

# 영종도 조수웅덩이에 서식하는 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* (Gobiidae)의 식성

김병기 · 김지혜 · 정수환 · 한경남\*

인하대학교 자연과학대학 해양과학과

**Feeding Ecology of *Luciogobius guttatus* (Pisces; Gobiidae) in the Youngjong Tide Pool, Incheon, Korea**  
by Byung Gi Kim, Ji Hye Kim, Su Whan Chung and Kyung Nam Han\* (Department of Ocean Sciences, College of Natural Sciences, Inha University, Incheon 402-751, Korea)

**ABSTRACT** Feeding ecology of *Luciogobius guttatus* (Flat-head goby) populations were investigated on the Youngjong, Incheon, Korea. In total, 257 individuals ranging from 13.4 to 57.5 mm standard length SL were analyzed. *L. guttatus* was studied in the Tide-pool from January 2010 to December 2010 monthly. The stomach contents of *L. guttatus* consisted mainly of Copepods and Brachyurans. Amphipods, Anomurans, Cumaceans, Macrurans, Insects and small stones were also observed. As a result, the benthic crustaceans were important food for this species. Harpacticoid spp. (Copepods) and *Hemigrapsus* spp. (Brachyurans) were major prey organisms for all fish size and seasons.

**Key words :** *Luciogobius guttatus*, diet composition, feeding ecology, tide pool, Incheon

## 서 론

망둑어과(Gobiidae) 어류는 전 세계에 210속 1,950종(Nelson, 2006), 국내에 27속 59종(김 등, 2005)이 알려져 있으며 이 중에서 미끈망둑속(genus *Luciogobius*)은 전 세계에 16종으로 우리나라에는 가는미끈망둑(*L. elongatus*), 큰미끈망둑(*L. grandis*), 미끈망둑(*L. guttatus*), 꼬마망둑(*L. koma*), 주홍미끈망둑(*L. pallidus*), 납작미끈망둑(*L. platycephalus*), 왜미끈망둑(*L. saikaiensis*)의 7종이 알려져 있다(김 등, 2005; Kim, 2012; Cho and Choi, 2014). 모두 동아시아 고유종이다(Kanagawa *et al.*, 2011). 미끈망둑은 우리나라 전 연안과 일본, 중국에 서식하고 있다(김 등, 2005). 해수산 연안성 어류로 산란기는 3~5월이고, 자어는 연안 수역의 중층에서 저서생활로 들어가며, 성어는 하천 하류역의 자갈이 있는 기수역 또는 조수 웅덩이의 돌이 있는 조간대에서만 서식한다(정, 1977).

지금까지 우리나라 연안에 서식하는 미끈망둑속 어류에

관한 연구는 산란습성 및 초기생활사(김 등, 1992), 분류학 및 형태학적 분석을 상세히 기술한 미기록종 보고(Kim and Choi, 1997; Kim, 2012; Cho and Choi, 2014), 표피구조 및 점액세포(Park *et al.*, 2005), 피부구조 및 조직화학적 특성(Park *et al.*, 2007), 큰미끈망둑의 초기생활사(윤 등, 2008a), 큰미끈망둑의 피부구조(이, 2008) 등이 있다. 미끈망둑의 식성에 관하여 단편적인 보고(정, 1977; 김, 1995) 이외에 상세한 자료는 미비한 실정이다. 미끈망둑은 식용으로 이용 및 경제적 가치는 적으나 해양에서 접근하기 쉽고, 오염에 크게 영향을 받기 쉬운 환경에 서식하고 있다. 따라서 생태계 파괴의 간단한 지표가 될 수 있고, 또한 최근 활성화된 갯벌생태체험 등에서 중요한 교육자료로 활용될 수 있다. 본 연구는 식성의 분석을 통하여 미끈망둑과 조간대의 생태를 이해하고, 연안의 환경 보전에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

조사는 2010년 1월부터 2010년 12월까지 인천 영종도에

\*Corresponding author: Kyung Nam Han Tel: 82-32-860-7709,  
Fax.: 82-32-862-0988, E-mail: knhan@inha.ac.kr

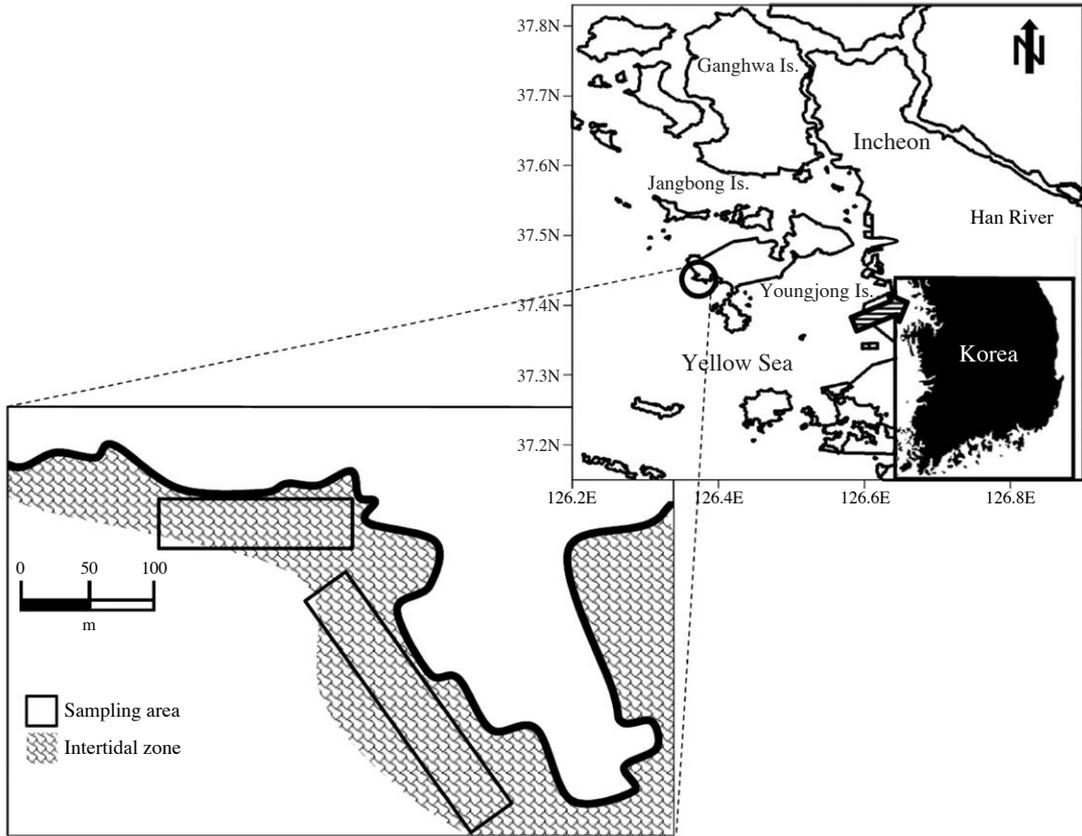


Fig. 1. Location of the sampling site on the Youngjong, Korea.

