

우리나라 남해에 분포하는 붕장어(*Conger myriaster*)의 연령과 성장

김영혜 · 이은희* · 김정년 · 최정화 · 오택윤 · 이동우

국립수산과학원

Age and Growth of Whitespotted Conger *Conger myriaster* in the Southern Coastal Waters of Korea

Yeonghye Kim, Eunhui Lee*, Jung Nyun Kim, Jung Hwa Choi,
Taeg Yun Oh and Dong Woo Lee

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

Age and growth of whitespotted conger *Conger myriaster* were estimated using right sagittal otoliths from 495 fish collected from February, 2004, to January, 2005, in the southern coastal waters of Korea. Examination of the outer margin of the otoliths showed that opaque zones formed once a year and annual rings formed from April to June. The ages of the specimens examined ranged from 3 to 8 years. Whitespotted conger spawn from December to March. Allometry between preanal length and total weight can be expressed as $TW=0.0350 \times PL^{2.9173}$ ($R^2=0.89$). There was no significant difference in allometry between females and males ($P>0.05$). The estimated VBF growth equation was $L_t = 415.2(1 - e^{-0.1457(t+0.4654)})$.

Key words: Whitespotted conger, *Conger myriaster*, Age and growth, Otolith, Marginal index

서 론

붕장어(*Conger myriaster*)는 뱀장어목(Anguilliformes), 붕장어과(Congridae)에 속하는 어종으로 우리나라 연근해, 일본 북해도 이남해역, 동중국해 등에 분포한다. 가을이 되면, 우리나라 연근해에서 성숙된 어미는 남하하기 시작하여 제주도 서남해역을 걸쳐 산란기로 추정되는 4-5월경 일본 남부해의 대륙붕 연변에 산란한다(Kim et al., 2004).

붕장어는 우리나라뿐만 아니라 일본에서도 식용으로 매우 중요한 어종 및 경제적으로 가치가 매우 높은 종으로 알려져 있다. 붕장어의 관한 국내에서의 연구는 식성(Huh and Kwak, 1998; Choi et al., 2008), 유생단계의 이석 미세구조(Lee and Byun, 1996), 어구개량(Kim and Ko, 1990), 주광성(Yang, 1980) 등이 있다. 일본에서는 연령(Katayama et al., 2002), 계절변동(Katayama et al., 2004), 초기생태의 특성과 개체군 구조(Kimura et al., 2004; Mochioka, 2001; Tsukamoto, 2001), 산란과 성숙(Utoh et al., 2003; Okamura et al., 2000, Utoh, 2001), 생태와 풍도(Matsumiya and Imai, 1987) 등 초기생활사부터 개체군 구조에 관한 다양한 연구결과가 보고되어 있다.

최근 우리나라 주변 해역의 해양생태계는 기후온난화 등으로 그 곳에 서식하는 수산자원에도 많은 변화가 있을 것으로 판단된다. 따라서 해양생태계 변화에 따른 붕장어의 자원상태를 진단하여 효율적인 자원관리방안을 수립해야만 한다. 본 연구는

우리나라 남해에 분포하는 붕장어자원의 효율적 관리를 위하여, 붕장어의 생태학적 특성치인 산란기, 연령, 성장 등을 추정하였다.

재료 및 방법

붕장어 표본은 2004년 2월부터 2005년 1월까지 우리나라 남해에서 외끌이기선저인망에 의해 어획된 것을 부산공동어시장에서 구입하였다(Fig. 1). 총 495개체의 표본은 실험실로 옮겨, 항문장(PL, 0.1 cm), 전장(TL, 0.1cm) 그리고, 전중(TW, 0.1 g)을 측정하였다. 암수조사는 생식소를 육안 관찰하여 구분하였으며, 연령사정을 위해 이석을 추출하였다(Table 1). 산란기는 생식소숙도지수(Gonadosomatic index, $GSI = GW/TW \times 100$)의 월별 변화로 추정하였다. 생식소숙도지수에 사용된 data는 2004년 1월부터 2008년 12월까지 붕장어 어체 정밀조사 자료를 사용하였다. 여기서 GW (Gonad weight)은 생식소 중량(g), TW (Total weight)는 전중(g)이다.

