

서해에서 어획된 눈강달이(*Collichthys niveatus*)의 식성

고아름 · 정재묵¹ · 백근욱^{2*}

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

Feeding habits of the bighead croaker, *Collichthys niveatus* in West Sea, Korea

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 feeding habits of the bighead croaker *Collichthys niveatus* were studied using 745 specimens collected by bottom trawl net in the West Sea, Korea, in April and October of 2016, 2017 and 2018. The size of *C. niveatus* ranged from 4.8 to 16.0 cm in total length. The stomach contents analysis indicated that *C. niveatus* consumed mainly euphausiids and copepods. *C. niveatus* consumed mainly euphausiids and copepods in all size classes. The dietary compositions of *C. niveatus* was not significantly different among size classes (One-way ANOVA, $P > 0.05$). As body size of *C. niveatus* increased, the mean weight of prey per stomach (mW/ST) tended to increase.

Keywords : Bighead croaker, *Collichthys niveatus*, Feeding habits, West Sea

서론

눈강달이(*Collichthys niveatus*)는 농어목(Perciformes) 민어과(Sciaenidae)에 속하는 어류로 우리나라의 서해와 남해를 비롯하여 동중국해에 서식하고 산란기는 6~7월 경이며 수심 80 m 미만의 연안에서 서식한다(Kim et al., 2005). 강달이속(*Collichthys*)은 전세계에서 눈강달이와 황강달이(*C. lucidus*) 2종만이 알려져 있으며(Froese and Pauly, 2019) 강다리, 청강달어 등의 방언으로 불리고 젓

갈, 매운탕 등의 식품과 사료로 이용되어 경제적 가치가 있는 어종이다. 또한 눈강달이는 상업적으로 중요한 황아귀(*Lophius litulon*)의 먹이생물로서(Cha et al., 1997), 해양 생태계에서 일차생산자와 상위 영양단계를 연결하는 중간 영양단계로 중요한 위치에 있다.

지금까지 연구된 강달이속에 관한 연구로는 황강달이의 섭식생태(Chung et al., 2014)와 민어과 어류의 분류학적 재검토(Lee and Park, 1992), 치어 2종의 분자동정

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

총 개체수, N_i (W_i)는 해당 먹이생물의 개체수(습중량), N_{total} (W_{total})은 전체 먹이 개체수(습중량)이다. 먹이생물의 상대중요성지수(Index of relative importance, *IRI*)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 식 (4)와 같이 구하였으며 상대중요도지수비는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%*IRI*)로 나타내었다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F \quad (4)$$

눈강달이의 전장군별(TL) 먹이조성의 변화를 알아보기 위하여 2.0 cm 간격으로 나누어 각 전장군별 먹이생물을 분석하였다(<8.0 cm, $n=34$; 8.0~10.0 cm, $n=128$; 10.0~12.0 cm, $n=248$; 12.0~14.0 cm, $n=86$; >14.0 cm, $n=27$). 또한 전장군별 먹이 섭식 특성 파악을 위해 전장군별 먹이의 평균 개체수(Mean number of preys per stomach mN/ST)와 전장군별 먹이의 평균 중량(Mean weight of preys per stomach mW/ST)을 구하였다. 상기 분석을 위해 일원배치분산분석(One-way ANOVA, Microsoft excel 2010)을 이용하여 유의성을 검정하였고 $P<0.05$ 일 때 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

전장분포

이번 연구에 사용된 눈강달이 총 745개체의 전장(Total length)은 4.8~16.0 cm의 범위를 보였는데(Fig. 3), 10.0~11.0 cm 전장군이 전체 개체수의 28.2%를 차지하여 가장 높은 값을 보였다.

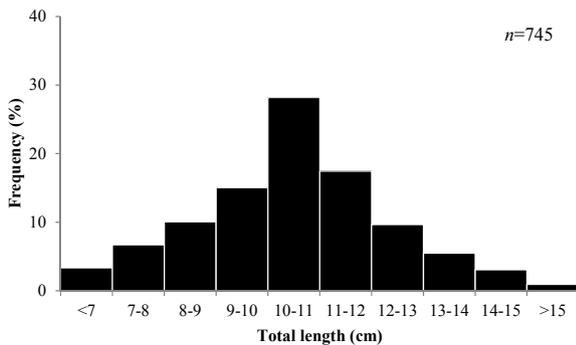


Fig. 3. Total length frequency of *Collichthys niveatus* collected by using bottom trawl net, in April and October of 2016, 2017 and 2018.

