KOREAN JOURNAL OF ICHTHYOLOGY, Vol. 35, No. 4, 305-312, November 2023
ISSN: 1225-8598 (Print), 2288-3371 (Online). DOI: https://doi.org/10.35399/ISK.35.4.11

Received: October 6 2023
Revised: October 23, 2023
Accepted: November 10, 2023

한국 남해에서 출현하는 갈치(*Trichiurus japonicus*)의 위내용물 조성과 섭식전략

김도균 · 성기창 · 강다연 · 진수연 · 서호영[1] *· 백근욱**

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터,
[1]전남대학교 해양융합과학과

Diet Composition and Feeding Strategy of Largehead Hairtail, *Trichiurus japonicus* in the South Sea of Korea ***by Do-Gyun Kim, Gi Chang Seong, Da Yeon Kang, Suyeon Jin, Ho Young Soh*[1] *and Gun Wook Baeck****
(Department of Marine Biology & Aquaculture/Department of Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea; [1]Department of Ocean Integrated Sciences, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT Diet composition and feeding strategy of the largehead hairtail, *Trichiurus japonicus* were studied using 375 specimens collected by purse seine, set net fisheries and lure fishing from February 2021 to January 2022 in the southern sea of Korea. The anal length (AL) of these specimens was from 3.4~49.0 cm. *T. japonicus* fed majorly on Fishes (especially *Engraulis japonicus*) based on ranking index (%*RI* = 99.3). Fishes were the main prey items for all size classes. *T. japonicus* also showed size-related dietary shift from *E. japonicus* to *T. japonicus*, *Larimichthys polyactis* and Engraulidae. Fishes were the main prey items for all seasons. The main fish prey during spring and summer was *E. japonicus*, but in the autumn and winter, the *E. japonicus* portion decreased, and *T. japonicus*, *L. polyactis*, and Engraulidae portion increased. *T. japonicus* were specialized feeders with *E. japonicus* as their dominant prey.

Key words: South Sea, diet composition, feeding strategy, *Trichiurus japonicus*

서 론

농어목(Perciformes) 갈치과(Trichiuridae)에 속하는 갈치(*Trichiurus japonicus*)는 전 세계의 온대와 열대 해역에 분포하는 난류성 어종으로 우리나라에서는 서해, 남해, 동중국해에서 흔히 관찰된다(Kim *et al*., 2004). 군집을 이루어 회유를 하는 갈치는 어체가 매우 길고, 측편되어 있으며, 배지느러미와 꼬리지느러미가 없지만, 균형 유지에 적합한 등지느러미가 매우 발달되어 있다(NIFS, 2023). 또한 피·포식자로부터 은신할 수 있는 역음영, 먹이생물을 쉽게 절단할 수 있는 날카로운 이빨과 큰 입을 가지고 있다. 이러한 형태학적 특징으로 인해 갈치는 특별한 섭식형태와 섭식전략을 가지고 있는데, 어체를 수직으로 세우고, 수면을 올려다보며, 먹이생물을 섭식한다. 또한 야행성 어류로 야간에는 중층과 표층으로 부상하여 활발한 먹이활동을 하고, 주간에는 저층으로 침하하는 일주기 수직회유를 하는 것으로 알려져 있다(Munekiyo, 1990).

한국 연근해 어업에서 상업적인 가치가 매우 높은 갈치는 금지체장, 금어기, TAC 제도와 같은 수산자원관리법에 의해 자원관리가 이루어지고 있다. 하지만 해양생태계는 기후변화의 가속화로 인해 급격하게 변화하고 있으며, 이는 해양생태계 내의 생물들의 종 조성 변화를 야기하고, 새로운 피·포식 관계와 먹이경쟁 관계의 발생, 자원 분포의 변화로 먹이망 구조와 수산자원 변동에 영향을 미칠 가능성이 있다(Kang *et al*., 2012; Park *et al*., 2018). 따라서 실효성 있는 수산자원관리를 위해서는 먹이사슬

저자 직위: 김도균(대학원생), 성기창(연구원), 강다연(대학원생), 진수연(대학원생), 서호영(교수), 백근욱(교수)
*Corresponding author: Gun Wook Beack Tel: 82-55-772-9156, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

을 이해하고, 생태계 변화를 예측 및 대응할 수 있는 생태학적 정보의 축적과 지속적인 모니터링이 필요하다(Jeong *et al*., 2022). 특히, 대상 수산자원의 주요 먹이생물, 섭식형태와 섭식전략을 이해하는 것은 생태계 내의 에너지 흐름과 기능을 파악하고, 기후변화 및 먹이생물 분포 변화 등의 다양한 요인으로 인해 변동 가능성이 있는 포식자의 먹이생물을 유추할 수 있으며(Bax, 1998), 이는 생태계 내의 종간 상호 연관성을 고려하는 생태계 기반 수산자원 관리(Ecosystem-based fishery resource)에 기여할 수 있을 것이다(Hanna, 1998; Kim and Jeong, 2020).

갈치의 섭식생태에 관련된 연구를 살펴보면 국외에서는 일본 세토내해(Hamaoka *et al*., 2014), 동중국해(Mammel *et al*., 2022) 등에서 수행되었고, 국내에서는 남해(Huh, 1999)와 서해(Seong *et al*., 2022)에서 수행되었다. 하지만 국내에서 수행된 Seong *et al*.(2022)의 연구는 서해에서 수행되어 이번 연구와 해역 차이를 보이며, Huh (1999)의 연구는 남해에서 수행이 되었지만 약 35년 이상의 과거의 연구자료로 추가 연구 수행을 통해 자원 상태의 변동 유무를 파악할 필요성이 있다.

