

남해 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)의 연령과 성장

백근욱 · 허성회*
부경대학교 해양학과

Age and Growth of Red Tongue Sole (*Cynoglossus joyneri*) in the Southern Sea of Korea

Gun Wook BAECK and Sung-Hoi HUH*
Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*), were studied using samples from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to December, 2001. Sagittal otoliths had relatively clear annuli. Marginal index of otolith dropped sharply in August suggesting that each annulus was formed once a year in August. Monthly changes in the gonadosomatic index indicated that spawning peaked between July and September. The oldest fish observed in this study was 4 years old for both of females and males. Relationships between the otolith radius (R) and total length (L) were: $L=14.1R-0.098$ for females, and $L=11.9R+1.83$ for males. Relationships between total length and body weight (W) were: $W=0.0021L^{3.24}$ for females, and $W=0.0014L^{3.39}$ for males. Growth in length of the fish was expressed by the von Bertalanffy's growth equation as: $L_t=29.06 (1-e^{-0.19(t+2.40)})$ for females and $L_t=27.44 (1-e^{-0.17(t+2.84)})$ for males.

Key words: *Cynoglossus joyneri*, Age and growth, Otolith

서 론

참서대 (*Cynoglossus joyneri*)는 우리나라 서해와 남해 연안, 일본 남부 연안, 대만, 남중국해 등지에 분포하며, 산란기는 6-7월 경으로 체장 145 mm 전후가 되면 성숙한다 (Ochiai, 1966; Chyung, 1977). 또한 전형적인 저서성 어류로서 모래와 펄로 구성된 해저에 주로 서식하며, 저서성 먹이생물을 섭이한다 (Ochiai, 1959; Yamada et al., 1986).

참서대의 연령과 성장에 관한 연구는 일본 남부연안에서 Ochiai (1966)와 한국 서해안에서 Choi et al. (1995)에 의해 보고 된 바 있지만 이들 모두 형태와 생태에 관한 광범위한 연구로 비늘의 성장선과 Petersen curve를 이용하여 각 연령별 참서대의 평균크기만을 구했을 뿐이다.

지금까지 연구된 참서대와 어류 대부분이 종에 따라 각 연령별 평균크기, 최대연령, 극한전장 (L_{∞}), 성장계수 (k) 등이 달랐다 (Ochiai, 1959, 1966; Meng and Ren, 1988; Rajaguru, 1992). 우리나라 연안에 서식하는 참서대와 어류 중 개서대 (*C. robustus*)와 용서대 (*C. abbreviatus*)는 참서대와 함께 동일해역에서 서식하지만 식성, 산란시기 등이 다르며, 특히 참서대는 개서대와 용서대에 비하여 크기가 매우 작다 (Lee et al., 2000; Baeck et al., 2002). 따라서 참서대는 다른 참서대과 어류들과 다른 성장양식을 가질 가능성이 매우 높다고 생각된다.

본 연구는 동일해역에 서식하는 다른 참서대과 어류와 비교하기 위하여 참서대의 연령과 성장을 조사하였다. 생식소 속도지수를 이용한 주산란기를 조사, 연변부성장지수의 월

변화, 이석을 이용한 어류전장과 이석반경 및 전장과 체중과의 성장관계, von Bertalanffy 성장모델을 구한 후 여기서 얻어진 각 연령별 평균크기, 최대연령, 극한전장, 성장계수 등을 구하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 참서대는 2001년 1월부터 12월까지 남해 여수 연안에서 소형기선저인망 (otter trawl)을 이용하여 매월 채집하였다. 어구의 크기는 길이 15 m, 망폭 3 m, 높이 1.5 m였으며, 망목의 크기 (mesh size)는 1 cm였다. 약 2 km/hr의 속도로 30분간 예인하였으며, 1회 예인 면적은 3000 m² 정도였다. 채집된 시료는 어획 즉시 ice box에 보관하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 각 개체의 암수를 구분하고, 전장 (0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정하였으며, 연령사정을 위하여 이석 (편평석)을 추출하였다. 채집된 참서대는 총 290개체였으며, 그 중에서 246개체 (84.8%)의 연령을 사정하였다. 추출된 이석은 alcohol에 담가 표면의 유기물을 제거하였다. 참서대의 연령사정은 관찰하기 용이한 오른쪽 이석을 사용하였다.

