

# 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사 동안 생존을 향상을 위한 생물학적 연구

## II. 자치어기의 에너지수지

진 평 · 신윤경 · 이정식\* · 김학균\*\*

부경대학교 해양생물학과 · 여수대학교 어병학과\* · 국립수산진흥원 적조연구부\*\*

조피볼락의 출산 후부터 치어기에 이르기까지 경과한 일수별로 성장, 호흡, 배설, 섭식 및 동화효율 등을 측정하여 에너지수지를 분석하였다. 출산후 자어의 전장은 4.56~5.49mm (평균 4.97mm, n=20)였으며, 20℃에서 1일 평균 성장률은 0.50mm였다. 출산후 경과일수에 따른 건중의 관계식은 16℃에서  $DW=0.0380e^{0.1120D}$  ( $r^2=0.9049$ ), 20℃에서  $DW=0.0324e^{0.1394D}$  ( $r^2=0.9239$ )였다. 비체중 산소 소비율 및 암모니아 질소배설률은 개체의 크기가 증가할수록 감소하였으며, 16℃에 비해 20℃에서 높았다. 섭식율은 16℃에서 자치어기의 25일 동안 65.8cal를, 20℃에서는 89.2cal를 섭취하여 20℃에서 높게 나타났다. 동화효율은 수온에 따라 차이는 없었으며, 출산 후 20일째에는 16℃와 20℃에서 86.2%였다. 출산 후 치어로 성장하는 동안 호흡에 비해 체성장에 더 많은 에너지를 이용하였으며, 수온이 높을수록 성장률이 빠르게 나타났다. 출산 후부터 치어로 성장하는 동안 누적 섭식에너지에 대한 총성장효율은 43%~47%, 순성장효율은 50%~55%였다.

### 서 론

조피볼락은 해상가두리 양식대상어종으로 각광 받고 있는 종으로, 서식생태가 암초지역에 분포하는 연안정착성으로 인공어초 투하지역의 방류어종으로 적합하다.

조피볼락에 관한 연구로는 주로 사료내 적정 단백질함량, 적정에너지에 대한 단백질 비 및 사료효율과 체조성에 관한 연구(Ikehara *et al.*, 1980)가 있으며, 생리학적 연구로는 미역첨가 사료의 생리적효과(Yi and Chang, 1994) 및 대사에 미치는 사료내 에너지/단백질의 영향(Kim and Chin, 1995) 외에는 찾아볼 수 없다.

한편, 어류의 에너지수지에 관한 연구는 최근 많이 보고되고 있으며(Kitchell *et al.*, 1977; Mills and Forney, 1981; Eldridge *et al.*, 1982; Dabrowski *et*

*al.*, 1988), 환경요인과 관련한 양식어류의 생리적 변화 및 에너지수지에 관한 연구는 주로 털라피아(Caulton, 1977; Jauncey, 1982; Moronova, 1976)와 무지개송어(Elliott, 1976; Staples and Nomura, 1976) 등에서 볼 수 있으나, 조피볼락에 관하여는 찾아보기 힘든 실정이다.

해산어류의 자치어기는 물리화학적 및 생물학적 요인에 의하여 초기 감도가 매우 높다. 일반적으로 어류자어의 성장과 발생에는 수온이 일차적으로 중요하며(Seikai *et al.*, 1986), 또한 먹이 획득정도도 자치어 성장의 변수로 작용한다(Laurence, 1977). 그러므로 환경요인의 변동에 따른 동물의 섭식, 호흡 및 배설 등에 관한 연구는 그 동물의 서식생태를 이해하는 데 도움이 되며, 산소소비 및 질소배설은 동물의 대사활성을 규정짓는 지표로서 양식장의 자치어 사육밀도를 좌우하는 중

요한 요인이 된다(Kikuchi *et al.*, 1990, 1991).

동물이 먹이를 통하여 획득한 모든 에너지는 체내에 축적되거나 대사과정을 통한 상실 및 배설질소와 분의 형태로 배출됨으로써 에너지수지의 균형을 나타내게 되는데 이는 동물의 생활사에 관한 전반적인 양상을 설명해주는 중요한 요인이다. 특히 에너지대사에 관한 연구는 수온, 염분 및 먹이 등의 환경에 대한 동물의 대사적 유형과 다른 영양단계간의 에너지 적응유형을 이해하는 총체적인 지표가 될 수 있으며, 그 동물의 생산성을 추측 (Vernverg and Vernverg, 1981) 하는 데 유용하다.

