

## 한국 동해안 참가자미, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder)의 연령과 성장

이성일\* · 박기영<sup>1</sup> · 김영섭 · 박헌우<sup>1</sup> · 양재형 · 최수하<sup>1</sup>

국립수산과학원 동해수산연구소, <sup>1</sup>강릉대학교 해양생명공학부

## Age and Growth of Brown Sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea

Sung Il Lee\*, Kie Young Park<sup>1</sup>, Young Seop Kim, Heon Woo Park<sup>1</sup>,  
Jae Hyeong Yang and Soo Ha Choi<sup>1</sup>

East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research &  
Development Institute, Gangnung 210-861, Korea

<sup>1</sup>Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University,  
Gangnung 210-702, Korea

The age and growth of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* were investigated from samples randomly collected in the East Sea of Korea from April, 2003 to March, 2004. Ages were determined from annuli in otoliths and annuli were formed between March and May once a year. Also, main spawning period were estimated between March and April, thus rings were considered as annual marks. The von Bertalanffy growth parameters estimated from a non-linear regression method were  $L_{\infty}=37.2$  cm,  $K=0.131/\text{year}$ ,  $t_0=-2.008$  years for female and  $L_{\infty}=28.3$  cm,  $K=0.177/\text{year}$ ,  $t_0=-2.135$  years for male, and the growth between female and male was different.

**Key words :** *Pleuronectes herzensteini*, age, growth, otolith

### 서 론

참가자미 (*Pleuronectes herzensteini*)는 가자미목 가자미과에 속하는 어종으로, 우리나라 전 연안, 일본, 황해, 발해 및 동중국해의 연안에 분포한다. 참가자미는 봄에 가까운 연안으로 이동하여 6월경에 최대로 얕은 곳까지 회유해 오며, 9월 이후 깊은 곳으로 이동하는데, 수심 150 m 이내에 서식하는 저서성 어종으로 (NFRDI, 2004),

우리나라에서는 주로 연승, 자망 및 정치망 등에 의해 어획되는 상업적으로 중요한 어종의 하나이다.

참가자미에 대하여는 Rho *et al.* (1988)의 초기발생과 자치어사육에 관한 연구, Lee *et al.* (1997)의 난 발생에 미치는 수온과 염분의 영향에 관한 연구, 그리고 Han and Kim (1999)의 난 발생과정과 자어의 형태발달에 관한 연구 등 대부분이 난발생이나 부화자어의 형태학적 변화 및 인공종묘생산에 관한 연구가 수행되었다. 참가자미에 대한 자원생태학적 연구로는 Choi *et al.* (1986)에 의한 연령, 성장 및 성숙에 관한 연구가 있었고, 최근 Chang *et al.* (2004)에 의해 동해안 참가자미의 생식주기

\*Corresponding author: silee@momaf.go.kr

에 대한 연구가 수행된 바 있으며, 일본에서도 참가자미의 성숙과 산란 (Kawasaki and Hadanaka, 1951; Wada, 1970b), 그리고 연령과 성장 (Wada, 1970a)에 관한 연구가 있었다.

참가자미는 상업적 가치가 커 최근 과도한 어획으로 인해 자원량 감소가 두드러지게 나타나고 있어 자원관리가 절실히 요구되고 있음에도 불구하고 (Chang *et al.*, 2004), 본 종에 대한 종합적인 연구가 이루어지지 않고 있으며, 또한 Choi *et al.* (1986)에 의한 연령과 성장에 관한 연구는 약 20년 전의 결과로 이후 해양환경 및 서식환경의 변화, 그리고 어획압력의 증가 등으로 인한 개체군의 내적 변화로 인해 최근의 참가자미 생태와는 차이를 보일 가능성이 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 동해안에서 어획되는 참가자미 자원의 효과적인 이용·관리를 위해 자원생태학적 기초 자료를 재조명하고자 연령과 성장을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 참가자미 시료는 2003년 4월부터 2004년 3월까지 강원도 양양군 현남면 남애리 연안에서 자망어업으로 어획된 것을 매월 구입한 것이다 (Fig. 1).