완전히 건조된 이석을 윤문이 나타나는 안쪽면을 따라 사포 (silicon carbide papers) 400, 800, 1000목 (grit) 순으로 연마한 후 단면을 암시야 현미경의 투과광을 이용하여 관찰하였다. 본 어종의 이석은 초점을 중심으로 타원형의 불투명대와 투명대가 교대로 나타났다 (Fig. 1). 투명대에서 불투명대로 이행되는 경계가 비교적 명확했는데, 이 경계를 윤문으로 판독하였다. 각 이석에 대해 두 명의 관찰자가 연령사정을 실시하여

*Corresponding author: shuh@pknu.ac.kr

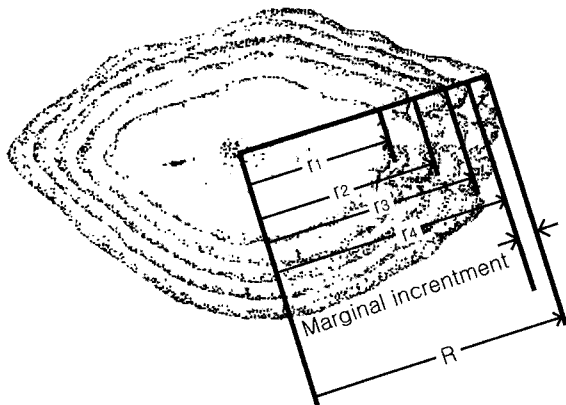


Fig. 1. Schematic diagram showing the measuring axis, marginal increment, radius (R) and ring radius (r_n) of *Cynoglossus joyneri* otolith.

그 결과가 일치한 이석만을 연령사정에 사용하였다. 초점에서 연변부까지의 최장축을 측정기준선으로 설정하고 초점에서 연변부까지의 거리를 측정하여 이석경으로 하였다. 그리고 초점에서 제 1윤문까지의 거리를 제 1윤경 (r_1), 초점에서 제 2윤문까지의 거리를 제 2윤경 (r_2) 등으로 하여 초점으로부터 각 윤문까지의 윤경 (r_n)을 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 윤문의 형성시기와 주기성을 파악하고 연령을 판단하기 위하여 연변부 성장지수 (marginal index, MI)와 생식소숙도지수 (gonadosomatic index, GSI)의 월별 변화를 조사하였다.

$$MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

R = 이석경

r_n = 이석의 초점에서 n번째 윤문까지의 거리

$$GSI (\%) = GW (g) \times 10^2 / BW (g)$$

GW (g) = 생식소의 무게

BW (g) = 어류의 체중

측정된 어류의 전장과 평균 이석경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하였다.

각 연령별 평균 전장으로부터 Walford 정차도법 (Walford, 1946)을 이용하여 성장 파라메타를 추정하였고, von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938)의 성장식을 구하였다.

결과 및 고찰

본 논문에 이용된 참서대 암컷의 전장의 범위는 9.1-25.2 cm 였으며, 수컷의 전장은 12.0-20.3 cm 였다 (Fig. 2).

