한국 남해 연안 눈볼대(*Doederleinia berycoides*)의 연령과 성장

최정화 · 최승희^{1*} · 김영혜² · 이동우 · 류동기¹

국립수산물자원관리과, ¹군산대학교 수산과학과, ²국립수산물자원관리 연구기획과

Age and Growth of Blackthroat Seaperch *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea

Jung Hwa Choi, Seung Hee Choi^{1*}, Yeong-Hye Kim², Dong Woo Lee and Dong Ki Ryu¹

Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

¹Department of Fisheries Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

²Research and Development Planning Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

The age and growth of the blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* was investigated based on samples captured in the southern seas of Korea from January to December, 2006. Age was estimated by analyzing otolith growth rings. The spawning period was extrapolated from August to November based on monthly changes in the gonad somatic index. The relationship between total length and otolith radius was analyzed separately for each sex with $TL = -15.6174 + 10.3274R$ for females and $TL = -4.4083 + 7.0749R$ for males. From the parameters calculated using average total length and weight when the year ring was formed, the growth of *D. berycoides* was expressed by von Bertalanffy growth equations as $L = 34.71(1 - e^{-0.2557(t+0.2078)})$, $W = 713.85(1 - e^{-0.2557(t+0.2078)})^{3.1972}$ for females, $L = 27.37(1 - e^{-0.3388(t+0.7362)})$, $W = 353.91(1 - e^{-0.3388(t+0.7362)})^{3.1647}$ for males, and $L = 34.20(1 - e^{-0.2530(t+0.2871)})$, $W = 674.10(1 - e^{-0.2530(t+0.2871)})^{3.1171}$ for pooled sexes, where L is total length at age t.

Key words: *Doederleinia berycoides*, Age, Growth, Otolith

서론

눈볼대(*Doederleinia berycoides*)는 농어목(Order Perciformes) 반딧불게르치과(Family Acropomatidae)에 속하며, 우리나라에서는 주로 남해 서부해역에 서식하고, 일본 북해도 이남해역에서 동중국해를 거쳐 홍해까지 분포하는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2004). 제주도 부근해역의 눈볼대 계군은 가을이면 남해연안과 대마도 부근해역으로 이동하기 시작하여 겨울에는 부산 앞바다까지 회유했다가 봄이 되면 다시 제주도 부근으로 되돌아가는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2005).

눈볼대에 대한 연구로는 Lee (1965)와 Park (1971)이 남해의 눈볼대 분포 및 회유와 성장에 관하여 보고하였으며, 생식소의 월별발달 단계를 이용하여 주 산란시기를 밝힌 Cha et al. (2010) 그리고 상업어선에 어획된 눈볼대의 먹이습성을 밝힌 Oh (2009)와 Huh et al. (2011) 등이 있다. 또한, 일본에서는 Kojima (1976), Onishi (2009), Kawano (2010) 등이 비늘을 연령형질로 사용하여 연령과 성장에 대하여 보고하였고, Matsuoka et al. (1993)는 기선저인망에 의한 낮과 밤의 어획량 차이를, 그리고 Hamabe et al. (2010)은 그물종류 및

크기와 어획량과의 관계를 보고하였다.

눈볼대 어획량은 1980년대에 연평균 약 1,000톤의 수준을 유지하였으며, 1990년대에 들어서면서 연평균 500톤으로 급격히 감소하였다. 그러나, 2000년에 918톤이 어획된 후, 2003년부터 2007년까지 연평균 2,700톤으로 계속 증가하여 2008년에 3,700톤이 어획되었다. 2008년을 최고점으로 다소 감소하는 경향을 보이고 있지만 2010년에 여전히 3,100톤의 어획량을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 1).

Fig. 1. The catches of *Doederleinia berycoides* in Korea (MIFFAF, 2011).

