

한국 남해 전남바다목장해역 볼락, *Sebastes inermis*의 연령과 성장

김희용 · 김상화* · 허선정 · 서영일 · 이선길 · 고준철 · 차형기 · 최문성
국립수산과학원 남서해수산연구소 자원환경과

Age and growth of the black rockfish, *Sebastes inermis*, in the Jeonnam marine ranching area in the southern Sea of Korea

Heeyong KIM, Sanghwa KIM*, Sunjung HUH, Young Il SEO, Sun Gil LEE, Jun Chul KO,
Hyung Kee CHA and Mun Sung CHOI

Fisheries Resources and Environment Division, Southwest Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Yeosu, 556-823, Korea

Characteristics of age and growth of the black rockfish, *Sebastes inermis* sampled in the Jeonnam Marine Ranching Area (JMRA) around Geumo Islands south of Yeosu were investigated using 642 otoliths from March 2009 to February 2010. The opaque zone was formed in September once a year and hence it was used as an annulus. The parturient period was December to January, and therefore the duration from fertilization to the complete formation of the opaque zone was nineteen months. From the parameters calculated using the average length when the year ring was formed, growth of *S. inermis* were expressed by von Bertalanffy growth equation as $L_t = 23.267 (1 - e^{-0.4406(t+1.1971)})$ for females and $L_t = 22.030 (1 - e^{-0.5312(t+0.6834)})$ for males when is total length in age t. Through the growth equations, the maximum length was determined as 23.27cm for females and 22.03cm for males and the growth factor as 0.4406/yr and 0.5312/yr, respectively. Finally, the growth of female *S. inermis* is larger than the one of male *S. inermis*.

Keywords: *Sebastes inermis*, Age, Growth, Otolith

서 론
전남(여수)바다목장해역은 여수시 화정면과
남면 일원인 가막만 남부해역에서 금오도와 연

도를 포함하는 약 11,000ha의 해역으로 남해 중
양부에 위치하여, 남해연안 해역 중에서도 계절
에 따라 대마난류, 중국대륙 연안수, 한국 연안

*Corresponding author: onlykslv@nfrdi.go.kr, Tel: 82-61-690-8946, Fax: 82-61-686-1588

수 등 다양한 수괴의 영향을 받는 곳으로 매우 복잡한 해양환경 특성을 나타낸다.

전남바다목장의 주요 자원조성 대상종인 볼락은 썸뱅이목 (Order Scorpaeniformes) 양볼락과 (Family Scorpaenidae)에 속하는 난태생 어류로, 우리나라의 남해 및 일본 연안의 해조가 번성하는 천해 암반해역에 많이 분포하며 (Chyung, 1986; Kim and Kang, 1999), 연안의 천해생물군집에서 중요한 생태지위를 차지하는 종으로 알려져 있다 (Hatanaka and Iizuka, 1962; Kim and Kang, 1999).

또한 볼락은 연안 어선어업의 중요한 어획대상이 되고 있을 뿐만 아니라 주로 인공어초에 군집을 이루며, 출산에서부터 유어, 성어기까지 한 살이를 연안에서 보내는 연안 정착성 어류로서 계절에 따른 수온변화에도 강하다 (KORDI, 1997; Kim and Kang, 1999). 볼락의 주요 먹이생물은 요각류 (copepods), 옆새우류 (gammarids), 카프렐라류 (caprellids) 등이며, 봄, 여름의 경우가 가을과 겨울에 비해 일정한 시간대에 섭식을 하는 경향이 있다 (Kim and Kang, 1999).

볼락의 생식 년 주기는 암컷의 경우 9월에 성장, 10-11월 성숙, 12-1월 완숙 및 수정, 1-2월 난발생 및 부화자어 산출 그리고 3-8월까지 긴 퇴화휴지기를 갖게 된다. 수컷은 12-1월에 완숙 및 방정 그리고 2-8월까지 퇴화휴지기를 가지게 되며, 난소내 난모세포의 발달은 1회 성숙모드를 가지며, 부화자어 산출도 1회에 모두 이루어진다 (Lee and Kim, 1992).

볼락의 연령과 성장에 관해서는 Utagawa and Taniuchi (1999)가 일본 남부의 사가미만, Hisada et al. (2000)이 동해의 와카사만 그리고 Suzuki (2004)가 큐슈의 오무라만과 아리아캐해의 볼락 이석을 이용하여 연구한 바가 있다. 위의 세 연구결과를 비교해 보면, 쿠로시오의 영향이 가장 강한 일본 남부의 사가미만의 볼락의 경우가 이론적 최대체장이 가장 크게 나타났으며, 동해의 와카사만의 볼락의 최대체장이 가장 낮게 나타

나, 해양환경특성이 다른 해역에서의 볼락의 성장차이를 보여주었다. 우리나라에서는 Kang (1982)이 남해군에서 채집된 볼락의 이석을 이용하여 연구가 수행되었으며 이론적 최대체장은 일본의 연구결과보다 크게 나타났다. 하지만 Kang (1982)의 연구는 채집기간이 짧고 채집개체수가 적어 모든 연령범위의 자료가 확보되지 않아 보완연구의 필요하다고 생각한다.

볼락은 전남바다목장해역 내 대부분의 해역에서 서식하며 비교적 개체수가 많고 상업적으로 유용하여 자원의 지속적인 이용을 위해 연안 해양생태계에서의 생태학적인 정보를 확보할 필요가 있다. 이와 관련하여 본 연구는 전남 (여수)바다목장해역에서 서식하는 볼락의 연령과 성장에 관한 매개변수를 추정하여 바다목장해역의 서식환경변화에 대한 성장의 기본정보를 제공하고 전남바다목장에서 방류를 통해 자원조성이 수행되는 볼락의 지속적인 자원관리를 위한 자원생물학적 연구를 위한 기초자료를 제공하고자 하였으며, 또한 우리나라 남해의 볼락의 성장이 동중국해, 동해, 태평양의 볼락과 어느 정도의 성장차이를 보이는 지 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2009년 3월부터 2010년 2월까지 총 12개월 동안 전남바다목장해역 내 위치한 개도-금오도-연도 주변 6정점에서 (Fig. 1) 매월 1회 연안 이각망, 삼중 자망, 연안통발을 이용하여 어획된 총 668개체의 볼락을 표본으로 이용하였다. 총 668개체의 표본 중 이석 가장자리의 파손 등에 의해 이석경의 측정이 곤란한 개체를 제외하고 분석에 이용된 총 개체수는 642개체였다 (Table 1).

