

동해 연안에 출현하는 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)의 위내용물 조성

강다연 · 고아름 · 정재묵¹ · 백근욱^{2*}

경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터 학생, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터 연구원, ²경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터 교수

Diet composition of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the coastal waters of East Sea, Korea

Da Yeon KANG, A-Reum KO, Jae Mook JEONG¹ and Gun Wook BAECK^{2*}

Student, Department of Seafood & Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

¹Researcher, Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

²Professor, Department of Seafood & Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

The diet composition of *Arctoscopus japonicus* was studied using 448 specimens collected in the coastal waters of East Sea, Korea. The size of the specimens ranged from 6.2-25.3 cm in total length (TL). *A. japonicus* were fed mainly on amphipods that constituted 76.1% in IRI. Euphausiids were the second largest prey component. The diets also include small quantities of crabs, copepods, mysids, cephalopods, monogeneans, and fishes. *A. japonicus* showed ontogenetic changes in feeding habits. Smaller individuals (6-10 cm, TL) fed mainly on amphipods. The proportion of amphipods decreased as body size increased, whereas the consumption of euphausiids gradually increased (10-14 cm, TL). As the body size more increased, the proportion of amphipods increased whereas euphausiids decreased (14-26 cm, TL).

Keywords : Diet composition, *Arctoscopus japonicus*, East Sea of Korea

서론

도루묵(*Arctoscopus japonicus*)은 농어목(Perciformes) 도루묵과(Trichodontidae)에 속하는 어종으로 우리나라 동해와 일본 중부 이북, 알래스카, 사할린, 캄차카 반도 등에 분포하며 주로 수심 100-200 m 대륙붕의 모래 또는 펄로 구성되어 있는 저질에 서식한다(Kim et al., 2005). 또한 산란시기(11-12월)가 되면 2-10 m 수심의

해조류가 무성한 연안으로 회유를 하는 냉수성 저서어 류이다(Chyung, 1977; Watanabe et al., 2004).

우리나라에서 도루묵은 경제적인 가치가 높으며 동해 구기선저인망어업의 주요 대상종 중 하나이다. 도루묵의 연간 어획량은 1971년에 약 25,000톤으로 최고치를 기록한 이후 2018년에 약 4,183톤 수준으로 급감하였다. 따라서 효율적인 도루묵자원의 이용을 위해서는 지속적

*Corresponding author: gwbaeck@gnu.ac.kr, Tel: +82-55-772-9156, Fax: +82-55772-9159

인 생태모니터링과 자원관리를 통한 자원 회복 방안 마련이 절실히 요구된다.

도루묵의 생태에 관한 국내 선행연구로는 한국 동해안 도루묵의 자원생물학적 연구(Lee et al., 2007), 동해안 도루묵의 회유와 분포변동 특성(Yang et al., 2012), 도루묵 자치어 분포와 회유(Yang et al., 2013), 자원량 추정(Lee et al., 2009), 도루묵의 연령과 성장(Lee and Kang, 2006; Yang et al., 2008) 등 다수의 연구가 이루어졌다. 하지만 섭식생태에 관한 연구는 강원도 삼척연안에서 채집된 도루묵의 식성(Lee et al., 2007) 이후 이루어진 바가 없어 최근의 도루묵 식성연구의 필요성이 대두되었다.

식성연구를 통하여 어류의 섭식특성, 다양한 영양상태, 영양 발달단계 등을 이해할 수 있으며 상업어종에 대하여 양식, 성어기의 생활사, 자원학적 모델을 제시할 수 있기 때문에(Fordham and Trippel, 1999) 도루묵의 생태를 이해하고 자원 활용을 하기 위해서는 식성연구가 필수적이다. 따라서 본 연구의 목적은 동해에서 채집한 도루묵의 위내용물 분석을 통해 주먹이생물과 크기 군에 따른 먹이생물조성의 변화를 조사하여 도루묵의

