

우리나라 서해에서 출현하는 갈치 (*Trichiurus japonicus*)의 식성

성기창 · 김도균 · 강다연 · 진수연 · 김호승 · 서호영¹ · 백근욱*

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

Feeding Habits of the Largehead Hairtail, *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea by Gi Chang Seong, Do-Gyun Kim, Da Yeon Kang, Suyeon Jin, Hoseung Kim, Ho Young Soh¹ and Gun Wook Baeck* (Department of Marine Biology & Aquaculture/Department of Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea; ¹Department of Ocean Intergrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT The feeding habits of Largehead hairtail *Trichiurus japonicus* was studied using 377 specimens collected in the Yellow Sea of Korea. The specimens ranged from 4.5 to 33.7 cm in Anal length (AL). *T. japonicus* consumed mainly a piscivore, such as *Engraulis japonicus* [percent index of relative importance (%IRI)=74.1%]. We calculated the trophic level as 3.84 for *T. japonicus*. Fishes were the main prey items for all seasons. The main fish prey during autumn and winter was *E. japonicus*, whereas those during spring and summer was *Larimichthys polyactis*. Fishes were the main prey items for all size groups (<15 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, ≥25 cm). *T. japonicus* also showed size-related dietary shift from *Spratelloides gracilis* and *E. japonicus* to *L. polyactis* and *T. japonicus*. As the anal length of *T. japonicus* increased, the mean number of preys per stomach (*mN/ST*) and the mean weight of preys per stomach (*mW/ST*) tended to increased (One-way ANOVA, $P < 0.05$). Seasonal and size-related shifts in dietary composition were investigated by PERMANOVA analysis, which showed significant variations among size classes and seasons.

Key words: Feeding habits, largehead hairtail, *Trichiurus japonicus*, Yellow Sea, dietary shift

서 론

갈치 (*Trichiurus japonicus*)는 우리나라 연근해 어업에서 멸치 (*Engraulis japonicus*)와 고등어 (*Scomber japonicus*) 다음으로 어획량이 많은 어종이며 (KOSIS, 2022), 상업적으로 매우 중요한 수산자원으로 2019년부터 TAC 제도의 시범 도입 어종으로 선정되어 18 cm의 금지체장과 근해연승, 대형선망, 근해안강망, 쌍끌이대형저인망, 대형트롤 어업에 대하여 7월 동안의 금어기를 지정하여 갈치 자원을 관리하고 있다. 우리나라에 서식하는 갈치는 서해, 남해, 동중국해에서 주로 출현하는데 제주 해역에 서식하는 갈치의 산란기는 5~11월로 긴 산

란기간을 가지며 (Kim *et al.*, 2020), 9월 이후 제주도 서남부해역으로 월동회유를 위해 이동하는 것으로 알려져 있다 (Park *et al.*, 2002). 또한 갈치는 어류와 갑각류 등을 섭식하는 상위 포식자로 알려져 있으며 (Huh, 1999), 섭식 활동을 통해 하위 영양단계의 생물 개체수를 조절함으로써 생태계 균형을 유지하는 기능적 역할을 한다 (Yan *et al.*, 2011).

기후변화와 어업에 의해 변화하는 해양 환경에서 자원의 상태 파악 및 관리를 위해서는 대상 어종에 대한 생태학적인 연구가 필수적이다. 국내에서 수행된 갈치에 대한 생태학적 선행연구로는 식성 (Huh, 1999), 연령과 성장 (Kim *et al.*, 2011), 성숙과 산란 (Kim *et al.*, 2020), 분포 및 회유 (Park *et al.*, 2002) 등이 이루어졌지만 연구 해역은 주로 남해 및 제주해역과 동중국해에서 수행되었다. 따라서 갈치 자원의 지속적인 이용과 관리를 위해서는 서해를 포함한 여러 해역에서 생태학적 연

