

순천 상내리 갯벌역에 출현하는 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*)의 식성

박종혁 · 정재묵¹ · 김현지 · 예상진² · 백근욱*

경상대학교 해양식품생명의학과, 해양산업연구소, 해양생물교육연구센터, ¹국립수산과학원 연근해자원과,
²한국수산자원관리공단 자원조성실

Feeding habits of yellowfin goby, *Acanthogobius flavimanus* in the tidal flat of Sangnae-ri, Suncheon, Korea

Jong-Hyeok PARK, Jae-Mook JEONG¹, Hyeon-Ji KIM, Sang-Jin YE² and Gun-Wook BAECK*

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

¹Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea.

²Resources Enhancement Division, Korea Fisheries Resources Agency, Busan 48058, Korea.

The feeding habits of yellowfin goby (*Acanthogobius flavimanus*) were studied based on the examination of stomach contents of 171 specimens collected from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri, Suncheon, Korea. The size of *A. flavimanus* ranged from 10.6 to 18.3 cm in standard length (SL). *A. flavimanus* mainly consumed amphipods (especially *Corophium* sp.). Its diet also included shrimps, crabs, fishes and polychaetes. Ontogenetic changes in diet composition of *A. flavimanus* were evident. The portion of amphipods and polychaetes was inversely proportional to the increase in fish size whereas it was directly proportional to the increase in the consumption of shrimps and crabs increased.

Keywords : *Acanthogobius flavimanus*, Feeding habits, Ontogenetic change, Tidal flat

서론

갯벌 (Tidal flat)은 어류, 새우류, 갑각류와 같은 다양한 생물의 서식처, 성육장, 산란장의 기능을 제공한다고 알려져 있으며 (Reise, 1985), 특히 어류 중에는 망둑

어과 어류가 우점하는 것으로 보고되었다 (Shim and Lee, 1999; Seo and Hong, 2010). 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*)은 망둑어과 (Gobiidae)에 속하는 어종으로 연안과 기수역의 바닥에 서식하며, 우리나라 서해 남부

Running title: 문절망둑의 식성

*Corresponding author: wangwk@jnu.ac.kr, Tel: +82-61-659-7136, Fax: +82-61-659-7139

와 남해안, 일본, 중국 등에 분포하는 것으로 알려져 있다 (Chung, 1977; Kim et al., 2005).

기존의 문절망둑에 관한 국내 연구로는 식성, 성숙, 성장과 추정 생산량 (Huh and Kwak, 1999; Park et al., 2005; Kwak et al., 2009)이 있었고, 국외 연구로는 치어의 먹이변화, 먹이와 서식지 이용, 먹이와 성장 (Kouki et al., 2005; Workman and Merz, 2007; Cohen and Bollens, 2008) 등이 있었다. 이번 연구 지역인 순천만 갯벌에 출현하는 어류에 관한 연구로는 말뚝망둑어류 (*Periophthalmus*) 2종의 식성 (Baek et al., 2013), 민물두줄망둑 (*Tridentiger bifasciatus*)의 식성 (Ye et al., 2014a), 갯골의 어류군집 (Ye et al., 2014b), 농어 (*Lateolabrax japonicus*) 치어의 식성 (Jeong et al., 2015)이 있었다. 담수와 갯벌이 맞닿아 있어 물리적 환경변화가 크기 때문에 (Mitsch and Gosselink, 1993) 연구지역의 에너지 흐름을 확인하기 위해 보다 다양한 종에 대한 식성 연구가 필요하다고 생각되었다. 또한 문절망둑의 식성에 대한 선행 연구는 잘피밭에서만 이루어졌기 때문에 서식지간 먹이습성을 비교하기 위하여 갯벌에 출현하는 문절망둑의 식성 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 따라서 이번 연구의 목적은 생태적으로 중요한 순천만 갯벌역에 출현하는 문절망둑의 위

