

# 한국 동해 연안에 출현하는 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)의 식성

진수연 · 김도균 · 성기창 · 강다연 · 이주은 · 박현솔 · 양혜진 · 서호영<sup>1</sup> · 백근욱\*

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터,  
<sup>1</sup>전남대학교 해양융합과학과

**Feeding Habits of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the Coastal Waters of East Sea, Korea by Suyeon Jin, Do-Gyun Kim, Gi Chang Seong, Da Yeon Kang, Ju Eun Lee, Hyun-sol Park, Hye-jin Yang, Ho Young Soh<sup>1</sup> and Gun Wook Baeck\*** (Department of Marine Biology and Aquaculture Science/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; <sup>1</sup>Department of Ocean Integrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The feeding habits of sandfish, *Arctoscopus japonicus* were studied using 781 specimens collected by Eastern Sea Danish and gill net from January 2020 to December 2021 in the coastal waters of East Sea, Korea. The size of the specimens ranged from 14.8 to 25.4 cm in total length. *A. japonicus* were fed mainly on amphipods that constituted 54.7% in IRI. Cephalopods were the second largest prey component. The diets also include small quantities of euphausiids, crabs, shrimps, fishes, and worms. The diet composition of *A. japonicus* showed changes in season. The cephalopods feeding rate was highest in summer, whereas the proportion of euphausiids was higher in spring than in other seasons. The proportion of cephalopods has increased as the body size of *A. japonicus* increased, whereas the proportion of amphipods and euphausiids decreased gradually. As the body size of *A. japonicus* increased the mean weight of prey per the stomach (*mW/ST*) tended to increase significantly (One-way ANOVA,  $P < 0.05$ ).

**Key words:** Feeding habits, sandfish, *Arctoscopus japonicus*

## 서 론

도루묵과(Trichodontidae) 어류는 우리나라에 1속 1종, 전 세계에 2속 2종이 서식하는 것으로 알려져 있으며, 이 중 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)은 우리나라 동해, 일본 중부 이북, 캄차카 반도, 알래스카 등에 분포한다(Kim *et al.*, 2005). 또한, 도루묵은 주로 수심 100~200 m의 대륙붕의 모래 또는 펄로 구성되어 있는 저질에 서식하는 냉수성 저어류로, 산란기는 11~2월이며, 산란기가 되면 해조류가 무성한 수심 2~10 m의 연안으로 회유하는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2006).

도루묵의 생태에 관한 선행 연구를 살펴보면, 국내에서는 자치어 분포와 회유(Yang *et al.*, 2013), 식성(Lee *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2019), 연령과 성장(Lee and Kang, 2006; Yang *et al.*, 2008), 회유와 분포특성(Yang *et al.*, 2012), 성숙과 산란(Lee *et al.*, 2006)에 관한 연구가 있고, 국외에서는 자치어 수직 분포와 식성(Komoto *et al.*, 2011), 수심별 분포양상(Panchenko and Antonenko, 2021) 등의 연구가 수행되었다.

어류의 식성에 관한 연구는 생태계 내에 대상종의 위치와 먹이사슬에서의 피·포식 관계를 파악하여, 생태계 기반 자원관리 및 평가에 대한 생태학적 정보를 제공하기 때문에 중요하다. 도루묵은 해양생태계 내에서 1차 소비자인 단각류(Amphipoda)를 대량으로 섭식하며(Lee *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2019), 상위 포식자인 대구(*Gadus macrocephalus*), 별레문치(*Lycodes tanakae*), 명태(*G. chalcogrammus*) 등의 먹이생물로 알려져 있

저자 직위: 진수연(대학원생), 김도균(대학원생), 성기창(대학원생), 강다연(대학원생), 이주은(대학원생), 박현솔(대학원생), 양혜진(대학원생), 서호영(교수), 백근욱(교수)

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

다(Yoon *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2013; Ko *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2021). 또한, 우리나라 동해의 주요 수산자원 중 하나로 높은 경제적 가치가 인정됨에 따라, 효율적인 자원관리를 위해 2006년 수산자원회복 대상종으로 지정되었으며, 2009년부터 총허용어획량(Total Allowable Catch, TAC) 제도가 시행되어 도루묵 자원을 관리하고 있다.