저자 직위: 성기창 (대학원생), 김도균 (대학원생), 강다연 (대학원생), 진수연 (대학원생), 김호승 (대학원생), 서호영 (교수), 백근욱 (교수)
*Corresponding author: Gun Wook Baeck Tel: 82-55-772-9156, Fax: 82-55-772-9159, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

체들을 무작위로 3~5개체로 소그룹 구분한 뒤, 각 소그룹에서 섭식한 먹이생물의 평균 중량비를 계산하였다. 또한 우점한 먹이생물의 편향성을 감소시키기 위해 먹이생물의 평균 중량비를 제곱근(Square root) 변환을 실시하였으며, Bray-Curtis similarity를 이용하여 유사도 매트릭스를 나타낸 뒤 분석을 수행하였다. 이와 같은 분석에는 PRIMER v7 프로그램을 사용하였다.

결 과

1. 주 먹이생물 및 영양단계

이번 연구에서 분석된 갈치는 총 377개체로 4.5~33.7 cm의 항문장 범위를 보였고, 먹이생물을 섭식하지 않은 개체는 97개체로 25.7%의 공복률을 보였다. 위내용물이 발견된 280개체의 먹이생물을 분석한 결과(Table 1), 갈치의 주 먹이생물은 81.1%의 출현빈도, 14.2%의 개체수비, 90.3%의 중량비를 차지하여 74.1%의 상대중요도지수비를 나타낸 어류(Pisces)였으며, 그중 37.9%의 출현빈도, 11.9%의 개체수비, 59.4%의 중량비를 차지한 멸치가 가장 우점한 먹이생물로 나타났다. 어류 다음으로 중요한 먹이생물은 31.1%의 출현빈도, 85.7%의 개체수비, 9.6%의 중량비를 차지하여 25.9%의 상대중요도지수비를 나타낸 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)였다. 그 외에 새우류(Macrura), 두족류(Cephalopoda), 갯가재류(Stomatopoda), 계류(Brachyura)가 출현하였으나 각각 0.1% 미만의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 매우 적었다. 또한 갈치의 생태적 지위를 알아보기 위해 영양단계를 살펴본 결과, 먹이생물의 영양단계는 어류 3.06, 난바다곤쟁이류 2.22, 새우류 2.41, 두족류 3.20, 갯가재류 2.41, 계류 2.41의 값을 보여 갈치의 영양단계는 3.84의 값을 나타내었다.

2. 계절별 먹이생물 조성

계절별 먹이생물 조성의 차이를 분석한 결과(Fig. 2), 봄철, 가을철, 겨울철에는 어류가 각각 99.1%, 99.3%, 100.0%의 중량비를 나타내었으며, 여름철에는 어류와 난바다곤쟁이류가 각각 65.4%와 34.4%의 중량비를 나타내어 어류가 모든 계절에서 가장 중요한 먹이생물이었다. 또한 갈치의 우점 먹이생물인 어류만을 대상으로(미확인 어류 제외) 계절별 먹이생물 조성 차이를 분석한 결과, 봄철에는 참조기(*Larimichthys polyactis*)가 56.0%의 중량비를 나타내 가장 우점하였으며, 그 외에 셋줄멸(*Spratelloides gracilis*), 멸치, 갈치가 각각 19.8%, 16.2%, 8.0%의 중량비를 나타내었다. 여름철에는 참조기와 갈치가 각각 37.3%와 36.7%의 중량비를 나타내 가장 우점하였으며, 멸치는 26.0%의 중량비를 나타내었고, 가을철과 겨울철에는 멸치가 각각 97.5%와 100.0%의 중량비를 나타내었다.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea by frequency of occurrence (%F), number (%N), weight (%W), and index of relative importance (%IRI)

