

## 양식산 볼락, *Sebastes inermis* Cuvier의 성장 특성

최희정, 홍경표, 오승용, 노충환, 박용주, 명정구, 김종만, 허준욱<sup>1</sup>, 장창익<sup>2</sup>, 박인석<sup>3,\*</sup>  
한국해양연구원 해양생물자원연구본부, <sup>1</sup>한국해양대학교 해양과학기술연구소,  
<sup>2</sup>부경대학교 해양생산관리학과, <sup>3</sup>한국해양대학교 해양환경·생명과학부

## Growth Characteristics of Cultured Dark-Banded Rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier

Hee Jung Choi, Kyung-Pyo Hong, Sung-Yong Oh, Choong Hwan Noh, Yong Ju Park,  
Jung Goo Myoung, Jong Man Kim, Jun Wook Hur<sup>1</sup>, Chang Ik Zhang<sup>2</sup> and In-Seok Park<sup>3,\*</sup>

Marine Living Resources Research Division, KORDI, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea  
<sup>1</sup>Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea  
<sup>2</sup>Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea  
<sup>3</sup>Division of Marine Environment & Bioscience, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

The objective of this study is to elucidate the growth pattern of dark-banded rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier, produced by aquaculture in Korea. Larvae from 250 maternal full-sibs were reared until 1,350 days after parturition. During the rearing period, growth equations on days after parturition (X) to the total length (TL) and body weight (BW) were estimated as  $TL=0.0217X$  ( $r^2=0.8867$ ) and  $BW=0.0001X^2+0.0713X$  ( $r^2=0.9858$ ), respectively. The relationship between BW and TL was  $BW=0.0072TL^{3.4373}$  ( $r^2=0.9945$ ). An increases in the eye diameter (ED) of dark-banded rockfish larvae on days after parturition (X) could be expressed as  $ED=-2E-5X^2+0.0326X$  ( $r^2=0.9886$ ). Relative growth equations on TL to head length (HL), snout length (SL), ED and postorbital head length (PHL) were calculated as  $HL=0.2652TL$  ( $r^2=0.9758$ ),  $SL=0.0613TL$  ( $r^2=0.9602$ ),  $ED=0.0752TL$  ( $r^2=0.9715$ ) and  $PHL=0.2652TL$  ( $r^2=0.9501$ ), respectively. Since there were few reports on the long-term growth experiment of this species due to difficulties in rearing techniques, results of this study would give a useful information to the biology and commercial culture techniques of dark-banded rockfish.

**Keywords:** Dark-banded rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier, Aquaculture, Growth pattern, Relative growth

### 서 론

우리나라 어류 양식산업은 1980년대 초부터 본격화되기 시작하여 2005년 현재까지 넙치(*Paralichthys olivaceus*)를 비롯한 10 여종이 양식대상 종으로 개발되어 있다(김 등, 2001). 그러나 현재 우리나라 양식 생산은, 넙치와 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 등 몇 종에만 편중되어 있고, 저가의 중국산 양식 어류의 수입으로 인하여, 양식 산업의 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있다. 이러한 우리나라 양식 산업의 난국을 타개하기 위해서는 양식대상 어종의 다변화를 위한 노력과 더불어, 특화된 양식 대상 어종의 개발이 절실히 요구된다. 특히 최근의 산업화 과정에서 야기되는 연안 오염과 어장 황폐화로 인한 수산생물 자원의 급격한 감소, 무분별한 연안 어족자원 남획을 고려해 보면 수산생물 자원의 조성을 위한 연안 정착성 어류의 자원 증대 노

력 시급한 실정이다.

볼락(*Sebastes inermis* Cuvier)은 썸뱅이목(Scorpaeniformes)의 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하며, 우리나라의 동해안과 제주도 해역을 포함한 전해역과, 일본 홋카이도 이남에 분포한다(정, 1997). 볼락은 연안 바위지역에서 10~20 마리씩 무리지어 생활하는 난태생 경골어류로서 11~12월에 0.4~0.5 cm의 자어를 산출한다(정, 1997; 최 등, 2002). 이러한 볼락은 양식 대상으로서 상품성이 높으며, 남해안 연안에서는 연중 채집이 가능한 정착성 어종으로(정, 1977; 이와 김, 1992), 그 생태학적 특성상 연안 수역에서의 목장화를 비롯한 자원 조성용 어종으로도 유망하다(고 등, 1998).

지금까지의 볼락에 관한 연구로는 정소의 계절적 변화양상 조사(Mizue, 1958), 연령과 성장 및 성숙에 관한 연구(Mio, 1960), 교미습성 구명(Shinomiya and Ezaki, 1991), 성 성숙과 체내 발달과정 파악(이와 김, 1992), 난 발생과정과 산출 자어 형태 조사(김과 한, 1993) 및 산출 자치어의 외부 형태 및 골격

\*Corresponding author: ispark@hhu.ac.kr

발달 연구(김 등, 1993) 등의 생식학적, 발생생물학적 및 양식 생물학적 연구가 이루어진 바 있다.

볼락은 비교적 저수온에 강하여 우리나라 남해 전해역에서 월동이 가능한 어종이나 각종 오염물질의 연안 유입과 무분별한 남획 등으로 그 자원량이 급격하게 줄어들어 종묘생산을 위한 어미 확보조차 어려운 현황이다.