구입한 시료는 실험실에서 암·수 구분하여 체장은 0.1 cm까지, 체중은 0.1 g까지 측정하였고, 연령사정을 위해 이석을 추출하였다. 이석은 아가미의 부착부위를 떼어내고 두개골을 절개하여 좌·우 한쌍을 꺼내어 0.3~0.5% KOH 용액에 24시간 동안 담갔다가 표면의 유기물을 제거·건조한 후에 사포로 핵 주변까지 연마하여 관찰이 용이하게 처리하였다. 이석에는 투명대와 불투명대가 교대로 나타나는데, 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계보다 명확하여 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 윤문으로 간주하고, Profile Projector (Nikon V-16E)에서 투과광으로 20배 확대하여 윤문을 측정하였다.

이석반경 (R)은 이석중심으로부터 후단부 끝까지의 직선거리로 장축반경을 측정하였고, 윤경 (r<sub>n</sub>)은 이석중심으로부터 불투명대 끝까지의 직선거리로 μm단위까지 측정하였다 (Fig. 2).

윤문의 형성시기와 연간 형성횟수를 알아보기 위해 연역지수 (Marginal Index: MI)의 월 변화를 분석하였다.

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

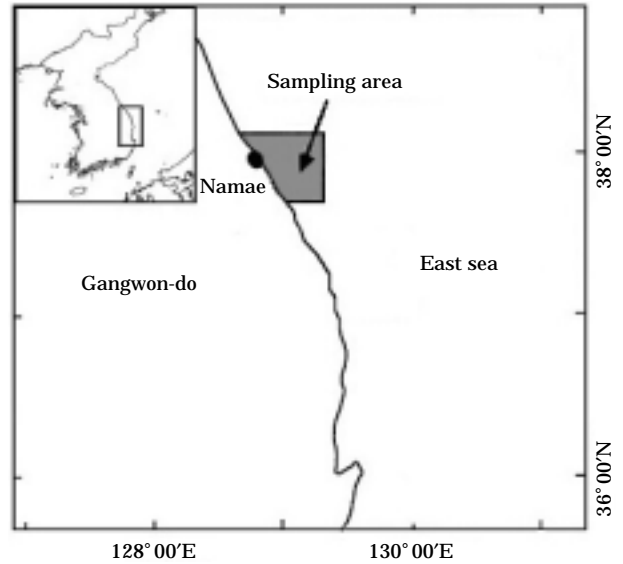


Fig. 1. Sampling area of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* caught by the gillnet fishery in the East Sea of Korea.

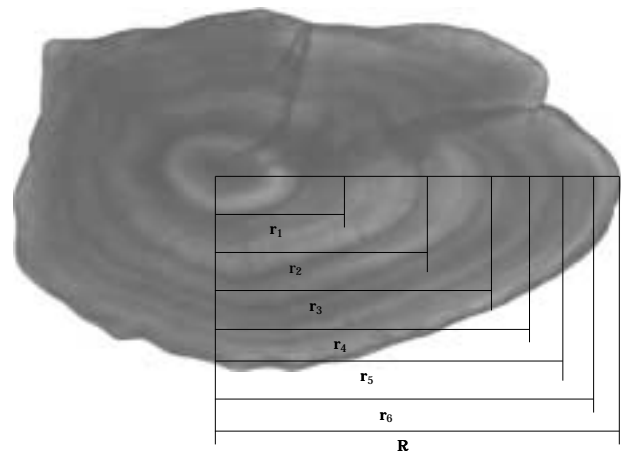


Fig. 2. Diagram showing otolith radius (R) and ring radius (r<sub>n</sub>) of brown sole, *Pleuronectes herzensteini*.

여기서, R은 이석반경, r<sub>n</sub>은 윤경으로 이석중심부에서 n 번째 윤문까지의 거리이다.

본 연구에서 저연륜군 및 고연륜군에 대한 채집이 어려웠고, 윤문판독시 신빙성이 없는 자료는 분석에서 제외시켰다.

윤문형성시의 연령별 평균체장은 계측된 표본의 평균 윤경으로부터 이석반경과 전장간의 관계식을 사용하여 역계산하였다.

참가자미의 성장은 역계산된 연령별 평균체장을 사용하여 von Bertalanffy (1938) 성장식으로 구하였고, 성장식

의 파라미터는 Walford 방법으로 구한 파라미터들을 초기값으로 사용하여 비선형 회귀방법에 의해 추정하였다.

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

여기서,  $L_t$ 는 연령  $t$ 시의 체장,  $L_{\infty}$ 는 이론적 최대체장,  $K$ 는 성장계수,  $t_0$ 는 체장이 0일 때의 이론적 연령이다.