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Brachyura	0.4	+	+	+	+
Euphausiacea	31.1	85.7	9.6	2,960.7	25.9
<i>Euphausia</i> spp.	31.1	85.7	9.6		
Macrura	1.4	0.1	+	0.1	+
<i>Leptochela gracilis</i>	0.4	+	+		
Unidentified Macrura	1.1	+	+		
Stomatopoda	0.4	+	+	+	+
Cephalopoda	0.4	+	+	+	+
Pisces	81.1	14.2	90.3	8,474.5	74.1
<i>Engraulis japonicus</i>	37.9	11.9	59.4		
<i>Larimichthys polyactis</i>	5.4	0.2	8.0		
<i>Sardinella zunasi</i>	1.1	+	0.3		
<i>Sphyræna pinguis</i>	0.4	+	0.4		
<i>Spratelloides gracilis</i>	4.6	0.3	1.4		
<i>Trichiurus japonicus</i>	2.9	0.1	4.7		
Unidentified Pisces	32.9	1.5	16.1		
Total		100.0	100.0	11,435.3	100.0

+ : less than 0.1%

3. 크기군별 먹이생물 조성

크기군별 먹이생물 조성의 차이를 분석한 결과(Fig. 3), < 15 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, ≥25 cm의 모든 크기군에서 어류가 각각 100.0%, 99.0%, 92.3%, 76.0%의 중량비를 나타내어 가장 중요한 먹이생물이었다. 난바다곤쟁이류는 15~20 cm, 20~25 cm, ≥25 cm의 크기군에서 각각 1.0%, 7.7%, 23.8%의 중량비를 나타내어 두 번째로 우점한 먹이생물이었다. 또한 갈치의 우점 먹이생물인 어류만을 대상으로(미확인 어류 제외) 크기군별 먹이생물 조성 차이를 분석한 결과, < 15 cm의 크기군에서는 셋줄멸과 멸치가 각각 50.9%와 49.1%의 중량비를 나타내 가장 우점하였으며, 15~20 cm의 크기군에서 멸치가 96.7%의 중량비로 증가하였다. 또한 20~25 cm의 크기군에서 멸치가 88.5%의 중량비로 소폭 감소하였으며, 참조기가 8.3%의 중량비로 증가하였다. ≥25 cm의 크기군에서는 참조기와 갈치가 각각 46.8%와 42.9%의 중량비로 증가하였으며, 멸치가 10.3%의 중량비로 감소하였다.

갈치의 크기군별 개체당 평균 먹이생물의 중량과 개체수를 분석한 결과(Fig. 4), 갈치의 크기군별 개체당 평균 먹이생물 개체수는 < 15 cm의 크기군에서 1.5개체, 15~20 cm의 크기군에서 6.9개체, 20~25 cm의 크기군에서 20.8개체, ≥25 cm의 크기군에서 46.1개체를 나타내 큰 크기군으로 갈수록 개체당 평균 먹이생물 개체수는 증가하는 경향을 보였으며, 통

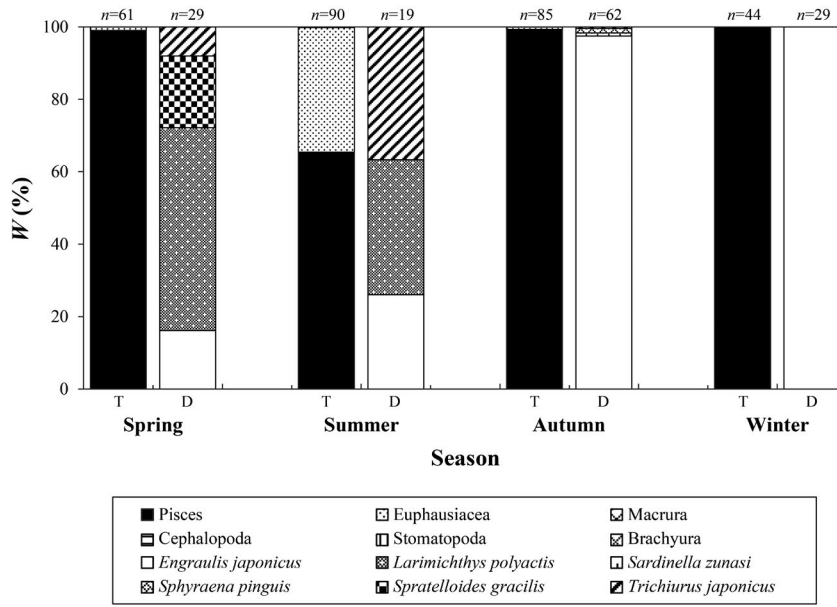


Fig. 2. Diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea based on the weight (%W) by season. T: Total prey item, D: Dominant prey item (fishes).

