

한국 제주도 주변해역에 서식하는 갈치(*Trichiurus japonicus*)의 산란 생태

김한주* · 박정호 · 권대현 · 김영혜

국립수산과학원 기반연구부 연근해자원과

Maturation and Spawning of Largehead Hairtail *Trichiurus japonicus* Near Jeju Island, Korea

Han Ju Kim*, Jeong-Ho Park, Dae-Hyeon Kwon and Yeonghye Kim

Fisheries Resources Management Division, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Busan 46083, Korea

The reproductive biology of largehead hairtail *Trichiurus japonicus*, from near Jeju Island, Korea was investigated based on 4,384 individuals collected by commercial vessel from November 2016 to October 2019. There were more female specimens than male specimens (2.64:1). *T. japonicus* preanal lengths (PL) ranged from 10.5 to 53.5 cm; the relationships between PL and body weight (BW) were $BW=0.0103PL^{3.1293}$ for females and $BW=0.0106PL^{3.1251}$ for males. Monthly changes in gonadosomatic index were analyzed to estimate spawning season. The spawning period ranged from June to November. The size-frequency distribution of eggs suggested that *T. japonicus* exhibits multiple-spawning during a spawning period. The minimum size of females at maturity was 18.2 cm, while the size at sexual maturity was 25.0 cm.

Keywords: *Trichiurus japonicus*, Reproduction, Spawning season, Size at sexual maturity

서론

갈치류(*Trichiurus* spp.)는 전세계 온대와 열대해역에서 모두 분포하며(Fishbase, 2019), 형태적으로는 비슷하나 DNA 차이가 있어 나라마다 다른 종으로 분류된다. 우리나라에 서식하는 갈치도 *Trichiurus lepturus*로 동정하였지만, 미토콘드리아 DNA 중 COI 영역을 분석한 결과 *T. japonicus*로 확인되었다(Lee and Kim, 2014).

갈치류의 전세계 총 어획량은 2016년에 1,280,214톤으로 집계되었다(FAO, 2019). 우리나라에 서식하는 갈치(*Trichiurus japonicus*)는 가장 중요한 상업어종 중 하나이며, 어장은 대부분 남해안과 제주도 해역이다(NIFS, 2013). 국내 어획량은 1980년대에 평균 12만 4천톤이었지만, 최근 5년동안의 평균 어획량은 4만 4천톤(KOSIS 2019)으로 감소되는 추세이다.

어류의 성숙과 산란은 어류 생활사에서 가장 중요하며, 자원량과 환경변화에 따라 산란생태에 대한 정보는 변화하게 된다(Taylor and Cruz, 2017). 특히, 가치가 높은 상업어종은 매년 자원으로서 이용하기 때문에 지속적인 모니터링이 요구되며,

현 시점에서 명확한 연구결과를 얻어야 한다. 산란생태에 대한 결과는 현재 설정된 포획금지체장과 포획금지기간 같은 자원관리를 설정하고 보완 여부가 있는지 등을 판단하는 근거자료로 이용될 수 있으며, 또는 새로운 어업규제방법을 제시할 수도 있다.

과도한 어획의 징후 중 하나는 밀도-의존 법칙에 따라 개체군 유지하기 위해 50% 성숙항문장이 낮아지는 것이다(Zhang, 2010). 자원량을 고려하지 않고 지속적으로 낮아지는 50% 성숙항문장을 기준으로 포획금지체장을 설정하는 것은 자원량 회복 및 유지되는 결과를 얻기 힘들다. 따라서, 고강도의 어업규제가 필요한 수산자원의 경우, 자원량 감소 정도에 따라 어미 개체수 및 산란 횟수 등을 고려하여 포획금지체장을 설정해야 하며, 기준이 되는 성숙항문장을 50%, 75%, 97.5%의 성숙체장으로 고려하기 위해 이 연구에서는 각각의 성숙항문장을 제시하였다.

현재까지 이루어진 갈치 생활사에 대한 선행연구를 살펴본 결과, 갈치는 4월부터 10월까지 긴 산란기를 가지며, 산란장은 남해 연안과 서해 남부해역으로 알려져 있다(Kwok and Ni, 1999;

*Corresponding author: Tel: +82. 10. 9297. 0528 Fax: +82. 51. 720. 2277

E-mail address: 0528hjk@daum.net



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0001>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 1-8, February 2020

Received 19 December 2019; Revised 21 January 2020; Accepted 13 February 2020

저자 직위: 김한주(박사 후 인턴 연구원), 박정호(연구사), 권대현(연구사), 김영혜(연구관)

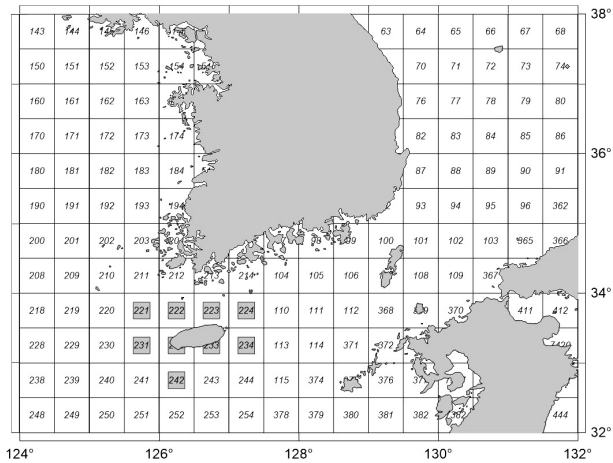


Fig. 1. Sampling area of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Jeju Island, Korea.