위치한 조간대의 조수웅덩이에서 매달 실시하였다(Fig. 1). 위 내용물 조사는 채집된 시료의 소화관 토출을 막기 위하여 채집 즉시 10% 중성 포르말린으로 고정시킨 후 실험실에 운반하여 분석하였다.

시료는 각 개체의 체장(0.1 mm)을 측정하였고, 입의 크기는 폭(0.1 mm)을 측정하였다. 표준체장을 기준으로 각 5 mm 간격의 크기군을 나눈 뒤, 어체에서 위를 분리하였다. 절개한 위에서 발견된 먹이생물은 헤부현미경을 이용하여 동정하였다. 위 내용물에 먹이생물의 동정은 김(1973), 백(1989), 이(1993), 유(1995), 우(2006)를 이용하였으며, Okada(1981)와 홍 등(2006)을 참고하였다. 먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 건조기에 넣어 80°C에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량을 0.0001 g 단위까지 측정하였다.

위 내용물 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(Frequency of occurrence), 먹이생물의 개체수비(Percent by number) 및 건조중량비(Percent by weight)로 나타내었다. 각 먹이생물의 출현빈도(F%)와 개체수(N%), 생체량(%W), 섭이된 먹이생물의 상대중요성지수(Index of relative importance, IRI)를 구하였고, 상대중요성지수는 Pinkas *et al.*(1971)의 식을 이용하였으며, 각 먹이생물의 지수를 백분율로 표시하였

다(Cortés, 1997).

$$\text{출현빈도 } \%F = \frac{F_i}{F} \times 100$$

$F_i$  : 위 내용물에  $i$ 종의 먹이생물이 출현한 개체수의 수  
 $F$  : 위 내용물에 먹이생물을 가지고 있는 개체의 수

$$\text{개체수 } \%N = \frac{N_i}{\sum N_t} \times 100$$

$N_i$  : 위 내용물 중  $i$ 종의 개체수  
 $N_t$  : 위 내용물 중 먹이생물의 전체 개체수

$$\text{건조중량 } \%W = \frac{W_i}{\sum W_t} \times 100$$

$W_i$  : 위 내용물 중  $i$ 종의 건조중량  
 $W_t$  : 위 내용물 중 먹이생물의 전체 건조중량

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

%N : 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율  
 %W : 위 내용물 건조중량에 따른 백분율  
 %F : 각 먹이생물의 출현빈도

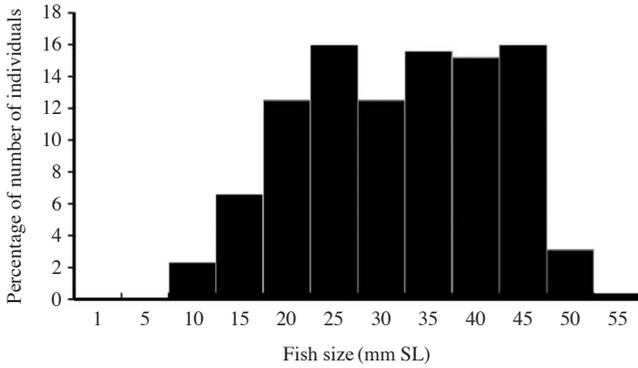


Fig. 2. Size distribution of the *Luciogobius guttatus* collected in Korean coastal waters.

$$\%IRI = \frac{IRI}{\sum_{i=1}^n IRI} \times 100$$

또한 먹이생물에 대한 선택도지수 (Electivity index)를 구하였으며, 선택도지수는 Ivlev (1961)의 식을 이용하였다.

$$E = \frac{R_i - P_i}{R_i + P_i}$$

$R_i$ : 위 내용물 중에서  $i$ 종의 개체수  
 $P_i$ : 환경에 서식하는  $i$ 종의 개체수

체장에 따른 먹이 섭식 특성을 파악하기 위해 체장군별 개체 당 먹이의 평균 개체수 (mean number of preys per stomach, mN/ST)를 구하였으며, 분산분석 (ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다. 통계는 SPSS 12.0을 이용하였다.

또한, Schoener (1970)의 dietary overlap index를 이용하여 체장군 사이의 먹이 중복도를 구하였다.  $P_{xi}$ 와  $P_{yi}$ 는 X와 Y 그룹의 먹이 중 발견된  $i$ 종의 비율 (%N)이다. 이 지수의 범위는 0에서 1까지이고 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높은 것으로 볼 수 있다.

$$C_{xy} = 1 - 0.5 \sum |P_{xi} - P_{yi}|$$

### 결 과

본 연구에 사용된 시료는 257개체였으며, 표준 체장 (Standard length, SL)은 13.4 ~ 57.5 mm 범위로, 20.0 ~ 45.0 mm가 주 mode를 형성하고 있었다 (Fig. 2). 동계인 1월과 2월, 12월에는 시료가 채집되지 않았다. 분석에 사용된 시료 중 위 내용물이 발견되지 않은 개체는 31개체로 공위 (empty stomach)율은 12.1%로 나타났다. 공위율을 월별로 비교했을 때 4월부터 11월까지 공위율은 최대 20.0%를 넘지 않았으

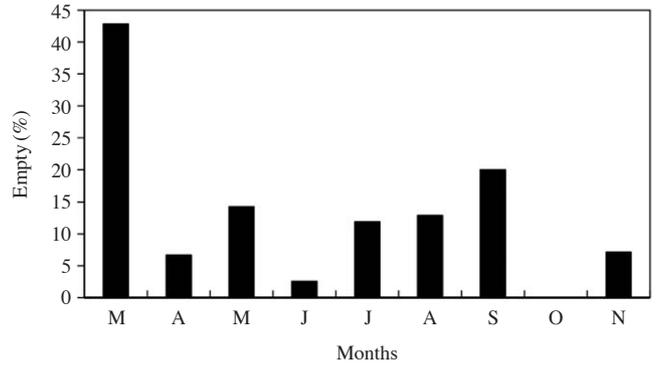


Fig. 3. Composition of stomach emptiness of *Luciogobius guttatus* collected in Korean coastal waters.

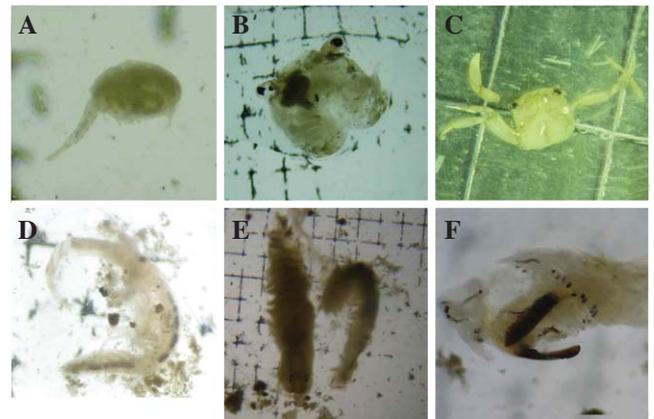


Fig. 4. Photographs of main stomach contents of *Luciogobius guttatus*. A. Copepoda; B, C. Brachyura; D. Amphipoda; E, F. Annelida (square scale : 1 mm).