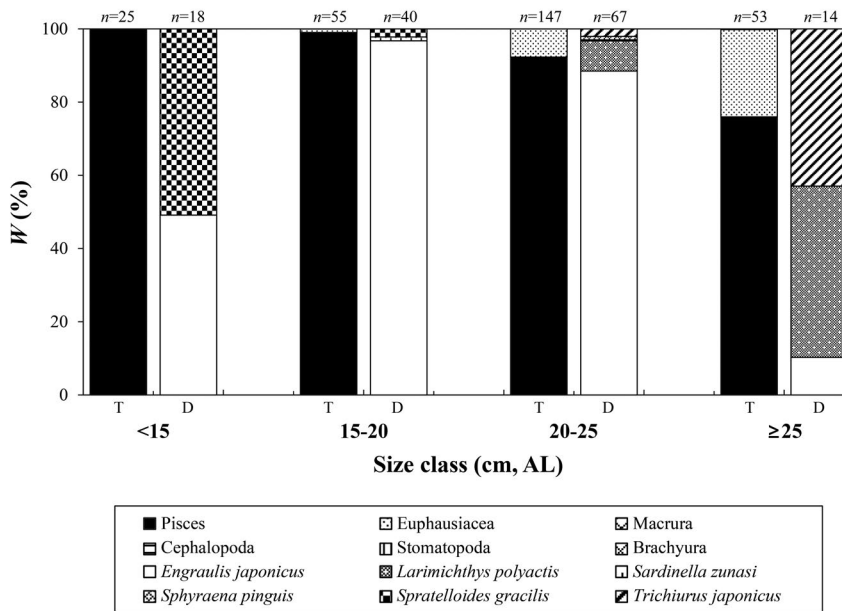


Fig. 3. Ontogenetic changes in diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea based on the weight (%W). T: Total prey item, D: Dominant prey item (fishes).

계적으로 유의한 차이를 보였다 (mN/ST , One-way ANOVA, $F=9.435$, $P<0.05$). 또한 갈치의 크기군별 개체당 평균 먹이 생물 중량은 <15 cm의 크기군에서 1.6 g, 15~20 cm의 크기군에서 4.7 g, 20~25 cm의 크기군에서 5.7 g, ≥25 cm의 크기군에서 5.0 g을 나타내 큰 크기군으로 갈수록 개체당 평균 먹이 생물 중량은 증가하다 감소하는 경향을 보였으며, 통계적으로

유의한 차이를 보였다 (mW/ST , One-way ANOVA, $F=4.265$, $P<0.05$).