결 과

조사기간 동안 총 761미의 참가자미 중에서 암컷이 60.2%, 수컷이 39.8%로 암컷의 비율이 높았다. 참가자미 암컷의 체장범위는 전장 11.8~34.7 cm이었고, 수컷은 전장 10.9~25.3 cm의 범위를 보였다. 평균체장은 암컷이 20.9 cm, 수컷은 18.5 cm로 암컷이 더 컸으며, 26 cm 이상에는 암컷만이 나타났다 (Fig. 3).

이석이 참가자미의 연령형질로서 적합한가를 확인하고 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여 각 윤문별 이석반경과 윤경간의 관계를 분석하였다 (Fig. 4). 각 윤문은 일정한 폭을 두고 구분되어 인접한 윤문과 중복됨이 없이 분리가 잘 되었으며, 이석반경과 윤경간에는 이석반

경이 커질수록 윤경이 커지는 직선관계를 이루었다. 따라서 이석이 참가자미의 연령형질로서 이용가능하며, 이석의 윤문을 연륜으로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

윤문의 형성시기 및 연간 형성횟수를 파악하기 위해 연역지수의 월 변화를 분석하였다. 연역지수의 월 변화를 보면 (Fig. 5), 연역지수 값이 3월에 급격히 감소하여 5월까지 낮은 값을 보여 윤문형성시기는 3~5월에, 연 1회 형성되어 이석에 나타난 윤문을 연륜으로 간주하였다.

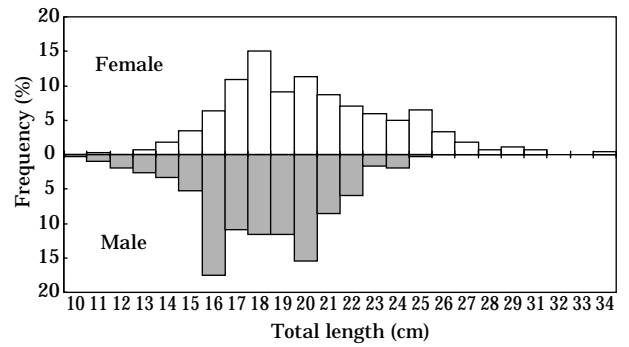


Fig. 3. Length-frequency distribution of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

