

동중국해에 분포하는 갈치(*Trichiurus lepturus*)의 연령과 성장

김영혜 · 유준택 · 이은희* · 오택윤 · 이동우

국립수산과학원

Age and Growth of Largehead Hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea

Yeonghye Kim, Joon Taek Yoo, Eunhui Lee*, Taeg Yun Oh and Dong Woo Lee

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

Age, growth, and maturity of *Trichiurus lepturus* were estimated based on right-handed sagittal otoliths belonging to 1,031 fish collected from January to December 2007 in the East China Sea. The outer margins of the otolith were examined and showed that an opaque zone was formed once per year. Marginal increments in otoliths formed as annual rings between June and August, at the beginning of the spawning season. Fish growth was expressed by the von Bertalanffy growth equation, as follows: $L_t=494.0 (1-e^{-0.2453(t+0.4822)})$ for females and $L_t=330.4 (1-e^{-0.4292(t+0.7513)})$ for males, where L_t is the total length in mm and t is age in years. The growth rates of males and females were significantly different ($P<0.05$). The age composition ranged mostly between ages 2 and 4, and the oldest individuals were 4 years old in males and 6 years old in females. Finally, the age composition of largehead hairtail was compared with data from the 1970s and is discussed in the context of environmental changes.

Key words: Largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*), Age and growth, Otolith, Marginal index (MI), von Bertalanffy's growth equation

서 론

갈치(*Trichiurus lepturus*)는 농어목 갈치과에 속하는 난류성 어종으로 전 세계의 온대와 열대에 분포하며, 우리나라의 서해와 남해, 그리고 동중국해에 많이 출현한다(Kim et al., 2004). 갈치는 살오징어, 멸치, 고등어와 같이 우리나라 연근해 어업생산에 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

우리나라 연근해에 분포하는 갈치는 1월부터 3월까지 월동기간에 제주도 서남방과 동중국해 북부해역에서 월동하며, 수온이 상승하는 4월부터 북상회유하기 시작하여 7-9월에는 우리나라 남해연안과 서해남부해역에서 산란하는 것으로 알려져 있다. 서해와 남해로 북상한 어군은 10월부터 가을철 수온의 하강과 더불어 남하하기 시작하여 월동장에서 월동하는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2010).

우리나라의 연근해에서 어획되는 갈치의 어획량은 1970년대 이전에는 약 3만톤 수준에서 변동을 보였으나 1970년대부터 증가하기 시작하여 1974년에는 16만6천여톤으로 최고치를 나타내었다. 1980년대에는 12만톤 수준을 유지하였다가 1996년 7만4천여톤으로 급격히 감소한 후, 2000년대 이후 6만여톤 수준을 유지하고 있다. 어업별 어획량은 근해안간망이 가장 많고, 대형저쌍끌이, 대형트롤 순이며, 그 외 연안안간망, 채낚기, 정

치망 등이 있다(MIFFAF, 2010).

갈치에 관한 연구를 보면, 국내에서는 생물학적 특성에 관한 연구로는 연령과 성장(Park et al., 1996), 식성(Huh, 1999), 산란과 성숙(Kim et al., 1998; Cha and Lee, 2004), 산란과 회유(Park et al., 2002), 유전적 변이(Park and Yoon, 2005) 등이 있다. 그리고 자원동향에 관한 연구로는 어획량 예측(Yoo and Zhang, 1993), 자원평가(Zhang, 1996; Zhang and Sohn, 1997; Park et al., 2000), 어장형성(Kim et al., 1998; Kim and Rho, 2002; Kim et al., 2005), 갈치자원의 어획량 증가를 위한 음향반사강도 및 조획시스템 개량(Hwangbo et al., 2009) 등이 있다. 일본에서는 산란생태(Munekiyo and Kuwahara, 1983 and 1984), 일주기 수직회유(Munekiyo, 1990.), 식성(Omori and Seino, 1993) 등이 있다. 인도에서는 생물학적 연구와 이용(Reuben et al., 1997), 이란에서는 암컷의 생식주기의 성 호르몬 변화(Oryan et al., 1998), 브라질에서는 남부 브라질 아열대 생태계내의 생물학적 경쟁관계 등(Agnaldo and Haimovici, 1997)에 관한 연구보고가 있다.