*Corresponding author: vicky9437@nate.com

본 연구에서는 남해에 서식하는 눈볼대의 연령과 성장을 조사하여 눈볼대 자원의 합리적 이용 및 관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 눈볼대 시료는 2006년 1월부터 12월까지 남해안에서 기선저인망에 의해 어획된 것을 부산공동어시장에서 구입하여 사용하였다(Fig. 2). 구입된 시료는 전장(TL) 및 체중(BW)을 각각 0.1 cm, 0.1 g까지 측정하였다. 생식소의 형태와 색깔을 이용하여 암수를 구별하였고, 생식소의 무게는 0.01 g까지 측정하였으며, 연령을 파악하기 위해 소낭의 편평석(이석) 양쪽을 적출하였다(Table 1). 적출한 이석은 실리콘 탱크에 넣고 Resin (Buehler castolite No. 20-8120-002)과 Hardener (Buehler castolite hardener No. 20-8122-002)를 섞어 넣은 후 48시간 실온에서 건조하였다. 표본으로 제작된 이석의 표면은 중심부에 있는 초점을 중심으로 불투명대와 투명대가 교대로 나타난다. 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계보다 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 더 명확하므로 이를 윤문으로 정의하였다. 좌측의 이석 초점에서 연변부까지의 최장축을 측정기준선으로 설정하여 그 측정기준선을 따라 초점에서 연변부까지의 거리를 측정하여 이석경(R)으로 하였다(Fig. 3). 이석경과 윤경의 측정은 영상분석시스템(Image analyzer, Image-Pro plus 2.0)을 이용하여 μm 단위까지 측정하였다. 초점에서 각 윤문까지의 거리를 윤경 $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ 으로 정하였다. 판독한 윤문이 연령형질로 적합한가를 검토하기 위하여 이석경과 윤경간의 대응성과 윤문형성시기 및 주기성을 검토하였다. 연령형질로서 확인된 윤문의

Fig. 2. Location of the study area in south sea of Korea.

형성시기 및 주기성을 확인하기 위하여 연역지수(Marginal index, MI)의 월별 변화를 추정하였다. 연역지수(MI)는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

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

여기서, R은 이석경이고 r_n 은 초점에서 n번째 윤문까지의

Table 1. Number of individuals and size range of *Doederleinia berycoides*

Year	Month	Female		Male	
		Number (inds.)	Mean TL $\pm$ SD (cm)	Number (inds.)	Mean TL $\pm$ SD (cm)
2006	Jan.	20	20.6 $\pm$ 1.1	27	21.4 $\pm$ 0.8
	Feb.	68	22.8 $\pm$ 3.5	33	19.8 $\pm$ 0.8
	Mar.	68	23.5 $\pm$ 3.1	31	21.1 $\pm$ 1.8
	Apr.	65	23.7 $\pm$ 3.1	34	21.9 $\pm$ 1.8
	May	22	28.6 $\pm$ 3.1	33	21.4 $\pm$ 2.5
	Jun.	27	27.1 $\pm$ 4.0	58	19.8 $\pm$ 2.5
	Jul.	40	23.6 $\pm$ 5.8	47	21.4 $\pm$ 2.5
	Aug.	73	23.2 $\pm$ 4.0	21	19.8 $\pm$ 2.5
	Sep.	85	23.3 $\pm$ 3.4	14	21.9 $\pm$ 1.2
	Oct.	77	24.9 $\pm$ 3.7	20	19.0 $\pm$ 2.3
	Nov.	71	22.4 $\pm$ 3.2	42	19.0 $\pm$ 1.8
	Dec.	40	20.9 $\pm$ 0.7	16	21.7 $\pm$ 1.2
Total		656		376

Fig. 3. Diagram showing otolith radius (R) and ring radius (r) on the otolith of *Doederleinia berycoides*.

거리이다.

초점에서 초륜까지의 시간 간격을 알기 위하여 생식소속도 지수(Gonadosomatic index, GSI)의 월변화를 추적하여 산란기를 추정하였다. 생식소속도지수의 추정에 사용된 자료는 2005년 1월부터 2007년 12월까지의 정밀측정자료를 사용하였다. 생식소속도지수(GSI)를 구하기 위하여 사용된 식은 다음과 같다.