나, 3월은 가장 높은 42.9%를 기록하였다 (Fig. 3).

위 내용물 분석 결과 (Table 1), 먹이생물은 총 29종류, 9,744개체, 0.8 g (Dry weight)을 나타내었다. 먹이생물은 크게 연체동물 (Mollusca), 환형동물 (Annelida), 요각류 (Copepods), 올챙이새우류 (Cumaceans), 단각류 (Amphipods), 집게류 (Anomurans), 새우류 (Macrurans), 게류 (Brachyurans), 곤충 (Insects), 어류 (Pisces) 등이 발견되었다 (Fig. 4). 그 중 요각류가 72.6%로 가장 높은 출현빈도를 보였고, 요각류의 대부분은 저서성 요각류인 Harpacticoid spp.였다 (N-93.3%). 그 다음 단각류와 게류가 25.7%를 차지하였다. 개체수에서는 요각류가 93.7%로 가장 높았고, 무척추동물의 난이 3.7%, 단각류와 게류가 0.8%를 차지하였다. 건조중량에서는 게류가 83.8%로 가장 높았고, 요각류가 3.5%, 갯지렁이류가 2.8%를 차지하였다. 한편 대부분 미세한 암석으로 이루어진 무생물 그룹이 출현비율에서 8.8%, 건조중량 6.7%로 비교적 높은 비율로 나타났다.

상대중요성지수비는 요각류 (75.6%)와 게류 (23.2%)가 가

**Table 1.** Compositions of stomach contents of *Luciogobius guttatus* by frequency of occurrence, number of individuals, weight and index of relative importance (IRI); -, blank

Taxa	Prey items	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Mollusca		0.9	0.02	0.4	0.4	0.004
Bivalvia	Bivalvia unid.	0.4	0.01	-	-	-
Gastropoda	Potamididae sp.	0.4	0.01	-	-	-
Annelida		8.0	0.2	2.8	23.5	0.3
Polychaeta	Nereidae sp.	0.9	0.02	-	-	-
	Other Polychaetes	7.1	0.2	-	-	-
Crustacea						
Copepoda		72.6	93.7	3.5	7,057.5	75.6
	Calanoid unid.	5.8	0.2	-	-	-
	Cyclopoid unid.	3.1	0.2	-	-	-
	Harpacticoid unid.	63.7	93.3	-	-	-
Cumacea		2.2	0.1	0.1	0.5	0.006
	Cumaceans unid.	2.2	0.1	-	-	-
Amphipoda		25.7	0.8	0.4	30.4	0.3
	<i>Corophium acherusicum</i>	0.4	0.01	-	-	-
	<i>Perioculodes</i> sp.	1.8	0.1	-	-	-
	Gammaridea spp.	2.7	0.06	-	-	-
	Other Amphipods	20.8	0.6	-	-	-
Macrura		1.3	0.03	0.1	0.2	0.002
	<i>Alpheus</i> spp.	0.9	0.01	-	-	-
	Other Shrimp	0.4	0.02	-	-	-
Anomura		1.8	0.04	0.7	1.2	0.01
	<i>Pagurus dubius</i>	0.9	0.02	-	-	-
	Anomura larva	0.9	0.02	-	-	-
Brachyura		25.7	0.8	83.8	2,169.8	23.2
	Crab zoea	0.4	0.01	-	-	-
	Crab megalopa	4.4	0.1	-	-	-
	<i>Hemigrapsus</i> spp.	20.4	0.6	-	-	-
	Portunidae sp.	0.4	0.01	-	-	-
Insecta		1.3	0.04	0.1	0.2	0.002
	Diptera unid.	0.4	0.02	-	-	-
	Formicidae spp.	0.9	0.02	-	-	-
Others		3.5	3.7	0.3	14.2	0.2
Nemertinea	Nematodes unid.	0.4	0.01	-	-	-
Invertebrates	Invertebrates egg unid.	3.1	3.7	-	-	-
Pisces		1.8	0.04	1.1	2.0	0.02
	<i>Luciogobius guttatus</i>	0.4	0.01	-	-	-
	Other Pisces	0.9	0.02	-	-	-
	Fishes egg	0.4	0.02	-	-	-
Inanimate object		8.8	0.5	6.7	63.9	0.7
	Stone	8.0	0.5	-	-	-
	Plastic	0.9	0.02	-	-	-

장 높았다. 소화관 내용물에서 발견된 풀게속(*Hemigrapsus* spp.) 개체들의 두흉갑장을 측정된 결과 1.8~3.1 mm, 평균 2.4 mm의 치계 (juvenile crabs)였다. 단각류도 비교적 높은 비율로 발견되었다. 한편 곤충과 올챙이새우류, 집게류, 새우류, 어류, 연체동물은 소화관 내용물 중 발견되었으나, 그 양이 적었다. 상대중요성지수를 보면, 미끈망둑의 가장 중요한 먹이생물은 Harpacticoid가 대부분인 요각류(75.6%)인 것으로 나타났으며, 그 다음으로 풀게속이 대부분인 게류(23.2%)로 나타났다. 미끈망둑이 섭이한 일부 먹이생물을 대상으로 선택도지수(selectivity)를 파악하기 위하여 미끈망둑 시료가 채집된 조수웅덩이에서 모든 대형 동물을 동시에 채집하였고, 정량 채집을 위하여 전량 채집하였다. 그러

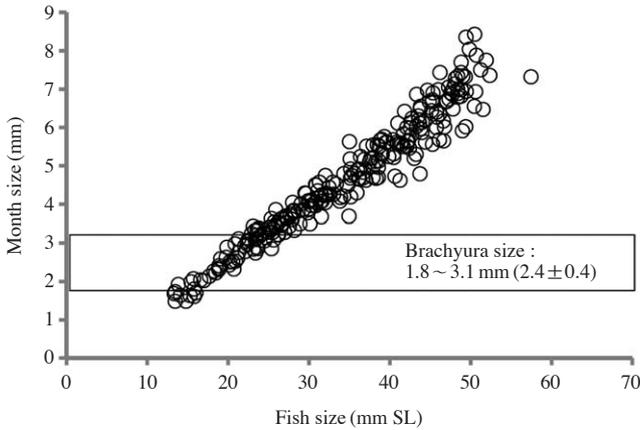
나 Harpacticoid는 채집하지 못하여 선택도지수에서 제외하였다. 환경과 소화관 내용물에서 공통적으로 출현하는 생물은 새우류, 딱총새우속(*Alpheus* spp.), 긴발가락참집게(*Pagurus dubius*)와 풀게속, 꽃게과(Portunidae sp.), 미끈망둑 등이었다(Table 2).