최근 우리나라는 기후온난화로 인해 연근해에 출현하는 어종이 아열대 어종으로 교체될 뿐만 아니라 출현빈도로 많아지고 있다. 특히 난류성 어종인 갈치는 난류성 해류가 강해지는 기후온난화의 영향으로 산란기, 산란장, 회유시기, 회유경로 등이 변화되었을 것으로 예측하고 있다. 따라서 갈치 자원의 효율적인 관리를 위해서는 변화된 환경에 따른 갈치의 생태학적 특성치를

*Corresponding author: ehlee@nfrdi.go.kr

Table 1. Number specimens and total length of *Trichiurus lepturus* sampled for age determination in the East China Sea

Year	Month	Number (inds.)	Mean PL±SD (mm)	Range of PL (mm)	
				Min.	Max.
2007	Jan.	75	297.3± 6.99	233	377
	Feb.	77	296.4± 9.90	232	413
	Mar.	82	283.5± 9.85	210	399
	Apr.	82	293.8±10.27	227	412
	May	161	277.2± 6.51	208	410
	Jun.	86	276.4±11.99	187	464
	Jul.	74	298.4± 9.38	248	430
	Aug.	170	272.3± 7.07	190	418
	Sep.	167	285.8± 7.24	220	498
	Oct.	78	291.4± 9.46	235	425
	Nov.	165	318.6± 6.14	244	423
	Dec.	64	308.3± 9.35	250	403
Total		1,278			

재조명할 필요성이 있다고 판단된다.

본 연구는 동중국해에 분포하는 갈치의 생태학적 특성치인 산란기, 연령, 성장 등을 추정하여, 갈치 자원관리를 위한 과학적 근거자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

갈치 표본은 2007년 1월부터 12월까지 동중국해(Fig. 1)에서 채낚기와 연승어업에 의해 어획되어져 부산공동어시장에 양육된 것을 구입하여 사용하였다(Table 1). 총 1,278개체의 표본 시료는 실험실로 옮겨 항문장(Prenal Length, PL) 0.1 mm, 전중(Total weight TW) 0.1 g까지 계측하고 생식소를 관찰하여 암수를 구분한 후 연령사정을 위해 이석을 추출하였다. 연령형질은 표본의 오른쪽 이석(총1,031개)을 사용하였다. 산란기는 생식소 속도지수(Gonadosomatic index, GSI = GW/TW × 100)의 월별 변화로 추정하였다. 생식소속도지수에 사용된 data는 2007년 1월부터 2009년 12월까지 갈치 정밀조사 자료를 사용하였다. 여기서 GW (Gonad weight)은 생식소 중량(g)이다.

생물학적 최소항문장은 산란기중 전체 암컷의 생식소가 성숙 50%이상의 속도를 가지는 개체의 비율을 구한 후, 다음의 logistic식에 적용시켜 구하였다. $P_i = 1/(1+e^{-(b_i+b_j PL_i)})$ 여기서 P_i 는 i 체장 계급에서의 균성숙비율, PL_i 는 체장 계급의 항문장, b_i 와 b_j 는 상수이다.

이석추출은 전 표본을 대상으로 시행하였다. 갈치의 눈을 기준으로 두부를 상하좌우로 절단하여 한 쌍의 이석을 확인하고 추출하였다(Fig. 2). 어체에서 꺼낸 이석의 이물질들을 제거한 후 우측 이석을 연령형질의 표본으로 사용하였다. 연령형질에 사용된 이석은 모두 1,031개였고 성별을 구분하여 분석하였다. 이석의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 저배율의 입체현미경(SV-11, ZEISS Co)과 컴퓨터 영