따라서 이번 연구의 목적은 한국 남해에서 출현하는 갈치의 위내용물 분석을 통해 1) 주요 먹이생물을 파악하고, 2) 성장과 계절에 따른 먹이생물 조성, 3) 섭식전략을 조사하였다. 이번 연구의 결과는 갈치의 섭식형태와 섭식전략에 대한 정보를 제공하고, 가속화되는 기후변화로 인한 해양생태계 변화에 대응할 수 있는 생태학적 중요 자료로 이용할 수 있을 것이다.

재료 및 방법

연구에 사용된 갈치는 2021년 2월부터 2022년 1월까지 남해 연근해에서 루어낚시와 선망, 정치망 어업을 이용하여 야간에 채집하였다(Fig. 1). 채집된 시료는 빙장 처리하여 실험실로 운반 후, 항문장 0.1 cm, 체중 0.01 g 단위까지 측정하였다. 측정된 개체는 위를 적출하여 10% 중성 포르말린으로 고정하여 해부현미경(LEICA L2, LEICA, Wetzlar, Germany) 아래에서 종(Species) 수준까지 도감을 참고하여 분석하였다. 소화가 진행되어 종 수준까지 분류가 불가한 먹이생물의 경우에는 문(Order), 과(Family), 속(Genus) 수준까지 나타내었다.

분석된 먹이생물은 습중량을 0.0001 g 단위까지 측정하였으며, 위내용물 조성 결과는 공위 상태의 개체를 제외한 후, 아래의 식을 이용하여 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%*F*)와 중량비(%*W*)로 나타내었다(Hyslop, 1980).

$$\%F = A_i/N \times 100$$

$$\%W = W_i/W_{total} \times 100$$

여기서, A_i는 위내용물에서 해당 먹이생물이 발견된 갈치의 개체수이고, N은 먹이를 섭식한 갈치 총 개체수, W_i는 해당 먹이생물 중량, W_{total}은 전체 먹이생물 중량이다.

이후, Hobson (1974)의 식을 이용하여 먹이생물의 순위지수(Ranking index, *RI*)를 나타낸 후, 순위지수를 백분율로 환산한 순위지수비(%*RI*)를 이용하여 먹이생물 선호도를 분석하였다.

$$RI = \%F \times \%W$$

$$\%RI = \frac{RI_i}{\sum_{i=1}^{n} RI} \times 100$$

성장과 계절에 따른 갈치의 먹이생물 조성 변화를 알아보기 위해 3개의 크기군(<20.0 cm; 20.0~25.0 cm; ≥25.0 cm)과 춘계(3, 4, 5월), 하계(6, 7, 8월), 추계(9, 10, 11월), 동계(12, 1, 2월)로 구분하여 위내용물 조성을 분석하였다.

갈치의 섭식형태를 파악하기 위해 Amundsen *et al*. (1996)의 도해적방법(Graphical method)을 사용하였으며, 이 방법

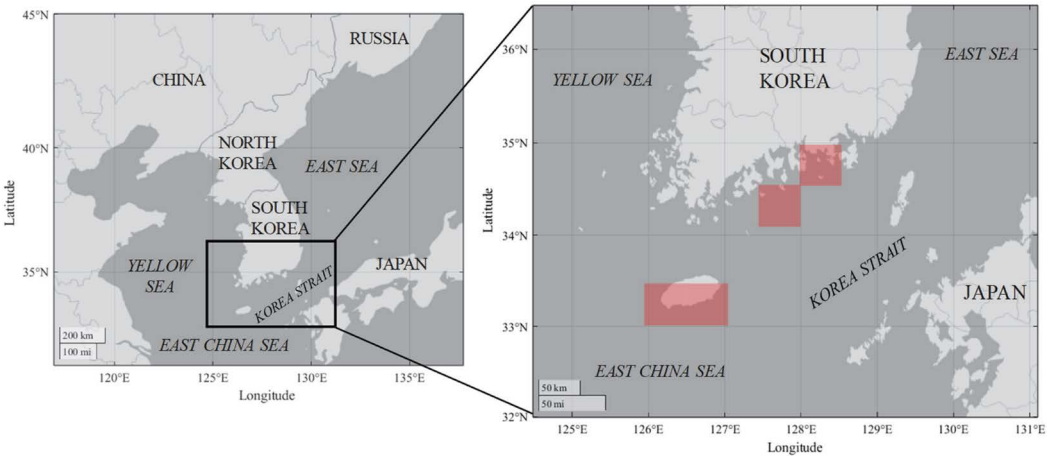

Fig. 1. A map showing the trench where *Trichiurus japonicus* were caught in the South Sea of Korea (■).

은 출현빈도(%*F*)에 대하여 특정먹이생물우점도(Prey-specific abundance)를 도식화함으로써 나타내고, 먹이중요도(Dominant or rare), 섭식 폭(Niche width), 섭식전략(Specialist or generalist)을 분석할 수 있다. 특정먹이생물우점도는 다음의 식을 이용하여 나타내었다.

$$P_i = \left(\frac{\sum S_i}{\sum S_{ti}}\right) \times 100$$

여기서, P_i는 먹이생물 i의 특정먹이생물우점도, S_i는 위내용물 중에서 먹이생물 i의 중량, S_{ti}는 먹이생물 i를 섭식한 갈치 위내용물 중에서 전체 먹이생물의 중량이다.