4. 계절과 크기군에 따른 섭식패턴 분석

이번 연구에서 갈치의 우점 먹이생물인 어류만을 대상으로

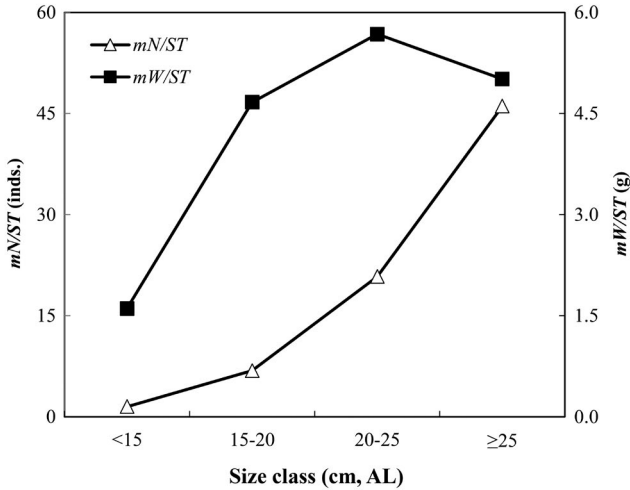


Fig. 4. Differences in the mean number of preys per stomach (mN/ST , individuals/stomach) and mean weight of preys per stomach (mW/ST , g/stomach) of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea among size classes (< 15 cm, $n = 25$; 15~20 cm, $n = 55$; 20~25 cm, $n = 147$; ≥ 25 cm, $n = 53$).

Table 2. Results of PERMANOVA tests, employing a Bray-Curtis similarity matrix derived from the mean percentage weight contributions of the dominant prey item (fishes) to the diet composition of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea

Source	df	Pseudo-F	P (perm)
Season	3	20.325	0.001
Size class	3	32.570	0.001
Season × Size class	2	16.218	0.001

(미확인 어류 제외) Two-way PERMANOVA를 수행한 결과 (Table 2), 갈치의 먹이생물 조성은 각각 계절과 크기군에 따라 유의한 차이를 나타내었으며, 2요인의 상호작용도 유의한 차이를 나타내었다. 따라서 계절과 크기군에 대하여 CAP 분석을 수행한 결과 (Fig. 5), 계절에 따른 갈치의 먹이생물 조성 차이는 주로 성분축 2에 따라 구분되었고, 크기군에 따른 차이는 주로 성분축 1에 따라 구분되었다. 가을철과 겨울철을 구분하는데 멸치가 기여하였으며, 봄철과 여름철에는 새출멸, 참조기, 갈치가 기여하였다. 또한 < 15 cm의 크기군을 구분하는데 새출멸이 기여하였고, 15~20 cm와 20~25 cm의 크기군은 멸치, ≥ 25 cm의 크기군은 참조기와 갈치가 기여하였다.

고찰

이번 연구에서 갈치의 가장 중요한 먹이생물은 어류였으며, 멸치가 우점하는 결과를 나타내었다. 멸치의 경우 우리나라

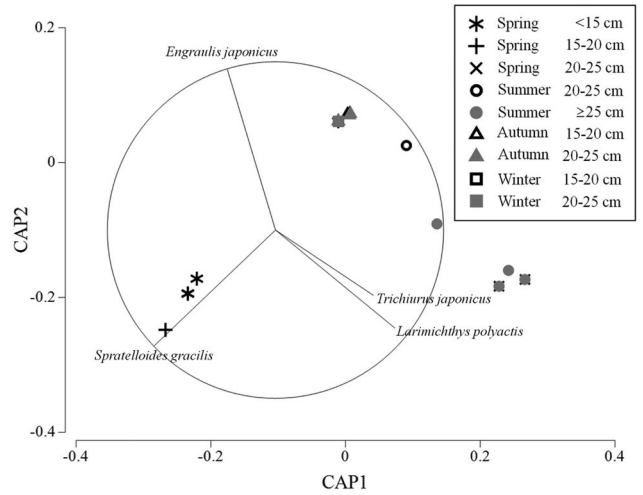


Fig. 5. Canonical analysis of principal coordinates (CAP) ordination plot of diet composition of the dominant prey item (fishes) of *Trichiurus japonicus* caught in the Yellow Sea of Korea to assess differences between size class and season.

