

한국 동해에서 채집된 도루묵 (*Arctoscopus japonicus*)의 식성

이해원 · 강용주 · 허성회¹ · 백근욱^{2,*}

부경대학교 자원생물학과, ¹부경대학교 해양학과,
²전남대학교 해양기술학부

Feeding Habits of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea, Korea

Hae Won Lee, Yong Joo Kang, Sung-Hoi Huh¹ and Gun Wook Baeck^{2,*}

Department of Marine Biology and ¹Department of Oceanography,
Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

²Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

The feeding habits of sandfish, *Arctoscopus japonicus* were studied by examining the stomach contents of 2,115 specimens collected between April 2003 and March 2004 in the East Sea of Korea. The standard length (SL) of the specimens ranged from 9.8 to 22.9 cm. The main prey items of *A. japonicus* were amphipods, mysids, cephalopods and fishes. They showed ontogenetic changes in feeding habits. Individuals of small size (9~16 cm, SL) fed mainly on small prey organisms such as mysids and amphipods. However, more cephalopods and fishes were consumed with increasing fish size (16~23 cm, SL).

Key words : *Arctoscopus japonicus*, feeding habits, East sea

서 론

도루묵 (*Arctoscopus japonicus*)은 한국 동해, 일본 중부 이북, 캄카차 반도, 알래스카에 분포하며, 수심 약 100~200 m의 대륙붕의 모래 또는 펄 지역에 서식한다 (Watanabe *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2005). 도루묵은 산란 시기가 되면 2~10 m 수심에 해조류가 무성한 연안으로 회유를 하는 냉수성 저어류이다 (Chyung, 1977; Watanabe *et al.*, 2004).

일본의 경우, 도루묵 자원의 중요성을 인식하여 오래

전부터 이들의 생태를 파악하고 관리하기 위하여 많은 노력을 하고 있지만 (Okiyama, 1970; Morioka, 2002; Watanabe *et al.*, 2004), 우리나라에서는 최근 들어 도루묵의 자원량이 급격히 감소하고 있음에도 불구하고 연령과 성장 및 성숙 (Choi *et al.*, 1983), 난발생 및 자치어의 형태 (Myoung *et al.*, 1989), 인공종묘와 초기생산 (Baik *et al.*, 1989)에 관한 연구만이 있을 뿐, 자원량에 직접적인 영향을 미치는 도루묵의 식성에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 도루묵의 생태를 이해하기 위해 동해에 서식하고 있는 도루묵의 위내용물 분석을 통하여 주 먹이 생물, 성장에 따른 먹이생물 조성의 변화 등을 파악하였다.

*Corresponding author: 1233625@hanmail.net

재료 및 방법

본 연구에 사용된 도루목의 시료는 2003년 4월에서 2004년 3월까지 매일 강원도 삼척연안(해구번호 63, 69, 70)에서 기선저인망(한성호, 79.34 ton)으로 어획한 것이다 (Fig. 1). 산란기가 되면 연안으로 회유하기 때문에 11월에는 남해항에서 자망으로 채집한 시료를 사용하였다.

채집된 시료는 ice box에 보관하여 즉시 실험실로 운반하였으며, 각 개체는 체장과 체중을 각각 0.1 cm와 0.1 g 단위까지 측정된 뒤, 각 개체에서 위를 분리하여 해부 현미경 아래에서 위내용물을 분석하였다. 위내용물 중 출현하는 먹이생물은 Takeda (1982), Nishimura (1992), NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute) (2001), Yoon (2002) 등을 이용하여 동정하였다.

먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 각 먹이생물의 크기를 mm 단위까지 측정하였다. 그 후 종류별로 건조기에 넣고 80°C에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울

을 이용하여 건조중량을 0.1 mg 단위까지 측정하였다.

