

갯벌을 이용하는 풀망둑(*Acanthogobius hasta*)과 쉬쉬망둑(*Chaeturichtys stigmatias*)의 섭식생태

서인수 · 홍재상*
인하대학교 해양과학과

Feeding Ecology of Gavelin Goby (*Acanthogobius hasta*) and Fine Spot Goby (*Chaeturichtys stigmatias*) in the Jangbong Tidal Flat, Incheon, Korea

In-Soo SEO and Jae-Sang HONG*
Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

Food habits of the gavelin goby *Acanthogobius hasta* and the fine spot goby *Chaeturichtys stigmatias* populations were investigated in the Jangbong tidal flat near Incheon, Korea. Samples were taken monthly from November 1999 to January 2001. The gut contents of 248 gavelin gobies and 139 fine spot gobies were analyzed. The diet of the gavelin goby was dominated by the gammaridean amphipod *Chitinomandibulum emargicoxa*, the crabs *Macrophthalmus japonicus* and *Ilyoplax pingi*, the shrimp *Exopalaemon carinicauda*, the bivalve *Raetellops pulchella* and the macro-algae *Porphyra tenera*. On the other hand, the fine spot goby mainly feed on the shrimps *Crangon affinis*, *Latreutes mucronatus*, *E. carinicauda* and *Alpheus japonicus*, the gammaridean amphipods *C. emargicoxa* and *Synchelidium miraculum*, and the bivalve *R. pulchella*. A comparison between frequencies of occurrence and abundance of food items in the gut showed that crustaceans (gammaridean amphipods, crabs and shrimps) and bivalves were important foods for the two gobies. However, the main components of the gut contents were different between two species, though this was probably due to differences in spatial distribution patterns of gobies and their prey items. In conclusion, both the gavelin goby and the fine spot goby, despite being the related species and co-inhabiting the similar part of the tidal flat, had quite distinct food habits and low dietary overlap (Schoener's index: 0.4). These indicated that the two gobies are or were partitioning resources in space and time for maximum utilization of available food.

Key words: *Acanthogobius hasta*, *Chaeturichtys stigmatias*, Feeding ecology, Tidal flat, Incheon

서 론

생물종간 또는 생물종내의 경쟁양상을 표현하는 섭식연구는 대상생물이 지니는 생물·생태학적인 특성을 파악하고, 나아가 먹이자원 분할의 구조(resource partitioning)를 이해하는데 있어 매우 중요하다(Silva, 1999; Carter et al., 1991; Linke et al., 2001). 또한 섭식 특성의 파악을 통한 먹이망(먹이사슬) 구축은 물질 및 에너지 순환을 묘사하는데 필수적으로 요구되는 자료이기도 하다(Greenstreet et al., 1997). 본 연구에 이용된 풀망둑(*Acanthogobius hasta*)은 한반도 동해 북부를 제외한 전 연안에 분포하나, 넓은 면적의 갯벌이 산재하고 있는 서해와 남해 서부에 집중적으로 서식한다. 국외에서는 일본, 중국, 타이완 및 동남아시아 등지에서도 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim and Kang, 1993; Kim, 1997). 반면 쉬쉬망둑(*Chaeturichtys stigmatias*)은 한반도 동·남해안, 중국 및 일본 등의 북위 30° 이남에 서식하는 것으로 보고되었으나 (Chyung, 1977; Yamada et al., 1986; Kim and Kang, 1993),

최근 서해안의 내만해역에서도 분포한다(Im and Lee, 1990). 이들 두 종은 천해의 하구역, 내만이나 갯벌에 공통적으로 서식하는 비교적 중·대형의 어종으로 낚시 등의 여가활동에 있어 중요 대상종이다(Kuno and Takita, 1997).