본 연구에서 채집된 미끈망둑을 체장 5 mm 간격의 크기군으로 구분하여 위 내용물의 개체수비와 건조중량비를 기준으로 체장에 따른 먹이 조성의 변화를 조사하였으며, 먹이 변화의 경향을 위주로 관찰하였다.

체장은 10~15 mm, 15~20 mm, 20~25 mm, 25~30 mm, 30~35 mm, 35~40 mm, 40~45 mm, 45~50 mm, 50~57 mm의 9개 크기군으로 구분하였다. 개체수비에서 대부분의 크

**Table 2.** Degree of electivity by the Ivlev index of *Luciogobius guttatus*

Prey item	Abundance in the habitat		Stomach contents		Degree of electivity
	Number	%	Number	%	
<i>Alpheus</i> sp.	22	2	1	0.01	-0.9
<i>Hemigrapsus</i> spp.	490	43.7	61	0.60	-0.8
<i>Pisces</i> sp.	257	22.9	1	0.01	-1.0
<i>Pagurus dubius</i>	106	9.4	2	0.02	-1.0
Portunidae sp.	4	0.4	1	0.01	-0.6
Other Shrimp	15	1.3	2	0.02	-0.8

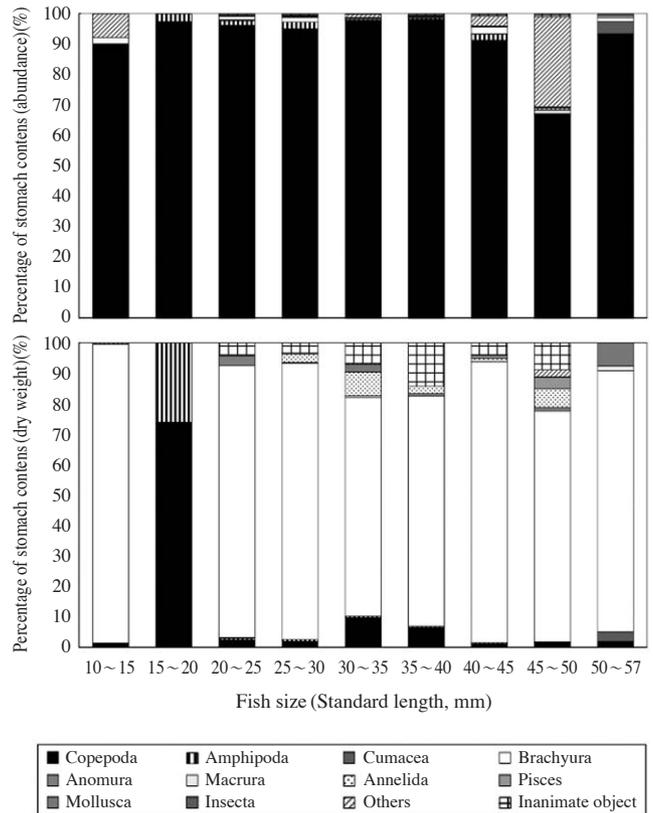


**Fig. 5.** Scatter diagram between mouth size and Standard length of *Luciogobius guttatus* (Mean ± SD).

기군이 요각류를 가장 많이 섭식한 것으로 조사되었다. 전 조종량비는 대부분의 크기군에서 게류가 가장 높았다 (Fig. 6). 한편 10~25 mm와 25~57 mm의 소형과 대형 개체로 구분 후 비교한 결과 10~25 mm의 소형 개체에서는 새우류, 갯지렁이류, 어류, 연체동물이 발견되지 않았으며, 10~20 mm 크기군에서는 올챙이새우류, 집게류, 곤충, 암석이 발견되지 않았다. 체장군간 개체 당 평균 먹이생물 개체수는 체장 증가에 따라 유의한 차이를 보였다 ( $P < 0.05$ ). 체장군별 먹이생물 중복도를 Schoener's 중복도 지수를 이용하여 분석한 결과 모든 체장군 비교에서 0.94~0.99의 높은 범위로 나타났다.

각 체장군별로 먹이생물의 개체수와 생체량의 백분비 평균을 조사한 결과 요각류가 전체 체장군에서 개체수의 평균 96.4%를 차지하였고, 생체량에서는 게류가 전체 체장군의 75.8%를 차지하였다 (Fig. 6). 중복도에서 가장 큰 영향을 준 먹이생물은 요각류였다. 모든 체장군에서 93.5%에서 97.9%의 비율을 보였다.

계절에 따른 먹이 조성의 변화를 조사한 결과 (Fig. 7), 개체수는 3월과 9월을 제외하고 요각류가 가장 높았다. 생체량은 전체 계절에서 게류가 가장 높았다.



**Fig. 6.** Ontogenetic variations in the diet composition of *Luciogobius guttatus*.

## 고 찰

육지에서 바다와 인접한 조간대는 파도에 직면하는 경우가 대부분이며, 서해 암반 조간대는 공기 중에 노출되는 시간이 길고, 건조가 심해진다 (국립수산과학원, 2009). 특히 서해는 조간대의 노출시간이 길고, 작은 규모의 조수웅덩이는 연안과 큰 조수웅덩이에 비해 환경 변화가 더 크다. 미끈망독속 어류는 이러한 조간대와 자갈 틈새에 서식할 수 있도록 형태적으로 적응되었다 (Yamada *et al.*, 2009). 어류에게 최적의 환경은 물리적, 화학적 조건의 결합에서 정의될 수 있고, 먹이의 효율과 성장 그리고 포식자로부터 피신

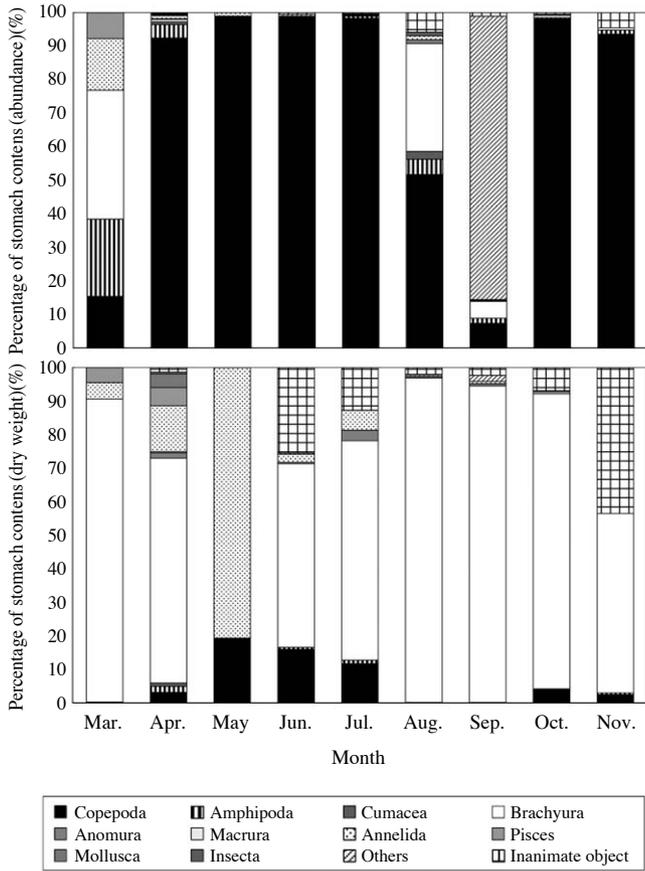


Fig. 7. Seasonal variations in the diet composition of *Luciogobius guttatus*.