채집된 시료는 암수를 구분하여 체장은 0.1cm, 체중은 0.1g까지, 그리고 생식소 중량은 0.01g까지 정밀 측정하였고, 이석의 추출은 눈을 기준으로 하여 머리 윗부분을 절개하여 좌우로

보이는 이석 한 쌍을 꺼낸 후 표면에 붙어 있는 이석낭과 이물질을 제거한 후 30% 알코올에 세척하여 보관하였으며, 연령사정에는 윤문판독의 통일성을 위해 우측 이석만을 이용하였다.

볼락의 이석은 다른 양볼락과 어류와 유사하

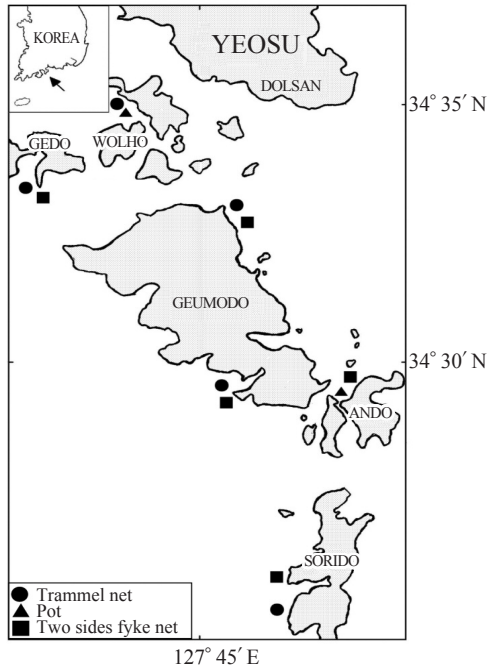


Fig. 1. Sampling sites of *Sebastes inermis* in the Jeonnam marine ranching area of Korea.

게 타원형이며, 렌즈형으로 휘어져 있어 돌출한 부분이 위로 향하도록 실리콘 탱크에 silicon mold release를 충분히 뿌려 말린 후 고정시키고 Resin (Buehler castolite No. 20-8120-002)과 Hardener (Buehler castolite hardener No. 20-8122-002)를 섞어 넣은 후 48시간 실온에 건조 하였다. 대부분의 양볼락과 어류들의 경우 타원형인 이석표면의 윤문을 그대로 판독하는 경우도 있지만 (Utigawa and Taniuchi, 1999; Hisada et al., 2000; Suzuki, 2004; Park and Kang, 2007; Lim and Hwang, 2002), 본 연구에서는 윤문판독의 오차를 줄이기 위해 건조하여 굳어진 합성수지 앵글을 이석의 핵을 중심으로 1mm 정도의 두께로 종단으로 절편하여 판독하였다 (Fig. 2).

이석중심부의 초점에서 연변까지 최장축을 측정 기준선으로 하여 이석경 (R)을 읽었으며, 실체현미경 (SZ×16, SZ-PT)과 영상분석시스템 (Image analyzer, Image-Pro Plus 2.0)을 이용하여 이석경과 각 윤문까지의 거리 (r_n)를 mm단위로 측정하였다 (Fig. 2). 윤경판독 시에는 양방향의 윤의 개수가 같은 지를 확인하면서 위륜의 여부를 판단하였고, 각 윤을 $r_1, r_2, r_3 \dots$ 로 정했으며, 불투명대에서 투명대로 이행되는 경계는 비교적 명확하여 윤문판독의 오차를 줄일 수가 있어, 이 경계를 윤문으로 판독하였다.

Table 1. Number of individuals and size range of *S. inermis* collected monthly in the study area

Year	Month	Female		Male	
		Num. of individuals	Size range (cm)	Num. of individuals	Size range (cm)
2009	Mar.	32	16.0-27.5	33	9.3-22.2
	Apr.	45	17.3-25.7	15	13.5-24.1
	May	23	17.6-27.5	22	17.5-26.8
	Jun.	51	15.5-30.3	19	14.4-23.9
	Jul.	39	16.7-26.2	7	18.3-24.5
	Aug.	19	17.0-23.2	3	18.8-20.0
	Sep.	11	13.0-26.4	3	14.3-21.0
	Oct.	26	11.0-25.7	17	13.9-24.1
	Nov.	26	11.0-23.5	30	13.3-21.9
	Dec.	43	11.9-22.9	88	11.4-21.7
2010	Jan.	17	16.7-25.0	24	17.7-23.1
	Feb.	32	12.9-19.9	17	13.3-22.2
Num. total & Mean size		364	19.2	278	17.5

먼저, 윤문이 형성되는 시기와 그 계절적인 주기성을 파악하여 연령을 판단하기 위해 이석 연령지수 (Marginal Index : MI)의 월변화를 다음 식을 이용하여 구하였다.

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

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

다음으로 초점과 제1윤문까지의 형성기간을 추정하기 위해 생식소숙도지수 (Gonadosomatic Index, GSI)의 월변화를 확인하여 연령지수의 월변화와 비교하였다. 생식소숙도지수는 다음과 같이 구하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^3$$

단, GW는 생식소 중량 (gonad weight, g), BW는 체중 (body weight, g)이다.