참서대의 이석은 타원형이었으며, 둘레는 굴곡이 심하여 방향에 따라 다른 성장률을 보였다 (Fig. 1). 따라서 비교적 윤문이 잘보이는 최장축을 기준으로 이석을 판독하였다. 이석을 암시야 현미경으로 관찰해본 결과 핵으로부터 첫 번째 윤문까지는 불투명하였고, 핵부위로부터 가장자리까지는 투명대와 불투명대가 교차하였으며 가장자리로 갈수록 투명하

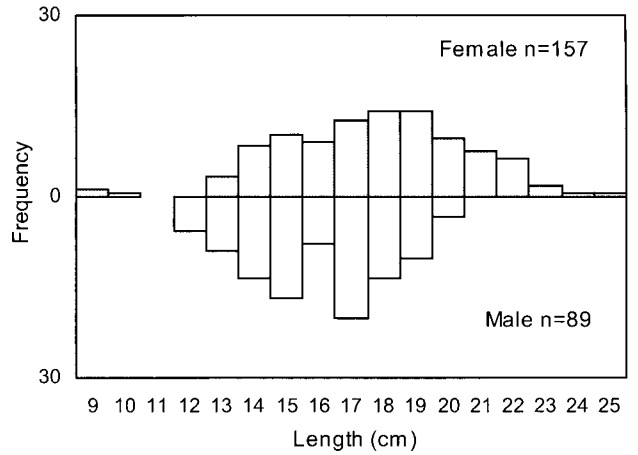


Fig. 2. Length frequency distribution of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to December, 2001.

였다. 이석은 성장이 빠른 시기에는 유기물 함량이 많아 불투명하다. 따라서 참서대는 한 살까지는 성장이 빠른 것으로 판단된다.

참서대의 암수 모두의 연변부성장지수는 8월에 최소값을 보였으며, 6-7월에 최대값을 나타내었다 (Fig. 3). 따라서 이석의 윤문은 연변부성장지수가 최소값을 보인 8월 경에 연 1회 형성되는 것을 알 수 있었으며, 이석에 나타난 윤문을 연륜으

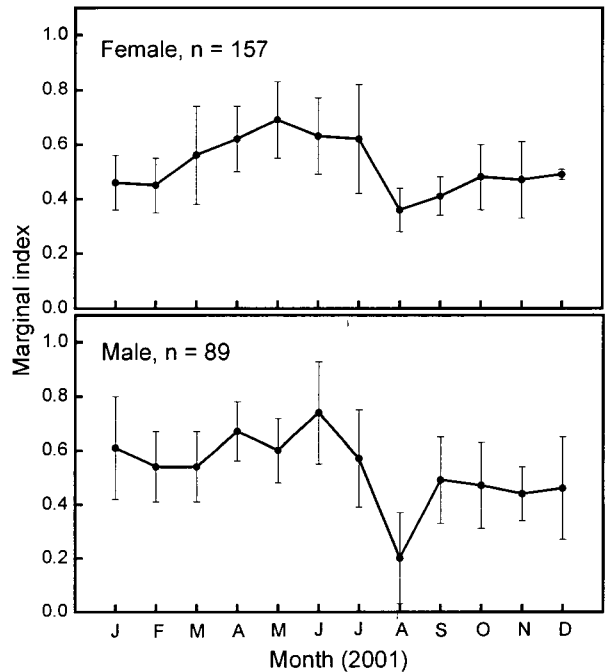


Fig. 3. Monthly changes in the marginal growth ratio of the otolith of *Cynoglossus joyneri* collected from the coastal waters off Yeosu, Korea. Each plot indicates the mean with the standard deviation.

