

한국 제주 주변해역에 서식하는 갈치(*Trichiurus japonicus*)의 연령과 성장

김한주 · 박은영 · 윤상철 · 권대현*

국립수산물연구원 수산자원연구센터

Age and Growth of Largehead Hairtail *Trichiurus japonicus* in the Waters off Jeju Island, Korea

Han Ju Kim, Eun Young Park, Sang Chul Yoon, Dae Hyeon Kwon*

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

This study analyzed the ages and growth of 598 *Trichiurus japonicus* collected from the waters off Jeju Island, Korea, to determine their resource ecological characteristics. The sex ratio was 2.6:1 (432 females; 166 males), indicating a significantly higher proportion of females. The anal length (AL) spanned 18.0–53.0 cm for females and 17.8–39.5 cm for males. Analysis of the ring formation period revealed that the proportion of the opaque zone peaked in September (84.2%), suggesting that one growth ring formed per year. The estimated age spanned 0–8 y for females and 0–6 y for males, with most of the population comprising individuals aged 2–3 y. The von Bertalanffy growth equations were estimated to be $L_t = 85.888(1 - e^{-0.070(t+2.994)})$ for females and $L_t = 41.968(1 - e^{-0.240(t+1.757)})$ for males. The theoretical maximum length of females was approximately 44 cm longer than that of males. Given the significant differences in growth parameters between the sexes ($\chi^2 = 27.28$, $df = 3$, $P < 0.001$), it was concluded that sex-specific growth models are essential for precise stock assessment and management of *T. japonicus* in the waters off Jeju Island.

Keywords: *Trichiurus japonicus*, Age and growth, Otolith

서론

갈치과(Trichiuridae) 어류는 전 세계 온대 및 열대 해역에 널리 분포하며 약 46종이 보고되어 있다. *Trichiurus* spp.는 최소 10종으로 형태학적 특징과 서식 환경에 따라 생물학적 특성의 차이가 있다(Shih et al., 2011, Froese and Pauly, 2026). 그 중 *Trichiurus japonicus*는 북서태평양에서 가장 우점하는 어종으로(Lin et al., 2021), 우리나라에 서식하는 갈치는 mtDNA 중 COI 영역 분석결과 *T. japonicus* 단일 종으로 확인되었다(Lee and Kim, 2014). 갈치는 수심 5–140 m에 서식하며(NIFS, 2025), 동물플랑크톤과 상위포식자를 연결해주는 2차 소비자 역할을 수행한다(Shin et al., 2022; Kim et al., 2023). 이들은 겨울철 제주 및 동중국해 북부 해역에서 월동한 후 봄철 수온 상승과 함께 남-서해 연안으로 북상하여 산란하고, 가을 이후 다시 남하하는 계절적 회유 패턴을 보인다(Kim et al., 2011).

갈치는 한국, 중국, 일본에서 가장 상업적인 어종 중 하나로,

중국, 한국, 일본 순으로 어획량이 높다(FAO, 2025). 한국의 경우 최근 3년(2023–2025년) 어획량은 평균 49,000톤 수준으로 유지되고 있다(KOSIS, 2026). 2016년 어업규정설정(금어기 7월, 포획금지체장 18 cm 이하) 후 어획량이 뚜렷이 감소되는 경향은 없지만, 최근 갈치에 대한 생물학적 연구 결과는 성숙체장과 성숙연령의 감소, 개체 소형화가 발생하는 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2020; Namgung et al., 2025). 이는 갈치의 지속적 자원이용을 위한 자원관리의 필요성이 높아지는 것으로 시계열에 맞춰 지속적인 생태학적 모니터링이 필요하다.

최근 선행연구 동향은 식성(Huh, 1999; Seong et al., 2022; Kim et al., 2023), 성숙과 산란(Kim et al., 1998; Cha and Lee, 2004; Kim et al., 2020; Namgung et al., 2025), 분포와 회유(Park et al., 2002), 연령과 성장(Kim et al., 2011)에 관한 연구가 수행되어져 있다. 연령과 성장 정보는 자원 평가 고도화를 위한 필수 기초자료로서, 개체군 구조 파악 및 자원 관리 기준 설정에 중요한 역할을 한다. 또한, 환경에 따라 빠르게 생물학적

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 650. 2230 Fax: +82. 55. 650. 2206

E-mail address: dhkwon@korea.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.2026.0445>