볼락 이석에 나타나는 윤문을 연륜으로 인정하여 체장과 윤경의 관계식을 통해 연령별 역계산 체장을 구하고, 체중과 체장간의 관계식에서 각 연령별 역계산 체중을 구하였다. 연륜으로부터 계산된 연령별 체장을 이용하여 Walford 정차도법으로 추정된 각각의 매개변수 값들을 사

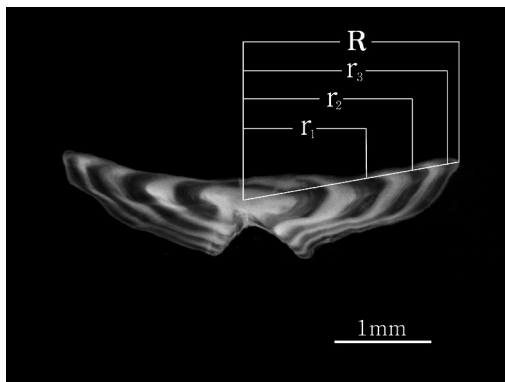


Fig. 2. The transverse section of otolith of *S. inermis*. R and r_n indicate otolith radius and ring radii, respectively.

용하여 von Bertalanffy 성장식을 다음과 같이 추정하였다.

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

여기서 L_t 는 연령 t의 체장, L_∞ 는 이론적 최대체장, k는 성장계수, t_0 는 체장이 0일 때 이론적 연령이다.

전남바다목장해역 내 볼락서식해역의 해양 환경의 영향을 이해하기 위해 2009년 4월부터 12월까지 매일 관측된 수온 및 염분자료를 이용하였다.

결 과

본 연구에 이용된 볼락 암컷의 전장의 범위는 11.0–30.3cm였으며, 수컷의 전장은 9.3–26.8cm였으며, 평균체장은 암컷이 19.2cm, 수컷이 17.5cm로 수컷에 비해 암컷의 평균체장이 크게 나타났다 (Fig. 3).

이석에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한가를 확인하고, 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여 연륜별 이석경에 대한 윤경간의 관계를 검

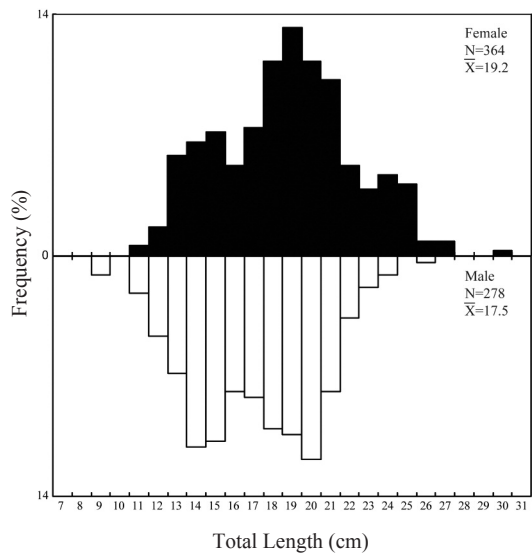


Fig. 3. Length frequency distribution of *S. inermis* in the JMRA.

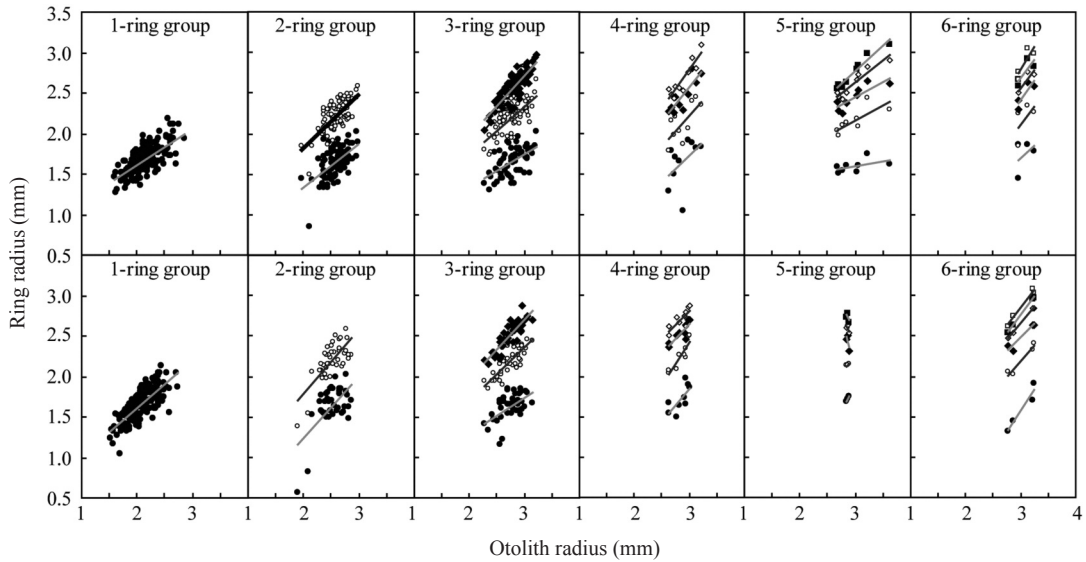


Fig. 4. Relationships between otolith radius and ring radius of *S. inermis* by each ring group. Upper and lower panels are for female and male, respectively.