따라서 양식기술 확립과 연안자원 조성을 위한 종묘의 대량 생산 및 성장 특성을 파악하기 위한 연구가 필요하다. 양식대상 종에 대한 성장 특성 즉 계측형질 파악은 분류학적 종 및 성의 구분(Quellette and Qadri, 1968; Park et al., 2001a), 잡종(hybrid)과 같은 미확인 종의 확인(Neff, 1987; Park et al., 2003), 종내 개체군의 형태 변이 양상 구명(Winans, 1985; Park et al., 2001b) 등 계통학적 연관 관계의 확인을 위해서도 중요하다. 특히, 볼락의 성장 특성에 대한 연구는 종묘 초기 단계의 전장(total length) 성장에만 국한되어있어(김 등, 1993) 장기간의 성장 특성에 관한 세밀한 조사가 요구된다. 따라서 이 연구에서는 볼락의 초기 성장을 비롯하여 1,350일에 걸친 사육을 통해 성장 특성 및 두부관련 형질(head parameter)의 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어류

실험어 생산을 위하여, 1998년 경남 통영시 해역에서 채집된 볼락(*Sebastes inermis* Cuvier) 치어를 인근 해역의 조도에 설치된 한국해양연구원 해상가두리에서 5년 동안 사육하여 볼락 친어 집단을 확보하였다.

이들 친어 집단 중 복부가 불러 산출 직전에 해당되는 것으로 판단되는 암컷 친어 250 마리를 선별한 후 2003년 1월 4일에 경남수산자원연구소의 50톤 용량의 콘크리트 원형수조에 옮겨 수용하였다. 원형수조 수용 1일 후인 1월 5일에 최초 산출이 관찰되었으나, 자어간 일령 차이로 인한 성장 차이 요인을 제거하고자 산출량이 최대인 것으로 판단되는 2004년 1월 7일에 산출된 자어만을 본 실험에 사용하였다.

### 초기사육과 종묘생산

어미로부터 산출된 자어는 50톤 용량의 콘크리트 원형수조에 5천마리/톤의 밀도로 수용하였고, 수용 후 최초 2일간은 지수식으로 약하게 공기를 주입하면서 관리하였다. 사육 수조의 수질 안정을 위해 산출 직후부터 산출 후 10일까지 매일 아침 시판되는 해산 *Chlorella* sp.를 공급하여 하루 중 40~80만 cell/ml로 유지하였다.

산출 후 2일부터 산출 후 9일까지 100~350  $\mu$ m 크기의 로티퍼(*Brachionus plicatilis*)를 1일 2~3회 공급하여 하루 중 사육수내 로티퍼의 밀도가 5~7 개체/ml가 유지되도록 하였다. 이후 자어가 성장함에 따라 산출 후 10일부터 알테미아(*Artemia* sp.) 유생을 1일 2회 공급하여 하루 중 0.5 개체/ml로 유지하였다.

산출 후 30일부터는 Table 1과 같은 조성의 시판 배합사료(이화사료, 한국)를 자어의 입 크기를 고려하여 적당한 입자 크기의 배합사료를 1일 5회, 그리고 알테미아를 1일 2회 병행하여 공급했으며, 산출 후 80일 부터는 배합 사료만을 1일 6회 이상 공급하였다.

적절한 수질을 유지하기 위해 자어 수조에 공급되는 해수는 고압모래여과기(40  $\mu$ m)로 전 처리한 여과 해수를 사용하였으며, 산출 3일 이후부터 10일까지는 1일 0.5회전 환수시켰고, 이후 자어가 성장함에 따라 환수량을 차츰 증가 시켰다. 산출 2일째 수조 바닥에 침전된 어미 배설물과 죽은 자어를 사이폰으로 제거하였고, 이후 3일 간격으로 수조 바닥 청소를 실시하였으며, 부화 및 종묘생산 기간 동안의 사육 수온은  $15.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$ , 용존산소는  $9.5 \pm 1.2$  mg/L를 유지하였다. 산출 후 160일에 육상수조에서 사육 중인 자어를 경남 통영시 산양면 소재 한국해양연구원 해상가두리(3 $\times$ 3 $\times$ 6 m)로 옮겨 해상사육을 실시하였다. 수온변화는 Fig. 1과 같다.

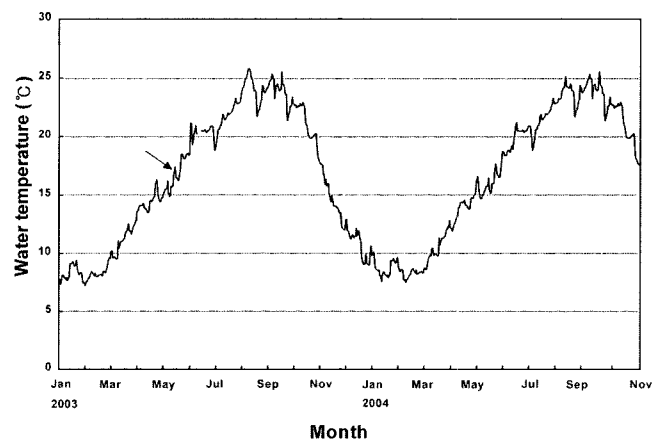
### 표 본

표본은 1일간 절식시킨 후 오전 10시 전후에 사육 수조 중 층을 회유하는 자어를 무작위로 50마리씩 채집하였다. 산출 후 30일까지는 2일 간격으로 16회, 산출 후 35일 부터 100일까지

**Table 1.** Chemical composition of the experimental diets (dry matter basis) used in this experiment\*

	%
Moisture	10.0
Crude protein	46.7
Crude fat	6.4
Crude ash	13.1
Crude fiber	1.3
Gross energy (kcal/g)	4.79

\*From Ewha Oil and Fat Industry Co., LTD., Korea.