Korean J Fish Aquat Sci 59(4), 445-451, August 2026

Received 4 June 2026; Revised 1 July 2026; Accepted 10 July 2026

저자 직위: 김한주(연구사) 박은영(연구원) 윤상철(연구관) 권대현(연구관)

특성이 변동됨에 따라 연령과 성장 연구를 갱신할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 제주해역에서 채집된 갈치의 이석을 연령형질로 사용하여 연령구조와 성장 특성을 파악하고 갈치 자원을 지속적으로 이용, 관리할 수 있는 방안을 모색하고자 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

시료 채집

본 연구는 2019년 3월부터 2020년 6월까지 제주도 주변해역 (Fig. 1) 상업어선(근해연승, 대형쌍끌이, 근해안강망)으로부터 어획된 갈치를 매달 부산공동어시장에서 구입한 후 실험실로 운반하였다. 측정은 항문장(AL, anal length) 0.1 cm, 체중(BW, body weight) 0.01 g, 생식소 육안 판별을 통해 성별구분 하였다(Table 1). 연령사정을 위해, 측정한 시료 중 체장별로 이석(편평석, sagittal otolith)을 추출하여 세척 후 50% 알코올에 담궈 보관하였다.

이석표본 제작 및 이석 분석

갈치의 이석은 얇고 홈이 파인 형태이며, 오른쪽 이석만을 이용하여 표본 제작을 하였다. 홈이 없는 면을 아래로 두고 에폭시 레진(epoxy resin)과 에폭시 경화제(epoxy hardener)를 사용하여 48시간 동안 굳힌 후 이석 핵(core), 불투명대, 투명대 경계가 뚜렷해질 정도까지 표면 연마 후 400–500 μm 얇기로 절단하여

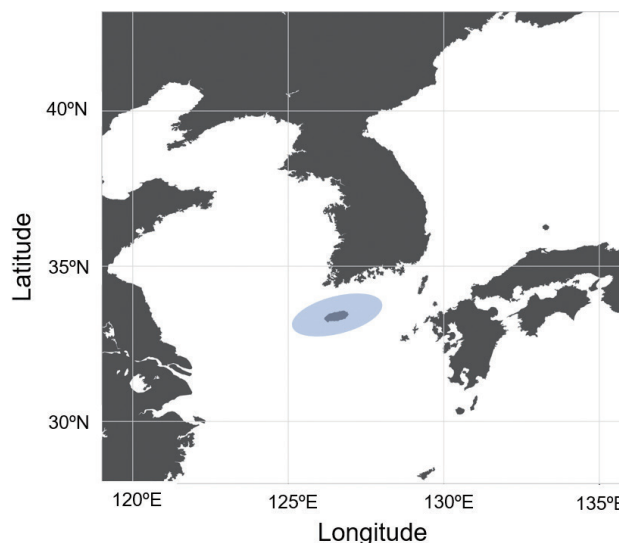


Fig. 1. Sampling area of largehead hairtail (*Trichiurus japonicus*) caught by commercial fishing vessels in the waters off Jeju Island.

연구표본을 제작하였다. 이석 핵에서부터 이석의 가장 긴 부분(anterior)을 기준으로 실체현미경(SZX16; Olympus Corporation, Tokyo, Japan)을 통해 윤문을 판독하였다. 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계를 기준으로 판독하였으며, 시간의 차이를 두고 동일한 판독자가 2번 수행하였다.

Table 1. Number of specimens and anal length ranges used for age determination of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* collected from the waters around Jeju Island

