

한국 서해에서 어획된 갈치(*Trichiurus japonicus*)의 성숙과 산란

성기창 · 김도균¹ · 서호영² · 백근욱^{3*}

국립수산물연구원 동해수산연구소 기후환경자원과, ¹국립수산물연구원 수산자원연구센터, ²전남대학교 해양융합과학과, ³경상국립대학교 해양생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터

Maturation and Spawning of the Largehead Hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea

Gi Chang Seong, Do-Gyun Kim¹, Ho Young Soh² and Gun Wook Baeck^{3*}

Environment and Fisheries Resources Research Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Republic of Korea

¹Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

²Department of Ocean Intergrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea

³Department of Marine Biology and Aquaculture/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education and Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

The largehead hairtail *Trichiurus japonicus* is an economically important fish species in Korean waters. However, relatively few studies exist on its reproductive biology in the Yellow Sea. In this study, we investigated the reproductive characteristics of *T. japonicus* collected from the Yellow Sea in Korea between February 2020 and January 2021. A total of 356 individuals were examined. The female-to-male ratio was 1:0.32, indicating a predominance of females. Female gonadosomatic index (GSI) values were peaked in August. Histological examination of the gonads indicated that spawning occurred from February to August, with peak spawning in August. The anal length of females at 50% maturity was estimated at 17.9 cm, and the absolute fecundity ranged from 6,378 to 54,878 eggs, increasing with body size. These findings provide updated, region-specific information on the spawning period and size at maturity of *T. japonicus*. This provides essential baseline data for the management and conservation of this species in the Yellow Sea of Korea.

Keywords: Reproductive ecology, Largehead hairtail, *Trichiurus japonicus*, Yellow Sea

서론

갈치(*Trichiurus japonicus*)는 고등어목(Scombriformes) 갈치과(Trichiuridae)에 속한 어종으로 우리나라 연근해를 포함하여 전세계 온대 및 열대 해역에 서식한다(Kim et al., 2005). 우리나라에 서식하는 갈치의 산란장은 남해 연안, 제주 해역, 서해 남부해역으로 산란기는 5-11월로 알려져 있으며, 주 산란기는 5-9월로 보고되었다(Kim et al., 2020b). 갈치의 산란기는 연구 해역마다 다소 차이를 나타내는 것으로 보고되었으며, 긴 산란 기간 동안 다회 산란하는 종으로 알려져 있다(Shin et al., 2023). 자원생태학적인 연구는 자원의 평가 및 관리를 위해 필수적이

며, 그 중 생식생태에 관한 정보는 상업적으로 중요한 수산자원의 회복금지체장과 금어기를 규정하는데 반영되는 정보로 활용된다. 하지만 어류의 생식은 서식환경에서 먹이의 양과 질, 수온 및 서식밀도 등의 요인에 따라 영향을 받기 때문에 해양환경이 변화함에 따라 큰 변화를 나타낼 수 있다(Domínguez-Petit et al., 2022). 따라서 지속적으로 변화하는 양상을 보이는 우리나라 해역에서 주요 수산자원의 관리를 위한 생식생태 정보를 최신화하고, 지속적인 모니터링을 실시해야 한다. 현재까지 국내에서 수행된 갈치의 산란 연구는 제주도 주변해역(Kim et al., 1998, 2020b; Cha and Lee, 2004; Shin et al., 2023)에서 주로 이루어졌으며, 서해에서의 갈치의 생태학적 연구는 식성

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr



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.2025.0708>

Korean J Fish Aquat Sci 58(6), 708-714, December 2025

Received 20 August 2025; Revised 1 October 2025; Accepted 23 October 2025

저자 직위: 성기창(인턴연구원), 김도균(연구사), 서호영(교수), 백근욱(교수)

(Seong et al., 2022)을 제외하고, 전문한 실정이다. 서해는 수심이 얕고, 조석 간만의 차가 큰 데다 탁도가 높아 독특한 해양환경적 특성을 보이는 해역이다(Lee et al., 2007; Lee and Youn, 2023). 얕은 수심과 대형 하천으로부터의 담수 유입은 계절적으로 수온과 염분의 뚜렷한 변화를 초래하며, 이러한 환경 요인은 어류의 산란행동, 산란기, 생식소 발달 등에 영향을 미쳐 결과적으로 지역 간 생식생태의 차이를 나타낼 가능성이 있다.