최근 연안해역의 오염으로 인한 어획자원량의 감소로 인하여 유용어종의 경우 잡는 어업에서 고밀도 양식업으로 발달됨에 따라 양식어류의 생산성 증대를 위해 양식장의 효율적인 관리와 보전을 위한 대책이 필요하다.

따라서 본 연구는 조피볼락의 출산 직후부터 자치어기 동안의 섭식, 호흡, 배설 및 동화효율 등의 대사변화를 토대로 에너지수지를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

1996년 4월부터 1997년 5월까지 경남 통영군 용초 호림수산 종묘배양장에서 양성중인 친어로 부터 출산된 조피볼락의 자어를 종묘배양장내 육상수조에서 사육하면서 실험에 필요한 재료를 선별하여 사용하였다.

사육기간동안 자치어에게 공급한 먹이는 출산 직후 5일까지는 rotifer를 10~15마리/ml 유지되도록 1일 2~3회 투여하였다. 산출 6일 이후부터는 매일 아침 저녁 2회로 구분지어 부화시킨 *Artemia nauplii* 유생을 5마리/ml 이상 유지되도록 공급하였다. 각 실험구는 여과한(공경 3  $\mu$ m) 해수(염분 32 $\pm$ 1‰)를 실험온도로 맞추어 환수하였고 먹이생물의 분포가 균등하도록 일정물로 폭기하였다. 광주기는 12L:12D로 조절하였다.

### 2. 측정방법

체장성장은 출산 직후부터 치어기까지 사육하면서, 10마리씩 무작위 추출하여 입체 현미경하에

서 전장을 측정하였으며, 체중성장은 30~50마리를 무작위 추출하여 여과해수에 옮겨 약 3시간 동안 장 내용물을 배출시킨 다음 증류수로 행군 뒤 70  $^{\circ}$ C 항온건조기에 넣어 24시간 건조시켜 건중을 칭량하였다. 산소소비량은 출산 직후부터 경과일수별로 산소검량기(YSI 58형)를 이용하여 측정하였으며, 암모니아성 질소배설량은 Solorzano (1969)의 방법으로 분석하였다. 조피볼락 자어의 출산 후 섭식률은 rotifer를 공급하여 Kamler *et al.* (1986)의 어류 자어의 섭식률 측정방법에 따라 측정하고 개체당 일간 섭식한 에너지로 나타내었다.

$$C = (P \times 24 \times EC_{12}) / n$$

여기서 C는 일간 섭식에너지, P는 1시간에 소비한 rotifer의 평균수 그리고  $EC_{12}$ 는 노출 12시간째의 rotifer 한마리의 에너지함량, n은 실험동물의 개체수를 나타낸다. 그리고 *Artemia nauplii*를 투여한 산출 6일 이후 조피볼락 자어의 섭식율은 공급한 먹이생물과 24시간 섭식 후 잔존 먹이생물의 건중량의 차이를 측정하여 섭식율을 산출하였다.

$$C = (W_{c24} - W_{f24}) \times W_0 \times H / W_{c24} \times n$$

여기서  $W_0$ 는 섭식개시시에 공급한 먹이의 건중,  $W_{c24}$  및  $W_{f24}$ 는 각각 24시간 경과한 대조구 및 실험구의 먹이생물의 건중 그리고 H는 먹이의 에너지함량을 나타낸다.

조피볼락 자치어의 동화효율은 먹이로 공급한 rotifer 및 *Artemia nauplii*와 배출분의 질소량을 지표로 하여 Durbin and Durbin(1981)의 방법으로 측정하였다.

$$\% \text{assimilation} = (\text{Food N} - \text{Faeces N} / \text{Food N}) \times 100$$

### 3. 에너지수지

자치어기 동안의 에너지수지는 표준 IBF 방정식 (Klekowski and Duncan, 1975)으로 나타내었다.

$$I_E = G_E + R_E + F_E + U_E$$

여기서,  $I_E$ 는 섭식에너지,  $G_E$ 는 동물의 체성장에 사용된 에너지,  $R_E$ 는 호흡에너지,  $F_E$ 는 배출분에너지 그리고  $U_E$ 는 배설질소의 에너지를 나타낸다.

섭식, 성장, 호흡, 질소배설 및 동화효율의 측정치를 사용하여 총성장효율( $K_1$ ) 및 순성장효율( $K_2$ )을 계산하였다.

- ① 총성장효율( $K_1$ ):  $(G \div I) \times 100$ 으로서 섭식에너지에 대하여 성장으로 전환시킨 양
- ② 순성장효율( $K_2$ ):  $(G \div A) \times 100$ 으로서 동화에너지에 대하여 성장으로 전환시킨 양으로 나타내었다.