위내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도, 먹이생물의 개체수비와 건조중량비로 나타내었다. 출현빈도 (F_i)는 다음과 같이 구하였다.

$$F_i (\%) = A_i / N \times 100$$

여기서, A_i는 해당 먹이생물이 위내용물 중 발견된 도루목의 개체수이고, N은 위속에 내용물이 있었던 도루목의 개체수이다.

섭이된 먹이생물의 상대중요성지수 (index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (N + W) \times F_i$$

여기서, N은 위내용물 중 발견된 먹이생물 총 개체수에 대한 해당 먹이생물이 차지하는 백분율이며, W는 위내용물 총 건조중량에 대한 해당 먹이생물이 차지하는 백분율이고, F_i는 각 먹이생물의 출현빈도이다.

또한 각 먹이생물의 상대중요성지수를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비 (IRI%)를 구하였다.

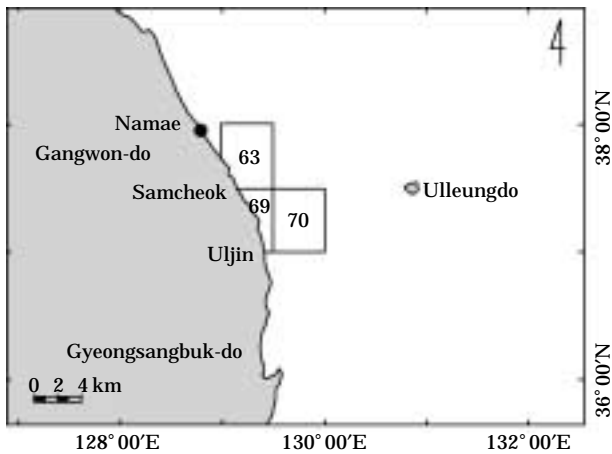


Fig. 1. Map showing the sampling area.

결과 및 고찰

1. 위내용물 조성

본 연구에서 사용된 도루목의 총 개체수는 2,115개체였으며, 이들의 체장 (Standard length, SL)은 9.8~22.9 cm 범위를 보였다 (Fig. 2). 비교적 작은 크기군인 9~16 cm SL 범위의 크기군이 전체 채집 개체수의 54.6%를 차지하였으며, 큰 크기군인 16~23 cm SL 범위의 크기군이 45.4%를 차지하였다. 또한 12~20 cm SL 범위의 크기군이 94.7%를 차지하여 가장 많은 개체수를 보였다.

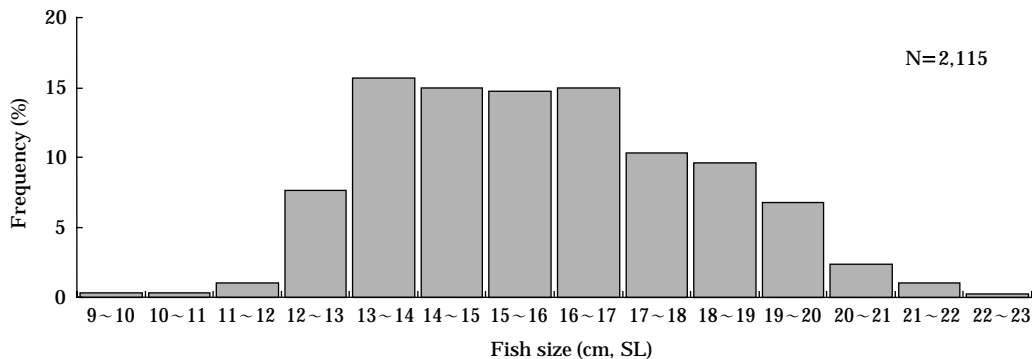


Fig. 2. Size distribution of *Arctoscopus japonicus* collected in the coastal waters off Busan, Korea.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Arctoscopus japonicus* by frequency of occurrence, number, dry weight and index of relative importance (IRI)