도해적방법 그래프 좌측 하부에서 우측 상부까지의 대각선은 먹이중요도를 나타내는데, 상부에 위치할수록 우점 먹이생물, 하부에 위치할수록 중요하지 않은 먹이생물이 위치해 있다. 또한 그래프 좌측 상부에 있는 먹이생물은 포식자 각 개체별 우점 먹이생물을 나타내며, 우측 상부의 경우에는 포식자 개체군에 의한 우점 먹이생물을 나타낸다. 수직 축은 포식자의 섭식전략을 나타내며, 상부에 위치할수록 개체당 섭식한 먹이생물의 종류가 적어 좁은 섭식 폭을 가지는 섭식특화종(Specialist feeder), 하부에 위치할수록 다양한 먹이생물을 섭식하여 넓은 섭식 폭을 가지는 섭식일반종(Generalist feeder)인 것으로 판단된다(Pianka, 1988).

결 과

1. 항문장 분포

연구에서 사용된 갈치는 총 375개체이며, 항문장(Anal length) 분포는 3.4~49.0 cm 범위로 나타났다(Fig. 2). 그중에서도 20.0~25.0 cm 크기군이 전체 개체수의 56.8%를 차지하여 가장 우점하였고, 채집된 갈치의 평균 항문장은 23.5±5.0 cm로 나타났다.

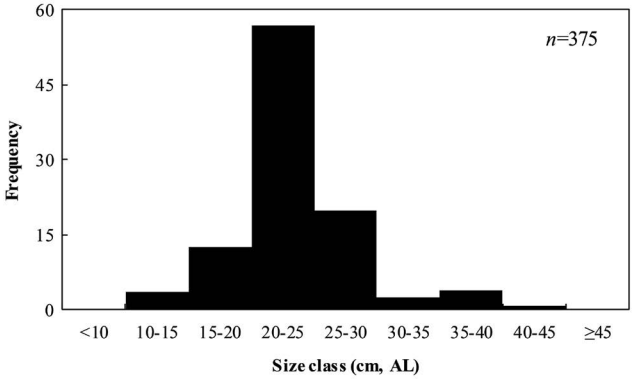

Fig. 2. Anal length frequency of *Trichiurus japonicus* collected in the South Sea of Korea.

2. 위내용물 조성

연구에 사용된 갈치 375개체 중 공복인 개체는 158개체로 42.1%의 공복률을 나타내었다. 위내용물이 관찰된 갈치 217개체의 먹이생물을 분석한 결과(Table 1), 92.6%의 출현빈도, 84.5%의 중량비를 차지하여 99.3%의 순위지수비를 보인 어류(Pisces)가 가장 중요한 먹이생물로 나타났으며, 분류된 2과 6종의 어류 중에서 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 우점하였고, 멸치 다음으로는 갈치(*Trichiurus japonicus*)와 참조기(*Larimichthys polyactis*)가 중요한 먹이생물이었다. 그 외에 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 두족류(Cephalopoda), 새우류(Macrura) 등이 출현하였지만 순위지수비 0.7% 이하로 매우 낮은 비율을 보였다.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Trichiurus japonicus* by frequency of occurrence (%*F*), wet weight (%*W*) and ranking index (%*RI*) in the South Sea of Korea

Prey organism	%*F*	%*W*	*RI*	%*RI*
Amphipoda	**1.8**	**0.1**	**0.1**	+
Themisto spp.	1.4	0.1		
Unidentified Amphipoda	0.5	+		
Brachyura	**0.9**	+	+	+
Euphausiacea	**5.5**	**0.2**	**0.9**	+
Euphausia spp.	5.5	0.2		
Macrura	**3.7**	**0.6**	**2.3**	+
Leptochela gracilis	0.5	+		
Leptochela sydniensis	1.4	+		
Unidentified Macrura	1.8	0.6		
Stomatopoda	**0.9**	**0.1**	**0.1**	+
Cephalopoda	**3.7**	**14.5**	**53.6**	**0.7**
Loligo sp.	0.5	+		
Sepiola birostrata	0.5	+		
Todarodes pacificus	0.5	14.2		
Unidentified Cephalopoda	2.3	0.3		
Pisces	**92.6**	**84.5**	**7,831.5**	**99.3**
Acropoma japonicum	1.4	1.0		
Caelorinchus multispinulosus	0.5	1.1		
Engraulidae	3.2	3.3		
Engraulis japonicus	22.6	25.4		
Larimichthys polyactis	5.5	11.1		
Sciaenidae	0.9	0.7		
Thryssa kammalensis	0.5	0.7		
Trichiurus japonicus	3.7	19.0		
Unidentified Pisces	54.8	22.4		
Total		100.0	7,888.5	100.0

+: less than 0.1%

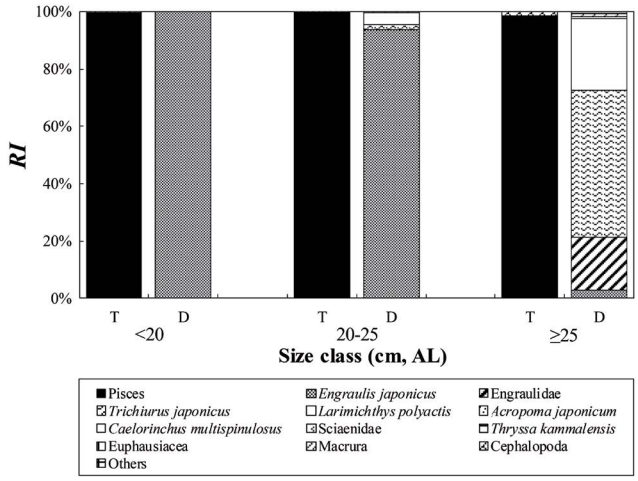

Fig. 3. Ontogenetic changes in diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the South Sea of Korea based on the Ranking index (*%RI*). T: Total prey item, D: Dominant prey item (fishes).