**Fig. 1.** Monthly change of water temperature for dark-banded rockfish, *Sebastes inermis* in this experiment. Arrow : the times that moved to the net cage.

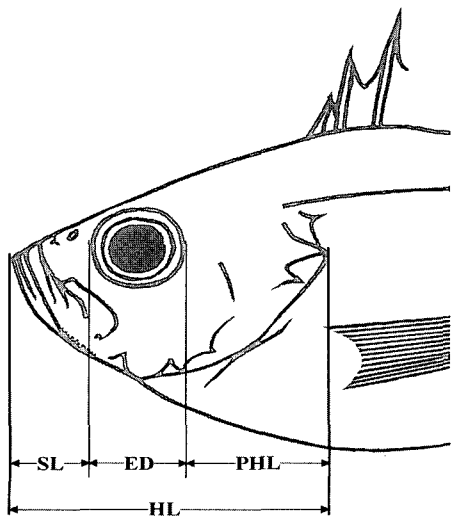
는 5일 간격으로 14회, 그리고 산출 후 110일부터 200일까지는 10일 간격으로 10회, 산출 후 230일부터 최종 표본 시점인 산출 후 1,350일까지는 30일 간격으로 25회 실시하였다. 표본을 즉시 300 ppm 염산리도카인(lidocaine-HCl, 흥성제약, 한국)/1,000 ppm 중탄산나트륨(NaHCO<sub>3</sub>, Sigma, USA)으로 마취시킨 다음 즉시 10% 중성 포르말린(100 ml formalin, 6.5 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O, 4.5 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 900 ml 해수)에 고정하여 냉장 보관하였으며, 고정 1일 후 신선한 고정액으로 재고정하여 계측시까지 냉장 보관하였다.

**전장 및 체중 성장 조사**

산출 일수 경과에 따른 전장 및 체중(body weight)의 성장을 조사하였다. 전장은 산출 후 60일까지 해부현미경(Stemi DV4, Zeiss, Germany)의 eyepiece micrometer 하에서 그리고 산출 후 70일부터 1,350일까지는 digital vernier calipers (Mitutoyo, Japan)를 사용하여 1/100 cm 단위까지 측정하였으며, 체중은 전자저울(Acom, Korea)을 사용하여 1/100 g 단위까지 측정하였다. 성장 특성을 파악하기 위하여 체중과 전장간의 관계식  $W=aL^b$  식( $W$ =체중,  $L$ =전장,  $a$ ,  $b$ = 상수)을 구하였다.

**두부 계측형질 성장 조사**

각 성장 단계별 표본을 대상으로 두부 계측형질은 Serafy et al. (1996)의 방법에 따라서 두장(head length), 주둥이길이(snout length), 눈지름(eye diameter) 및 후두부길이(post-orbital head length)를 측정하였다(Fig. 2). 산출 후부터 1,350일까지의 눈지름 성장은 Von Bertalanffy 성장식(장, 1991)을 적용 하였으며, 눈지름, 두장, 주둥이길이, 후두부길이의 성장 등과 전장과의 상관관계를 파악하였다.



**Fig. 2.** Diagram showing the measurement of metric head traits in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*: head length (HL), postorbital head length (PHL), snout length (SL) and eye diameter (ED).

**결 과**

**전장 및 체중 성장**

볼락, *Sebastes inermis* Cuvier 산출은 이른 새벽부터 시작하여 해뜨기 전에 산출이 끝났으며, 산출 직후 자어의 평균 전장은 0.57±0.042 cm, 평균 체중은 0.0001±0.00001 g으로 난황이 존재하였다(Table 2). 입은 산출시 이미 열린 상태였으며, 초기 먹이로 사용한 로티퍼를 먹기 시작한 시기는 산출 약 6시간 경과 부터였다.

산출 1일 후 부터는 로티퍼를 활발히 먹기 시작하였으며, 4 일째 난황이 완전히 흡수된 자어의 형태로 발육 하였고, 산출 후 20일된 개체들은 미골부가 발달하여 꼬리지느러미 줄기가 10~12개로 발달 하였다. 산출 후 30일째로 접어들면서 어체는 평균 전장 0.94±0.131 cm, 평균 체중 0.006±0.0032 g의 크기로 성장 하면서, 등지느러미와 뒷지느러미에 줄기가 분화하기 시작하였다(Table 2).