	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Amphipoda	85.7	80.8	67.5	12,811.3	94.2
<i>Anonyx ampulloides</i>	1.1	+	+		
<i>Hyperia garba</i>	33.3	33.8	34.1		
Hyperiidae spp.	1.2	0.7	1.4		
<i>Orchomene</i> sp.	0.9	+	0.1		
<i>Parathemisto japonica</i>	18.1	23.5	17.8		
<i>Phronimella elongate</i>	2.9	1.8	1.3		
<i>Pontogeneia rostrate</i>	1.2	+	+		
<i>Vibilia</i> sp.	1.1	+	0.2		
Unidentified	35.2	20.6	12.4		
Mysidacea	23.8	10.6	11.8	533.5	3.9
Cephalopoda	17.1	0.6	8.4	153.7	1.1
Pisces	3.8	0.3	8.5	33.4	0.2
<i>Myctophum nitidulum</i>	1.9	0.2	7.6		
Unidentified	1.9	+	0.9		
Euphausiacea	5.7	3.0	2.8	32.9	0.2
Eggs	1.6	4.6	0.3	32.5	0.2
Nematoda	2.9	+	0.7	2.3	+
Bivalvia	0.9	+	+	0.1	+
Seagrass	0.7	+	+	0.6	+
Total		100.0	100.0	13,600.2	100

+ : less than 0.1%

채집된 도루묵 시료 중 위속에서 내용물이 전혀 발견되지 않은 개체는 429개체로 20.3%의 공복율을 보였다. 지금까지 우리나라 주변해역에서 이루어진 어류의 식성 연구 중에서 농어 (*Lateolabrax japonicus*), 볼락 (*Sebastes inermis*), 실고기 (*Syngnathus schlegeli*), 개서대 (*Cynoglossus robustus*) 등의 공복율은 4.2~21.3%로 연안에 서식하며 갑각류를 주 먹이생물로 섭취하는 대부분의 갑각류식성 어류는 21.3% 이하의 낮은 공복율을 보였다 (Huh and Kwak, 1997a, 1998a, b; Baek and Huh, 2004). 반면, 삼치 (*Scomberomorus niphonius*) (Huh et al., 2006), 바리과 어류인 *Cephalopholis urodeta* (Nakai et al., 2001), 가오리류인 *Raja clavata*와 상어류인 *Raja clavata* (Morato et al., 2003) 등과 같은 어식성어류들은 34% 이상의 높은 공복율을 보였다.

어식성어류들은 다른 해양생물에 비해 큰 크기의 어류를 주 먹이생물로 하기 때문에 한 번에 한 마리의 큰 먹이생물을 섭취하여 오랫동안 에너지를 유지할 수 있지만 갑각류식성 어류들은 요각류(Copepoda), 단각류 (Amphipoda), 새우류 (Caridea), 게류 (Branchyura) 등의 비교적 작은 크기의 먹이생물을 주 먹이생물로 선택하였기 때문에 에너지 효율측면에서 살아가는데 필요한 에너지를 얻기 위해 한 번에 여러 마리의 먹이생물을 계속 섭이하여야 한다 (Huh et al., 2006). 이러한 이유에 의해서 갑각류

식성 어류인 도루묵이 공복율이 낮은 것이라 사료된다.

위내용물의 분석 결과는 Table 1과 같으며, 도루묵의 가장 중요한 먹이생물은 단각류로 나타났다. 단각류는 95.7%의 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 80.8%, 전체 위내용물 건조중량의 67.5%를 차지하였다. 상대중요성지수비는 94.2%였다. 단각류 중에서는 작은 머리하늘열새우 (*Hyperia garba*)가 도루묵의 가장 중요한 먹이생물이었는데, 전체 건조중량의 34.1%를 차지하였다. 다음으로 많이 섭이된 단각류는 긴체적하늘열새우 (*Parathemisto japonica*), 긴몸영리열새우 (*Phronimella elongate*), 하늘열새우류 (Hyperiidae spp.) 순이었으며, 각각 전체 건조중량의 17.8%, 1.3%, 1.2%를 차지하였다. 그 외에 주걱열새우류 (*Vibilia* sp.) 등의 단각류가 위내용물에서 발견되었다.