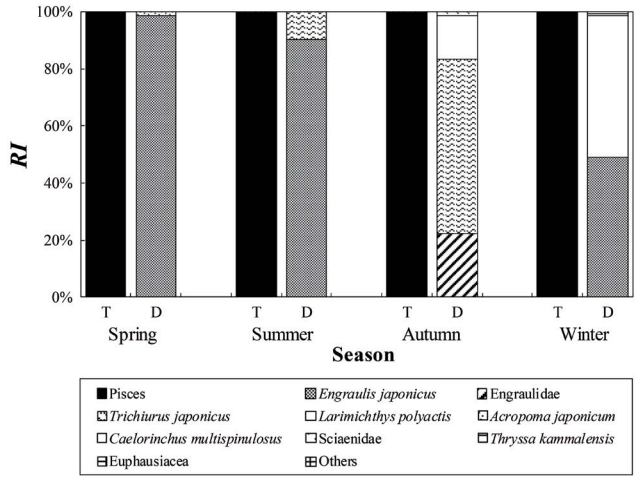

Fig. 4. Seasonal changes in diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the South Sea of Korea based on the Ranking index (*%RI*). T: Total prey item, D: Dominant prey item (fishes).

3. 성장과 계절에 따른 먹이생물 조성 변화

성장에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 3), 모든 크기군(＜20.0 cm, 20.0~25.0 cm, ≥25.0 cm)에서 어류가 98.6% 이상의 순위지수비를 보여 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 따라서 분류된 어류만을 대상으로 분석한 결과, ＜20.0 cm와 20.0~25.0 cm 크기군에서 각각 *%RI* 100.0%와 93.8%를 보인 멸치가 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. ≥25.0 cm 크기군에서는 갈치가 *%RI* 51.0%를 보여 가장 중요한 먹이생물이었으며, *%RI* 25.0%와 18.6%를 보인 참조기와 멸치과 어류가 갈치 다음으로 중요하였다. 계절에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 4), 모든 계절(Spring, Summer, Autumn, Winter)에서

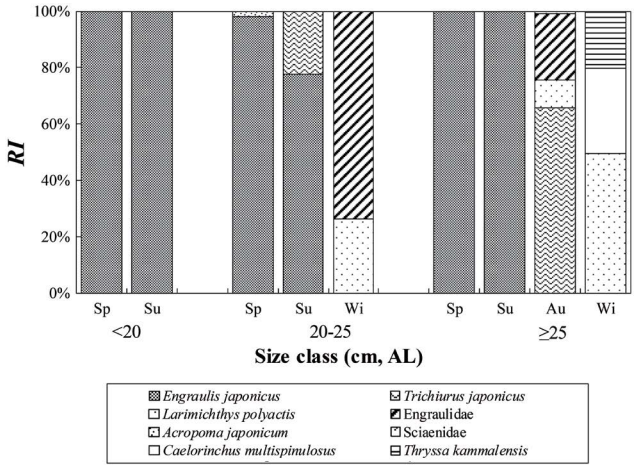

Fig. 5. Size classes by seasonal changes in diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the South Sea of Korea based on the Ranking index (*%RI*). Sp: Spring, Su: Summer, Au: Autumn, Wi: Winter.

어류가 98.3% 이상의 순위지수비를 보여 가장 중요한 먹이생물이었다. 분류된 어류만을 대상으로 분석한 결과, 춘계와 하계에는 *%RI* 98.7%와 90.3%를 차지한 멸치가 가장 우점하였고, 추계에는 순차적으로 *%RI* 61.0%, 22.2%, 15.5%를 보인 갈치, 멸치과 어류, 참조기가 주요 먹이생물이었으며, 동계에는 참조기와 멸치가 각각 49.6%와 48.9%의 순위지수비를 보여 가장 우점하였다. 계절에 따른 크기군별 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 5), 춘계와 하계에는 모든 크기군에서 멸치가 *%RI* 77.8% 이상의 값을 보여 가장 우점하였으며, 하계 20.0~25.0 cm 크기군에서 멸치 다음으로 갈치가 *%RI* 22.2% 값을 보였다. 추계에는 ≥25.0 cm 크기군만 출현하였으며, 갈치가 *%RI* 65.6% 값을 보여 가장 우점하였고, 갈치 다음으로는 멸치과 어류, 참조기, 민어과 어류가 각각 *%RI* 23.5%, 9.9%, 1.0% 값을 보였다. 동계에는 ＜20.0 cm 크기군은 출현하지 않았으며, 20.0~25.0 cm 크기군에서는 멸치과 어류가 *%RI* 73.6%을 보여 가장 우점하였고, 그 다음으로는 *%RI* 26.4%의 참조기로 나타났다. ≥25.0 cm 크기군에서는 참조기가 *%RI* 49.4%로 가장 우점하였으며, 참조기 다음으로는 줄비늘치, 청멸, 멸치가 각각 *%RI* 30.4%, 20.1%, 0.1%로 나타났다.