지금까지 한반도 연안에 서식하는 망둑어과 어류의 생물·생태학적인 연구는 이들의 수산·경제적 중요성으로 인해서 꾸준히 수행되어 왔다(Baik, 1970; Lee, 1990, 1992; Im and Lee, 1990; Choi et al., 1996). 이중에서도 섭식생태 연구는 낙동강과 금강 하구역의 풀망둑(Baik, 1969; Lee, 1992; Choi et al., 1996), 군산 조간대의 왜풀망둑(Kim and Noh, 1997), 광양만 잘피군락의 날개망둑(Huh and Kwak, 1998a), 줄망둑(Huh and Kwak, 1998b), 문절망둑(Huh and Kwak, 1999)과 서해 조간대의 비늘흰발망둑(Kim, 2000) 등이 있고, 쉬쉬망둑에 대한 연구는 Yamada et al. (1986)의 연구가 유일하다. 이 가운데 본 연구에 이용된 풀망둑은 개류, 소형어류, 새우류, 두족류와 갯지렁이류 등 다양한 저서성 대형저서동물을 섭식하는 것으로 보고되었다(Baik, 1969; Choi et al., 1996). 반면 쉬쉬망둑은 난바다곤쟁이류, 새우류, 요각류, 곤쟁이류, 다모

*Corresponding author: jshong@inha.ac.kr

류 등 주로 표영성 대형저서동물을 섭식하는 것으로 알려져 있어 차이가 있다(Yamada et al., 1986). 또한 지금까지 두 종의 먹이생물 다양성을 파악하는데 있어서도 주로 대분류 수준에 머물러 있는 실정이다. 한편 두 종은 갯벌을 포함한 연안역에서 생활사의 대부분을 보내며, 서식처의 생물적 또는 무생물적 요인의 시·공간적인 특성변화에 따라 섭식활동을 달리하는 것으로 보고되었다. 그럼에도 불구하고 이들의 먹이생물에 대한 보다 자세한 생물다양성 및 동일 서식처를 이용하는 두 종간의 먹이자원 경쟁에 대한 연구는 전무하다.

본 연구는 갯벌과 연안역에 서식하는 두 종의 망둑어류에 대하여 1) 자연상태에서 두 종이 섭식하는 먹이생물의 다양성과 2) 개체 크기에 따른 먹이생물의 변화와 먹이경쟁 양상을 파악하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

연구지역의 개황

한강 하구역에 위치한 장봉도는 섬을 기준으로 북쪽으로는 강화도, 남쪽으로는 영종도와 접하여 있고, 인천항에서 북서쪽으로 약 28.8 km 떨어져 있다. 해안선을 따라 남북으로 분포하는 갯벌의 총 면적은 약 19.0 km²이다. 간조 시 노출되는 갯벌의 최대 길이는 서쪽의 한들 갯벌이 약 2.0 km이었고, 동쪽의 옹암 갯벌이 1.2 km이었다. 방위상으로 서쪽에서 동쪽으로 향할수록 갯벌의 길이가 짧아지는 지형이다(Fig. 1). 장봉도 해역의 조차는 대조차가 8.2 m, 소조차가 3.6 m로 평균 5.9 m의 조차를 보인다. 장봉수로에서 간조 시 밀물은 북동으로 흐르며,大潮 시 최강유속이 104-206 cm/sec에 이른다. 썰물은 만조 시 남서방향으로 흐르며, 만조 후 2시간 30분이 경과하면 최강유속이 90-170 cm/sec에 달한다. 갯벌 퇴적물의 평균 입도는 2.2-6.3 ϕ의 범위에 평균 4.2 ϕ이었다. 한들 갯벌은 평균 3.9 ϕ, 진촌 갯벌과 옹암 갯벌은 각각 4.3 ϕ와 4.4 ϕ이었다.