내용물을 분석하여 주요먹이생물, 성장에 따른 먹이변화를 조사함으로써 생태학적 정보와 수산자원 관리에 필요한 기초자료를 제공하기 위함이다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 시료는 2013년 9월부터 2014년 8월까지 매월 1회, 전라남도 순천시 상내리 갯벌에서 폭 20 m, 높이 1 m, 망목 3 cm의 저층자망 (Bottom gill net)을 이용하여 채집하였다 (Fig. 1). 자망은 간조 시에 드러나는 갯골을 따라 100 m 간격으로 4개 정점을 지정하여 대조기의 만조 시에 설치하였으며, 24시간 후 수거하였다. 조사 시 수온과 염분을 채집과 동시에 측정하였으며, 수온은 5.5~29.4°C, 염분은 0.8~4.8 psu의 범위를 보였다. 채집된 문절망둑은 사후 소화를 방지하기 위해 현장에서 즉시 10% 중성 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반한 후, 각 개체의 체장 (standard length)과 습중량 (wet weight)을 각각 0.1 cm, 0.1 g까지 측정하였다. 이후, 각 개체의 위를 적출하여 해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였으며, 먹이생물은 가능한 중 수준까지 동정하여 개체수를 계수한 후, 전자저울 (Mettler-toledo, AB204-S)을 이용하여 습중량을 0.1 mg까지 측정하였다.

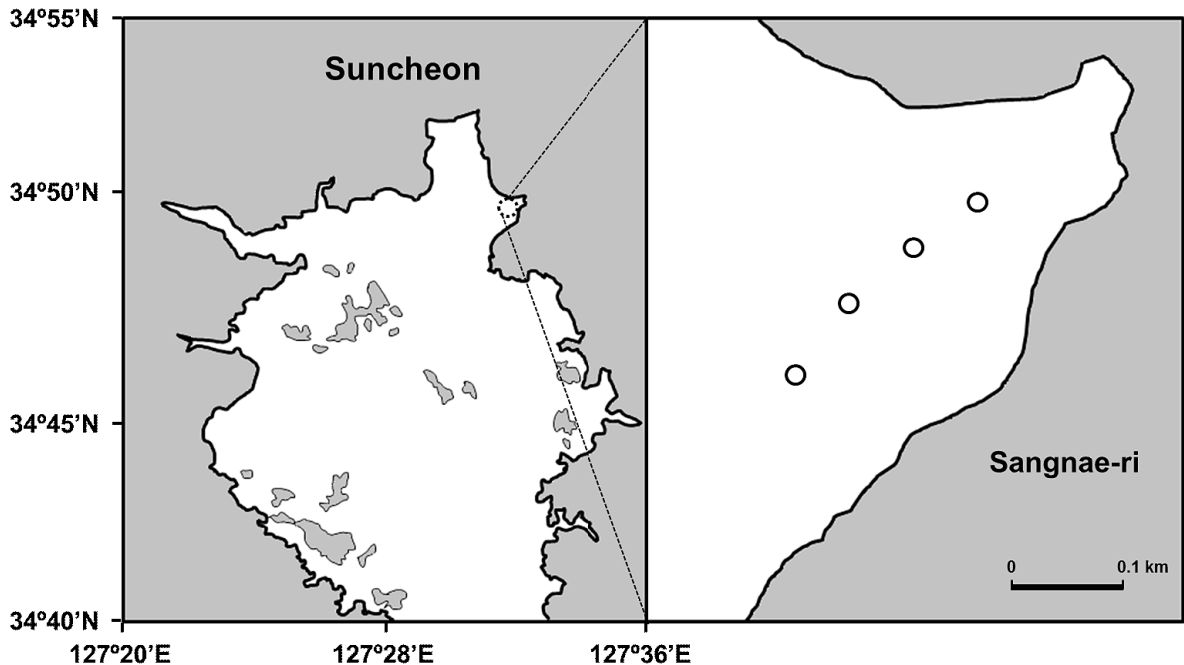


Fig. 1. Location of the study area for collecting specimens of *Acanthogobius flavimanus* (O).

위내용물 분석을 위한 충분한 표본크기를 결정하기 위하여 누적먹이곡선 (Cumulative prey curve)을 사용하였다 (Ferry and Cailliet, 1996). 분석된 위내용물은 어류 (Pisces), 새우류 (Macrura), 복족류 (Gastropoda), 단각류 (Amphipoda), 난바다곤쟁이류 (Euphausiacea), 게류 (Brachyura), 갯지렁이류 (Polychaeta), 곤충류 (Insecta)로 구분하여 위의 순서를 100번 무작위화한 뒤, 평균과 표준편차를 그래프 상에 나타내었다. 이때 곡선의 접근선은 위내용물 분석을 위한 최소 표본크기를 나타낸다.