Year	Month	Number of ind.	Mean AL (cm)	Range of AL (cm)	Mean BW (g)	Range of BW (g)
2019	3	48	28.2±5.0	20.0–36.8	426.54±240.46	105.51–835.70
	4	33	31.3±10.2	20.0–53.0	720.41±680.84	136.48–2,378.18
	5	34	26.5±7.0	20.0–42.3	421.38±369.57	150.31–1,342.83
	6	42	31.3±3.5	23.5–38.8	505.02±148.54	228.00–873.19
	7	40	25.8±3.3	20.5–32.6	297.42±97.45	180.87–517.47
	8	58	22.3±2.6	17.8–27.5	233.59±91.43	116.72–420.35
	9	19	25.6±3.1	21.9–31.2	280.54±112.63	165.85–494.56
	10	32	26.7±3.3	22.2–33.3	311.57±126.44	165.59–601.54
	11	33	27.7±2.6	22.5–33.0	344.57±111.70	159.72–501.48
	12	39	27.2±6.0	18.0–46.1	314.57±174.49	83.19–734.94
2020	1	41	27.2±2.9	23.2–32.7	328.04±121.06	187.57–557.39
	2	26	26.4±3.2	21.2–31.0	338.27±133.10	153.74–549.37
	3	34	28.0±3.5	22.5–37.2	363.54±152.33	198.34–656.3
	4	36	27.1±4.1	21.8–35.0	331.41±140.90	168.31–569.39
	5	41	29.2±3.8	22.3–37.6	404.30±157.380	160.12–841.43
	6	42	27.4±4.9	20.7–42.5	342.83±173.52	130.10–1023.6
Total		598	27.3±5.2	17.8–53.0	370.70±254.57	83.19–2,378.18

ind., individuals; AL, anal length; BW, body weight.

윤문 판독의 정확성 확인을 위해 판독 간 일치율(PA, percentage of agreement) 및 평균비오차(APE, average percentage error)를 아래의 식으로 계산했다.

$$PA(\%) = \frac{No. agree}{No. read} \times 100$$

$$APE = \frac{1}{N} \sum \frac{1}{R} \sum \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j}$$

여기서, N은 연령사정된 개체수, R은 연령 판독 횟수, X_{ij} 은 j 번째 개체수의 i 번째 연령 판독 값, X_j 는 j 번째 개체수에 대한 평균연령으로 예측된 값이다.

윤문 형성 시기와 연령형질 적합성을 확인하기 위해 이석의 가장자리 타입을 불투명대와 투명대로 구분하였다. 또, 월별 비율을 확인하였고, 이석 반경(OR, otolith radius, 핵부터 가장자리까지의 거리)을 측정하였다.

성장식 추정

항문장-체중 간 상대성장식은 $BW = aAL^b$ 를 이용하여 계산하였다. 여기서, a는 상수이고, b는 성장계수이다. b가 3에 가까울수록 동형성장을 뜻하며, 이에 95% 신뢰구간을 통해 b의 변동성을 확인하였다(Froese, 2006). 성별간 항문장-체중간 상대성장식의 차이를 확인하기 위해 Analysis of covariance (ANCOVA)를 수행하였다.

연령별 실측 항문장 데이터를 바탕으로 von Bertalanffy 성장모델을 적용하였으며 모수 추정에는 비선형 최소제곱법(non-linear least squares method)을 사용하였다. 성장모델의 안정적 인 모수 추정을 위하여 여러 초기값(multiple starting values)을 적용한 비선형 최적화를 수행하였다. 각 적합 결과에 대해 잔차 제곱합(sum of squared residuals, SSR)을 산출하였으며, SSR이 가장 작은 결과를 최적 성장모델로 선정하였다.

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

여기서 L_t 는 연령 t_i 에서의 항문장, L_{∞} 는 이론적 최대항문장(asymptotic length), K는 성장계수(growth coefficient), t_0 는 항문장이 0일 때의 이론적 연령을 의미한다. 암·수 간 성장 차이를 비교하기 위하여 Kimura's likelihood ratio test (Kimura, 1980)를 수행하였다.

결 과

본 연구에 이용된 갈치는 총 598개체로, 암컷-수컷의 성비는 2.6:1로 암컷의 비율이 높게 나타났다(암컷 432개체, 수컷 166개체). 암컷의 항문장(AL) 범위는 18.0–53.0 cm(평균±SD: 27.9 ± 5.4 cm)이며, 수컷의 AL 범위는 17.8–39.5 cm(평균±SD: 25.9 ± 4.3 cm)였다. 40 cm 이상은 총 10개체로 모두 암

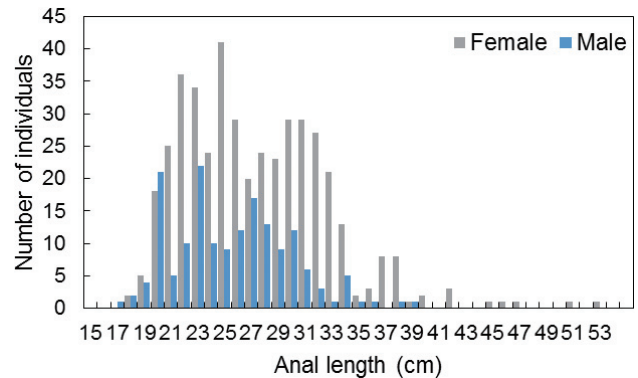


Fig. 2. Frequency distribution of anal length in male and female largehead hairtail (*Trichiurus japonicus*) from the waters off Jeju Island.