생물학적 최소항문장은 산란기중 전체 암컷의 생식소가 성숙 50%이상의 속도를 가지는 개체의 비율을 구한 후, 다음의 logistic식에 적용시켜 구하였다. $P_i = 1/(1 - e^{-(b_1 + b_2 PL_i)})$ 여기서 P_i 는 i 체장계급에서의 군성숙비율, PL_i 는 체장계급의 항문장, b_1 , b_2 는 상수이다. 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였다. 저배율의 입체현미경(SV-11, ZEISS Co.)과 컴퓨터 영상분석 시스템 (IMAGE ANALYZER)을 이용하여 이석의 반경과 윤경을 μm 단위로 측정하였다(Fig. 2). 이때 광원은

*Corresponding author: : ehlee83@nfrdi.go.kr

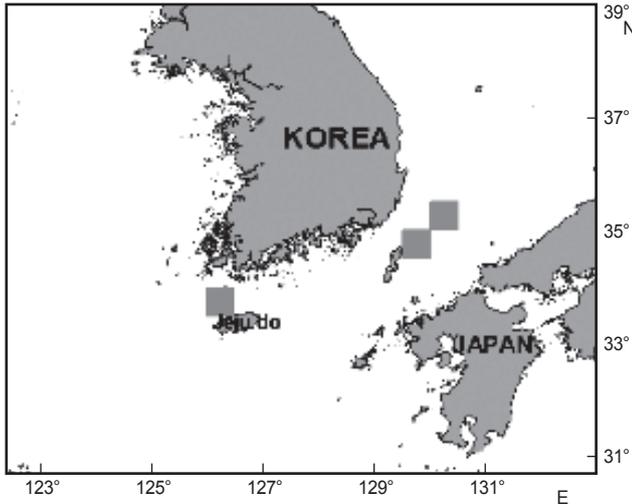


Fig. 1. Location of the sampling area of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea.

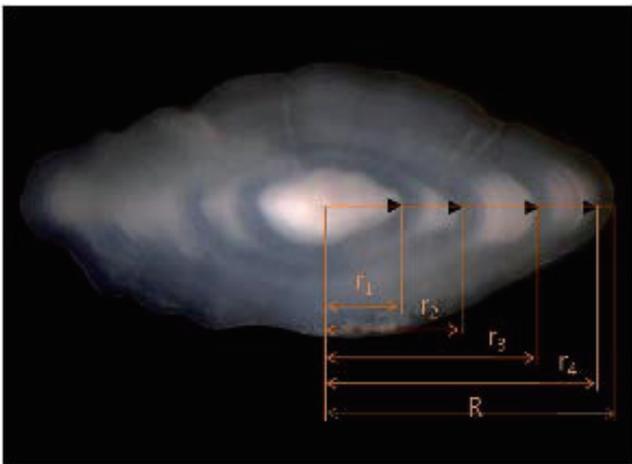


Fig. 2. Otolith of the whitespotted conger female, 492 mm TL, 189 mm PL. F, r_1 - r_4 and R are focus, annual ring radii and otolith radius, respectively.

반사광(2,800-3,000 Lux)을 사용하였다.

이석에 나타난 윤문에 대한 윤문판독의 정확성을 확인하기 위하여, 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하고 윤문 대응성을 검토하였다. 또한 연륜으로서 적합성, 즉 윤문의 형성시기와 횡수를 추정하기 위하여 연역지수(Marginal Index, MI)의 월별 변화를 조사하였다. $MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$

여기서 R은 이석의 중심부 초점에서 가장자리까지의 거리, r_n 은 초점부터 n번째 윤경까지 거리이다.