위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도 (%F), 개체수비 (%N), 그리고 습중량비 (%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\%F = A_i/N \times 100 \quad (1)$$

$$\%N = N_i/N_{total} \times 100 \quad (2)$$

$$\%W = W_i/W_{total} \times 100 \quad (3)$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 어류의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 어류의 총 개체수, N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물의 개체수와 습중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이 개체수와 습중량이다.

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

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

성장에 따른 먹이생물의 변화를 분석하기 위해 채집된 시료를 2 cm 간격, 4개의 크기군 (10~12 cm, $n=13$; 12~14 cm, $n=72$; 14~16 cm, $n=40$; 16< cm, $n=18$)으로 구분하여 먹이생물의 조성을 확인하였다.

체장에 따른 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군 별 개체당 먹이의 평균 개체수 (mean number of preys per stomach, mN/ST)와 개체당 먹이의 평균 중량 (mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 분산분석 (analysis of variance, ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

위내용물 조성

조사기간 동안 채집된 문절망둑은 총 171개체로 10.6~18.3 cm의 체장범위를 보였으며, 12~14 cm 크기

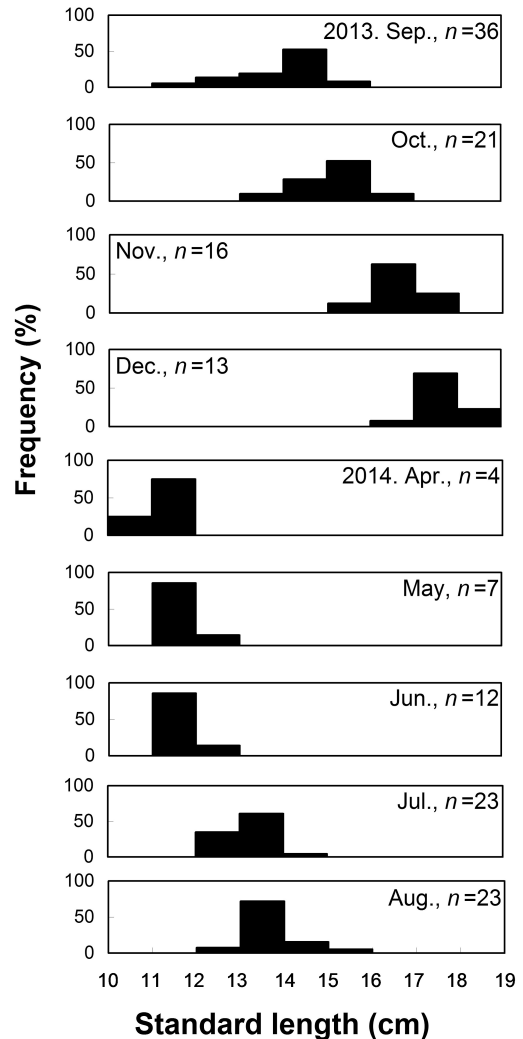


Fig. 2. Monthly variations in standard length frequency of *Acanthogobius flavimanus* collected by bottom gill nets from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri Suncheon, Korea.

군이 46.2%를 차지하여 가장 많이 채집되었다 (Fig. 2). 4월에 평균체장 11.1 ± 0.3 cm로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 12월에 평균체장 17.5 ± 0.5 cm로 가장 높은 값을 나타내었다.

총 171개체의 문절망둑 중 위내용물이 전혀 발견되지 않은 개체는 28개체로 16.4%의 공복율을 나타냈다. 위내용물이 발견된 143개체를 대상으로 조사한 누적먹이곡선은 130개체에서 접근선에 근접하였다 (Fig. 3). 이번 연구는 130개체 이상의 표본을 조사하였기 때문에 문절망둑의 위내용물을 설명하기에 충분하였다.

