

한국 남해에서 출현하는 눈볼대 (*Doederleinia berycoides*)의 식성과 영양단계

김도균 · 김현지¹ · 이승종¹ · 백근욱*

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터
¹국립수산과학원 수산자원연구센터

Feeding Habits and Trophic Level of Blackthroat Seaperch, *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea by Do-Gyun Kim, Hyeon Ji Kim¹, Seung-Jong Lee¹ 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; ¹Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea)

ABSTRACT To investigate the feeding habits and trophic level of the blackthroat seaperch, *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea, fish samples were collected by a bottom trawl net from fisheries resources survey vessels of NIFS in February, May, August and November 2021. The total length (TL) of these specimens was from 3.3 to 33.1 cm. *D. berycoides* fed majorly on Teleostei (especially *Engraulis japonicus*) based on index of relative importance (%IRI=64.4%). *D. berycoides* underwent an ontogenetic dietary shift. Smaller individuals (<10.0 cm TL) fed mainly on amphipods. The proportion of amphipods decreased as body size increased, whereas the consumption of Teleostei increased gradually. Examination of the feeding habits according to ontogenetic feeding patterns in the diets of *D. berycoides* revealed that the mean weight of prey (mW/ST) continuously increased, while mean number of prey (mN/ST) decreased and then increased. The estimated average trophic level of the *D. berycoides* was 3.62 ± 0.64 , ranging from 3.31 ± 0.52 to 3.79 ± 0.70 .

Key words: South Sea, feeding habits, trophic level, *Doederleinia berycoides*

서 론

농어목(Perciformes) 반딧불게르치과(Acropomatidae)에 속하는 눈볼대(*Doederleinia berycoides*)는 한국 남해 연안, 일본과 동인도에서 서부태평양까지 분포하며, 수심 약 60~620 m 해역에 서식한다(NIFS, 2017). 주요 서식해역인 제주도 부근의 눈볼대 계군은 추계에 남해 연안과 대마도 부근해역으로 회유하기 시작하여 동계에는 부산 앞바다까지 회유했다가 춘계에 다시 제주도 부근으로 회유하는 것으로 알려져 있다

(NIFS, 2017). 눈볼대는 전장 약 40 cm까지 성장하는 것으로 알려져 있으며, 중, 대형 외끌이 어업을 비롯한 기선저인망어업에 어획되는 대표적인 어종으로 특히 한국, 일본 등지에서 수산 식품으로 선호도가 높아, 상업적인 가치가 매우 뛰어난 어종이다(Kim *et al.*, 2020b). 통계청의 어업생산 동향조사에 따르면, 눈볼대의 어획량은 2004년에 급격히 상승하여 처음으로 3,000 t 이상으로 나타났고, 현재까지 3,000 t 전후의 어획량을 기록하고 있으며, 생산 금액이 매년 꾸준히 증가하고 있는 양상을 확인할 수 있었다(KOSIS, 2022). 따라서 눈볼대의 어획량 및 생산 금액의 증가 양상과 수산 식품으로의 선호도를 보았을 때, 눈볼대의 상업적인 가치는 더욱 높아질 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2020b)

자원생태학적 연구 중에서도 식성과 영양단계 같은 섭식생

저자 직위: 김도균(대학원생), 김현지(해양수산연구소), 이승종(해양수산연구소), 백근욱(교수)

*Corresponding author: Gun Wook Baeck Tel: 82-55-772-9156, Fax: 82-55-772-9159, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

태 연구는 대상 수산자원의 생물·생태학적인 측면의 이해와 생태적 지위와 역할, 환경먹이생물의 파악, 어황 및 자원변동 기작 규명을 통해 생태계 기반 수산자원 평가와 관리에 직접적으로 이용되기 때문에 필수적으로 수행되어야 하는 기초생태 연구이다(Hyslop, 1980; Kim *et al.*, 2021).

우리나라에서 수행된 눈볼대 생태에 관한 선행연구를 살펴보면 생식생태(Cha *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2020b), 연령과 성장(Choi *et al.*, 2012), 섭식생태(Huh *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2014a), 자원생태학적 특성치(Choi *et al.*, 2014b) 등이 수행되었다. 하지만 눈볼대 섭식생태에 관한 연구는 2004년부터 2008년까지 채집된 개체들을 대상으로 수행되었으며, 현재 해양생태계는 과거와 달리 급격히 변화하는 해양환경, 어업기술의 발달 등 여러 가지 요인에 의해 수산자원의 분포와 생물학적 특성치가 계속해서 변화하고 있다(Kim *et al.*, 2020a). 또한 2000년대 들어서 눈볼대를 비롯한 수산자원의 자원량이 대부분 감소한 것으로 알려져 있지만, 눈볼대의 생산량은 감소하지 않았다(Choi *et al.*, 2019). 하지만 눈볼대의 50% 성숙 전장이 27.0 cm로 알려져 있는데(Kim *et al.*, 2020b), 상업어선 및 연근해어업자원조사에서 채집된 눈볼대의 평균 전장이 17.1~26.0 cm 범위를 보이는 것으로 보아(Huh *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2014a; Kim *et al.*, 2020b), 미성숙개체의 어획강도가 높다고 판단되며, 눈볼대 자원상태에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 추정된다. 따라서 효율적인 수산자원 관리를 위해서는 지속적인 연구수행을 통한 생태학적 정보 구축이 필요하다.