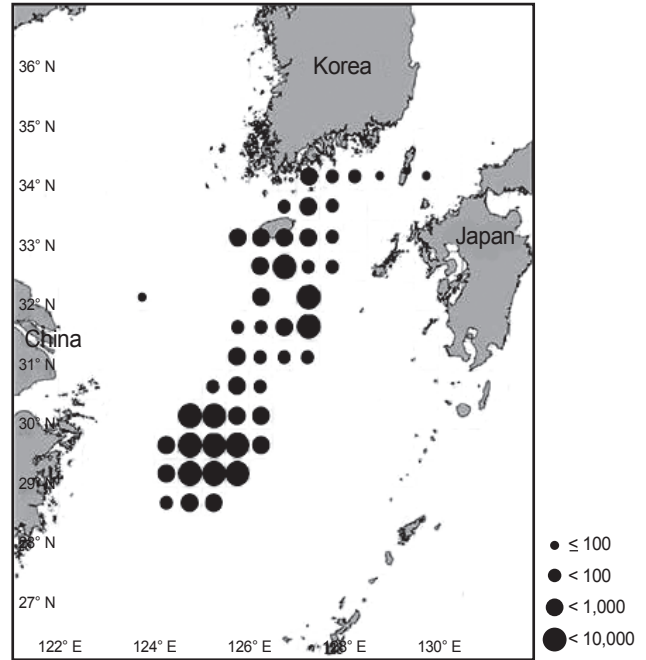


Fig. 1. Sampling area of *Trichiurus lepturus* caught by bottom hook and longline in the East China Sea.

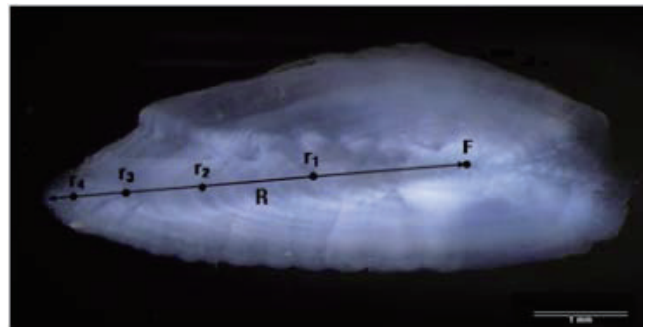


Fig. 2. Otolith of the largehead hairtail female, 934 mm TL, 330 mm PL. F, r_1 - r_4 and R are focus, annual ring radii and otolith radius, respectively.

상분석 시스템(IMAGE ANALYZER)을 이용하여 이석의 반경과 윤경을 μm 단위로 측정하였다(Fig. 2). 이때 광원은 반사광(2,800-3,000 Lux)을 사용하였다.

이석에 나타난 윤문이 연륜으로 적합한 가를 확인하고 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여, 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하고 윤문 대응성을 검토하였다. 또한 윤문 형성시기와 형성회수를 추정하기 위하여 다음 식을 이용하여 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.

Table 2. Average ring radii on the otolith of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. 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	r_8	r_9
1											
2	222	2.92	1.80	2.71							
3	515	3.40	1.77	2.72	3.25						
4	218	3.91	1.77	2.75	3.37	3.77					
5	54	4.28	1.76	2.74	3.39	3.87	4.19				
6	18	4.54	1.72	2.71	3.35	3.83	4.20	4.47			
7	3	5.02	1.76	2.78	3.42	3.92	4.31	4.65	4.92		
8											
9	1	5.37	1.83	2.84	3.44	3.87	4.31	4.65	4.92	5.17	5.33
Total	1,031	Mean	1.77	2.75	3.37	3.85	4.25	4.59	4.92	5.17	5.33
		SD	0.03	0.05	0.07	0.06	0.06	0.10	0.00	0.00	0.00

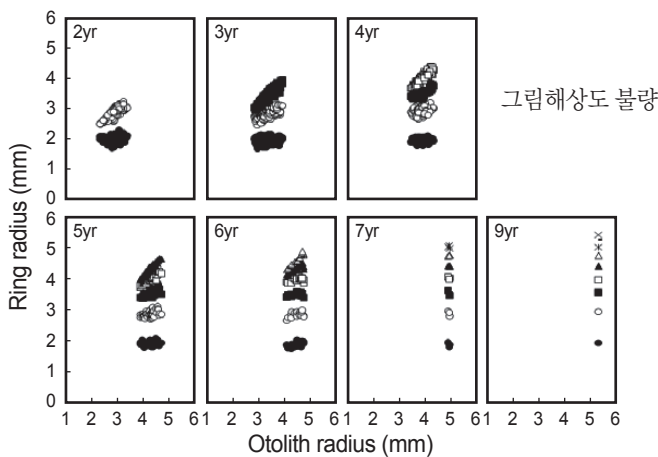


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea.