도루묵의 가장 중요한 먹이생물인 단각류는 모두 냉수성 종들로 연안에 서식하며 어류의 중요한 먹이로 이용되는 특징을 보이는데 (Nishimura, 1992), 냉수성 어류이며 연안에 서식하는 도루묵의 특성으로 보아 이들의 주 먹이생물로 적합한 것으로 판단된다.

단각류 다음으로 곤쟁이류 (Mysidacea)가 도루묵의 중요한 먹이생물로 나타났는데, 23.8%의 출현빈도, 10.6%의 개체수비, 11.8%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성비는 3.9%였다.

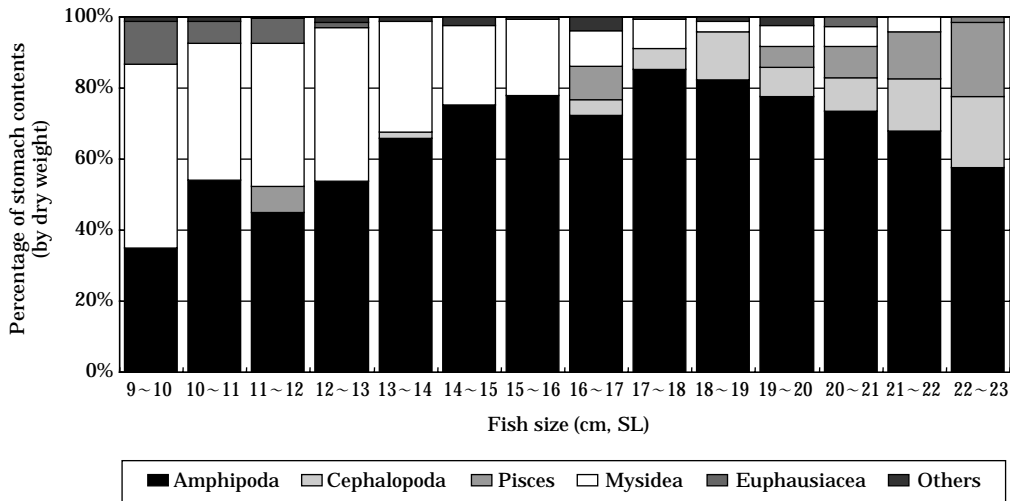


Fig. 3. Ontogenetic changes in percentage of stomach contents by dry weight of *Arctoscopus japonicus*.

그 다음으로 두족류(Cephalopoda)와 어류(Pisces)가 각각 전체 위내용물 건조중량의 8.4%와 8.5%를 차지하였다. 그 밖에 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 난(Eggs), 이매패류(Bivalvia), 선형동물(Nematoda), 해초류(Sea-grass) 등도 도루묵의 위내용물 중에서 발견되었으나, 그 양이 매우 적었다.

지금까지 보고된 우리나라 연근해에 출현하는 갑각류 식성 어류들은 크게 세 가지로 구분하여 볼 수가 있다. 첫째는 주둥치, 실고기 등으로 각각 요각류가 전체 위내용물 건조중량의 61.9%와 54.1%를 차지하여 요각류를 주 먹이생물로 섭취하는 어종이며(Huh and Kwak, 1997a, b), 둘째는 단각류가 전체 위내용물 건조중량의 50.9%를 차지한 복섬(*Takifugu niphobles*), 98.1%를 차지한 베도라치(*Pholis nebulosa*), 40.4%를 차지한 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*), 37.5%를 차지한 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*) 등과 같이 단각류를 주 먹이생물로 섭취하는 어종이다(Huh and Kwak, 1997c, 1998c, d, e). 세 번째가 꼼치(*Liparis tanaka*), 용가자미(*Hippoglossoides pinetorum*), 군평선이(*Hapalogenys mucronatus*) 등으로 각각 새우류가 전체 위내용물 건조중량의 96.1%, 90.8%, 64.9%를 차지하여 새우류를 주 먹이생물로 섭취하는 어종이다(Huh, 1997; Huh and Baek, 2003; Soh and Kwak, 2005). 이상의 결과로 보아 본 연구의 도루묵은 두 번째의 단각류를 주로 잡아먹는 갑각류식성 어류임을 알 수 있었다.