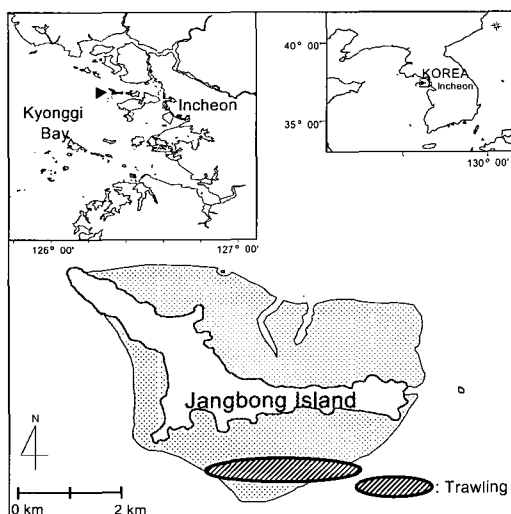


Fig. 1. Location of the sampling sites in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

한들 갯벌에서 옹암 갯벌로 향할수록 상대적으로 세립화되는 경향을 보였다(Seo, 2003). 한편, 장봉도 인근 해역은 해양생물을 먹이로 하는 각종 조류가 서식하며, 1988년에는 노랑부리백로 및 꿩이갈매기의 번식지로 파악되어 천연기념물 제360호로 지정되었다. 또한, 2003년에는 국제적으로 보호가 요망되고 있는 저어새 등의 서식처로써 뿐만 아니라 생물다양성이 뛰어나 습지보호지역으로 지정·고시되는 등 생태학적으로 매우 가치가 높은 해역이다(해양수산부 고시 제2003-97호). 그럼에도 불구하고, 1990년대부터 인천국제공항의 건설사업과 관련한 다양한 형태의 개발사업이 이루어져 환경의 변화가 매우 심한 해역으로 지적되고 있다(Lim et al., 1995).

현장조사

본 연구에 이용된 풀망둑과 쉬쉬망둑은 변형된 저층오타트롤(modified otter trawl)을 이용하여 1999년 11월부터 2001년 1월까지 총 15개월 동안 월별로 채집하였다. 생물채집에 이용한 저층오타트롤은 목줄(ground rope)이 20 m, 바닥줄(bottom rope)이 16 m, 날개그물(wing net)은 좌우 8 m이었다. 당긴 그물눈(stretched mesh size)은 날개그물과 몸통그물이 20 mm, 자루그물이 16 mm이었다. 현장에서 생물채집을 위해 시속 2-3 knot의 속도로 1시간을 예인하였고, 채집된 어류는 10%의 중성포르마린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 어획된 개체를 대상으로 전장(total length)은 버어니어캘리퍼스를 이용하여 1.0 mm 단위로, 체중(습중량)은 전자저울로 0.1 g까지 측정하였다. 소화관 내용물 분석은 각각의 개체에서 소화관을 분리하여 해부 현미경하에서 먹이종류별로 구분하였고, 가능한 중 수준까지 동정하였다. 그러나 소화정도가 심한 먹이생물은 과 또는 목 수준까지 분류하였다. 소화관 분석에서 발견된 먹이생물의 동정을 위하여 어류는 Chyung (1977), Kim and Kang (1993), Kim et al. (2001) 등을 참고하였고, 갑각류는 Kim (1973, 1977)과 NFRDI (2001)를, 연체동물은 NFRDI (1999)와 KORDI (1990)의 자료를 따랐다.

자료 분석

(1) 상대중요성

먹이생물의 출현 빈도(% F), 개체수(% N)와 생체량(% W)의 비는 다음의 식을 이용하였다.

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

F_i : 소화관에 i 종의 먹이생물이 출현한 개체의 수
 F : 소화관에 먹이생물을 가지고 있는 개체의 수

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

N_i : 소화관 내용물 중 i 종의 개체수
 N_i : 소화관 내용물 중 먹이생물의 전체 개체수

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

W_i : 소화관 내용물 중 i 종의 생체량
 W : 소화관 내용물 중 먹이생물의 전체 생체량

이상의 값을 기초로 먹이생물의 상대중요성 지수(IRI, Index of Relative Importance)를 구하였다. 상대중요성 지수는 백분율로서 표시되지 않기 때문에 각 먹이 생물간의 중요도를 비교하는 것이 상대적으로 어렵다. 따라서 다음의 식을 이용하여 백분율로 표시하였다(Cortés, 1997).