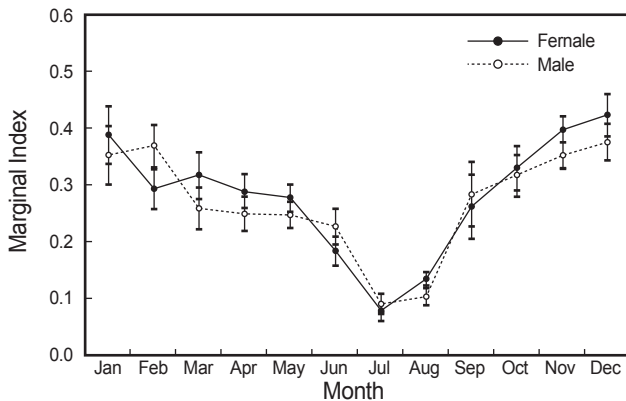


Fig. 4. Monthly changes in the marginal index (MI) of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. Vertical bars are mean and standard deviation.

초륜이 형성되는데 소요되는 기간을 산란기와 윤문형성시기로 추정하였다. 그리고 평균 윤경으로부터 윤문형성시기의 항문장과 전장 그리고 항문장과 전중을 역 계산하기 위하여 Huxely

Table 3. Age composition of *Trichiurus lepturus* caught in the East China Sea

Age	Male		Female	
	Mean PL (mm)	No.	Mean PL (mm)	No.
1+				
2+	24.21	64	24.49	158
3+	26.97	117	28.44	398
4+	29.67	13	33.20	205
5+	31.75	2	37.24	52
6+			40.43	18
7+			46.07	3
8+				
9+			46.40	1
Total		196		835

Table 4. Back-calculated Preanal length (PL) at estimated age of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea

Sex	Age (year)								
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+
Female	152.3	233.4	285.4	325.6	358.9	386.9	414.5	435.1	448.1
Male	174.7	230.0	262.5	287.7	302.7				

※ Age : 1+(=1.0), 2+(=2.0), 3+(=3.0), 4+(=4.0), 5+(=5.0), 6+(=6.0), 7+(=7.0), 8+(8.0), 9+(9.0).

(1932) 방법에 의거하여 이석경(R)과 항문장(PL), 항문장(PL)과 전장(TL), 항문장(PL)과 전중(TW)간의 상대성장식을 추정하였다. 암수 성장의 차이는 공분산분석법(ANCOVA)으로 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 추정하였다.

성장 Model은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy 성장식을 사용하였다. 성장모델의 매개변수 추정방법은 Walford 정차도법(1948)에 의해 추정치를 구한 후, 이 추정치를 초기값으로 하여 비선형회귀 분석(Excel solver) 추정하였다 (Zhang, 2010).

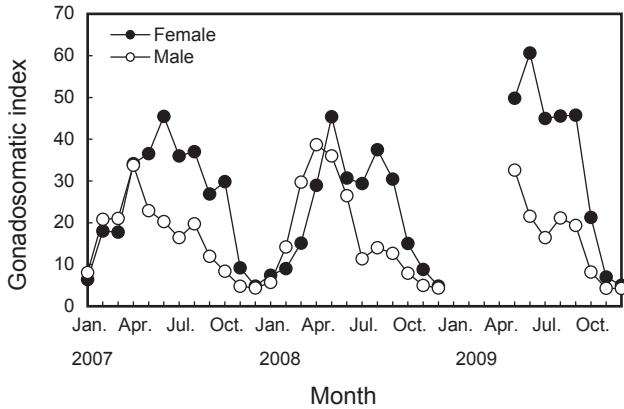


Fig. 5 Monthly change of gonadosomatic index of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea.