위내용물 조성

이번 연구에서 채집된 눈강달이 745개체 중 먹이생물을 전혀 섭식하지 않은 개체는 222개체로 29.8%의 공복률을 나타내었다. 먹이를 섭식한 눈강달이 523개체의 위내용물을 분석한 결과, 눈강달이의 주요 먹이생물은 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)로서 출현빈도 54.9%, 개체수비 26.3%, 습중량비 74.1%, 상대중요도지수비 54.1%를 차지하였다. 난바다곤쟁이류 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 59.7%, 개체수비 64.1%, 습중량비 9.0%, 상대중요도지수비 42.8%를 차지한 요각류(Copepoda)였다. 요각류 중에서는 출현빈도 46.7%, 개체수비 51.4%, 습중량비 7.3%를 차지한 *Calanus sinicus*가 가장 우점한 먹이생물로 확인되었다. 그 외 단각류(Amphipoda), 새우류(Macrura), 모약동물(Chaetognatha), 집게류(Anomura) 등 다양한 먹이생물을 섭식하였지만 각각 1.9% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 상대적으로 많지 않았다(Table 1).

크기군별 위내용물 조성의 변화

상대중요도지수비를 이용하여 눈강달이의 전장군별 먹이생물 변화를 분석한 결과, 가장 작은 크기군인 <8.0 cm 전장군에서는 난바다곤쟁이류가 상대중요도지수비 54.6%를 보여 가장 우점한 먹이생물이었다. 그 다음은 요각류가 32.8%를 차지하였다. 그 외 새우류, 단각류 등도 섭식했으나 상대중요도지수비 10.6% 미만으로 그 양은 많지 않았다. 8.0~10.0 cm 전장군에서도 난바다곤쟁이류가 상대중요도지수비 51.0%를 보여 가장 우점한 먹이생물이었고 그 다음으로는 요각류가 48.1%였으며 그 외 단각류, 새우류 등은 0.6% 미만으로 그 양은 많지 않았다. 10.0~12.0 cm 전장군에서는 난바다곤쟁이류와 요각류가 각각 49.6%와 47.5%의 상대중요도지수비를 보여 비슷한 수준으로 우점하였고 그 외 단각류, 새우류 등이 1.4% 미만으로 나타났다. 12.0~14.0 cm과 >14.0 cm의 전장군에서는 난바다곤쟁이류가 각각 58.3%와 68.9%를 보여 가장 우점하였고 그 다음으로 요각류가 각각 35.7%와 15.9%로 나타났다(Fig. 4). 난바다곤쟁이류와 요각류는 전체 전장군에서 우점한 먹이생물이었다. 큰 전장군으로 갈수록 요각류의 상대중요도지수비는 감소하였고 난바다곤쟁이류의 상대중요도지수비는 10.0~12.0 cm 전장군까지 감소하다 이후 증가하는 경향

Table 1. The stomach contents of *Collichthys niveatus* by frequency of occurrence, number, weight and index of relative importance (IRI) collected by using bottom trawl net, in April and October of 2016, 2017 and 2018