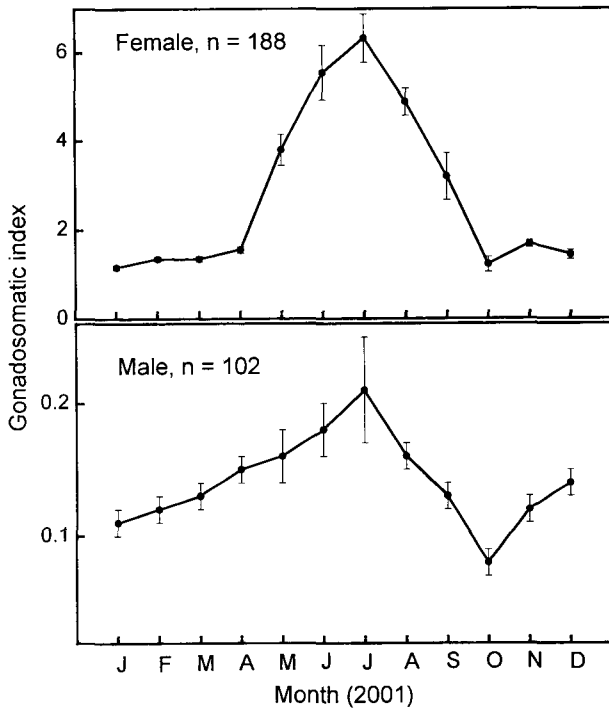


Fig. 4. Monthly changes in Gonadosomatic index (GSI, %), of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea. Each plot indicates the mean with the standard deviation.

로 간주할 수 있었다. 참서대 암컷의 생식소속도지수는 7월에 최고값을 보였으며, 10월에 최저치를 보였다. 따라서 산란기는 여름으로 추정되며, 주산란기는 7-9월임을 알 수 있었다 (Fig. 4).

연변부성장지수와 생식소속도지수의 월변화를 비교한 결과 연륜이 형성되는 시기와 주산란기는 모두 8월경으로 일치하였다. 따라서 첫 번째 윤문이 형성되었을 때가 만 1세가 된다.

각 연륜별로 평균 윤경을 구해 본 결과 (Table 1), 암수 모두 1세부터 4세까지 존재하였으며, 암컷의 평균 윤경은 $r_1=0.96$ mm에서 $r_4=1.45$ mm, 수컷의 평균 윤경은 $r_1=0.95$ mm에서 $r_4=1.43$ mm의 범위를 보였다.

지금까지 연구되어진 참서대와 어류들인 *C. arel*과 *C. lida* (Rajaguru, 1992), *C. dubius* (Seshappa, 1976), *C. macrolepidotus* (Kutty, 1967), *C. semilaevis* (Meng and Ren, 1988)의 최대연령은 3-14년 범위를 가졌는데, 본 연구와 동일한 해역인 남해에서 조사된 참서대과에 속하는 용서대의 최대연령은 암컷이 5세, 수컷이 4세 (Baeck and Huh, 2004), 개서대는 암컷이 6세, 수컷이 4세 (Baeck, 2003)로 참서대와 함께 용서대, 개서대의 최대연령은 유사하였으며, 참서대와 어류 중 수명이 4-6세로 최대연령이 비교적 짧았다. 참서대의 전장과 이석경 사이의 관계는 암컷이 $L=14.1R-0.098$ 이었으며, 수컷이 $L=11.9R+1.83$ 의 관계식을 보였다 (Fig. 5). 연령별 평균 윤경과 전장과 이석경 사이의 관계식을 이용하여 연륜 형성시의 전장을 역계산하여, 역추정한 연령별 전장의 평균값은 암컷이 $l_1=13.49$ cm에서 $l_4=20.3$ cm였고, 수컷이 $l_1=13.16$ cm에서 $l_4=18.82$ cm를 나타내었다 (Table 2).

용서대 암컷의 평균크기는 $l_1=19.36$ cm, $l_2=22.92$ cm, $l_3=25.95$ cm, $l_4=28.93$ cm 등이었으며, 수컷은 $l_1=19.42$ cm, $l_3=22.45$ cm, $l_4=24.88$ cm, $l_4=27.19$ cm 이었다 (Baeck and Huh, 2004). 또한 개서대 암컷의 평균크기는 $l_1=18.88$ cm, $l_2=24.14$ cm, $l_3=28.20$ cm, $l_4=31.44$ cm 등이었으며, 수컷은 $l_1=21.22$ cm, $l_2=24.45$ cm, $l_3=26.61$ cm, $l_4=28.70$ cm이었다 (Baeck, 2003). 용서대와 개서대는 각 연령별 평균크기에 큰 차이가 없었으나 참서대는 이들에 비해 각 연령군에 따라 작은 평균크기를 나타냈다.