이번 연구는 눈볼대의 식성과 성장에 따른 영양단계를 분석하여 향후 생태계 기반 수산자원 관리와 평가에 이용되는 어종 간 섭식관계와 먹이망 연구를 위한 신뢰성 있는 생태학적 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

연구에 사용된 눈볼대는 국립수산물과학원 수산과학조사선 탐구 20, 22, 23호의 저층트롤어구(Bottom trawl net)를 이용하여, 2021년 2월, 5월, 8월, 11월 남해 16개의 해구(99, 104, 105, 106, 110, 111, 222, 223, 224, 232, 233, 234, 242, 243, 252, 253)에서 어획된 개체를 이용하여 조사하였다(Fig. 1). 채집된 개체는 현장에서 전장 0.1 cm, 체중 0.001 kg 단위까지 측정하였고, 측정된 개체는 위를 적출하여 10% formalin solution에 고정한 후, 해부현미경(LEICA L2, LEICA, Wetzlar, Germany) 하에서 가능한 종(Species) 수준까지 도감을 참고하여 분석하였다(Kaname 1998; Kim *et al.*, 2005a; Hong *et al.*, 2006). 분석된 먹이생물은 개체수를 계수한 후, 습중량을 0.0001 g 단위까지 측정하였다. 위내용물 조성 결과는 공복상

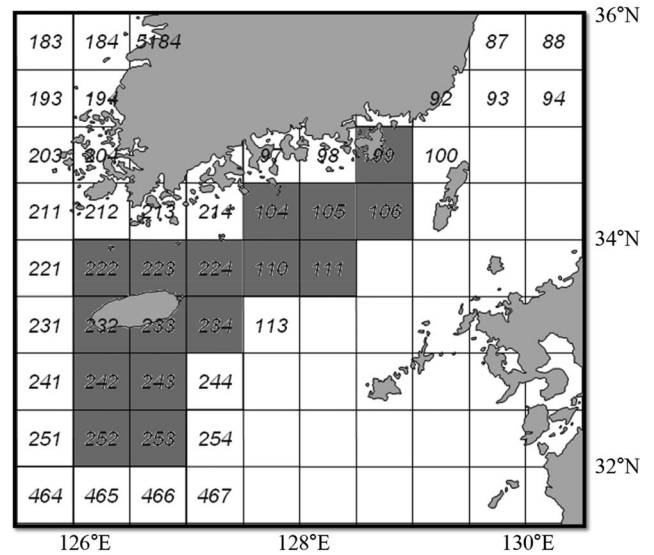


Fig. 1. A map showing the fishing area where *Doederleinia berycoides* were caught in the South Sea of Korea (■).

태의 개체를 제외한 후, 아래의 식을 이용하여 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 중량비(%W)로 나타내었다(Hyslop, 1980).

$$%F = \frac{A_i}{N} \times 100$$

$$%N = \frac{N_i}{N_{total}} \times 100$$

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

여기서, A_i 는 위내용물에서 해당 먹이생물이 발견된 눈볼대의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 눈볼대 총 개체수, N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물 개체수와 중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이생물 개체수와 중량이다.

이후, 먹이생물의 상대중요도지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 나타내었으며, 상대중요도지수를 백분율로 환산한 상대중요도지수비(%IRI)를 이용하여 먹이생물 선호도를 분석하였다.

$$IRI = (%N + \%W) \times \%F$$

성장에 따른 눈볼대의 먹이생물 조성 변화를 알아보기 위해 먹이생물의 변화가 관찰된 전장과 모집단을 비교할 수 있는 개체수를 고려하여 3개의 전장그룹(< 10.0 cm, n=21; 10.0~20.0 cm, n=76; ≥ 20.0 cm, n=55)으로 구분하였다. 3개의 전장그룹 간의 먹이 섭식 특성 분석을 위해, 전장그룹별 개체당 먹이생물의 평균 개체수(Mean number of preys per stomach, mN/ST)와 개체당 먹이생물의 평균 중량(Mean

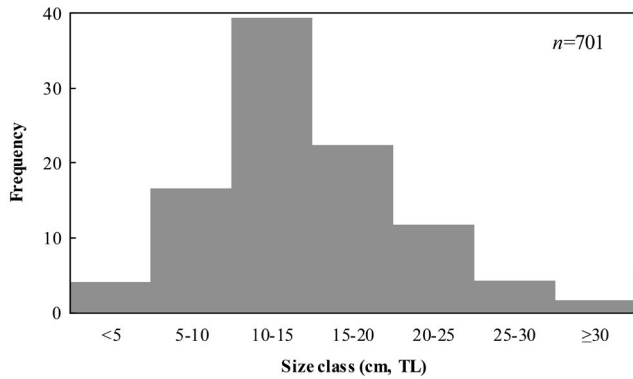


Fig. 2. Total length frequency of *Doederleinia berycoides* collected in the South Sea of Korea.

weight of preys per stomach, mW/ST 의 평균차이를 분석하였다.