초륜이 형성되는데 소요되는 기간을 산란기와 윤문형성시기로 추정하였다. 그리고 평균 윤경으로부터 윤문형성시기의 항문장과 전장 그리고 항문장과 전중을 역 계산하기 위하여 Huxely (1932) 방법에 의거하여 이석경(R)과 항문장(PL), 항문장(PL)과 전장(TL), 항문장(PL)과 전중(TW) 간의 상대성장식을

Table 1. Number specimens and preanal length of *C. myriaster* sampled for age determination in the southern coastal waters of Korea

Year	Month	Number (inds.)	Mean PL±SD (mm)	Range of PL (mm)	
				Min.	Max.
2004	Feb.	47	244.6±11.4	178	421
	Mar.	39	217.3±10.3	160	292
	Apr.	53	231.2± 8.6	170	205
	May	42	212.8± 7.1	171	265
	Jun.	52	216.6± 9.0	147	271
	Jul.	57	236.2±12.7	163	328
	Aug.	24	223.5±12.8	163	292
	Sep.	18	213.9±12.0	170	266
	Oct.	36	217.4±12.2	162	300
	Nov.	27	246.9±10.9	208	313
	Dec.	42	234.6± 8.3	185	300
	2005	Jan.	59	217.8± 7.0	169
Total		495			

Table 2. Age composition of *C. myriaster* caught in the southern coastal waters of Korea

Age	Male		Female	
	Mean PL (mm)	No.	Mean PL (mm)	No.
1+				
2+	173.0	1	175.6	8
3+	208.0	1	201.0	119
4+	223.3	3	217.3	185
5+	262.2	5	245.8	140
6+			287.5	28
7+			346.8	5
Total		10		485

추정하였다. 암수 성장의 차이는 공분산분석법(ANCOVA)으로 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 추정하였다.

성장 Model은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy 성장식(1938)을 사용하였다. 성장모델의 매개변수 추정 방법은 Walford 정착도법(1948)에 의해 추정치를 구한 후, 이 추정치를 초기값으로 하여 비선형회귀 분석(엑셀 solver) 추정하였다(Zhang, 2010).

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

여기서 L_t 는 i 연령이 t 일 때의 항문장이고, L_{∞} 는 이론적 최대 항문장, K 는 성장계수, t_0 는 항문장이 0일 때의 이론적 연령을 의미한다.

결 과

윤문형성의 대응성

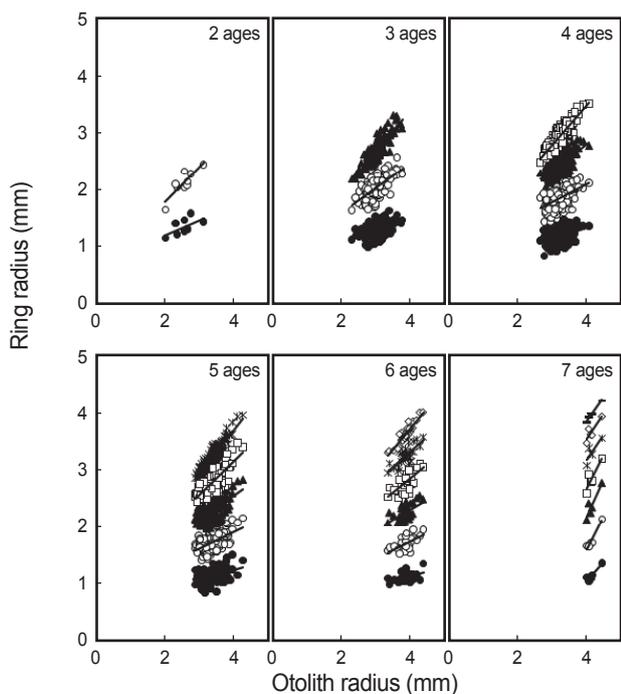


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea.

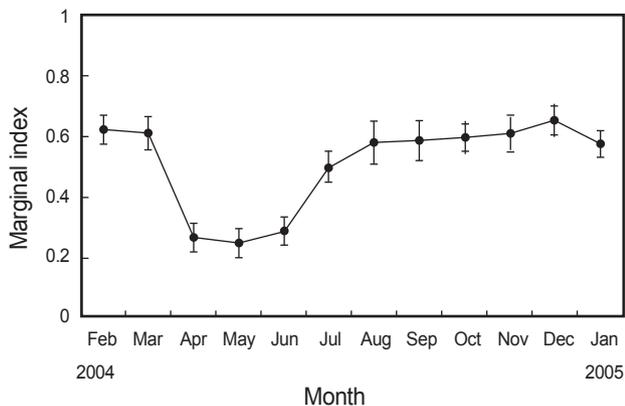


Fig. 4. Monthly changes in the marginal index ratio (MI) of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea. Vertical bars are mean and standard deviation.