$IRI = \% F \times (\% N + \% W)$, $\% F$, $\% N$, $\% W$ 는 상기와 동일하다.

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

(2) 먹이중복도

먹이생물의 중복도(niche overlap)는 Schoener's index (R_0 , 1970)를 이용하였다. 이 지수의 범위는 중복이 전혀 없는 0에서 완전히 중복되는 1 사이의 값을 갖는다. 동일한 서식처를 이용하는 유사종의 중복도가 0.8보다 작거나 같으면 유의한 차이가 있음을 가리키는 것으로 해석한다(Cartes and Sardá, 1989).

$$R_0 = 1 - \frac{|P_{ij} - P_{ik}|}{2}$$

P_{ij} : j 종이 섭이한 i 먹이생물의 개체수 비
 P_{ik} : k 종이 섭이한 i 먹이생물의 개체수 비

(3) 선택도 지수

각 생물의 먹이생물에 대한 선택성은 Ivlev (1961)가 제안한 선택도 지수(electivity index)를 이용하였다.

$$\text{선택도 지수 } E = \frac{R_i - P_i}{R_i + P_i}$$

R_i : 소화관 내용물 중에서 i 종의 개체수
 P_i : 환경에 서식하는 i 종의 개체수

(4) 통계분석

풀망둑과 쉬쉬망둑의 생물학적 특성을 고려하여 크기군을 구분하였고, 먹이생물의 종류와 크기군 사이의 연관성(의존도)을 평가하기 위하여 Minitab program (version 14)을 이용하여 χ^2 -test를 수행하였다.

결 과

풀망둑

조사 기간 중 총 493개체가 채집되었고, 전장은 52.7-372.0 mm의 범위이었다. 150.0-210.0 mm 크기의 개체밀도가 대부분을 차지하여 총 407개체로 전체의 82.6%를 점유하였다. 조사 초기인 1999년 11월에 109개체가 채집되어 가장 많았고, 이후 이듬해 4월까지 93개체로 점차 감소하였다. 수온이 상승하는 5월부터 8월까지 채집되지 않았고, 9월부터 11월까지 10개체 미만으로 적었다. 12월부터 이듬해 1월까지 79개체와 114개체로 증가하는 양상을 보였다(Fig. 2).