2. 성장에 따른 먹이조성의 변화

도루묵의 성장에 따른 먹이 조성의 변화를 파악하기 위하여 도루묵 시료를 1 cm 간격으로 14개 크기군으로

구분하여 위내용물을 분석하였다(Fig. 3).

본 연구에서 분석된 도루묵 체장 9~23 cm의 모든 크기군에서 가장 중요한 먹이생물은 단각류였다. 가장 작은 크기군인 체장 9~10 cm 크기군에서는 곤쟁이류가 전체 위내용물 건조중량의 51.7%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었다. 그 다음으로 단각류와 난바다곤쟁이류가 각각 35.1%와 12.1%를 차지하였다. 도루묵의 크기가 더욱 증가함에 따라 곤쟁이류의 점유율을 대체적으로 감소하였으며, 단각류는 증가하여 체장 12~13 cm 크기군에서는 곤쟁이류의 점유율은 감소하여 43.4%를 나타낸 반면 단각류의 점유율은 증가하여 53.8%를 나타내었다. 한편 난바다곤쟁이류는 감소하여 1.3%의 점유율을 나타내었다. 체장 11~12 cm와 13~14 cm 크기군에서 각각 어류와 두족류가 소량 출현 하였으나, 체장 16~17 cm 크기군부터는 각각 9.3%와 4.3%로 어류와 두족류의 출현량이 비교적 많아지기 시작하였다. 체장 17~18 cm 크기군에서는 단각류가 건조중량의 85.4%를 차지하여 점유율이 가장 높았으며, 곤쟁이류의 비율은 더욱 감소하여 8.2%에 불과하였다. 가장 큰 크기군인 22~23 cm SL 크기군에서는 단각류의 점유율이 감소하여 57.8%를 나타내었으며, 반면 어류와 두족류의 점유율이 증가하여 각각 20.8%와 20.0%를 나타내었다.

Fig. 4는 도루묵의 성장에 따른 먹이생물의 크기 변화를 보여준다. 작은 크기군인 체장 9~16 cm의 경우 먹이생물의 평균 크기가 0.2~0.8 cm의 범위를 보였다. 이 시기에는 비교적 작은 크기인 단각류와 곤쟁이류를 주로 섭이하였다. 어류의 체장이 증가함에 따라 먹이생물의 크기가 점차 증가하였는데, 체장 16~23 cm 크기군에서는 1.2~1.6 cm의 범위의 평균 크기를 나타내었다. 이