하지만, 최근 기후변화로 인해 우리나라 주변해역의 수온이 상승하고 있으며, 특히 이번 연구기간 동안 동해의 수온이 지난 30년 중 가장 높게 관측된 것으로 보고되었다(OCPC, 2022). 기후 변화는 어류의 성장률, 사망률, 재생산력뿐만 아니라 종의 분포, 피식자와 포식자 관계에 영향을 주기 때문에(Whitehouse *et al.*, 2021), 냉수성 어종인 도루묵 자원량에도 영향을 줄 것으로 예상된다. 실제로 최근 도루묵의 연간 어획량을 살펴보면 2016년 이전까지 증가하던 추세를 보이던 어획량이 2016년 7,497톤이 어획된 이후 2021년 2,760톤으로 급감하였다(KOSIS, 2022). 따라서 최근 급격한 기후변화로 인해 동해 해양생태계 먹이망에서 중요한 역할을 하는 도루묵의 먹이생물 조성에 변화가 있는지 모니터링할 필요가 있다.

이번 연구에서는 우리나라 동해 연안에 출현하는 도루묵을 대상으로 1) 위내용물 조성, 2) 계절별 위내용물 조성의 변화, 3) 크기군별 위내용물 조성의 변화 분석을 통해 향후 자원관리에 신뢰성이 있는 parameter를 제공하고자 한다.

### 재료 및 방법

이번 연구에 사용된 도루묵의 시료는 2020년 1, 3, 5, 6, 10, 11, 12월, 2021년 1~12월에 우리나라 동해의 55, 63, 69, 76, 82, 87 해구에서 동해구외끝이저인망과 연안자망 어업을 통해 채집하였다(Fig. 1).

채집한 시료는 전장(Total length)을 0.1 cm, 습중량(Wet weight)을 0.1 g 단위까지 측정하였다. 측정된 개체는 위를 적출하여 10% 포르말린에 고정한 후 해부현미경 아래에서 가능한 중 수준까지 동정하였다. 출현한 먹이생물은 개체수를 계수하였고, 습중량은 0.0001 g까지 측정하였다. 먹이생물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 산출하였다(Hyslop, 1980).

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

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

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

여기서  $A_i$ 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 도루묵의 개체수이고,  $N$ 은 먹이를 섭식한 도루묵의 총 개체수,  $N_i$ 와  $W_i$ 는 각

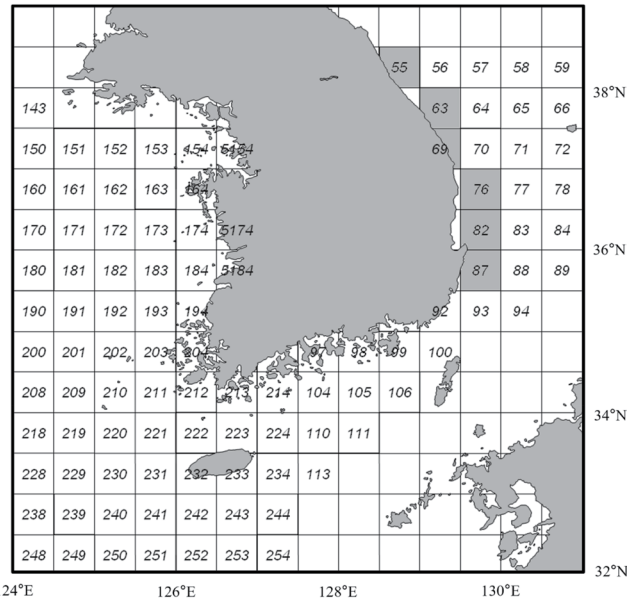


Fig. 1. Location of sampling areas in the coastal waters of East Sea of Korea (■).