일반적으로 3개 이상 그룹의 평균차이를 검증하기 위해서는 분산분석을 실시하지만, 이 방법의 가정은 정규성이 인정되어야 한다. 그러나 이번 연구의 정규성 검증에서 Shapiro-Wilk와 Kolmogorov-Smirnov^a 결과의 유의확률이 모두 0.05 미만으로 나타나 정규성이 인정되지 않았다. 따라서 정규성이 인정되지 않는 경우에 사용하며, 비모수 평균차이를 추정하는 Kruskal-Wallis test (SPSS version 20)를 이용하여 평균 간의 차이를 검증하였다. Kruskal-Wallis test (SPSS version 20)의 사후분석으로는 Mann-Whitney U (SPSS version 20)를 사용하였다.

생태적 지위를 추정하는 영양단계 (Trophic level)는 아래의 식으로 구성된 TrophLab (Pauly *et al.*, 2000)을 이용하여 3개의 전장그룹 (< 10.0 cm, n=21; 10.0~20.0 cm, n=76; ≥ 20.0 cm, n=55)의 영양단계와 평균 영양단계를 나타내었다.

$$TROPH_i = 1 + \sum_{j=1}^G CD_{ij} TROPH_j$$

여기서, $TROPH_i$ 는 i 생물의 영양단계, CD_{ij} 는 i 의 위에서 출현한 j 의 비율, G 는 포식자가 섭식한 먹이생물 분류군의 수, $TROPH_j$ 는 먹이생물 j 의 영양단계이다. 먹이생물 분류군의 영양단계는 Pauly *et al.* (1998), Pauly and Christensen (2000), Pauly and Palomares (2000), Ebert and Bizzarro (2007)를 참고하였다.

결 과

1. 전장분포

연구에서 사용된 눈볼대는 총 701개체이며, 전장 (Total length) 분포는 3.3~33.1 cm 범위로 나타났다 (Fig. 2). 그 중에

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

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Amphipoda	21.7	23.2	0.4	511.4	9.1
Gammaridae	0.7	0.3	+		
<i>Parathemisto</i> sp.	21.1	22.9	0.4		
Anomura	0.7	0.1	0.1	0.1	+
<i>Munida japonica</i>	0.7	0.1	0.1		
Euphausiacea	13.8	14.2	1.6	218.2	3.9
<i>Euphausia</i> spp.	13.8	14.2	1.6		
Caridea	30.3	13.2	15.4	863.7	15.4
<i>Crangon hakodatei</i>	5.9	1.8	10.2		
<i>Leptochela sydniensis</i>	10.5	7.5	1.7		
Unidentified Macrura	13.8	3.8	3.5		
Mysidacea	9.9	37.8	2.1	393.4	7.0
Stomatopoda	0.7	0.1	0.9	0.7	+
Bivalvia	0.7	0.1	0.1	0.1	+
Cephalopoda	2.0	0.4	3.2	7.1	0.1
<i>Euprymna morsei</i>	0.7	0.1	0.6		
<i>Sepiolo birostrata</i>	0.7	0.1	0.2		
<i>Todarodes pacificus</i>	0.7	0.1	2.4		
Teleostei	41.4	10.8	76.3	3,608.8	64.4
<i>Acropoma japonicum</i>	0.7	0.1	0.6		
<i>Engraulis japonicus</i>	12.5	4.3	44.4		
<i>Harpadon nehereus</i>	0.7	0.1	0.6		
<i>Maurollicus muelleri</i>	0.7	0.1	0.6		
<i>Trichiurus japonicus</i>	0.7	0.1	6.2		
Unidentified Pisces	26.3	5.9	23.9		
Polychaeta	0.7	0.1	+	0.1	+
Total		100.0	100.0	5,603.6	100.0

+ : less than 0.1%

서도 10.0~15.0 cm 전장그룹이 전체 개체수의 39.4%를 차지하여 가장 우점하였고, 채집된 눈볼대의 평균 전장은 14.5 ± 5.7 cm로 나타났다.