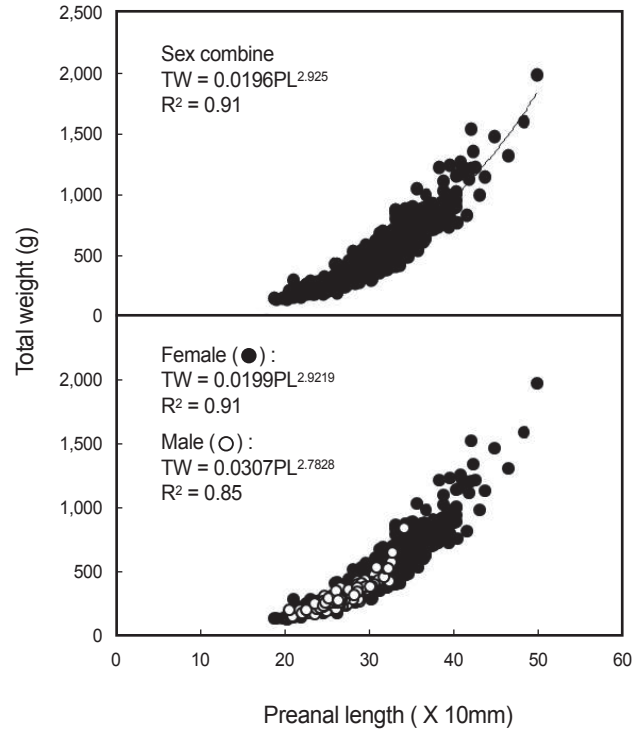


Fig. 7. Relationship between preanal length and total weight of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea.

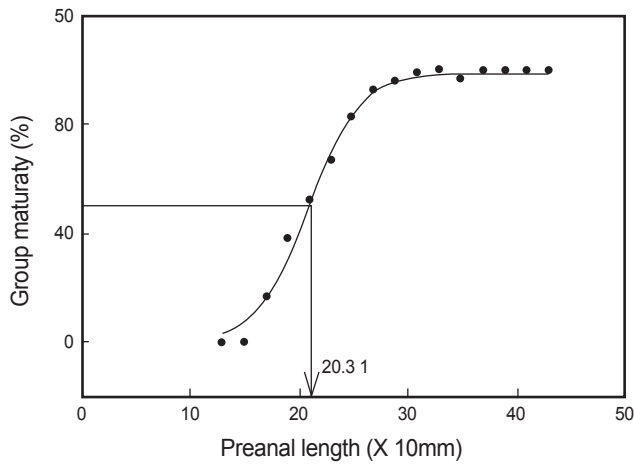


Fig. 6. Preanal length at 50% maturity of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea.

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

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

결 과

윤문형성의 대응성

갈치 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.

윤문형성시기의 주기성

갈치의 윤문이 형성되는 시기와 형성되는 횟수를 추정하기

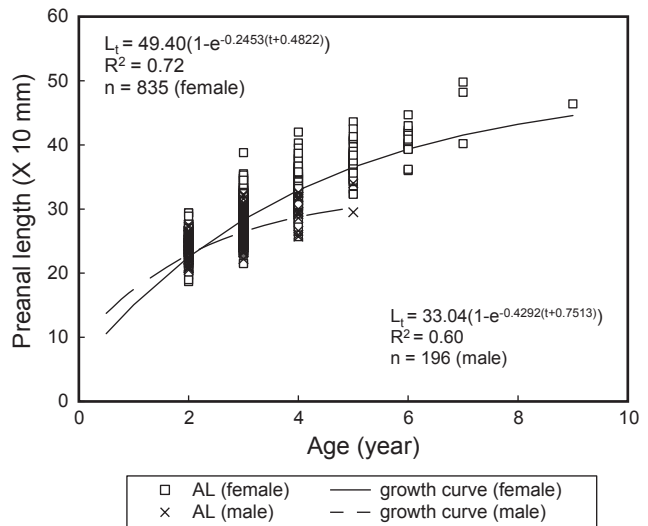


Fig. 8. von Bertalanffy growth curves in male and female of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. Squares are the back calculated.