## 결 과

### 1. 성장

수는 16℃와 20℃에서 조피볼락의 출산 후부터 치어기까지 사육하면서 경과한 일수별로 평균전장을 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

출산 직후 자어의 전장은 4.56~5.49mm(평균 4.97mm n=20)이던 것이 16℃와 20℃에서 출산 후 4일째는 평균 5.21mm와 5.40mm 그리고 출산 후 27일째는 각각 14.46mm와 18.53mm로 1일 평균 성장

률은 0.35mm와 0.50mm로서 16℃에 비해 20℃에서 성장률이 높게 나타났다(Table 1).

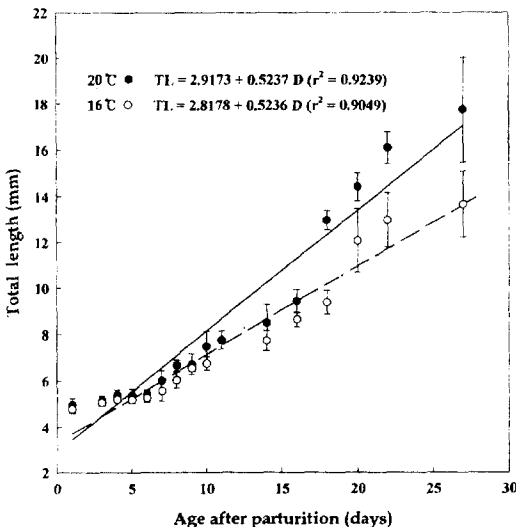
**Table 1.** The average daily growth rate of body length during the period from parturition to juvenile of the rockfish, *Sebastes schlegeli* at 16℃ and 20℃

Temp. (℃)	Initial body length (mm)	Final body length (mm)	Age (day)	Growth rate (mm/day)
16	4.97	14.46	27	0.35
20	4.97	18.53	27	0.50

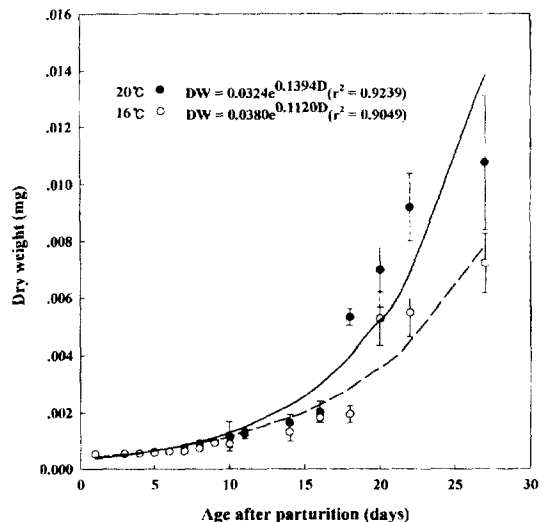
출산 후 경과일수에 따른 전장간의 관계식은 16℃에서  $TL = 2.8178 + 0.5236D$  ( $r^2 = 0.9049$ ), 20℃에서는  $TL = 2.9173 + 0.5237D$  ( $r^2 = 0.9239$ )였다.

Fig. 2는 출산 후 경과일수별로 20~30개체를 무작위로 추출한 자치어의 건중을 측정하여 경과 시간에 따른 체중성장을 산출하여 나타낸 것이다. 출산 후 경과일수에 따른 건중의 관계식은

16℃에서  $DW = 0.0380e^{0.1120D}$  ( $r^2 = 0.9049$ ), 20℃에서는  $DW = 0.0324e^{0.1394D}$  ( $r^2 = 0.9239$ )였으며, 이 관계식은 이후 에너지수지 분석의 체성장에 사용하는 에너지량을 산출하는 데 사용하였다.



**Fig. 1.** Average growth in total length of *Sebastes schlegeli* juveniles reared at 16℃ and 20℃.



**Fig. 2.** Average growth in dry weight of *Sebastes schlegeli* juveniles reared at 16℃ and 20℃.

2. 산소소비 및 질소배설

Fig. 3은 수온 16℃와 20℃에서 조피볼락 자치어기의 비체중산소소비율의 변화를 나타낸 것으로 개체의 크기가 증가할수록 비체중산소소비율은 감소하는 경향을 보였으며, 16℃에 비해 20℃에서 높게 나타났다. 체중과 산소소비율간의 관계식은 16℃에서  $\text{Log } R = 0.2809 - 0.7558 \text{Log } DW$  ( $r^2 = 0.8702$ ), 20℃에서  $\text{Log } R = 0.4240 - 0.7157 \text{Log } DW$  ( $r^2 = 0.9701$ )였다.