컷으로 나타났다(Fig. 2, Table 1).

윤문의 대응성 및 형성시기

갈치 이석 반경(OR) 범위는 2.20–5.31 mm였으며, OR-AL 관계식은 $OR = 0.0664AL + 1.3329$ 로 AL이 증가함에 따라 OR도 증가하는 선형관계를 확인하여 윤문의 대응성이 확인되었다(Fig. 3a). 윤문 형성시기는 불투명대 비율이 9월에 84.2%로 높게 나타남으로써, 1년에 한번 윤문이 형성되는 것을 확인되었다(Fig. 3b). 2번의 윤문 판독 일치율은 94.1%, APE는 7.3%로 나타났다.

연령

연령범위는 암컷 0–8세, 수컷 0–6세로 나타나 암컷의 연령범위가 더 넓은 것을 확인하였다. 연령구조는 2세(암컷: 41.2%, 수컷: 44.6%), 3세(암컷: 29.6%, 수컷: 29.5%), 1세(암컷: 10.4%, 수컷: 15.1%) 순으로 나타났다(Fig. 4).

성장

AL-BW간의 상대성장식은 아래와 같이 나타났다(Fig. 5).

$$\text{암컷: } BW = 0.026AL^{2.858}$$

$$\text{수컷: } BW = 0.024AL^{2.888}$$

b의 값은 3에 가깝게 나타나 AL과 BW는 동형성장하는 것으로 확인되며(t-test, $P > 0.05$), 암·수 간의 상대성장식은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(ANCOVA, $F = 279.81$, $P < 0.001$).

연령별 평균 AL 기반 von Bertalanffy 성장식은 아래와 같다(Fig. 6).

$$\text{암컷: } L_t = 85.888(1 - e^{-0.070(t+2.994)})$$

$$\text{수컷: } L_t = 41.968(1 - e^{-0.240(t+1.757)})$$

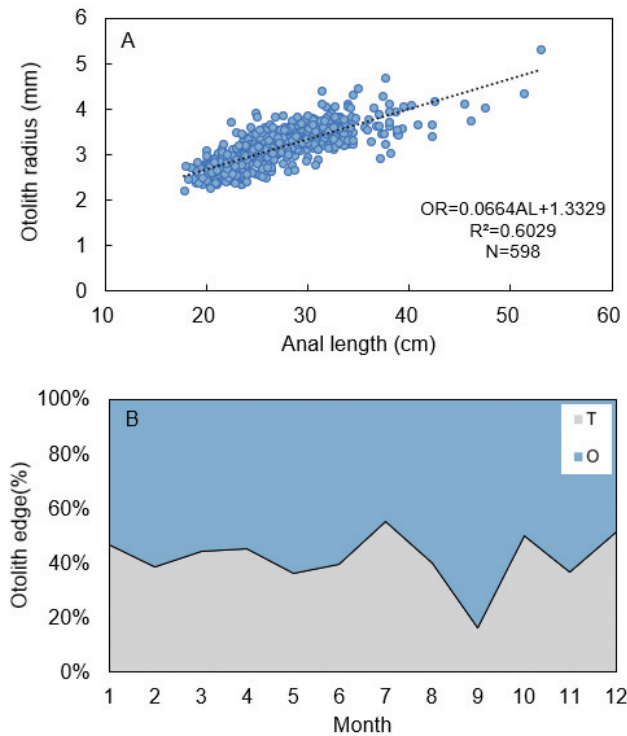


Fig. 3. (a) Relationship between anal length and otolith radius. (b) Monthly proportions of opaque and translucent zones in the otoliths of largehead hairtail (*Trichiurus japonicus*) from the waters off Jeju Island. AL, anal length; OR, otolith radius; N, number of individuals; T, translucent zone; O, opaque zone.