**Table 2.** Total length and body weight at days after parturition of cultured dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*

Days after parturition	Total length (cm)*	Body weight (g)*
0	0.57±0.04	0.0001±0.00001
10	0.68±0.04	0.002±0.0004
20	0.84±0.07	0.004±0.001
30	0.94±0.13	0.006±0.003
40	1.11±0.13	0.01±0.005
50	1.52±0.25	0.03±0.02
60	1.56±0.24	0.04±0.02
70	1.88±0.36	0.07±0.05
80	2.80±0.31	0.30±0.10
90	3.13±0.20	0.41±0.10
100	3.78±0.25	0.76±0.17
120	4.84±0.26	1.86±0.35
140	5.50±0.36	2.93±0.66
160	5.69±0.03	3.24±0.05
180	6.19±0.04	4.35±0.11
200	6.97±0.21	6.60±0.70
250	8.49±0.39	13.21±2.18
300	10.23±0.86	25.62±5.83
350	11.75±0.79	32.75±7.00
400	13.18±0.55	41.43±8.83
450	14.49±1.04	57.68±12.38
500	15.44±0.88	61.74±14.71
550	16.46±1.12	82.30±7.81
650	17.12±1.10	100.02±2.68
750	18.02±0.32	150.12±4.12
850	18.79±2.16	184.21±1.89
950	19.16±2.14	200.12±2.22
1050	20.20±1.89	235.14±2.10
1150	21.46±2.54	254.10±1.74
1250	22.05±1.10	276.23±2.13
1350	23.51±1.03	320.15±1.19

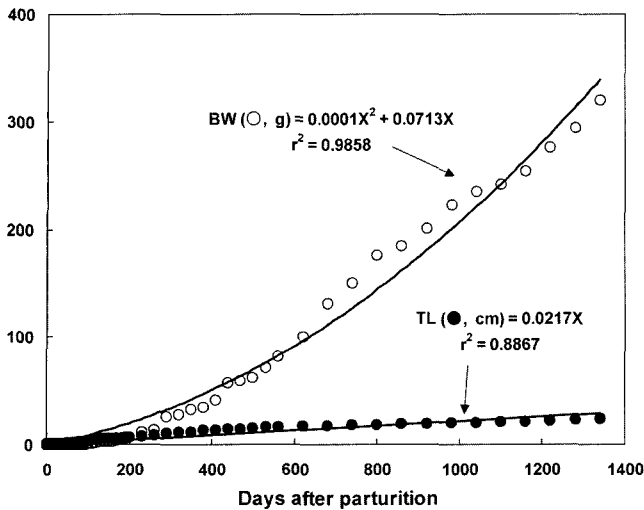


Fig. 3. Growth patterns of total length (TL) and body weight (BW) on days after parturition (X) in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*.

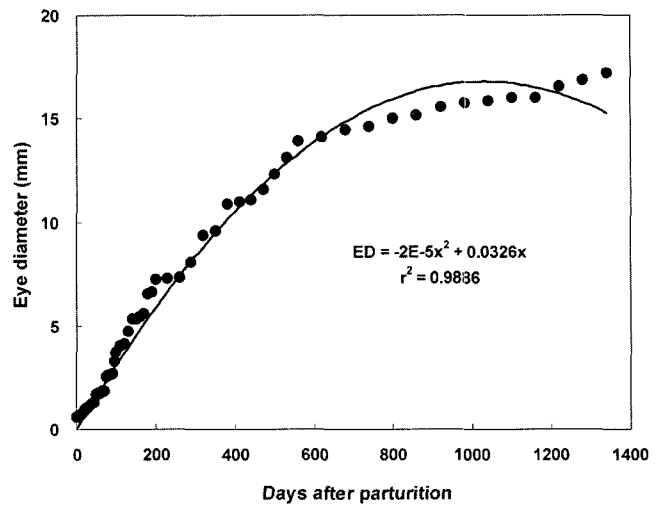


Fig. 5. Growth pattern of eye diameter (ED) on days after parturition (X) in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*.

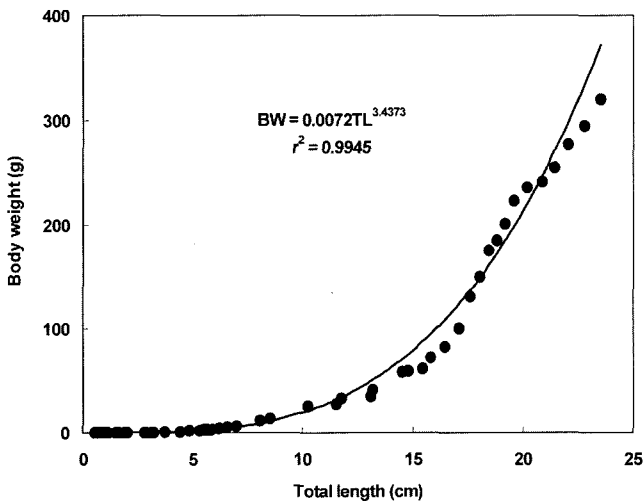


Fig. 4. Relationship between body weight (BW) and total length (TL) in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*.