붕장어의 이석에 나타난 윤문의 연륜 적합성을 알아보기 위하여, 각 연령별로 윤경간의 관계를 조사하였다(Fig. 3). 이석에 나타난 윤경은 인접한 윤경과 중복됨이 없이 잘 분리되었고, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤경 역시 크게 나타났으므로 이석경과 윤문의 대응성이 확인되었다.

윤문형성시기

윤문 형성시기와 횡수를 추정하기 위하여 연역지수(MI)의 월별 변화를 조사하였다. 연역지수 평균값은 3월 이후 감소하여 4월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 윤문이 새로 형성된 개

Table 3. Average ring radii on the otolith of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea. N: number of specimens examined, R: total radius, r_i : radius to the *i*-th ring

Ring group	N	R (mm)	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
1									
2	9	2.58	1.35	2.12					
3	120	3.05	1.29	2.06	2.70				
4	188	3.18	1.18	1.84	2.45	2.95			
5	145	3.39	1.10	1.70	2.27	2.76	3.19		
6	28	3.83	1.10	1.68	2.25	2.77	3.24	3.62	
7	5	4.13	1.11	1.73	2.35	2.82	3.27	3.64	3.94
Total	495	3.36	1.19	1.86	2.40	2.82	3.23	3.63	3.94
		SD	0.11	0.19	0.19	0.09	0.04	0.01	0.00

Table 4. Back-calculated preanal length (PL) at estimated age of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea

Sex	Age (year)						
	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7 ⁺
pooled	80.7	128.0	166.7	196.6	225.7	253.5	276.0

체(MI<0.1)는 4월부터 6월까지 출현하였다. 따라서 윤문형성 시기는 4-6월, 주 형성시기는 5월, 연 1회 형성됨을 알 수 있었다(Fig. 4).

산란기 및 생물학적 최소항문장

생식소속도지수(GSI)의 월별변화는 해에 따라 두서너 달 정도 차이가 있었다(Fig. 5). 암컷의 생식소속도지수는 2004년 2월, 2005년 11월, 2006년 1월, 2007년 1월 그리고 2008년 2월에 가장 높았다. 조사기간 동안 생식소속도지수가 가장 높았던 시기는 11월부터 2월까지였다. 산란기는 생식소속도지수가 가장 높은 후 급격히 떨어지는 시기부터 가장 낮은 값을 나타내는 기간으로 추정하였다. 따라서 붕장어의 산란기는 12월-3월(주 산란기 2월)로 추정되었다. 재생산에 참여할 수 있는 생물학적 최소항문장은 209.1 mm로 추정되었다(Fig. 6).

상대성장

윤문형성시의 항문장과 전장, 항문장과 전중을 역계산하기 위하여, 항문장(PL)과 전장(TL) 그리고 전중(TW)간의 상대성장식을 구한 결과, 암·수간의 상대성장식 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). 따라서 암수 구별하지 않고, 암수를 합하여 구한 상대성장식은 $PL=7.0665 \times R-0.2794$ ($R^2=0.48$), $TL=2.4150 \times PL+3.5826$ ($R^2=0.95$), $TW=0.3505 \times PL^{2.9173}$ ($R^2=0.89$)으로 추정되었다.

성장식 추정

표본의 이석을 연령사정한 결과, 최고 연령은 암컷 7세, 수컷은 5세로 추정되었다. 암컷의 표본 중 4세어의 개체수가 38%, 5세 29%, 3세 25% 순으로 차지하였다. 수컷은 암컷에 비해 개체

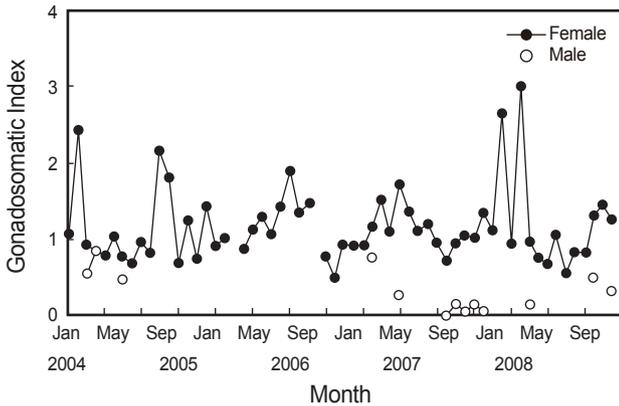


Fig. 5. Monthly change of gonadosomatic index of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea.