위한 연역지수(MI)의 월 변화를 나타내었다. 연역지수 평균값은 12월 이후 감소하기 시작하여 7월에 가장 작은 값을 나타내었다. 윤문이 새로 형성된 개체(MI<0.1)는 7월부터 8월까지 출현하고 있었다. 따라서 이석의 윤문형성시기는 7-8월, 주 형성시기는 7월이며, 연 1회 형성됨을 알 수 있었다(Fig. 4).

산란기 및 생물학적 최소항문장

생식소속도지수(GSI)의 월별변화는 해에 따라 한 달 정도의 차이가 있었다(Fig. 5). 암컷의 경우, 1월에 가장 낮은 값을 나타낸 후, 6월에 가장 높았고, 8월에 급격히 낮아졌다. 수컷의 경우도 약간의 차이가 있었으나 암컷과 비슷한 월별 변화를 보였다. 4월에 증가하기 시작하여 6월에 최고 값을 나타낸 뒤 7월까지 급격히 감소하였다. 따라서 갈치의 산란기는 6월-8월(주산란기 7월)로 추정되었다. 재생산에 참여할 수 있는 생물학적 최소항문장은 수컷 207.2 mm, 암컷 285.0 mm, 암수pooled 254.0 mm로 추정되었다(Fig. 6).

상대성장

항문장과 전중과의 상대성장식은 암컷 $TW=0.0199 \times PL^{2.9218}$ ($R^2=0.92$), 수컷 $TW=0.0307 \times PL^{2.7828}$ ($R^2=0.92$)로 나타났다(Fig. 7). 암-수간 상대성장은 차이가 있는 것으로 나타났다($P<0.05$).

윤문형성시 평균 항문장

표본의 이석을 연령사정한 결과, 최고 연령은 암컷은 9세, 수컷은 5세로 나타났다(Table 2). 표본 중 3세어는 전체 표본의 50%, 1세어는 22%를 차지하였다. 암수 모두 3세의 개체수가 가장 많았다. 2세의 평균항문장은 암컷과 수컷이 비슷하나, 3세 이후 암수의 평균항문장 차이가 많이 나는 것을 알 수 있다(Table 3).

이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문이므로, 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 갈치의 주산란기는 7월, 윤문형성시기는 7월로 추정되므로 초륜형성시기까지의 소요기간은 1.0년으로 추정되었다. 따라서 윤문형성시의 평균 항문장은 암컷의 경우, 1.0세는 $PL_{1,0}=152.3$ mm, 2.0세는 $TL_{2,0}=233.4$ mm, 9.0세는 $TL_{9,0}=448.1$ mm 추정되었다. 수컷의 경우, 0세는 $PL_{1,0}=174.7$ mm, 2.0세는 $TL_{2,0}=230.0$ mm 5.0세는 $TL_{5,0}=302.7$ mm 추정되었다(Table 4).

성장식 추정

윤문형성시의 평균 전장을 이용하여 추정된 VBF 성장식은 암컷 $L_t = 494.1(1 - e^{-0.2453(t+0.4822)})$, 수컷 $L_t = 330.4(1 - e^{-0.4292(t+0.7513)})$ 이었다(Fig. 8). 추정된 암-수간의 VBF 성장식은 회귀계수와 위치차를 검증한 결과, 유의한 차가 있었다($P<0.05$).

고 찰

갈치어획량은 1970년대 이전 3만톤 수준이었으나 급격히 증가하여 1970-1980년대 10-16만톤 수준을 유지하였다. 그러나 1990년대부터 점차 감소하기 시작하여, 1995년 이후 최근까지 5-9만톤 수준에서 변동하고 있다(MIFFAF, 2010). Zhang and Sohn (1997)은 1980년대 후반 갈치어선의 단위노력당어획량(CPUE)이 감소하는 경향을 나타낸다고 보고하였다. 이는 갈치