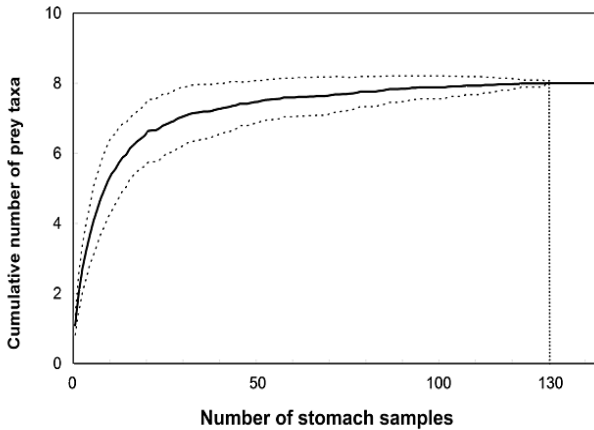


Fig. 3. Cumulative prey curves of prey taxa per stomach of *Acanthogobius flavimanus* collected by bottom gill nets from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri, Suncheon, Korea. Dashed line represent standard deviations after 100 permutations.

위내용물이 발견된 143개체의 위내용물 분석 결과 (Table 1), 문절망둑의 가장 우점한 먹이생물은 출현빈도 27.7%, 개체수비 83.5%, 습중량비 2.0%로 나타나 상대중요성지수비 56.2%를 차지한 단각류 (Amphipoda) 의 *Corophium* sp.였다. 그 다음으로 우점한 먹이생물은 출현빈도 19.4%, 개체수비 3.7%, 습중량비 29.9%로 나타나 상대중요성지수비 15.4%를 차지한 새우류 (*Macrura*) 였으며, 새우류 중에서는 흰새우 (*Exopalaemon orientis*) 가 출현빈도 12.3%, 개체수비 2.3%, 습중량비 19.9%를 차지하여 가장 높게 나타났다. 새우류 다음으로 우점한 먹이생물은 출현빈도 14.8%, 개체수비 2.8%, 습중량비 39.1%로 나타나 상대중요성지수비 14.7%를 차지한 게류 (*Brachyura*)였으며, 게류 중에서는 길게 (*Macrophthalmus abbreviatus*)가 출현빈도 11.0%, 개체수비 2.1%, 습중량비 29.6%를 차지하여 가장 높게 나타났다. 어류 (*Pisces*), 갯지렁이류 (*Polychaeta*)는 각각 상대중요성지수비 7.1%, 6.3%를 차지하였으며, 그 외 복족류 (*Gastropoda*)와 난바다곤쟁이류 (*Euphausiacea*), 곤충류 (*Insecta*)도 섭식되었지만 그 양은 많지 않았다.

이번 연구에서 문절망둑은 1월부터 3월까지 채집이 되지 않았다. 이는 대부분의 망둑어과 어류와 마찬가지로 겨울철 수온 하강에 따라 수심이 얕은 본 조사지역에 출현하지 않은 것으로 추정된다 (Arntz, 1973).

이번 연구에서 문절망둑의 주먹이생물은 단각류의

Corophium sp.로 나타났다. 선행연구의 경우, 잘피밭 지역에서는 단각류인 *Erichthonius pugnax*가 우점하였으며 (Huh and Kwak, 1999), 담수 지역에서 또한 단각류인 *Gammarus* sp.가 우점하였는데 (Workman and Merz, 2007), 문절망둑은 다른 지역에서 이루어진 연구 결과와 비교해 주먹이생물 종은 다르지만 동일하게 단각류를 선호하는 경향을 보였다. 이번 연구에서 우점 먹이생물종으로 나타난 *Corophium* sp.는 갯벌연안역, 담수, 하구역에 주로 서식하는 저서성 단각류로 광범성이며, 분포지역이 광범위하다고 보고되었다 (Crawford, 1937; Meadows and Reid, 1966). 또한 연구지역과 인접한 광양만의 저서 무척추동물 중 우점종으로 보고되었다 (Choi et al., 2003). 따라서 문절망둑은 해당 지역에 풍부한 먹이생물을 섭식하는 기회주의적 섭식자 (Opportunistic feeder)인 것으로 생각된다.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Acanthogobius flavimanus* by frequency of occurrence, number, weight and index of relative importance (*IRI*) (collected by bottom gill nets from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri Suncheon, Korea)