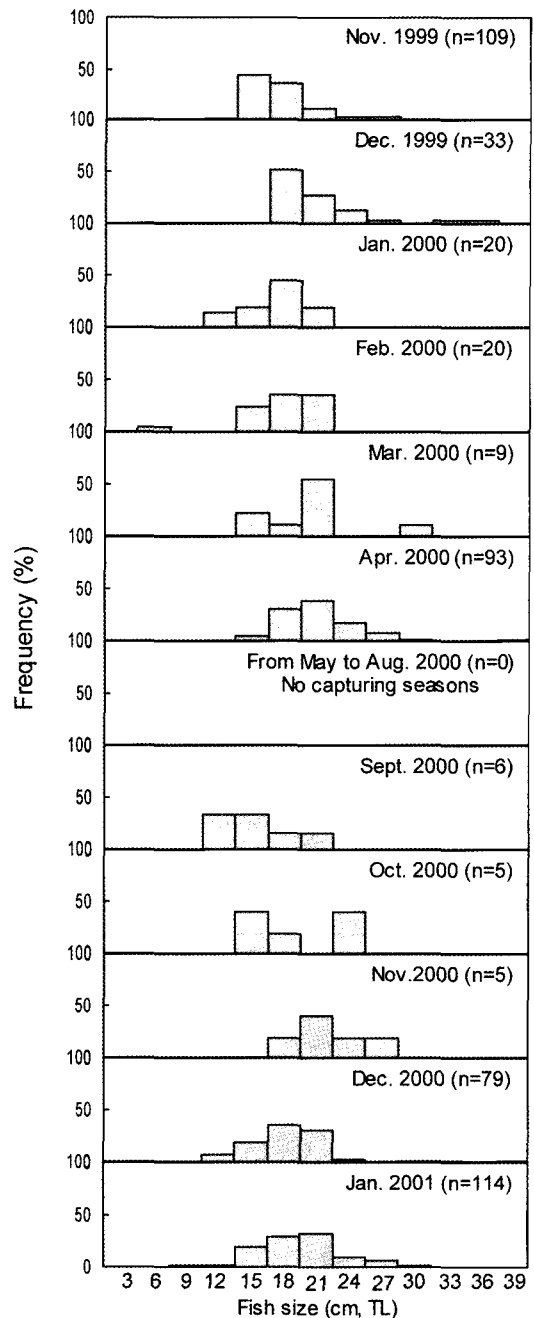


Fig. 2. Size-frequency distribution of *Acanthogobius hasta* in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

소화관 내용물 분석

분석에 이용된 풀망둑은 248개체이었고, 소화관이 비어있는 3개체와 매우 소량의 유기물 잔해(organic debris)가 남아있는 20개체는 분석에서 제외하였다. 소화관 분석 결과, 먹이생물은 총 113종, 1,279개체, 163.5 gWWt을 나타내었고, 분석에 이용된 개체는 180.0-210.0 mm 크기의 개체가 대부분을 차지하였다. 특히 이들 크기군에서 발견된 먹이생물의 개체수는 총 1,219개체로 전체의 95.3%를 점유하였다. 출현 종수와 개체

수는 갑각류가 64종, 703개체로 가장 많았고, 다모류와 연체동물은 각각 21종, 76개체와 14종, 360개체가 출현하였다. 생체량에서도 갑각류는 77.8 gWWt으로 가장 높았고, 식물류와 연체동물은 38.5 gWWt과 27.4 gWWt을 나타내었다. 계절적으로 풀망둑이 채집되지 않았던 5월에서 8월을 제외하면, 먹이생물의 출현 종수는 10-52종의 범위에 매월 평균 25종(±15)이 관찰되었다. 조사 초기인 1999년 11월에 52종으로 가장 다양하였고, 2000년 4월, 1999년과 2000년 12월 및 2001년 1월에 43종-30종의 범위로 다양성이 높았다. 출현 개체수는

최소 13개체에서 최대 284개체의 범위에 매월 평균 116개체(±93)이었다. 먹이생물의 밀도는 1999년 11월과 2000년 4월에 각각 243개체와 284개체가 관찰되었다. 이 밖에도 1999년 12월과 2001년 1월에 150개체 이상이 채집되어 상대적으로 많았다. 생체량은 2.3-42.9 gWWt의 범위에 매월 평균 14.9 gWWt(±13.9)을 나타내었다. 개체수의 변화양상과 유사하게 2000년 4월과 12월에 약 30.0 gWWt 이상으로 높았고, 수온이 낮은 시기인 1999년 11월, 12월과 2001년 1월에는 15.8-29.4 gWWt의 범위를 나타내었다(Fig. 3). 한편 성장에 따른 먹이생물의