Kim et al., 2011). 또한, 9월부터는 산란장에서 월동장인 제주도 서·남부해역, 즉 동중국해 북부해역으로 남하하기 시작하여 11월부터 3월까지 월동하는 것으로 알려져 있다(Lee, 2012).

지금까지 국내에서 수행된 갈치 연구는 성숙과 산란(Kim et al., 1998; Cha and Lee, 2004), 연령과 성장(Kim et al., 2011), 자원 평가(Yoon and Zhang, 1993; Zhang and Sohn, 1997) 등이 있다. 국외에서 수행된 선행 연구는 중국에서 성숙과 산란(Kwok and Ni, 1999)과 생태학적 연구(Shih et al., 2011)가 있으며, 인도(Rajesh, 2015)와 브라질(Martins and Haimovici, 2000)에서 성숙과 산란이 수행된 바 있다. 국내에서 수행된 갈치의 생태학적 연구는 10년전 연구결과이므로, 현 시점에서 갈치의 명확한 산란기 및 성숙항문장을 추정하는 것이 필요하며, 새로운 어업규제를 고려하는데 기초자료로 제공한다.

재료 및 방법

2016년 11월부터 2019년 10월까지 제주도 주변해역에서 상업어선(대형쌍끌이, 근해연승)으로 어획한 갈치 4,384개체를 부산공동어시장에서 구입하였으며(Fig. 1), 시료는 빙장 후 실험실로 운반하였다. 이후 각 개체들의 전장(total length, TL), 항문장(preanal length, PL)을 0.1 cm까지 측정하였으며, 체중(body weight, BW)과 생식소 중량(gonad weight, GW)을 0.01 g까지 측정하였다. 항문장과 체중사이의 상대성장식은 $BW=aPL^b$ 을 통해 계산했다. 암·수간 상대성장식의 차이를 검증하기 위해 공분산분석(Analysis of covariance, ANCOVA)을 수행하였다.

생식소 형태를 통해 암·수를 구분하였고 성비의 차이를 Chi-square test를 통해 유의성 검증을 하였다. 암컷 생식소의 성숙도는 생식소와 난립의 크기, 색깔, 투명도 등을 기준으로 현미경 관찰하여 미숙(immature), 중숙(developing), 성숙(mature), 완

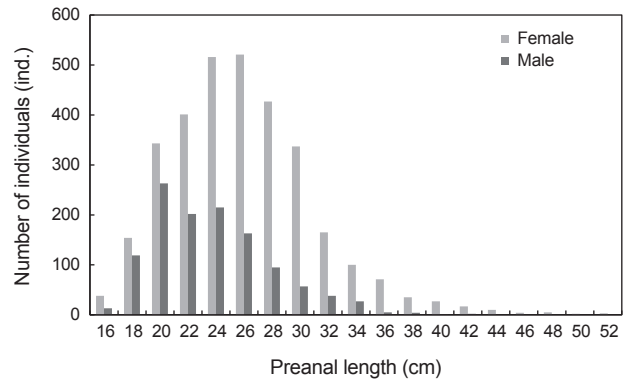


Fig. 2. Preanal length frequency distribution of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* between sexes near Jeju Island, Korea.

숙(spawning), 방후(resting)의 5단계로 구분하였다.

갈치가 일년 중 산란하는 시기를 파악하기 위해 월별 생식소 속도지수(gonadosomatic Index, GSI)를 계산하였고 식은 다음과 같다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 100$$

갈치의 산란전략을 파악하기 위해서 각 생식소발달단계에 해당하는 개체의 생식소를 5% 포르말린용액에 고정시킨 후 일부 절취하여 난경 1 μm까지 측정하였다(×10).

산란기동안 암컷의 성숙비율을 구한 후 logistic curve를 통해 50%, 75%, 97.5%의 성숙체장을 추정하였다. 일반적으로 사용하는 L_{50} 보다 엄격한 금지체장 설정을 위한 과학적 기준을 제시하기 위해 개체군의 75%, 100%가 성숙하는 성숙체장을 함께 추정하였다. 단, 이번 연구에서 사용한 표본 개수와 측정 오차의 영향을 최소화하기 위하여 100%에 근접하면서도 오차가 적은 것으로 분석된 $L_{97.5}$ 를 추정하였다. 식은 다음과 같다(King, 1995).

$$P = \frac{A-B}{1+e^{-r(L-L_m)}}$$

여기서 r은 곡선의 기울기, L_m 은 성숙시 평균체장 또는 생식상태에 있어서 0.5 (50%)의 비와 일치하는 체장이다.

