

통영바다목장에 서식하는 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 연령과 성장

박 경 동* · 강 용 주

부경대학교 자원생물학과

Age and Growth of Black Rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong Marine Ranching Area in Korea Waters

Kyeong Dong Park* and Yong Joo Kang

Department of Marine biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Age and growth of black rockfish, *Sebastes schlegeli* sampled from the Tongyeong marine ranching area in Korea waters were determined from 1,173 otoliths from July, 2001 to May, 2004. Examination of outer margins of the otolith showed that the opaque zone was formed once a year. Marginal increment of the otolith formed annual ring from July. The von Bertalanffy growth curve had the growth parameters estimated from non-linear regression were $L_t=48.45(1 - e^{-0.2139(t+0.4313)})$, $W_t=1,837.93(1 - e^{-0.2139(t+0.4313)})^{3.02}$ for females and, $L_t=49.32(1 - e^{-0.1775(t+0.7403)})$, $W_t=1,887.83(1 - e^{-0.1775(t+0.7403)})^3$ for males, where t is age (year) and L_t is body length (mm) at age t. Growth at the age of male and female shows significant difference ($p < 0.01$).

Key words : black rockfish, *Sebastes schlegeli*, age, growth, otoliths, Tongyeong marine ranching

서 론

바다목장은 최근의 자원 감소와 어장 축소에 따른 문제점을 근본적으로 해결하기 위하여 연안 양식 산업의 발전과 동시에 바다가 갖고 있는 생산 잠재력을 극대화 시켜 바다에서 얻을 수 있는 필요한 자원의 지속적인 생산을 위한 환경 친화적인 새로운 개념의 생산시스템의 일환이다. 1998년 9개년 계획으로 경남 통영해역에서 먼저 실시되었고 현재 전남 다도해목장과 동, 서, 제주해역의 5개 지역으로 확대 추진되고 있으며 자원조성을 위하여 조피볼락, 볼락, 감성돔, 참돔, 노래미, 넙치, 전

복, 개조개 등의 대상종을 매년 방류하고 있다.

통영바다목장해역의 주대상종인 조피볼락은 썸뱅이목 (Order Scorpaeniformes) 양볼락과 (Family Scorpaenidae)에 속하는 종으로 우리나라의 동·서·남해와 일본 북해도 이남, 중국북부 연안, 발해, 황해의 연안 얕은 바다의 암초지대에 주로 서식한다 (한국동물분류학회, 1997; Nelson, 2006). 또한 난태생 어종이며 출산시기는 4~6월이고 주로 어류 및 새우, 게류, 갑각류 등을 섭이한다 (김 등, 1994).

본 종은 1987년에 인공종묘생산기술이 개발되었고 (김 등, 1987), 대량 종묘 생산도 가능해져 (명 등, 1988; 홍 등, 1990; 민 등, 1992) 양식 대상종으로 각광받으며 생산량이 급증하였고 어민들과 일반인들에게 널리 알려졌다. 또한 초기생활사 (김과 한, 1991), 자치어기의 성장 (Lee

*Corresponding author: bluejuve@hanmail.net

and Kim, 2000), 생식주기(백 등, 2000), 성분화(이 등, 1996), 음향 기술을 이용한 이동범위 측정(신 등, 2005) 등의 여러 학문 분야에서도 학자들의 연구가 이루어져 왔다.

수산생물의 연령과 성장에 관한 연구는 자원개체군의 변화를 분석하는데 필요할 뿐만 아니라 계군 구조와 자원의 수준을 유지하기 위한 중요한 단서를 제공한다(Weatherley and Gill, 1987; 장, 1991). 그리고 수산생물의 성장은 서식지역의 먹이 환경과 계군의 밀도, 수온 등의 생활환경에의 영향을 받는다(Kubo and Yoshihara, 1970).

본 연구대상종인 조피볼락의 연령과 성장은 서해연안에 서식하고 있는 종을 대상으로 임과 황(2002)에 의해 연구되었으나 남해에 위치한 본 연구의 대상해역과의 다른 서식 환경으로 인한 지역간 성장의 차가 있을 것으로 생각된다. 또한 조사지역인 통영해역은 1998년부터 2007년까지 자원조성을 위한 바다목장사업으로 지정되어 지속적으로 조피볼락의 증묘가 방류되고 있는 해역으로 인위적인 서식밀도의 변화가 예상되며 이러한 서식환경이 성장에 영향을 줄 것이라 생각된다.

본 연구는 통영바다목장해역에 서식하는 조피볼락의 연령과 성장에 관한 성장매개변수를 추정하여 서식환경에 따른 성장 변화에 대한 정보를 제공하고 또한 현재 통영바다목장해역에 조성되고 조피볼락의 방류 효과와 지속적인 자원관리를 위한 수산자원학적 연구에 필요한 기초 자료로 제공하여 바다목장의 최종목적인 연안 자원의 회복, 증대 및 지속적인 생산력의 유지에 활용하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 경상남도 통영바다목장해역에서 2001년 7월부터 2004년 5월까지 29개월 동안 매월 통발과 삼중자망을 사용하여 어획된 총 1,225마리의 표본을 이용하였다(Table 1, Fig. 1).