자원 회복, 보존, 관리에 이용할 수 있는 자원 생태학적 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 도루묵 표본은 2016년 5월과 10월에 동해에서 국립수산물과학원 수산자원조사선 탐구21호(999t)의 중층 및 저층 트롤어구(그물 끝자루 망목크기 60 mm, 망고 3.6 m)를 사용하여 채집하였다. 도루묵이 채집된 해구는 55, 60, 63, 69, 72, 87해구였으며 총 448개체가 채집되었다(Fig 1). 채집된 시료는 각 개체의 전장(Total length)과 습중량(Wet weight)을 각각 0.1 cm와 0.1 g 단위까지 측정 후 위를 적출하고 10% 중성 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반하였다.

적출한 위는 해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였으며 먹이생물은 가능한 한 종(species) 수준까지 동정하였다. 동정된 먹이생물은 종류별로 크기를 0.1 cm까지 측정하였으며 개체수를 계수하고 중량을 0.0001 g까지 측정하였다. 위내용물 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 중량비(%W)로 나타내었으며 다음 식을 이용하여 구하였다.

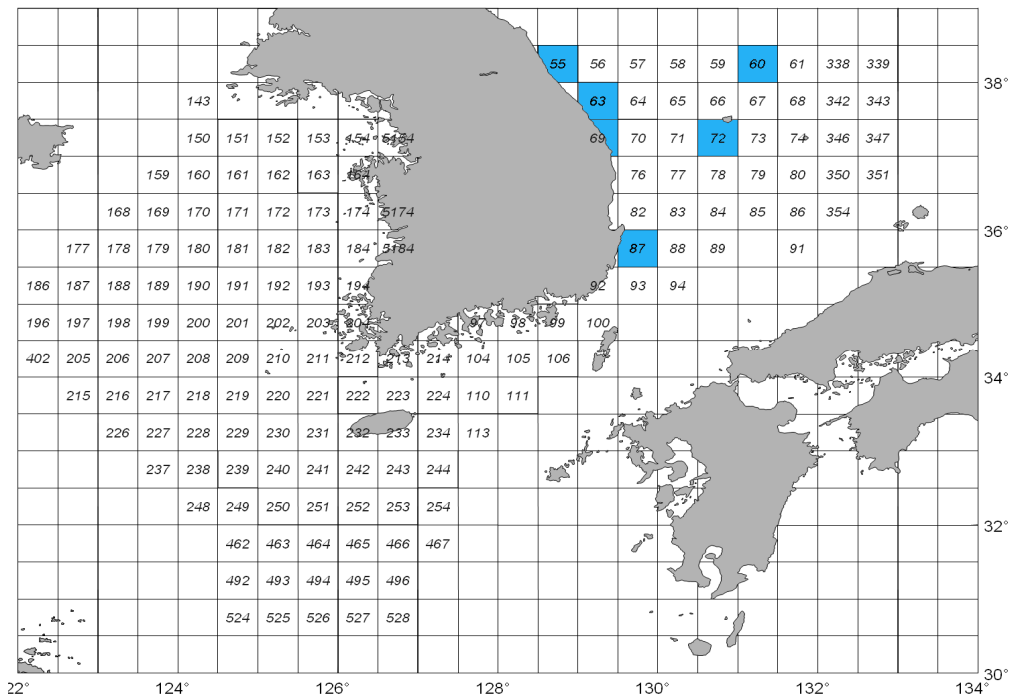


Fig. 1. Locations of sampling area(■).

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

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

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 도루묵의 개체수이고 N 은 먹이를 섭식한 도루묵의 총 개체수, N_i (W_i)는 해당 먹이생물의 개체수(중량), N_{total} (W_{total})은 전체 먹이 개체수(중량)이다.

먹이생물의 상대중요도지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였으며 상대중요도지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(% IRI)로 나타내었다.