Prey organisms		%F	%N	%W	%IRI
Pisces	<i>Periophthalmus modestus</i>	14.2	2.8	18.2	7.1
	<i>Tridentiger bifasciatus</i>	1.3	0.2	3.0	
	<i>Chelon haematocheilus</i>	5.2	1.1	6.6	
	<i>Pseudogobius masago</i>	1.3	0.2	2.2	
	Unidentified Pisces	5.2	1.0	4.8	
	Macrura	19.4	3.7	29.9	15.4
Macrura	<i>Exopalaemon orientis</i>	12.3	2.3	19.9	
	<i>Palaemon paucidens</i>	0.6	0.1	1.4	
	<i>Alpheus brevicristatus</i>	1.9	0.4	3.1	
	<i>Alpheus japonicus</i>	2.6	0.5	3.0	
	<i>Palaemon ortmanni</i>	1.3	0.2	2.1	
Gastropoda	Unidentified Macrura	0.6	0.1	0.4	
	<i>Cipangopaludina chinensis</i>	3.2	0.6	0.3	0.1
Amphipoda		3.2	0.6	0.3	
	<i>Corophium</i> sp.	27.7	83.5	2.0	56.2
Euphausiacea		27.7	83.5	2.0	
	<i>Euphausia</i> sp.	3.9	1.7	0.3	0.2
Brachyura		3.9	1.7	0.3	
		14.8	2.8	39.1	14.7
	<i>Macrophthalmus abbreviatus</i>	11.0	2.1	29.6	
	<i>Parasesarma pictum</i>	1.9	0.4	6.1	
	<i>Helice tridens</i>	0.6	0.1	0.8	
Polychaeta	<i>Gaetice depressus</i>	1.3	0.2	2.5	
		18.1	4.6	10.0	6.3
	Nereidae spp.	18.1	4.6	10.0	
Insecta		1.3	0.2	0.1	-
	<i>Diptera</i> spp.	1.3	0.2	0.1	
Total	Total	Total	100.0	100.0	100.0

- : less than 0.1%

성장별 먹이조성의 변화

문절망둑의 성장에 따른 먹이조성 변화를 분석한 결과 (Fig. 4), 가장 작은 10~12 cm 크기군에서는 단각류와 갯지렁이류가 각각 상대중요성지수비 53.0%, 44.7%로 가장 우점한 먹이생물이었다. 12~14 cm 크기군에서는 단각류가 상대중요성지수비 76.2%를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었으며, 새우류와 어류가 각각 8.6%, 5.5%를 차지하였고, 갯지렁이류는 상대중요성지수비 8.9%를 차지하여 급격히 감소하였다. 14~16 cm 크기군에서는 새우류가 상대중요성지수비 48.6%를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었으며, 어류는 20.3%를 차지하여 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 게류가 나타나기 시작하여 16.2%를 차지하였다. 반면에 단각류는 8.9%를 차지하여 급격히 감소하였다. 16< cm 크기군에서는 게류가 상대중요성지수비 87.2%를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었으며, 새우류와 어류는 각각 7.6%, 3.4%를 차지하여 감소하였다.

문절망둑의 크기군별 먹이생물 변화를 분석한 결과 (Fig. 5), 먹이생물의 평균 개체수는 12~14 cm 크기군부터 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($F_{(3,139)}=1.011, p<0.05$). 먹이생물의 평균 습중량은 성장함에 따라 증가하는 경

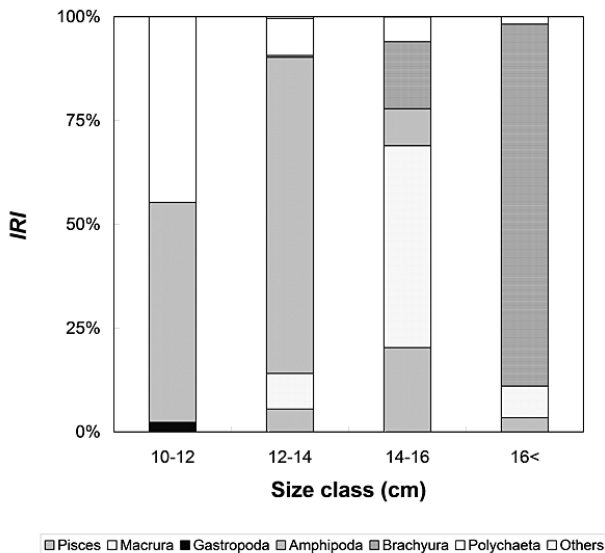


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by %IRI of *Acanthogobius flavimanus* collected by bottom gill nets from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri Suncheon, Korea.