각 해당 먹이생물의 개체수와 습중량,  $N_{total}$ 과  $W_{total}$ 은 전체 먹이생물의 개체수와 습중량을 나타낸 것이다. 먹이생물의 상대중요도지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용해 산출하였다.

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

상대중요도지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%IRI)로 나타내었다.

계절별 먹이생물 조성을 알아보기 위하여 봄(3~5월;  $n = 203$ ), 여름(6~8월;  $n = 122$ ), 가을(9~11월;  $n = 128$ ), 겨울(12~2월;  $n = 112$ )로 구분하였으며, 크기군별 먹이생물 조성을 알아보기 위하여 먹이생물의 변화가 관찰된 전장과 모집단을 비교할 수 있는 개체수를 고려하여 3개의 크기군(< 19 cm,  $n = 164$ ; 19~21 cm,  $n = 170$ ;  $\geq 21$  cm,  $n = 231$ )으로 구분하여 분석하였다. 또한 크기군별 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군별 개체당 먹이생물의 평균 개체수(Mean number preys per stomach,  $mN/ST$ )와 개체당 먹이생물의 평균 중량(Mean weight preys per stomach,  $mW/ST$ )을 구하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다(Microsoft excel 365).

### 결 과

#### 1. 위내용물 조성

이번 연구에 사용된 도루묵은 총 781개체였으며, 전장은 14.8~25.4 cm의 범위를 보였고, 먹이생물을 전혀 섭식하지 않

**Table 1.** Composition of stomach contents of *Arctoscopus japonicus* by frequency of occurrence (%F), number (%N), wet weight (%W), and index of relative importance (%IRI) in the coastal waters of East Sea, Korea

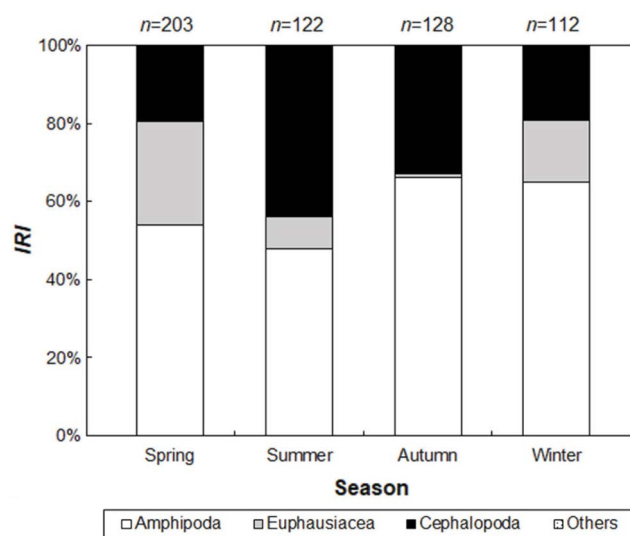
Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
<b>Amphipoda</b>	<b>63.9</b>	<b>77.4</b>	<b>14.9</b>	<b>5,898.2</b>	<b>54.7</b>
<i>Anonyx</i> sp.	0.4	+	+		
<i>Byblis</i> sp.	0.2	+	+		
<i>Hyperia</i> sp.	0.9	0.3	0.1		
Hyperiididae	2.7	0.9	0.1		
<i>Themisto japonica</i>	60.4	76.2	14.7		
Unidentified Amphipoda	0.7	+	+		
<b>Brachyura</b>	<b>0.2</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>
<b>Euphausiacea</b>	<b>46.0</b>	<b>18.9</b>	<b>8.2</b>	<b>1,247.7</b>	<b>11.6</b>
<i>Euphausia</i> spp.	46.0	18.9	8.2		
<b>Macrura</b>	<b>1.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>+</b>
<b>Cephalopoda</b>	<b>46.4</b>	<b>3.4</b>	<b>75.0</b>	<b>3,636.6</b>	<b>33.7</b>
<i>Watasenia scintillans</i>	12.9	1.1	64.8		
Unidentified Cephalopoda	34.0	2.4	10.2		
<b>Pisces</b>	<b>2.7</b>	<b>0.2</b>	<b>1.5</b>	<b>4.4</b>	<b>+</b>
<i>Maurollicus muelleri</i>	0.9	0.1	1.0		
Unidentified Pisces	1.8	0.1	0.5		
<b>Polychaeta</b>	<b>0.2</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>
Total		100.0	100.0	10,787.4	100.0