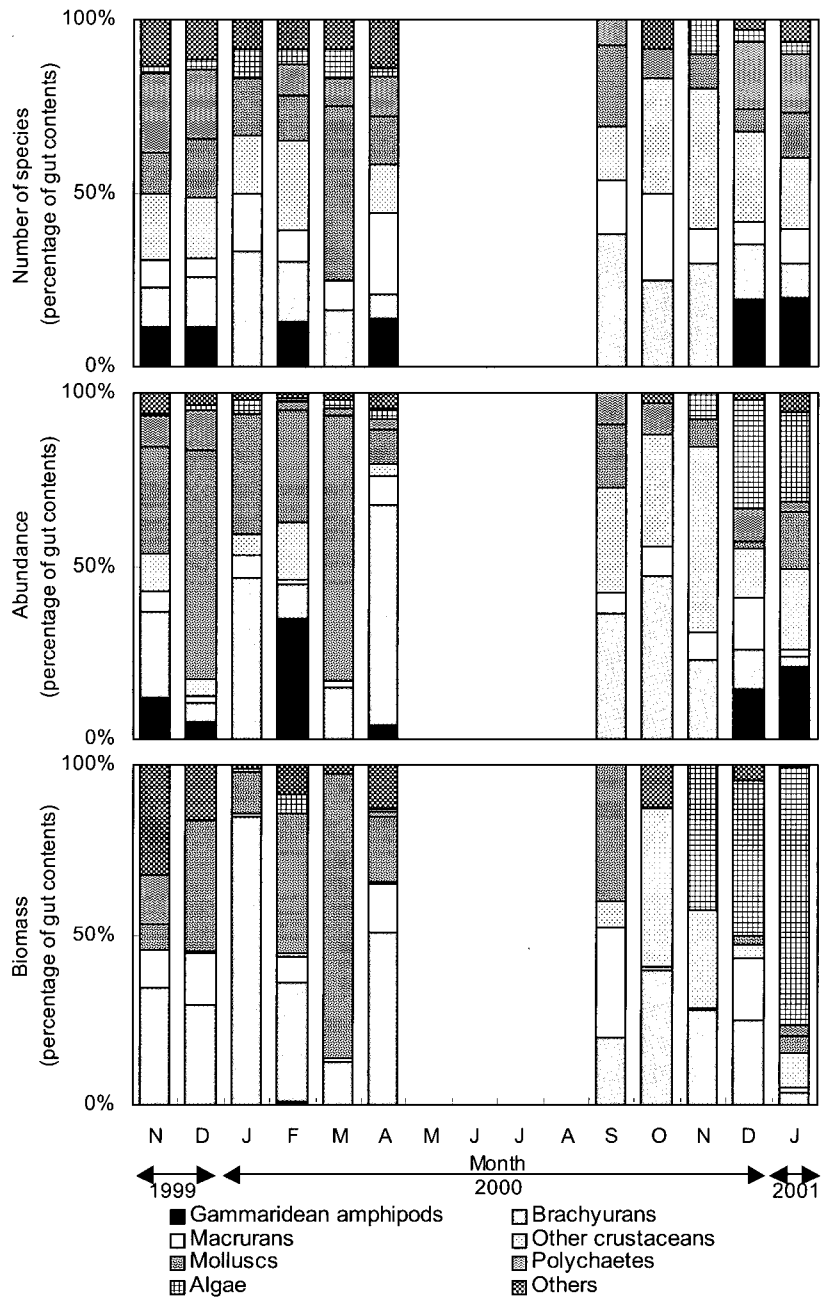


Fig. 3. Seasonal variation of diet composition of *Acanthogobius hasta* caught in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

변화양상을 보면, 가장 작은 크기군인 61.0-90.0 mm에서는 분석 개체가 1개체로 적어 먹이생물의 중요도를 객관화하기에는 무리가 있었으나, 습중량에서 식물류의 참김(*Porphyra tenera*)이 95.1%로 가장 높았다. 다음으로 갑각류의 십각목의 게류와 새우류가 각각 2.8%와 2.1%를 점유하였다. 이후 91.0-120.0 mm의 크기군에서는 먹이생물의 다양성이 점차 증가하였고, 참김과 새우류가 각각 습중량의 52.4%와 33.5%로 높았다. 다음으로 단각류, 게류 및 새우류를 제외한 기타 갑각류(요각류, 쿠마류, 구각류, 곤쟁이류 등)가 10.2%를 점유하였다. 그러나 먹이생물의 개체수에서는 기타 갑각류와 참김이 26.9%로 동일하여 가장 높았다. 다음으로 게류, 새우류와 다모류가 11.5%를, 이매패류는 7.5%를 나타내었다. 반면, 가장 많은 개체가 분석된 121.0-270.0 mm의 크기군은 총 210개체가 분석되었고, 이중 참김은 습중량의 34.5-24.9%(개체수 8.5-7.0%) 범위로 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 그러나