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

크기군에 따른 도루묵의 먹이생물 조성의 변화를 알아보기 위하여 2 cm 간격으로 10개의 전장군(6-8 cm, $n=25$; 8-10 cm, $n=11$; 10-12 cm, $n=44$; 12-14 cm, $n=29$; 14-16 cm, $n=54$; 16-18 cm, $n=78$; 18-20 cm, $n=66$; 20-22 cm, $n=54$; 22-24 cm, $n=22$; 24-26 cm, $n=6$)으로 구분하여 각 전장군별 먹이생물 분류군 조성을 분석하였다.

결과 및 고찰

1) 위내용물 조성

이번 연구에 사용된 도루묵의 개체수는 총 448개체였으며 전장은 6.2~25.3 cm (TL) 범위를 보였다(Fig. 2). 먹이생물을 전혀 섭식하지 않은 개체는 59개체로 13.2%의 공복율을 보였으며 위내용물이 발견된 389개체의 먹이생물 분석결과는 Table 1과 같다. 도루묵의 가장 중요

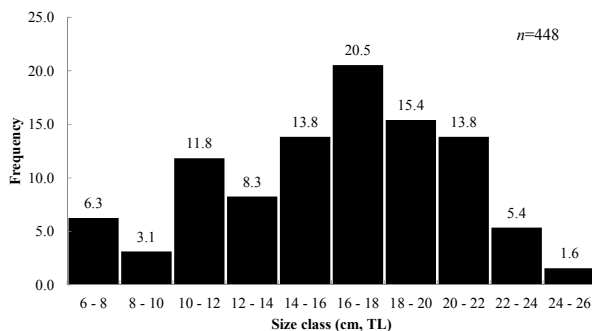


Fig. 2. Size distribution of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters of East Sea, Korea.

한 먹이생물은 82.0%의 출현빈도, 69.3%의 개체수비, 44.0%의 습중량비를 보여 76.1%의 상대중요도지수비를 보인 단각류(Amphipoda)였다. 단각류 중에서는 하늘옆새우류(Hyperiidae)가 63.0%의 출현빈도, 38.5%의 개체수비, 28.2%의 습중량비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 단각류 다음으로 중요한 먹이생물은 39.3%의 출현빈도, 27.7%의 개체수비, 45.4%의 습중량비, 23.5%의 상대중요도지수비를 보인 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)였다. 그 외에 계류(Brachyura), 요각류(Copepoda), 곤쟁이류(Mysidacea), 두족류(Cephalopoda), 단생흡충류(Monogenea), 어류(Pisces)도 섭식하였지만 그 양은 많지 않았다.

본 연구에서 도루묵의 공복율은 13.2%으로 비교적 낮은 공복율을 보였다. 국내에 출현하는 어식자 어류의 경우 갑각류식자 어류에 비해 상대적으로 높은 공복율을 나타냈는데 이러한 높은 공복율은 어류가 먹이로서 효율이 높아 적은 개체를 섭식하여도 먹이요구량이 충족되기 때문이다(Huh, 1999). 하지만 갑각류식자 어류의 경우 비교적 작은 크기의 먹이생물을 섭식하여 먹이로서의 효율이 낮기 때문에 많은 개체를 여러 차례 섭식하여야 한다(Huh et al., 2006). 따라서 갑각류식자 어류인 도루묵은 효율적인 먹이섭식을 하기 위해 공복율이 낮은 것으로 판단된다.