조사어구 중 통발의 규격은 지름 31.2 cm, 길이 58 cm, 그물망 24절이며 삼중 자망은 길이 400~450 m, 너비 1 m, 망목 7 cm를 사용하였다. 채집된 시료는 전장(Total length) 및 체중(Body weight)을 0.1 cm, 0.01 g 단위까지 측정 후 해부하여 이석과 생식소를 적출하였다. 적출된 이석은 KOH 10%에 세척한 후 그 중 윤문을 읽을 수 있는 1,173개의 샘플을 연령사정에 사용하였고 생식소는 0.001 g 단위까지 측정하였다.

이석에서 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 윤

Table 1. Number of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* randomly sampled for age determination in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters (2001~2004)

Year	Month	No.	Mean of TL (cm)	Range of TL		
				Min	Max	
2001	Jul.	65	16.3	12.1	23.7	
	Aug.	19	17.5	12.4	30.5	
	Sep.	36	19.1	11.1	27.4	
	Nov.	16	18.2	14.6	22.8	
	Dec.	22	19.2	11.4	34.3	
2002	Jan.	34	23.8	15.9	36.8	
	Feb.	12	24.4	18.9	30.0	
	Mar.	11	21.6	16.7	30.3	
	Apr.	34	23.7	15.4	30.8	
	May	23	24.8	17.6	30.1	
	Jun.	17	26.7	22.6	33.6	
	Jul.	49	22.0	13.3	33.9	
	Aug.	49	21.0	13.2	36.9	
	Sep.	28	24.3	17.6	32.7	
	Oct.	37	23.5	16.0	30.0	
	Nov.	117	24.0	7.7	36.4	
	Dec.	28	25.2	16.8	35.1	
2003	Feb.	36	25.1	16.6	33.5	
	Mar.	39	24.7	18.0	32.6	
	Apr.	59	25.9	16.6	37.0	
	May	59	26.9	21.1	34.3	
	Jun.	59	25.8	16.8	32.9	
	Aug.	62	20.9	14.3	28.1	
	Sep.	40	18.6	13.2	33.0	
	Oct.	92	23.2	14.5	35.0	
	Nov.	55	23.6	15.4	32.8	
	Dec.	49	23.4	15.5	37.4	
	2004	Jan.	42	21.8	9.6	28.1
		May	36	25.7	20.5	32.2
Total		1,225				

문으로 간주하였다. 이석 중심부의 초점에서 연변까지 최장축을 측정 기준선으로 하여, 이석경(R)과 각 윤문까지의 거리(r_n)를 측정하였다(Fig. 2).

먼저, 윤문의 형성시기와 주기성을 확인하기 위해 연역지수(Marginal Index: MI)의 월별변화를 추정하였고 그 식은 (1)과 같다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}} \quad (1)$$

단, R은 이석의 중심부 초점에서 연변까지의 거리이고, r_n 은 초점에서 n번째 윤문까지의 거리이다.

윤문형성시기는 연역지수의 월별 변화 중 가장 작은 값을 가지는 시기로 추정하였다. 다음으로, 초점과 제1윤문형성까지의 시간 간격을 알기 위하여 생식주기를 추

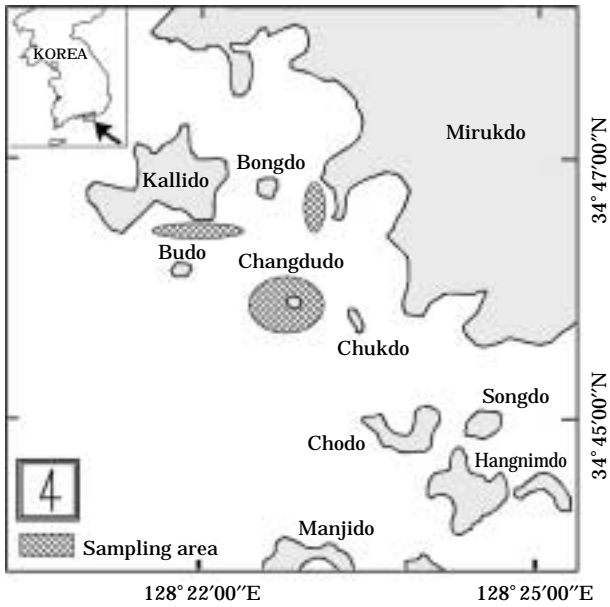


Fig. 1. Map showing the sampling sites of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

정하였다. 생식주기는 생식도 속도지수 (Gonadosomatic index)의 월변화를 추적하여 확인하였다. 생식도 속도지수를 구하기 위해 사용된 식은 (2)와 같다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^2 \quad (2)$$

단, GW: 생식소 무게 (g), BW: 체중 (g)이다.

연령에 따른 조피볼락의 성장은 윤문형성시의 전장을 역계산하여 추정하였다. 역계산 전장은 이석경과 전장의 성장이 동조적이라고 가정하고 이석경과 전장 간의 상대성장식을 사용하여 각 윤문에 대한 전장을 계산하였다.

연령에 따른 성장식은 연령과 연령별로 역계산된 평균 전장을 이용하였다. Walford 정착도법으로 추정된 각각의 매개변수 값들을 초기값으로 하여 비선형회귀방법 (nonlinear regression)을 사용하여 매개변수를 추정 후 다음의 von Bertalffy 성장식 (1938)으로 나타내었다 (식 (3)).