따라서 본 연구에서는 생식소 조직학적 분석을 통해 산란기, 군성숙체장, 포란수 등 우리나라 서해에 서식하는 갈치의 생식생태에 대한 정보를 파악함으로써 자원관리를 위한 기초생태학적인 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 2020년 2월부터 2021년 1월까지 우리나라 서해의 183, 184, 194, 202, 203, 204해구에서 근해안강망과 유자망을 통해 어획된 356개체의 갈치를 분석하였으며(Fig. 1), 실험실에서 항문장(anal length)과 체중을 측정하였고, 생식소를 적출한 뒤 중량(g)을 측정하였다.

갈치의 성비는 연구기간 동안 채집된 모든 개체에 대한 암컷과 수컷의 비율을 월별로 나타내었으며, Chi-squared test를 이용하여 월별 암·수의 비율의 차이에 대한 유의성을 검정하였다.

생식소숙도지수(gonadosomatic index, GSI)의 월별 변화를 파악하기 위해 다음과 같은 식을 사용하여 구하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^2$$

여기서, GW (gonad weight)는 갈치의 생식소의 중량(g)이며, BW (body weight)는 갈치의 체중(g)이다.

본 연구에서 생식소의 발달단계를 파악하기 위해 모든 개체를 대상으로 조직학적 관찰을 실시하였으며, 갈치 암컷과 수컷의 성숙단계는 각각 미숙기(immature stage), 중숙기(maturing stage), 성숙기(mature stage), 완숙기(ripe stage), 휴지기(spent stage)의 5단계로 구분하였다. 생식소의 조직학적 분석을 위해서 적출된 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정하였으며, 수세와 탈수과정을 거쳐 paraplast에 포매하였다. 또한 생식소를 4–6 µm 두께로 연속 절편한 후 Harris' Hematoxylin-eosin (H-E) 비교염색을 실시하였으며, malinol로 봉입하였다. 이후, 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경(Leica DMIL LED; Leica microsystems, Wetzlar, Germany)을 이용하여 검경하였다.

포란수(F)는 산란기 동안 성숙한 암컷 개체의 난소에 대하여 Bagenal (1978)의 습중량법 계산식을 통해 구하였다.

$$F = \frac{A-B}{C} \times e$$

여기서, A는 난소의 중량(g), B는 난각의 중량(g), C는 검경한

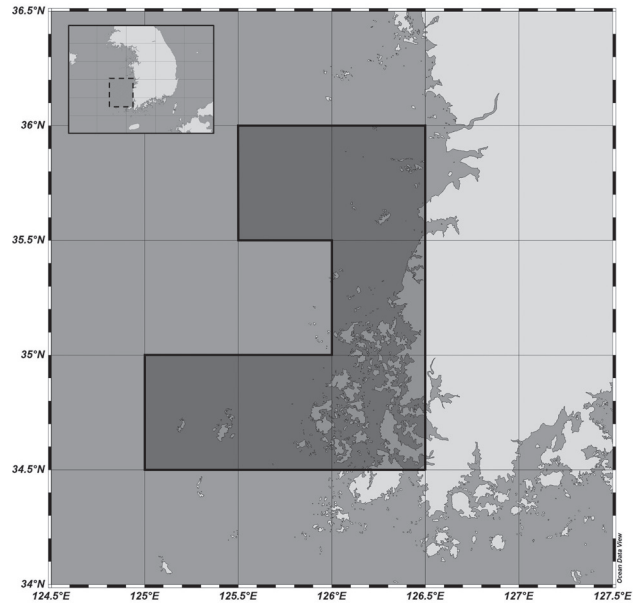


Fig. 1. Map of the sampling area of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea.

난소 일부의 중량(g), e 는 C에서 계수한 난의 수이다.

군성숙체장은 산란기로 추정되는 기간 동안 성숙한 암컷 개체를 산란 가능군으로 판단하여 비율을 구하였고, King (2007)의 Logistic식을 이용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(BW_i - BW)}} \quad (1)$$

여기서, P_i 는 i 항문장 계급에서의 성숙비율, BW_i 는 i 항문장 계급의 항문장, b 는 상수이다.