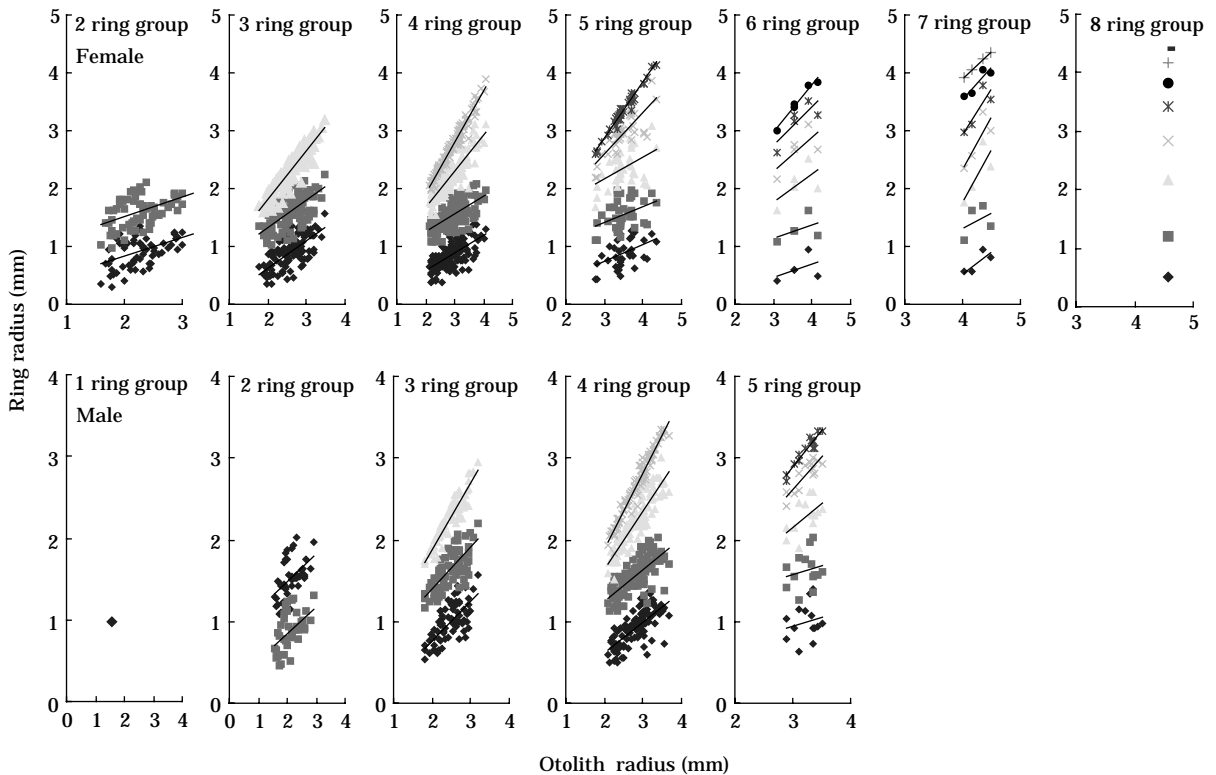


Fig. 4. Relationship between otolith radius and ring radius of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