Fig. 4는 수온 16℃와 20℃에서 비체중암모니아

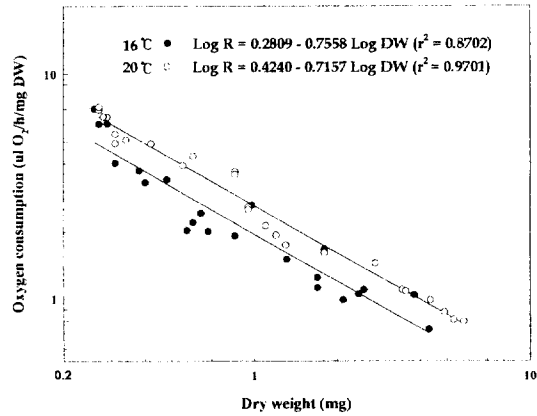


Fig. 3. The oxygen consumption rate of *Sebastes schlegeli* juveniles at 16℃ and 20℃.

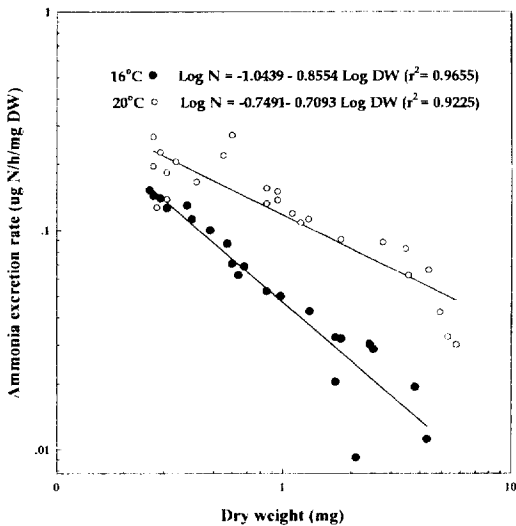


Fig. 4. The nitrogen excretion rate of *Sebastes schlegeli* juveniles at 16℃ and 20℃.

배설률의 변화를 나타낸 것으로 비체중암모니아 배설률은 비체중산소소비율의 변화와 같은 경향을 나타내었으며, 16℃에 비해 20℃에서 높았다. 체중과 암모니아 배설률간의 관계식은 16℃에서  $\text{Log } N = -1.0439 - 0.8554 \text{Log } DW$  ( $r^2 = 0.9655$ ), 20℃에서  $\text{Log } N = -0.7491 - 0.7093 \text{Log } DW$  ( $r^2 = 0.9225$ ) 였으며, 이후 산소소비율과 암모니아 배설률의 관계식은 에너지수지 분석에 적용하였다.

3. 섭 식

수온 16℃와 20℃에서 조피볼락의 출산 후부터 자치어기 동안 rotifer와 *Artemia nauplii*을 먹이로 공급하면서 경과일수에 따라 섭식량의 변화를 cal로 환산하여 나타내었다(Fig. 5). 사육시 출산 후부터 5일까지는 rotifer를 섭식하였으며, 6일 이후부터는 주로 *Artemia nauplii*을 섭식하였으므로 이를 섭식량 산출에 적용하였다. 먹이생물로 제공한 rotifer와 *Artemia nauplii* 부화유생 한 개체의 평균건중은 각각 0.2μg 및 2.2μg이었으며, 에너지 함량은 건중 mg당 각각 5.2cal 및 7.1cal였다. 그러므로 rotifer 1개체의 평균에너지는 0.00098cal이고 *Artemia nauplii*은 0.0156cal의 에너지를 함유하였다.

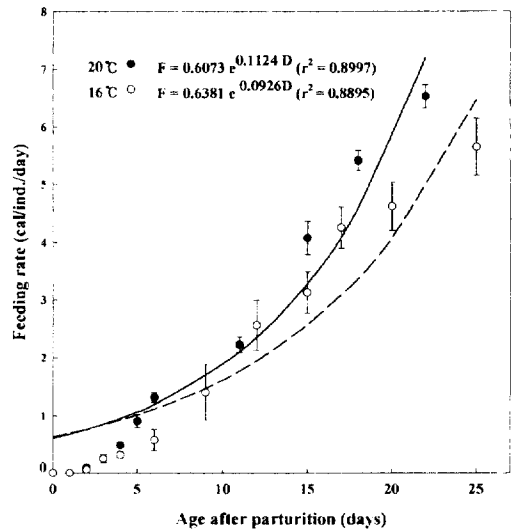


Fig. 5. Variations in feeding rates of *Sebastes schlegeli* juveniles with age after parturition at 16℃ and 20℃.