결 과

성비 및 항문장 범위

본 연구에서 분석된 갈치 암컷과 수컷은 각각 269개체와 87개체였다(Table 1). 항문장 범위는 암컷과 수컷 각각 12.9–30.0 cm와 13.3–33.7 cm였으며, 평균 항문장은 암컷이 22.6 cm였고, 수컷이 21.2 cm였다. 또한 본 연구에서 암컷과 수컷의 성비는 1:0.32로 암컷의 비율이 수컷보다 높게 나타났다(Chi-squared test, $P < 0.05$).

생식소숙도지수(GSI) 월별 변화 양상

갈치 암컷 개체를 대상으로 GSI의 월별 변화를 분석한 결과(Fig. 2), GSI는 2월에 평균 1.57 ± 1.53 의 값을 나타내었으며, 5월에 0.21 ± 0.16 의 값을 나타내어 점점 감소하는 경향을 보였다. 또한 5월부터는 점차적으로 증가하여 7월에 0.93 ± 0.59

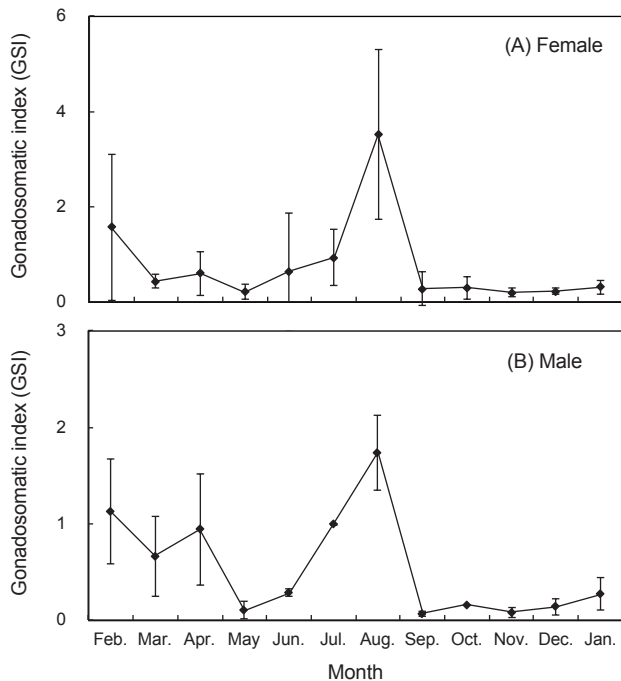


Fig. 2. Monthly variation in the gonadosomatic index (GSI) of female (A) and male (B).

의 값을 나타내었고, 8월에는 3.52 ± 1.79 로 최대값을 나타내었다. 그리고 9월부터 GSI값은 0.28 ± 0.34 로 대폭 감소하였으며, 2021년 1월까지 0.31 ± 0.14 이하의 낮은 값을 나타내었다. 수컷의 경우, 2~4월까지 0.66 ± 0.42 에서 1.13 ± 0.54 범위로 비교적 높은 값을 유지하다가 5월에 0.10 ± 0.09 로 급격히 감소

하였다. 이후 7월에 1.00 ± 0.01 로 다시 상승하였으며, 8월에는 1.74 ± 0.39 로 최대치를 기록하였다. 9월부터는 0.07 ± 0.03 으로 급감하여 다음 해 1월까지 낮은 수준을 유지하였다.

조직학적 관찰 및 성숙단계 월별 변화

갈치 난소의 조직학적 관찰을 실시하였으며, 성숙단계의 월별 변화를 미숙기, 중숙기, 성숙기, 완숙기, 휴지기의 5단계로 구분하였다(Fig. 3). 미숙단계는 난소 내 상피세포층을 따라 초기 성장 중인 난모세포가 관찰되며, 중숙단계는 난소 내 난모세포들이 성장하여 세포질 내 난황구들이 형성되는 것이 관찰되고, 성숙단계는 세포질 내 난황과립이 가득 찬 난황형성 난모세포들과 유구가 관찰된다. 또한 완숙단계는 난소 내 구형의 완숙된 난모세포들이 다수 관찰되며, 세포질 내 축적되었던 난황구들이 서로 융합하여 완전히 균질화되었다. 휴지단계는 난소 내 성숙된 난이 방출되었으며, 퇴화 및 흡수 중인 난모세포가 관찰되었다. 정소의 경우, 미숙단계에서는 정원세포가 다수 관찰되었고, 중숙단계의 정소에서는 소엽 내강에 정모세포들이 출현하였으며, 성숙단계에서는 다수의 정세포가 주로 관찰되었다. 또한 완숙단계에서는 소엽 내강에 성숙 변태를 마친 정자들이 계속 축적되면서 정자괴가 뚜렷이 구분되어 관찰되었으며, 방후단계 개체들은 정소소엽 내에서 방출된 정자괴의 흔적이 뚜렷하게 관찰되었다.