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad (3)$$

여기서, L_t 는 t 세의 전장, L_∞ 는 이론적 최대전장, k 는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

또한 전장과 체중간의 관계식은 $W = aL^b$ 의 상대성장식으로 나타내었으며, 전장과 체중간의 관계식으로부터 계산된 연령 t 일 때의 체중의 성장식은 다음의 식 (4)과

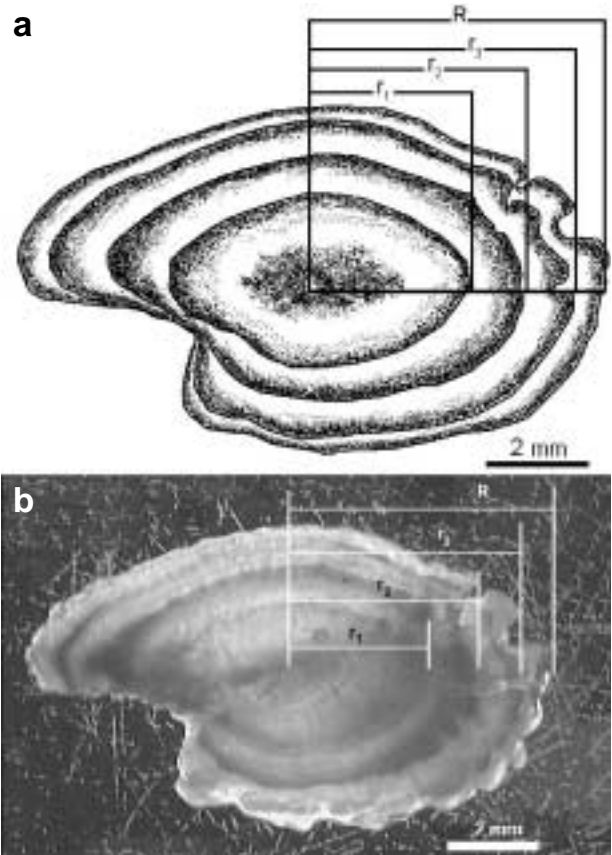


Fig. 2. Illustration (a) and photograph (b) showing otolith radius (R) and ring radius (r_n). Annual ring in the otolith of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

같다.

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad (4)$$

여기서, W_t 는 t 세의 체중, W_∞ 는 이론적 최대체중, k 는 성장계수, t_0 는 체중이 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

암·수 간의 연령별 성장을 공분산분석 (김과 공, 1978)으로 검정하고 차이가 있으면 암·수를 분리하여 각각의 성장식을 구하였다.

결 과

1. 윤문의 판독과 윤문형성시기

이석에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한가를 확인하고, 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여 연륜별 이석경에 대한 윤경간의 관계를 검토하였다 (Fig. 3).

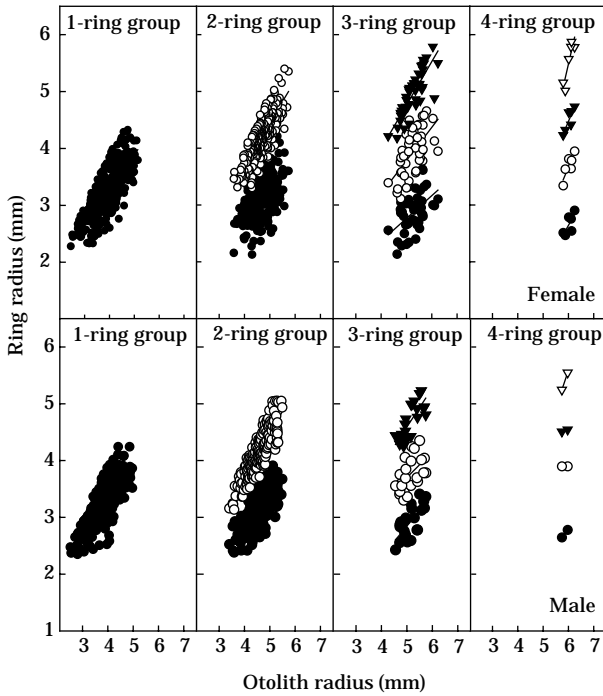


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

각 윤경은 암 수 모두 일정한 간격으로 분포하였으며 이석경과 윤경은 직선의 관계를 가지면서 서로 중복됨이 없이 잘 분리되었다. 또한 동일 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 클수록 윤경 역시 크게 나타남으로 이석에 나타난 이석경과 윤경 간에 대응성이 있음을 알 수 있다. 또한 3륜 이상 형성된 이석에서 각 윤문의 윤경이 그 이전의 연륜에서의 윤경 보다 작아지는 Lee현상을 확인할 수 있었다.

이석에서 윤문이 형성되는 시기, 횡수 및 주기성을 확인하기 위해 월별 연역지수(MI)의 변화를 살펴보았다(Fig. 4). 연역지수는 수컷은 5월, 암컷은 6월부터 감소하기 시작하여 암 수 모두 7월에 가장 낮은 값을 보였고 8월부터 다시 조금씩 증가하였다. 따라서 이석의 윤문은 연역지수가 감소하는 매년 6, 7월에 연 1회 형성되는 것으로 추정된다.