+ : less than 0.1%

은 개체는 216개체로 27.7%의 공복률을 보였다. 위내용물이 발견된 565개체의 먹이생물을 분석한 결과 (Table 1), 도루묵의 주 먹이생물은 63.9%의 출현빈도, 77.4%의 개체수비, 14.9%의 중량비를 차지하여 54.7%의 상대중요도지수비를 나타낸 단각류였다. 단각류 중에서는 60.4%의 출현빈도, 76.2%의 개체수비, 14.7%의 중량비를 차지한 긴채찍하늘옆새우 (*Themisto japonica*)를 주로 섭식한 것으로 나타났다. 단각류 다음으로 중요한 먹이생물은 46.4%의 출현빈도, 3.4%의 개체수비, 75.0%의 중량비를 차지하여 33.7%의 상대중요도지수비를 나타낸 두족류 (Cephalopoda)였으며, 두족류 중에서는 매오징어 (*Watasenia scintillans*)가 중요한 먹이생물이었다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 46.0%의 출현빈도, 18.9%의 개체수비, 8.2%의 중량비를 차지하여 11.6%의 상대중요도지수비를 나타낸 난바다곤쟁이류 (Euphausiacea)였다. 그 외, 게류 (Brachyura), 새우류 (Macrura), 어류 (Pisces), 갯지렁이류 (Polychaeta)가 출현하였으나 각각 상대중요도지수비 0.1% 미만으로 그 양은 매우 적었다.

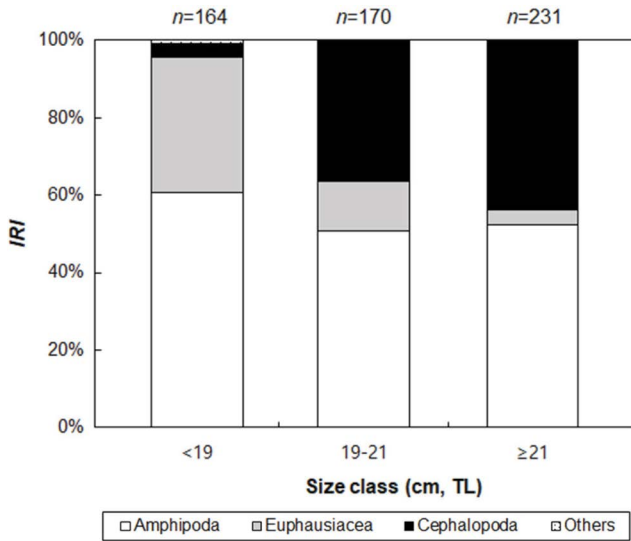
## 2. 계절별 위내용물 조성 변화

도루묵의 계절별 위내용물 조성의 차이를 분석한 결과 (Fig. 2), 모든 계절에 단각류를 주로 섭식하였으나 계절에 따라 섭식 비율의 차이가 관찰되었다. 봄철에는 단각류가 54.0%의 비율을



**Fig. 2.** Diet composition of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters of East Sea, Korea based on by index of relative importance (%IRI) by season (Spring, n = 203; Summer, n = 122; Autumn, n = 128; Winter, n = 112).