처와 관련이 있다(Livingston, 1997).

미끈망둑의 공위율은 3월에 유난히 높았는데 3월은 미끈망둑이 조간대에 처음으로 출현하기 시작한 시기로 이 시기에도 저서성 소형 생물은 지속적으로 출현하였으므로 먹이생물의 현존량보다 저수온의 영향으로 생각된다.

미끈망둑의 식성을 구분했을 때, 크게 육식성 어류(Carnivorous fish)이며, 먹이 형태에 따라 구분하면 저서생물식성(Benthic feeder)인 동시에 갑각류 식성어류(Crustacean feeder)였다. 중요한 먹이생물은 상대중요성지수비가 가장 높은 요각류(75.6%)와 계류(23.2%)였다. 소화관 내용물 중 가장 많이 섭취된 생물은 저서 요각류인 Harpacticoid와 풀게속이었다. 서식지의 생물 조사에서 풀게속은 풀게(*H. penicillatus*)와 무늬발게(*H. sanguineus*) 2종이었으며, 풀게가 우점종이었다. 풀게와 무늬발게는 조간대 흔한 생물이다(김, 1973).

국내에서 계류를 섭식하는 어류 중 풀게속이 주요 먹이생물 중 하나인 어류는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*; 허와 광, 1998c), 청보리멸(*Sillago japonicus*; Kwak et al., 2004) 등이 있었고, 해외에서는 Australia 연안의 *Maxillicosta scabriceps*와 *Platycephalus longispinis* (Platell and Potter, 1998)

가 계류를 주로 섭식하였다. 청보리멸이 섭이한 풀게의 크기는 5.6~6.7 mm로 서해의 미끈망둑이 섭이한 크기인 1.8~3.1 mm와는 차이가 있었다. 망둑어과에서는 잘피발 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*; 허와 광, 1999)이 비교적 높은 비율로 풀게를 섭식하였고 위내용물에서 발견된 풀게의 크기는 평균 4.9~7.1 mm로 미끈망둑보다 큰 개체를 섭이하였다. 잘피발에서 서식하는 줄망둑(*Acentrogobius pflaumii*; 허와 광, 1998b)도 풀게를 일부 섭식하였다. 계류가 중요한 먹이생물인 어류들은 성장에 따라 특정 크기군에서 집중적으로 섭식하였으나, 미끈망둑은 모든 크기군에서 섭식하는 차이점이 있었다.

개체수에서 중요한 먹이생물로 밝혀진 저서성 요각류는 간극동물(meiofauna)이다. 저서성 요각류의 대부분은 분류학적으로 Harpacticoida(목)에 포함되며 크기가 1 mm 미만이다(이 등, 2002). Alheit and Scheibel(1982)은 Harpacticoid가 어류의 영양 단계에서 먹이망의 중요한 요소임을 제시한 바 있다. 그러나 현재까지 보고된 어류 식성 논문을 검토한 결과 대부분의 어류는 유어기에 부유성 요각류를 섭식하며 Harpacticoid를 섭식하는 어류는 제한적이었다. 이것은 저서성 어류에게도 공통적이었으며, 유어기 이후의 단계에서도 소형 생물을 섭이하는 어류와 저서어류 역시 대부분 저서성 요각류를 선호하지 않는 것으로 나타났다. Harpacticoid가 저질 속이나 저서표면에 서식하는 반면 상대적으로 부유성인 요각류는 탐색 및 섭이가 쉽기 때문에 판단된다. 따라서 Harpacticoid가 먹이망에서 연쇄적 측면에서는 중요한 초기 단계일 수 있어도 어류가 직접 섭이하는 먹이로써 비중은 크지 않고 일부종에 한정적인 것으로 생각된다. 망둑어과는 인천 연안의 비늘흰발망둑(*Acanthogobius luridus*; 서, 2003), 동중국해 Amitori만의 *Macrodontogobius wilburi*, *Vanderhorstia ornatissima* (Nakamura et al., 2003), 오키나와 산호초의 *Trimma caudomaculata*, *Trimma caesiura* (Saeki et al., 2005)가 의존도가 높았고, 어린 시기에는 Harpacticoid를 주로 섭이하나 성장에 따라 다른 생물로 전환되는 망둑어과 어종은 아드리아해의 *Gobius roulei* (Kovačić, 2001), 일본 Tama강 하구의 *Acanthogobius flavimanus* (Kanou, 2005)가 있었다.

해외에서 조사된 어류 중 Harpacticoid에 의존도가 높은 종은 많이 보고되었다(Aarnio et al., 1996; Beyst et al., 1999; Horinouchi and Sano, 2000; Nakamura et al., 2003; Hajisamae et al., 2006; Nissling et al., 2007). 어린 시기에는 Harpacticoid를 주로 섭식하고, 성장하면서 다른 먹이생물로 전환되는 종과 전 생활사에 걸쳐 섭식하는 종으로 구분되었다.

한편 이들의 서식 형태 및 환경은 뚜렷한 공통점이 없었다. 따라서 Harpacticoid 및 계류 등 저서생물을 섭이하는 어류는 종에 따른 먹이 선호성으로 생각된다. 일본 연안의 망둑어과인 *Pterogobius*속의 연구(Choi, 2003)를 보면 환경

조사에서 Harpacticoid가 저질의 저면과 걸면에서 큰 비율로 우점하였으나 Pterogobius속 어류들은 단각류, 십각류, 다모류를 주로 섭이하여 환경에 많이 서식하는 생물보다 선호하는 생물을 섭식하는 것으로 나타났다. California 사질연안에서 13종 어류의 식성에 관한 연구(Hobson and Chess, 1986)에서 마찬가지로 환경에 서식하는 생물 분석에서는 Harpacticoid의 비율이 매우 높았으나 조사된 어류들은 Harpacticoid를 거의 섭식하지 않는 것으로 나타났다.

체장에 따른 먹이 개체수 변화는 유의한 값을 보였는데 이것은 미끈망둑이 성장에 따라 일부 먹이원이 추가되어도 주요 먹이원은 변경되지 않으므로 섭이하는 먹이 개체수가 증가했기 때문으로 판단된다. 체장군간 먹이생물 중복도 역시 대부분의 체장군 비교에서 높게 나타났다. 현재까지 보고된 어류는 성장 및 체장의 증가에 따라 먹이 생물의 종과 크기가 변경되는 것으로 알려져 있으나 미끈망둑은 큰 변화가 없었다. 따라서 체장과 관계없이 지속적으로 유사한 먹이생물을 섭식하는 어종은 성장함에 따라 먹이생물 개체수가 증가하는 경향을 보인다는 백 등(2011)의 보고와 일치하였다. 조수웅덩이 서식지 내 생물의 변화가 크지 않은 것도 이러한 원인 중 하나로 생각된다. 실제 환경 조사에서 주요 먹이생물인 풀개는 계절의 전 기간에서 많은 개체수가 존재했다. 먹이망은 지속적으로 변화하는 환경 시스템에서 어류 개체군에게 비교적 안정된 요소이다(Livingston, 1997).