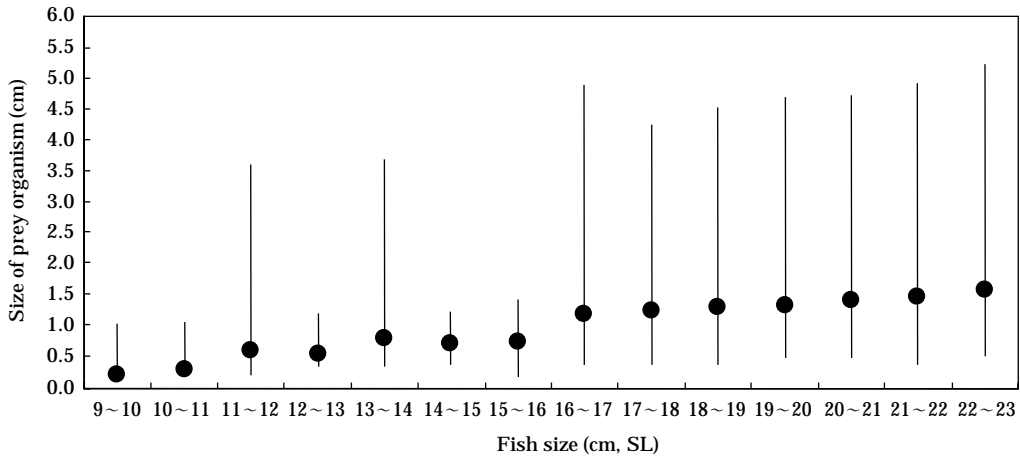


Fig. 4. Ontogenetic change in size of prey organisms in stomachs of *Arctoscopus japonicus* (Circle and bar represent the mean and range, respectively).

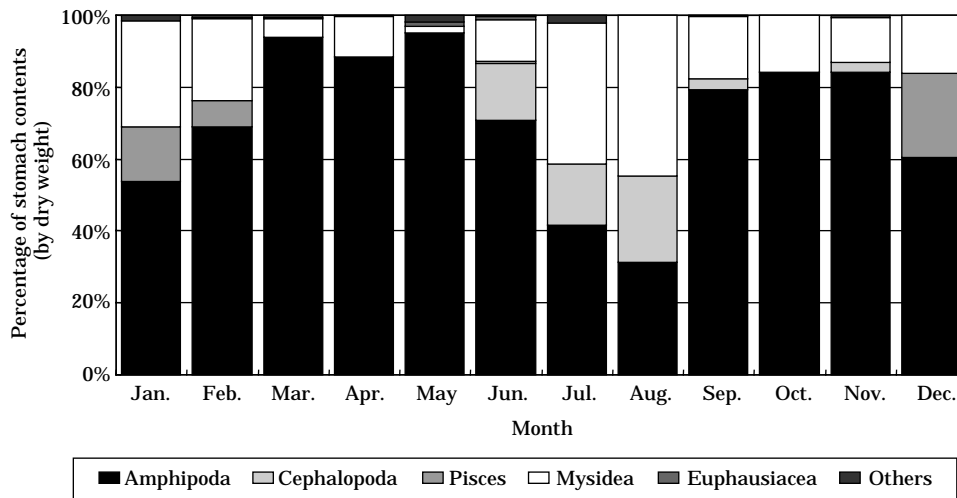


Fig. 5. Seasonal changes in feeding habits of *Arctoscopus japonicus*.

시기부터 큰 크기의 먹이생물인 어류와 두족류를 비교적 많이 섭이하였다.

본 연구에서는 체장 9.8 cm 이하의 도루묵 시료를 구할 수가 없어서 어린 도루묵의 식성을 정확히 알 수 없었지만, 일본 연안에 서식하는 체장 1.2~3.8 cm 도루묵 자어는 주로 요각류(Copepoda)를 잡아먹는 것으로 보고 된 바 있다(Morioka, 2002). 우리나라 연안에 서식하는 실고기, 주둥치, 베도라치, 농어 등 대부분의 다른 갑각류식성 어류의 경우 유어기에 요각류가 중요한 먹이생물이었다(Huh and Kwak, 1997a, b, c, 1998a). 이로 미루어 볼 때 우리나라 주변해역에서 출현하는 도루묵도 부화 후 얼마동안은 요각류를 섭이할 가능성이 높지만 보다 자세한 연구는 추 후 이루어져야 할 것이다.

우리나라 연안에서 조사되어진 많은 갑각류식성 어류들은 대부분 성장함에 따라 1단계의 먹이전환을 하는 어종과 2단계의 먹이전환을 하는 어종으로 구분되어진 다.

실고기는 요각류→단각류, 주둥치는 요각류→계류와 갯지렁이류로의 1단계 먹이전환을 하며, 줄망둑은 요각류→단각류→갯지렁이류와 복족류로, 복섬은 요각류→단각류→계류와 새우류로, 베도라치는 요각류→단각류→새우류로 전환하며, 농어는 요각류→단각류→새우류, 계류, 어류로의 2단계의 먹이전환을 한다(Huh and Kwak, 1997a, b, c, d, e, 1998a).