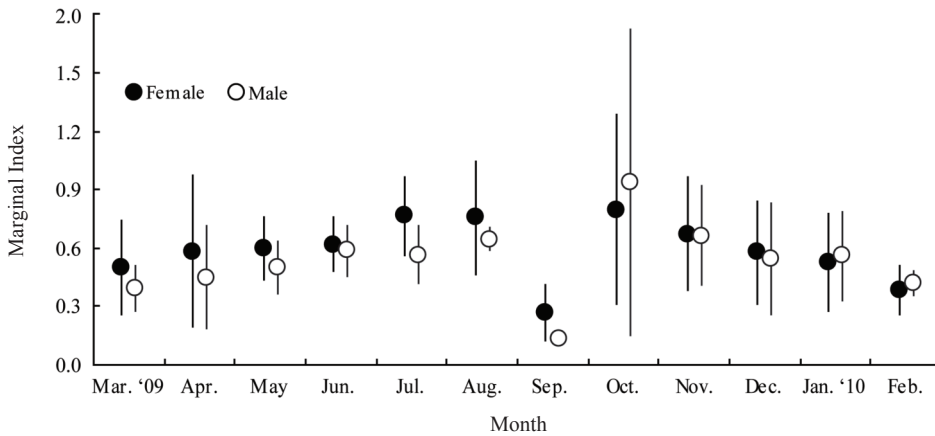


Fig. 5. Monthly changes in marginal growth increment of *S. inermis* otolith. Circles and vertical bars denote mean and standard deviation range, respectively.

토하였다 (Fig. 4). 각 윤경은 암수 모두 일정한 간격으로 분포하며 이석경이 증가함에 따라 윤경이 직선적으로 증가하는 비례관계를 보였으며, 각 윤문은 인접한 윤문과 뚜렷이 구분되었다. 또한 불투명대와 투명대로 이행하는 경계에서 판독한 윤문에 위륜 또는 오판독륜은 없었다. 따라서, 이석이 불락의 연령형질로서, 이석의 윤

문을 연륜으로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

윤문의 주기성 출현여부와 그 형성시기를 확인하기 위해 연역지수의 월별 변화를 보면 (Fig. 5), 암수 모두 연역지수 (MI)가 3월부터 8월까지 증가하다가 9월에 각각 0.27, 0.13으로 최저값을 보인 후, 다음 달인 10월에 0.80, 0.94로 최대값을 보였다 (Fig. 5). 따라서, 불투명대에서 투명대로

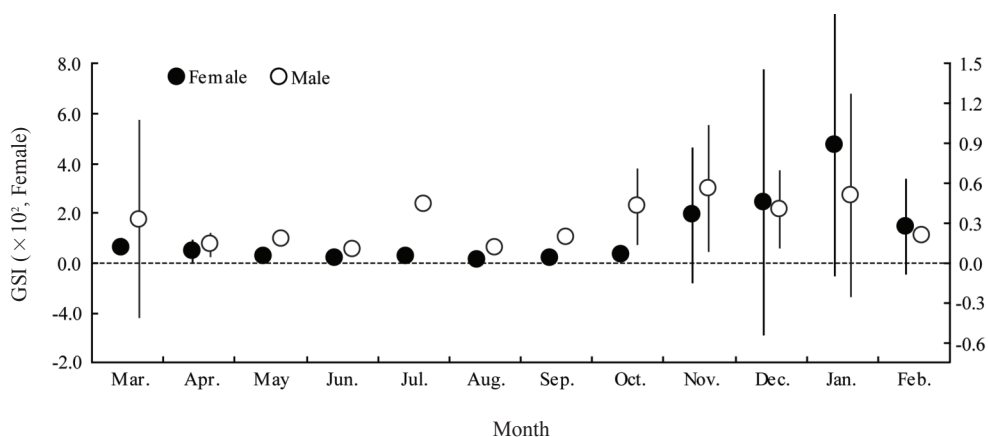


Fig. 6. Monthly variation of gonadosomatic indices of *S. inermis*. Circles and vertical bars denote mean and standard deviation range, respectively.

Table 2. Mean otolith ring radii for each ring group of *Sebastes inermis*

Female										
Ring group	Num. of specimen	Ring radius (mm)								
		R	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
0	11	1.937								
1	176	2.144	1.678							
2	89	2.589	1.648	2.214						
3	63	2.795	1.660	2.203	2.558					
4	10	2.888	1.646	2.132	2.463	2.674				
5	8	2.993	1.594	2.158	2.445	2.624	2.761			
6	4	3.078	1.740	2.178	2.480	2.628	2.755	2.870		
7	2	3.165	1.690	2.030	2.335	2.625	2.780	2.915	3.055	
8	1	3.010	1.480	2.070	2.410	2.560	2.680	2.800	2.870	2.950
Total	364	Mean	1.642	2.140	2.449	2.622	2.744	2.862	2.963	2.950
		SD	0.078	0.068	0.074	0.041	0.044	0.058	0.131	
Male										
Ring group	Num. of specimen	Ring radius (mm)								
		R	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
0	13	1.570								
1	170	2.072	1.651							
2	40	2.518	1.634	2.198						
3	39	2.745	1.622	2.187	2.511					
4	9	2.848	1.721	2.257	2.537	2.710				
5	3	2.867	1.717	2.137	2.423	2.587	2.723			
6	4	3.025	1.595	2.205	2.493	2.673	2.778	2.868		
7										
8										
Total	364	Mean	1.657	2.197	2.491	2.656	2.750	2.868		
		SD	0.052	0.043	0.049	0.063	0.038			

이행하는 시기는 연역지수가 최저값을 보인 9월 경에 년 1회 보였으며, 이 때 윤문이 형성된다고 판단할 수 있다.

볼락 이석의 초륜이 형성되는 시기와 기간을 확인하기 위해 생식소속도지수 (GSI)의 월별 변화를 조사한 결과 (Fig. 6), 암컷의 GSI값은 9월부터 서서히 증가하기 시작하여 1월에 최고값이 나타난 후, 2월이 급격히 떨어져 2월에 산란하는 것을 알 수 있었으며, 수컷의 경우에는 8월부터 증가하기 시작해 11-1월 사이에 높은 값을 보이다가 암컷과 마찬가지로 2월에 급격히 감소하였다.

이상의 결과에서 전남바다목장해역 내 서식하는 볼락의 초륜이 형성되는 시기는 9월이며 그 형성기간은 2월부터 이듬해 9월까지 1.58년으로 추정되었다.