수는 16℃에서 출산 자어는 출산 후 4일째 rotifer를 0.9cal를 섭취하였으며, 10일째에는 *Artemia nauplii*를 1.6cal에 상당하는 에너지를 섭취하여 성장이 진행될수록 섭식량이 현저히 증가하여 출산 후 20일째는 4.1cal, 그리고 25일째에는 6.5cal를 섭취하여 자치어기의 25일 동안 섭취한 총에너지는 65.8cal였다(Fig. 5).

한편, 수는 20℃에서는, 출산 후 4일째 1.0cal, 15일째에는 3.3cal를 섭취하였으며, 25일째에는 10.1cal를 섭취하여 자치어기의 25일 동안 섭취한 총에너지는 89.2cal로서 수온이 높을수록 섭식량이 높은 것으로 나타났다(Fig. 5).

#### 4. 동화효율

조피볼락 자치어기 동안의 먹이 및 배출분의 건중 mg당 질소함량을 지표로 하여 동화효율을 산출한 결과는 Table 2에 나타내었다. 먹이로 공급한 rotifer와 *Artemia nauplii*의 건중 mg당 질소함량은 8.47% 및 9.50%였다. 20℃에서 조피볼락 출산 후 2일째 자어의 배출된 분의 질소량은 2.39%, 4일째는 2.15%로 동화효율은 각각 71.78%와 74.62%를 나타내었다. 그리고 출산 후 6일이 경과한 후 *Artemia nauplii*를 먹인 자어에서는 동화효율이 14일째 84.42%, 20일째는 86.21%였다. 16℃의 경우 *Artemia nauplii*를 섭식시킨 조피볼락 자치어의 동화효율은 14일째 85.26%, 20일째 86.21%로서 수온간의 차이는 나타나지 않았다(Table 2).

#### 5) 에너지 수지

수는 16℃ 및 20℃에서 조피볼락의 자치어기 동안 사용한 에너지를 성장, 호흡, 배설, 섭식 및 에너지 함량의 측정치로서 계산하였다. 자치어의 건중 mg당 에너지 함량은 5.35cal이다. 그러므로 출산 후 경과일수에 따라 성장에 이용하는 평균 에너지 함량은  $5.35\text{cal}/\text{mg} \times (\text{건중, mg})$ 이고, 체중성장식을 이용하여, 성장에너지를 산출하였다. 호흡에 사용하는 에너지를 산출하기 위하여 호흡에 사용된 산소량을 열로서 상실한 동량의 에너지를 변경시키는데는 Prosser(1973)가 제시한 산소  $\mu\text{g}$ 당 0.0048cal의 호흡열 계수를 사용하였다. 한편 배설로서 상실되는 에너지는  $\mu\text{g}$ 당 0.00406cal(Brafield and Solomon, 1972)의 변환치를 적용하였다. 동물이 섭식으로서 획득한 에너지는 출산 후 경과일수에 따른 개체당 일간 섭식물 회귀식에서 구하였고 섭식한 에너지 중에서 동물이 동화한 총에너지는 rotifer와 *Artemia nauplii*를 먹인 조피볼락 자치어의 질소동화효율 측정치를 적용하여 계산하였다.

수는 16℃ 및 20℃에서 조피볼락의 자치어기 동안 섭식한 누적에너지와 동화에너지에 대한 에너지수지의 각 부분별 사용백분율 및 성장효율을 구하여 Table 3에 나타내었다. 조피볼락이 출산 후부터 치어로 성장하는 동안 섭취한 총에너지는 16℃에서 65.8354cal, 20℃에서는 89.1695cal였으며, 총섭식에너지 중에서 체성장에 이용한 에너지는 16℃와 20℃에서 각각 28.6340cal(43.49%)와 42.1259cal(47.24%)였다. 그리고 호흡으로 이용한 에너지는

Table 2. Assimilation efficiency of the rockfish, *Sebastes schlegeli* juvenile fed rotifer and *Artemia nauplii* at 16℃ and 20℃

Food ration	Age (days)	Food N content(%)	Feces N content(%)	Assimilation efficiency(%)
Rotifer	2	8.47	2.39 (2.35)	71.78 (72.26)
	4	8.47	2.15 (2.29)	74.62 (72.96)
	7	9.50	2.04 (2.18)	78.53 (77.05)
<i>Artemia nauplii</i>	14	9.50	1.48 (1.40)	84.42 (85.26)
	20	9.50	1.31 (1.37)	86.21 (86.21)

\* The values in parenthesis are the content and efficiency at 20℃.