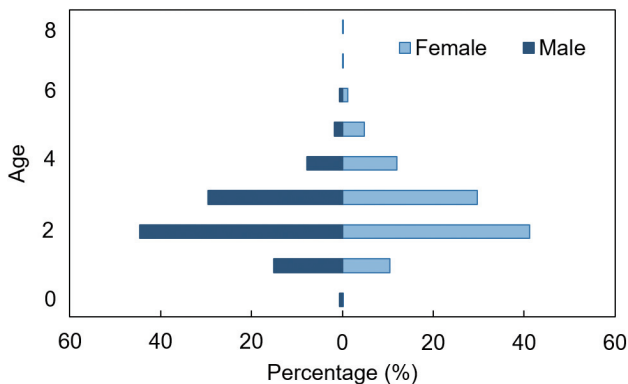


Fig. 4. Age-specific proportions of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* from the waters off Jeju Island.

암컷의 이론적 최대 체장(L_{∞})은 수컷보다 약 44 cm 더 크게 나타났으며, 성장계수(K)는 수컷이 더 크게 나타났다. 성장 파라미터도 암·수컷 간 유의한 차이가 있어($\chi^2=27.28$, $df=3$, $P<0.001$) 암컷이 더 크게 성장하는 성적이형성장(sexual size dimorphism)으로 확인되었다.

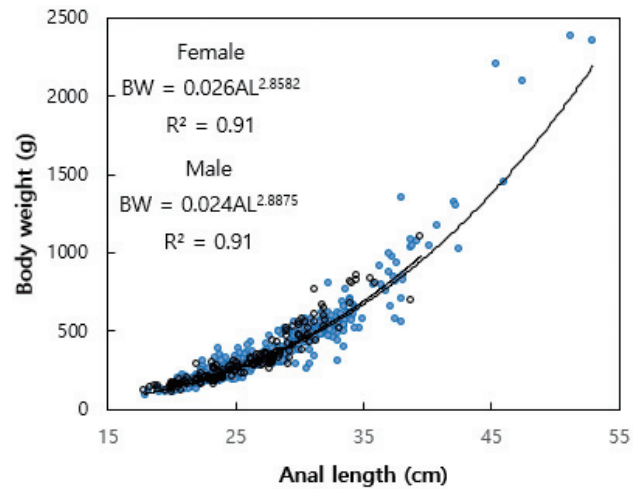


Fig. 5. Relationship between anal length and body weight of large-head hairtail *Trichiurus japonicus* from the waters off Jeju Island. Full circles (●) indicate females and open circles (○) indicate males.

고 찰

본 연구에서는 갈치 이석의 표면 연마법을 이용하여 연령을 사정하였으며, 그 결과 투명대와 불투명대의 경계가 비교적 명확하게 확인되었다. 2번의 윤문 판독 일치율은 94.1%로 일관성과 재현성은 높았다. 또한 이석 가장자리 분석 결과, 9월에 불투명대의 비율이 가장 높게 나타나 연 1회 윤문이 형성되는 것으로 판단되었다. 이는 갈치의 산란 기간은 6–9월로(Kim et al., 2020; Namgung et al., 2025), 산란이 끝나는 시점에 윤문이 형성되는 것으로 확인된다. 타 해역에 서식하는 갈치의 윤문 형성시기도 각 해역의 산란기와 대체로 일치하며, 동중국해에서는 7–8월(Kim et al., 2011), 남동중국해에서는 2월(Shih et al., 2011), 대만 북동부에서는 3–6월(Wang and Heino, 2018)에 윤문형성이 되었다. 본 연구에서 9월의 표본수가 상대적으로 적어 정밀도에 한계가 있으나, 서식 해역의 산란기 종료 시점과 윤문형성 시기가 일관되게 대응된다는 점을 고려할 때, 9월의 높은 불투명대 비율은 타당한 결과로 판단된다.

본 연구에서 확인된 최대 연령은 암컷 8세, 수컷 6세였으며, 분석 개체의 72%는 2–3세로 나타났다. 선행연구들의 최대 연령은 한국 9세(Kim et al., 2011), 대만 북동부는 8세(Wang and Heino, 2018)까지 보고된 바 있어, 갈치의 최대 수명은 10년 이상일 것으로 생각된다.