볼락이석의 윤문형성이 연 1회의 주기성을 나타내고, 이 윤문을 연륜으로 간주하여, 이석에 나타난 각 윤문형성시의 평균 윤경을 연륜별로 구하였다 (Table 2). 암컷의 경우, 1세부터 8세까지 수컷은 1세부터 6세까지 존재하였으며 1세의 개체수가 가장 많았으며, 제 3륜까지는 암컷의 윤경이 수컷의 윤경보다 크게 나타났으나 4륜부터는 수컷의 윤경이 크게 나타났다. 또한, 암수

모두 제 1륜까지가 가장 큰 폭으로 증가하였으며, 이후 점차 감소하는 경향을 보였다.

평균윤경으로부터 윤문형성시의 전장을 역계산하기 위해 추정된 이석경 (R)과 전장 (L)사이의 관계식을 (Fig. 7) 통해 체장과 이석경간의 비례관계를 알 수 있었다. 이석경과 전장사이의 비례관계를 이용하여 각 개체에서 연륜형성 시기의 체장을 역추산하였으며, 또한, 윤문형성시 체중을 역추정하기 위해 전장 (L)과 체중 (W)간의 상대성장식을 이용하여 (Fig. 8) 연륜형성시기의 체중도 함께 정리하였다 (Table 3). 체장에 대한 체중의 상대성장에 있어서 암수간의 유의한 차이가 있어 ($P < 0.01$), 암수를 분리하여 윤문형성시의 평균체장과 평균체중을 확인하였다.

역계산에 의해 추정된 연령별 체장 · 체중 평균치를 사용하여, Walford정차도법으로 구한 성장 매개변수로부터 von Bertalanffy의 체장 · 체중성장식을 나타내면, 암컷은 $L_t = 23.27 (1 - e^{-0.4406(t+1.1971)})$ 와 $W_t = 218.64 (1 - e^{-0.4406(t+1.1971)})^{3.0968}$ 였으며, 수컷은 $L_t = 22.03 (1 - e^{-0.5312(t+0.6834)})$ 와 $W_t = 187.80 (1 - e^{-0.5312(t+0.6834)})^{3.1854}$ 였다. 여기서 L_t 와 W_t 는 연령 t 에서의 어류의 체장과 체중이다. 이들 식으로부터 구한 이론적 최대전장은 암수 각각 23.27cm와 22.03cm였으며, 이론적 최대체중은

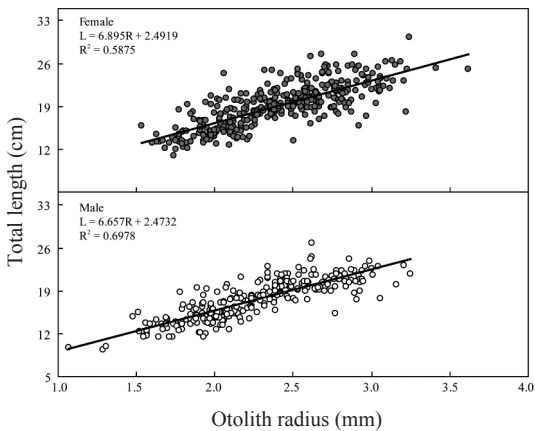


Fig. 7. Relationship between otolith radius (R) and total length (L) of *S. inermis*.

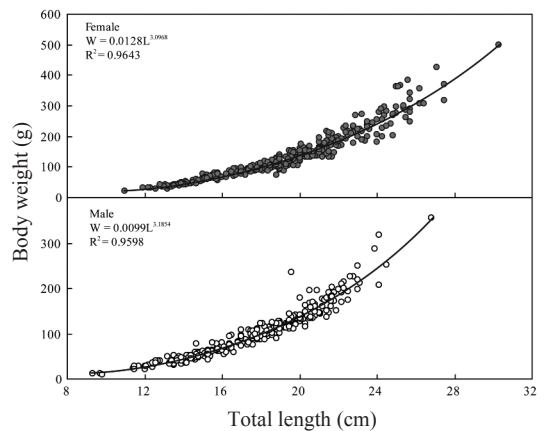


Fig. 8. Relationship between total length (L) and body weight (B) of *S. inermis*.

218.64g과 187.80g이었다. 그리고 성장계수는 암수 각각 0.4406/yr과 0.5312/yr로 산정되었다.

전남바다목장해역 내에서 서식하는 볼락의 성장에 대한 해양환경의 영향을 알아보기 위해

수온 및 염분의 월변화를 살펴보면 (Fig. 10), 일반적으로 계절변화가 뚜렷하게 보였으며, 수온은 8월에 25.9℃로 가장 높았으며 12월에 수온 13.6℃로 가장 낮은 변화를 보였고, 염분은 4월

Table 3. Back-calculated total length and body weight at formation of the otolith ring of *S. inermis*