2. 위내용물 조성

연구에서 사용된 눈볼대 701개체 중 공복인 개체는 549개체로 78.3%의 공복률을 나타내었다. 위내용물이 관찰된 눈볼대 152개체의 먹이생물을 분석한 결과 (Table 1), 41.4%의 출현빈도, 10.8%의 개체수비, 76.3%의 중량비를 차지하여 64.4%의 상대중요도지수비를 보인 어류 (Teleostei)가 가장 중요한 먹이생물로 나타났으며, 어류 중에서는 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 가장 우점하였다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 각각 15.4%, 9.1%, 7.0%의 상대중요도지수비를 보인 새우류 (Caridea), 단각류 (Amphipoda), 곤쟁어류 (Mysidacea) 순으

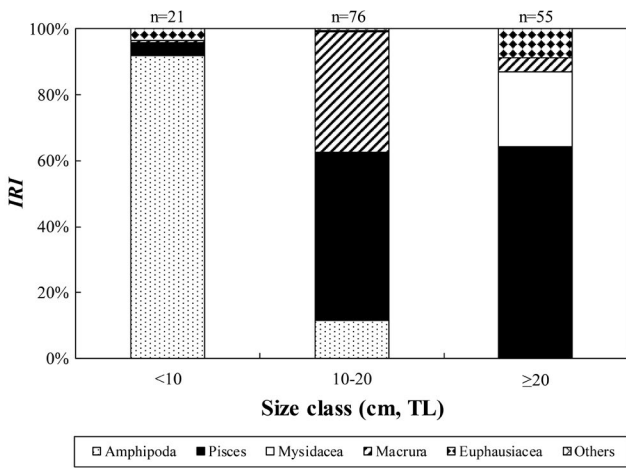


Fig. 3. Ontogenetic changes in the composition of stomach contents by %IRI of *Doederleinia berycoides*.

로 나타났다. 그 외에 난바다곤쟁이류 (Euphausiacea), 두족류 (Cephalopoda) 등이 출현하였지만, 상대중요도지수비 3.9% 이하로 그 양은 매우 적었다.

3. 성장에 따른 먹이생물 조성 변화

성장에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과 (Fig. 3), 10.0 cm 미만의 전장그룹에서는 단각류가 92.0%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물로 나타났으며, 그 외에는 어류, 두족류, 새우류 등이 출현하였지만, 3.9% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 많지 않았다. 10.0~20.0 cm 전장그룹에서는 어류와 새우류가 51.1%와 36.8%의 상대중요도지수비를 차지하여 증가하는 반면, 11.4%의 상대중요도지수비를 보인 단각류는 급격히 감소하였다. 그 외에 난바다곤쟁이류, 두족류 등이 출현하였지만, 그 양은 매우 적었다. 20.0 cm 이상의 전장그룹에서는 어류의 상대중요도지수비가 64.3%로 증가하였으며, 곤쟁이류가 22.6%의 상대중요도지수비를 보여 어류 다음으로 중요한 먹이생물로 나타났다. 그 외에 난바다곤쟁이류, 새우류, 단각류 등이 출현하였지만, 8.8% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 적었다.

전장그룹별 먹이 섭식 특성을 분석한 결과 (Fig. 4), 먹이생물의 평균 개체수는 성장함에 따라 감소하였다가 증가하는 경향을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (Kruskal-Wallis, $X^2 = 11.675$, $Df = 2, 183$, $P < 0.05$). 사후분석 결과, <10.0 cm와 10.0~20.0 cm 전장그룹, 10.0~20.0 cm와 ≥20.0 cm 전장그룹에서는 유의한 차이가 나타났지만 (Mann-Whitney U, $P < 0.05$), <10.0 cm와 ≥20.0 cm 전장그룹에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Mann-Whitney U, $P > 0.05$). 먹이생물의 중량은 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 통

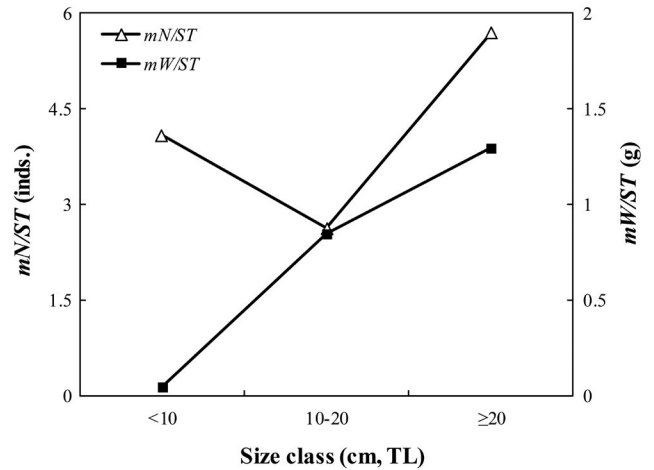


Fig. 4. Variation of mean number of prey per stomach (mN/ST) and mean weight of prey per stomach (mW/ST) of *Doederleinia berycoides* among size classes in the South Sea of Korea.