각각 25.9873cal(39.47%) 와 31.1280cal(34.91%) 를 차지하여 체성장에 더 많은 에너지를 이용하였다(Table 3).

**Table 3. Cumulative energy budgets of *Sebastes schlegeli* during the period from parturition to juveniles at 16°C and 20°C**

Parameter	Symbol	Energy(cal)	% A	% I
Growth	G <sub>E</sub>	42.1259	54.80	47.24
		(28.6340)	(50.5)	(43.49)
Respiration	R <sub>E</sub>	31.1280	40.49	34.91
		(25.9873)	(45.79)	(39.47)
Excretion	U <sub>E</sub>	1.7436	2.27	1.96
		(1.3056)	(2.30)	(1.98)
Not Used	N <sub>U</sub>	1.8755	2.44	2.10
		(0.8298)	(1.46)	(1.26)
Total assimilation	A <sub>E</sub>	76.8730	100.0	86.21
		(56.7567)	(100.0)	(86.21)
Egestion	F <sub>E</sub>	12.2965		13.79
		(9.0787)		(13.79)
Ingestion	I <sub>E</sub>	89.1695		100.0
		(65.8354)		(100.0)

\* The values in parenthesis are energy used at 16°C.

## 고 찰

일반적으로 어류자어에 있어서는 한정된 먹이 공급 조건하에서 사육밀도를 16개체 또는 30개체/l 이상으로 유지하면 성장에 저해를 보이기도 하며(Houde, 1975), 먹이를 rotifer에서 *Artemia nauplii*로 바꾸어 투이하는 시점에 따라서도 성장에 차이가 있는 것으로 알려져 있으며(Yasunaga, 1971), 수온의 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

수온 16°C와 20°C에서 조피볼락의 산출 후 자어의 평균 전장은 4.97 mm 이던 것이 치어로 성장한 27일 이후에는 16°C에서 14.46 mm, 20°C에서는 18.53 mm로 성장하였으며, 일일 평균 성장률은 각각 0.35 mm와 0.50 mm로서 20°C에서 더 높게 나타나 수온의 영향을 받는 것으로 나타나 성장의 일반적인 현상을 보였다.

Yi and Chang(1994)이 미역을 첨가한 사료가 조피볼락의 성장 및 생리기능에 좋은 효과를 주는 것으로 보고하고 있는 점과 성장에 효율적인 수온을 조절하여 준다면 조피볼락의 생산량 증대에 상당한 영향을 줄 것으로 여겨진다.

조피볼락 자치어의 비체중 산소소비율 및 암모니아 질소 배설률은 개체의 크기가 증가할수록 감소하였으며, 16°C에 비해 20°C에서 높게 나타났는데 이는 어류 자치어의 대사율은 수온, 염분 및 먹이 농도 등의 환경요인에 의해 영향을 받는다고 강조한 점과 부합된다(Almatar, 1984). Almatar (1984)는 수온 18°C, 염분 32‰에서 가자미류의 일종인 *Pleuronectes platessa* 유생이 1시간에 소비한 산소량은 0.60~2.78 μ로 보고하였으며, 19°C에서 측정된 넙치 자어의 산소소비량은 0.92~4.00 μ(Kim, 1994)였다. 한편, 본 실험에서는 20°C에서 0.80~7.50 μ로써 위의 보고와 다소 높은 차이를 보이고 있는데, 이는 저서성인 어류에 비해 부유성인 조피볼락의 생리적 반응으로 인해 높은 값을 나타내 보이고 있는 것으로 생각된다.

동물의 먹이섭취는 생물권을 통하여 에너지를 체내로 이동시키는 수단이므로 섭식율을 측정하는 것은 동물의 생태생리의 정량적인 측면에 있어서 기본과정이다.

수온 16°C와 20°C에서 조피볼락의 사육시 출산 후부터 5일까지는 rotifer를, 6일 이후부터는 *Artemia nauplii*를 섭식하였으며, 성장이 진행될수록 섭식량이 현저히 증가하여 자치어기의 25일 동안 섭취한 총에너지는 각각 65.8354cal와 89.1695cal로서 실험동물의 섭식량은 수온의 영향을 받는 것으로 나타났다.

갑각류, *Pandalus borealis*(Wienberg, 1982)는 섭식율이 온도에 의존하며, 온대지역 어류는 1.8~17.3%를 하루에 섭취하며, 열대지역 어류는 4.1~36.0%를 섭취하여 수온이 어류의 섭식량에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Tyler and Calow, 1985).