4. 섭식전략

갈치의 섭식 폭, 먹이중요도, 섭식전략을 분석한 결과(Fig. 6), 그래프 우측 상부에 위치한 어류가 91.8%의 출현빈도와 85.0%의 특정먹이생물우점도를 차지하여 대부분의 갈치 개체군에서 가장 중요한 먹이생물로 나타났다(Fig. 6A). 다음으로는 두족류가 그래프 좌측 상부에 위치해 있어 일부 개체에서는 중요한 먹이생물이었으나 출현빈도는 매우 낮았다. 그 외의 먹이생물은 그래프 좌측 하부에 출현하여 중요하지 않은 먹이생물로 나타났다.

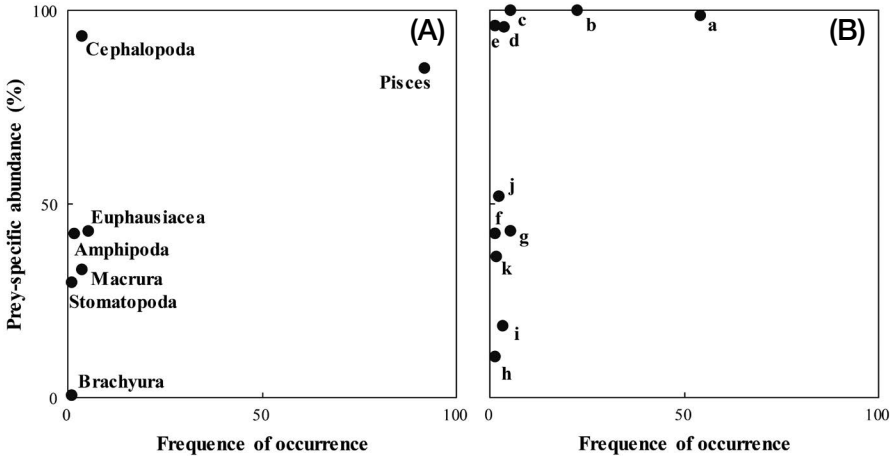

Fig. 6. *Trichiurus japonicus* feeding patterns by (A) prey category, (B) species above 1%: (a, Unidentified fishes; b, *Engrualis japonicus*; c, *Larimichthys polyactis*; d, *T. japonicus*; e, *Acropoma japonicum*; f, *Themisto* spp.; g, *Euphausia* spp.; h, *Leptochela sydniensis*; i, Engraulidae; j, Unidentified cephalopods; k, Unidentified shrimps).

우점 먹이생물 분석을 위해 출현빈도 1% 이상의 먹이생물을 대상으로 분석한 결과(Fig. 6B), 대부분의 개체군에서 54.3%의 출현빈도와 98.5%의 특정먹이생물우점도를 차지한 어류가 가장 중요한 먹이생물인 것으로 나타났다. 다음으로는 전체의 22.4%의 개체에서 멸치만을 섭식하여 비교적 높은 우점도를 보였다. 그 외의 먹이생물은 출현빈도가 낮았거나 그래프 좌측 하부에 출현하여 비우점 먹이생물인 것으로 나타났다.

고 찰

이번 연구에서 야간에 채집된 갈치의 주 먹이생물은 어류 중에서도 멸치가 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 멸치는 표층부터 수심 약 400 m의 저층까지 분포하며(Fedorov *et al*., 2003), 군집생활을 하는 소형 부어류로 생활사 동안 요각류(Copepoda), 난바다곤쟁이류 등의 동물플랑크톤을 주로 섭식한다(Yoo and Jeong, 2016; Kim *et al*., 2017). 멸치의 주요 먹이원인 동물성 플랑크톤의 대부분은 낮에는 하강하고, 밤에는 섭식을 위해 표층으로 상승하는 주야수직이동(Diurnal vertical migration)을 하며(Gaten *et al*., 2008), 동물성 플랑크톤의 주야수직이동에 따라 멸치와 같은 소형 부어류 군집이 표층과 저층을 색이회유하는 것으로 추정된다. 따라서 황아귀(*Lophius litulon*), 눈볼대(*Doederleinia berycoides*) 등의 중·저층의 포식자와 고등어(*Scomber japonicus*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*) 등의 표층부터 저층까지 유영하는 포식자 등 우리나라 연근해 대부분의 육식성 어류에게도 멸치는 주요 먹이생물로 이용되며(Baeck and Huh, 2003; Lee *et al*., 2021; Kim *et al*., 2022, 2023), 동·식물성 플랑크톤과 상위포식자를 연결해주는 대표적인 2차 소비자이다(Jeong *et al*., 2022). 야행성 어류인 갈치의 경우에도 야간에는 중층과 표층으로 부상하여 먹이활동을 하고, 주간에는 수심 약 100 m 이상의 저층으로 하강하는 일주기 수직회유를 하는 것으로 알려져 있다(Tomiyasu *et al*., 2016). 따라서 갈치의 활동 주기성에 멸치의 수직회유 주기와 경로가 유사하게 나타나 먹이 가용성이 매우 높았을 것이라고 판단되며, 먹이 섭식을 위한 형태학적 적응에 의해 야간에 채집된 갈치의 멸치 섭식은 매우 적합했을 것이라고 사료된다.