본 연구의 도루묵은 초기의 주 먹이생물은 알 수 없었으나 성장하면서 난바다곤쟁이류와 곤쟁이류로 다시

단각류로의 먹이전환을 하고 있음을 알 수 있었다.

3. 월별 먹이생물 조성의 변화

도루묵은 월에 관계없이 단각류를 주로 섭이하였으나, 위내용물 중 차지하는 비율은 월별 변화가 있었다(Fig. 5). 봄(3~5월)에는 단각류의 점유율이 가장 높아 월별 88.3~95.2%를 보였으며, 곤쟁이류는 2.0~11.3%였다. 여름(6~8월)에는 단각류의 점유율이 월별 31.4~70.7%로 대폭 감소하는 반면 곤쟁이류의 점유율은 11.6~44.6%로 증가하였다. 이시기에는 1년 중 두족류의 점유율이 가장 높은 15.8~23.9%를 보였다. 가을(9~11월)에는 단각류의 점유율이 다시 증가하여 월별 79.3~84.3%를 나타내는 반면 곤쟁이류의 점유율은 12.5~17.4%로 감소하였다. 겨울(12~2월)에는 단각류의 점유율이 감소하여 53.5~68.9%를 나타내었으며, 곤쟁이류의 점유율은 16.1~29.5%를 나타내었다. 이시기에는 도루묵의 위내용물 중 어류의 점유율이 1년 중 가장 높아 7.4~23.4%를 나타내었다. 이러한 현상은 도루묵이 겨울에 산란을 하기 위해 2~10 m 수심의 연안으로 이동하여 산란기간 동안 머무르며 연안에 풍부하게 서식하고 있는 작은 크기의 어류를 섭이한 것으로 판단된다(Chyung, 1977; Watanabe *et al.*, 2004).

도루묵의 월별 먹이생물 조성에서 여름(6~8월)에 단각류의 점유율이 급격히 감소한 것은 먹이생물의 생태와 관련성이 있다고 추정 되지만 이에 관한 정확한 원인을 알 수가 없었다. 이에 대한 보다 정확한 원인을 규명하기 위해서는 추후 도루묵의 주변 환경생물과 먹이생물에 대한 보다 광범위한 연구가 필요하다고 사료된다.

적 요

도루묵의 식성을 조사하기 위해 강원도 삼척 연안해역에서 기선저인망을 이용하여 2003년 4월부터 2004년 3월까지 매월 채집된 2,115개체의 도루묵 위내용물을 분석하였다. 도루묵의 가장 중요한 먹이생물은 단각류(Amphipoda)였으며, 다음으로 곤쟁이류(Mysidacea), 두족류(Cephalopoda), 어류(Pisces)가 중요한 먹이생물이었다. 그 밖에 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 난(Eggs), 이매패류(Bivalvia), 선형동물(Nematoda), 해초류(Seagrass) 등도 도루묵의 위내용물 중에서 발견되었으나, 그 양이 매우 적었다.

도루묵은 성장함에 따라 먹이생물 조성의 변화를 보였는데, 가장 작은 크기군인 체장 9~10 cm 크기군에서는 곤쟁이류와 단각류가 중요한 먹이생물이었다. 도루묵

의 크기가 더욱 증가함에 따라 체장 16~23 cm 크기군에서는 단각류의 점유율은 더욱 증가하였으며, 두족류와 어류의 점유율이 증가하였다.