계적으로 유의한 차이가 있었다 (Kruskal-Wallis, $X^2 = 31.809$, $Df = 2, 183$, $P < 0.05$). 사후분석 결과, <10.0 cm와 10.0~20.0 cm 전장그룹, <10.0 cm와 ≥20.0 cm 전장그룹에서는 유의한 차이가 나타났지만 (Mann-Whitney U, $P < 0.05$), 10.0~20.0 cm와 ≥20.0 cm 전장그룹에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Mann-Whitney U, $P > 0.05$).

4. 영양단계 (Trophic level)

생태적 지위를 추정하는 영양단계를 분석한 결과, 10.0 cm 미만의 전장그룹에서는 3.31 ± 0.52 의 영양단계를 보였고, 10.0~20.0 cm 전장그룹에서는 3.79 ± 0.70 로 증가하였으며, 20.0 cm 이상의 전장그룹에서는 3.77 ± 0.69 로 10.0~20.0 cm 전장그룹의 영양단계 범위와 유사한 수준으로 나타났다. 또한 평균 영양단계는 3.62 ± 0.64 로 나타났다.

고찰

이번 연구에서 채집된 눈볼대의 주 먹이생물은 어류였으며, 어류 중에서 멸치가 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 소형 부어류인 멸치는 표층부터 수심 약 400 m의 저층까지 군집을 이루어 유영생활을 하는 것으로 알려져 있으며 (Fedorov *et al.*, 2003), 우리나라 연근해에서도 특히 남해에 가장 풍부하게 서식하는 것으로 알려져 있다 (Choo and Kim, 1998). 또한 멸치는 해양생태계 내에서도 규조류 (Diatom), 요각류 (Copepoda), 유충섬모충류 (Tintinnid), 난바다곤쟁이류 등과 같은 동·식물 플랑크톤과 상위 포식자를 연결하는 먹이망 내에서도 매우 중요한 영양단계에 위치한 어류이다 (Kim *et al.*, 2013; Kim *et*

al., 2017). 동물플랑크톤은 낮에는 하강하고 밤에는 상승하는 주야수직이동(Diurnal vertical migration)을 하는 것으로 알려져 있는데(Gang and Kim, 2005), 해양환경의 다양성 중 영양학적 조건인 플랑크톤의 시·공간적 군집구조 변동에 영향을 받으며(Diaz et al., 2011), 동물플랑크톤을 주로 섭식하는 것으로 알려진 멸치가 동물플랑크톤의 주야수직이동에 따라 군집을 이루어 표층과 저층을 색이회유(Feeding migration)하는 것으로 추정되고, 저층 생태계의 포식자에게도 중요한 먹이생물로 소비되고 있다. 근거로 한국 남해 중·저층에 서식하는 어종 중에서도 황아귀(*Lophius litulon*), 갯장어(*Muraenesox cinereus*), 달고기(*Zeus faber*) 등의 어종이 멸치를 주로 섭식한다는 것이 상당수 보고된 바 있다(An et al., 2012; Park et al., 2014; Choi et al., 2021). 또한 전갱이(*Trachurus japonicus*)와 고등어(*Scomber japonicus*) 같이 표층부터 저층까지 유영하는 부어류의 경우에도 멸치를 주로 섭식하는 것으로 나타났다(Kim et al., 2021, Seong et al., 2021). 눈볼대 섭식생태에 관한 선행연구에 따르면, Huh et al. (2011)의 연구에서 2005년 1년간 한국 남해에서 채집된 5.6~29.7 cm의 체장(Standard length, SL) 범위를 보이는 650개체의 눈볼대 주 먹이생물은 어류였으며, 어류 중에서도 멸치가 주요 종으로 나타났다. Choi et al. (2014a) 연구에서 2004년부터 2008년까지 한국 남해에서 트롤과 기선저인망 어업에 의해 채집된 6.8~39.8 cm의 전장(Total length, TL) 범위를 보이는 2,059개체 눈볼대의 주 먹이생물은 어류와 갑각류(Crustacea)로 나타났으며, 어류 중에서도 멸치가 주요 종을 차지했다. 따라서 중·저층에서 주로 어획되는 눈볼대는 풍부한 출현량을 보이고, 표층부터 저층까지 군집을 이루어 유영생활을 하는 멸치를 효율적으로 섭식할 수 있었던 것으로 판단된다.