이번 연구결과 도루묵의 가장 중요한 먹이생물은 단각류로 나타나 선행연구 Lee et al. (2007)의 결과와 동일하였다. 또한 Lee et al. (2007)의 연구결과에서는 긴몸영리옆새우(*Phronimella elongate*), 긴채찍하늘옆새우(*Parathemisto japonica*), 작은머리하늘옆새우(*Hyperia galba*), 하늘옆새우류(Hyperiidae spp.)가 출현하였고 본 연구에서는 긴채찍하늘옆새우(*Parathemisto japonica*), 옆새우류(Gammaridae), 작은머리하늘옆새우(*Hyperia galba*), 하늘옆새우류(Hyperiidae)가 출현하여 출현 중에서도 유사한 결과를 보였다. 하지만 Lee et al. (2007)의 연구 결과에서는 단각류가 94.2%의 상대중요도지수비를 보였으나 본 연구에서는 76.1%의 상대중요도지수비를 보여 본 연구의 결과가 더 낮은 상대중요도지수비를 보였다. 도루묵의 위내용물 중 출현한 단각류는 모두 냉수성 종들로 연안에 서식하며 어류의 중요한 먹이생물이기 때문에(Nishimura, 1992) 주로 연안에 서식하며 한류성 어종인 도루묵의 주먹이생물로 적합하였다(Lee

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

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Amphipoda	82.0	69.3	44.0	9,287.2	76.1
<i>Anonyx ampulloides</i>	3.6	0.5	0.4	3.0	
Gammaridae	8.2	1.2	1.5	22.9	
<i>Hyperia galba</i>	44.2	20.9	8.5	1,300.4	
<i>Hyperia</i> sp.	5.9	2.2	0.5	16.0	
Hyperiididae	63.0	38.5	28.2	4,204.4	
<i>Orchomene</i> sp.	0.5	0.1	0.1	0.1	
<i>Parathemisto japonica</i>	15.7	3.9	1.9	89.8	
<i>Phronimella elongata</i>	0.3	+	+	+	
<i>Pontogeneia rostrata</i>	4.9	0.7	1.3	9.7	
<i>Vibilia</i> sp.	0.5	0.1	+	+	
Unidentified Amphipoda	4.6	1.2	1.6	12.7	
Brachyura	0.5	0.1	0.1	0.1	+
Copepoda	1.5	0.9	0.1	1.6	+
Euphausiacea	39.3	27.7	45.4	2,873.5	23.5
Mysidacea	2.3	1.2	0.9	4.7	+
Cephalopoda	5.1	0.7	6.9	39.5	0.3
<i>Loligo</i> sp.	0.3	+	4.8	1.2	
<i>Sepiolo birostrata</i>	0.3	+	0.6	0.2	
Unidentified Cephalopoda	4.6	0.7	1.6	10.5	
Monogenea	0.3	0.1	+	+	+
Pisces	0.8	0.1	2.5	2.0	+
<i>Maurolicus muelleri</i>	0.5	0.1	2.4	1.3	
Unidentified Pisces	0.3	+	0.1	+	
Total		100.0	100.0	12,208.6	100.0

+: less than 0.1%.

et al., 2007). 단각류 다음으로 중요한 먹이생물인 난바다곤쟁이류는 우리나라 동해에 대량 출현하며(Komaki, 1967) 높은 밀도로 개체군을 형성하는 특징을 보인다고 알려져 있다(Endo, 1984). 따라서 연구지역인 동해에 풍부하게 서식하는 난바다곤쟁이류를 섭식한 것으로 판단된다.

국내에 출현하는 갑각류식자 어류에는 베도라치(*Pholis nebulosa*), 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*), 복섬(*Takifugu niphobles*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 덕대(*Pampus echinogaster*), 꼼치(*Liparis tanakai*), 불볼락(*Sebastes thompsoni*), 갈치(*Trichiurus lepturus*), 꼬마달재(*Lepidotrigla guentheri*) 등이 알려져 있는데 갑각류식자는 선호하는 먹이생물에 따라 주둥치, 덕대와 같은 요각류식자, 베도라치, 쥐치, 복섬과 같은 단각류식자, 꼼치, 불볼락, 갈치, 꼬마달재와 같은 새우류식자로 다시

세분화된다. 이번 연구의 도루묵은 베도라치, 쥐치, 복섬 등과 같이 단각류식자로 구분되어졌다.