전 해역에 출현하는 어종으로 산란기는 4~7월 중에 산란하며 (Kim, 1983; Kim and Kang, 1992), 요각류와 같은 동물플랑크톤을 주로 섭식하고, 상위 포식자의 먹이원으로서 먹이사슬을 연결하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Jeong *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2017). 이번 연구에서 갈치의 위내용물로 관찰된 멸치의 평균 크기는 봄철에 3.8 cm, 여름철 2.8 cm, 가을철 4.6 cm, 겨울철 8.2 cm를 나타낸 것을 보아 갈치는 서해에서 연중 지속적으로 출현하는 멸치를 섭식하였으며, 멸치는 생활사 전반에 걸쳐 갈치의 먹이생물로서 큰 기여를 하는 것으로 판단된다. 선행연구에 따르면 남해에 서식하는 갈치의 경우 (Huh, 1999), 어류가 가장 중요한 먹이생물이었으며, 그 중 멸치가 가장 우점하였고, 어류 외에 난바다곤쟁이류, 새우류, 게 유생 등이 먹이생물로 나타났다. 또한 타이완의 Guishan Island에 서식하는 갈치 (Mammel *et al.*, 2022)는 어류와 새우류를 주로 섭식하였으며, 새비늘치과 (Myctophidae) 어류가 가장 우점하였고, Hualien에 서식하는 갈치 (Lee, 1978)는 멸치과 (Engraulidae) 어류를 주로 섭식하였다. 따라서 이번 연구에서 갈치는 선행연구와 유사하게 어류와 갑각류를 주로 섭식하는 것으로 나타났으며, 서식환경에 따라 우점 먹이생물 종이 차이를 보이는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 갈치의 영양단계는 3.86이었으며, 선행연구를 참고하여 남해에 서식하는 갈치의 영양단계를 알아본 결과 (Huh, 1999), 3.68의 값을 보였다. 이러한 차이를 보인 것은 이번 연구의 경우 선행연구에 비해 크기가 큰 개체의 비율이 더욱 높게 채집되었기 때문에 먹이생물 중 어류의 섭식비율이 비교적 높게 나타나 영양단계가 차이를 보이는 것으로 판단된다. 또한 남해에서 갈치는 황아귀 (*Lophius litulon*)와 만새기

(*Coryphaena hippurus*) 등의 먹이생물로 보고되어(Cha *et al.*, 1997; Jeong *et al.*, 2017), 하위 영양단계의 생물과 최상위 포식자를 연결시키는 생태적 지위를 보이는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 어류가 모든 계절 동안 가장 중요한 먹이생물이었고, 봄철과 여름철에 각각 참조기와 갈치의 섭식비율이 비교적 높았으며, 가을철과 겨울철에는 멸치가 우점하는 것으로 나타났다. 참조기는 우리나라 서해, 남해, 동중국해에 서식하는 회유성 어종으로 3~6월에 서해 부근에서 산란하며, 10월 하순부터 월동을 위해 남하하는 것으로 알려져 있다(Bae, 1960). 따라서 이번 연구에서 갈치는 봄철과 여름철의 산란기 동안 서해에 출현하는 참조기를 다량 섭식한 것으로 판단된다. 또한 이번 연구에서 7월과 8월의 여름철 동안 항문장 22.5 cm (전장 68.3 cm)의 개체에서부터 공식현상(Cannibalism)이 관찰되었으며, 위내용물에서 관찰된 갈치의 평균전장은 16 cm로 어린 개체가 섭식되었다. 공식현상은 개체군 및 종의 풍부도를 조절하는데 큰 요인으로 작용하기 때문에 포식자에게 에너지 측면에서 이로운 효과를 주는데 이와 같은 공식 현상이 갈치의 경우 다수 관찰되었다(Lee, 1978; Huh, 1999; Mammel *et al.*, 2022). 이번 연구에서 여름철 난바다곤쟁이류의 섭식이 소폭 증가한 것으로 관찰되었는데 여름철 서해는 수온약층이 형성되며, 저층냉수대의 영향으로 난바다곤쟁이류가 높은 밀도로 출현하는 것으로 알려져 있다(Yoon *et al.*, 2006; Choi and Park, 2013; Lee *et al.*, 2021). 따라서 이번 연구에서 갈치는 여름철에 풍부하게 출현하는 난바다곤쟁이류를 섭식하여 다른 계절에 비해 비교적 높은 섭식비율을 나타낸 것으로 판단된다.