역추정한 연령별 전장의 평균값으로부터 von Bertalanffy의 성장식을 계산한 결과는 다음과 같다 (Fig. 6). 여기서 L_t 은 연령 t 에서의 어류의 전장이다.

Table 1. Mean ring radius of the otolith of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to December, 2001

Sex	Ring groups	n	$r_1 \pm SD$	$r_2 \pm SD$	$r_3 \pm SD$	$r_4 \pm SD$	R (mm) $\pm SD$
Female	1	7	0.93 \pm 0.10				1.01 \pm 0.12
	2	64	0.93 \pm 0.08	1.12 \pm 0.07			1.21 \pm 0.08
	3	61	0.99 \pm 0.06	1.17 \pm 0.07	1.31 \pm 0.07		1.38 \pm 0.08
	4	25	0.99 \pm 0.04	1.19 \pm 0.05	1.34 \pm 0.05	1.45 \pm 0.05	1.50 \pm 0.06
	Total Mean	157	0.96 \pm 0.07	1.15 \pm 0.07	1.32 \pm 0.07	1.45 \pm 0.05	1.32 \pm 0.15
Male	1	12	0.94 \pm 0.05				1.05 \pm 0.08
	2	56	0.93 \pm 0.06	1.11 \pm 0.08			1.20 \pm 0.09
	3	16	1.02 \pm 0.04	1.19 \pm 0.03	1.30 \pm 0.03		1.38 \pm 0.06
	4	5	1.00 \pm 0.01	1.18 \pm 0.03	1.32 \pm 0.02	1.43 \pm 0.03	1.46 \pm 0.03
	Total Mean	89	0.95 \pm 0.06	1.13 \pm 0.07	1.30 \pm 0.02	1.43 \pm 0.03	1.23 \pm 0.13

R, otolith radius (mm); r, otolith ring radius (mm)

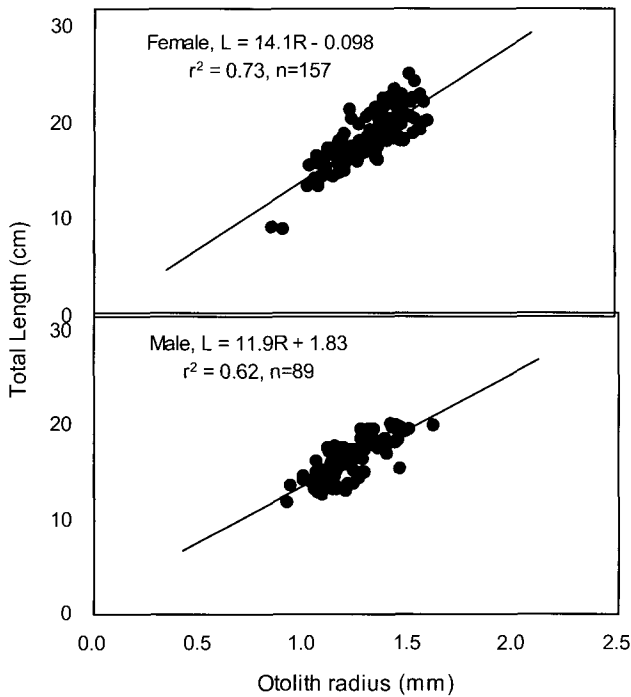


Fig. 5. The relationships between the total length and the otolith radius of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to december, 2001.

Females: $L_t = 29.06 (1 - e^{-0.19(t+2.399)})^{3.24}$
 Males: $L_t = 27.44 (1 - e^{-0.17(t+2.840)})^{3.39}$

전장과 체중의 관계식은 다음과 같다.