Prey organism		%F	%N	%W	IRI	%IRI
Amphipoda		18.7	6.8	3.3	189.9	1.9
	<i>Caprella</i> sp.	0.2	+	+		
	Gammaridae	2.3	0.3	0.4		
	<i>Hyperia galba</i>	0.2	0.1	+		
	<i>Hyperia</i> sp.	10.7	5.1	2.3		
	Hyperiidea	3.1	0.7	0.3		
	<i>Melita</i> sp.	0.2	+	+		
	<i>Parathemisto japonica</i>	1.5	0.5	0.3		
	<i>Parathemisto</i> sp.	0.8	0.1	+		
Anomura		0.2	+	0.2	+	+
	Galatheidae	0.2	+	0.2		
Brachyura		0.6	0.1	+	+	+
Copepoda		59.7	64.1	9.0	4,358.6	42.8
	<i>Acartia</i> sp.	1.5	0.9	0.1		
	<i>Calanus sinicus</i>	46.7	51.4	7.3		
	<i>Calanus</i> sp.	14.1	7.2	0.9		
	<i>Centropages</i> sp.	0.4	+	+		
	<i>Paracalanus</i> sp.	0.4	0.1	+		
	Unidentified Copepoda	5.2	4.5	0.6		
Cumacea		1.0	0.1	0.2	0.3	+
Euphausiacea		54.9	26.3	74.1	5,508.3	54.1
	<i>Euphausia pacifica</i>	13.8	7.6	25.4		
	<i>Euphausia</i> sp.	3.4	1.0	2.5		
	Unidentified Euphausiacea	38.4	17.7	46.2		
Macrura		10.3	1.3	11.0	126.5	1.2
	<i>Crangon hakodatei</i>	1.0	0.1	2.5		
	<i>Crangon</i> sp.	0.2	+	0.1		
	<i>Eualus spathulirostris</i>	1.5	0.2	3.2		
	<i>Latretus anoplonyx</i>	0.2	+	0.4		
	<i>Leptochela sydniensis</i>	0.6	0.1	0.9		
	Unidentified Macrura	7.1	0.8	3.9		
Mysidacea		1.3	0.1	0.1	0.4	+
Chaetognatha		3.3	0.7	0.5	3.8	+
	<i>Sagitta</i> sp.	3.3	0.7	0.5		
Monogenea		1.0	0.2	+	0.2	+
Nematoda		0.2	+	+	+	+
Pisces		1.5	0.2	1.6	2.7	+
	<i>Engraulis japonicus</i>	0.6	0.1	0.5		
	<i>Liparis tanakai</i>	0.2	+	0.1		
	Unidentified Pisces	0.8	0.1	1.0		
Tanaidacea		0.2	+	+	+	+
	Tanaidae	0.2	+	+		
Urochordata		0.2	0.1	+	+	+
Total			100.0	100.0	10,190.8	100.0

+: less than 0.1%.

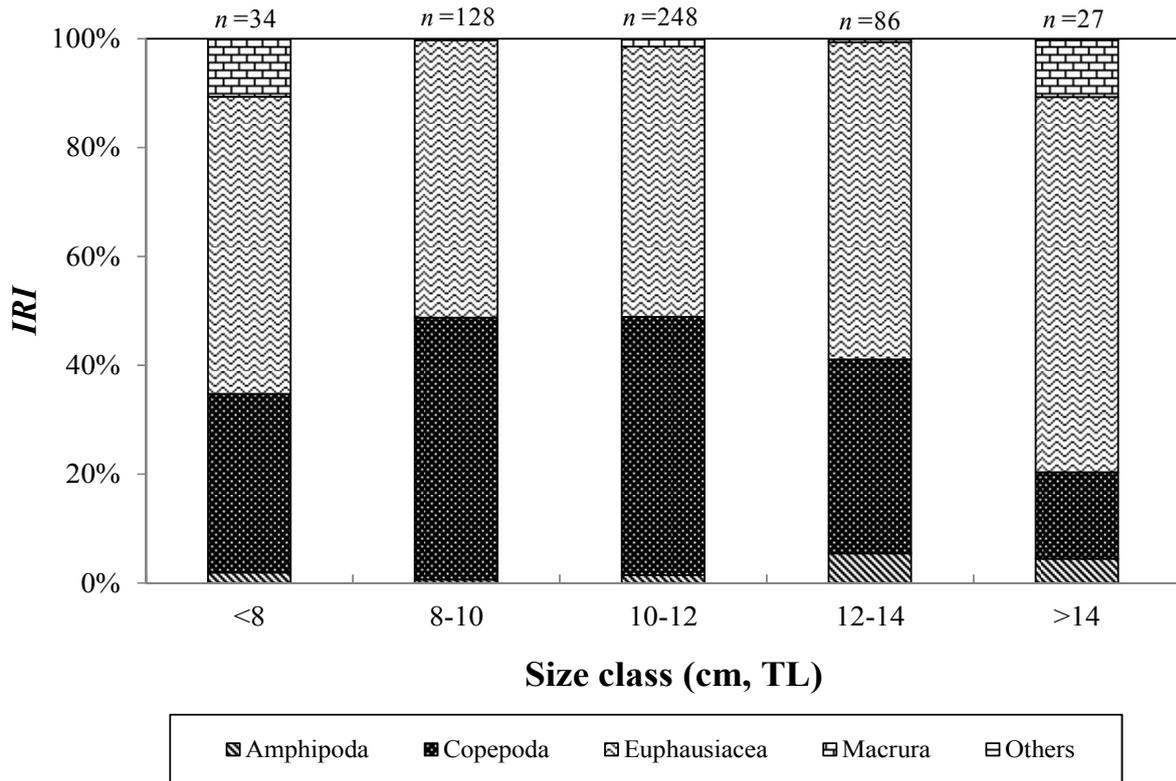


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of the stomach contents by %IRI of *Collichthys niveatus* collected by using bottom trawl net, in April and October of 2016, 2017 and 2018.