2. 산란시기와 산출시기

조피볼락의 산란기와 산출시기를 확인하고 윤문형성시기와 비교하기 위하여 월별 생식소 속도지수의 변화를 살펴보았다(Fig. 5). 수컷의 생식소 속도지수는 11월부터 증가하기 시작하여 12월에 최대값을 보인 후 다시 1월에 낮아짐으로 수컷의 성숙시기는 11~1월임을 확

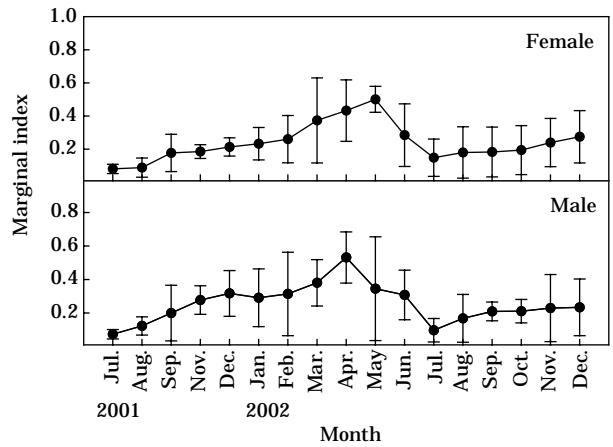


Fig. 4. Monthly change in the otolith marginal index (MI) of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters. Vertical bars denote then mean±standard deviation.

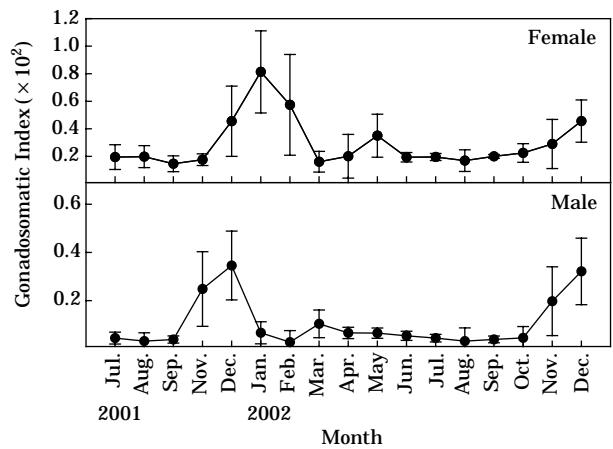


Fig. 5. Monthly variation of the gonadosomatic index of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters. Vertical bars denote then mean±standard deviation.

인할 수 있었다. 암컷의 경우는 12월부터 상승하여 1월에 최대 값을 보인 후 2, 3월에 걸쳐 낮아진 후 다시 5월까지 증가한 후 낮아졌다. 암컷의 성숙기는 12~2월이고 산출기는 대부분의 개체에서 2~3월에 걸쳐 이루어 짐을 알 수 있었다. 그러나 5월에 늦게 새끼를 산출하는 일부의 개체도 확인되어 최종적으로 산출이 끝나는 시기는 5월이었다.

이상의 결과에서 조피볼락의 초륜이 형성되는 시간은 주성숙시기인 1월부터에서 이듬해 7월까지 약 1.5년으로 사료된다.

Table 2. Mean ring radius on the otolith of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters

Combined						
Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
1	660	3.849	3.234			
2	436	4.611	3.116	4.160		
3	69	5.214	2.883	3.876	4.864	
4	8	5.983	2.649	3.744	4.504	5.496
Total	1,173	Mean	3.165	4.115	4.826	5.496
		SD	0.39	0.40	0.38	0.32

Female						
Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
1	376	3.900	3.265			
2	243	4.692	3.121	4.146		
3	45	5.275	2.887	3.969	4.962	
4	6	6.025	2.661	3.692	4.497	5.529
Total	670	Mean	3.182	4.136	4.907	5.529
		SD	0.41	0.41	0.40	0.36

Male						
Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
1	284	3.782	3.192			
2	193	4.575	3.106	4.130		
3	24	5.115	2.908	3.753	4.671	
4	2	5.983	2.712	3.898	4.527	5.396
Total	503	Mean	3.144	4.088	4.659	5.396
		SD	0.38	0.41	0.30	0.21

3. 성장식 추정

이석의 윤문이 불투명대에서 투명대로 이행되는 것이 연 1회 형성되는 주기성을 가지는 것을 확인하고, 이 윤문을 연륜으로 간주하여 각 연륜별 평균 윤경을 구하였다. 관찰된 최고 연령은 암, 수 모두 4.5세까지였으며 1.5세와 2.5세의 개체수가 많았다. 조피볼락 이석의 윤문별 평균 윤경은 Table 2와 같다.

각 평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하기 위하여 이석경 (R)과 전장 (L)과의 관계식을 추정하였고 그 관계식은 (5), (6), (7)의 식과 같다 (Fig. 6).