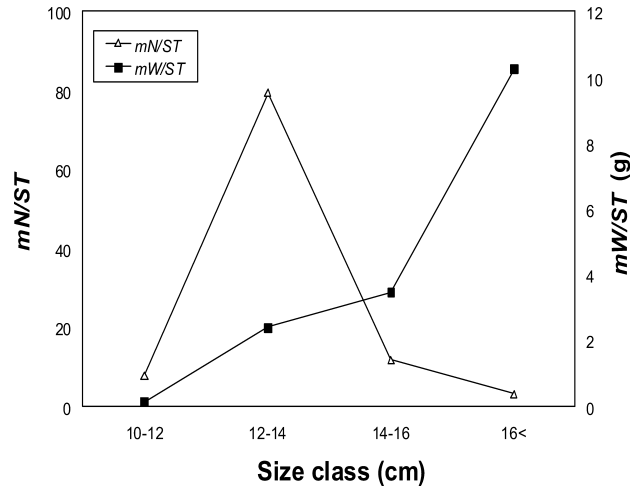


Fig. 5. Ontogenetic variations in mean number of preys per stomach (mN/ST) and mean weight of preys per stomach (mW/ST) in the diets of *Acanthogobius flavimanus* collected by bottom gill nets from September 2013 to August 2014 in the tidal flat of Sangnae-ri Suncheon Korea.

향을 보였으며, 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($F_{(3,139)}=1.326, p<0.05$).

이번 연구에서 문절망둑은 10~12 cm, 12~14 cm 크기군에서는 주로 갯지렁이류와 단각류를 섭식하였지만, 14~16 cm, 16< cm 크기군에서는 주로 새우류와 게류를 섭식하여 먹이 전환을 하는 것으로 나타났다. 먹이 전환은 줄망둑과 *Aphia minuta* (Huh and Kwak, 1998; Mesa et al., 2008)와 같은 다른 망둑어과 어류에서도 보고되었으며, 이는 체장이 증가함에 따라 더 많은 에너지를 필요로 하기 때문에, 섭식하는 먹이의 개체수를 늘리거나 노력당 에너지 효율이 더 높은 먹이를 섭식하는 것으로 생각된다 (Wainwright and Richard, 1995).

결론

채집기간 동안 총 171개체의 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*)이 채집되었으며, 16.4%의 공복률을 보였다. 가장 우점한 먹이생물은 상대중요성지수비 56.2%를 차지한 단각류 (Amphipoda)의 *Corophium* sp.였고, 다음으로 우점한 먹이생물은 새우류 (Macrura)와 게류 (Brachyura)였다. 문절망둑은 성장에 따른 먹이전환이 관찰되었다. 10~12 cm 크기군에서는 단각류와 갯지렁이류 (Polychaeta)가 우점하였으며, 12~14 cm 크기군에서는 단각류가 우점하였다. 14~16 cm 크기군에서는 새

우류가 우점하였으며, 16< cm 크기군에서는 게류가 우점하였다.

사 사

이 논문은 2013년도 정부 (교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임 (2013R1A1A2004483).