2) 섭식전략

도루묵의 섭식형태와 섭식전략을 파악하기 위하여 위내용물에 대한 도해적방법을 이용하였다(Fig. 3). 단각류는 63.9%의 Pi 값과 82.0%의 Fi 값을 보여 그래프에서 오른쪽 상부에 위치해 있어 우점먹이생물이었다. 하지만 그 외의 먹이생물은 그래프의 왼쪽 위와 아랫부분에 위치해 있어 비우점 먹이생물이거나 또는 중요하지 않은 먹이생물이었다. 출현빈도에 대한 prey-specific abundance를 그래프 상에 나타내는 방법은 Amundsen et al. (1996)에 의해 제안되었으며 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식전략을 분석하는데 유용하게 사용되고 있다.

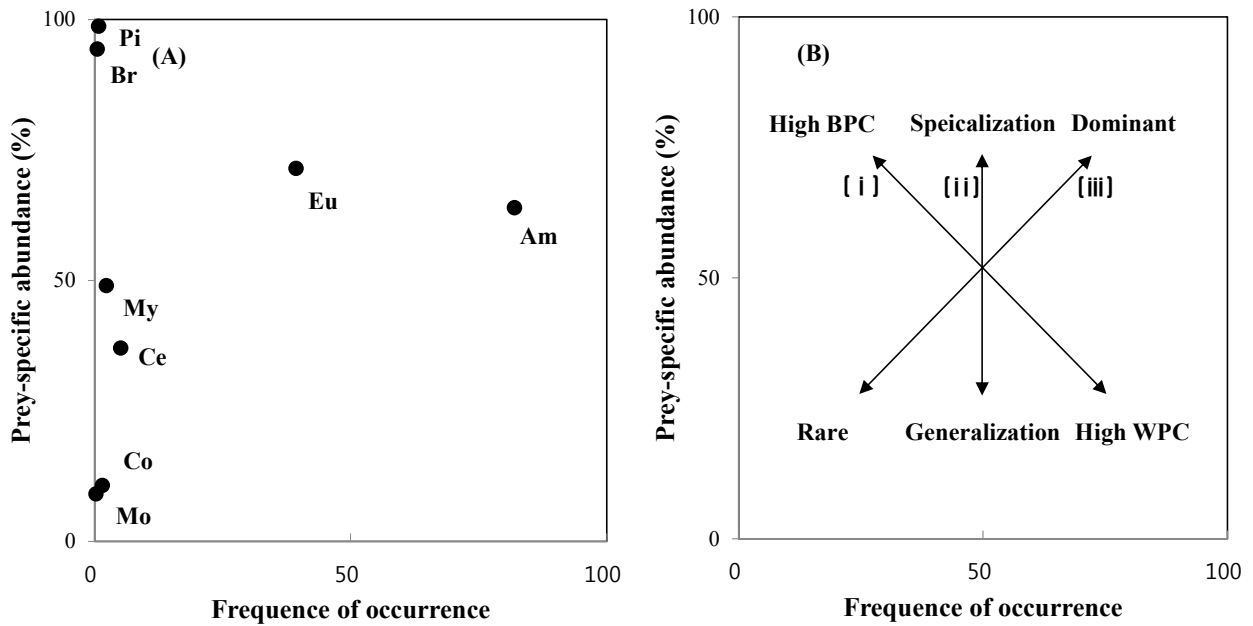


Fig 3. (A) Graphical representation of feeding pattern of *Arctoscopus japonicus* in the coastal waters East Sea, Korea (Am, Amphipoda; Br, Brachyura; Ce, Cephalopoda; Co, Copepoda; Eu, Euphausiacea; Mo, Monogenea; My, Mysidacea; Pi, Pisces), (B) Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution (axis i), within-phenotypic component (WPC) or between-phenotypic component (BPC) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).