자원이 감소하고 있다는 징후라고 판단하였다. 그러나 1995년 이후 갈치 어획량이 감소요인은 갈치자원의 감소는 1994년 UN 해양법 협약발효(ITLOS, 2011)와 1999년 대한민국과 일본국 간의 어업에 관한 협정발효(MOLEG, 2011)로 인한 어장축소 및 새로운 어업질서와 같은 사회적인 환경 요인에 의해 많은 영향을 받은 것으로 판단된다. 갈치어획량은 자원감소, 어장축소 그리고 새로운 어업질서 등 여러 가지 환경요인에 의해 감소하고 있는 징후가 나타나고 있다. 최근 갈치 연승어업의 지속적이고 효율적인 조업을 위해 조획시스템 개량(Kim and Lee, 2009; Kim et al., 2009) 및 갈치어군을 파악할 수 있는 음향반사강도(Hwang et al., 2009)에 대한 연구가 수행되었다. 따라서 이러한 연구는 배타적 경제수역(BEZ)에서의 한국과 일본에서 TAC 할당에 의해 어획을 하고 있는 갈치 어획량 증가 및 조업경영 개선이 개선될 것으로 판단된다.

Part et al. (1996)은 연령형질을 추체로 사용하여 윤문 판독한 결과, 윤문형성시기는 8월에 연 1회 형성되며, 윤문이 형성되는데 소요기간을 1년으로 추정하였다. 한편 본 연구는 이석을 연령형질로 사용하여 윤문 판독한 결과, 윤문형성시기는 7월인 것을 제외하고는 형성 횟수와 윤문형성소요기간도 일치하였다. Zhang (2010)에 의하면 연령형질은 수산자원생물들이 출생 후, 생존하면서 몸의 여러 부위(비늘, 이석, 추체 등)에 생존 기록을 형성한다고 보고하고 있다. 연령형질 중 비늘, 이석, 추체 순으로 환경의 변화를 기록될 것으로 판단된다.