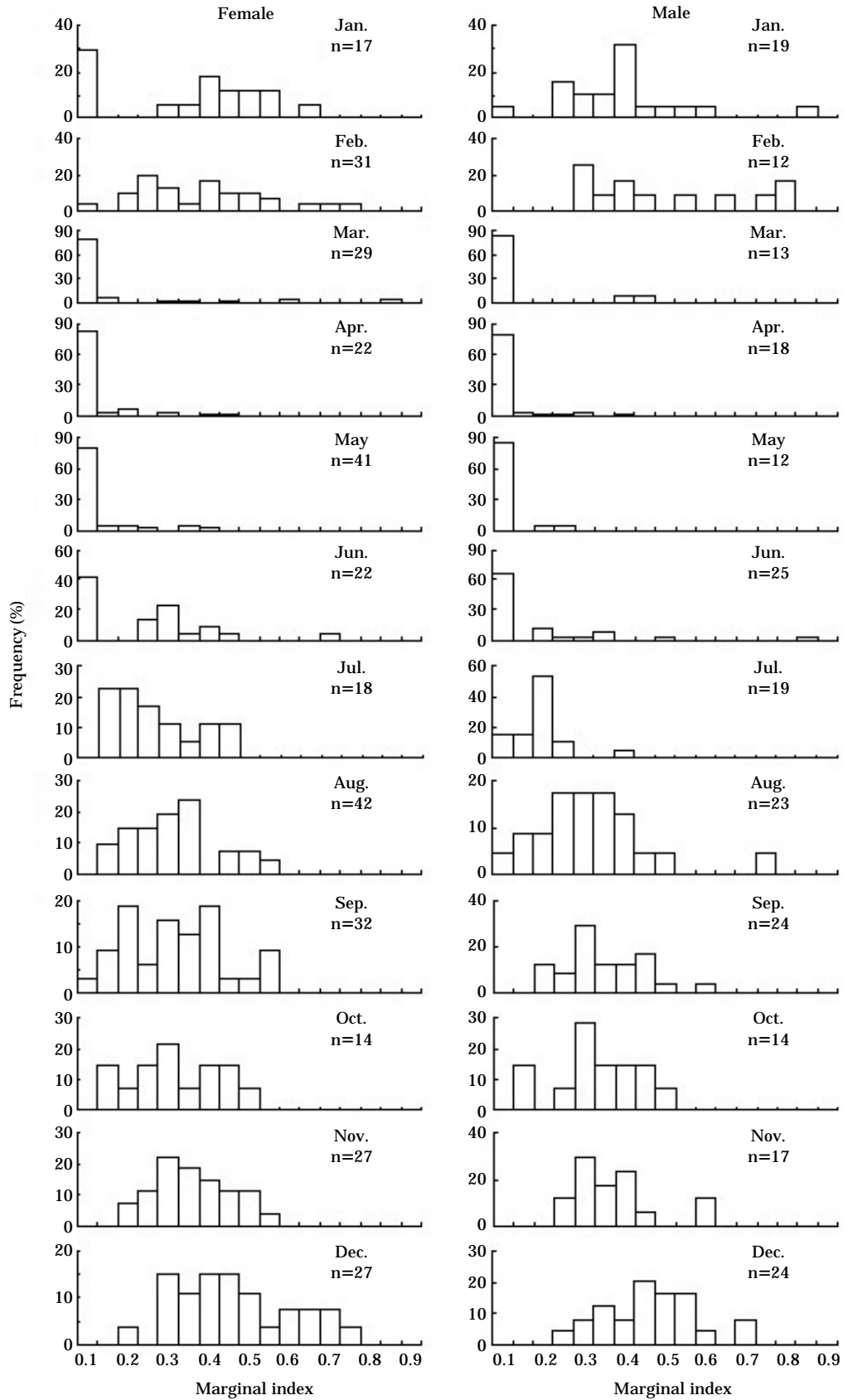


Fig. 5. Monthly changes in marginal index of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

참가자미의 생식소 속도지수(GSI)의 월 변화를 보면 (Fig. 6), 12월 이후 점차 증가하여 2~4월에 현저히 높은 값을 나타내었고, 5월 이후 급격히 감소하였다. 또한, 방란중인 개체가 3~5월에 출현하여 참가자미의 산란기는 2~5월, 주 산란기는 3~4월로 추정되어 윤문형성시기와 산란시기가 일치하였다.

이석중심으로부터 각 윤문까지의 평균윤경은 Table 1과 같고, 암컷의 경우 평균윤경이  $r_1=0.883$  mm에서  $r_8=4.425$  mm이었고, 수컷은  $r_1=0.948$  mm에서  $r_5=3.097$  mm로 나타났다.

각 윤문형성시의 체장을 역계산하기 위해 이석반경(R)과 전장(TL)간의 관계식을 추정된 결과, 암컷은  $TL=4.203R+8.486$  ( $R^2=0.58$ ), 수컷은  $TL=3.804R+8.496$

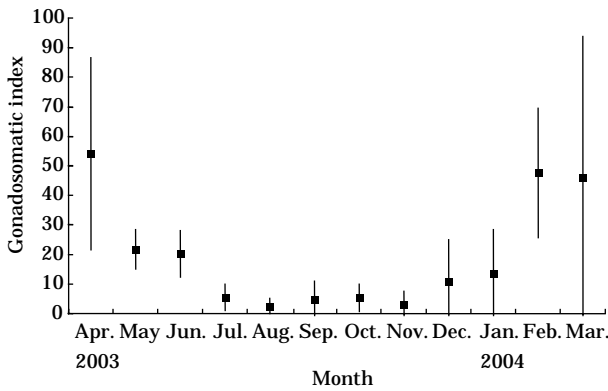


Fig. 6. Monthly changes in gonadosomatic index of female brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

( $R^2=0.57$ )으로 나타났다 (Fig. 7). 그리고 전장(TL)과 전중(TW)간의 상대성장식은 암컷은  $TW=0.0064TL^{3.20}$  ( $R^2=0.97$ ), 수컷은  $TW=0.0081TL^{3.12}$  ( $R^2=0.96$ )으로 체중은 체장의 약 3제곱승에 비례하였다 (Fig. 8).

따라서 윤문형성시의 평균윤경을 사용하여 이석반경과 전장간의 관계식으로부터 역계산된 평균체장은 암컷의 경우  $L_1=12.2$  cm에서  $L_8=27.1$  cm이었고, 수컷은  $L_1=$