결 과

이 연구에서 분석된 갈치는 총 4,384개체이며, 이 중 암컷 3,180마리, 수컷 1,204마리로 성비는 2.64:1로 나타났다(Table 1) ($\chi^2=923.5$, $P<0.001$). 암컷의 항문장 범위는 10.5 cm에서 53.5 cm (평균 PL ± SD, 26.89 cm ± 5.21), 수컷의 항문장 범위는 16.2 cm에서 43.6 cm (평균 PL ± SD, 24.50 ± 4.20)

로 나타났으며, 암·수 간의 평균 체장에서는 유의한 차이가 있었다($F=221.68$, $df=1$, $P<0.001$). 암컷의 체중 범위는 15.69 g에서 2,660.01 g (평균 $BW \pm SD$, $350.36 \text{ g} \pm 252.74$), 수컷의

체중 범위는 61.6 g에서 1800.09 g (평균 $BW \pm SD$, $260.81 \text{ g} \pm 173.59$)으로 나타났으며, 암·수 간의 평균 체중에는 유의한 차이가 있었다($F=131.35$, $df=1$, $P<0.001$). 암·수 간의 항문장-

Table 1. Size distributions and sex ratio of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* from November 2016 to October 2019 in near Jeju Island of Korea

Year	Month	Female				Male				Total n
		Range (cm)	Mean (cm)	n	Sex ratio (%)	Range (cm)	Mean (cm)	n	Sex ratio (%)	
2016	Nov.	16.7-44.0	26.9	193	74.8	16.3-33.1	22.3	65	25.2	258
	Dec.	19.6-49.4	24.6	149	81.4	19.5-28.9	22.6	34	18.6	183
2017	Jan.	17.3-53.5	27.1	95	96.9	25.6-28.2	26.8	3	3.1	98
	Feb.	20.3-39.7	27.8	86	78.9	20.5-36.2	26.4	23	21.1	109
	Mar.	21.3-48.7	28.1	52	49.5	23.2-42.9	27.8	53	50.5	105
	Apr.	24.3-52.8	32.1	72	71.3	24.7-34.6	27.8	29	28.7	101
	May	19.8-47.6	29.8	90	76.3	19.2-30.1	23.1	28	23.7	118
	Jun.	21.4-35.7	28.7	51	60.0	20.6-31.0	25.9	34	40.0	85
	Jul.	33.1-45.0	28.4	63	95.5	23.0-30.3	27.8	3	4.5	66
	Aug.									
	Sep.	20.7-41.0	26.9	71	67.0	19.1-33.1	22.6	35	33.0	106
	Oct.	18.6-34.9	28.3	80	63.0	16.9-43.6	23.2	47	37.0	127
	Nov.	16.4-39.5	26.5	240	83.0	16.3-29.0	23.3	49	17.0	289
	Dec.	10.5-49.6	26.1	89	86.4	19.0-33.7	25.2	14	13.6	103
2018	Jan.	22.0-44.5	25.8	69	69.0	21.9-31.0	25.8	31	31.0	100
	Feb.	23.9-51.5	28.0	77	81.9	25.4-32.1	27.6	17	18.1	94
	Mar.	19.4-40.2	29.6	84	80.8	18.7-35.9	24.2	20	19.2	104
	Apr.	19.6-42.5	28.5	65	64.4	19.5-38.0	28.6	36	35.6	101
	May	17.7-42.2	26.5	65	67.7	18.0-35.0	22.9	31	32.3	96
	Jun.	18.7-37.0	24.8	51	51.5	20.3-33.0	26.1	48	48.5	99
	Jul.	19.0-36.1	27.1	69	75.0	19.7-25.4	22.6	23	25.0	92
	Aug.	16.2-45.6	25.8	96	50.3	16.2-29.2	22.9	95	49.7	191
	Sep.	20.8-32.5	25.8	89	73.6	19.8-26.4	22.4	32	26.4	121
	Oct.	20.2-34.9	26.2	159	75.4	19.5-30.0	23.9	52	24.6	211
	Nov.	16.7-47.3	25.9	177	83.1	19.9-37.8	25.7	36	16.9	213
	Dec.	17.1-42.4	27.6	157	68.6	17.6-38.6	25.7	72	31.4	229
2019	Jan.	21.6-36.5	26.3	38	67.9	20.7-29.7	25.7	18	32.1	56
	Feb.	24.0-32.5	27.4	53	84.1	24.3-32.8	28.4	10	15.9	63
	Mar.	19.0-36.8	28.5	73	68.9	18.5-39.6	27.0	33	31.1	106
	Apr.	18.5-53.0	26.3	56	70.0	18.8-39.5	22.4	24	30.0	80
	May									
	Jun.	19.0-38.0	26.9	61	57.0	18.7-38.8	26.6	46	43.0	107
	Jul.	20.5-32.6	29.2	59	79.7	21.3-30.9	24.1	15	20.3	74
	Aug.	18.2-31.4	25.2	64	53.3	17.8-25.0	20.9	56	46.7	120
	Sep.	22.4-31.2	23.8	52	71.2	21.9-26.1	23.6	21	28.8	73
	Oct.	21.8-33.3	26.3	70	92.1	22.5-31.2	26.2	6	7.9	76
		16.2-53.5	27.1	3015	72.6	16.3-43.6	24.9	1139	27.4	4154