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

여기서, GW는 생식소중량(Gonad weight, g)이다.

평균윤경을 이용하여 산출한 이석경과 전장간의 직선회귀관계식을 사용하여 윤문형성시의 평균전장을 역계산하였다. 전장과 체중간의 상대성장식에 전장을 대입함으로써 윤문형성시의 체중을 추정하였다. 성장식은 von Bertalanffy 성장식을 사용하였다. 성장식의 매개변수는 Walford 정착도법을 사용하여 추정한 후, 이 매개변수값을 초기값으로 하여 비선형회귀분석법으로 추정하였다(Zhang, 2010).

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

여기서, L_t 는 t세의 전장, L_∞ 는 이론적 최대전장, k는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령이다.

결 과

본 연구에 사용된 눈볼대 암컷의 전장범위는 15.0-33.7 cm였으며, 수컷의 경우 14.5-25.9 cm 범위였다. 암컷의 경우 전장 20-24 cm 범위가 52%를 차지하고, 26 cm 이상인 개체도 26% 존재하지만, 수컷의 경우는 전장 19-22 cm 범위가 전체

Fig. 4. Length frequency distribution of *Doederleinia berycoides*.

의 68%를 차지하고, 26 cm 이상인 개체는 없었다(Fig. 4).

윤문형성시기 및 주기성

이석에 나타나는 윤문이 연령형질로써 적합한가를 확인하고, 확인된 윤문 중 위륜 및 이상형성륜을 가려내기 위하여 이석경과 윤경간의 관계를 비교하였다(Fig. 5). 암수 모두에서 각 윤경은 인접한 윤경과 서로 명확히 분리되었다. 또한, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤경 역시 크게 나타남을 알 수 있었다. 즉, 이석에 나타나는 이석경과 윤경간에는 대응성이 있음을 알 수 있었다. 따라서, 이석이 눈볼대의 연령형질로서, 이석에 나타난 윤문을 연륜으로 사용할 수 있다고 판단하였다. 본 조사에서 암컷은 1-ring group은 단지 1개체만 출현하였고, 수컷의 경우는

Fig. 5. Relationships between otolith radius and ring radius of *Doederleinia berycoides* by each ring group (top: Female, bottom: Male).

Fig. 6. Monthly changes in marginal index of *Doederleinia berycoides* otolith.

2-ring group부터 출현하여 0-1세의 어린 개체는 거의 어획되지 않았다.

윤문의 형성시기 및 주기성을 확인하기 위하여 연역지수(MI)의 월별 변화를 살펴보면(Fig. 6), 암수 모두 9월부터 증가하기 시작하여 12월 이후 유사한 값을 보이다가 7월부터 낮은 값이 나타나기 시작하여 9월에 최저값을 보였다. 따라서, 눈볼대의 윤문형성시기는 매 8월마다 형성됨을 알 수 있었다.

산란기 추정

산란기 추정을 위해 실시한 암수의 생식소숙도지수 월변화 양상은 조사 시기에 따라 약간의 차이를 보였다(Fig. 7). 암컷의 경우 2005년과 2006년에는 9월에 최대값을 보인 반면 2007년에는 8월에 최대값을 나타내었다. 수컷의 경우도 약간의 차이는 있으나 암컷과 비슷하게 8월과 9월에 최대값을 보인 것으로 나타났다. 따라서, 눈볼대의 산란기는 생식소숙도지수가 최대값에서 급격히 떨어지는 시점인 8월에서 11월 사이로 추정되었다.

연령사정결과 연령별 전장은 Table 2와 같다. 윤문형성시기가 8월이고, 산란기가 8-11월(주산란기 9월)이라 했을 때

Fig. 7. Monthly changes in the gonadosomatic index of *Doederleinia berycoides*.