성장 파라미터 추정 결과, 암컷과 수컷의 L_{∞} 는 각각 85.89 cm와 41.97 cm로 추정되었고, 성장계수 K 는 암컷 0.07, 수컷 0.24으로 도출되어, 암컷이 수컷보다 L_{∞} 은 더 크기 때문에 수컷이 L_{∞} 에 더 빠르게 도달하는 것으로 나타났다. 이러한 성장 패턴은 선행연구들과도 동일했다(Kim et al., 2011; Shih et al., 2011;

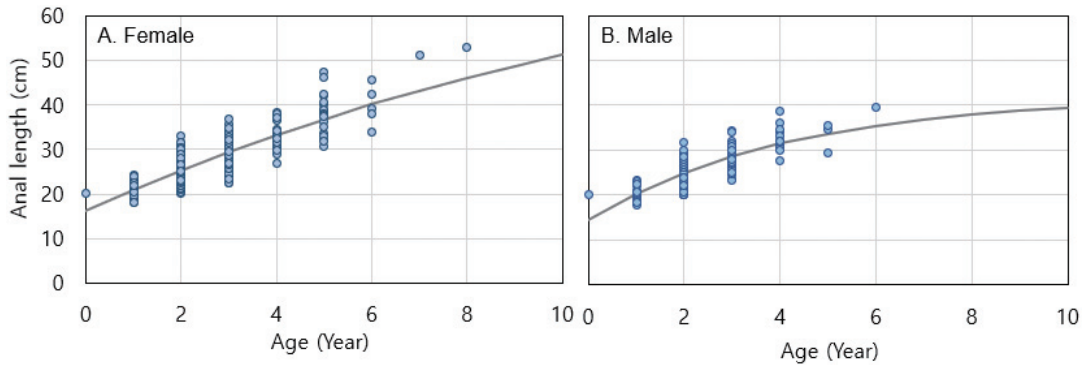


Fig. 6. Von Bertalanffy growth curve for largehead hairtail *Trichiurus japonicus* from the waters off Jeju Island.

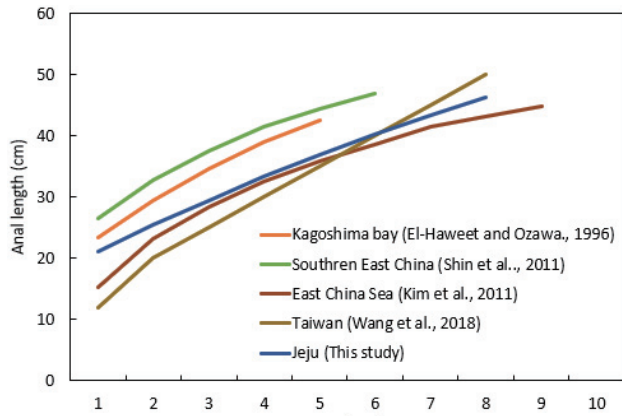


Fig. 7. Comparison of von Bertalanffy growth curves for largehead hairtail *Trichiurus japonicus* reported in previous studies using otoliths.

Wang and Heino, 2018). 이 연구에서는 2세까지는 암·수가 유사한 성장률을 보이나, 3세부터는 성장 차이가 뚜렷하게 보이는데, 수컷이 3세부터 성장 속도가 둔화되고, 암컷은 비교적 빠른 성장을 지속하였다. 또한, 성별간 수명 차이가 있는 것으로 판단되며, 본 연구에서는 암컷의 최대연령이 수컷보다 3세 더 많았고, 선행연구들의 결과에서도 5세 이상의 수컷은 확인된 바 없다. 또, 40 cm 이상의 고연령 개체는 모두 암컷으로 확인되었으며, 최종적으로 암컷이 수컷보다 더 크게 성장하는 성적이형성장이 관찰되었다. 이러한 성적이형성장은 삼치(Fujinami et al., 2024), 갯장어(Koh et al., 2020), 용가자미(Jeong et al., 2017), 문치가자미(Kim et al., 2015; Yang et al., 2017), 돌가자미(Jun and Im, 2004), 대구(Kim et al., 2013) 등 여러 어종에서 나타나는 특성이다. 따라서 향후 성장 파라미터를 활용할 경우 암·수를 구분하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

갈치의 선행연구 결과에서 세부 해역마다 추정된 L_{∞} 은 큰 차이를 보인다. 한국 50.5 cm (Kim et al., 2011), 중국 56.1 cm (Shih et al., 2011), 일본 62.9 cm (El-Haweet and Ozawa,