갈치 암컷 개체의 성숙단계 월별 변화에 대해 분석한 결과(Fig. 4), 미숙기의 개체는 9월부터 12월까지 17.2~48.1%의 비율로 출현하였으며, 1월부터는 중숙기 개체의 비율이 대폭 상승하여 6월까지 20.0~100.0%의 높은 비율을 나타내었다. 또한 성숙기의 개체는 1월부터 출현하여 8월까지 관찰되었으며(3월과 5월 제외), 완숙기 개체는 2월, 6월, 8월에 각각 18.8%, 6.5%,

Table 1. Size range and sex ratio of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea

Year	Month	Total number	No. of inds.		Range AL (cm)		Sex ratio
			Female	Male	Female	Male	
2020	Feb.	25	16	9	22.0–30.0	25.0–30.2	1 : 0.56
	Mar.	31	19	12	21.2–26.2	21.6–26.1	1 : 0.63
	Apr.	32	27	5	19.5–24.3	20.3–23.5	1 : 0.19
	May	24	10	14	12.9–16.1	13.3–16.2	1 : 1.40
	Jun.	33	31	2	20.4–25.3	21.5–21.5	1 : 0.06
	Jul.	32	30	2	23.0–26.8	25.0–25.8	1 : 0.07
	Aug.	30	25	5	26.2–30.0	26.3–33.7	1 : 0.20
	Sep.	30	27	3	14.6–22.9	15.3–18.6	1 : 0.11
	Oct.	30	29	1	19.4–22.8	22.0	1 : 0.03
	Nov.	25	16	9	18.2–24.5	18.1–21.9	1 : 0.56
	Dec.	31	16	15	18.7–22.4	18.0–22.5	1 : 0.94
2021	Jan.	33	23	10	18.9–29.9	19.4–23.5	1 : 0.43
Total		356	269	87	12.9–30.0	13.3–33.7	1 : 0.32

AL, Anal length.