어류치어의 에너지 이용유형은 어류의 먹이동화율, 유영속도, 먹이의 농도와 질, 그리고 동물의 크기에 따라 차이를 보인다(Tyler and Calow, 1985). 일반적으로 초식성 어류는 유영속도가 빠르며, 특히 섭취한 먹이의 동화효율이 낮아 배설분을 통한 에너지의 상실이 많으므로 총성장효율은 낮은 값을 나타낸다. 육식성 어류는 단백질 함량이 높은 먹이를 섭취하므로 질소 배설을 통한 에너지의 상실량이 초식성 어류에 비해 많으며, 동화효율

은 80% 수준이다.

수는 20℃에서 조피볼락 자어가 치어로 성장하는 동안 누적에너지의 이용유형은 성장에 사용한 에너지가 47.24%, 호흡에 사용한 에너지가 34.91%, 그리고 질소배설로 인한 에너지는 1.96%였으며, 사용되지 않은 에너지가 13%로 호흡에 비해 성장에 사용하는 에너지가 많았으며, 동화효율은 86.21%로 에너지 이용유형은 육식성 어류에서 보이는 유형에 가까운 것으로 여겨진다.

수는 16℃와 20℃에서 조피볼락 자어가 치어로 성장하는 동안 총성장효율은 43~47%, 순성장효율은 50~55%였다. 넙치자어가 치어로 성장하는 동안 일간 총성장효율은 22~50%였으며(Kim, 1994), 돔의 일종인 *Achosargus rhomboidalis* 자치어의 총성장효율은 11~43%(Stepien, 1976)로서 본 실험의 결과가 다소 높은 값을 보인 점으로 보아 조피볼락 자치어기의 초기생활사 동안 섭취한 에너지를 체성장에 더욱 효율적으로 이용하는 것으로 여겨지며, 특히 이러한 에너지의 이용유형은 양식생물의 종묘생산에 중요한 특성이 될 것으로 여겨진다.

## 사 사

본 연구는 1996년도 교육부 학술연구조성비(수·해양분야)에 의해 수행되어진 것임.

## 인 용 문 헌

- Almatar, S. M. 1984. Effects of acute changes in temperature and salinity on the oxygen uptake of larvae of herring(*Cleupea harengus*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). *Mar. Biol.* 80 : 117~124.
- Brafield, A. E. and D. J. Solomon. 1972. Oxy calorific coefficients for animals respiring nitrogenous substances. *Comp. Biochem. Physiol.* 43 : 837~841.
- Caulton, M. S. 1977. The effect of temperature on routine metabolism in *Tilapia rendalli* Boulenger. *J. Fish Biol.* 11 : 549.
- Chin, P., H. Y. Kim and Y. K. Sin. 1992. Energy budgets for the developmental stages of *Palaemon macrodactylus*. *J. Korean Fish. Soc.* 25 : 341~358.
- Dabrowski, K., F. Kakashima and Y. K. Law. 1988. Bioenergetic model of planktivorous fish feeding, growth and metabolism : theoretical optimum swimming speed of fish larvae. *J. Fish Biol.* 32 : 443~458.
- Durbin, E. G. and A. G. Durbin. 1981. Assimilation efficiency and nitrogen excretion of a filter-feeding planktivore, the Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*(Pisces : Clupeidae). *Fish. Bull.* 79 : 601~616.
- Eldridge, M. B., J. A. Whipple and M. J. Bowers. 1982. Bioenergetics and growth of striped bass, *Morone saxatilis*, embryos and larvae. *Fish. Bull.* 80 : 461~474.
- Elliott, J. M. 1976. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout(*Salmo trutta* L.) in relation to body weight, water temperature and ration size. *J. Anim. Ecol.* 45 : 923.
- Houde, E. D. 1975. Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream *Archosargus rhomboidalis*(L.) (sparidae). *Jap. Fish. Biol.* 7 : 115~127.
- Ikehara, K., M. Nagahara, Y. Yamada and K. Naiki. 1980. Fundamental studies for establishing rockfish culture techniques - V. Feeding experiments on young rockfish, *Sebastes thompsoni* and *Sebastes schlegeli* during summer season. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.* 31 : 57~63.
- Jauncey, K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias(*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture.* 27 : 43.
- Kamler, E., M. Lewkowicz, S. Lewkowicz, J. Uchmanski and E. Urban-Jeziarska. 1986. Gravimetric techniques for measuring consumption of live foods and artificial diets by fish larvae. *Aquaculture.* 54 : 109~122.
- Kim, C. H. and P. Chin. 1995. Composition in juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Korean Fish. Soc.* 4 : 412~420.
- Kim, H. Y. 1994. Metabolism, energy budget and nitrogen balance of the left-eye flounder larvae,