1996), 대만 북동부 109.4 cm (Wang and Heino, 2018)로 나타났다. 본 연구에서 암컷의 L_{∞} 은 85.9 cm로 비교적 큰 L_{∞} 가 추정되었다. 해역별 차이가 나는 이유는 채집된 개체의 항문장 범위에 의한 영향으로 볼 수 있으며, 분석된 최대 체장이 크면 L_{∞} 함께 크게 추정되는 모델의 특성 때문이다(Yang et al., 2017). 일반적으로는 주 어획대상인 개체들을 이용해 연령사정을 하기 때문에 고연령어의 정보 반영이 어려워 L_{∞} 가 과소 추정되는 경우가 있다. 대만 북동부 해역에서도 75.2 cm의 암컷 개체가 분석에 사용되어 최대 연령 8세, L_{∞} 가 109.4 cm로 추정되었으며(Wang and Heino, 2018), 이는 갈치 항문장 최대 기록이다. 또, 선행연구들에서 추정된 L_{∞} 이상까지 갈치가 성장할 수 있는 것이 확인된다. 따라서, 본 연구에서 추정된 암컷의 L_{∞} 85.9 cm가 생물학적으로 충분히 현실성 있는 값이라고 생각되며, 넓은 체장 범위와 고연령어의 정보를 반영한 결과로 생각된다.

국내 선행연구들이 추정한 암컷의 1세 항문장은 암컷 기준 17.8 cm (Park et al., 1996)와 15.2 cm (Kim et al., 2011)로, 본 연구 결과(1세 21.0 cm)와 비교 시 3.2 cm, 5.8 cm가 더 크게 나타났다. Park et al. (1996)은 연령형질로 척추골을 사용하여, 윤문형성시기가 이석과 다르기에 1세의 항문장 추정값의 차이가 있을 수 있으며, Kim et al. (2011)의 경우에는 이석을 활용한 표면연마법으로 같은 방법을 사용하였으나 1세 윤문의 기준에서 차이가 있거나 세부 분석법이 달라 다른 결과가 도출하였을 것으로 생각된다. 또는 시간에 따른 서식환경 변화에 의해 성장을 변화도 고려해볼 필요가 있다. 인근 해역인 일본에서 추정된 1세 항문장은 23.4 cm (El-Haweet et al., 1996)로 추정되었으며 본 연구결과는 일본의 1세 추정 항문장과 가장 유사했다. 한국과 일본 해역은 갈치의 서식지와 회유경로를 공유하기 때문에 성장률이 유사할 것으로 보인다. 연령과 성장에 관한 연구는 주관성이 높고, 시간과 환경적인 영향으로 인해 생물학적 특성치는 변동하기 때문에 지속적인 반복 연구를 통해 신뢰성을 높일 필요가 있다.