이번 연구에서 눈볼대의 공복률은 78.3%로 매우 높게 나타났다. Choi et al. (2014a) 선행연구에서도 63.2%의 높은 수치의 공복률을 보였는데, 선행연구에서 높은 공복률을 보이는 이유는 상업어선에 의해 어획된 개체를 수산시장에서 운반하여 실험하는 과정에 시간이 지체되어 소화가 이루어진 것으로 판단하고 있다(Choi et al., 2014a). 하지만 Huh et al. (2011)의 연구에서 18.0%의 공복률로 비교적 낮게 나타난 것으로 보아 눈볼대의 주 먹이생물인 멸치가 동물플랑크톤의 주야수직 이동과 같은 시간적인 요인에 따라 눈볼대가 서식하는 수층에 군집을 이루어 높은 출현량을 보일 때 섭식이 비교적 용이하게 이루어져 공복률의 차이를 보였거나, 어식성 어류의 경우 먹이 소화시간이 짧으며, 어류 소화관의 공복률은 어획당시 일시적인 먹이부족의 가능성도 존재하였을 것이라고 추정된다. 따라서 시간적인 요인 및 소화단계에 따른 눈볼대의 섭식생태에 관한 추가적인 연구 수행이 필요할 것으로 사료된다.

이번 연구에서 눈볼대는 성장에 따라 단각류와 새우류 같은 갑각류에서 어류로 먹이전환이 이루어지는 것을 알 수 있

었고, 이는 선행연구에서도 확인된 바 있다(Huh et al., 2011; Choi et al., 2014a). 따라서 눈볼대는 단각류와 새우류 같은 갑각류를 섭식하다가 성장함에 따라 어류를 주로 섭식하는 것으로 판단된다. 또한 이번 연구와 선행연구에서 먹이생물이 전환된 크기군은 약 10.0~20.0 cm 사이인 것을 알 수 있었는데, 이 시기는 Choi et al. (2012)의 연령과 성장 연구에 따르면, 1~2세 연령군으로 추정된다. 하지만 어류의 성장의 경우, 수온, 먹이생물, 밀도 등의 요인에 따라 차이를 보이고, 구체적인 먹이전환 시기를 추정하기 위해서는 크기군별 충분한 개체수가 필요하며, 동시대에서의 자원생태학적 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 대부분의 어류는 성장함에 따라 생태적 지위와 먹이생물이 변화하는 것으로 알려져 있으며(Kim et al., 2021), 유영능력, 복강용적, 먹이 탐색능력이 증가하면서 큰 먹이생물을 섭식하거나, 먹이생물 개체수를 늘리는 형태로 나타난다(Gerking, 1994). 이번 연구에서 눈볼대의 성장에 따른 먹이 섭식 특성을 분석한 결과, 개체당 먹이생물의 평균 중량(mW/ST)은 성장함에 따라 지속적으로 증가했고, 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST)는 감소하다가 증가하는 것을 보았을 때, 유영능력과 먹이탐색능력이 미약한 시기에는 섭식하기 용이한 단각류, 새우류와 같은 갑각류를 주로 섭식하다가 성장함에 따라 유영능력과 먹이 탐색능력이 발달하고, 복강용적이 증가하여 에너지 효율적인 측면에서 더욱 효과적인 먹이생물인 어류로 전환하는 것으로 추정된다.

생태적 지위를 추정하는 영양단계(Trophic level)의 수치는 2.0~5.0 범위로 나타나는데, 2.0의 수치에 근접할수록 초식성(Herbivore) 또는 유기체설물 식성(Detritivore), 5.0의 수치에 가까울수록 육식성(Carnivore) 또는 어식성(Piscivore)으로 구분된다(Pauly et al., 1998; Pauly and Palomares, 2000). 이번 연구에서 눈볼대의 영양단계는 $3.31 \pm 0.52 \sim 3.79 \pm 0.70$ 으로 나타났으며, 먹이전환이 이루어진 10.0~20.0 cm 전장그룹에서는 영양단계의 값이 뚜렷하게 증가하였다. 또한 평균 영양단계가 3.62 ± 0.64 로 나타났으며, 남해에 출현하는 생물들의 평균 영양단계의 값이 3.46 ± 0.004 인 것으로 보았을 때(Zhang and Lee, 2004), 눈볼대는 멸치와 같은 소형어류와 눈볼대를 주로 섭식하는 황아귀(Kim et al., 2019) 등과 같은 최상위 포식자 사이를 연결시켜주는 중간 영양단계의 생물인 것으로 판단된다.

남해는 남해 연안수와 대마난류수를 비롯하여, 황해 저층 냉수 및 연안수 등 다양한 수괴가 공존하여 해양환경과 생태계뿐 아니라 어장의 형성에 복합적으로 영향을 미치고 있으며(Choo and Kim, 1998), 기후 변화로 수온이 매년 증가하여(Kim et al., 2005b), 아열대 해역화 될 것으로 예측되고, 제주 해역에 위치해 있는 20.3°C 등온선은 최대 100 km 북상하였다(Won et al., 2021). 또한 남획과 연안생태계 오염으로 남해의 영양단계가 계속해서 감소하는 경향이 나타났다(Zhang and

Lee, 2004). 그럼에도 이번 연구의 결과는 2004년부터 2008년까지 남해에서 채집된 개체들을 대상으로 수행된 눈볼대 선행 연구 결과와 유사하게 나타났다. 이러한 원인은 광온성과 광염성인 멸치가 남해에 풍부하게 분포하여(Kim *et al.*, 2013), 여전히 주요 먹이원으로 이용되고 있기 때문으로 판단된다. 그러나 지속적인 수온상승으로 인해 주 먹이원인 멸치 자원의 분포 변화 또는 동일한 먹이원을 이용하는 새로운 먹이경쟁 관계 발생 등은 눈볼대 자원의 분포에 영향을 줄 수 있기에 눈볼대의 섭식생태와 영양단계를 지속적으로 모니터링 해야 할 필요가 있다.

