~154.

- Ikehara, K. and M. Nagahara. 1980. The protein digesting ability and favourable contents of protein in diets for the rockfish, *Sebastes schlegelii*. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 31: 65~72.
- 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 (11) : 1357~1361.
- Leeson, S. and J. D. Summers. 1980. Production and carcass characteristics of the broiler chicken. Poultry Sci. 59: 786~798.
- 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: 373~78.
- Moore, B. J., S. S. O. Hung and J. F. Medranno. 1988. Protein requirement of hatchery produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture 71: 235~245.
- NAS (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. NAS, Washington, D. C. 50 pp.
- Nose, T. S. Arai. 1972. Optimum level of protein in purified test diet for eel, *Anguilla japonica*. Bull. Freshw. Fish. Res. Lab. Tokyo 22: 145~155.
- NRC (National Research Council). 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Acad. Press, Washington, D. C. 102 pp.
- Ogino, C. and K. Saito. 1970. Protein nutrition in fish. I. The utilization of dietary protein by young carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36: 250~254.
- Ogino, C., J. Y. Chiou and T. Takeuchi. 1976. Protein nutrition in fish VI. Effects of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42 (2) : 213~218.
- Ogino, C. 1980. Protein requirements of carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 (3) : 385~388.
- 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.
- Santiago, C. B., M. Banes-Aldaba and M. A. Laron. 1982. Dietary crude protein requirement of *Tilapia nilotica* fry. Kalikasan, 11: 255~265.
- Satia, B. P. 1974. Quantitative protein requirements of rainbow trout. Prog. Fish Cult. 36: 80~85.
- Tacon, A. G. J. and C. B. Cowey. 1985. Protein and amino acid requirements. In Peter Tytler and Peter Calow (editors), Fish energetics, New perspectives. Croom Helm, London p. 155~184.
- 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 yellow-tail. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41: 443~447.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 45: 983~987.

- Teng, S., T. Chua and P. Lim. 1978. Preliminary observation on the dietary protein requirement of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* MAXWELL, cultured in floating net-cages. *Aquaculture* 15: 257~271.
- Wilson, R. P. and J. E. Halver. 1986. Protein and amino acid requirement of fishes. *Ann. Rev. Nutr.* 6: 225~244.
- 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 p. 39~64.
- Yone, Y., S. Sakamoto and M. Furuichi. 1974. Studies on nutrition of red sea bream-IV. The basal diet for nutrition studies. Report of Fishery Research Laboratory, Kyushu University 2: 13~24.
- Zeitoun, I. H., P. I. Tack, J. E. Halver and D. E. Ullery. 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. *J. Fish. Res. Board Can.* 30: 1867~1873.
- Zeitoun, I. H., D. E. Ullery, J. E. Halver, P. I. Tack and W. T. Magee. 1974. Influence of salinity on protein requirements of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 1145~1148.
- Zeitoun, I. H., D. E. Ullery, D. E. Magee, J. L. Gill and W. G. Bergen. 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 167~172.
- 高泰昇·金炳均·明正仁. 1990. 조피볼락 種苗量産試驗. *수진사업보고* 86: 59~62.
- 金伯均·洪承賢·金昌永. 1989. 조피볼락 種苗量産試驗. *수진사업보고* 79: 23~26.
- 金相根·高昌淳·宋泉浩. 1987. 조피볼락 種苗生産 技術開發試驗. *수진사업보고* 71: 117~122.
- 김윤·노섭·고창순·김승현·김종화·지영주·양상근. 1987. 볼락류 (조피볼락) 종묘생산기술 개발시험. *수진사업보고* 71: 167~168.
- 佐佐木 攻. 1981. クロソイの養殖, 種苗生産と養成について. *養殖* 18 (7): 90~95.
- 李鍾允·姜龍珍·鄭承姬. 1992. 농어 飼料의 適正 蛋白質 含量. *수진사업보고* 96: 41~49.
- 李鍾允·姜龍珍·李尚旻·朴閔貞. 1993. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 營養研究用 試驗飼料의 蛋白質源 評價. *水振研究報告* 47. 인쇄중.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜, 一志社, 서울, p. 502.
- 黒木克宣·弟子丸修. 1986. 新魚種飼料開發研究 (ヒラメ飼料試驗). 鹿兒島縣水産試験場 事業報告書 (昭和 61年度) p. 35.
- 草刈宗晴. 1988. クロソイの増養殖技術について. *育てる漁業* 179: 2~8.
- 洪承賢·金昌永·金伯均. 1990. 조피볼락 種苗量産試驗. *수진사업보고* 86: 29~38.