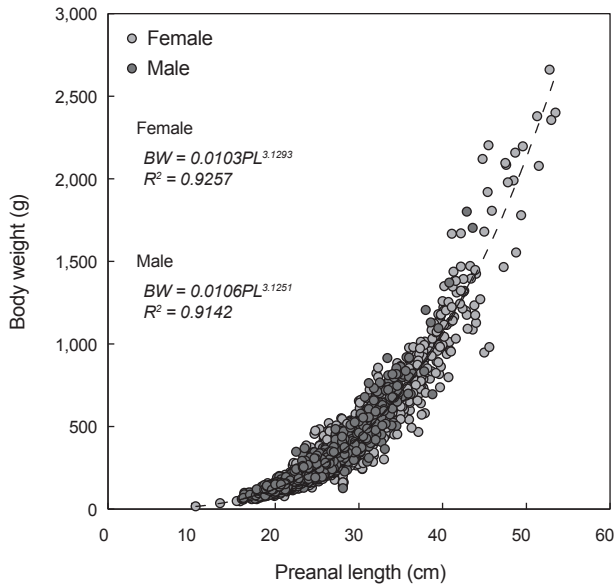


Fig. 3. Relationship between preanal length and body weights of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Jeju Island, Korea.

빈도 분포의 결과에도 유의한 차이가 있었다(Fig. 2) (K-S test, $Z=6.740$, $P<0.001$).

항문장과 체중 간의 상대성장식

암·수 간의 항문장과 체중 간의 상대성장식은 기율기에서는 유의한 차이가 없었지만(ANCOVA, $F=0.02$, $v=4380$, $df=1$, $P>0.05$), 절편에서는 유의한 차이가 있었다(ANCOVA, $F=9.70$, $v=4381$, $df=1$, $P<0.05$). 항문장과 체중 간의 상대성장식은 암컷은 $BW=0.0103PL^{3.1293}$, 수컷은 $BW=0.0106PL^{3.1251}$ 으로 추정되었다(Fig. 3).

생식소숙도지수(GSI)의 월 변화

생식소숙도지수(GSI)의 월별 변화 분석을 통해, 산란기를 추정하였다(Fig. 4). 암컷의 경우, 2017년 1-2월에는 0.54와 0.60으로 낮은 값을 보인 후, 3월(2.72)부터 생식소가 발달하기 시작하여 6월에 5.42로 최대값을 보인 후, 10월에 2.52, 11월에 0.54로 감소하였다. 2018년에는 1-5월까지 0.77부터 0.99까지 범위로 낮은 값을 보였으며, 6월부터 2.16으로 증가하기 시작하여 9월에 3.27로 최대값을 보인 후, 11월(0.69)에 낮은 값이 나타났다. 2019년에 1-2월에는 0.54와 0.79로 낮은 값을 보였으며, 3월(2.02)부터 증가하기 시작하여 8월과 9월에 4.72와 4.65로 높은 값을 유지하였으며, 10월(1.12)에 급격히 감소하였다. 3년간의 암컷의 GSI에서는 6-9월사이에 가장 높은 GSI값을 보였으며, 산란기가 끝나는 시점은 11월로 동일하게 나타났다.

수컷의 GSI 월변화를 보면, 2017년 1-2월까지 0.40-0.60으로 낮은 값을 나타내며, 3월(1.37)부터 증가하기 시작하여 6월에 2.06로 최대 값을 나타낸 후, 11월(0.51)까지 급격히 감소

하였다. 2018년에는 2월(1.01)부터 GSI 값이 증가하기 시작하여, 6월(2.46)에 가장 높은 값을 보였고, 12월(0.49)에 낮은 값을 나타냈다. 2019년에는 3월에 2.11로 최대 값이 보이지만 9월(1.69)까지 높은 값을 유지하다가 10월에는 0.59로 낮은 값을 보였다. 수컷의 3년간 GSI 월변화를 통해 6월부터 9월까지 비교적 높은 GSI 값이 나타나는 것을 알 수 있다.

따라서, GSI의 변화로부터 추정된 갈치의 산란기는 6월부터 11월까지로 판단된다.

난경변화

갈치의 생식소 발달 단계 별 난경변화를 관찰하였다(Fig. 5). 중숙 단계에서 난경분포를 보면, $400\ \mu\text{m}$ 36.8%로 가장 높은 빈도가 나타났으며, 성숙단계에서도 $400\ \mu\text{m}$ 난경이 19.0%로 여전히 높은 빈도로 나타났다. 하지만, 성숙단계에서 $700\ \mu\text{m}$ 이상의 다양한 크기의 난경이 관찰되며 점진적으로 난의 발달이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 완숙단계에서는 $1,200\ \mu\text{m}$ 에서 15.7%로 가장 높은 빈도 값을 보이며, $2,005\ \mu\text{m}$ 가 가장 큰 난경으로 관찰되었다. 뿐만 아니라, 2개 이상의 난경모드가 나타나면서 갈치가 한 산란기간 동안 2번 이상 산란하는 다회산란종으로 판단된다.