$$\text{Combined} : L=6.3378R-3.7787(R^2=0.8161) \quad (5)$$

$$\text{Female} : L=6.4756R-4.2054(R^2=0.8211) \quad (6)$$

$$\text{Male} : L=6.0944R-2.9825(R^2=0.8075) \quad (7)$$

이석경과 전장간의 관계식은 직선식으로 나타났으며 윤문 형성시의 체중을 역계산하기 위하여 전장 (L)과 체

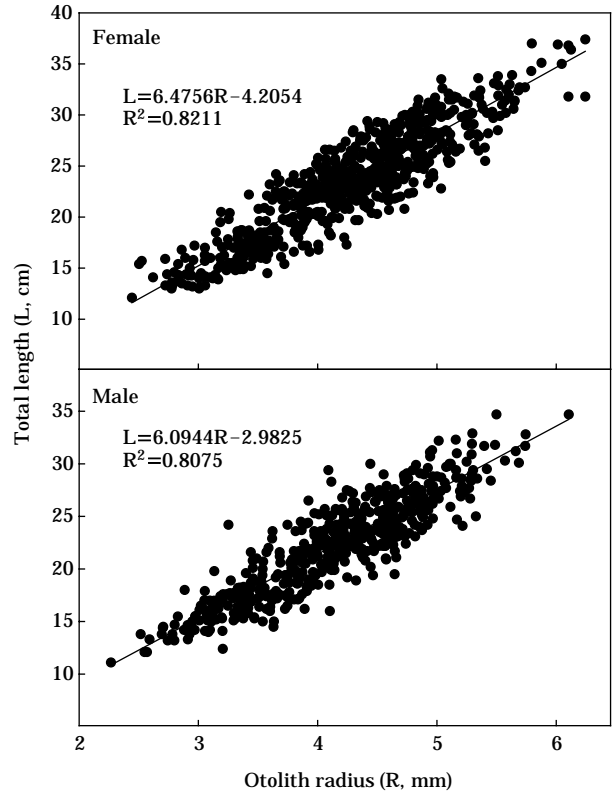


Fig. 6. Relationship between otolith radius and total length of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

중 (W)간의 상대성장식을 다음의 식 (8, 9, 10)과 같이 구하였다 (Fig. 7).

$$\text{Combined} : W=0.0153L^{3.0101} (R^2=0.9835) \quad (8)$$

$$\text{Female} : W=0.0152L^{3.0158} (R^2=0.9794) \quad (9)$$

$$\text{Male} : W=0.0157L^{3.0006} (R^2=0.9856) \quad (10)$$

윤문형성시의 조피볼락 전장과 체중의 평균치는 Table 3와 같다. 성장에 있어서의 암·수간의 차이를 공분산분석으로 검정한 결과, 기울기차 (intercept)의 검정에서는 차이 (P>0.05)가 없었으나 위치차 (elevation)의 검정에서 유의한 차 (P<0.01)가 있는 것으로 나타났다 (Table 4). 암·수에서 성장의 차이가 있으므로 각각 분리하여 성장식을 (12), (13)과 같이 구하였다 (Fig. 8a). 또한 수산 자원생물학적 특성치 및 자원 관리에 관한 연구를 위하여 암·수를 모두 포함한 성장식 (11)도 구하였다 (Fig. 8b).

$$\text{Combined} : L_t=50.20 (1-e^{-0.1903(t+0.5598)}), \quad (11)$$

$$W_t=2,014.63 (1-e^{-0.1903(t+0.5598)})^{3.01}$$

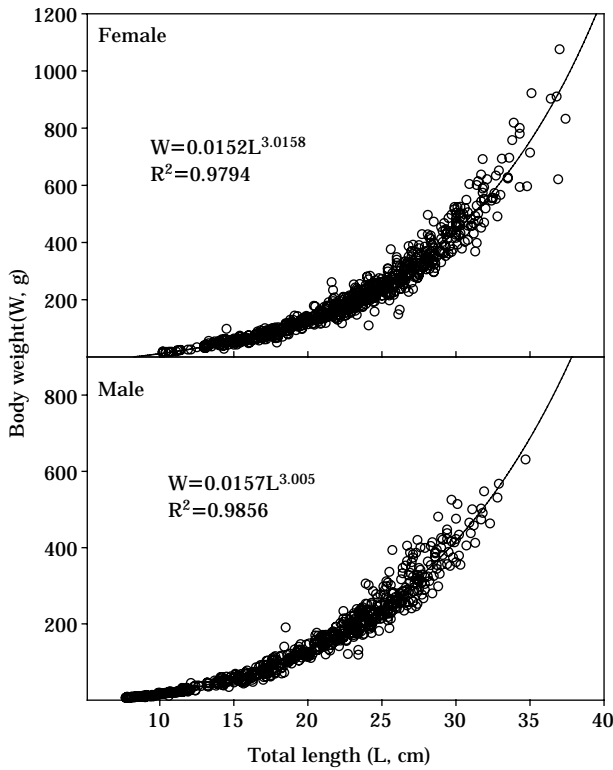


Fig. 7. Relationship between total length and body weight of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

$$\begin{aligned} \text{Female} & : L_t = 48.45 (1 - e^{-0.2139(t+0.4313)}), \\ & W_t = 1,837.93 (1 - e^{-0.2139(t+0.4313)})^{3.02} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Combined} & : L_t = 49.32 (1 - e^{-0.1775(t+0.7403)}), \\ & W_t = 1,887.83 (1 - e^{-0.1775(t+0.7403)})^3 \end{aligned} \quad (13)$$

고찰

수산자원의 연령을 사정하는 것은 성장률을 추정하는데 있어서 뿐만 아니라 자원의 개체군의 변화를 분석하는데 필수적인 것이다(김과 공, 1977; 장, 1991; King, 1995). 대부분의 연령사정에서 작업의 편이성과 수집의 용이성으로 연령 형질로서 비늘을 이용하고 있으나 비늘의 탈락과 채취부위에 따라 모양과 크기가 달라지는 단점(Secor *et al.*, 1995; 김 등, 2006)으로 본 연구는 이석의 윤문을 연륜으로 읽어 연령을 사정하였다. 조피볼락의 이석의 모양은 타원형으로 중심부는 두껍고 볼투명하고 외연으로 갈수록 얇아지고, 중심에서 타원상의 투명대와 불투명대가 교대로 나타난다. 불투명대에서 투명대의 이행이 선명하게 나타났으며 따라서 그 경계를

Table 3. Back-calculated total length and body weight at the formation of the otolith ring of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters

		Combined				
		Ring group	L _{1.5}	L _{2.5}	L _{3.5}	L _{4.5}
Total length (L, cm)	1		16.71			
	2		15.97	22.58		
	3		14.50	20.78	27.05	
	4		13.01	19.95	24.77	31.05
	Mean		16.28	22.30	26.81	31.05
			W _{1.5}	W _{2.5}	W _{3.5}	W _{4.5}
Body weight (W, g)	1		73.51			
	2		64.06	181.89		
	3		47.87	141.64	312.97	
	4		34.57	125.18	240.10	474.28
	Mean		67.94	175.17	304.68	474.28
		Female				
		Ring group	L _{1.5}	L _{2.5}	L _{3.5}	L _{4.5}
Total length (L, cm)	1		16.94			
	2		16.01	22.64		
	3		14.50	21.49	27.62	
	4		13.04	19.71	24.91	31.58
	Mean		16.40	22.57	27.56	31.58
			W _{1.5}	W _{2.5}	W _{3.5}	W _{4.5}
Body weight (W, g)	1		77.32			
	2		65.20	185.31		
	3		48.30	158.44	348.56	
	4		35.08	121.93	247.06	505.55
	Mean		70.13	183.63	335.40	505.55
		Male				
		Ring group	L _{1.5}	L _{2.5}	L _{3.5}	L _{4.5}
Total length (L, cm)	1		16.47			
	2		15.95	22.19		
	3		14.74	19.89	25.48	
	4		13.55	20.77	24.60	29.91
	Mean		16.18	21.93	25.41	29.91
			W _{1.5}	W _{2.5}	W _{3.5}	W _{4.5}
Body weight (W, g)	1		70.23			
	2		63.79	171.77		
	3		50.35	123.75	260.27	
	4		39.08	140.91	234.21	420.63
	Mean		66.55	165.91	255.11	420.63

윤문으로 읽었다.

통영바다목장해역의 조피볼락의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행되는 7월에 형성되었다. 이석의 가장자리에서 7월에 투명대가 형성되기 시작하여 10월까지 진행되었고 불투명대는 11월부터 이듬해 5월까지 형성되었

Table 4. ANOCOVA for test the difference of growth between female and male of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters (SL : separate lines, Sd : slope difference, PL : parallel lines , Pd : positional difference, Si : single line)

	df	F	P
Intercept	SI : 1318	0.057	P>0.05
	Sd : 1		
	PL : 1319		
Elevation	PL : 1319	8.684	P<0.01
	Pd : 0		
	Si : 1319		

다. 이 결과는 서해산 조피볼락의 불투명대 형성시기와는 일치하였으나 (임과 황, 2002), 볼락류의 다른 종인 남해산 볼락이 불투명대가 형성이 11~3월에 (강, 1982), 동해산 개볼락이 9~2월 (최 등, 1993)에 형성되는 결과와는 약간의 차이를 나타내었다. 일반적으로 경골어류의 이석의 구조는 탄산칼슘 (CaCO₃)의 결정체인 aragonite와 유기물질인 otolin 단백질로 구성되어 있으며 신진대사 활동이 적어지는 시기에 투명대에서 otolin이 우세하고 신진대사 활동이 활발한 시기에는 탄산칼슘인 aragonite가 우세하여 불투명대가 발달한다 (김 등, 2000). 본 종의 경우 한 여름인 7~9월에 투명대가 형성되기 시작하는 것은 국립수산과학원의 정지 수온 관측 결과 8~9월의 평균수온이 2001년에 25.2~26.4°C, 2002년에 23.7~25.7°C, 2003년 24.9~25.5°C으로 연중 수온이 가장 높은 시기로 서해안의 조피볼락과 같이 성장한계 수온을 넘어 성장이 둔화되거나 스트레스를 받는 어류의 신진대사 활동이 둔화되는 결과로 생각되어진다 (국립수산진흥원, 1995; 임과 황, 2002).

통영바다목장해역에서 서식하는 조피볼락은 1월에 성숙하여 수정 후 대부분의 개체는 2월에서 3월까지 산출되었으나 5월에 산출되는 늦은 개체도 있었다. 이것은 3월에 산출된 치어의 초기생활사를 연구한 김과 한 (1989)와 백 등 (2000)의 결과와 유사하였다. 본 종의 성장은 산출되어 이듬해 6~7월의 1.5세는 16.28 cm, 2.5세는 22.30 cm, 3.5세는 26.81 cm, 4.5세는 31.05 cm까지 자라는 것으로 추정된다. 이 결과는 서해산 조피볼락의 1.2세는 19.92 cm, 2.2세는 25.47 cm, 3.2세는 32.33 cm, 4.2세는 37.62 cm의 성장 (임과 황, 2002)과 일본의 북해도도에 서식하는 조피볼락의 2년 23.5 cm, 3년 31 cm, 4년 35 cm의 성장 (Yamada *et al.*, 1986)과 일본 북해도해역의 조피볼락의 성장에 관한 연구결과 (Sadaki *et al.*, 2004)에서 4세 전장 350 mm 이내의 성장과 비교하여 볼 때 대체적으로 2.2세부터 1년 정도의 성장차를 나타내었다.