인 용 문 헌

국립수산물과학원. 2001. 한국새우류도감. 한글그래픽스, 223 pp.
 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류도감. 교학사, 615 pp.
 명정구 · 김종만 · 김용억. 1989. 실험실에서 사육한 도루묵, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner)의 난발생 및 자치어의 형태. 한국수산학회지, 22: 129~137.
 백근욱 · 허성희. 2004. 여수 주변 해역에서 채집된 개서대(*Cynoglossus robustus*)의 식성. 한어지, 16(4): 341~347.
 서호영 · 광석남. 2005. 여수 소리도 주변 해역에서 채집된 군평선이(*Haplogenyus mucronatus*)의 식성. 한국어류학회지, 17(4): 258~263.
 윤창호. 2002. 한국어류검색도감. 아카데미서적, 747 pp.
 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727 pp.
 최수하 · 전영렬 · 손송정 · 서학근. 1983. 한국 동해산 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)의 연령, 성장과 성숙. 수진연구보고, 31: 7~19.
 허성희. 1997. 꼽치(*Liparis tanakai*)의 식성. 한어지, 9(1): 71~78.
 허성희 · 광석남. 1997a. 광양만 잘피밭에 서식하는 실고기(*Syngnathus schlegelii*)의 식성. 한국수산학회지, 30(5): 896~902.
 허성희 · 광석남. 1997b. 광양만 잘피밭에 서식하는 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)의 식성. 한어지, 9(2): 221~227.
 허성희 · 광석남. 1997c. 배도라치(*Pholis nebulosa*)의 식성. 한어지, 9(1): 22~29.
 허성희 · 광석남. 1998a. 광양만 잘피밭에 서식하는 농어(*Lateolabrax japonicus*)의 식성. 한국어어업기술학회지, 34(2): 191~199.
 허성희 · 광석남. 1998b. 광양만 잘피밭에 서식하는 볼낙(*Sebastes inermis*)의 식성. 한국수산학회지, 31(2): 168~175.
 허성희 · 광석남. 1998c. 광양만 잘피밭에 서식하는 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)의 식성. 한국수산학회지, 31(3): 372~379.
 허성희 · 광석남. 1998d. 광양만 잘피밭에 서식하는 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*)의 식성. 한어지, 10(1): 24~31.
 허성희 · 광석남. 1998e. 광양만 잘피밭에 서식하는 복섬(*Takifugu niphobles*) 유어의 식성. 한국수산학회지, 31(6): 806~812.
 허성희 · 박주면 · 백근욱. 2006. 남해에 출현하는 삼치(*Scomberomorus niphonius*)의 식성. 한국수산학회지, 39(1): 35~41.

- 허성희 · 백근욱. 2003. 고리 연안에서 채집된 용가자미(*Hippoglossoides pinetorum*)의 식성. 한어지, 15(3) : 157 ~ 161.
- Baik, K.K., Y.I. Rho, Y.S. Chung, Y.T. Hwang and G.E. Hong. 1989. The artificial seed production of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 43 : 145 ~ 156. (in Korean)
- Morato, T., E. Sola, M.P. Gros and G. Menezes. 2003. Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of Azores, northeastern Atlantic. Fish. Bull., 101 : 590 ~ 602.
- Morioka, T. 2002. The diet of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* larvae and juveniles reared in a net-cage with a plankton-alluring lamp. Nippon Suisan Gakkaishi, 68(4) : 526 ~ 533.
- Nakai, T., M. Sano and H. Kurokura. 2001. Feeding habits of the darkfin hind *Cephalipholis urodetta* (Serranidae) at Iriomote Island, southern Japan. Fish. Sci., 67 : 640 ~ 643.
- Nishimura, S. 1992. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys Vol. II. Hoikusha Press, Tokyo, 663 pp. (in Japanese)
- Okiyama, M. 1970. Studies on the population biology of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner) II. Population analysis (Preliminary report). Bull. Jap. Sea. Reg. Fish. Res. Lab., 22 : 56 ~ 69.
- 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.
- Takeda, M. 1982. Keys to Japanese and Foreign Crustaceans. Hokuryukan Press, Tokyo, 284 pp. (in Japanese)
- 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.

Received : October 1, 2006
Accepted : February 5, 2007