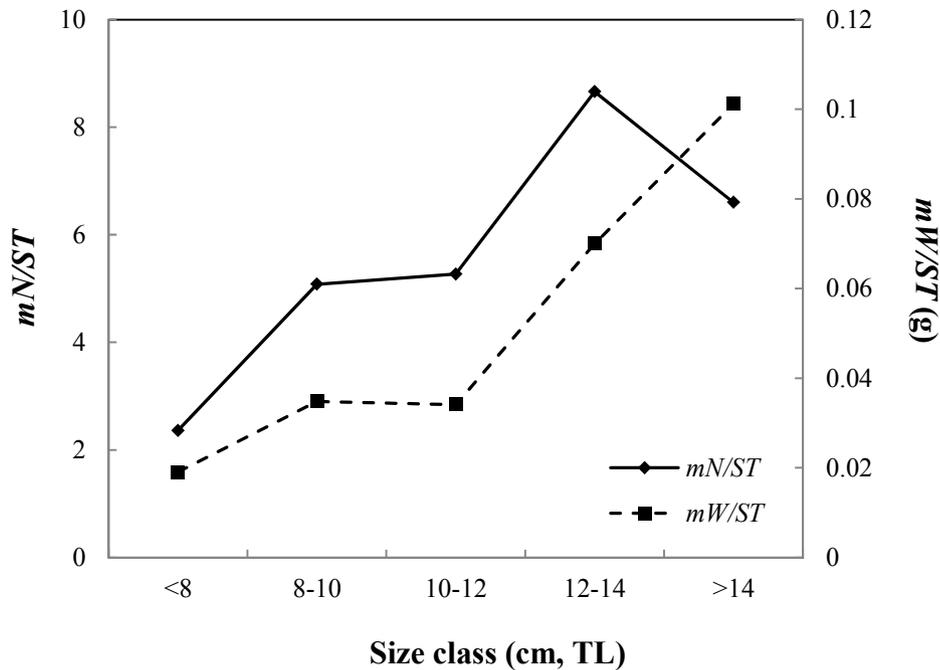


Fig. 5. Variation of mean number of preys per stomach (mN/ST) and mean weight of prey per stomach (mW/ST) of *Collichthys niveatus* among size classes collected in April and October of 2016, 2017 and 2018.

을 보였으나 전장군별 먹이생물 조성은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Oneway ANOVA, $F=0.0007$, $P>0.05$).

눈강달이의 전장군별 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 가장 작은 크기군인 <8.0 cm 전장군에서는 평균 2.4 개체를 보였으며 12.0~14.0 cm 전장군에서는 평균 8.7 개체를 보여 성장함에 따라 증가하는 양상을 보였으나 가장 큰 크기군인 >14.0 cm의 전장군에서는 평균 6.6 개체를 보여 감소하였다. 모든 전장군은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Oneway ANOVA, $F=5.998$, $P<0.05$). 또한 평균 먹이생물 습중량(mW/ST)은 가장 작은 크기군인 <8.0 cm 전장군에서는 평균 0.02 g을 보였고 큰 크기군으로 갈수록 계속 증가하여 가장 큰 크기군인 >14.0 cm 전장군에서 평균 0.10 g을 보여 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Oneway ANOVA, $F=9.113$, $P>0.05$) (Fig. 5).

고 찰

이번 연구에서 눈강달이의 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류로 나타났다. 과거 한강 하구역에서 연구되었던 눈강달이와 같은 속에 속하는 황강달이는 한강 하구역에 많이 출현하는 새우류를 주로 섭식하였다(Chung et al., 2014). 하지만 황강달이와 달리 이번 연구에서는 새우류가 상대중요도지수비 1.2%로 섭식 비율이 매우 낮았는데 이러한 먹이생물의 차이는 서식 지역에서 풍부하게 출현하는 먹이생물이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