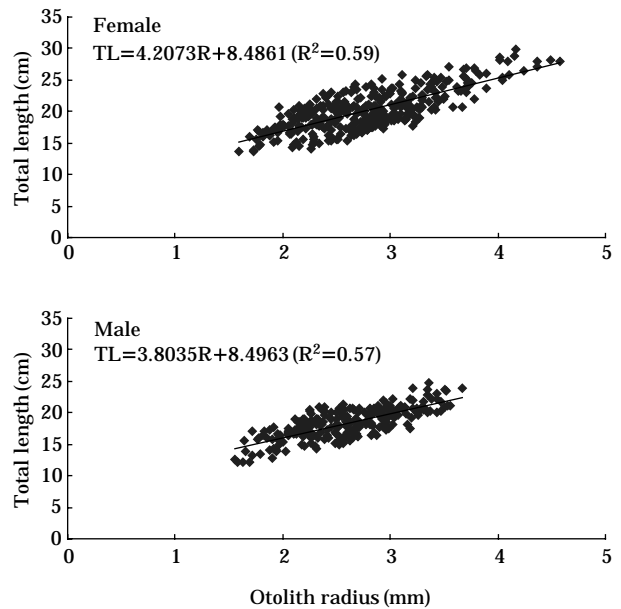
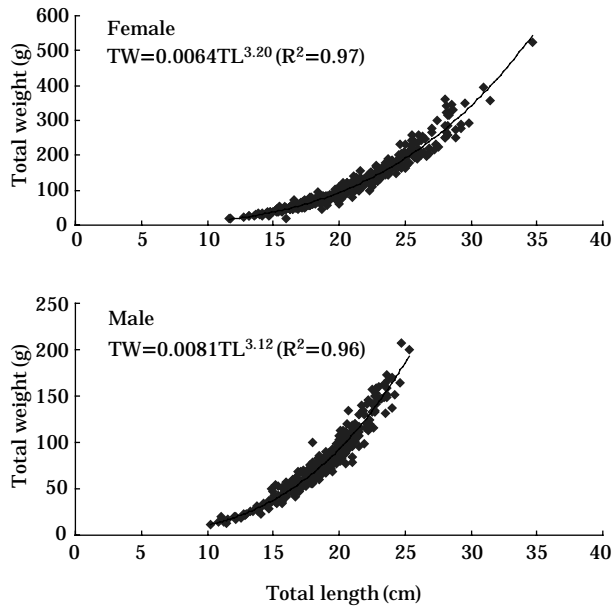


Fig. 7. Relationship between otolith radius and total length of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

Table 1. Mean ring radius on the otolith of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea

Sex	Estimated age	No. of samples	Ring radius (mm)							
			$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$
Female	2	68	0.933	1.619						
	3	103	0.920	1.603	2.320					
	4	118	0.844	1.528	2.226	2.712				
	5	39	0.878	1.557	2.351	2.947	3.339			
	6	5	0.603	1.286	2.068	2.672	3.165	3.500		
	7	4	0.726	1.448	2.245	2.818	3.353	3.827	4.143	
	8	1	0.511	1.194	2.153	2.824	3.410	3.817	4.182	4.425
Weighted mean			0.883	1.567	2.277	2.769	3.324	3.730	4.151	4.425
SE			0.252	0.254	0.342	0.404	0.351	0.313	0.168	0.000
Male	1	1	0.984							
	2	46	0.889	1.523						
	3	74	0.998	1.636	2.265					
	4	98	0.930	1.569	2.233	2.667				
	5	14	0.993	1.629	2.289	2.795	3.097			
Weighted mean			0.948	1.585	2.250	2.683	3.097			
SE			0.222	0.227	0.301	0.369	0.186			



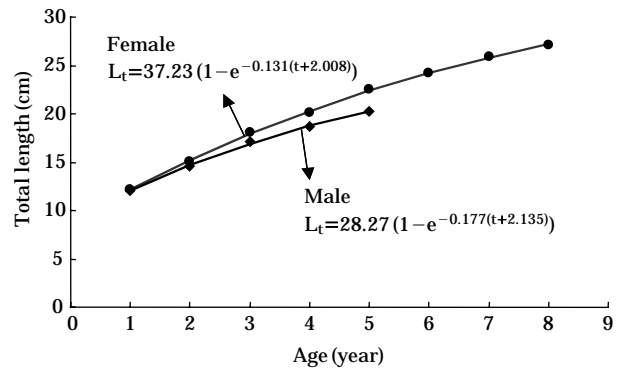
**Fig. 8.** Relationship between total length and total weight of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

12.1 cm에서  $L_5=20.3$  cm로 나타났으며, 평균체중은 암컷의 경우  $W_1=19.2$  g에서  $W_8=246.5$  g이었고, 수컷은  $W_1=19.4$  g에서  $W_5=96.9$  g으로 나타났다 (Table 2).

역계산된 연령별 체장과 체중으로부터 추정된 참가자미의 von Bertalanffy 성장식은 암컷이  $L_t=37.2(1-e^{-0.131(t+2.008)})$ ,  $W_t=680.9(1-e^{-0.131(t+2.008)})^{3.20}$  이었고, 수컷은  $L_t=28.3(1-e^{-0.177(t+2.135)})$ ,  $W_t=273.4(1-e^{-0.177(t+2.135)})^{3.12}$  이었다 (Fig. 9). 따라서 참가자미의 성장파라미터는 암컷의 경우 이론적 최대체장 ( $L_\infty$ )은 37.2 cm, 이론적 최대체중 ( $W_\infty$ )은 680.9 g, 성장계수 (K)는 0.131/년, 체장이 0일 때의 이론적 연령 ( $t_0$ )은 -2.008세로 추정되었고, 수컷은 이론적 최대체장 ( $L_\infty$ )이 28.3 cm, 이론적 최대체중 ( $W_\infty$ )은 273.4 g, 성장계수 (K)는 0.177/년, 체장이 0일 때의 이론적 연령 ( $t_0$ )은 -2.135세로 추정되었다.