본 연구는 상업어선으로 어획된 갈치 시료를 사용하여 연령

과 성장 연구를 수행하였다. 갈치는 부화 후 1년간 20 cm 이상 자라는 초기 성장이 빠른 어종으로, 0-1세에 어획 가능한 자원이 된다. 갈치의 50% 성숙 체장은 약 25.0 cm로 보고되며(Kim et al., 2020), 이를 성숙 연령으로 환산 시 2세로 확인된다. 따라서, 만 2세가 지난 개체들을 대상으로 어획하는 것이 지속적인 자원 이용에 도움이 될 것으로 보이며, 미성숙 개체에 대한 어획 압력은 산란 자원량을 감소시키고 연령구조가 축소되어 자원 회복력을 약화시킬 수 있다(Hsieh et al., 2006). 본 연구에서 추정된 성장 파라미터는 향후 포획금지체장 기준 재검토 및 갈치 자원 관리 방안 수립을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산자원연구센터(근해어업 자원 조사, R2026001)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- 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.
- El-Hawet AE and Ozawa T. 1996. Age and growth of ribbon fish *Trichiurus japonicus* in Kagoshima Bay, Japan. Fish Sci 62, 529-533. <https://doi.org/10.2331/fishsci.62.529>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2025. FishStat: Global capture production 1950-2023. In: Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series. Retrieved from <https://www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj> on Mar 28, 2025.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. J Appl Ichthyol 22, 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- Froese R and Pauly D, eds. 2026. FishBase. World Wide Web electronic publication. Retrieved from <https://www.fishbase.org> on Apr 2026.
- Fujinami Y, Hiraoka Y, Ebisu R, Matsushima N, Itou T, Matsui K, Kurota H and Tanabe T. 2024. Age, growth and reproduction of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the coastal area off northern and western Kyushu, Japan. Fish Res 275, 107011. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107011>.
- Hsieh CH, Reiss CS, Hunter JR, Beddington JR, May RM and Sugihara G. 2006. Fishing elevates variability in the abundance of exploited species. Nature 443, 859-862. <https://doi.org/10.1038/nature05232>.
- Huh SH. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Korean J Ichthyol 11, 191-197.
- Jeong YK, Kim ST, Yoon SC, Yang JH, Jung KM, Oh TY and Choi KH. 2017. Reconfirmation of age and growth of the pointhead flounder, *Hippoglossoides pinetorum* in the coastal waters of the East Sea off Gyeongbuk. J Korean Soc Fish Technol 53, 363-375. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.4.363>.
- Jun JC and Im YJ. 2004. Age and growth of stone flounder, *Ka-reius bicoloratus*, in western coastal waters of Korea. Korean J Ichthyol 16, 173-180.
- Kim DG, Seong GC, Kang DY, Jin S, Soh HY and Baek GW. 2023. Diet composition and feeding strategy of largehead hairtail, *Trichiurus japonicus* in the South Sea of Korea. Korean J Ichthyol 35, 305-312. <https://doi.org/10.35399/ISK.35.4.11>.
- Kim HJ, Park JH, Kwon DH and Kim Y. 2020. 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 HY, Huh SJ, Kim ST and Seo YI. 2015. Age and growth of marbled sole, *Pleuronectes yokohamae* (Günther) in the southern waters of Korea. J Korean Soc Fish Technol 51, 35-41. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.1.035>.
- Kim HY, Kim SH, Im YJ, Hwang HJ and Huh SJ. 2013. Growth characteristic of Pacific cod, *Gadus macrocephalus* in the West Sea of Korea. J Korean Soc Fish Technol 49, 261-269. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.49.3.261>.
- 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. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0695>.
- Kimura DK. 1980. Likelihood methods for the comparison of growth curves. Fish Bull 77, 765-776.
- Koh EH, Kwon DH, Park JH and Kim YH. 2020. Comparative spawning ecology of daggartooth pike conger *Muraenesox cinereus* and common pike conger *M. bagio* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 53, 98-102. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0098>.
- KOSIS(Korean Statistical Information Service). 2026. Fishery production survey. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_2KAA418on Apr 23, 2026.
- 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. <https://doi.org/10.5657/FAS.2014.0137>.
- Lin HC, Tsai CJ and Wang HY. 2021. Variation in global distribution, population structures, and demographic history for four *Trichiurus* cutlassfishes. PeerJ 9, e12639. <https://doi.org/10.7717/peerj.12639>.
- Namgung J, Moon HN, Kim S and Yeo IK. 2025. Changes in spawning patterns of mature and immature female largehead

- hairtail (*Trichiurus japonicus*). Fish Aquat Sci 28, 741-749. <https://doi.org/10.47853/FAS.2025.e63>.
- NIFS(National Institute of Fisheries Science). 2025. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters. Yeamoonsa, Busan, Korea, 7-18.
- Park CS, Hong BQ and Lee DW. 1996. Age and growth of hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. Rep Res Natl Fish Res Dev Agency 52, 15-24.
- Park CS, Lee DW and Hwang K. 2002. Distribution and migration of hairtail, *Trichiurus lepturus*, in Korean waters. J Korean Soc Fish Res 5, 1-11.
- 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 D, Park TH, Lee CI, Jeong JM, Lee SJ, Kang S and Park HJ. 2022. Trophic ecology of largehead hairtail *Trichiurus japonicus* in the South Sea of Korea revealed by stable isotope and stomach content analyses. Front Mar Sci 9, 910436. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.910436>.
- Wang HY and Heino M. 2018. Adaptive and plastic variation in growth and maturation of the cutlassfish *Trichiurus japonicus* in the subtropical Pacific Ocean. Fish Bull 116, 171-182. <https://doi.org/10.7755/FB.116.2.6>.
- Yang JH, Lee HW, Lee JB, Cha HK, Kim ST and Yoon BS. 2017. The age and growth of marbled flounder *Pseudopleuronectes yokohamae* in the coastal waters of East Sea off Pohang. Korean J Fish Aquat Sci 50, 278-286. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0278>.