Female									
	Ring group	L _{1.58}	L _{2.58}	L _{3.58}	L _{4.58}	L _{5.58}	L _{6.58}	L _{7.58}	L _{8.58}
Body length (cm)	1	14.06							
	2	13.86	17.75						
	3	13.94	17.68	20.13					
	4	13.84	17.19	19.47	20.93				
	5	13.48	17.37	19.35	20.58	21.53			
	6	14.49	17.51	19.59	20.61	21.49	22.28		
	7	14.14	16.49	18.59	20.59	21.66	22.59	23.56	
	8	12.70	16.76	19.11	20.14	20.97	21.80	22.28	22.83
	Mean	13.81	17.25	19.37	20.57	21.41	22.22	22.92	22.83
	Ring group	L _{1.58}	L _{2.58}	L _{3.58}	L _{4.58}	L _{5.58}	L _{6.58}	L _{7.58}	L _{8.58}
Body weight (g)	1	45.99							
	2	43.92	94.63						
	3	44.70	93.40	139.61					
	4	43.77	85.65	126.00	157.50				
	5	40.34	88.39	123.53	149.56	171.95			
	6	50.43	90.59	128.37	150.15	170.88	191.18		
	7	46.81	75.26	109.15	149.76	175.16	199.54	227.15	
	8	33.50	79.23	118.82	139.89	158.47	178.64	191.18	206.22
	Mean	43.50	86.56	124.01	149.30	169.03	189.65	208.64	206.22
Male									
	Ring group	L _{1.58}	L _{2.58}	L _{3.58}	L _{4.58}	L _{5.58}	L _{6.58}	L _{7.58}	L _{8.58}
Total length (cm)	1	13.47							
	2	13.35	17.10						
	3	13.27	17.03	19.19					
	4	13.93	17.50	19.36	20.51				
	5	13.90	16.70	18.61	19.69	20.60			
	6	13.09	17.15	19.07	20.26	20.96	21.56		
	7								
	8								
	Mean	13.50	17.10	19.05	20.16	20.78	21.56		
	Ring group	L _{1.58}	L _{2.58}	L _{3.58}	L _{4.58}	L _{5.58}	L _{6.58}	L _{7.58}	L _{8.58}
Body weight (g)	1	39.15							
	2	38.10	83.85						
	3	37.36	82.76	120.94					
	4	43.62	90.13	124.43	149.63				
	5	43.32	77.67	109.63	131.37	151.70			
	6	35.78	84.61	118.51	143.91	160.32	175.38		
	7								
	8								
	Mean	39.48	83.74	118.29	141.49	155.97	175.38		

에 염분 33.4psu로 최고치를 8월에 염분 30.1psu로 최저치를 보였다. 일본 남부 미우라반도 주변 해역의 수온과 비교해보면 4-7월에는 전남바다목장해역의 수온이 약간 높은 값을 보였으며 10-12월에는 미우라해역의 수온이 3.8-4.7℃ 높게 나타났다.

고 찰

본 연구에서 볼락의 연령추정에 사용된 이석은 렌즈형으로 그대로 연마할 경우, 이석표면을 균일하게 연마하기 어려워 파손될 가능성이 높으며, 윤문판독의 정확성이 떨어진다. 최근에 이석을 이용한 연령사정법은 이석의 표면판독뿐만 아니라 단면판독을 이용하여 수행되어오고 있다. Beamish (1979)는 장문볼락 (Pacific ocean perch)의 수명에 관한 연구에서 표면판독과 단면판독에 의한 연령사정은 22-24세까지는 유사하였지만 그 이상의 고연령에서는 다른 결과를 보여준다고 보고하였다. 볼락의 경우에는 표면판독이 일반적으로 이용되지만 (Kang, 1982; Utagawa and Taniuchi, 1999; Hisada et al., 2000; Suzuki, 2004), 본 연구에서 표면판독을 이용하여 분석을 할 경우, 4세까지는 명확하게 보이지만 이보다 고연령의 경우 윤경측정이나 불투명대의 출현수의 판독에 어려움이 많았지만 본 연구에서 이용된 단면판독법은 최대연령까지 명확하게 윤문판독이 가능하였다. 그러므로 양볼락과 어류의 이석처리에는 일반적으로 사용되는 표면 연마법보다는 합성수지에 포매하여 횡단면을 절편하는 방법이 윤문판독의 정확성을 얻을 수 있으며, 장방향에 비해 단방향으로 절편한 편이 윤문판독에 용이하였다.

Utagawa and Taniuchi (1999)는 볼락이석의 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계를 윤문으로 판독하여 연령사정을 하였다. 하지만 Hisada et al. (2000) 및 Suzuki (2004)는 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 이용하여 이석의 초점에서 형성되는 첫 번째 불투명대 윤문을 첫 연륜

으로 판독하였다. 본 연구에서도 불투명대의 외연을 윤문으로 간주하고 두 번째 불투명대 윤문을 초륜으로 판독하였다. Utagawa and Taniuchi (1999)는 첫 투명대 연변부의 형성시기를 볼락이 수정 후 9개월 후로 추정하였으며, Hisada et al. (2000)와 Suzuki (2004)는 첫 불투명대 윤문을 자어산출 후 6개월 후로 추정하여 연령을 보정하였다.

본 연구에서는 이석의 초점에서 두 번째 불투명대 윤문의 형성시기를 볼락의 자어가 산출된 후, 약 19개월 후로 추정하여 연령을 보정하였다. 다른 양볼락과 어류의 경우, Park and Kang (2007)과 Lim and Hwang (1999)는 조피볼락 이석의 초점에서 두 번째 불투명대 윤문을 초륜으로 간주하고 그 형성시기를 각각 1.5년 및 1.2년으로 추정하였다. 그러므로 이러한 윤문판독의 기준 즉, 초륜의 결정은 그 형성시기를 생식주기 및 이석형성의 주기성을 파악하여 합리적으로 추정함으로써 연령추정에 큰 차이를 발생시키

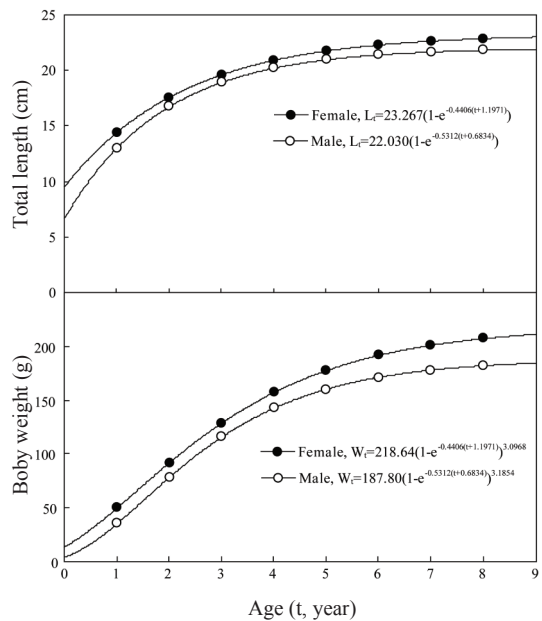


Fig. 9. von Bertalanffy growth curves for the total length and the body weight of *S. inermis*.