위 내용물에서 발견된 대부분의 동물이 원형을 잘 유지하여 먹이생물을 통째로 삼켜 섭이하는 것을 알 수 있었다. 미끈망둑은 상악 후연이 눈의 후연을 지나고, 하악이 상악보다 돌출되어 입이 크고 넓은 구조였다. 현재까지 국내에서 알려진 망둑어과 어류 중(김 등, 2005) 입이 큰 종은 일부 종이였다. 따라서 10~25 mm와 25~57 mm의 소형과 대형 개체로 구분 후 비교한 결과를 보면 대형 개체는 다소 더 다양한 먹이생물을 섭식하는 것으로 나타났으나 먹이생물 조성에는 큰 변화가 없었고, 생체량에서 가장 많이 섭식된 풀개속의 크기 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

위 내용물에서 발견된 풀개는 대부분의 체장에서 평균 2.4 mm 정도의 크기였다(Fig. 4). 미끈망둑은 성장에 따라 입의 크기가 커지는 것으로 조사되었으나 주 먹이생물의 크기는 증가하지 않았다(Fig. 5). 성대(*Chelidionichthys spinosus*; 허 등, 2007)와 살살치(*Scorpaena neglecta*; 허 등, 2008), 고등어(*Scomber japonicus*; 윤 등, 2008b)의 경우, 성장에 따른 입 크기와의 관계에서 먹이생물의 크기도 함께 커지는 것으로 보고되었다. 조수웅덩이는 먹이생물 종과 개체수가 제한적이나 미끈망둑은 작은 체장에서도 비교적 큰 먹이생물에 대한 섭식이 가능하여 이러한 환경에 잘 대응할 수 있는 것으로 생각된다.

계절에 따른 변화에서도 저수온인 3월에 공위율이 높았

던 것을 제외하면 조성에서 큰 변화가 없었다. 잘피밭의 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*; 허와 광, 1998a), 줄망둑(허와 광, 1998b)의, 문절망둑(허와 광, 1999) 식성 조사에서 계절에 따른 주요 먹이생물의 비율이 달랐고, 출현하는 환경생물과 연관성이 있는 것으로 보고된 바 있다. 조수웅덩이의 생물상 조사 결과(unpublished data) 환경 특성상 서식하는 주요 생물 중에 제한이 있고, 계절에 따른 생물상의 변화가 적었던 점이 영향을 주었을 것으로 생각된다. 선택도지수 분석결과 대부분의 종에서 음(-)의 값을 얻었다. 이를 먹이 생물의 목록과 함께 참고했을 때 미끈망둑은 표영성 동물보다는 중형 저서성 및 간극생물을 주 먹이원으로 취하는 것으로 구분할 수 있었다. 선택도지수가 -1.0에 가깝다는 것은 주변 환경에 많이 서식함에도 먹이생물이 우발적으로 섭식되었음을 나타낸다. 주변 환경에 많이 서식하는 것으로 나타난 긴발가락참집게와 어류가 이에 해당하였고, 주변 환경에 많이 서식하는 동시에 많이 섭식된 풀개속과 소수 출현한 꽃게속 등은 낮은 음의 값을 보였다. 수조 사육에서도 사료 적응이 쉽고 사료 투여에 대한 반응이 빠르며, 다른 망둑어류와 달리 수면과 중층의 사료는 섭이하지 못하고 바닥의 사료만을 섭이하는 것으로 관찰되었다. 어류는 성공률이 높은 생물 선호로 체력 소모에 따른 유리한 에너지를 확보한다(최, 2008).

체장 49.8 mm의 미끈망둑 위 내용물에서 17.0 mm의 미끈망둑의 유어가 발견된 동종포식(Cannibalism)이 있었으나 이는 우연한 결과로 생각되며, 개체군 내 공식현상은 없는 것으로 판단된다. 별망둑의 식성 연구(백 등, 2010)에서 같은 현상이 발견되었는데 채집 과정에서 우연히 입 속으로 들어간 것으로 예상되었다.

곤충류가 일부 발견되었는데 가까운 육상에서 유입된 곤충을 섭식한 것으로 생각된다. 국내에서 별망둑(백 등, 2010), 해외에서는 조간대에서 발견되는 *Eucyclogobius newberryi* (Swenson, 1999)가 해산 망둑어과 중 위 내용물에서 곤충이 발견되었다.

조간대에서 조사된 망둑어과의 식성 연구는 국내에서는 황줄망둑(*Tridentiger nudicervicus*; 정 등, 1990), 얼룩망둑(*Chaenogobius mororanus*), 풀망둑(*Acanthogobius hasta*; 정 등, 1990; 김, 1995), 왜풀망둑(*Acanthogobius elongatus*; 김과 노, 1997), 날개망둑(정 등, 1990; 김, 1997), 두줄망둑(*Tridentiger trigonocephalus*; 정 등, 1990; 김과 노, 1996), 줄망둑, 모치망둑(*Mugilogobius abei*), 민물검정망둑(*Tridentiger nudicervicus*; 김, 1995), 별망둑(*Chasmichthys gulosus*; 김, 1995; 백 등, 2010), 비늘흰발망둑(김, 2000a), 점망둑(*Chasmichthys dolichognathus*; 김, 2000b)이 있다. 해외에서 조사된 조간대의 망둑어과 식성은 일본 조수웅덩이의 별망둑과 점망둑 비교(Sasaki and Hattori, 1969), 캘리포니아 연안의 *Eucyclogobius newberryi* (Swenson, 1999), 북해 Westerschelde 연안의

*Pomatoschistus microps* (Hampel and Cattrijsse, 2004) 등이 있다. 이들이 주로 섭식한 먹이생물은 부유성 요각류, 단각류 등의 갑각류가 대부분이었다. 그러나 미끈망둑과 유사하게 Harpacticoid 또는 계류를 주로 섭식한 어류는 없었으며, 특정 어류가 일부 섭이하였을 뿐이다. 군산 내초도의 조수웅덩이에서 조사된 날개망둑이 다른 어류보다 Harpacticoid를 비교적 많이 섭식하였고, 일본 조수웅덩이의 별망둑이 특정시기에 한하여 계류를 집중적으로 섭이하었다. 따라서 미끈망둑 식성의 특이성이 있음을 알 수 있었다.