성장에 따른 먹이생물 변화에서 갈치는 <20.0 cm와 20.0~25.0 cm 크기군에서 멸치가 가장 중요한 먹이생물이었으나, ≥25.0 cm 크기군에서는 갈치가 가장 우점했고, 참조기(*Larimichthys polyactis*)와 멸치과 어류의 섭식률 또한 비교적 높았다. 이러한 이유는 성장함에 따라 입의 크기와 복강용적의 증가 및 섭식 에너지 효율성과 관련 있는 것으로 판단되며(Gerking, 1994), 계절적 먹이생물 변동과 더불어 계절별 출현한 갈치의 크기군 차이로 판단된다. 계절에 따른 먹이생물 조성 변화에서 춘계와 하계에는 멸치가 가장 우점한 먹이생물이었고, 추계에 갈치, 참조기, 멸치과 어류의 섭식이 증가했으며, 동계에는 참조기와 멸치가 주요 먹이생물로 나타났다. 주요 먹이생물로 나타난 멸치, 갈치, 참조기, 멸치과 어류의 공통점은 군집을 이루어 회유를 하는 특성이 있다(NIFS, 2023). 또한 참조기의 경우 월동을 위해 서해에서 남해로 남하하고, 월동하는 시기인 추계와 동계 남해의 자망과 저인망 어업에 주로 어획되며, 출현율이 비교적 높다(Jang *et al*., 2020; Kang *et al*., 2022). 또한 계절에 따른 크기군별 먹이생물 조성 결과를 고려하였을 때, 성장과 계절에 따른 갈치의 먹이생물 조성은 1) 계절에 따라 군집을 이루는 주요 먹이생물의 분포, 2) 계절에 따른 갈치 크기군 조성의 변화, 3) 성장함에 따른 먹이생물 선택 폭의 증가 등의 복합적인 원인으로

인한 것으로 판단된다. 후속 연구에서는 시·공간적 요인에 따른 환경 생물의 분포 특성 및 먹이 선택성과 소화율에 대해서도 고려할 필요성이 있다고 판단된다.

한국 남해와 수행된 Huh (1999)의 연구와 서해에서 수행된 Seong *et al*. (2022)의 연구에서 주요 먹이생물은 멸치로 나타났고, 동중국해 남부해역에서 수행된 Mammel *et al*. (2022)의 연구에서 주요 먹이생물이 깃비늘치(*Benthosema pterotum*)로 나타났다. 깃비늘치의 경우에도 멸치와 유사하게 군집을 이루어 주야수직이동을 하는 것으로 알려져 있다(Sassa *et al*., 2010). 따라서 갈치는 군집생활을 하는 소형 부어류를 선호하는 결과는 선행 연구와 동일하였다. 하지만 이번 연구보다 비교적 작은 4.7~26.7 cm AL 크기군을 대상으로 수행한 Huh (1999)의 연구에 의하면 성장함에 따라 갑각류(요각류, 난바다곤쟁이류, 새우류)에서 어류로 먹이생물 전환이 이루어졌다. 반면 이번 연구에서도 항문장 3.4~49.0 cm의 크기군을 대상으로 수행되었으나, 11.1 cm 미만의 개체는 모두 공위로 나타났고, 성장함에 따른 먹이생물 전환은 나타나지 않았다. 따라서 갈치의 먹이생물 전환 시기 및 어류 섭식기(piscivorous stage) 이전의 크기군을 대상으로 정밀한 연구 수행이 필요할 것으로 생각된다. 또한 Seong *et al*. (2022)의 연구에서는 계절에 따라 참조기와 갈치에서 멸치로 먹이생물 종이 전환되었고, 하계에 난바다곤쟁이류의 출현빈도가 매우 높았다. 따라서 계절에 따른 크기군, 수심, 채집시간 등의 다양한 요인을 고려한 섭식생태 연구 수행이 필요하며, 이는 해당 해역의 건강도 및 출현 생물에 대해 간접적으로 이해할 수 있을 것이다.

큰 입을 가진 포식자들은 어구 내 섭식(net feeding)이 이루어질 가능성을 염두하여 위내용물 분석을 진행한다. 이번 연구에서 갈치의 위내용물로 갈치가 발견되었으며, 소화가 어느 정도 이루어진 점과 낚시를 이용한 시료채집에서 어획되어 수면으로 떠오르는 갈치를 또 다른 개체의 갈치가 미병부를 공격 후, 섭식하는 것을 관찰된 점으로 보아 동종포식 현상은 명확하다고 판단된다. 갈치의 동종포식 현상은 국내·외의 선행 연구에서도 흔하게 나타났으며(Huh, 1999; Hamaoka *et al*., 2014; Seong *et al*., 2022), 비교적 큰 크기의 갈치가 작은 갈치를 섭식하였고, 전장 약 30 cm의 비교적 작은 크기군에서도 동종포식 현상이 나타났다. 동종포식은 개체군의 서식밀도 및 먹이생물의 양과 질에 영향을 받으며(Pereira *et al*., 2017), 일부 육식성 포식자에서 나타나는 특이한 현상으로(Baeck and Huh, 2003; Song *et al*., 2006), 여러 가지 종류의 동종포식 현상이 있지만, 갈치는 무리에서 비교적 약한 개체를 섭식하는 종류의 동종포식을 하는 것으로 판단된다(Hseu, 2003). 하지만 이번 연구와 국내에서 기선저인망어업을 이용한 Huh (1999)의 연구, 근해안강망과 유자망을 통해 연구한 Seong *et al*. (2022)의 연구 모두 갈치의 출현빈도가 3.7% 이하로 동종포식 빈도 수가 많지 않았다. 반면 후릿그물을 이용한 Hamaoka *et al*. (2014)의 연구에서는 4개의 해역 중, 1개의 해역에서 채집된 갈치의 약 43%에서 동종포식이 관찰되었고 가장 우점한 먹이생물로 나타난 점으로 보아 갈치의 동종포식 생태학적 조건에 대해서는 추가 연구 수행이 필요할 것으로 생각된다. 또한 시료 채집 후, 시간이 흐름에 따라 위내용물의 소화는 진행될 수 있고, 정치망 어업은 어구 내 포식자와 먹이생물이 일정 시간 밀집된 상태로 갇혀 있어 먹이섭식에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Park *et al*., 2020). 따라서 동종포식이 실제로 이루어졌는지, 어구 내 섭식인지 아닌지를 명확히 파악할 수 있는 소화율 및 다양한 분석방법을 이용한 후속 연구와 어구·어법에 따른 위내용물 조성 등을 충분히 고려해야 할 것이다.