먹이생물 분류군이 그래프에서 상부에 위치할수록 우점 먹이생물이며 개체당 섭식한 먹이생물 종류가 적은 specialist predator임을 나타낸다. 또한 그래프 아래쪽에 위치할수록 다양한 먹이생물을 섭식하는 generalist predator임을 나타낸다. 어류의 섭식전략에서 specialist predator는 좁은 섭식폭을 가지는 반면, generalist predator는 넓은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988). 본 연구에서 출현빈도에 대한 prey-specific abundance를 분석한 결과, 도루묵은 단각류를 주로 섭식하고 개체당 섭식한 먹이생물 종류가 적어 좁은 섭식폭을 가지는 specialist predator임을 알 수 있었다.

3) 크기군에 따른 먹이생물 조성

도루묵의 성장에 따른 위내용물 조성의 변화를 알아보기 위해 2 cm 간격으로 나누어 총 10개 크기군을 분석하였다(Fig. 4). 10-14 cm의 크기군을 제외한 모든 크기군에서 단각류가 가장 우점하였고 10-14 cm의 크기군에서는 난바다곤쟁이류가 가장 우점한 것으로 나타났다. 가장 작은 크기군인 6-8 cm 크기군에서는 단각류가 상대중요도지수비 97.6%를 나타내 가장 중요한 먹이생물

로 나타났다. 그 다음으로는 난바다곤쟁이류가 상대중요도지수비 2.4%를 차지하였다. 도루묵의 크기가 증가함에 따라 단각류의 점유율은 감소하고 난바다곤쟁이류의 점유율은 증가하여 10-12 cm의 크기군에서 난바다곤쟁이류가 상대중요도지수비 97.1%를 차지하였고 단각류는 상대중요도지수비 2.8%를 차지하여 먹이전환이 발생하였다. 다시 도루묵의 크기가 증가함에 따라 단각류의 점유율도 증가하여 가장 큰 크기군인 24-26 cm의 크기군에서는 단각류가 상대중요도지수비 100%를 차지하였다.

일반적으로 어류는 일정 크기 이상으로 성장하면 전장이 증가함에 따라 크게 두 가지 형태의 먹이전환을 하는데(Baeck et al., 2011), 첫 번째는 전장과 관계없이 지속적으로 동일한 먹이생물을 섭식하지만 먹이생물의 개체수가 증가하는 형태이고 두 번째는 전장이 증가함에 따라 작은 크기의 먹이생물에서 큰 크기의 먹이생물로 먹이전환을 하여 먹이생물의 개체수는 감소하고 종량은 증가하는 형태이다. 도루묵의 경우 전장의 증가와 상관없이 비교적 소형 먹이생물인 단각류와 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하여 전자에 해당되었다.