과거 황해 남부에서 연구되었던 눈강달이 식성 연구 결과, 주로 난바다곤쟁이류를 섭식하여 이번 연구 결과와 유사하게 나타났다(Xue et al., 2005). 이와 같이 눈강달이에게 난바다곤쟁이류는 먹이생물로서 매우 중요함을 알 수 있었다. 난바다곤쟁이류는 많은 어류들의 주요 먹이생물로 이용되는 생태학적으로 중요한 종이며(Everson, 2000), 표층 생태계에서 일차생산자와 상위포식자 사이의 먹이사슬을 연결하는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Mauchline, 1980). 서해에서 난바다곤쟁이류는 대형 갑각류 동물플랑크톤 출현량의 연중 50% 이상을 차지하였으며 특히 봄에는 75% 이상, 가을에는 60% 이상의 출현량을 보였다(Sun et al., 2010). 일반적으로 어류는 노력량에 비해 포획하기 쉬운 주변

에 풍부한 먹이생물을 선호하는 기회주의적 포식을 하는데(Huh et al., 2013), 이번 연구에서의 눈강달이 역시 주변 해역에 풍부한 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하여 기회주의적 포식을 한 것으로 판단된다. 또한 눈강달이는 난바다곤쟁이류와 함께 요각류를 주로 섭식하였는데 우리나라 동, 서, 남해에 출현하는 동물플랑크톤 중 요각류는 최우점 분류군으로 알려져 있으며(Kang, 2011), 서해의 전체 동물플랑크톤 중 연중 50% 이상의 출현량을 보이는 것으로 알려져 있다(Choi and Park, 2013). 따라서 눈강달이가 서해에서 풍부한 출현량을 보이는 요각류를 쉽게 섭식할 수 있었던 것으로 보인다.

크기군별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 눈강달이는 전체 전장군에서 난바다곤쟁이류와 요각류를 중요한 먹이생물로 이용하였으며 크기군별 먹이생물 조성은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 대부분의 어류들은 효율적인 에너지 관리를 위하여 일생동안 성장함에 따라 먹이전환을 (1) 여러 번 하는 종과 (2) 한 번만 하는 종으로 나뉜다. (1)의 경우 성장함에 따라 여러 번 먹이 종류를 전환하는 그룹으로 농어(*Lateolabrax japonicus*), 불볼락(*Sebastes thompsoni*) 등의 어류가 이에 속한다(Huh and Kawk, 1998; Huh et al., 2008b). (2)의 경우 성장함에 따라 한 번 먹이 종류를 전환하는 그룹으로 일정 수준의 크기에 도달하여 1차 먹이 전환이 종료되면 더 이상 먹이 전환을 하지 않고 먹이생물의 개체수 또는 중량을 증가시켜 에너지를 얻으며 멸치(*Engraulis japonicus*), 베도라치(*Pholis nebulosa*) 등과 같은 어류가 이 그룹에 속한다(Kim et al., 2017; Huh and Kawk, 1997). 이번 연구에서 눈강달이는 모든 전장군에서 지속적으로 난바다곤쟁이류와 요각류를 섭식하였고 성장에 따른 개체당 평균 먹이 개체수(mN/ST)와 습중량(mW/ST)이 증가하는 경향을 보여 (2)그룹에 속하는 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 전장 4.8 cm 이하의 개체들이 채집되지 않아 정확한 먹이전환을 확인 할 수 없었지만 일반적으로 어류의 자치어는 요각류 유생과 같은 작은 먹이생물을 섭식하다가 성장함에 따라 더 큰 먹이생물로 먹이를 전환하는 것으로 알려져 있어 눈강달이 또한 전장 4.8 cm 이하의 전장군에서 이미 먹이전환이 끝났을 것이라고 추측된다. 하지만 보다 정확한 눈강달이의 먹이 전환 결과를 알기 위해서 추후 전장 4.8 cm 이하의 작은 크기의 눈강달이를 채집하여 연구해 보아야 할 것이다.

결론

우리나라 서해에 출현하는 눈강달이의 위내용물을 알아보기 위해 2016~2018년 4월과 10월에 총 745개체를 채집하였다. 눈강달이는 주로 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)와 요각류(Copepoda)를 섭식하였다. 그 외에 단각류(Amphipoda), 새우류(Macrura), 모악동물(Chaetognatha), 집게류(Anomura) 등을 섭식하였지만 그 양은 많지 않았다. 눈강달이의 전장범위는 4.8~16.0 cm였으며 전체 전장군에서 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류와 요각류였고 성장함에 따른 먹이생물의 조성은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 성장함에 따라 평균 먹이생물의 개체수는 증가하는 경향을 보였지만 평균 먹이생물의 습중량은 유의한 차이를 보이지 않았다.