보였고, 난바다곤쟁이류가 26.5%로 연중 가장 높은 비율을 차지하였다. 여름철에는 단각류와 난바다곤쟁이류의 비율이 각각 47.8%와 8.4%로 감소하였으며, 두족류의 비율은 연중 가장 높



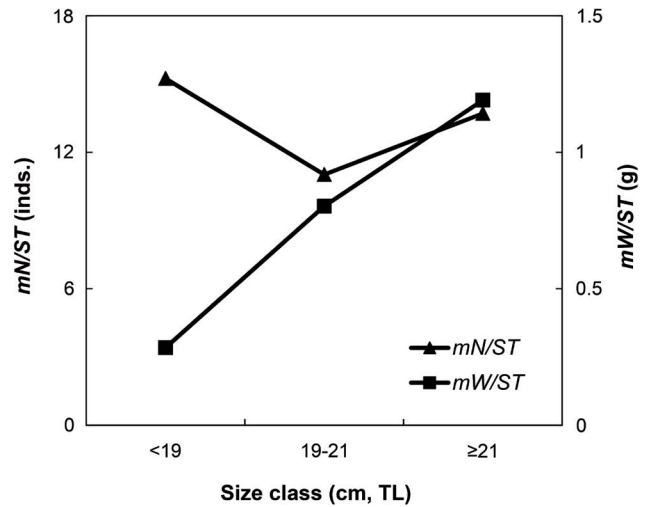
**Fig. 3.** Ontogenetic changes in composition of stomach contents of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters of East Sea, Korea based on by index of relative importance (%IRI) among size classes (< 19 cm, n = 164; 19~21 cm, n = 170; ≥ 21 cm, n = 231).

은 43.8%를 보였다. 또한, 가을철에는 단각류의 비율이 66.1%로 가장 높았으며, 두족류가 33.8%를 차지하였고, 난바다곤쟁이류는 거의 섭식되지 않았다. 겨울철에 단각류의 비율은 가을철과 유사했으며, 두족류와 난바다곤쟁이류의 비율이 각각 19.2%와 15.9%로 나타났다.

### 3. 크기군별 위내용물 조성 변화

도루묵의 크기군별 위내용물 조성의 차이를 분석한 결과(Fig. 3), < 19 cm, 19~21 cm, ≥ 21 cm의 3개의 크기군으로 구분되어졌다. < 19 cm 크기군에서는 단각류가 60.6%의 상대중요도지수비로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 그 다음으로 난바다곤쟁이류가 35.1%의 비율이 나타났다. 19~21 cm 크기군에서는 단각류는 소폭 감소한 반면, 난바다곤쟁이류는 12.9%로 급감하였다. 또한, < 19 cm 크기군에서 3.5%를 차지하였던 두족류가 36.5%의 비율로 급증하였다. ≥ 21 cm 크기군에서는 단각류와 두족류가 각각 52.2%와 43.9%로 위내용물의 대부분을 차지하였다. 따라서, 도루묵은 모든 크기군에서 단각류를 주로 섭식하였으며, 성장함에 따라 단각류와 난바다곤쟁이류의 섭식비율은 감소한 반면, 두족류의 비율은 증가하는 경향이 나타났다.

성장함에 따라 먹이생물의 섭식에 있어 개체당 평균 먹이생물 개체수와 중량에 유의한 변화가 있는지 크기군별로 알아본 결과(Fig. 4), 도루묵의 개체당 평균 먹이생물 개체수는 < 19 cm 크기군에서 15.2개체, 19~21 cm 크기군에서 11.0개체, ≥ 21 cm 크기군에서 13.7개체로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다( $F_{1,766} = 3.006, P > 0.05$ ). 개체당 평균 먹이생물



**Fig. 4.** Variation of the mean number of preys per stomach ( $mN/ST$ , inds./stomach) and mean weight of preys per stomach ( $mW/ST$ , g/stomach) of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters of East Sea, Korea.