요 약

눈볼대는 중, 대형 외끌이 어업을 비롯한 기선저인망어업에 어획되는 대표적인 어종으로 생산금액 증가와 어획량, 수산식품 선호도를 보았을 때, 상업적인 가치는 더욱 높아질 것으로 판단된다. 해양생태계가 변화하고 있지만, 눈볼대 섭식생태에 관한 선행연구는 2004년부터 2008년까지 채집된 개체들을 대상으로 수행이 되어 추가 연구수행이 필요하다. 남해에서 저층트롤어업으로 채집된 눈볼대 701개체의 전장범위는 3.3~33.1 cm로 나타났으며, 공복률은 78.3%였다. 눈볼대의 주 먹이생물은 어류였으며, 어류 중에서도 멸치가 가장 우점하였다. 눈볼대는 성장함에 따라 단각류, 새우류와 같은 갑각류에서 어류로 먹이생물의 전환이 이루어지는 것으로 관찰되었다. 먹이 섭식 특성의 경우, 개체당 먹이생물의 평균 중량(mW/ST)은 성장함에 따라 지속적으로 증가했고, 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST)는 감소하다가 증가하는 것으로 나타났다. 영양단계의 범위는 $3.31 \pm 0.52 \sim 3.79 \pm 0.70$ 으로 나타났으며, 평균 영양단계는 3.62 ± 0.64 로 나타났다.

사 사

이 논문은 2022년도 국립수산물과학원 수산과학연구소사업(R2022030)의 지원으로 수행된 연구입니다.

REFERENCES

- An, Y.S., J.M. Park, H.J. Kim and G.W. Baeck. 2012. Feeding habits of daggertooth pike conger *Muraenesox cinereus* in the coastal water off Goseong, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 76-81. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0076>.
- Cha, H.K., S.K. Kang, T.Y. OH and J.H. Choi. 2010. Reproductive ecology of the blackthroat seaperch, *Doederleinia berycoides* (Hilgendorf) in South Sea of Korean waters. *J Korean Soc. Fish. Tech.*, 46: 368-375. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.4.368>.
- Choi, J.H., D.H. Kim, M.J. Choi, H.J. Kang, Y.I. Seo and J.B. Lee. 2019. Stock assessment and management of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* using Bayesian state-space model. *J Korean Soc. Fish. Ocean Technol.*, 55:95-104. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.2.095>.
- Choi, J.H., S.H. Choi and D.W. Lee. 2014a. Feeding ecology of the blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the southern seas of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 895-900. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0895>.
- Choi, J.H., S.H. Choi, D.W. Lee and D.K. Ryu. 2014b. Population ecology of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the southern seas of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 901-907. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0901>.
- Choi, J.H., S.H. Choi, Y.H. Kim, D.W. Lee and D.K. Ryu. 2012. Age and growth of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 246-252. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0246>.
- Choi, Y.J., Y.H. Kim and J.H. Lee. 2021. Diet composition of john dory *Zeus faber* in the coastal waters of the South Sea, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 526-531. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0526>.
- Choo, H.S. and D.S. Kim. 1998. The effect of variations in the Tsushima warm currents on the egg and larval transport of anchovy in the southern sea of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 31: 226-244.
- Diaz, M.V., M. Pajaro, M.P. Olivar, P. Martos and G.J. Macchi. 2011. Nutritional condition of Argentine anchovy *Engraulis anchoita* larvae in connection with nurse ground properties. *Fish. Res.*, 109: 330-341.
- Ebert, D.A. and J.J. Bizzarro. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidae). *Environ. Bio. Fish.*, 80: 221-237. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9227-4>.
- Fedorov, V.V., I.A. Chereshev, M.V. Nazarkin, A.V. Shestakov and V.V. Volobuev, 2003. Catalog of marine and freshwater fishes of the northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dalnauka, 2003. 204pp.
- Gang, J.H. and H.S. Kim. 2005. Quantification of Diel Vertical Migration of Zooplankton by ADCP Sound scatter signals. *Proceedings of the Korean Society of Marine Engineering*, 06a 772-776.
- Gerking, S.D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press San Diego CA, U.S.A., 416.
- Hong, S.Y., K.Y. Park, C.W. Park, C.H. Han, H.L. Suh, S.G. Yun, C.B. Song, S.G. Jo, H.S. Lim, Y.S. Kang, D.J. Kim, M.H. Son, H.K. Cha, K.B. Kim, S.D. Choi, K.Y. Park, C.W. Oh, D.N. Kim, H.S. Shon, J.N. Kim, J.H. Choi, M.H. Kim and I.Y. Choi. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. *Academybook*, Seoul, Korea, pp. 1-479.
- Huh, S.H., H.S. Oh, J.M. Park and G.W. Baeck. 2011. Feeding hab-