- Paralichthys olivaceus*. Ph. D. thesis, Nat'l Fish. Univ. Pusan. 54 pp.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1990. Oxygen consumption and nitrogenous excretion of starved Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi. 56 : 1891.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1991. Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi. 57 : 2059~2064.
- Kitchell, J. F. and D. J. Stewart and D. Weininger. 1977. Applications of a bioenergetics model to yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). J. Fish. Res. Bd. Can. 34 : 1922~1935.
- Klekowski, R. Z. and A. Duncan. 1975. Physiological approach to ecological energetics. In methods for ecological bioenergetics (eds. W. Grodzinski, R. Z. Klekowski and A. Duncan). Blackwell Scientific. London. 15~64.
- Laurence, G. C. 1977. A bioenergetic model for the analysis of feeding and survival potential of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* larvae during the period hatching to metamorphosis. Fish. Bull. 75 : 529~546.
- Mills, E. L. and J. L. Forney. 1981. Energetics, food consumption and growth of young yellow perch in Oneida lake, New York. Trans. Am. Fish. Soc. 110 : 479~488.
- Moronova, N. V. 1976. Changes in the energy balance of *Tilapia mossambica* in relation to temperature and ration size. J. Ichthyol. 16 : 120.
- Prosser, C. L. 1973. Comparative animal physiology. Saunders Company, Philadelphia. X, V : 966 pp.
- Seikai, T., J. B. Tanangonan and M. Tanaka. 1986. Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 52 : 977~982.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in nature waters by the phenolhypochlorite method. Lim. Oceano. 14 : 799~801.
- Staples, J. and N. Nomura. 1976. Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol. 9 : 29~43.
- Stepien, W. P. 1976. Feeding of laboratory-reared larvae of the sea bream, *Archosargus rhomboidalis* (Sparidae). Mar. Biol. 38 : 1~16.
- Tytler, P. and P. Calow. 1985. Fish energetics : New perspectives. Croom Helm, London and Sydney. 349 pp.
- Vernberg, F. J. and W. B. Vernberg. 1981. Functional adaptation of marine organisms. Academic Press, New York. 347 pp.
- Wienberg, R. 1982. Studies on the influence of temperature, salinity, light and feeding rate on laboratory reared larvae of deep sea shrimp, *Pandalus borealis* (Kroyer). Meeresforschung. 29 : 136~153.
- Yasunaga, Y. 1971. Studies on the feeding habit and growth of the plaice, *Paralichthys olivaceus*, in the larvae stage. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. 68 : 31~43.
- Yi, Y. H. and Y. J. Chang. 1994. Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc. 27 : 69~82.



**Biological Study on the Increment of Survival Rate  
during Early Life Cycle in the Rockfish,  
*Sebastes schlegeli* (Teleostei : Scorpaenidae)**

**II . Energy Budget of the Larvae and Juveniles Stages**

**Pyung Chin, Yun Kyung Shin, Jung Sick Lee\* and Hak Gyoon Kim\*\***

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608 - 737, Korea

\*Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550 - 749, Korea

\*\*Department of Harmful Algal Blooms Research, National Fisheries Research  
and Development Institute, Pusan 619 - 900, Korea

In order to estimate energy budget of the rockfish, *Sebastes schlegeli* juvenile, during the period from parturition to juvenile, of rockfish were reared at constant condition of water temperature(16 °C and 20 °C). Energy used by the reared juveniles were calculated from estimates of data on growth, oxygen consumption, nitrogen excretion, feeding and energy content. After parturition, total length of juvenile was 4.56~5.49mm(average 4.97mm, n=20), and the average daily growth rates were 0.50 mm at 20 °C. The weight - specific oxygen consumption and nitrogen excretion rates decreased with increasing body weight. Temperature significantly affected oxygen consumption and nitrogen excretion rates, with the higher rates at 20 °C than 16 °C. During the 25 days from parturition to juveniles, feeding rates were 65.8cal at 16 °C, and 89.2cal at 20 °C. The assimilation efficiency estimated by nitrogen content of food and egested feces were 85.21% at 16 °C and 20 °C. During the period from parturition to juvenile, energy was used the higher in body growth than in oxygen consumption. The gross growth efficiencies( $K_1$ )and net growth efficiencies( $K_2$ ) of the rockfish, *Sebastes schlegeli* juvenile ranged from 43% to 47% and from 50% to 55%, respectively.