중량은 < 19 cm 크기군에서 0.3 g, 19~21 cm 크기군에서 0.8 g, ≥ 21 cm 크기군에서 1.2 g으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다( $F_{16,014} = 3.006, P < 0.05$ ). 따라서 성장함에 따라 도루묵의 개체당 평균 먹이생물 개체수는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 개체당 평균 먹이생물 중량은 증가하였다.

## 고 찰

이번 연구에서 도루묵의 주 먹이생물은 단각류로 나타났다. 선행 연구에서도 도루묵의 주 먹이생물은 단각류로 동일한 결과가 관찰되었다(Lee *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2019). 특히, 단각류 중에서도 가장 중요한 먹이생물인 긴채찍하늘옆새우는 오호츠크해, 동해, 북서태평양, 일본 북부, 쿠릴열도 남부 등의 전세계 고위도 지방에 주로 서식하는 냉수성, 부유성 단각류로 알려져 있다(Yamada *et al.*, 2004). 또한, 우리나라 동해에서 명태, 대구, 도루묵 등의 먹이생물로 출현한 것으로 보아 도루묵은 단각류 중에서도 동해에 많이 분포하는 긴채찍하늘옆새우를 주로 섭식하는 기회주의적 섭식자(Opportunistic feeding)로 판단된다(Lee *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2019; Ko *et al.*, 2020). 단각류 다음으로 중요한 먹이생물은 두족류 중 매오징어였다. 매오징어는 소형 두족류로서 동해에서 명태, 대구, 벌레문치 등의 먹이생물로 출현하였다(Yoon *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2013; Ko *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2021). 또한, 매오징어는 주간에는 300~500 m에서 머무르다 야간에는 20~100 m로 이동하는 일주야수직회유를 하는 것으로 알려져 있어, 야간에 표층으로 이동하는 매오징어를 도루묵이 섭식한 것으로 판단된다(Choi *et al.*, 2013).

계절별 위내용물 조성 변화를 살펴본 결과, 도루묵은 연중 단각류를 주로 섭식하였으며 계절에 따라 섭식비율에 차이가 관찰되었다. 겨울철과 봄철에 채집된 도루묵의 경우, 난바다곤쟁이류의 섭식비율이 비교적 높았다. 선행 연구에 따르면, 난바다곤쟁이류는 8~12월까지 성장을 멈췄다가 2월이 되면 산란을 위해 성장하기 시작하는데, 이때 개체수와 생체량이 증가하는 것으로 보고되었으며(Iguchi *et al.*, 1993), 동해에서 겨울철과 봄철에 넓은 분포범위와 높은 밀도를 나타내는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2021). 따라서, 도루묵은 겨울철과 봄철에 개체수와 생체량이 높은 난바다곤쟁이류를 섭식한 것으로 판단된다. 또한, 여름철과 가을철에는 두족류의 섭식비율이 높았는데, 도루묵이 주로 섭식한 매오징어의 경우 동해에서 4월부터 10월까지 연안에 무리지어 산란을 하는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2017). 따라서, 이번 연구에서 도루묵은 야간에 표층으로 이동하는 특성을 가지고, 여름철과 가을철에는 산란을 위해 연안에 무리지어 출현하는 매오징어를 많이 섭식한 것으로 판단된다.

크기군별 위내용물 조성변화를 살펴본 결과, 모든 크기군에서 단각류를 주로 섭식하였지만, 크기군이 증가함에 따라 비율에 차이가 관찰되었다. 도루묵은 < 19 cm 크기군에서 단각류와 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하다가, 19~21 cm와 ≥ 21 cm 크기군에서는 단각류의 비율은 유사했으나, 난바다곤쟁이류의 비율은 각각 12.9%와 3.9%로 감소하고, 두족류의 비율은 각각 36.5%와 43.9%로 증가한 것을 알 수 있었다. 이는 어류에서 나타나는 일반적인 현상으로 성장함에 따라 입의 크기 증가, 유영능력의 향상, 소화기관 발달 등 더 큰 먹이생물을 섭식하는 것이 에너지 효율을 극대화하는 데 유리하기 때문에 도루묵도 이와 같은 먹이 전환을 한 것으로 판단된다(Gerking, 1994). 도루묵의 개체당 평균 먹이생물 개체수는 성장함에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 개체당 평균 먹이생물 중량은 지속적으로 증가했는데, 이는 먹이생물 개체수는 변화하지 않고, 중량을 늘려 에너지 효율을 극대화하기 위한 일반적인 현상에 대한 근거로 판단된다.