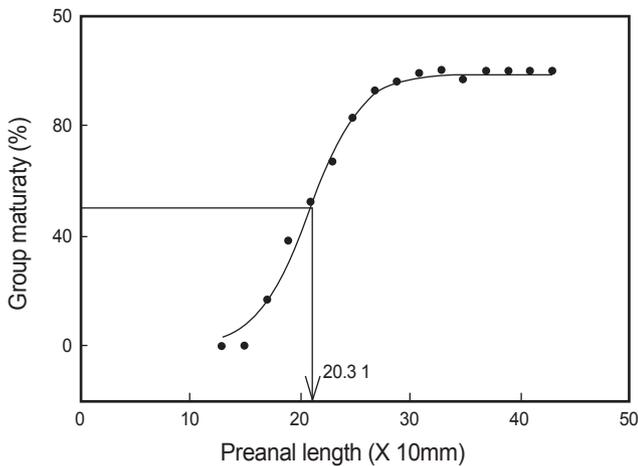


Fig. 6. Preanal length at 50% maturity of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea.

수가 매우 적은 10개체이나 연령별 개체수는 5세, 4세 순으로 차지하였다. 암수 모두 1세어는 출현하지 않았다(Table 2). 이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문이므로, 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 붕장어의 산란기 2월, 윤문형성시기 이듬해 5월로 추정되므로, 초륜형성까지의 소요기간은 약 15개월(1.25년)로 추정되었다. 따라서 암수 합한 연령별 평균 윤경(Table 3)에 의거하여, 추정된 윤문형성시의 평균 항문장 1세 $PL_{1.25}=80.7$ mm, …… 7세 $PL_{7.25}=276.0$ mm 이었다(Table 4). 윤문형성시의 평균 항문장을 이용하여 비선형 회귀방법으로 추정된 VBF 성장식은 $L_t = 415.2(1 - e^{-0.1457(t+0.4654)})$ 이었다(Fig. 7).

고찰

붕장어 어획량은 1994년 이전까지 약 23만톤 수준이었으나 감소하여 2007년 795톤으로 감소하였다. 최근 증가하여 2010

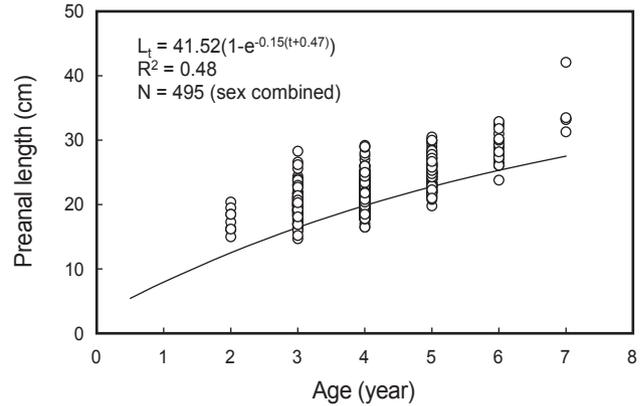


Fig. 7. von Bertalanffy growth curves of *C. myriaster* in the southern coastal waters of Korea.

년 10만톤까지 회복하였다(MIFFAF, 2011). Park (2001)은 우리나라에서 붕장어어업의 주 조업해역이 제주주변해역과 남해 동남부해역으로 보고하고 있다. 이는 1994년 UN해양법 협약발효(ITLOS, 2011)와 1999년 대한민국과 일본국간의 어업에 관한 협정발효(MOLEG, 2011)로 인한 어장축소 및 새로운 어업 질서와 같은 사회적인 환경 요인과도 잘 일치하고 있다.