Females: $W = 0.0021 TL^{3.24} (r^2 = 0.95, n = 157)$
 Males: $W = 0.0014 TL^{3.39} (r^2 = 0.91, n = 89)$

연령에 따른 체중 성장식은 다음과 같다. 여기서 W_t 는 연령 t 에서의 어류의 체중이다.

Females: $W_t = 115.69 (1 - e^{-0.19(t+2.399)})^{3.24}$
 Males: $W_t = 105.26 (1 - e^{-0.17(t+2.840)})^{3.39}$

이들 식으로부터 구한 극한전장은 암수 각각 29.06 cm와 27.44 cm였으며, 극한체중은 암수 각각 115.69 g과 105.26 g였다. 그리고 성장계수는 암수 각각 0.19/yr과 0.17/yr로 산정되었다.

지금까지 연구된 참서대와 어류 중에서 *C. arel*이 암컷 61.5 cm와 수컷 57 cm의 극한전장을 보여서 가장 큰 종이었으며 (Rajaguru, 1992), 용서대가 암컷 44.54 cm와 수컷 41.52 cm (Baeck and Huh, 2004), 개서대가 암컷 42.50 cm와 35.38 cm (Baeck, 2003)를 보였고 또한 *C. lida*가 암컷 34 cm, 수컷 33.5 cm였다 (Rajaguru, 1992). 본 연구 결과에 따르면 참서대가 가장 작은 극한전장을 가지는 종으로 판명되었다.

참서대의 성장계수는 암수 각각 0.19/yr과 0.17/yr로 산정되어 용서대 (암컷: 0.16/yr, 수컷: 0.15/yr)보다는 빠른 성장계수를 보이지만 개서대 (암컷: 0.25/yr, 수컷: 0.25/yr)보다는 느린 성장계수를 나타내었다.

참서대는 태어난 후 만 1세까지 빠른 초기 성장률을 보였는데, 이와같은 빠른 초기 성장률은 인도양에 서식하는 *C. arel*과 *C. lida* (Rajaguru, 1992), 동중국해에 서식하는 *C. semilaevis* (Meng and Ren, 1988), 태평양에 서식하는 *C. robustus* (Ochiai, 1966), 한국 남해에 서식하는 *C. abbreviatus* (Baeck and Huh, 2004) 등 대부분의 참서대와 어류들의 초기 성장 특징 중에 하나이다. 참서대와 어류들이 초기 성장이 빠른 것은 태어난 후 수온이 높은 연안에서 성장하다가 산란이 시작되면 연안보다 수온이 낮은 외해로 이동을 하여 성장을 하기 때문에 초기 성장이 빠른 것으로 사료된다. 참서대는 동일 속의 용서대, 개서대와 함께 같은 해역에서 서식하고 있지만 다른 성장양식을 가지고 있다고 추정된다. 따라서 참서대는 용서대, 개서대와 함께 동일 서식지에 공존하기 위하여 연령과 성장을 달리하였다고 판단된다.

Table 2. Back-calculated total length at the formation of ring of the otolith of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to December, 2001

Sex	Ring groups	n	$l_1 \pm SD$	$l_2 \pm SD$	$l_3 \pm SD$	$l_4 \pm SD$
Female	1	7	13.01±1.43			
	2	64	13.02±1.09	15.67±1.04		
	3	61	13.86±0.87	16.46±0.93	18.36±1.05	
	4	25	13.93±0.58	16.74±0.74	18.77±0.67	20.33±0.71
	Total	157				
	Mean		13.49±1.04	16.17±1.05	18.48±0.97	20.33±0.71
Male	1	12	12.98±0.64			
	2	56	12.94±0.72	15.03±0.89		
	3	16	13.92±0.44	15.97±0.37	17.34±0.31	
	4	5	13.71±0.18	15.85±0.35	17.54±0.22	18.82±0.36
	Total	89				
	Mean		13.16±0.75	15.28±0.88	17.39±0.30	18.82±0.36