- its of the blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the southern sea of Korea. J. Korean Soc. Fish. Tech., 44: 284-289. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.2.118>.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17: 411-429.
- Kaname, O. 1998. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. Hokuryu-Kan Publishing Co, Ltd, Tokyo, Japan. 803.
- Kim, D.G., G.C. Seong, S.Y. Jin, H.Y. Soh and G.W. Baeck. 2021. Diet composition and trophic level of jack mackerel, *Trachurus japonicus* in the South Sea of Korea. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 57: 117-126. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.2.117>.
- Kim, D.G., Y.J. Im, J.N. Kim, H.W. Lee and G.W. Baeck. 2019. Feeding habits of yellow goosfish, *Lophius litulon* (Jordan, 1902) in coastal waters of Korea. KOFFST International Conference, 135.
- Kim, D.G., Y.J. Im, J.N. Kim, H.W. Lee, S.Y. Jin, Y.J. Choi and G.W. Baeck. 2020a. Maturity and spawning yellow goosfish *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, D.H., N. Nakashiki, D. Tsumune, Y. Yoshida, K. Maruyama and F.O. Bryan. 2005b. Ocean climate change in the Western North Pacific (WNP) under the Multi-Century Three-Member Ensemble Predictions. Asia-Pac. J. Atmos. Sci., 41: 239-247.
- Kim, H.J., D.H. Kwon, J.H. Park and Y.H. Kim. 2020b. Maturation of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in waters of southern Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 103-106.
- 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, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005a. Illustrated book of Korean Fishes. Kyo-hak Pub Co, Seoul, Korea, 615.
- Kim, M.J., S.H. Youn, J.Y. Kim and C.W. Oh. 2013. Feeding characteristics of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* according to the distribution of zooplankton in the coastal waters of southern Korea. Korean J. Environ. Biol., 31: 275-287. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.275>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Statistic database for fisheries production. Korean Statistical Information Service Retrieved from <http://www.fips.go.kr>. Accessed 23 May 2022.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2017. Ecology and Fishing Ground of Fisheries Resources in Korean Waters, Busan, Korea, pp. 77-86.
- Park, J.M., S.H. Huh, J.M. Jeong and G.W. Baeck. 2014. Diet composition and feeding strategy of yellow goosfish, *Lophius litulon* (Jordan, 1902), on the southeastern coast of Korea. J. Appl. Ichthyol., 30: 151-155. <https://doi.org/10.1111/jai.12337>.
- Pauly, D., A. Trites, E. Capuli and V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES J. of Marine Science, 55: 467-481.
- Pauly, D and M.L. Palomares. 2000. Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon. In: Briand, F. (ed.), Fishing Down the Mediterranean Food Webs, CIESM Workshop Series, 12: 61-66.
- Pauly, D. and M. Palomares. 2000. Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon. Fishing Down the Mediterranean Food webs. Vol. 12 Bruabd, F. (ed.), CIESM Workshop Series, Kerkyra, Greece, 61-66.
- Pauly, D. and V. Christensen. 2000. Trophic levels of fishes. In: Froes, R. and D. Pauly (eds.), Fishbase 2000: Concepts, design and Data Sources, Manila: ICLARM, 181pp.
- Pauly, D., R. Froes, P.S. Sa-a, M.L. Palomares, V. Christensen and J. Rius. 2000. Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon. In: Briand, F. (ed.), Fishing Down the Mediterranean Food Webs, CIESM Workshop Series, 12: 61-66.
- Pauly, D., V. Christense, J. Dalsgaard, R. Froese and F. Torres. 1998. Fishing down marine food webs. Science, 279: 860-863.
- Pianka, 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.
- Seong, G.C., D.G. Kim, S.Y. Jin, H.Y. Soh and G.W. Baeck. 2021. Diet composition of the chub mackerel *Scomber japonicus* in the coastal waters of the South Sea of Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 54: 73-79. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0073>.
- Won, J.S., Y.J. Lee, H.W. Lee and J.H. Noh. 2021. Effect of marine environment changes on the abundance and community composition of cyanobacteria in the South Sea of Korea. Ocean and Polar Research, 43: 279-293. <https://doi.org/10.4217/OPR.2021.43.4.279>.
- Zhang, C.L. and S.K. Lee. 2004. Trophic levels and fishing intensities in Korean marine ecosystems. J. Korean Soc. Fish. Res. 6: 140-152.