## 고 찰

한국 동해안 참가자미의 연령과 성장을 살펴본 결과, 이석의 윤문형성시기는 3~5월로 산란시기와 일치하였으며, 연간 1회 형성되는 것으로 나타났다. 이는 Kawasaki and Hadanaka (1951)의 연구결과와는 일치하나, Wada (1970a)은 2~4월, Choi *et al.* (1986)은 1~3월에 형성된다고 하여 본 연구결과와는 1~2개월 정도의 차



**Fig. 9.** The von Bertalanffy growth curve in total length of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

이가 있었다. Choi *et al.* (1986)에 의하면 영일만 참가자미의 이론적 최대체장 (TL)은 암컷의 경우 35.1 cm, 수컷은 24.7 cm로 조사되었고, 본 연구에서는 암컷의 경우 37.2 cm, 수컷은 28.3 cm로 추정되어 암수간에 성장차이가 있다는 사실은 Choi *et al.* (1986)에 의한 결과와 일치하였다. 그러나 이론적 최대체장에 대한 추정치에 있어서는 두 연구결과간에 차이가 있는데, 실제 본 조사기간 동안 채집된 어체크기는 암컷의 경우 최대체장 (TL) 34.7 cm, 수컷은 최대체장 (TL) 25.3 cm이었다. 이러한 차이는 채집시기와 지역 차이에 따른 환경적인 요인에서 기인한 것으로 보인다. 한편, 본 연구에서 암컷은 8세어까지 출현하였고 수컷은 5세어까지 출현하여, 수컷의 경우 2세 이후부터 성장이 나빠서 6세 이상의 수컷은 드물다는 Wada (1970a)의 결과와도 비슷한 경향을 보였다. 김 (1989)에 의하면, 종에 따라서는 성 (sex)에 의해서 성장상태나 극한체장이 달라진다고 한다. 예를 들면, 참다랑어나 썸뱅이류는 수컷이 크지만, 가자미나 새치류는 암컷이 크다. 성별에 따른 이러한 성장의 차이는 성숙연령의 높고 낮음에 관계가 있는 것 같고, 빨리 성숙하는 종류의 성 (sex)이 일반적으로 어체크기가 소형이라 한다. 그리고 이러한 성장능력은 여러 가지 생리적 및 환경적 요인에 따라 좌우된다고 한다. 참가자미도 암컷이 크고 수컷이 작아 성별에 따른 성장 차이를 보여, 암컷이 수컷보다 늦게 성숙하고 수명이 더 긴 것으로 추정된다.

따라서 본 연구에서 수행한 우리나라 동해안 참가자미의 성장상태에 대한 결과를 종합해 보면, 암컷이 수컷보다 성장상태가 좋고, 늦게 성숙하며, 연령이 더 긴 것으로 추정되는데, 이러한 개체군 내 생태적 특성 차이에 대해서는 보다 종합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**Table 2.** Back-calculated total length and total weight at the formation of annuli in otolith of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea

Sex	Estimated age	No. of samples	Total length (cm)							
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>
Female	2	68	12.41	15.30						
	3	103	12.36	15.23	18.25					
	4	118	12.04	14.91	17.85	19.90				
	5	39	12.18	15.03	18.38	20.89	22.53			
	6	5	11.02	13.90	17.19	19.73	21.80	23.21		
	7	4	11.54	14.58	17.93	20.34	22.59	24.59	25.92	
	8	1	10.64	13.51	17.54	20.37	22.83	24.55	26.08	27.10
Weighted mean			12.20	15.08	18.07	20.14	22.47	24.18	25.95	27.10
Male	1	1	12.24							
	2	46	11.88	14.29						
	3	74	12.29	14.72	17.11					
	4	98	12.03	14.46	16.99	18.64				
	5	14	12.27	14.69	17.20	19.13	20.28			
Weighted mean			12.10	14.52	17.05	18.70	20.28			