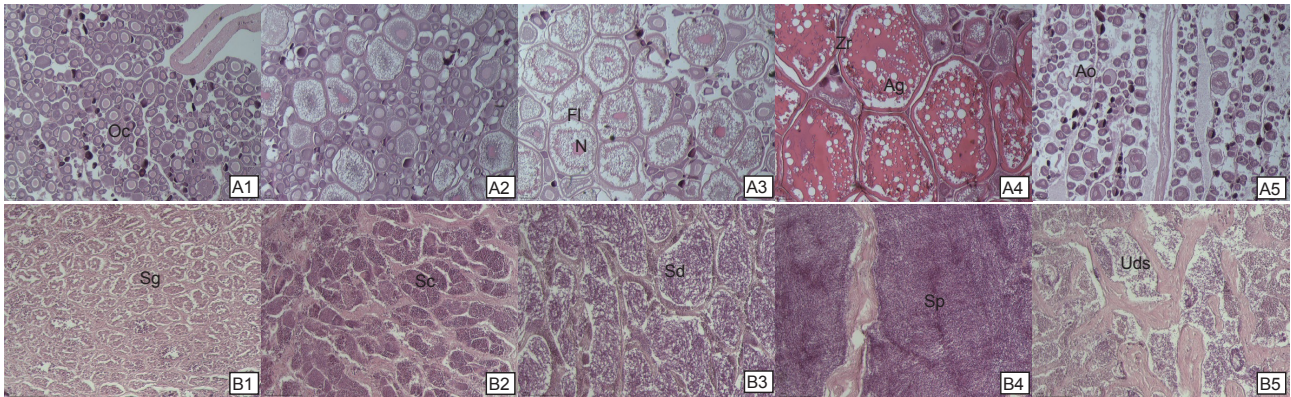


Fig. 3. Photomicrographs of ovarian development phases of female (A1-A5) and male (B1-B5) largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea. A1 and B1, Immature stage; A2 and B2, Maturing stage; A3 and B3, Mature stage; A4 and B4, Ripe stage; A5 and B5, Spent stage; Ao, Atretic oocytes; Fl, Follicle layer; N, Nucleus; Oc, Oocytes; Od, Oil droplet; Sc, Spermatocyte; Sd, Spermatid; Sg, Spermatogonium; Sp, Sperm Uds; Undischarged sperm; Zr, Zona radiate. Scale bars=100 μ m.

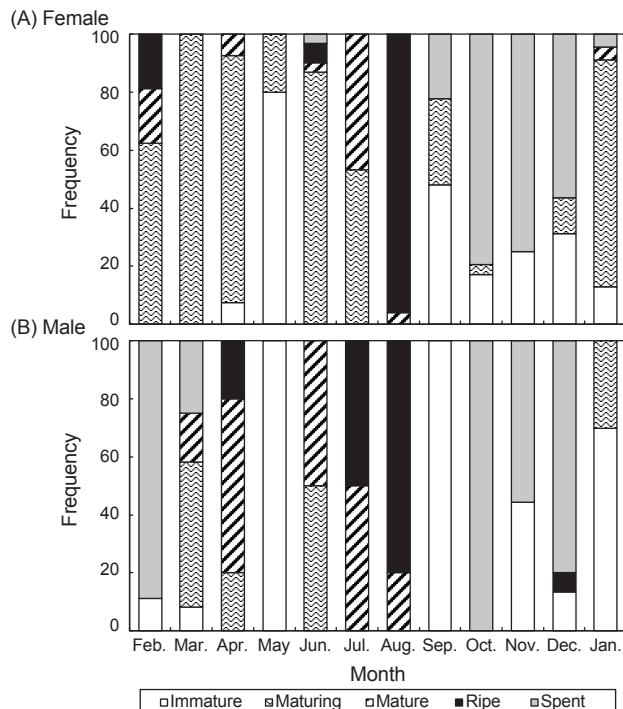


Fig. 4. Monthly variation of ovarian development phases of female (A) and male (B) largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea.

96.0%의 비율로 관찰되었고, 9월부터 12월까지 휴지기 개체가 22.2–79.3%의 높은 비율로 출현하였다.

수컷의 경우, 3월부터 8월까지 성숙기 및 완숙기 개체가 관찰되었으며, 특히 4월(20.0%), 7월(50.0%), 8월(80.0%)에 완숙기 개체가 출현하였다. 5월과 9월에서 미숙기 개체가 각각

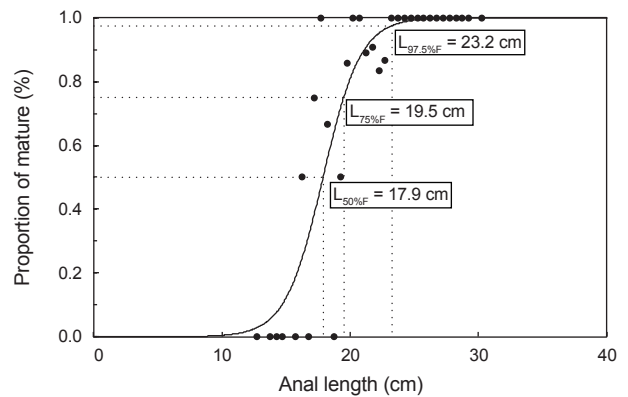


Fig. 5. Relationship between anal length and proportion of mature of female largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea.

100.0%로 나타났고, 10월부터 12월까지는 휴지기 개체가 주로 확인되었다.

따라서 GSI 월별 변화 양상, 생식소의 조직 발달과정, 성숙단계 월별 변화 결과로 추정된 갈치의 산란기는 2–8월이며, 8월에 집중적으로 산란이 일어나는 것으로 보인다.