한편 조간대에서 보고된 다른 분류군의 어류 조사에서 조수웅덩이의 유어기 농어(*Lateolabrax japonicus*; 최 등, 1998)는 십각류(Decapoda)와 어류를 주로 섭이하였고, Westerscheide 연안 조간대의 *Pomatoschistus microps*, *P. minutus*, *P. lozanoi* (Hostens and Mees, 1999)는 단각류, 연갑류(Malacostraca)를 주로 섭이하였다.

미끈망둑의 식성에 관하여 단편적으로 보고한 정(1977)은 갯지렁이와 등각류(Isopoda) 등을 섭식한다고 하였고, 군산연안의 조간대에서 조사한 김(1995)은 요각류와 단각류를 주로 섭식한다고 하였으나 시료의 정보 및 먹이생물의 구체적인 목록과 숫자를 제시하지 않아 본 조사 결과와 비교하기 어려웠다.

허와 광(1998a)은 날개망둑의 식성 연구에서 위 내용물 조성이 지역에 따라 상당히 큰 차이가 있음을 밝히고, 이와 같은 결과가 각 해역에서 환경 생물의 조성 차이에 의한 것임을 제시하였다. 따라서 다른 지역에 서식하는 미끈망둑의 추가 연구를 통하여 환경 차이에 대한 확인이 필요하다. 또한 미끈망둑이 조간대에 출현하지 않는 시기가 있는데 동계인 12월과 1월, 2월에는 수심이 깊은 해역으로 이동하는 것으로 예상되며, 부화 후 자어와 치어 시기에도 착저기(settling period)까지 조간대에 출현하지 않는다. 따라서 이러한 시기의 섭식생태를 이해할 필요가 있다.

## 요 약

인천 영종도에서 미끈망둑의 섭식생태를 조사하였다. 총 257개체를 분석하였으며, 체장(SL) 범위는 13.4~57.5 mm 였다. 연구는 조수웅덩이에서 2010년 1월부터 12월까지 매 달 실시되었다. 미끈망둑의 위 내용물에서 주로 발견된 먹이생물은 요각류(Copepods)와 계류(Brachyurans)였다. 단각류(Amphipods), 집게류(Anomurans), 쿠마류(Cumaceans), 새우류(Macrurans), 곤충류(Insects), 작은 암석(small stones)이 추가로 관찰되었다. 저서성 갑각류(benthic crustaceans)가 중요한 먹이생물이었으며, Harpacticoid와 풀게속(*Hemigrapsus* spp.)은 모든 크기군과 계절에서 주요 먹이생물이었다.

## 사 사

이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 인 용 문 헌

국립수산업과학원. 2009. 서해 그 현황과 특성. 국립수산업과학원, 부산, 280pp.

김종연. 1995. 군산연안 조간대의 수종 망둑어과 어류의 섭식생태. 건국대학교 대학원 박사학위논문, 120pp.

김종연. 1997. 서해연안 조간대에 서식하는 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen*의 식성. 군산대학교 수산과학연구소 논문집, 13: 1-13.

김종연. 2000a. 서해연안 조간대에 서식하는 비늘흰발망둑, *Acanthogobius luridus*의 식성. 한국양식학회지, 13: 309-316.

김종연. 2000b. 서해연안 조간대에 서식하는 점망둑(*Chasmichthys dolichognathus*)의 식성. 군산대학교 수산과학연구소 논문집, 16: 1-12.

김종연 · 노용태. 1996. 서해연안 조간대에 서식하는 두줄망둑 *Tridentiger trigonocephalus*의 섭식생태. 군산대학교 수산과학연구소 논문집, 12: 25-42.

김종연 · 노용태. 1997. 군산연안 내초도 조간대에 서식하는 왜플망둑 *Acanthogobius elongatus*의 섭식생태. 한국수산학회지, 30: 413-422.

김용익 · 한경호 · 강충배 · 유정화. 1992. 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* Gill의 산란습성 및 초기생활사. 한국어류학회지, 4: 1-13.

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.

김훈수. 1973. 한국동식물도감 제14권 집게, 계류. (주)삼화서적, 서울, 694pp.

백근옥 · 박주면 · 추현기 · 허성희. 2011. 고리 주변해역에서 출현하는 웅어(*Coilia nasus*)의 위내용물 조성. 한국어류학회지, 23: 163-167.

백근옥 · 박찬일 · 정재목 · 김무찬 · 허성희 · 박주면. 2010. 통영 주변해역에서 출현하는 별망둑(*Chaenogobius gulosus*)의 식성. 한국어류학회지, 22: 41-48.

백의인. 1989. 한국동식물도감 제31권 동물편(갯지렁이류). 문교부, 국정교과서주식회사, 서울, 764pp.

서인수. 2003. 인천 갯벌 저서생물의 군집구조와 먹이망. 인하대학교 대학원 박사학위논문, 273pp.

우건석. 2006. 곤충분류학. 집현사, 483pp.

유광일. 1995. 한국동식물도감 제35권 동물편(해양동물플랑크톤). 교육부, 국정교과서주식회사, 서울, 415pp.

윤성민 · 한경호 · 이성훈 · 임후순 · 황재호 · 연인호 · 김이청. 2008a. 큰미끈망둑(*Luciogobius grandis*)의 난발생 및 자치어 형태 발달. 발생과 생식, 12: 133-139.