성숙항문장(PL_{50})

50%, 75%, 97.5% 갈치 암컷의 성숙항문장은 Table 2과 같다. 3년간의 50% 성숙항문장은 25.0 cm였으며 75% 성숙항문장은 30.0 cm로, 97.5% 성숙항문장은 41.7 cm로 추정되었다(Fig. 6). 측정된 데이터에서 성숙한 암컷의 최소 항문장은 18.2 cm였으며, 항문장이 40.0 cm 이상의 개체들은 100% 산란에 참여하는 것으로 나타났다.

고 찰

제주도 주변해역에 서식하는 갈치의 성비를 살펴본 결과, 암컷이 수컷보다 2.6배 더 높았다. 최대 항문장과 체중 모두 암컷이 수컷보다 더 크게 나타났으며, 이 연구에서 항문장이 44 cm 이상, 체중이 1,900 g 이상인 개체들은 모두 암컷이었다. 동중국해에서 수행된 선행연구에서도 암컷이 수컷보다 항문장 및 체중이 더 큰 결과를 보였다(Kim et al., 2011). 이러한 암·수의 생물학적 차이는 성장률과 수명의 차이로 생각된다. Kim et al.

Table 2. Preanal length of 50%, 75% and 97.5% sexual maturity for largehead hairtail *Trichiurus japonicus* during 2017-2019 years (Length unit, cm)

	PL_{50}	PL_{75}	$PL_{97.5}$
2017	25.3	30.1	41.2
2018	25.6	29.2	37.4
2019	24.5	30.3	43.8
Combined	25.0	30.0	41.7

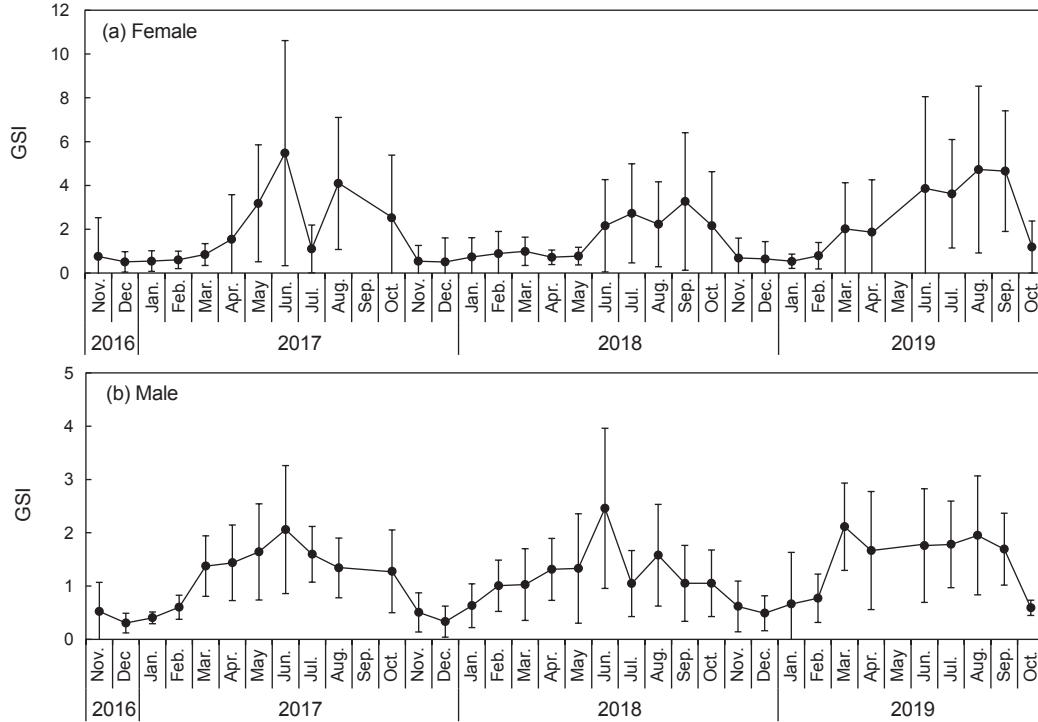


Fig. 4. Monthly changes in the mean gonadosomatic index (GSI) of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Jeju Island, Korea.

(2011)의 연구결과에 따르면, 갈치의 최대 연령은 암컷이 9세, 수컷이 5세로 나타났으며, 추정된 최대 항문장 또한 암컷이 수컷보다 높게 나타났다. 2세 이후의 암컷은 수컷보다 더 빠른 성장률을 가지며, 암컷이 수컷보다 4년 이상의 긴 수명을 가지기 때문에 암컷이 더 큰 표현형을 보이는 것으로 판단된다.

갈치의 산란기는 GSI를 기반으로 추정되었으며, 실측 자료를 바탕으로 분석하기 때문에 개체군 산란정보를 직접적으로 파악할 수 있다. 그러나, GSI는 체중과 생식소 무게의 상대적인 값이기 때문에 채집이 고르게 되지 않았을 경우에 오류가 나타날 수 있는데(Andres et al., 2015), 이 연구에서는 2017년 7월 시료에서 30 cm 이상 개체가 8마리로 적게 채집되어 산란기인데도 불구하고 낮은 GSI값을 보였다. 항문장 25-30 cm 사이의 개체들은 이론적으로 성숙하는 비율이 50-75%이기 때문에 성숙하지 않은 개체들을 채집했을 가능성도 있다. 30 cm 이상의 개체들은 3.20으로 상대적으로 높은 GSI값이 나타나 2017년 7월은 산란기간임을 확인했다. 따라서, 2017년 7월은 채집에 오류가 있는 것으로 판단된다. 하지만, 3년동안의 반복 채집을 통해 갈치의 생태학적 정보를 분석하였으므로, 갈치의 산란기 추정에는 문제가 없다고 판단된다.