군성숙체장

본 연구에서 갈치의 군성숙체장을 파악하기 위해 산란기로 추정되는 기간 동안 중숙단계 이상의 암컷 개체를 산란에 참여하는 것으로 간주하여 개체의 비율을 나타내었다. Logistic 식을 통해 갈치의 군성숙체장을 분석한 결과(Fig. 5), 50% 군성숙체장은 17.9 cm였으며, 75%와 97.5%의 개체가 산란에 참여하는 항문장은 각각 19.5 cm와 23.2 cm였다.

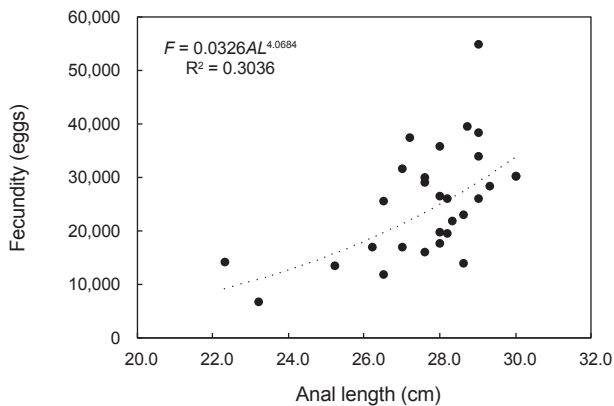


Fig. 6. Relationship between anal length and fecundity of female largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea.

포란수

본 산란기간 동안 방란흔적이 없는 성숙한 암컷 개체를 선별하여 난을 계수하였다. 본 연구에서 갈치의 절대포란수 범위는 6,938–54,878이었으며, 항문장과 포란수 간의 관계식은 $F=0.0326AL^{4.0684}$ 으로 갈치의 체장이 커짐에 따라 포란수도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 6).

고 찰

갈치 암컷 개체수의 비율이 수컷보다 높은 것은 암컷이 비교적 성장속도가 빠르며, 수컷에 비해 수명이 길다는 생물학적 차이에 따라 나타나는 결과인 것으로 추정된다(Kim et al., 2020b; Shin et al., 2023). 본 연구에 사용된 갈치 시료의 크기군이 작은 경우 비교적 수컷의 비율이 높은 경향을 나타내고, 큰 크기군에서는 암컷의 비율이 높게 나타내었으며, 선행연구 결과를 살펴보면 암수의 성비는 동중국해 남부해역에서 1:0.22 (Shih et al., 2011), 제주 주변해역에서는 1:0.38 (Kim et al., 2020b)과 1:0.46 (Shin et al., 2023)을 나타내어 본 연구 결과와 유사하였다.

갈치의 산란기에 관한 선행연구 결과를 살펴보면 제주 주변해역에 서식하는 갈치의 경우 Kim et al. (1998)에서 GSI와 생식소 조직학적 분석을 통해 완숙난이 관찰된 6–10월을 산란기, 7–8월을 주 산란기로 추정하였다. 또한 Cha and Lee (2004)에서는 GSI와 육안속도관찰을 종합하여 4–10월(성숙기 이상 개체 $\geq 25\%$)을 산란기, 5–9월을 주 산란기로 추정하였으며, Kim et al. (2020b)에서도 같은 방법으로 산란기를 6–11월로 나타내었다. 또한 Shin et al. (2023)에서는 GSI와 조직학적 방법을 종합하여 성숙기 이상 개체의 출현시기를 기준으로 5–6월과 9–10월의 산란기를 추정하였다. 이처럼 갈치는 산란기는 각 연구결과마다 조금씩 차이를 보이지만 제주해역에서는 주로 5월부터 10월까지의 긴 산란기간을 가지며, 다회 산란하는 종으

로 추정된다(Kim et al., 1998, 2020b; Shin et al., 2023). 갈치의 난모세포 발달양상을 그룹동기형(group-synchronous type)으로 보고하였으며(Shin et al., 2023), 이는 하나의 난소 내에 여러 발달단계의 난모세포가 공존하고 산란 후에도 새로운 난모세포가 발달하는 다회산란형 어류의 특징을 나타낸다. 따라서 본 연구에서 2월, 6월, 8월에 완숙기의 암컷 개체가 출현하였는데 이러한 결과는 갈치가 장기간에 걸쳐 여러 차례 산란하는 다회산란형 어종을 뒷받침하며, 선행연구에서 보고된 산란기와는 일부 차이를 보였다.