Table 2. Age composition of *Doederleinia berycoides* caught in the southern sea of Korea

Age	Female			Male		
	Number	TL (cm)		Number	TL (cm)	
		Mean	SD		Mean	SD
1+	1	16.8	-			
2+	103	18.8	1.7	98	18.6	1.5
3+	262	21.6	1.5	233	21.3	1.5
4+	153	24.9	1.3	43	23.2	1.4
5+	66	28.1	1.1	2	24.7	0.2
6+	66	30.5	1.4			
Total	651			376		

Table 2의 1세는 실제적으로는 0.9세 이상이고, 2세는 1.9세 이상이 된다.

성장식 추정

이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 년 1회 형성되는 주기성의 윤문임을 확인하고, 이 윤문을 연령으로 간주하여 각 연령의 평균 윤경을 구하였다(Table 3). 암수 모두 제1륜에서 가장 큰 폭의 증가를 보이고, 이후 그 증가폭이 감소하는 경향을 보인다. 각 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하기 위하여 이석경과 전장간의 관계를 추정하였으며, 이석경과 전장간에는 직선회귀관계가 있다(Fig. 8). 이석경과 전장간의 관계를 이용하여 윤문형성시의 전장을 역계산하고(Table 4), 윤문형성시의 체중을 역계산하기 위하여 전

Fig. 8. Relationship between otolith radius (R) and total length (L) of *Doederleinia berycoides*.

Table 3. Mean ring radius for each ring group of *Doederleinia berycoides*

Female

Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)					
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
1	1	2.72					
2	103	2.52	3.16				
3	262	2.38	3.07	3.48			
4	153	2.29	2.99	3.48	3.83		
5	66	2.15	2.81	3.31	3.71	4.00	
6	66	2.02	2.65	3.15	3.57	3.92	4.17
Total, Mean	651	2.32	2.99	3.42	3.74	3.96	4.17
SD		0.20	0.21	0.20	0.20	0.18	0.17

Male

Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅
1	0					
2	98	2.45	3.08			
3	233	2.33	3.00	3.40		
4	43	2.26	2.96	3.44	3.76	
5	2	2.06	2.69	3.23	3.61	3.93
Total, Mean	376	2.35	3.02	3.41	3.75	3.93
SD		0.13	0.14	0.14	0.15	0.02

Fig. 9. Relationship between total length (L) and body weight (W) of *Doederleinia berycoides*.

장과 체중간의 상대성장식을 구하였다(Fig. 9). 이로부터 윤문형성시의 평균전장과 평균체중을 추정하였다. 윤문형성시

Fig. 10. von Bertalanffy growth curves for the total length (L) of *Doederleinia berycoides*.

의 평균전장을 이용하여 추정한 von Bertalanffy 성장식은 암컷 $L_t = 34.71(1 - e^{-0.2557(t+0.2078)})$, 수컷 $L_t = 27.37(1 - e^{-0.3388(t+0.7362)})$,

Table 4. Back-calculated total length at estimated age of *Doederleinia berycoides*

Sex	Age (year)					
	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9
Female	8.6	14.7	19.0	22.6	25.3	27.5
Male	11.7	16.3	19.3	21.7	23.4	

전체 $L_t = 34.20 (1 - e^{-0.2530(t+0.2871)})$ 이다(Fig. 10). 암수 성장식의 유의성검정에서 유의한 차가 있었다($P < 0.05$).