본 연구의 산란기는 12-3월(주산란기 2월)로 추정되었다. Lee and Byun (1996)은 5-6월경에 채집한 붕장어의 유생인 leptocephalus 이석에 나타난 일륜 수가 124-239개로 보고하였다. 관독한 일륜 수를 역 계산하여, 산란기를 겨울(12-2월)로 추정하였다. Maysumiya and Masayuki (1987)는 생식소속도지수가 1월에 최고 값을 나타낸 뒤 급격히 감소하여 3월에 최저 값을 나타낸다고 보고하였다. 따라서 산란기는 2-3월로 추정되었다. Okamura et al. (2000)은 성숙한 개체는 9월부터 1월까지 출현하고 완숙한 개체는 2월 이후 어획되지 않는 것으로 보아 이른 봄에 산란장으로 회유하는 것으로 추정하고 있었다. 따라서 붕장어의 산란기는 동계(冬季)로 거의 일치하였다.

본 연구에서 2세 미만이 출현하지 않은 것은 외끌이기선저인 망에 의한 어구선택성 또는 분포해역이 다른 것으로 판단된다. 이는 Correia et al. (2009)는 트롤, 연승, 통발 3개 유형의 어구에서 채집된 유럽산 붕장어(*Conger conger*)에서도 본 연구와 동일하게 2세 미만 출현하지 않았다. 유럽산 붕장어의 채집된 어구별 평균 크기는 트롤 57.0 cm, 통발 84.3 cm, 연승 107.4 cm였다. 따라서 Correia et al. (2009)도 2세 미만의 개체가 발육단계에 따른 생태 및 형태적으로 커다란 차이로 인해 어획되지 않은 것으로 추측하고 있었다. 유럽산 붕장어(*Conger conger*)와 우리나라 붕장어(*C. myriaster*)는 같은 속이나 종이 다르다. 유럽산 붕장어의 극한전장은 214-271 cm (Correia et al., 2009)인 반면, 본 연구 결과 우리나라 붕장어는 100.6 cm으로 추정되었다. 따라서 같은 속이지만 성장 차이는 약 2배 차이가 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 암컷이 총 표본의 98% (485개체) 비해 수컷

이 2% (10개체) 현저히 적게 어획되었다. 다른 연구자들 (Matsumiya and Imai, 1987; Katayama et al., 2002; Correia et al., 2009)도 동일한 연구결과를 보고하였다. 이러한 원인은 모두 어구의 선택성에 영향을 받은 것으로 판단하고 있다.

붕장어의 자원은 수산자원관리법에 전장 350 mm TL 미만 개체는 어획을 하지 못하도록 포획금지 대상으로 관리하고 있다. 본 연구에서 붕장어의 균성숙 항문장은 209.1 mm PL로 추정되었으며, 추정된 항문장과 전장의 상대성장식에 의하여 구하여 본 결과, 508.6 mm TL였다. 성숙전장을 추정된 VBF 성장식에 연령을 추정할 결과 4.34세 이었다. 따라서 붕장어의 효율적인 자원관리는 성숙체장인 508.6 mm TL까지 포획금지체장을 상향 조정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구에서 VBF 성장식의 결정계수 값이 낮게 나타난 것은 3-5세에 해당하는 개체수가 전체 개체수의 92%인 453개체로 집중되었기 때문이다. 따라서 회귀선에 나타나는 실체관측치 값이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 또한 연령과 항문간의 상관관계는 0.7정도이므로 연령과 항문장간의 상관관계는 있는 것으로 판단된다.

FishBase (2011)와 Kim et al. (2004)에 의하면 붕장어의 최대수명은 8세로 보고하고 있다. 본 연구에서 붕장어의 최고연령은 7세로 추정되었다. 따라서 최대수명은 거의 일치하는 것으로 추정되었다.

붕장어는 산란장소, 발육단계별 성육장소가 분리되어 있는 것으로 알려져 있다. 또한 발육단계에서 유생기에는 leptocephalus 형태로 성체와는 전혀 다른 형태일 뿐 만 아니라 성장에도 차이가 있을 것으로 추정된다. 따라서 붕장어의 연구는 여러 가지 조건 즉, 발육단계에 따른 형태학적 변태, 분포해역의 차이 등으로 인해 다른 어종에 비해 많은 요인을 고려해야 하기 때문에 어려운 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원 『근해어업자원조사』에 의하여 수행되었으며 (RP-2011-FR-030), 익명의 심사위원님들의 고견에 감사드립니다.