본 연구의 산란기는 6-8월(주산란기 7월), Part et al. (1996)은 5-8월, Kim et al. (1998)은 6-10월, Cha and Lee (2004)은 5-9월로 추정되었다. 따라서 갈치 산란기는 하계(夏季)로 거의 일치하였다. 또한 본 연구의 생물학적 최소항문장은 254 mm (2.5세), Cha and Lee (2004)는 252-272 mm (2.5-2.7세)로 거의 일치하였다. 이는 어획방법은 각각 달랐으나 어획장소가 모두 같은 해역인 동중국해이었기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서 이석으로 추정된 연령은 암컷 9세와 수컷 5세, 극한체장(L_{∞})은 암컷 494.1 mm와 수컷 330.4 mm, 그리고 성장계수(K)는 암컷 0.2453와 수컷 0.4293이었다. 한편 Part et al. (1996)은 추체로 추정된 연령은 암컷 7세와 수컷 5세, 극한체장(L_{∞})은 암컷 505 mm와 수컷 324 mm, 그리고 성장계수(K)는 암컷 0.162와 수컷 0.336로 추정되었다. 두 연구 모두, 2세 이후 암컷의 성장이 수컷보다 빠르다는 것을 알 수 있고, 수컷이 5세까지 출현하였다. 암컷이 수컷보다 연령에 대한 체성장이 큰 것은 Roff (1983)에 이하면, 먹이섭취에 의한 에너지 축적과 체성장으로 투여되는 기여율 차이에 의한 것으로 보고하고 있다. 두 연구 모두 수컷이 연령이 5세까지만 출현한 것은 암컷이 수컷보다 수명이 길거나 또는 분포해역의 차이에 의한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업(근해어업자원조사, RP-2011-FR-028)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Agnaldo SM and Haimovici M. 1997. Distribution, abundance and biological interactions of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. *Fish Res* 30, 217-227.
- Bertalanffy, LV. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Hum Biol* 10, 181-213.
- Cha HK and Lee DW. 2004. Reproduction of hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus, in Korean waters -Maturation and spawning. *J Kor Soc Fish Res* 6, 54-62.
- Huh SH. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. *Kor J Ichthyol* 11, 191-197.
- Huxely JS. 1932. Problems of relative growth. 2nd ed. Dover Publish Inc., New York, U.S.A., 312.
- Hwangbo Y, Lee DJ, Lee YW and Lee KH. 2009. The frequency and length dependence of target trength of the largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) in Korean waters. *Fish Aqua Sci* 12, 152-161.
- ITLOS. 2011. The United Nations Convention on the Law of the Sea. Retrieved from <http://www.itlos.org> on September 30.
- Kim BY and Lee CH. 2009. A basic study on the improvement of the continuous type fishing system for largehead hairtail hand line in coastal area of Jeju Island, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 45, 14-21.
- Kim BY, Park YS and Lee CH. 2009. Hooking rate and bait loss rate of traditional hairtail hand line according to immersion time in the coastal waters of Jeju. *J Kor Soc Fish Tech* 45, 77-84.
- Kim SH, Lee YD and Rho HK. 1998. The study on the fisheries biological feature of hairtail, *Trichiurus lepturus* from the Cheju Strait. *J Kor Fish Soc* 31, 17-25.
- Kim SH and Rho HK. 2002. The fluctuation of fishing grounds of hairtail, *Trichiurus lepturus* in the Cheju strait by the distribution of feeding biomass. *J Kor Soc Fish Tech* 38, 1-10.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. 2nd. Hangle, Busan, Korea, 50.
- MIFFAF. 2010. Statistic database for fisheries production from <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on July 31.
- Munekiyo M and Kuwahara A. 1983. Some aspects of spawning schools of ribbon fish *Trichiurus lepturus* derived from catch records of experimental longline fishing. *Bull Japan Soc Sci Fish* 49, 1515-1521.
- Munekiyo M and Kuwahara A. 1984. Spawning season and sex ratio of ribbon fish in the western Wakasa bay. *Bull Japan Soc Sci Fish* 50, 1279-1284.
- Munekiyo M. 1990. Diurnal Vertical Migration of a Ribbon fish in the Western Wakasa Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56, 1193-1597.
- NFRDI. 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean Waters. Yaemoonsa, Busan, Korea, 7-18.
- Omori M and Seino Y. 1993. Feeding preference of the hairtail *Trichiurus lepturus* Linnaeus in and neighbouring the waters where *Sergia lucen* swarms in Suruga Bay. *Japan Soc Fish Oceano* 57, 15-23.
- Oryan SH, Parivar K, Yekrangian, Hosseinzadeh AH. 1998. Sex hormones changes in the reproductive cycle of female *Trichiurus lepturus*. *Iranian. Fish Sci J* 7, 6-13.
- Park CS, Hong BQ and Lee DW. 1996. Age and growth of hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. *Rep Res Nat'l Fish Res Dev Age* 52, 15-24.
- Park CS, Lee DW, Kim ZG and Kang YJ. 2000. Stock assessment and management of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus, in Korean waters. *J Kor Soc Fish Res* 3, 29-38.
- Park CS, Lee DW and Hwang KS. 2002. Distribution and migration of hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. *J Kor Soc Fish Res* 5, 1-11.
- Park CY and Yoon JM. 2005. Genetic differences and variation in two largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) populations determined by RAPD-PCR analysis. *Kor J Ichthyol* 17, 173-186.
- Roff DV. 1983. An allocation model of growth and reproductive in fish. *Can J Fish Aquat Sci* 38, 233-236.
- Reuben S, Vijayakumaran K, Achayya P, Prabhakar RD. 1997. Biology and exploitation of *Trichiurus lepturus* Linnaeus from Visakhapatnam waters. *Indian J Fish* 44, 101-110.
- Yoo CH and Zhang CK. 1993. Forecasting of hairtail (*Trichiurus lepturus*) landings in Korean waters by times series analysis. *Bull Kor Fish Soc* 26, 363-368.
- Zhang. 2010. Marine Fisheries Resources Ecology. Pukyong National University. Busan, Korea, 228-230.
- Zhang CI. 1996. A study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters 1. Estimation of population ecological characteristics of the the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. *J Kor Fish Soc* 29, 567-577.
- Zhang CI and Sohn MH. 1997. A study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters 2. Variations in population biomass of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. *J Kor Fish Soc* 30, 620-626.

2011년 8월 8일 접수
 2011년 10월 4일 수정
 2011년 12월 8일 수리