제주 주변해역에서 어획된 갈치의 산란기는 6월부터 11월까지로 추정된다. 같은 제주 해역에서 수행된 Kim et al. (1998)의 연구에서는 5월부터 12월까지가 산란기이며, 주 산란기는 7월부터 8월까지로 추정하였고, Cha and Lee (2004)의 연구에서

는 4월부터 10월, 주 산란기는 5월에서 9월까지로 추정했다. 제주 해역에 서식하는 갈치의 주 산란기는 해에 따라 1-2개월정도 변동이 있기는 하였지만, 5-11월사이로 비슷한 산란기를 가진 것으로 보인다. 동중국해에서 수행되었던 두 연구에서의 산란기는 한 연구는 4월부터 10월(Kim et al., 2011), 또 다른 연구는 연중 산란(Shin et al., 2011)이라는 결과를 보여주었다. 남중국해에서는 연중 산란을 하며, 주 산란기는 3-6월로(Kwok and Ni, 1999) 보고되었다. 수행된 모든 연구에서 갈치가 긴 산란기간을 가진다는 결과는 동일했다. 그러나, 선행연구와의 비교를 통해 제주해역보다 남쪽에 위치한 동중국해와 남중국해 해역에서 갈치의 산란시기가 우리나라보다 1-3개월 앞서는 경향을 알 수 있었다. 이전 연구의 두 해역은 쿠로시오 난류로 인해 우리나라보다 수온이 높아 상대적으로 더 빠른 산란시기를 가지는 것으로 보이며, 뿐만 아니라 위도가 달라지면서 환경과 계군의 차이 등으로 인한 결과로 보인다.

이 연구에서는 산란기 동안 갈치의 산란전략을 파악하기 위해 각 생식소 발달 단계별 난경 변화를 조사하였다. Kim et al. (1998)이 수행한 갈치 생식소의 조직결과를 바탕으로 이 연구의 결과를 해석했을 때, 400 μm 난은 초기성숙난이며, 성숙단계에서 초기성숙난의 빈도가 가장 높다는 것을 알 수 있었다. 또한, 성숙단계에서는 400-1,200 μm 크기까지 다양한 난경을 가진 난들이 나타났다. 이후, 완숙단계에서 2개 이상의 모드가 나타나며, 갈치는 산란기간 동안 2번이상 산란을 하는 것으로 추

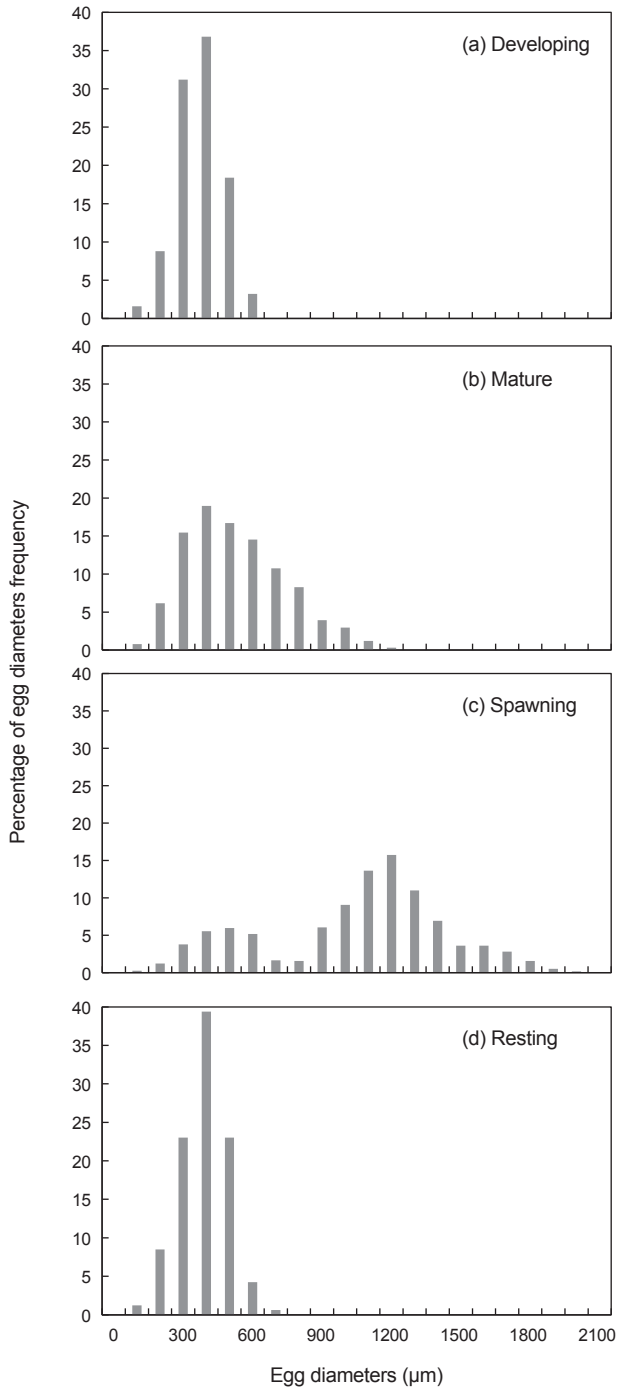


Fig. 5. Egg diameters frequency at each development stages of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Island, Korea. a, developing; b, mature; c, spawning; d, resting.