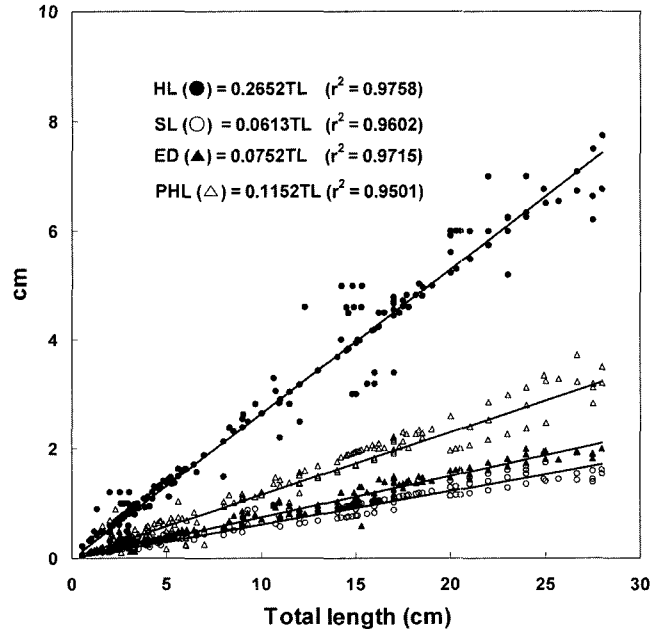


Fig. 6. Relationship of head length (HL), snout length (SL), eye diameter (ED) and postorbital head length (PHL) to total length (TL) in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*.

배합사료만 공급하기 시작한 산출 후 80일경의 불락은 평균 전장과 체중이  $2.80 \pm 0.312$  cm,  $0.30 \pm 0.102$  g이었으며, 산출 후 100일째에는 각각  $3.78 \pm 0.255$  cm,  $0.76 \pm 0.172$  g으로 성장하였다.

육상사육이 종료되고 해상 가두리 사육 시점인 산출 후 160일 치어기의 평균 전장은  $5.69 \pm 0.032$  cm, 평균 체중  $3.24 \pm 0.053$  g이었다. 해상가두리에 수용 후부터 불락 치어는 매우 빠른 성장을 보여, 산출 후 200일에 평균 전장  $6.97 \pm 0.211$  cm, 평균 체중  $6.60 \pm 0.704$  g이었던 치어는 산출 후 1,350일에는 평균 전장  $23.51 \pm 1.033$  cm, 평균 체중  $320.15 \pm 1.192$  g으로 각각 성장하였다.

산출 후 1,350일까지의 전장 성장식은  $TL = 0.0217X$  ( $r^2 = 0.8867$ ) (TL: total length; X: days after parturition)으로서, 사육 일수에 비례하여 직선식을 보였다. 체중 성장은 곡선성장을 보

였고, 해상 가두리 입식시기인 산출 후 160일 이후부터는 성장이 양호하였으며, 성장식은  $BW = 0.0001X^2 + 0.0713X$  ( $r^2 = 0.9858$ ) (BW: body weight; X: days after parturition)이었다(Fig. 3). 산출 직후부터 산출 후 1,350일까지 전장(TL)과 체중(BW)간의 상관관계는  $BW = 0.0072TL^{3.4373}$  ( $r^2 = 0.9945$ )로 나타났다(Fig. 4). 비례 성장 비교시 전장 10 cm, 체중 20~30 g 이상인 불락의 성장은 체중성장 보다는 전장 성장이 크게 나타났다.

### 두부 계속형질 성장

눈지름은 산출 후 600일까지는 거의 직선적인 성장을 보였

고, 산출 후 1,350일까지의 성장은  $ED = -2E - 5X^2 + 0.0326X$  ( $r^2 = 0.9886$ ) ( $ED$ : eye diameter;  $X$ : days after parturition)로 나타났 다(Fig. 5). 눈지름과 전장간의 상관관계는  $ED = 0.0752TL$  ( $r^2 = 0.9715$ ) 이었고(Fig. 6), 두장과 전장간의 관계는  $HL = 0.2652TL$  ( $r^2 = 0.9758$ ) ( $HL$ : head length;  $TL$ : total length)이었으며, 주둥 이길이와 전장과의 관계는  $SL = 0.0613TL$  ( $r^2 = 0.9602$ ) ( $SL$ : snout length;  $TL$ : total length)이었다. 후두부길이가와 전장과는  $PHL = 0.1152TL$  ( $r^2 = 0.9501$ ) ( $PHL$ : postorbital head length;  $TL$ : total length)로 나타났다.

두장, 주둥이길이, 후두부길이 등 각 두부 계측형질의 성장은 전장 성장과 모두 일직선의 상관을 보였으며, 전장에 대한 각 두부 계측 항목의 성장 순위는 두장, 후두부길이, 눈지름, 주둥이길이의 순이었다.

## 고 찰

볼락속은 동일한 속 내에서도 성장 초기 단계에서의 분류가 어려우며, 두부극의 형성과정, 계수형질, 체형, 출산시의 자어의 크기 및 색소포 형성 등이 주요 분류 기준이 되고(中山, 1983; 김 등, 1993), 어류의 난이나 자치어의 형태, 계수형질, 초기성장 및 분포는 초기생활사의 중요한 자료로 활용된다.