지는 않는다고 볼 수가 있다.

볼락의 윤문형성시기를 암수 모두 8월과 9월 사이에 형성됨을 확인하였다. 연령을 추정함에 있어서 볼락의 산출시기는 중요한 기준으로 작용하게 되는데, 생식소숙도지수 (GSI)는 암수 모두 9월부터 증가하기 시작하여 1월까지 높은 값을 유지하였으며 2월에 낮은 값으로 떨어져, 볼락의 체내 난발생 및 부화자어의 산출은 1월 중순에서 2월 사이에 일어난다고 추정할 수가 있다 (Lee and Kim, 1992). 부화자어의 산출이 끝난 후 8월까지의 퇴화휴지기, 9월에는 성장기로 구분된다. 생식소의 성장기에 해당되는 9월에 이석 연역지수 (MI)가 가장 낮은 값을 보여 이 시기에 초륜이 형성되어 부화자어의 산출기와 약 7개월의 차이를 보였다. 일본의 오무라만과 아리아캐해의 볼락의 윤문형성시기도 산출시기와 초륜형성시기 사이에 약 6개월의 시간차가 있다고 보고되었으며 (Suzuki, 2004), 조피볼락의 초

륜이 형성되는 기간도 주성숙기인 1월에서 이듬해 7월까지 약 1.5년이 걸린다고 보고되어 (Park and Kang, 2007) 부화자어 산출시기와 일치하지는 않았다. 하지만, 한국 동해산 도루묵과 참가자미의 경우 산란시기와 윤문형성시기가 일치하여 초륜형성기간이 약 1년이 걸리며 (Lee and Kang, 2006; Lee et al., 2006), 남해안 용서대와 제주주변해역의 보구치의 경우도 주산란시기와 윤문형성시기가 일치하다고 보고되어 (Baek and Huh, 2004; Kwon et al., 1999), 양볼락과 어류들이 산출시기와 초륜형성시기가 일치하지 않는 특징을 가지는 것은 난태생으로 산출전에 이미 이석이 형성된 후, 자어로 산출이 되며, 또한 부유유생기를 거쳐서 착저생활에 들어가는 시기적 차이가 발생하기 때문으로 생각할 수 있다 (Plaza et al., 2003; Mizusawa et al., 2004).

전남바다목장해역 내에서 서식하는 볼락의 최고 연령은 암컷이 8세로 전장은 24.4cm였으며 수컷이 6세로 21.7cm였다. 일본의 사가미만에서 채집된 볼락의 경우, 암컷과 수컷의 최고 연령이 7세 (TL: 22.4cm)와 6세 (TL: 18.6cm)로 전남바다목장 볼락의 성장이 상대적으로 컸다. Utagawa and Taniuchi (1999)가 일본 남동부의 사가미만과 중부 세도나이카이해의 하리마나다 볼락의 성장결과와 본 연구결과를 비교해보면 (Table 4), 가장 성장이 좋은 것은 전남바다목장해역 볼락의 경우로, 생후 8년째에 암컷이 전장 22.9cm, 수컷이 전장 21.8cm로 계산되었고, 가장 성장이 나쁜 것은 하리마나다의 볼락으로 생후 8년째에

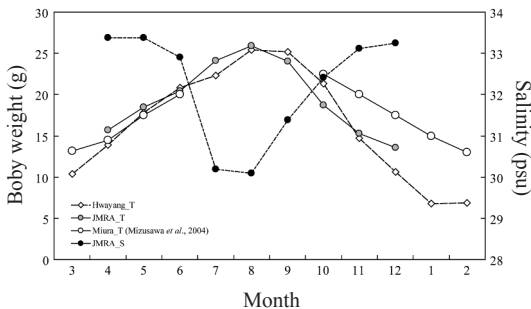


Fig. 10. Monthly variation of water temperature and salinity at a surface layer.

Table 4. Comparison of growth of *S. inermis* in other areas estimated using otolith

Survey area	Body length at full age (mm)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Female								
Sagami Bay	89.3	118.8	143.8	164.9	182.9	198.1	210.9	221.8
Harima Nada	76.3	109.0	128.7	140.5	147.5	151.8	154.4	155.9
Present study	144.3	175.8	196.1	209.1	217.5	222.9	226.4	228.6
Male								
Sagami Bay	89.6	119.1	141.5	158.4	171.3	181.0	188.4	194.0
Harima Nada	76.4	108.9	130.4	144.5	153.9	160.1	164.2	166.9
Present study	130.2	167.3	189.2	202.0	209.5	214.0	216.6	218.1

암컷이 15.6cm, 수컷이 16.7cm로 계산되었다. 해역별 볼락의 서식환경의 수온을 비교해보면 볼락의 산출시기인 동계 이후의 수온이 전남바다 목장해역이 일본 남부 사가미만해역보다 높아 볼락의 초기성장에 유리한 환경을 가지고 있다고 볼 수가 있다. 하리마나다의 경우는 난류의 영향을 직접적으로 받지 못하는 해역으로 상대적으로 저수온환경의 해역특성을 보이며, 전남바다목장해역과 사가미만의 경우, 각각 대마난류와 쿠로시오가 이동하는 경로와 접해있어 난류의 영향을 직간접적으로 받아 해역 간 서식환경의 수온차가 뚜렷하여 개체 성장에 영향을 미치고 있다고 볼 수 있다.