십각목의 게류와 새우류는 각각 16.7-34.9%(개체수 15.2-33.6%)와 1.1-14.6%(개체수 4.2-7.8%)의 범위로 증가하였다. 또한 이매패류와 기타 연체동물도 유사한 경향을 나타내 각각 3.7-16.8%(개체수 7.7-33.1%)와 1.4-14.9%(2.2-16.0%)의 습중량을 차지하였다. 결국 성장함에 따라 식물의 기여도는 감소하였고, 게류, 새우류 및 이매패류 등의 기여도가 현저하게 증가하는 경향을 보였다(Fig. 4).

크기에 따른 먹이생물의 변화

본 연구에서는 180.0 mm를 기준으로 크기군을 구분하여 먹이생물의 변화양상과 기여도를 분석하였다.

180.0 mm 미만: 총 125개체를 분석하였고, 먹이생물은 75종, 680개체, 50.4 gWWt을 나타내었다. 분류군별 출현 종수는 갑각류가 48종으로 가장 다양하였고, 다모류와 연체동물은 각각 12종과 10종이 출현하였다. 이 밖의 생물군(기타동물

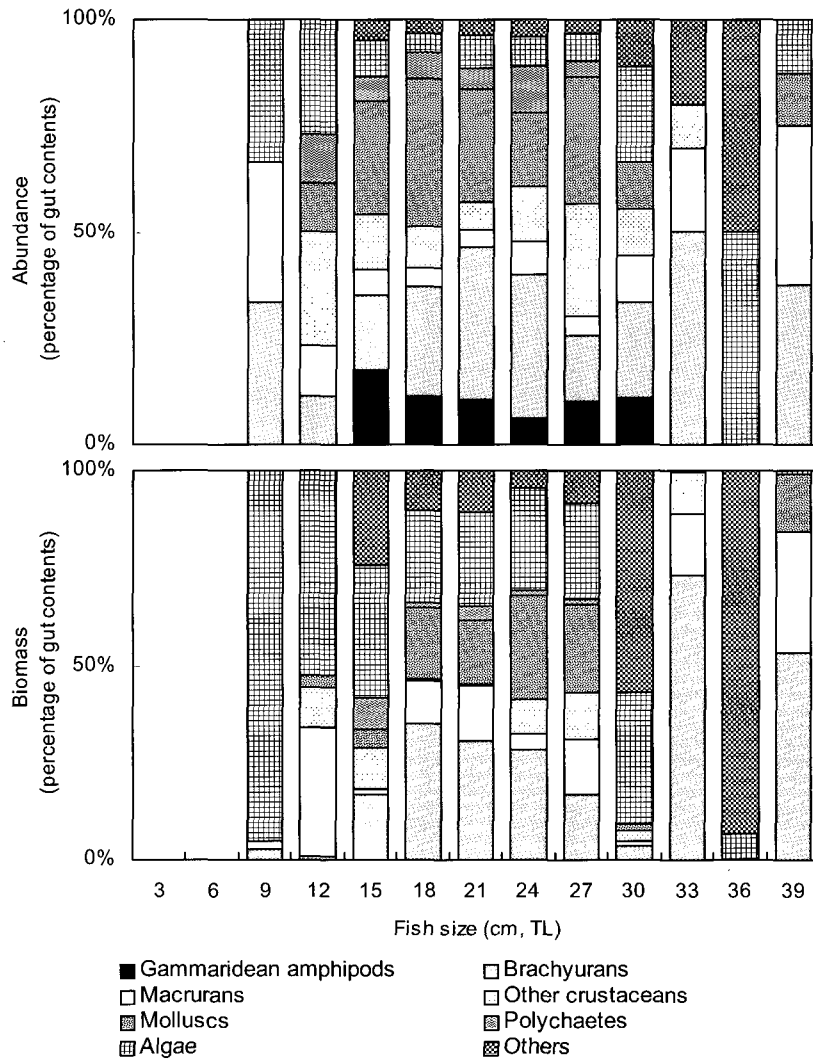


Fig. 4. Variations in the diet composition of *Acanthogobius hasta* caught in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

균, 어류, 식물류)은 총 5종이 관찰되어 적었다. 개체수와 생체량은 종수의 경향과 동일하게 갑각류가 355개체, 21.1 gWWt로 가장 높았고, 연체동물은 215개체, 7.3 gWWt를 나타내었다. 특히 분류군 중에서 이매패류와 게류는 197개체, 6.6 gWWt과 158개체, 14.8 gWWt으로 가장 높은 생물량을 나타내었다. 이 밖에 개체수에서는 단각류(85개체)가, 생체량은 식물류(14.2 gWWt)와 어류(5.7 gWWt)가 상대적으로 높은 값을 보였다. 이들 크기군 개체의 소화관에서 발견된 먹이생물의 출현 빈도는 참김, 쇠개량조개(*Raetellops pulchella*), 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 펄털콩게(*Ilyoplax pingi*), 굳은이불은눈옆새우(*Chitinomandibulum emargicoxa*), 요각류의 *Labidocera* sp.