이 연구에서 볼락 산출 직후 자어의 평균 전장은 0.57 cm로 김 등(1993)이 보고하였던 0.59 cm와 유사한 크기를 나타내었다. 산출 직후의 볼락 전장은 자연 산출한 양볼락과 어류인 우럭볼락(*Sebastes hubbsid*, 전장 0.44 cm, 庄島, 1958), 탁자볼락(*S. taczanowski*, 0.50 cm, Sasaki, 1974), 및 썸뱅이(*Sebastes marmoratus*, 0.40 cm, 大上 등, 1978)보다는 조금 컸으며, 개볼락(*S. pachycephalus nigricans*, 0.70 cm, Fujita, 1957), 조피볼락(*S. schlegeli*, 0.68 cm, 星畝, 1977) 및 황점볼락(*S. oblongus*, 0.74 cm, Fujita, 1958)보다는 작았고, 흰꼬리볼락(*S. longispinis*, 0.59 cm, Takai and Fukunaga, 1971) 및 개볼락(*S. pachycephalus pachycephalus*, 0.56 cm, 水戸, 1966)과는 비슷한 것으로 나타났다. 이와같이 최초 초기 자어의 크기는 친어의 영양 상태, 건강도, 나이, 환경 조건 등에 따라서 어느 정도 차이는 있을 수 있으나, 종간 차이에서도 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

김 등(2001)에 의하면 볼락의 종묘생산을 위한 적정 사육수 온은 15이며, 먹이는 산출 후 1일부터 산출 후 50일까지 로티 퍼와 알테미아를 혼합 공급했고, 적정 초기사육 밀도는 15~25 마리/L로 유지하는 것이 성장과 생존율에서 적정하다고 보고하였다. 이 연구에서는 볼락자어와 치어가 산출 후 16일째와 70 일째 평균 전장은 각각 0.75 cm와 1.88 cm로 김 등(1993)이 보고하였던 산출 후 16일째 전장 0.75~0.81 cm와 70일째 1.86~2.08 cm와 유사한 경향을 보였다.

또한 산출 후 50일째 평균 전장은 1.52 cm로 김 등(2001)이 보고하였던 전장 1.40 cm 보다는 다소 큰 것으로 나타났다. 김

등(1993)의 보고에서는 자어기에서 치어기로 넘어가는 크기인 전장 1.85 cm로 보고 하였는데 이 연구에서는 산출 후 70일째 전장 1.88 cm였으며, 이후 빠른 전장 성장을 나타내 이 시기가 자어기에서 치어기로 넘어가는 시기로 판단되었다(Table 1).

산출 후 70일 전후 볼락 자어는 배지느러미에 1개의 가시와 5개의 줄기, 가슴지느러미에 16~18개의 줄기, 등지느러미에 13 개의 가시와 12~15개의 줄기, 뒷지느러미에 3개의 가시와 7~9 개의 줄기 및 꼬리지느러미의 7개의 줄기에 5~7개의 마디가 형성되어 각 지느러미가 정수에 달하였으며, 자어기에서 치어기로 이행되었다. 또한 이 때부터 성어의 체형과 유사해지면서, 두부 부분의 발달이 현저해지는 것이 특징이었다. 이러한 특징은 김 등(1993)의 보고와도 일치 하였는데, 다른 양볼락과 어류의 경우 치어기로 넘어가는 크기는 조피볼락(김과 한, 1991)이 전장 1.52 cm, 황점볼락(Fujita, 1958)이 전장 1.40 cm, 흰꼬리볼락(Takai and Fukunaga, 1971)이 전장 0.75 cm, 개볼락(水戸, 1966)이 전장 0.80 cm로 나타나 있다. 볼락의 경우 다른 어류에 비하여 치어기로의 이행이 상당히 느리게 나타났다. 그러나 그 이후 볼락의 성장에 대한 연구가 보고 되어 있지 않은 관계로 이 연구 결과와 직접 비교 할 수 없었다. 산출 후 일수 경과에 따른 자어의 전장, 체중, 체세포 중량의 성장 형태는 S자형의 곡선으로 성숙된 어류의 성장을 나타내는 일반적인 성장식인 Von Bertalanffy의 성장식을 주로 사용하며, 어류의 초기성장에는 Gompertz 성장식을 사용한다(장, 1991). 따라서 이 연구에서는 초기 성장을 포함한 최종 표본일인 1,350일까지 성장을 조사하였기 때문에 Von Bertalanffy의 성장식을 사용하였다.

이 연구에서 전장은 사육일수에 비례하여 직선 성장을 보인 반면, 체중 성장은 곡선성장을 보였고, 해상 가두리 입식시기인 산출 후 160일 이후부터 전장(TL)과 체중(BW)에서 동일하게 나타났다. 성장의 완급을 나타내는 지수인 성장계수(결정계수) K를 고려시 성장계수의 크기는 초기에는 체세포중량(somatic weight), 체중 및 전장의 순임을 고려할 때(장 등, 1995), 이 연구에서 전장에 대한 체중의 성장계수(결정계수) K가 0.9945 (99.4%)를 나타내 전장에 대한 체중의 성장이 정상적으로 상대 성장 형태를 나타냄을 알 수 있었다.