선행연구에 따르면 남해에 서식하는 갈치의 경우(Huh, 1999), 항문장 15.9 cm 전후로 갑각류에서 어류로 먹이전환하는 것이 관찰되었으며, 성장함에 따라 섭식된 먹이생물의 평균크기가 증가하는 것으로 보고되었다. 이번 연구에서 갈치는 모든 크기군에서 어류가 우점하였으며, < 15 cm 크기군에서는 비교적 크기가 작은 새줄멸과 멸치를 주로 섭식하다 성장함에 따라 ≥ 25 cm 크기군에서는 비교적 크기가 큰 참조기와 갈치의 섭식비율이 우점적으로 관찰되었다. 따라서 이번 연구에서는 15 cm 미만의 갈치 개체수가 많지 않았기 때문에 선행연구와 같이 갑각류에서 어류로의 먹이전환이 관찰되지 않은 것으로 추측되며, 성장함에 따라 먹이생물의 크기가 증가하는 것은 선행연구와 유사한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

해양 어류는 일반적으로 성장함에 따라 필요한 에너지를 축적하기 위해 먹이생물의 개체수나 중량을 늘리는데 이번 연구에서 갈치의 전장이 커짐에 따라 평균 먹이생물 개체수는 증가하였으며, 중량은 점차 증가하다 ≥ 25 cm의 크기군에서 다소 감소하는 양상을 보였다. 이러한 결과는 ≥ 25 cm의 크기군의 개체가 에너지 요구량을 만족시키기 위해 난바다곤쟁이류를 다량 섭식함에 따라 나타난 결과로 특히 여름철 194해구에

서 채집된 개체가 난바다곤쟁이류를 우점적으로 섭식하여 나타난 결과로 판단된다. 이와 대조적으로 여름철에 202해구에서 채집된 ≥ 25 cm의 크기군의 갈치는 참조기와 갈치와 같은 비교적 크기가 큰 어류를 우점적으로 섭식하였으며, 채집해역 간 먹이생물 조성 차이를 보이는데 이러한 결과는 해역 내의 먹이 가용성(Prey availability)의 차이에 의해 나타난 결과로 판단되며, 계절변화와 개체의 크기 등의 요인 외에도 서식환경 요인도 갈치의 먹이생물 조성에 대하여 영향을 줄 것으로 생각된다.

이번 연구에서 갈치는 계절과 크기에 따라 먹이생물 조성의 유의한 차이를 보였고, CAP 분석을 통해 봄철과 여름철의 경우 작은 크기군은 각각 새줄멸과 멸치가 기여도가 높았으며, 큰 크기군은 모두 참조기와 갈치가 기여도가 높은 것으로 나타났다. 먹이 가용성은 서식환경의 시·공간적인 요인과 개체의 크기에 따라 차이를 보이는데(Holt *et al.*, 2019) 이번 연구에서 같은 계절에 크기군에 따라 우점 먹이생물이 차이를 보이는 것은 어체의 크기가 커짐에 따라 입의 크기가 증가하며, 유영 능력 등이 향상됨에 따라 먹이 가용성이 증가했기 때문에 나타난 결과로 추측된다(Barnes *et al.*, 2010).

요 약

우리나라 서해에서 출현하는 갈치의 식성을 파악하기 위해 4.5~33.7 cm의 항문장 범위를 나타내는 377개체의 위내용물을 분석하였다. 갈치의 주 먹이생물은 74.1%의 상대중요도지수비를 나타낸 어류였고, 멸치가 가장 우점하였다. 이번 연구에서 갈치의 영양단계는 3.84를 나타내었다. 어류는 모든 계절 동안 갈치의 가장 중요한 먹이생물이었으며, 가을철과 겨울철에는 멸치가 우점하였고, 봄철과 여름철에는 참조기가 우점하였다. 어류는 갈치의 모든 크기군(< 15 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, ≥ 25 cm)에서 가장 중요한 먹이생물이었으며, 크기가 작은 개체의 경우 새줄멸과 멸치를 주로 섭식하다 항문장이 커짐에 따라 참조기와 갈치의 섭식 비율이 높아지는 것으로 나타났다. 또한 갈치의 항문장이 커짐에 따라 평균 먹이생물 개체수와 중량이 증가하는 경향을 나타내었다. PERMANOVA 분석을 통해 계절과 크기군에 따라 갈치의 식성은 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(ICT기반 수산자원관리연구센터).