윤성중 · 김대현 · 백근옥 · 김재원. 2008b. 남해에 출현하는 고등

- 어 (*Scomber japonicus*)의 식성. 한국수산학회지, 41: 26-31.
- 이용주. 2008. 한국산 큰미끈망둑 *Luciogobius grandis* (망둑어과)의 피부 구조. 초등교육연구, 19: 53-60.
- 이원철. 1993. 한국 연해산 하르팍티쿠스류 (갑각강; 요각아강)의 분류학적 연구. 한양대학교 대학원 박사학위논문, 110pp.
- 이원철 · 송성준 · 이재성. 2002. 해양저서성 요각류의 다양성 연구 현황과 그 전망. 환경생물, 20: 1-9.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 정의영 · 김익수 · 최 윤. 1990. 내초도 조간대에 출현하는 망둑어과 (Gobiidae) 어류의 저질별 분포양상 및 먹이생물에 관한 연구. 군산대학교 해양개발연구지, 2: 19-25.
- 최승호. 2008. 다섯동갈망둑, *Pterogobius zcalles*의 채식행동: 채식방법과 먹이생물 크기의 관계에 관하여. 한국어류학회지, 20: 123-128.
- 최 윤 · 김형섭 · 유봉석. 1998. 군산연안 유어기 농어 (*Lateolabrax japonicus*)의 성장과 위 내용물 분석. 군산대학교 수산과학연구소 논문집, 14: 227-234.
- 허성희 · 광석남. 1998a. 광양만 잘피밭에 서식하는 날개망둑 (*Favonogobius gymnauchen*)의 식성. 한국수산학회지, 31: 372-379.
- 허성희 · 광석남. 1998b. 광양만 잘피밭에 서식하는 줄망둑 (*Acentrogobius pflaumi*)의 식성. 한국어류학회지, 10: 24-31.
- 허성희 · 광석남. 1998c. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*) 유어의 식성. 한국어류학회지, 10: 168-175.
- 허성희 · 광석남. 1999. 광양만 잘피밭에 서식하는 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*)의 식성. 한국수산학회지, 32: 10-17.
- 허성희 · 박주면 · 백근욱. 2007. 부산 주변해역에 출현하는 성대 (*Chelidonichthys spinosus*)의 식성. 한국어류학회지, 19: 51-56.
- 허성희 · 박주면 · 남기문 · 박세창 · 박찬일 · 박주면 · 백근욱. 2008. 부산 주변해역에 출현하는 살살치 (*Scorpaena neglecta*)의 식성. 한국어류학회지, 20: 117-122.
- 홍성윤 · 박경양 · 박철원 · 한창의 · 서해립 · 윤성규 · 송춘복 · 조수근 · 임현식 · 강영실 · 김덕재 · 마채우 · 손민호 · 차형기 · 김광봉 · 최상덕 · 박기열 · 오철웅 · 김두남 · 손호선 · 김정년 · 최정화 · 김미향 · 최인영. 2006. 한국해양무척추동물도감. 아카데미서적, 서울, 487pp.
- Aarnio, K., E. Bonsdorff and N. Rosenback. 1996. Food and feeding of juvenile flounder *Platichthys flesus* (L.), and turbot *Scophthalmus maximus* L. in the Åland archipelago, Northern Baltic Sea. J. Sea Res., 36: 311-320.
- Alheit, J. and W. Scheibel. 1982. Benthic harpacticoid as a food source for fish. Mar. Biol., 70: 141-147.
- Beyst, B., A. Cattrijsse and J. Mees. 1999. Feeding ecology of juvenile flatfishes of the surf zone of a sandy beach. J. fish Biol., 55: 1171-1186.
- Chio, S.H. 2003. A study on foraging behavior of four species in the genus *Pterogobius* (Pisces: Gobiidae), with note on speciation. Ph. D. dissertation, Hiroshima University. 162pp.
- Cho, H.G. and S.H. Choi. 2014. First record of two gobiid fish, *Luciogobius elongatus*, *L. platycephalus* (Perciformes: Gobiidae) from Korea. Anim. Syst. Divers., 30: 22-25.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54: 726-738.
- Hajisamae, S., P. Yeesin and S. Ibrahim. 2006. Feeding ecology of two sillaginid fishes and trophic interrelations with other co-existing species. Environ. Biol. Fish., 76: 167-176.
- Hampel, H. and A. Cattrijsse. 2004. Temporal variation in feeding rhythms in a tidal marsh population of the common goby *Pomatoschistus microps* (Kroyer, 1838). Aquat. Sci., 66: 315-326.
- Hobson, E.S. and J.R. Chess. 1986. Relationships among fishes and their prey in a nearshore sand community off southern California. Environ. Biol. Fish., 17: 201-226.
- Horinouchi, M. and M. Sano. 2000. Food habits of fishes in a *Zostera marina* bed at Aburatsubo, central Japan. Ichthyol. Res., 47: 163-173.
- Hostens, K. and J. Mees. 1999. The mysid-feeding guild of demersal fishes in the brackish zone of the Westerschelde estuary. J. fish Biol., 55: 704-719.
- Ivlev, V.S. 1961. Experimental ecology of the fish. Yale Univ. Press, New Haven, 302pp.
- Kanagawa, N., T. Itai and H. Senou. 2011. Two new species of freshwater gobies of the genus *Luciogobius* (Perciformes: Gobiidae) from Japan. Bull. Kanagawa Prefect. Mus. (Nat. Sci.), 40: 67-44.
- Kanou, K., M. Sano and H. Kohno. 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.
- Kim, B.J. 2012. New record of a rare hypogean gobiid, *Luciogobius pallidus* from Jeju Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 306-310.
- Kim, I.S. and S.H. Chio. 1997. New record of marine fishes, *Arius maculatus* and *Luciogobius saikaiensis* from Korea. Korean J. Syste. Zool., 13: 279-284.
- Kovačić, M. 2001. The biology of Roule's goby in the Kvarner area, northern Adriatic Sea. J. Fish Biol., 59: 759-809.
- Kwak, S.N., G.W. Baek and S.H. Huh. 2004. Feeding Ecology of *Sillago japonicus* on an Eelgrass (*Zostera marina*) Bed. Fish. Sci. Tech., 7: 84-89.
- Livingston, R.J. 1997. Trophic response of estuarine fishes to long-term changes of river runoff. Bull. Mar. Sci., 60: 984-1004.
- Nakamura, Y., M. Horinouchi, T. Nakai and M. Sano. 2003. Food habits of fishes in a seagrass bed on a fringing coral reef at Iriomote Island, southern Japan. Ichthyol. Res., 50: 15-22.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World (4th ed.). John Wiley & Sons. New York, 601pp.
- Nissling, A., M. Jacobsson and N. Hallberg. 2007. Feeding ecology of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* and flounder *Pleuronectes flesus* at Gotland, Central Baltic Sea. J. Fish Biol., 70: 1877-1897.

- Okada, Y. 1981. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan, I, II, III. Hokuryukan, Tokyo, 679pp.+803pp.+763pp.
- Park, J.Y., I.S. Kim, Y.J. Lee and H.A. Baek. 2005. Mucous cells and their structure on the epidermis of Five appendages in the Korean flat-headed goby, *Luciogobius guttatus* (Pisces; Perciformes). Korean J. Ichthyol., 17: 167-172.
- Park, J.Y., Y.J. Lee and I.S. Kim. 2007. Structure and histochemistry of the skin of a flat-head goby, *Luciogobius guttatus* (Gobiidae, Pisces) from Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 120-127.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito on California waters. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Platell, M.E. and I.C. Potter. 1998. Distributions, size compositions and of two abundant benthic ambush-feeding teleosts in coastal waters of south-western Australia. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 78: 587-608.
- Saeki, T., Y. Sakai, H. Hashimoto and K. Gushima. 2005. Foraging behavior and diet composition of *Trimma caudomaculata* and *Trimma caesiura* (Gobiidae) on coral reefs in Okinawa, Japan. Ichthyol. Res., 52: 302-305.
- Sasaki, T. and J. Hattori. 1969. Comparative ecology of two closely related sympatric gobiid fishes living in tide pools. Japan. J. Ichthyol., 15: 143-155.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology, 51: 408-418.
- Swenson, R.O. 1999. The ecology, behavior, and conservation of the tidewater goby, *Eucyclogobius newberryi*. Environ. Biol. Fish., 55: 99-114.
- Yamada, T., T. Sugiyama, N. Tamaki, A. Kawakita and M. Kato. 2009. Adaptive radiation of gobies in the interstitial habitats of gravel beaches accompanied by body elongation and excessive vertebral segmentation. BMC Evol. Biol., 9: 145.