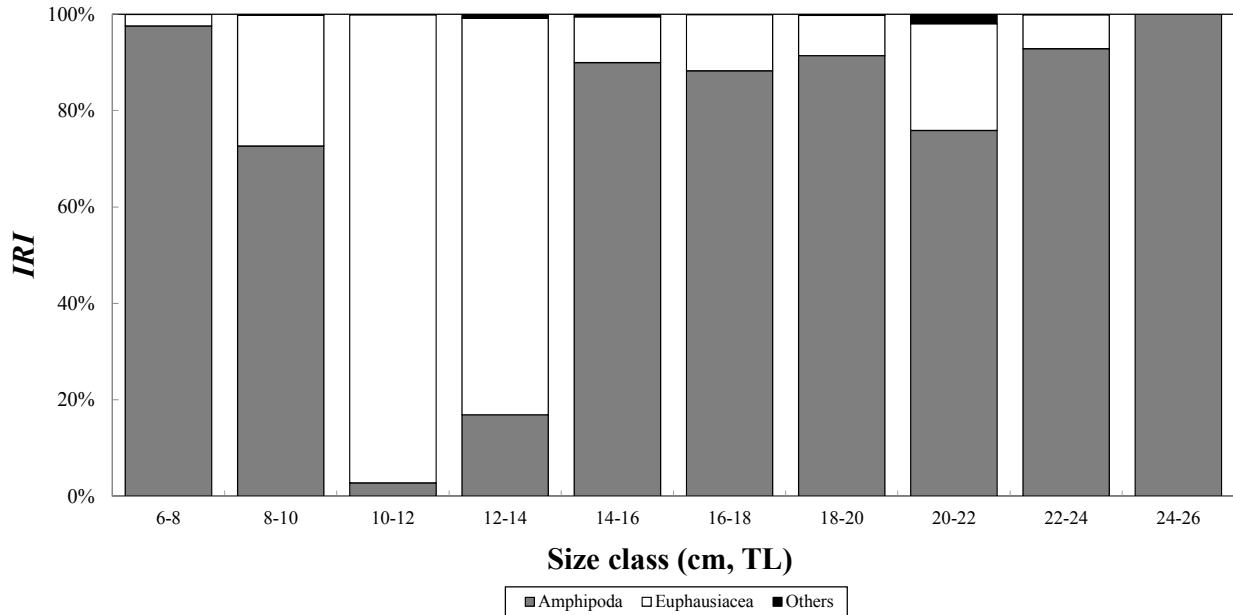


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by %IRI of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters of East Sea, Korea.

Lee et al. (2007)에 의하면 도루묵의 초기의 주먹이생물은 알 수 없지만 성장함에 따라 난바다곤쟁이류와 곤쟁이류를 거쳐 단각류로 먹이전환을 한다고 보고하였다. 이번 연구에서는 최소 크기군인 6-8 cm 크기군에서 단각류를 주로 섭식하다 성장함에 따라 난바다곤쟁이류를 거쳐 다시 단각류로 먹이전환을 하여 선행연구의 결과와 유사하게 나타났다. 난바다곤쟁이의 출현량은 연안에 많고 외양으로 갈수록 적어지는 반면 단각류는 표층부터 수심 300 m까지 동해의 전 해역에 폭넓게 분포하는 광온성 종으로 알려져 있다(Jung, 2006). 또한 Lee et al. (2007)은 삼척연안에서 채집된 도루묵만을 이용하여 분석하였지만 본 연구에서는 동해안 전 해역에서 채집된 도루묵을 분석하였음에도 불구하고 대부분의 크기군에서 단각류가 우점한 것으로 보아 도루묵은 단각류에 대한 먹이 의존도가 매우 높은 어류로 판단된다.

이번 연구에서는 작은 크기의 도루묵 시료를 확보하지 못하여 초기 먹이전환에 대하여 알아볼 수가 없었다. 따라서 도루묵의 먹이전환에 대해 보다 명확히 규명하기 위해서는 작은 크기의 도루묵 시료를 충분히 확보하여 보다 더 자세한 연구를 할 필요가 있다.

결론

2016년 5월과 10월에 동해에서 중층 및 저층 트롤로 채집된 도루묵 448개체의 위내용물 조성을 분석하였다. 도루묵의 전장은 6.2~25.3 cm (TL)의 범위를 보였으며, 단각류(Amphipods)가 가장 우점한 먹이생물이었다. 단각류 다음으로 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)가 우점하였다. 그 외에 게류(Brachyura), 요각류(Copepoda), 곤쟁이류(Mysidacea), 두족류(Cephalopoda), 단생흡충류(Monogenea), 어류(Pisces)도 섭식하였지만 그 양은 많지 않았다. 섭식형태와 섭식전략을 분석한 결과 도루묵은 단각류를 주로 섭식하고 개체당 섭식한 먹이생물의 종류가 적어 좁은 섭식폭을 가지는 Specialist predator임을 알 수 있다. 성장에 따른 먹이생물의 조성을 분석한 결과 도루묵은 이번 연구의 최소 크기군인 6-8 cm 크기군에서 단각류를 주로 섭식하다 성장함에 따라 난바다곤쟁이(10-14 cm, TL)를 거쳐 다시 단각류(14-26 cm, TL)로 먹이전환을 하였다.