야간에 채집된 갈치의 섭식 폭, 먹이중요도, 섭식전략을 분석한 결과, 대부분의 개체군이 어류를 주로 선호하였으며, 개체당 섭식한 먹이생물 종류가 적어 좁은 섭식 폭을 가지는 섭식특화종(Specialist feeder)으로 판단되었다. 이번 연구의 결과를 종합하면 갈치는 야간에 어체를 수직으로 세우고, 수면을 올려다보며, 먹이생물을 섭식하는 특별한 섭식전략으로 인해 섭식이 용이한 군집성 소형 부어류를 주로 섭식하였으며, 개체당 한 종의 먹이생물만을 섭식하고 있는 경우가 많았다. 현재 기후변화의 가속화로 인해 남해의 수온은 1980년대부터 급격히 상승하고 있다(Kim *et al*., 2011). 하지만 이번 연구를 포함하여 약 35년 전 남해에서 수행된 Huh (1999)의 연구, 서해에서 수행된 Seong *et al*. (2022)의 연구 모두 한국 연근해에서 높은 풍도를 보이는 멸치가 주요 먹이생물로 나타났으나 여전히 크기군과 계절에 따라 먹이생물의 차이를 보였다. 따라서 채집 수심, 시간, 환경 생물의 분포와 먹이 선택성 등의 다양한 요인을 고려하여 세밀한 섭식생태 연구의 필요성이 있다고 판단된다. 또한 2022년도 정어리 군집의 대량 출현과 같은 소형 부어류의 분포 변화(KOSIS, 2023) 등과 같은 해양생태계의 변화는 1) 새로운 먹이원으로의 이용, 2) 동일 먹이원을 이용하는 새로운 먹이경쟁 관계 발생, 3) 어장의 변화 등 먹이망 구조 및 자원분포에 영향을 줄 수 있기 때문에 다양한 요인을 고려한 갈치의 섭식생태 연구는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

남해에서 선망, 정치망 어업과 루어낚시로 야간에 채집된 갈치는 375개체였으며, 항문장 범위는 3.4~49.0 cm로 나타났다. 갈치의 주 먹이생물은 어류 중에서도 멸치가 가장 우점하였다. 갈치는 성장과 계절에 따라 모두 어류를 주로 섭식하였지만, 성장함에 따라 멸치에서 갈치, 참조기, 멸치과 어류로 우점 먹이생물이 변화하였고, 계절에 따라 춘계와 하계에는 멸치, 추계에는 갈치와 참조기, 멸치과 어류, 동계에는 참조기와 멸치가 우점하였다. 섭식전략 분석에서는 갈치는 먹이생물 종류가 적어 좁은 섭식 폭을 가지는 섭식특화종으로 판단되었다. 이번 연구와 약 35

년 전 남해에서 수행된 선행 연구 모두 주요 먹이생물은 여전히 멸치로 나타났다. 하지만 정어리 군집의 대량 출현과 같은 소형 부어류의 분포 변화는 새로운 먹이원으로의 이용 및 동일 먹이원을 이용하는 먹이경쟁 관계 발생 등 먹이망 구조에 영향을 줄 수 있기 때문에 다양한 요인을 고려한 갈치의 섭식생태 연구는 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2023년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20180384, 수산전문인력양성).

REFERENCES

Amundsen, P.A., H.M. Gable and F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of Costello (1990) method. J. Fish. Biol., 48: 607-614. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649-1996.tb01455.x.

Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2003. Feeding habits of juvenile *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36: 695-699.

Bax, N.J. 1998. The significance and prediction of predation in marine fisheries. ICES J. Mar. Sci., 55: 997-1030.

Fedorov, V.V., I.A. Chereshnev, M.V. Nazarkin, A.V. Shestakov and V.V. Volobyev, 2003. Catalog of marine and freshwater fishes of the northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dalnauka, 2003. 204pp.

Gaten, E., G. Tarling, H. Dowse, C. Kyriacou and E. Rosata. 2008. Is vertical migration in Antarctic Krill (*Euphausia superba*) influenced by an underlying circadian rhythm?. J. Genet., 87: 473-483.

Gerking, S.D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic press Sandiego CA, U.S.A., 416pp.

Hamaoka, H., H. Miyazaki, T. Nanko, T. Akamatsu, J. Shibata and K. Omori. 2014. Spatial variation in feeding habits and carbon source of cutlassfish *Trichiurus japonicus* in the Western Seto Inland Sea, Japan. Aquaculture Sci., 62: 243-251. https://doi.org/10.11233/aquaculturesci.62.243.