REFERENCES

- Bae, T.H. 1960. The biological study on the Yellow Sea corvenia in the adjacent sea of Korea. Report Res. Fish. Resource, 4: 1-106.
- Barnes, C., D. Maxwell, D.C. Reuman and S. Jennings. 2010. Global patterns in predator-prey size relationships reveal size dependency of trophic transfer efficiency. Ecology, 91: 222-232. <https://doi.org/10.1890/08-2061.1>.
- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Jo, H.S. Sohn, Y.C. Park, W.S. Yang and O.I. Choi. 1997. Food habits of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 30: 95-104.
- Choi, J.W. and W.G. Park. 2013. Variations of marine environments and zooplankton biomass in the Yellow Sea during the past four decades. J. Mar. Sci. Eng., 25: 1046-1054. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2013.25.5.1046>.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES J. Mar. Sci., 56: 707-717. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0489>.
- Ebert, D.A. and J.J. Bizzarro. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajoiformes: Rajoidei). Environ. Biol. Fish., 80: 221-237.
- Holt, R.E., B. Bogstad, J.M. Durant, A.V. Dolgov and G. Ottersen. 2019. Barents Sea cod (*Gadus morhua*) diet composition: long-term interannual, seasonal, and ontogenetic patterns. ICES J. Mar. Sci., 76: 1641-1652. <https://doi.org/10.1093/ices-jms/fsz082>.
- Huh, S.H. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Korean J. Ichthyol., 11: 191-197.
- Jeong, J.M., J. Choi, Y.J. Im and J.N. Kim. 2017. Feeding habits of dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the South Sea of Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 50: 541-546.
- Kim, H.J., J.H. Park, D.H. Kwon and Y. Kim. 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, 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: 92-97. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0092>.
- Kim, J.Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coasts of Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 16: 401-409.
- Kim, J.Y. and Y.J. Kang. 1992. Spawning ecology of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southern waters of Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 25: 331-340.
- Kim, Y.H., J.T. Yoo, E.H. Lee, T.Y. Oh and D.W. Lee. 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>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Fishery production survey. Available at: <http://kosis.kr> (accessed on May 2022).
- Lee, B.R., W. Park, H.W. Lee, J.H. Choi, T.Y. Oh and D.N. Kim. 2021. Spatio-temporal distribution of Euphausiids in Korean waters in 2016. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 54: 456-466.
- Lee, S.C. 1978. Food and feeding habits of ribbonfishes, *Trichiurus japonicus* and *T. lepturus*. Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica, 17: 117-124.
- 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>.
- Park, C.S., D.W. Lee and K.S. Hwang. 2002. Distribution and migration of hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. J. Korean Soc. Fish. Res., 5: 1-11.
- Pauly, D., A.W. Trites, E. Capuli and V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES J. Mar. Sci., 55: 467-481. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0428>.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Yan, Y., G. Hou, J. Chen, H. Lu and X. Jin. 2011. Feeding ecology of hairtail *Trichiurus margarites* and largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the Beibu Gulf, the South China Sea. Chinese J. Oceanol. Limnol., 29: 174-183. <https://doi.org/10.1007/s00343-011-0004-z>.
- Yoon, W.D., J.Y. Yang, D. Lim, S.H. Cho and G.S. Park. 2006. Species composition and spatial distribution of euphausiids of the Yellow Sea and relationships with environmental factors. Ocean Sci. J. 41: 11-29. <https://doi.org/10.1007/BF03022402>.