정된다. Kim et al. (1998)와 Kwok and Ni (1999)의 연구에서도 갈치가 긴 산란기간 동안 다회산란하는 종이라고 하였으며, Shih et al. (2011) 연구에서는 갈치가 일년 중 정해진 산란 시기

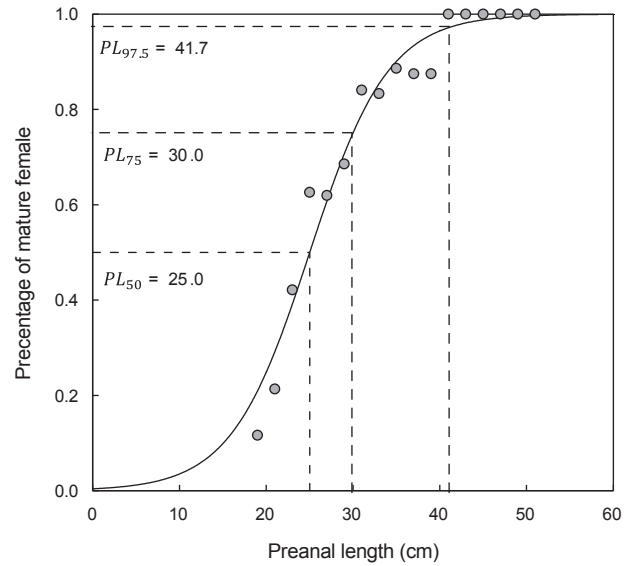


Fig. 6. 50%, 75% and 97.5% preanal length at sexual mature for female using combined 3 years data (2017-2019) of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Jeju Island, Korea.

에 폭발적으로 산란을 하는 동시산란군(isochronal spawner)이라 하였다. 갈치는 산란시기에 산란장인 남해연안에 밀집하므로, 제한된 산란장에 대한 경쟁을 줄이기 위해 다회산란 전략을 선택했을 수도 있다(Rinchar and Kestemont, 1996). 하지만, Lee (2012)의 연구에서는 8-9월에 남해의 연안과 외해뿐 아니라 제주도 주변해역에서도 갈치의 난이 출현했다고 보고했으며, 이 시기는 갈치의 주 산란기이자 월동을 위해 제주해역으로 남하하기 시작하는 때이다. 따라서 갈치는 저장된 에너지를 산란과 회유에 나누어 이용해야 하기 때문에 다회산란 전략을 가질 수도 있다고 생각된다(Beuchel et al., 2013).

제주도 주변해역에 서식하는 갈치의 50% 성숙항문장은 25.0 cm로 추정되었으며, 2000년부터 2002년에 조사한 성숙항문장은 26.2-27.2 cm로(Cha and Lee, 2004)이 연구의 결과가 1-2 cm 더 작은 것으로 나타났다(Table 3). 동중국해 중부에서는 28.5 cm (Kim et al., 2011), 남중국해에서는 25.5 cm (Kwok and Ni, 1999)와 26.4 cm (Shih et al., 2011)로 추정되어 동중국해 중부에서 성숙항문장이 가장 크게 나타났다. 성숙항문장은 이번 연구의 결과가 가장 작게 나타났다. 개체군의 크기는 수온, 성장률, 풍부도에 의해서 변동되기도 하지만, 상업 어종인 경우에는 과도한 어획에 의해 개체군의 크기가 감소되어, 개체군의 크기를 유지하기 위해 성장이 빨라지고 성숙체장 및 성숙연령이 감소하는 경우가 많다(Zhang, 2010). 서해에 서식하는 참조기의 경우, 1960년부터 2010년까지의 50% 성숙체장의 변화를 조사했을 때, 18.4 cm에서 13.6 cm로 약 5 cm가 감소한 결과를 볼 수 있으며, 이 연구 결과는 과도한 어획에 의해 낮은 자원 밀도가 형성되었기 때문이라고 했다(Zhonglu Li et al., 2011).

Table 3. Comparison with previous studies on preanal length at sexual mature in females

Authors	Localities	Preanal length at sexual mature (cm)
This study	Jeju Island	25.0
Shin et al. (2011)	Southern East China Sea	26.4
Kim et al. (2011)	East China Sea	28.5
Cha and Lee (2004)	Jeju Island	25.2-27.2
Kwok and Ni (1999)	South China Sea	25.5

상업 어종 중에서 성숙체장이 감소된 경우는 대구(Jørgensen, 1990), 갯장어(Koh et al., 2019) 등이 있다.