또한, 이번 연구에서 14.8 cm 미만의 도루묵 시료를 구할 수 없어 치어기 도루묵의 식성에 대한 정확한 결과를 알 수 없었다. 일본에서 수행된 도루묵 자치어기 식성에 관한 연구에 따르면, 4.0 cm 미만의 크기군에서는 요각류(Copepoda)를 주로 섭식하다가 4.0 cm 이상 크기군에서는 곤쟁이류(Mysidacea)를 섭식한 것으로 알려져 있다(Komoto *et al.*, 2011). 또한, Lee *et al.* (2007)의 연구에서, 9~16 cm 크기군의 도루묵이 단각류와 곤쟁이류를 섭식한 것으로 보고되었다. 따라서, 선행 연구들의 결과와 이번 연구 결과를 종합해 보았을 때, 도루묵 자치어 시기에는 요각류를 섭식하다가, 성장하면서 에너지 효율을 극대화하기 위해 소형갑각류인 단각류와 난바다곤쟁이류를 섭식하고, 이후 소형갑각류보다 크기와 중량이 큰 두족류를 섭식하는 것으로 판단된다.

## 요 약

이번 연구에 사용된 도루묵은 2020년 1월부터 2021년 12월 까지 우리나라 동해에서 동해구외끌이저인망과 연안자망 어업을 통해 총 781개체를 채집하였다. 채집된 도루묵의 전장범위는 14.8~25.4 cm였다. 도루묵의 가장 중요한 먹이생물은 54.7%의 상대중요도지수비를 나타낸 단각류였으며, 그 다음으로는 각각 33.7%와 11.6%를 차지한 두족류와 난바다곤쟁이류였다. 그외 계류, 새우류, 어류, 갯지렁이류가 출현하였으나 그 양은 매우 적었다. 계절별 위내용물 조성을 살펴본 결과, 모든 계절에 단각류를 주로 섭식하였으며, 여름철에 두족류의 섭식비율이 가장 높았으며, 봄철에 난바다곤쟁이류의 비율이 가장 높았다. 크기군별 위내용물 조성을 살펴본 결과, 도루묵은 모든 크기군에서 단각류가 가장 중요한 먹이생물이었으며, 성장함에 따라 단각류와 난바다곤쟁이류의 비율은 감소하고 두족류의 비율은 증가하는 경향이 관찰되었다. 개체당 평균먹이생물 개체수는 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 중량은 크기군이 증가함에 따라 증가하는 경향이 관찰되었다.

## 사 사

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

## REFERENCES

Choi, Y.M., B.S. Yoon, H.S. Kim, J.H. Park, K.Y. Park, J.B. Lee, J.H. Yang and M.H. Sohn. 2013. Feeding habits of *Lycodes tanakae* in the coastal waters of the middle East Sea, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 46: 843-850.

Gerking, S.D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press San-diego CA, U.S.A., 416.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 411-429.

Iguchi, N., T. Ikeda and A. Imamura. 1993. Growth and life cycle of an euphausiid crustacean (*Euphausia pacifica* Hansen) in Toyama bay, southern Japan sea. Bull. Jpn. Sea Natl. Fish. Res. Inst. Jpn., 43: 69-81.