Sex	Estimated age	No. of samples	Total weight (g)							
			W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	W <sub>6</sub>	W <sub>7</sub>	W <sub>8</sub>
Female	2	68	20.25	39.53						
	3	103	19.96	38.98	69.49					
	4	118	18.37	36.44	64.80	91.68				
	5	39	19.06	37.40	71.09	107.08	136.52			
	6	5	13.86	29.08	57.37	89.20	122.88	150.16		
	7	4	16.05	33.88	65.72	98.43	137.65	180.44	213.62	
	8	1	12.35	26.56	61.29	98.81	142.42	179.51	217.98	246.52
Weighted mean			19.20	37.78	67.36	95.41	135.49	171.43	214.50	246.52
Male	1	1	20.06							
	2	46	18.27	32.53						
	3	74	20.33	35.67	57.05					
	4	98	19.03	33.78	55.80	74.50				
	5	14	20.23	35.46	58.00	80.77	96.89			
Weighted mean			19.37	34.23	56.46	75.28	96.89			

적 요

본 연구에서는 2003년 4월부터 2004년 3월까지 우리나라 동해안 강원도 양양군 현남면 남애리 연안에서 어획된 참가자미의 연령과 성장에 관하여 조사하였다.

연령형질로서는 이석을 사용하였고, 윤문형성시기는 3~5월로 산란시기와 일치하였으며, 연간 1회 형성되어 윤문을 연륜으로 간주하였다. 비선형 회귀방법으로부터 추정된 참가자미의 von Bertalanffy 성장식은 암컷이  $L_t = 37.2(1 - e^{-0.131(t+2.008)})$  이었고, 수컷은  $L_t = 28.3(1 - e^{-0.177(t+2.135)})$  으로, 암수간에 성장의 차이가 있었다.

사 사

이 연구는 국립수산물연구원 (동해연안어업자원관리연구, RP-2006-FR-018)의 지원에 의해 운영되었습니다.

인 용 문 헌

- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum. Biol., 10(2) : 181 ~ 213.
- Chang, Y.J., J.Y. Lee and Y.J. Chang. 2004. Reproductive cycle of the Brown sole, *Limanda herzensteini* in the

- Eastern Waters of Korea. *J. of Aquaculture*, 17(2) : 128 ~ 132.
- Choi, S.H., Y.Y. Chun, Y.G. Gong and S.J. Son. 1986. Studies on the age, growth and maturity of the flounder *Limanda Herzensteini* Jordan et Snyder in Yong-il Bay of the Eastern Sea of Korea. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 39 : 43 ~ 51.
- Han, K.H. and Y.U. Kim. 1999. Eggs development and morphology of larvae of the flounder, *Limanda Herzensteini*. *Korean J. Ichthyol.*, 11(1) : 86 ~ 93.
- Kawasaki, T. and M. Hadanaka. 1951. Studies on the populations of the flatfish in Sendai Bay. I. *Limanda angustirostris* KITAHARA, *Tohoku. J. Agri. Res.*, 2(1) : 83 ~ 104.
- Lee, J.Y., W.K. Kim and Y.J. Chang. 1997. Influence of water temperature and salinity on egg development of flatfish, *Limanda Herzensteini*. *J. of Aquaculture*, 10 : 357 ~ 362.
- National Fisheries Research and Development Institute. 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. 2nd ed. Hangul Press, Busan, pp. 1 ~ 333.
- Rho, Y.G., D.W. Park and G.T. Lee. 1988. Early development and rearing of floating larvae and fry of flatfish, *Limanda Herzensteini* Jordan et Snyder. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 41 : 65 ~ 73.
- Wada, K. 1970a. Studies on the population biology of the flatfish, *Limanda Herzensteini* JORDAN et SNYDER in Niigata region. I. Age and growth. *Bull. Jap. Sea Nat. Fish. Res. Inst.*, 22 : 31 ~ 43.
- Wada, K. 1970b. Studies on the population biology of the flatfish, *Limanda Herzensteini* JORDAN et SNYDER in Niigata region. II. Maturity and spawning. *Bull. Jap. Sea Nat. Fish. Res. Inst.*, 22 : 45 ~ 57.
- 김용억. 1989. 어류학총론, 태화출판사, 서울, 270pp.

Received: November 11, 2006

Accepted: December 1, 2006