사사

이 논문은 2019년도 국립수산과학원 시험조사연구사

업(R2019024)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Amundsen PA, Gable HM and Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *J Fish Biol* 48, 607-614. (DOI:10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x).
- Baeck GW, Park JM, Choo HG and Huh SH. 2011. Diet composition of *Coilia nasus*, in the coastal waters off Gori, Korea. *Kor J Ichthyol* 23, 163-167.
- Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Il-ji Co, Seoul, Korea, 727.
- Fordham. S.E. E. A. Trippel. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *J Appl Ichthyol* 15, 1-9. (DOI:10.1046/j.1439-0426.1999.00098.x).
- Huh SH, Park JM and Baeck GW. 2006. Feeding habits of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the Southern Sea of Korea. *J Kor Fish Soc* 39, 35-41. (DOI:10.5657/kfas.2006.39.1.035).
- Huh SH. 1999. Feeding Habits of Hairtail, *Trichiurus lepturus*. *Kor J Ichthyol* 11, 191-197.
- Jung HW. 2006. Species Composition and abundance of Zooplankton in the Oceanic province of the East Sea, Korea. Korea Maritime & Ocean University, Korea. 88.
- Jung MK. 1977. The fishery of Korea. Il-ji Co, Seoul, Korea, 376.
- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak Co, Seoul, Korea. 397.
- Komaki Y. 1967. On the surface swarming of euphausiid crustaceans. *Pac. Sci.* 21, 433-448
- Lee HW. 2007. Fishery biology of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea. Pukyong National University, Korea, 148.
- Lee HW, Kang YJ, Huh SH and Baeck GW. 2007. Feeding Habits of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea, Korea. *Kor J Ichthyol* 10, 44-50.
- Lee HW and Kang YJ. 2006. Age determination and growth using the transverse section method of otoliths sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the Eastern Sea of Korea. *Ocean and polar research* 28, 237-243. (DOI:10.4217/OPR.2006.28.3.237).
- Lee SI, Yang JH, Yoon SC, Jeon YY, Kim JB, Cha HK, and Choi YM. 2009. Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the Korean waters. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 487-493. (DOI:10.5657/kfas.2009.42.5.487).
- Nishimura, S. 1992. Guide to seashore animals of Japan with color pictures and keys vol. II. Hoikusha Press, Tokyo, 663.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bull* 152, 1-105.
- Watanabe, H, T. Kubodera, S. Masuda and S. Kawahara. 2004. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific. *Fish Sci* 70, 573-579. (DOI:10.1111/j.1444-2906.2004.00843.x).
- Y. Endo. 1984. Daytime surface swarming of *Euphauaia pacifica* (Crustacea:Euphasiacea) in the Sanriku coastal waters of northeastern Japan. *Mar Biol* 79, 269-276. (DOI:10.1007/BF00393258).
- Y. Komaki. 1967. On the surface swarming of Euphausiid crustacean. *Pacific Science* 21, 433-488.
- Yang JH, Lee SI, Cha HK, Yoon SC, Jang DS and Jeon YY. 2008. Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 44, 312-322. (DOI:10.3796/KSFT.2008.44.4.312).
- Yang JH, Lee SI, Park JH, Choi YM, Lee JB and Yun BS. 2013. Distribution and migration of larval and juvenile sandfish *Arctoscopus japonicus* in the Coastal Waters off Gangwondo, Korea. *Korean J Fish Aqua Sci* 46, 649-652. (DOI:10.5657/KFAS.2013.0649).
- Yang JH, Lee SI, Park KY, Yoon SC, Kim JB, Jeon YY, Kim SW and Lee JB. 2012. Migration and distribution changes of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea. *J Korean Soc Fish Technol* 48, 401-414. (DOI:10.3796/KSFT.2012.48.4.401).

2019. 06. 17 Received

2019. 08. 13 Revised

2019. 09. 09 Accepted