Kang, D.Y., A.R. Ko, J.M. Jeong and G.W. Baeck. 2019. Diet composition of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the coastal waters of East Sea, Korea. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 55: 320-326. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.4.320>.

Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 615pp.

- Kim, Y.H., D.H. Shin, J.H. Lee, D.H. Kwon, S. Kang, H.K. Seok and H.K. Cha. 2017. Distribution of the firefly squid, *Watasenia scintillans* larvae in the southern part of the East Sea during summer and autumn. J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 23: 902-908. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.7.902>.
- Ko, A.R., S.J. Lee, J.H. Yang and G.W. Baeck. 2020. Diet of the Walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 456-463. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0456>.
- Komoto, R., H. Kudou and T. Takatsu. 2011. Vertical distribution and feeding habits of Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) larvae and juveniles off Akita prefecture in the Sea of Japan. Aquacult. Sci., 59: 615-630. <https://doi.org/10.11233/AQUA-CULTURESCI.59.615>.
- KOSIS. 2022. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://www.fips.go.kr> 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. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0456>.
- Lee, H.W. and Y.J. Kang. 2006. Age determination and growth using the transverse section method of otoliths sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the Eastern Sea of Korea. Ocean Polar Res., 28: 237-243. <https://doi.org/10.4217/OPR.2006.28.3.237>.
- Lee, H.W., J.H. Kim and Y.J. Kang. 2006. Sexual Maturation and spawning in the sandfish *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 39: 349-356.
- Lee, H.W., Y.J. Kang, S.H. Huh and G.W. Baeck. 2007. Feeding habits of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 44-50.
- OCPC. 2022. Monthly ocean climate review (December 2021), Ocean Climate Prediction Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology. Retrieved from <https://www.ocpc.kr>.
- Panchenko, V.V. and D.V. Antonenko. 2021. The Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* (Steindachner 1881) (Trichodontidae) in Peter the Great Bay (Sea of Japan): Bathymetric distribution and some comments on its biology. Russ. J. Mar. Biol., 47: 459-469.
- Park, J.M., H.K. Jung and C.I. Lee. 2021. Factors influencing dietary changes of Walleye pollock, *Gadus chalcogrammus*, inhabiting the East Sea off the Korean coast. J. Mar. Sci. Eng., 9: 1154. <https://doi.org/10.3390/jmse9111154>.
- 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.
- Whitehouse, G.A., K.Y. Aydin, A.B. Hollowed, K.K. Holsman, W. Cheng, A. Faig, A.C. Haynie, A.J. Hermann, K.A. Kearney, A.E. Punt and T.E. Essington. 2021. Bottom-up impacts of forecasted climate change on the eastern Bering Sea food web. Front. Mar. Sci., 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.624301>.
- Yamada, Y., T. Ikeda and A. Tsuda. 2004. Comparative life-history study on sympatric hyperiid amphipods (*Themisto pacifica* and *T. japonica*) in the Oyashio region, western North Pacific. Mar. Biol., 145: 515-527. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1329-3>.
- Yang, J.H., S.I. Lee, H.K. Cha, S.C. Yoon, D.S. Chang and Y.Y. Chun. 2008. Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 44: 312-322. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2008.44.4.312>.
- Yang, J.H., S.I. Lee, K.Y. Park, S.C. Yoon, J.B. Kim, Y.Y. Chun, S.W. Kim and J.B. Lee. 2012. Migration and distribution changes of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 48: 401-414.
- Yang, J.H., S.C. Yoon, J.H. Park, Y.M. Choi, J.B. Lee and B.S. Yoon. 2013. Distribution and migration of larval and juvenile sandfish *Arctoscopus japonicus* in the coastal waters off Gangwondo, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 46: 649-652. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.4.401>.
- Yoon, S.C., J.H. Yang, J.H. Park, Y.M. Choi, J.H. Park and D.W. Lee. 2012. Feeding habits of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* in the coastal waters off Jumunjin, Gangwondo of Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 45: 379-386.