Hanna, S. 1998. Institutions for marine ecosystems: economic incentives and fishery management. Ecol. Appl., 8: 170-174. https://doi.org/10.1890/1051-0761.

Hobson, E.S. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii. Coll. Rep., 72: 915.

Hsue, J.R. 2003. Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Fish. Sci., 68: 1384-1386. https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00578.x.

Huh, S.H. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Korean J. Ichthyol., 11: 191-197.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 411-429. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x.

Jang, S.H., J.K. Kim and J.H. Ryu. 2020. First report on the occurrence of eggs of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from Chilsan-do Island, Jeollanam-do, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 650-655. https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.2.134.

Jeong, J.M., S.J. Lee and G.W. Baeck. 2022. Feeding ecology of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae* in coastal waters of the South Sea, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 55: 590-597. https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0590.

Kang, D.Y., G.C. Seong, D.G. Kim, S. Jin, H.Y. Soh and G.W Baeck. 2022. Feeding habits of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in coastal waters of Korea. Korean J. Ichthyol., 34: 201-207. https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.6.

Kang, Y.H., S.J. Ju and Y.G. Park. 2012. Predicting impacts of climate change on Sinjido marine food web. Ocean Polar Res., 24: 239-251. https://doi.org/10.4217/OPR.2012.34.2.239.

Kim, D.G., G.C. Seong, D.Y. Kang, S. Jin, H.Y. Soh and G.W. Baeck. 2023. Feeding habits of chub mackerel, *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) in the South Sea of Korea. Iranian J. Fish. Sci., 22: 352-367. https://doi.org/10.22092/IIFS.2023.129084.

Kim, D.G., H.J. Kim, S.J. Lee and G.W. Baeck. 2022. Feeding habits and trophic level of blackthroat seaperch, *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 34: 172-178. https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.3.

Kim, H.J. and J.M. Jeong. 2020. Diet composition of oriental bonito (*Sarda orientalis*) in coastal waters of Jeju Island, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 32: 8-13. https://doi.org/10.35399/ISK.32.1.2.

Kim, H.J., J.M. Jeong, J.H. Park and G.W. Baeck. 2017. Feeding habits of larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in eastern Jinhae Bay, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 50: 092-097. https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0092.

Kim, S.J., S.H. Woo, B.M. Kim and S.D. Hur. 2011. Trends in sea surface temperature (SST) change near the Korean peninsula for the past 130 years. Ocean Polar Res., 33(3): 281-290.

Kim, Y.S., K.H. Han, C.B. Kang and J.B. Kim. 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. 2nd. Hangle, Busan, Korea, 50pp.

KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023. Statistic database for fisheries production. Korean Statistical Information Service. Retrieved from http://www.fips.go.kr. Accessed 3 October 2023.

Lee, J.E., G.C. Seong, H.Y. Kim, S.Y. Moon and G.W. Baeck. 2021. Diet composition of spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, in the South Sea of Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 54: 808-813. https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0808.

Mammel, M., Y.C. Wang, Y.C. Lan, C.M. Hsu, M.A. Lee and C.H. Liao. 2022. Ontogenetic diet shifts and feeding dynamics of *Trichiurus japonicus* Temminck & Schlegel, 1844, off Guishan Island, Southern East China Sea. Reg. Stud. Mar. Sci., 49: 102104. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102104.

Munekiyo, M. 1990. Diurnal vertical of a ribbon fish in the western Wakasa Bay. Nip. Sui. Gak., 56: 1193-1197. https://doi.org/10.2331/suisan.56.1193.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2023. Retrieved from www.nifs.go.kr. Accessed 3 October 2023.

Park, J.M., G.W. Baeck and S.H. Huh. 2018. Variations in demersal fish assemblage in the southern coast of East Sea, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 51: 426-434. https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0426.

Park, J.M., S.N. Kwak and W.C. Lee. 2020. Dietary study using setnets produces bias in prey choice of fish: a case of three coastal fishes inhabiting southern Korean waters. J. Sea Res., 157: 101846. https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101846.

Pereira, L.S., A.A. Agostinho and K.O. Winemiller. 2017. Revisiting cannibalism in fishes. Rev. Fish Biol. Fish., 27: 499-513.

Pianka, E.R. 1988. Evolutionary ecology 4th ed. Harper Collins New York, U.S.A., 468pp.

Sassa, C., Y. Tsukamoto, K. Yamamoto and M. Tokimura. 2010. Spatio-temporal distribution and biomass of *Benthosema pterotum* (Pisces: Myctophidae) in the shelf region of the East China Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 407: 227-241. https://doi.org/10.3354/meps08526.

Seong, G.C., D.G. Kim, D.Y. Kang, S. Jin, H. Kim, H.Y. Soh and G.W. Baeck. 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.

Song, H.J., S. Kim, S.H. Huh and G.W. Baeck. 2006. Feeding habits of *Todarodes pacificus* (Cephalopods: Ommastrephidae) in the coastal waters of Busan, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 39: 42-48.

Tomiyasu, M., W.Y. Kao, K. Abe, K. Minami, T. Hirose, M. Ogawa and K. Miyashita. 2016. The relationship between body angle and target strength of ribbonfish (*Trichiurus japonicus*) displaying a vertical swimming motion. ICES J. Mar. Sci., 73: 2049-2057. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw095.

Yoo, J.T. and J.M. Jeong. 2016. Gut composition of postlarval and juvenile anchocy *Engraulis japonicus* in the coastal waters of Yeosu, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 49: 642-647. https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0642.