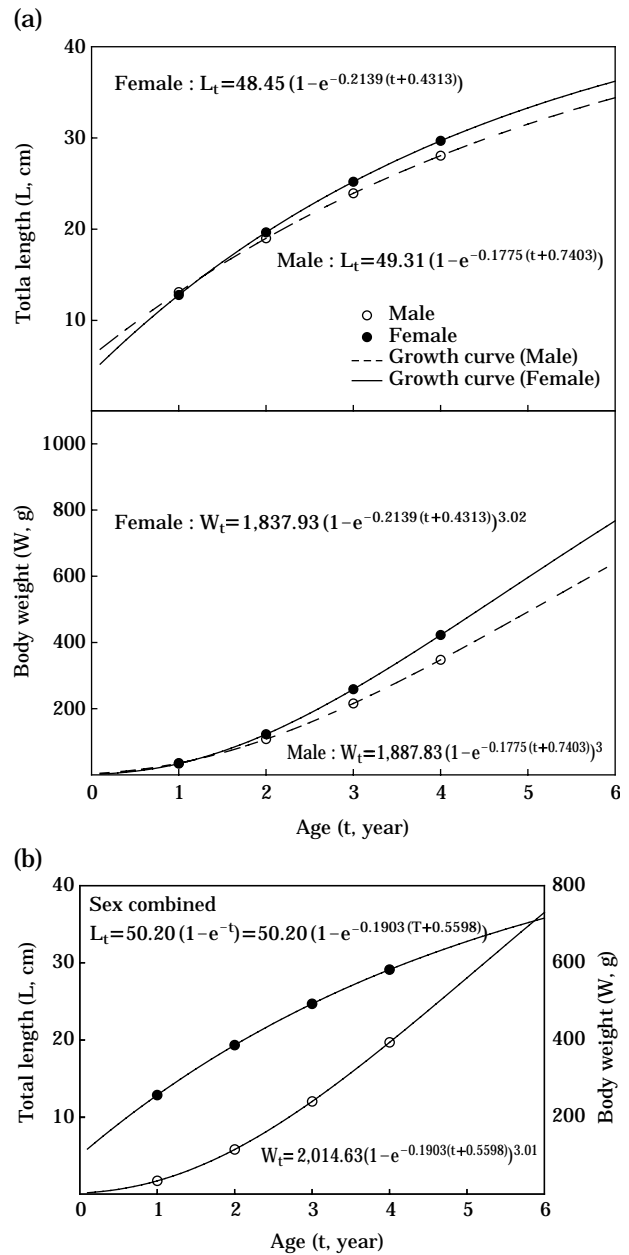


Fig. 8. (a) Theoretical von Bertalanffy length growth curve and weight growth curve between female and male of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters. (b) Theoretical von Bertalanffy length growth curve and weight growth curve of the black rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area in Korea waters.

이러한 성장의 차는 Table 5와 같이 추정된 성장매개변수에서 확인할 수 있었다. 지역간의 성장의 차이는 서식 지역의 환경 특히 성장 수온에 의해서 나타날 수 있고 생각된다. 조피볼락의 성장이 이루어지는 적정 수온은

Table 5. Comparison of growth parameter of black rockfish, *Sebastes schlegeli*

Author	Sex	L_{∞} (cm)	k	t_0
Im and Hwang (2002)	Combined	50.62	0.31	-0.05
Sadaki <i>et al.</i> (2004)	Male	41.17	0.363	-0.368
	Female	60.31	0.160	-0.965
This study	Male	49.72	0.1778	-0.4323
	Female	48.45	0.2139	-0.7384
	Combined	48.91	0.1903	-0.6314

15~20°C (국립수산물과학원, 1995)로 밝히고 있어 조피볼락은 서해안에서는 연중 6~7월, 10월의 약 3개월 동안 그리고 통영해역은 5~6월 중순, 10월 하순~11월 중순의 약 2.5개월 동안 활발한 성장이 이루어진다. 그러므로 이 때 약 15일 정도의 성장의 차가 있다고 할 수 있다. 그러나 서식환경의 수온으로 인한 성장이 이루어지는 기간의 차이를 일부 인정하더라도 1년의 성장차이를 설명하기에는 부족하다고 생각된다. 그러므로 나머지의 성장차에 대한 원인을 장(1991), Weatherley and Gill(1987)에서 개체군의 성장은 서식환경에서 개체군의 밀도와 밀접한 관계가 있다고 언급한 관점에서 찾을 수 있다.

현재 연안 자원의 회복, 증대 및 지속적인 생산력의 유지를 목적으로 환경 친화적인 새로운 개념의 생산시스템인 바다목장이 1998년 경남 통영해역을 기점으로 전남 다도해목장과 동, 서, 제주해역의 5개 지역으로 확대 추진되고 있으며 조피볼락, 볼락, 감성돔 등의 대상종들이 자원조성을 위하여 매년 종묘가 방류되고 있다. 그러나 이러한 자원조성과 방류의 효과가 명확히 확인되지 않고 있다. 본 연구는 처음으로 바다목장지역에 서식하는 있는 대상종의 성장을 조사하였으며 그 결과 지속적인 방류로 인하여 서식환경 밀도 변화에 따른 성장의 둔화 현상이 확인되었다. 이러한 성장의 둔화는 개체군 밀도의 증가를 나타내며 이것은 바다목장해역에서 자원증대의 효과를 나타낸다고 생각한다.

또한 앞으로 본 연구에서 추정된 조피볼락의 성장매개변수를 기초자료로 하여 바다목장의 지속적인 자원관리에 대한 연구가 필요하며 지속적인 방류로 인하여 성장에 좋지 않은 영향을 주는 개체군의 과밀도에 대한 환경수용력에 관한 연구가 고려되어야 한다.