고 찰

수산 자원의 연령 조성 및 구조는 자원의 상태 파악과 관리를 위해 중요한 기초자료가 되며, 이러한 자료들은 각 수산 자원의 연령형질을 이용하여 파악할 수 있다. 대부분의 어류 연령형질은 이석이나 비늘이 이용되었다. 이는 매년 주기적으로 이석과 비늘에 새롭게 윤문이 생성되는 특징에 의한 것으로, 특히 이석은 이석경과 윤경간의 대응성을 통해 윤문형성시기 및 주기성을 검토하여 확인할 수 있다. 본 연구에서는 눈볼대의 각 윤경에 대하여 이석경과 윤경간의 상관성이 확인되었고, 윤문형성시기도 확인하였다. 즉, 윤문은 매년 8월을 기점으로 년 1회 형성됨을 알 수 있었다. 이러한 추정본 연구에서 나타난 생식소속도지수의 월변화를 통한 눈볼대의 산란기(8-11월: 주산란기 9월)를 통해 이루어졌다. 눈볼대의 주산란기는 Cha et al. (2010)이 7-9월, Park (1971)과 Onishi (2009)는 9월, Kojima (1976)는 8-9월로 본 연구결과와 유사하였다.

Park (1971)은 암수를 구별하지 않고 이론적 최대전장(L_∞)을 41.2 cm로 보고하였으며, Onishi (2009)는 암수 각각 46.4 cm, 38.6 cm, Kawano (2010)은 암수 각각 39.5 cm, 37.0 cm로 보고하였다. 본 연구에서는 암수 각각 34.71 cm, 27.37 cm, 암수 통합한 결과는 34.20 cm로 암컷이 수컷보다 더 큰 것으로 나타났으며, 암수 모두 기존의 연구결과보다 작게 나타났다(Table 5). 이러한 최대체장의 차이는 연령 판별에 사용된 연령형질의 차이와 자원밀도에 의한 성장 차에 의한 것으로 추정된다. Lee and Hur (1993), Machias et al. (2002) 및 Gunn et al. (2008)에 의하면 비늘을 연령형질로 사용하여 연령을 추정할 경우 고연령어의 경우 윤경의 구별이 상대적으로 어려운 것으로 보고하였다. Lee and Hur (1993)에 의하면, 베령해의 명태에서 3세 이후 이석과 비늘의 연령사정에 차이가 나타나기 시작하여 이석을 통한 연령에서는 크기에 따른 구별이 뚜렷하게 이루어졌으나, 비늘을 통한 연령에서는 크기에 따른 구별이 이루어지지 않아 큰 개체에서의 이석 연령이 비늘보다 더 높았다. 즉, 이석으로 7세 크기의 개체가 비늘로는 6세와 7세로 동일하게 나타났으나, 이석으로 16세 크기의 개체는 비늘로 5세에서 9세로 차이를 보여 비늘을 통한 연령사정이 대형개체 그룹에서 동일 연령그룹으로 판단될

Table 5. Comparison of von Bertalanffy growth parameters for *Doederleinia berycoides* between present and previous studies

Author		Parameter			Aging decision material
		K	t_0	L_∞	
Park (1971)	Total	0.1820	-0.1440	41.20	Scale
Kojima (1976)	Female	$t < 3$	0.2020	-0.0900	Scale
		$t > 4$	0.3200	0.1270	
	Male	$t < 2$	0.1020	-0.4570	
		$t > 3$	0.3490	0.3010	
Onishi (2009)	Female	0.1530	-0.5430	46.40	Scale
	Male	0.1790	-0.3370	38.60	
Kawano (2010)	Female	0.2487	-0.2295	39.54	Scale
	Male	0.2219	-0.3141	36.97	
Present study	Female	0.2557	-0.2078	34.71	Otolith
	Male	0.3388	-0.7362	27.37	
	Total	0.2530	-0.2871	34.20	

오류가 높은 것으로 나타났다. 이것은 이전연구들이 고연령어를 샘플링 했음에도 불구하고 비늘이 고연령어를 구별하지 못하여 나타난 결과가 아닐까 판단된다.