참고문헌

Bertalanffy LV. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum Biol 10 181-213.

Correia AT, Manso S and Coimbra J. 2009. Age, growth and reproductive biology of the European conger eel (*Conger conger*) from the Atlantic Iberian waters. Fish Res 99, 196-2002.

Choi JH, Choi SH, Kim JB, Park JH, Oh CW. 2008. Feeding ecology of the white-spotted conger eel (*Conger myriaster*) in the southern sea of Korea. Kor J Fish Aquat Soc

41, 282-288.

FishBase. 2011. A Global Information System on Fishes. Retrieved from <http://www.fishbase.org> on August 31.

Huh SH and Kwak SN. 1998. Feeding habits of *Conger myriaster* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang bay. Kor J Fish Aquat Soc 31, 665-672.

Huxely JS. 1932. Problems of Relative Growth. 2nd ed. Dover Publ., Inc., New York, U.S.A., 312.

ITLOS. 2011. The United Nations Convention on the Law of the Sea. Retrieved from <http://www.itlos.org> on September 30.

Katayama S, Ishida T, Goto K, Iizuka K and Karita K. 2002. A new aging technique by UV light observation of burnt otoliths for the conger eel *Conger myriaster* (Brevort). Ichthyol Res 49, 81-84.

Katayama S, Ishida T, Shimizu Y and Yamanobe A. 2004. Seasonal change in distribution of conger eel *Conger myriaster* off the Pacific coast south of Tohoku, north-eastern Japan. Fish Sci 70, 1-6.

Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. 2nd. Hangle. Pusan. Korea, 50.

Kim DA and Ko KS. 1990. Fishing mechanism of pots and their modification. 5. An experiment for modifying the pot for conger eel, *Astroconger myriaster*. Kor J Fish Aquat Soc 23, 315-322.

Kimura Y, Ishikawa S, Tokai T, Nishida M and Tsukanoto K. 2004. Early life history characteristics and genetic homogeneity of *Conger myriaster* leptocephali along the coast of central Japan. Fish Res 70, 61-69.

Lee TW and Byun JS. 1996. Microstructural growth in otoliths of conger eel (*Conger myriaster*) leptocephali during the metamorphic stage. Mar Biol 125, 259-268.

Matsumiya Y and Imai M. 1987. Ecology and abundance of conger eel *Conger myriaster* in Shijiki Bay, Hirado Island. Nippon Suisan Gakkaishi 53, 2127-2131.

MIFFAF. 2011. Statistic Database for Fisheries Production. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on July 31.

Mochioka N. 2001. Early life history of *Conger myriaster*. Nippon Suisan Gakkaishi 67, 111-112.

MOLEG. 2011. Prompt and Accurate Statutory Information Service. Retrieved from <http://www.law.go.kr/on> September 30.

Okamura A, Utoh T, Zhang H, Yamada Y, Horie N, Mikawa N, Tanaka S, Motonobu T and Oka HP. 2000. Seasonal change in maturity in the conger eel *Conger myriaster* at the Pacific coast of Atsumi peninsula, central Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 66, 412-416.

Park CD. 2001. Conger-eel fisheries in Korea. Nippon Suisan

- Gakkaishi 67, 127-128.
- Tsukamoto K. 2001. Population structure of *Conger myriaster*. Nippon Suisan Gakkaishi 67, 17-118.
- Utoh T. 2001. Maturation and spawning of *Conger myriaster*. Nippon Suisan Gakkaishi 67, 115-116.
- Utoh T, Horie N, Okamura A, Yamada Y, Tanaka A, Mikawa N, Akazawa A and Oka HO. 2003. Oogenesis in the common Japanese conger *Conger myriaster*. Fish Sci 69, 181-188.
- Walford, LA. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol Bull 90, 141-147.
- Yang YR. 1980. Phototaxis of filefish, conger eel and crucian carp. Kor J Fish Aquat Soc 23, 1-13.
- Zhang. 2010. Marine Fisheries Resources Ecology. Pukyong National University. Busan, Korea, 228-230.

2011년 9월 16일 접수

2011년 10월 4일 수정

2011년 12월 8일 수리