제주에 서식하는 갈치 암컷의 군성숙체장은 Cha and Lee (2004)에서 25.2–27.2 cm, Kim et al. (2020b)에서는 25.0 cm, Shin et al. (2023)에서는 16.4 cm를 나타내었고, 동중국해 중부와 남부에서는 각각 28.5 cm (Kim et al., 2011)와 26.4 cm (Shih et al., 2011)를 나타내었다. 본 연구에서 서해에 서식하는 갈치의 군성숙체장은 17.9 cm로 Shin et al. (2023)의 연구를 제외하고, 제주 해역, 동중국해, 남중국해에 비해서 비교적 작은 것으로 나타났다. 해역별 군성숙체장의 차이는 먹이환경의 차이, 개체군 밀도, 서식환경의 차이, 기후변화 등 서식 환경의 물리·화학적, 생물학적 차이에 의해 동일 종에서 차이를 보일 수 있으며(Cushing, 1975; Pankhurst and Munday, 2011), 대구(Lee et al., 2016), 황아귀(Kim et al., 2020a), 고등어(Kim et al., 2020c) 등의 어종의 군성숙체장 또한 이러한 차이를 나타내는 것으로 보고된 바가 있다. 또한 본 연구에서 채집된 갈치는 안강망과 유자망 어구를 이용하여 어획된 개체로, 어구의 특성상 상대적으로 작은 크기의 개체가 높은 비율을 차지하였다. 따라서 표본의 체장 구성에 따라 군성숙체장이 다소 낮게 추정되었을 가능성이 있으며(Morgan and Hoenig, 1997), 향후 다양한 크기의 표본을 활용한 추가적인 연구를 통해 서해에 서식하는 갈치의 군성숙체장을 보다 정밀하게 비교·분석할 필요가 있다.

선행연구에 따르면 대부분의 어종에서 포란수는 어체크기가 증가함에 따라 유의하게 증가하는 양상을 나타내며(Cha et al., 2008), 연령 및 어체크기와 영양상태에 따라서도 차이를 보일 수 있는 것으로 보고되었다(Nam et al., 2018; Chen et al., 2020). 과거 제주에 서식하는 갈치는 31,145–267,002를 범위를 나타내었고(Cha and Lee, 2004), 본 연구에서 갈치의 포란수는 6,938–54,878의 범위를 나타내 과거 연구와 차이를 보였

Table 2. Comparison of fecundity of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* between previous studies and the present study

Citation	Range AL (cm)	Fecundity	Sampling area
Kim et al. (1998)	20.0–50.0	12,821–125,876	Jeju Island
Cha and Lee (2004)	24.2–51.2	31,145–267,002	Jeju Island
Present study	22.3–30.0	6,938–54,878	Yellow Sea

AL, Anal length.

으며(Table 2), 선행연구에 비해 채집된 샘플의 항문장이 대체로 작기 때문에 비교적 적은 포란수 범위를 나타내는 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 서해에 서식하는 갈치의 산란기와 군성숙체장을 규명함으로써 생식생태에 대한 기초자료를 제공하였다. 이러한 정보는 갈치 자원 관리 및 보전정책 수립에 유용하게 활용될 수 있다. 군성숙체장 결과는 포획금지체장 설정을 위한 과학적 근거, 산란기 정보는 금어기 설정의 기초자료, 포란수 등 생식력 지표는 개체군의 생식잠재력 평가와 자원량 변동 예측에 기여할 수 있다(Morgan, 2008). 그러나 본 연구에서 샘플 개체수가 충분하지 않았고, 어체 크기 또한 작은 개체의 비율이 높아 개체군의 생식생태 정보를 대표하기에 다소 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 서해에 서식하는 갈치의 생식생태를 과학적으로 규명한 선행적 연구로서 학문적 의의가 있으며, 향후 표본의 수와 체장 범위를 보완한 연구를 통해 생식 특성을 보다 구체적으로 규명할 필요가 있다. 또한 서해 갈치의 생태학적 연구는 여전히 제한적이므로, 향후 장기적인 모니터링과 개체군 생태 전반(연령, 성장, 회유 등)에 대한 종합적 연구가 병행되어야 지속 가능한 자원 이용과 보전 전략 수립이 가능할 것이다.