사사

이번 연구는 2019년도 국립수산물과학원 시험조사연구사업(R2019019)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Cha BY, Hong BQ, Jo HS, Sohn HS, Park YC, Yang WS and Choi OI. 1997. Food habits of the Yellow Goosfish, *Lophius litulon*. Korean J Fish Aquat Sci 30, 95-104.
- Choi JW and Park WG. 2013. Variations of marine environments and zooplankton biomass in the Yellow Sea during the past four decades. JFMSE 25, 1046-1054. (DOI:10.13000/JFMSE.2013.25.5.1046).
- Chung SW, Kim BG, Kim JH, Kim MG and Han KN. 2014. Feeding ecology of *Collichthys lucidus* in the Han River estuary, Korea. Korean J Ichthyol 26, 303-309.
- Everson I. 2000. The southern ocean. In: krill biology, ecology and fisheries. Blackwell Science Oxford, London, UK, 63-79. (DOI:10.1002/9780470999493).
- Froese R and Pauly D. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. Retrieved from <http://www.fishbase.org>. Accessed 30 April 2019.
- Hong, SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. Academybook, Seoul, Korea, 479.
- Huh SH, Baeck GW, Choo HG and Park JM. 2013. Feeding habits of spearnose grenadier, *Coelorrinchus multispinulosus* in the Coastal Waters off Gori, Korea. Korean J Ichthyol 25, 157-162.
- Huh SH and Kwak SN. 1997. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. Korean J Ichthyol 9, 22-29.
- Huh SH and Kwak SN. 1998. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J Korean Soc Fish Ocean Technol 34, 191-199.
- Huh SH, Nam KM, Choo HG and Baeck GW. 2008b. Feeding habits of *Sebastes thompsoni* in the coastal waters off Busan, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 41, 32-38. (DOI:10.5657/kfas.2008.41.1.032).
- Huh SH, Park JM, Nam KM, Park SC, Park CI and Baeck GW. 2008a. Feeding habits of *Scorpaena neglecta* in the Coastal Waters off Busan. Korean J Ichthyol 20, 117-122.
- Kaname O. 1988. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. Hokuryu-Kan Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan, 803.
- Kang YS. 2011. Zooplankton in the East Sea of Korea. Choi JK, ed. Plankton ecology along the Korean waters, Dongwha Technology Publishing Co., Ltd. Paju, Korea, 214-232.
- Kim HJ, Jeong JM, Park JH and Baeck GW. 2017. Feeding habits of larval Japanese Anchovy *Engraulis japonicus* in Eastern Jinhae Bay, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 50, 92-97. (DOI:10.5657/KFAS.2017.0092).
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd. Seoul, Korea, 615.
- Lee CR and Park MH. 1992. Taxonomic revision of the family sciaenidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Korean J Ichthyol 4, 29-53.
- Lee SJ and Kim JK. 2014. Molecular identification and morphological comparison of juveniles of two *Collichthys* species (pisces: *Sciaenidae*) from the Yellow Sea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 79-83. (DOI:10.5657/KFAS.2014.0079).
- Mauchline J. 1980. The biology of mysids and euphausiids (Adv Mar Biol 18). Academic Press, London, New York, U.K., U.S.A., 680.

- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Seo HY. 2010. Invertebrates fauna of Korea. NATIONAL INSTITUTE OF BIOLOGICAL RESOURCES Ministry of Environment. Incheon, Korea, 10-199.
- Sun S, Huo Y and Yang B. 2010. Zooplankton functional groups on the continental shelf of the Yellow Sea. Deep-Sea Research II. 57(11/12), 1006-1016. (DOI:10.1016/j.dsr2.2010.02.002).
- Xue TJ, Cheng YZ, Sun YN, Shi G and Wang RX. 2011.

- The complete mitochondrial genome of bighead croaker, *Collichthys niveatus* (Perciformes, Sciaenidae): structure of control region and phylogenetic considerations. Mol Biol Rep 38, 4673-4685. (DOI:10.1007/s11033-010-0602-4).
- Xue Y, Jin X, Zhang B and Liang Z. 2005. Feeding habits of three sciaenid fishes in the southern Yellow Sea. J Fish China 29, 178-187.

2019. 06. 17 Received

2019. 08. 21 Revised

2019. 09. 19 Accepted