References

- Arntz WE. 1973. Periodicity of the amphipod genus *Corophium*, with notes on the British species. J Mar Bio Assoc UK 21, 589-630.
- Baeck GW, Yoon YH and Park JM. 2013. Ontogenetic and diel changes in diets of two sympatric mudskippers *Periophthalmus modestus* and *Periophthalmus magnuspinnatus* on the tidal flats of Suncheon Bay, Korea. Fish sci, 79(4), 629-637. (DOI:10.1007/s12562-013-0633-6)
- Choi JW, Hyun SM and Chang M. 2003. The summer benthic environmental conditions assessed by the functional groups of macrobenthic fauna in Gwangyang bay, southern coast of Korea. Korean J Environ Biol 21(2), 101-113.
- Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Illji-sa, Seoul, 727.
- Cohen SE and Bollens SM. 2008. Diet and growth of non-native Mississippi silversides and yellowfin gobies in restored and natural wetlands in the San Francisco estuary. Mar Ecol Prog Ser 368, 241-254. (DOI:10.3354/meps07561)
- Crawford GI. 1937. Are view of the amphipod genus *Corophium*, with notes on the British species. J Mar Bio Assoc UK 21, 589-630.
- Ferry LA and Cailliet GM. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly. In: MacKinlay D. and Sheare K. (eds.), Feeding Ecology and Nutrition in Fish. Symp Proc, AFS. San Francisco CA, 71-80.
- Huh SH and Kwak SN. 1998. Feeding habits of *Acentrogobius pflaumii* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang bay. Korean J Ichthyol 10(1), 24-31.
- Huh SH and Kwak SN. 1999. Feeding habits of *Acanthogobius flavimanus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang bay. J Korean Fish Soc 32(1), 10-17.
- Jeong JM, Kim HJ, Ye SJ, Yeom SD, Park JH and Baeck GW. 2015. Feeding habits of juvenile sea perch, *Lateolabrax japonicas* in tidal creek at Sangnae-ri Suncheon, Korea. J Korean Soc Fish Technol 51(2), 221-226. (DOI:10.3796/KSFT.2015.51.2.221)
- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-hak Publishing Co, Seoul, 420-443.
- Kouki K, Mitsuhiro S and Hiroshi K. 2005. Ontogenetic diet shift, feeding rhythm, and daily ration of juvenile yellowfin goby *Acanthogobius flavimanus* on a tidal mudflat in the Tama river estuary, central Japan. Ichthyol Res 52, 319-324. (DOI:10.1007/s10228-005-0287-1)
- Kwak SN, Huh SH and Kim HW. 2009. Growth and estimated production of *Acanthogobius flavimanus* in an eelgrass (*Zostera Marina*) bed and unvegetated tidal flat of Dongdae bay. Ani Cell Syst 13(3), 315-321. (DOI:10.1080/19768354.2009.9647224)
- Meadows PS and Reid A., 1966. The behavior of *Corophium volutator* (Crustacea: Amphipoda). J Zool 150, 387-399. (DOI: 10.1111/j.1469-7998.1966.tb03013.x)
- Mesa ML, Borme D, Tirelli V, Poi ED, Legovini S and Umami SF. 2008. Feeding ecology of the transparent goby *Aphiaminuta* (Pisces, Gobiidae) in the northwestern Adriatic sea. Sci Mar 72(1), 99-108.
- Mitsch WJ and Gosselink JG. 1993. Wetlands. Van nostrand reinhold. New York, 571.
- Park MH, Hwang IJ, Kim DJ, Lee YD, Kim HB and Baek HJ. 2005. Gonadal development and sex steroid hormone levels of the yellowfin goby *Acanthogobius flavimanus*. J Korean Fish Soc 38(5), 309-315.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California water. Fish Bull 152, 1-105.
- Reise K. 1985. Tidal flat ecology. An experimental approach to species interactions. Springer-Verlag, 191.
- Seo IS and Hong JS. 2010. Seasonal variation of fish assemblages on Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 43(5), 510-520.
- Shim KS and Lee CR. 1999. Fish fauna of the Saemankum area, Chollabuk-do 17(3), 293-303.
- Wainwright PC and Ricard BA. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Motor pattern. J Exp Biol 5, 1161-1171.
- Workman ML and Merz JE. 2007 Introduced yellowfin goby

diet and habitat use in the lower Mokelumne river,
California. San Franc Estuary Watershed Sci 5(1), 1-13.
Ye SJ, Jeong JM, Kim HJ, Park JM, Huh SH and Baeck GW.
2014a. Feeding habits of *Tridentiger bifasciatus* in the
tidal creek at Sangnae-ri, Suncheon, Korea. Korean J Fish
Aquat Sci 47(2), 160-167. (DOI:10.5657/KFAS.2014.0160)
Ye SJ, Jeong JM, Kim HJ, Park JM, Huh SH and Baeck GW.

2014b. Fish assemblage in the tidal creek of Sangnae-ri
Suncheon, Korea. Korean J Ichthyol 26(1), 74-80.

2016. 02. 15 Received
2016. 05. 25 Revised
2016. 05. 26 Accepted