이 연구 결과, 일차원의 길이에 대한 차원(dimension)을 나타내는 전장에 대한 체중의 상대성장의 지수는 3.4373으로서 보통 자어에서 나오는 지수 1.0인 1차원 대 1차원의 관계를 벗어나 3승에 가까운 값을 보여주었다. 장 등(1995)의 보고에 의하면 연어(*Oncorhynchus keta*)의 자어기 성장은 상대성장의 지수가 0.9529로 거의 1차원 대 1차원의 관계를 나타낸다고 하였으며, 성어에서는 3승 관계를 나타낸다고 하였다(장, 1991). 이 연구에서 상대성장 지수가 연어의 성어와 유사하게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 연어의 경우, 전장과 체세포중량의 지수는 6승에 가까운 값을 보이는데, 이는 전장이 체세포중량의 성장과 동시에 난황중량의 감소에 따라 실제 성장량을 잘 나타 내지 못하는 반면, 체세포중량은 난황중량의 감소에 전혀 영향

을 받지 않으므로 실제 성장량을 반영한다고 할 수 있다.

산출 일수에 대한 눈지름의 성장은  $ED = -2E - 5X^2 + 0.0326X$  ( $r^2 = 0.9889$ )로, 결정계수가 거의 100%에 가까운 98.8%를 나타내 산출일수와 눈지름과 전장과의 상대성장이 매우 잘 일치하였다. 두장, 주둥이길이, 후두부길이의 각 계측형질은 전장과 상관관계에서 일직선의 상관관계를 보였으며, 눈지름, 두장, 주둥이길이, 후두부길이는 전장과의 상관관계에서 전장 5 cm 이하의 개체들에서 더욱 밀접한 1:1 대응관계를 보였다. 또한 두장 각 부위의 결정계수의 범위는 95.0%~97.5%를 나타내어 전장에 대한 두장 성장이 일정한 비율로 성장함을 확인하였다.

성장과 관련하여, 눈지름은 어체의 가량이 체장을 간접적으로 확인할 수 있는 방법으로서(Crane et al., 1987), Serafy et al. (1996)은 red drum (*Sciaenops ocellatus*)을 대상으로 두부 형질과 전장과의 관계 모델을 설정하여, 부부 관련 형질 파악만으로 손쉽게 전장 크기 파악이 가능하게끔 하였다. 이러한 점에서 이 연구에서 밝혀진 불락에서의 산출 후 사육일수에 따른 전장과 체중 성장 그리고 이들의 상대성장 및 전장에 대한 눈지름, 두장, 주둥이길이, 후두부길이 등 두부 형질과의 상관관계는 향후 불락의 생태학적 연구 및 불락 양식 산업의 활성화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 불락에서의 전장과 두부 관련 형질의 상관관계를 파악함으로써 전장의 측정이 불가능한 개체에 대해서도 이 연구에서 다루어진 두장 관련 형질의 자료만으로도 전장의 추정이 가능할 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구의 목적은 양식산 불락, *Sebastes inermis* Cuvier의 자·치어 시기부터 성어에 이르기까지의 성장 특성을 조사하여, 본 종에 대한 수산생물학적 연구 및 양식기술개발을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다. 이를 위하여 250마리의 어미로부터 생산된 동일한 일령의 자어를 대상으로 산출 직후부터 1,350일째까지의 성장 특성을 조사하였다. 불락에 있어서 산출 후 경과 일수(days after parturition, X)에 대한 전장(total length, TL)의 성장은  $TL = 0.0217X$  ( $r^2 = 0.8867$ ), 그리고 체중(body weight, BW)의 성장은  $BW = 0.0001X^2 + 0.0713X$  ( $r^2 = 0.9858$ )의 관계가 있었다. 또한 전장에 대한 체중의 상대성장은  $BW = 0.0072TL^{3.4373}$  ( $r^2 = 0.9945$ )의 관계가 있는 것으로 나타났다. 산출 후 경과일수(X)에 따른 눈지름(eye diameter, ED) 성장은  $ED = -2E - 5X^2 + 0.0326X$  ( $r^2 = 0.9886$ ; X, 산출 후 기일)의 관계식에 따랐다. 전장에 대한 두장(head length, HL), 주둥이길이(snout length, SL) 눈지름(ED), 후두부길이(postorbital head length, PHL)와의 관계는 각각  $HL = 0.2652TL$  ( $r^2 = 0.9758$ ),  $SL = 0.0613TL$  ( $r^2 = 0.9602$ ),  $ED = 0.0752TL$  ( $r^2 = 0.9715$ ), 및  $PHL = 0.2652TL$  ( $r^2 = 0.9501$ )로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-03-07)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한, 본 연구 수행 시 기술적인 지원을 아끼지 않은 한국해양대학교 해양환경·생명과학부 수산유전육종학 연구실의 연구진들께도 감사드립니다. 이 연구 수행시 헌신적인 연구지원을 하여 주셨으나, 2005년 5월 급작스럽게 사망하신 이 논문의 공동연구자인 한국해양연구원 해양생물자원연구본부의 고 홍경표 박사님께 삼가 감사의 말씀을 드리며, 고인의 명복을 빕니다.