2018년 상업어선의 갈치 어획량은 49,450톤으로 2008년 평균 어획량(72,313톤)에 비해 68.4% 밖에 되지 않았는데(KOSIS, 2019), 이러한 결과는 자원량이 크게 감소하였고, 큰 개체들의 수가 적어졌기 때문이라 판단된다. 이러한 자원생태에서 지속적으로 과도한 어획을 할 경우 미성어 어획의 비율이 높아질 수 있으며(Zhang, 2010), 성숙항문장 또한 감소된 자원량에 의해 작아질 것이다. 포획금지체장을 설정하는 경우 주로 50% 성숙항문장을 이용하는데, 작아진 50% 성숙항문장을 기준으로 포획금지체장을 설정하는 것은 자원량 감소를 촉진하는 것으로 판단된다. 따라서, 지속적인 생태학적 연구와 자원평가를 통해 적정 자원량을 회복할 수 있는 관리방안을 지속적으로 모색해야 하며, 자원량이 현저하게 줄어든 경우에는 50% 성숙체장보다는 75%나 97.5%의 성숙체장을 포획금지체장의 자료로 이용하는 것도 고려해 볼 수 있다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(수산과학연구사업, R2020022)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Andres F, Rodrigo W and Eduardo D. 2015. Using the gonadosomatic index to estimate the maturity ogive: application to Chilean hake *Merluccius gayi gayi*. ICES J Mar Sci 72, 508-514. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu155>.
- Beuchel JS, Marschall EA and Aday DD. 2013. Energy allocation patterns in a multiple spawning sunfish: evidence for an income-based reproductive strategy. Fish Manag Ecol 20, 508-517. <https://doi.org/10.1111/fme.12041>.
- Cha HK and Lee DW. 2004. Reproduction of Hairtail, *Trichiurus lepturus* linnaeus, in Korea waters -Maturation and Spawning-. J Korean Soc Fish Res 6, 54-62.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2019. Food and agriculture organization of the united nations. Retrieved from www.fao.org/fishery/species/2468/en on Nov 14, 2019.
- FishBase. 2020. Fish Information. Retrieved from <https://www.fishbase.in>. on Jan 02, 2020
- Jørgensen T. 1990. Long-term changes in age at sexual maturity of Northeast Arctic cod (*Gadus Morhua* L.). ICES J MAR SCI 46, 235-248. <http://doi.org/10.1093/icesjms/46.3.235>.
- Kim SH, Lee YD and Rho HK. 1998. The study on the fisheries biological feature of hairtail, *Trichiurus lepturus* from the Cheju Strait. Korean J Fish Aquat Sci 31, 17-25.
- Kim YH, Yoo JT, Lee EH, Oh TY and Lee DW. 2011. Age and growth of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. Korean J Fish Aquat Sci 44, 695-700. <http://doi.org/10.5657/kfas.2011.0695>.
- Koh EH, Kwon DH, Nam KH, Kim YH and Jang CS. 2019. Ecological characteristics and proximate composition of *Muraenesox cinereus* off the Southern Coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 52, 173-179.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Fishery production survey. Retrieved from <http://kosis.kr> on Dec 23, 2019
- Kwok KY and Ni IH. 1999. Reproduction of cutlassfishes *Trichiurus* spp. from the South China Sea. Mar Ecol Prog Ser 176, 39-47.
- Lee SJ. 2012. Distribution of the eggs and larvae for hairtail, *Trichiurus japonicus*, from the southern sea and Jeju Island of Korea. M.S. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Lee SJ and Kim JK. 2014. Identification of *Trichiurus* (Pisces:Trichiuridae) Eggs and Larvae from Korea, with a Taxonomic Note. Fish Aquat Sci 17, 137-143
- Martins AS and Haimovici M. 2000. Reproduction of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. Sci Mar 64, 97-105.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2013. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters. Yeamoonsa, Paju, Korea, 7-18.
- Rajesh KM. 2015. Fishery, reproductive biology and stock status of the largehead hairtail *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758 off Karnataka, south-west coast of India. Indian J Fish 62, 28-34.
- Rinchar J and Kestemont P. 1996. Comparative study of reproductive biology in single- and multiple-spawner cyprinid fish. 1. Morphological and histological features. J

- Fish Biol 49, 883-894.
- Shih NT, Hsu KC and Ni IH. 2011. Age, growth and reproduction of cutlassfishes *Trichiurus* spp. in the southern East China Sea. J Appl Ichthyol 27, 1307-1315. <http://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01805>.
- Taylor BM and Cruz E. 2017. Age-based and reproductive biology of the pacific longnose parrotfish *Hipposcarus longiceps* from Guam. Peer J 5, e4079, <http://doi.org/10.7717/peerj.4079>.
- Yoon SJ and Zhang CI. 1993. Forecasting of hairtail (*Trichiurus lepturus*) landings in Korean waters by times series analysis. Korean J Fish Aquat Sci 25, 363-368.
- Zhang CI. 2010. Mairne Fisheries Resource Ecology. Pukyong National University Press, Busan, Korea, 153-181.
- 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. Korean J Fish Aquat Sci 30, 620-626.
- Zhonglu L, Xiujuan S, Xianshi J and Fangqun D. 2011. Long-term variations in body length and age at maturity of the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis* Bleeker, 1877) in the Bohai Sea and the Yellow Sea, China. Fish Res 110, 67-74.