양볼락과 어류들은 대개 유사한 환경에서 서식하는 특성을 보이고 있어, 그 성장특성을 비교하는 것은 종간의 생태경쟁에 대한 정보를 확보할 수 있다고 생각한다. Lim and Hwang (2002)은 조피볼락의 이석을 이용하여 암수간 성장에 유의한 차가 없이 이론적 최대체장이 506.2mm임을 보여주었고, Park and Kang (2007)은 통영바다목장해역 내 조피볼락에는 암수간 성장에 유의한 차가 있음을 보고하며 암컷이 이론적 최대체장이 484.5mm, 수컷이 493.2mm로 두 연구결과 조피볼락이 볼락에 비해 성장이 빠르며 최대체장도 약 2배 이상 크다는 것을 알 수 있었다. 하지만, 제주산 썸뱅이의 경우는 암컷이 214.8mm, 수컷이 237.0mm로 볼락과 유사한 성장특성을 보여주었다 (Bae and Chung, 1999).

결 론

2009년 3월부터 2010년 2월까지 12개월 동안 매월 여수시 남부 금오열도 주변의 전남바다목장해역에서 채집된 642개체의 볼락 이석을 이용하여 연령 및 성장특성을 조사하였다. 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계는 1년에 한 번 9월에 형성되었으며, 이를 윤문으로 간주하였다. 주산란기는 2월이며, 그러므로 볼락의 초란이 형성되는 시기는 주산란기인 2월부터 이듬해 9월

까지 1.58년으로 추정된다. 윤문형성시 체장평균치와 체중평균치를 이용하여 추정된 매개변수로부터 von Bertalanffy 성장식을 나타내면 암컷이 $L_t = 23.27 (1 - e^{-0.4406 (t+1.1971)})$, 수컷이 $L_t = 22.03 (1 - e^{-0.5312 (t+0.6834)})$ 였다. 여기서 L_t 는 연령 t 에서의 어류의 체장이다. 이들 식으로부터 구한 이론적 최대전장은 암수 각각 23.27cm와 22.03cm였으며, 성장계수는 암수 각각 0.4406/yr과 0.5312/yr로 볼락은 수컷에 비해 암컷이 성장이 더 크다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (남해연안어업자원조사사업, RP-2010-FR-034)의 지원에 의해 수행되었으며 시료처리 및 분석에 많은 조언을 아끼지 않으신 독도연구센터의 이해원박사님께 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

- Bae, H.C. and S.C. Chung, 1999. Age and growth of the Marbled rockfish, *Sebastes marmoratus* from the coastal waters of Cheju Island. J. Kor. Fish. Soc., 32 (4), 432-437.
- Baeck, G.W. and S.H. Huh, 2004. Age and growth of three-lined Tonguefish (*Cynoglossus abbreviatus*) (Soleidae; Teleostei). J. Kor. Fish. Soc., 37 (1), 51-56.
- Beamish, R.J., 1979. New information on the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). J. Fish. Res. Board Can., 36, 1395-1400.
- Chung, M.K., 1986. The Fishes of Korea. Iljisa Pub. Co. Seoul, pp. 727.
- Hatanaka, M. and K. Iizuka, 1962. Studies on the fish community in the *Zostera* area - III. Efficiency of production of *Sebastes inermis*. Bull. Jap. Fish. Soc., 28, 305-313.
- Hisada, T., T. Inoue and Y. Hamanaka, 2000. Age, growth and maturity of a Balck rockfish in the western Wakasa Bay. Bull. Kyoto Ocea. Fish. Sci., 22, 44-49.

- Kang, Y.J., 1982. Studies on the structure and production of biotic communities in the coastal shallow waters of Korea. I. Age and growth of *Sebastes inermis* from Namhae Island, Korea. Publ. Inst. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan, 14, 51 – 53.
- Kim, C.K. and Y.J. Kang, 1999. Feeding ecology of Black rockfish, *Sebastes inermis*. J. Kor. Fish. Soc., 32 (5), 637 – 641.
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute), 1997. A study for the marine ranching program in Korea. Ecosystem management model and stocking technique. Korea Ocean Research and Development Institute. BSPE 97602 – 00 – 1073 – 3, pp. 361.
- Kwon, D.H., Y.J. Kang and D.W. Lee, 1999. A population ecological study of White croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. II. Age and growth. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 54 – 60.
- Lee, T.Y. and S.Y. Kim, 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviviparous teleost, *Sebastes inermis*. Bull. Kor. Fish. Soc., 25 (5), 413 – 431.
- Lee, H.W. and Y.J. Kang, 2006. Age determination and growth using the transverse section method of otoliths sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the eastern sea of Korea. Ocean and Polar Res., 28 (3), 237 – 243.
- Lee, S.I., K.Y. Park, Y.S. Kim, H.W. Park, J.H. Yang and S.H. Choi, 2006. Age and growth of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 18 (4), 355 – 362.
- Lim, Y.J. and S.D. Hwang, 2002. Age and growth of balck rockfish, *Sebastes shelegeli*, in western coastal waters of Korea. Kor. J. Ichthyol., 14 (2), 143 – 152.
- Mizusawa, M., I. Aoki, R. Yukami, K. Utagawa and I. Mitani, 2004. Early life history traits based on otolith microstructure of the black rockfish *Sebastes inermis* off Miura Peninsula, central Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 70 (2), 138 – 144.
- Park, K.D. and Y.J. Kang, 2007. Age and growth of balack rockfish, *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong Marine Ranching Area in Korean waters. Kor. J. Ichthyol., 19 (1), 35 – 43.
- Plaza, G., S. Katayama and M. Omori, 2003. Timing of parturition, planktonic duration, and settlement patterns of the black rockfish, *Sebastes inermis*. Environmenal Biology of Fishes, 68, 229 – 239.
- Suzuki, H., 2004. Age, grwth and condition factor of the black rockfish, *Sebastes inermis* in Omura Bay and Ariake Sound. Bull. Nagasaki Pref. Insti. Fish., 30, 1 – 6.
- Utagawa, K. and T. Taniuchi, 1999. Age and growth of the black rockfish *Sebastes inermis* in eastern Sagami Bay off Miura Peninsula, central Japan. Fish. Sci., 65 (1), 73 – 78.

2010년 9월 24일 접수

2010년 11월 10일 1차 수정

2010년 11월 10일 수리