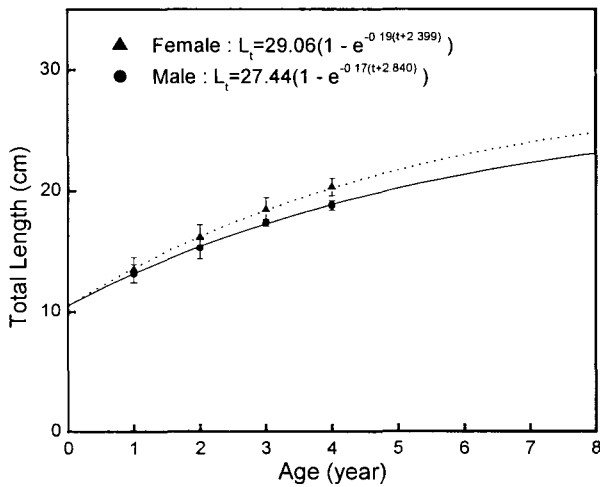


Fig. 6. von Bertalanffy growth curves of *Cynoglossus joyneri* from the coastal waters off Yeosu, Korea, from January to December, 2001. Each plot indicates the mean total length for each age group and the standard deviation.

참 고 문 헌

Baeck, G.W. 2003. Comparative fisheries ecology on three tonguefish species, genus *Cynoglossus*, from the Yosu coast, Korea and the Seto Inland Sea, Japan. Ph.D. Thesis, Hiroshima Univ., pp. 129.

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. (in Korean)

Baeck, G.W., S.H. Huh and H. Hashimoto. 2002. Feeding habits of tonguefish, *Cynoglossus joyneri* collected in the coastal waters off Yosu, Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 14(3), 234-239. (in Korean)

Choi, Y., I.S. Kim, B.S. Ryu, E.Y. Chung and J.Y. Park. 1995. Ecology of *Cynoglossus voyneri* Günther from the western coast of Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 7(1), 56-63. (in Korean)

Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea, Ilji-sa, Seoul,

pp. 727. (in Korean)

Kutty, M.K. 1967. Observations on the growth and mortality of the large scaled tonguefish *Cynoglossus macrolepidotus* (Bleeker). *Proc. Natl. Inst. Sci. India*, 33, 94-110.

Lee, J.S., S.Y. Kim, K.H. Ma and S.H. Huh. 2000. Ovarian development and reproductive cycle of the female red tongue sole, *Cynoglossus joyneri* (Teleostei: Cynoglossidae). *J. Kor. Fish. Soc.*, 33(6), 554-558. (in Korean)

Meng, T. and S. Ren. 1988. Age and growth of *Cynoglossus semilaevis* Günther in the Bohai Sea. *Mar. Fish. Res.*, 9, 173-183.

Ochiai, A. 1959. Morphology, Taxonomy and Ecology of the Soles of Japan, Tokyo University Press, Tokyo, pp. 236. (in Japanese)

Ochiai, A. 1966. Study about Biology and Morphology of Cynoglossidae in Japan, Misaki Marine Biological Station, Tokyo Univ. Press, Tokyo, pp. 97. (in Japanese)

Rajaguru, A. 1992. Biology of two co-occurring tonguefishes, *Cynoglossus arel* and *C. lida* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae), from Indian waters. *Fish. Bull. U.S.*, 90, 328-367.

Seshappa, G. 1976. On the fishery and biology of the large tongue-sole, *Cynoglossus dubius* Day at Calicut, Kerala. *Indian J. Fish.* 21, 345-356.

von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biol.*, 10, 181-213.

Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Bio. Bull.*, 90, 141-147.

Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. *Seikai Regional Fish. Res. Lab.*, Kochi, pp. 501. (in Japanese)

2004년 6월 28일 접수
2004년 8월 27일 수리