사 사

이 논문은 2025년 해양수산부 재원으로 해양수산기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2018-KS181192, 수산전문인력양성).

References

- Bagenal TB. 1978. Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K., 300.
- Cushing DH. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press, New York, NY, U.S.A., 292.
- Cha HK, Kwon HC, Lee SI, Yang YH, Chang DS and Chun YY. 2008. Maturity and spawning of Korean flounder *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) in the East Sea of Korea. Korean J Ichthyol 20, 263-271.
- Cha HK and Lee DW. 2004. Reproduction of hairtail *Trichiurus lepturus* Linnaeus in Korean waters - Maturation and spawning. J Korean Soc Fish Res 6, 54-62.
- Chen YS, Jeng ZY and Wang HY. 2020. Changes in reproduction for subtropical cutlassfish *Trichiurus japonicus* reflect variation in temperature and population demography. Mar Ecol 41, e12578. <https://doi.org/10.1111/maec.12578>.
- Domínguez-Petit R, García-Fernández C, Leonarduzzi E, Rodrigues K and Macchi GJ. 2022. Parental effects and reproductive potential of fish and marine invertebrates: Cross-generational impact of environmental experiences. Fishes, 7, 188. <https://doi.org/10.3390/fishes7040188>.
- Kim DG, Im YJ, Kim JN, Lee HW, Jin S, Choi YJ and Baek GW. 2020a. Maturity and spawning of the yellow goosefish *Lophius litulon* in the coastal waters of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 53, 67-73. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0067>.
- Kim HJ, Park JH, Kwon DH and Kim Y. 2020b. Maturation and spawning of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* near Jeju Island, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 53, 1-8. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0001>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Lim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fish. Kyohak Publishing, Seoul, Korea, 615.
- 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 SR, Kim JJ, Park HW, Kang SK, Cha HK and Baek HJ. 2020c. Maturity and spawning of the chub mackerel *Scomber japonicus* in the Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 53, 9-18. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0009>.
- 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. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0695>.
- King MG. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management. Blackwell Publishing, Oxford, U.K., 382.
- Lee CI, Lee JH and Kim DS. 2007. Effects of meteorological factors on water temperature and salinity in the West Sea of Korea. J Korean Soc Mar Environ Saf 13, 29-37.
- Lee K, Cha HK, Kim Y, Lee JY and Jung S. 2016. Comparison of biological characteristics of Pacific cod *Gadus microcephalus* between the East and Yellow Seas, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 49, 499-508. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0499>.
- Lee SH and Youn SH. 2023. Integrated ecosystem assessments for fisheries management in the Yellow Sea, the East China Sea, and the East/Japan Sea. J Mar Sci Eng 11, 845. <https://doi.org/10.3390/jmse11040845>.
- Morgan MJ. 2008. Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management. J Northw Atl Fish Sci 41, 37-50. <https://doi.org/10.2960/J.V41.M615>.
- Morgan MJ and Hoenig JM. 1997. Estimating maturity-at-age from length-stratified sampling. J Northw. Atl Fish Sci 21, 51-63. <https://doi.org/10.2960/J.V21.A4>.
- Nam KM, Yoo JT, Kim JW, Park JH and Baek GW. 2018. Maturation and spawning of female black scraper *Thamnaconus modestus* in the coastal waters off middle East Sea, Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 54, 89-95. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.1.089>.
- Pankhurst NW and Munday PL. 2011. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. Mar Freshw Res 62, 1015-1026. <https://doi.org/10.1071/MF10269>.
- Seong GC, Kim DG, Kang DY, Jin S, Kim H, Soh HY and

- Baeck GW. 2022. Feeding habits of the largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea. Korean J Ichthyol 34, 179-185. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.4>.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01805.x>.
- Shin SR, Kim HJ, Kim JW, Kwon DH, Choi J, Park JJ and Lee JS. 2023. Sex ratio, spawning period, and sexual group maturity of the largehead hairtail *Trichiurus japonicus* (Teleostei: Trichiuridae) in Korean waters. Fishes 8, 194. <https://doi.org/10.3390/fishes8040194>.