또한, 본 연구기간 동안의 어획량이 다른 시기에 비해 높은 것으로 나타났다(Fig. 1). 이러한 높은 어획량은 눈볼대의 중간 먹이 경쟁에 영향을 미쳤을 것으로 판단되며, 이를 통해 성장에도 영향이 있었을 것으로 추측된다. Davey et al. (2006)은 유럽산 민물 망둑어 종류인 *Cottus gobio*의 사육실험에서 사육밀도가 높은 수조의 개체들이 사육밀도가 낮은 수조의 개체보다 성장이 느리다고 보고하였다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(근해어업자원조사, RP-2011-FR-000)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Cha HK, Kang SK, Oh TY and Choi JH. 2010. Reproductive ecology of the blackthroat seapeach, *Doederleinia berycoides* (Hilgendorf) in South Sea of Korean waters. J Kor Soc Fish Tech 46, 368-375.
- Davey AJH, Turner GF, Hawkins SJ and Doncaster CP. 2006. Mechanisms of density dependence in stream fish: exploitation competition for food reduces growth of adult European bullheads (*Cottus gobio*). Can J Fish Aquat Sci 63, 597-606.
- Gunn JS, Clear NP, Carter TI, Rees AJ, Stanley CA, Farley JH and Kalish JM. 2008. Age and growth in southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau): Direct estimation from otoliths, scales and vertebrae. Fish Res 92, 207-220.

- Hamabe Y, Harada S, Yamashita H and Tokai T. 2010. Effect of square mesh window on codend selectivity for blackthroat seaperch and white-spotted conger in offshore trawl net. Bull Jan Soc Sci Fish 76, 824-840.
- Huh SH, Oh HS, Park JM and Baeck GW. 2011. Feeding Habits of the Blackthroat Seaperch *Doederleinia berycoides* in the Southern Sea of Korea. Kor J Fish Aquat Sci 44, 284-289.
- Kawano M. 2010. Age and growth of black-throat seaperch, *Doederleinia berycoides* in the southwestern Japan Sea off Yamaguchi Prefecture. Bull Yamaguchi Pref Fish Res Cent 8, 45-47.
- Kojima K. 1976. Age and growth of the black-throat seaperch, *Doderleinia berycoides* (Hilgendorf), in the south-western Japan Sea. Bull Seikai Reg Fish Res Lab 48, 93-111.
- Lee JU and Hur YH. 1993. Comparative study on age determination using scales and otoliths of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Bering Sea and the Gulf of Alaska. Kor J Ichthyol 5, 177-183.
- Lee KH. 1965. Fishery biological studies on sea-bass in the southern sea of Korea. Rep Fish Res 6, 51-67.
- Machias A, Maraveyia E, Pavlidis M, Somarakis S and Divanach P. 2002. Validation of annuli on scales and otoliths of common dentex (*Dentex dentex*). Fish Res 54, 287-294.
- Matsuoka M, Tokimura M, Fujita H and Kitajima T. 1993. A consideration on differences of catch compositions between daytime and nighttime bottom trawl samplings in the East China Sea. Seikai-ku Suisan Kenkyujo. Kenkyu Hokoku 70, 1-9.
- MIFFAF. 2011. Statistic Database for Fisheries Production. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on 12 May.
- NFRDI. 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. National Fisheries Research & Development Institute, Busan, Korea, 1-333.
- NFRDI. 2005. Ecology and Fishing Ground. National Fisheries Research & Development Institute, Busan, Korea, 1-397.
- Oh HS. 2009. Feeding Ecology of *Doederleinia berycoides* in the Southern Sea of Korea. MS. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 1-27.
- Onishi T. 2009. Age, growth and spawning season of *Doederleinia berycoides*, in Niigata coast of Japan. Bull Niigata Pref Fish Mar Res Inst 2, 15-20.
- Park BH. 1971. Studies the distribution, migration and growth of sea bass, *Doderleinia berycoides*, in korea waters. Bull Nat Fish Res Dev Inst 7, 25-44.
- Zhang CI. 2010. Marine fisheries resource ecology. Pukyong National University Press, Busan, Korea, 228-230.

2011년 10월 10일 접수

2012년 5월 23일 수정

2012년 5월 24일 수리