## 참고문헌

- Crane, S. A., J. M. Fenaughty and R. W. Gauldie, 1987. The relationship between eye diameter and fork length in the spiny dory, *Allocyttus* sp. New Zealand J. Marine Fresh. Res., 21, 641-642.
- Fujita, S., 1957. On the larval stages of a scorpaenid fish, *Sebastes pachycephalus nigricans* (Schmidt). Japan J. Ichthyol., 6, 91-93.
- Fujita, S., 1958. On the egg development and larval stages of a viviparous scorpaenidae fish, *Sebastes obiongus* Günther. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 24, 475-479.
- Mio, S., 1960. Studies on population biology of coastal fishes in Kyushu. I. Biology of *Sebastes inermis* (Cuvier et Valenciennes). Oceanographic Works in Japan, 5, 419-436.
- Mizue, K., 1958. Studies on a scorpaenous fish *Sebastes marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). II. The seasonal cycle of mature testis and the spermatogenesis. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 6, 27-38.
- Neff, K. C., 1987. Staining amphibian peripheral nerves with sudan black B: progressive vs. regressive methods. Copeia, 1987, 489-491.
- Park, I.-S., C. I. Zhang and Y. D. Lee, 2001a. Sexual dimorphism in morphometric characteristics of cocktail wrasse. J. Fish Biol., 58, 1746-1749.
- Park, I.-S., J. H. Im, D. K. Ryu, Y. K. Nam and D. S. Kim, 2001b. Effect of starvation on morphometric change in *Rhynchocypris oxycephalus* (Sauvage and Dabry). J. Apply. Ichthyol., 17, 277-281.
- Park, I.-S., Y. K. Nam, S. E. Douglas, S. C. Johnson and D. S. Kim, 2003. Genetic characterization morphometrics and gonad development of induced interspecific hybrids between yellow-tail flounder, *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) and winter flounder, *Pleuronectes americanus* (Walbaum). Aquacult. Res., 34, 389-396.
- Quellette, R. P. and S. V. Qadri, 1968. The discriminatory power of taxonomic characteristics in separating salmonid fishes. Cyst. Zool., 17, 70-75.
- Sasaki, T., 1974. On the Larvae of three species of rockfish (Genus: *Sebastes*) in Hokkaido. Bull. Fac. Hokkaido Univ., 25, 169-173.

- Serafy, J. E., C. M. Schmitz, T. R. Capo, M. E. Clarke and J. S. Ault, 1996. Total length estimation of red drum from head dimensions. *Prog. Fish. Cult.*, 58, 289-290.
- Shinomiya, A. and O. Ezaki, 1991. Mating habits of the rockfish, *Sebastes inermis*. *Environ. Biol. Fish.*, 30, 15-22.
- Takai, T. and T. Fukunaga, 1971. The life history of a ovoviparous scorpaenoid fish, *Sebastes longispinis* (Matsubara). I. Eggs and larval stages. *Simonoseki Univ. Fish.*, 20, 25-29.
- Winans, G. A., 1985. Geographic variation in the milkfish (*Chanos chanos*). II. Multivariate morphological evidence. *Copeia*, 1985, 890-898.
- 大上皓久, 大籠高明, 片野登, 佐佐木正, 1978. サコの種苗生産に關する研究; I, 産仔生態について. 靜鋼水試研究報, 12, 37-44.
- 星合應一, 1977. クロソ仔稚魚について. 魚, 24, 35-42.
- 水戸 敏, 1966. 日本海洋プラソクトソ圖鑑. 第7卷, 魚卵・稚魚, 蒼洋社, 63 pp.
- 庄島洋一, 1958. 日本産魚類の仔稚魚期の研究. 九州大學農學部水産學第2教室, 第1集, 86 pp.
- 沖山宗雄, 1983. 稚漁分類學入門 カヅカ目幼期と浮遊適應. 海洋と生物, 25, 111-117.
- 고창순, 장영진, 임한규, 김종현, 조기채, 1998. 수온과 광주기에 의한 불락(*Sebastes inermis*)의 번식주기 조절. 한국수산학회지, 31, 713-720.
- 김용억, 한경호, 1991. 조피불락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사. 한국어류학회지, 3, 67-83.
- 김용억, 한경호, 1993. 불락, *Sebastes inermis*의 초기생활사에 관한 연구. 1. 인위적 방법에 의한 수조내에서의 난발생과정과 부화자어의 형태. 한국수산학회지, 26, 458-464.
- 김용억, 한경호, 변순규, 1993. 불락, *Sebastes inermis*의 초기생활사에 관한 연구. 2. 산출 자치어의 외부형태 및 골격 발달. 한국수산학회지, 26, 465-476.
- 김종현, 이윤호, 문영봉, 고창순, 2001. 수온, 먹이계열 및 사육밀도에 따른 불락(*Sebastes inermis*)의 초기생존율과 성장. 수진연구보고, 59, 31-44.
- 이택열, 김성연, 1992. 난태성 경골어류 불락, *Sebastes inermis*의 생식과 체내 자어 발달. 한국수산학회지, 25, 413-431.
- 장창익, 1991. 수산자원 생태학. 우성문화사, 서울, 399 pp.
- 장창익, 손명호, 성기백, 박인석, 1995. 연어, *Oncorhynchus keta* 전기자어의 난황흡수 및 초기성장. 한국수산학회지, 28, 539-548.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, pp. 398-399.
- 최운, 김지현, 박종영, 2002. 한국의 바닷물고기. 교학사, 서울, 645 pp.

원고접수 : 2005년 3월 29일

수정본 수리 : 2005년 7월 14일