적 요

본 연구는 2001년 7월부터 2004년 5월까지 29개월 동안 매월 경상남도 통영 바다목장해역에서 채집된 총

1,173마리의 조피볼락의 이석을 사용하여 연령과 성장을 연구하였다.

윤문은 불투명대에서 투명대로 이행되는 7월에 형성되었다. 주성숙기는 1월이며 산출시기는 2~5월 사이로 조피볼락의 초륜이 형성되는 시간은 주성숙기인 1월부터 이듬해 7월까지 약 1.5년으로 사료된다.

추정된 조피볼락의 von Bertalaffy length식과 weight growth equation식은 암컷은

$$L_t = 48.45 (1 - e^{-0.2139(t+0.4313)}),$$

$$W_t = 1,837.93 (1 - e^{-0.2139(t+0.4313)})^{3.02} \text{ 이었으며}$$

$$\text{수컷은 } L_t = 49.32 (1 - e^{-0.1775(t+0.7403)}),$$

$$W_t = 1,887.83 (1 - e^{-0.1775(t+0.7403)})^3 \text{ 였다.}$$

사 사

이 연구는 한국해양연구원의 통영바다목장 기반조성사업의 일환으로 이루어졌으며 본 연구를 할 수 있는 기회를 주신 한국해양연구원의 김종만 박사님과 명정구 박사님 그리고 시료채집과 연구를 위하여 많은 도움을 주신 박용주 기술사님께 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 많은 출장과 시료의 처리 및 분석에 도움을 주신 부경대학교 수산자원학실 실험실원들께도 감사드립니다. 그리고 곁에서 많은 조언을 해주신 김진구 박사님 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 강용주. 1982. 한국연안천해생물군집의 구조 생산. 1. 남해산 볼락 (*Sebastes inermis*)의 연령과 성장. 부산수대해연보, 14 : 51~53.
- 국립수산진흥원. 1995. 조피볼락 양식. 수산기술지, 39 : 58.
- 김기주 · 공 영. 1978. 수산자원학. 태화출판사, 부산, 286 pp.
- 김상근 · 고창순 · 송천호. 1987. 조피볼락 종묘양산시험. 수진사업보고, 71 : 117~114.
- 김용역 · 한경호. 1991. 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사. 한어지 3(2) : 67~83.
- 김영혜 · 강용주 · 류동기. 2000. 남해 신수도 연안에 분포하는 까나리 (*Ammodytes personatus*)의 성장. 한어지, 12(3) : 166~172.
- 김영혜 · 이선길 · 이재봉 · 이동우 · 김영섭. 2006. 한국 남해 참조기의 연령과 성장. 한어지, 18(1) : 45~54.
- 김용역 · 김용문 · 김영섭. 1994. 한국연근해 유영어류도감. 예문사, 부산, 299 pp.
- 명정인 · 고태승 · 김병균. 1998. 사육수의 염분도, 사육밀도 및 먹이공급량이 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 초기생존

- 올에 미치는 영향. 수진연구보고, 54 : 47~55.
- 민광식 · 손맹현 · 김광수 · 전임기 · 이종문. 1992. 조피볼락의 육상수조 사육기술 개발시험. 수진사업보고, 96 : 10~26.
- 백재민 · 한창희 · 김대중 · 박철원 · 카즈미야이다. 2000. 조피볼락의 생식주기. 한수지, 33(5) : 431~438.
- 신현욱 · 태종완 · 강경미. 2005. 음향 텔레메트리 기법에 의한 인공어초 지역에서의 조피볼락의 이동범위 및 일주행동 측정. 한수지, 38(2) : 129~136.
- 이영돈 · 노 섬 · 장영진 · 백혜자 · 안철민. 1996. 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 성분화. 한수지, 29(1) : 44~50.
- 임양재 · 황선도. 2002. 서해 연안 조피볼락의 *Sebastes schlegeli*의 연령과 성장. 한어지, 14(2) : 149~152.
- 장창익. 1991. 수산자원 생태학. 우성문화사, 서울, 399 pp.
- 최수하 · 홍정표 · 박영조 · 성기탁. 1993. 한국 동해산 개볼락의 성장, 산란 및 식성에 관한 연구. 수진연구보고, 48 : 39~56.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집 (곤충 제외). 아카데미출판사, 489 pp.
- 홍승현 · 전창영 · 김백균. 1990. 조피볼락 종묘양산시험 수진사업보고, 86 : 29~38.
- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum. Biol., 10(2) : 181~213.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Blackwell, Oxford, 341 pp.
- Kubo, I. and T. Yoshihara. 1970. Fisheries biology. Kyoritsu shuppan Co. Ltd., Tokyo, 482 pp.
- Lee, T.W. and K.C. Kim. 2000. Microstructural growth in otoliths of black rockfish, *Sebastes schlegeli*, from prenatal larval to early juvenile stage. Ichthyol. Res., 47(4) : 335~341.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World (4th ed). John Wiley & Sons, Inc., New York, 601 pp.
- Sasaki, M., N. Miautani, S. Nishiuchi, F. Shiokawa and T. Takahashi. 2004. Age and Growth of *Sebastes schlegeli* in the coastal waters of Shiribeshi Subprefecture, Hokkaido, Japan. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr., 68(4) : 232~238.
- Secor, D.H., J.M. Dean and S.E. Campana. 1995. Recent development in fish otolith research. Univ. South Carolina Press, 735pp.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press Inc., London, 443 pp.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Sei. Reg. Fish. Res. Lab. Press, Nagasaki, 501 pp.

Received: January 30, 2007

Accepted: March 7, 2007