가 10.0% 이상으로 높았다. 반면 개체수는 쇠개량조개와 칠게가, 생체량은 참김과 두 종의 게류(칠게와 펄털콩게)가 10.0% 이상을 점유하였다. 따라서 출현 종별 상대중요성 지수는 참김이 44.8%로 가장 높았고, 쇠개량조개는 17.8%를 차지하였다. 또한, 칠게와 펄털콩게는 각각 12.1%와 9.3%를 나타내었고, 굳은이불은눈옆새우는 3.8%의 중요도를 보였다(Fig. 5; Table 4).

180.0 mm 이상: 총 103개체를 분석하였고, 88종, 599개체, 113.1 gWWt을 나타내었다. 이 가운데 갑각류는 47종, 348개

체, 56.7 gWWt으로 가장 높은 생물량을 보였다. 다음으로 연체동물과 식물류는 각각 11종, 145개체, 20.1 gWWt과 2종, 46개체, 24.3 gWWt을 나타내었다. 반면, 다모류는 17종이 출현하여 생물다양성은 높았으나, 개체수(34개체)와 생체량(2.5 gWWt)은 매우 낮았다. 특히 개체수에서 게류는 184개체로 가장 우점하였고, 이매패류와 단각류는 109개체와 56개체가 출현하였다. 생체량은 게류와 식물류가 각각 36.6 gWWt과 24.3 gWWt으로 높았고, 새우류와 이매패류는 14.2 gWWt과 10.2 gWWt을 나타내었다. 소화관 분석을 기초로 한 출현 빈도는 참김, 칠게와 펄털콩게, 미동정의 어류(Fish unid.), 굳은이불은눈옆새우, 긴꼬리올챙이새우류의 일종인 *Diastylis paratricincta*가 높은 값을 나타낸 반면, 개체수는 칠게, 생체량은 참김과 칠게가 10.0% 이상을 점유하였다. 이상으로 출현 종별 상대중요성 지수는 참김이 43.2%로 가장 높았고, 칠게와 펄털콩게가 각각 22.6%와 12.2%를 차지하였다. 쇠개량조개와 밀새우(*Exopalaemon carinicauda*)는 4.0%와 3.8%를, 굳은이불은눈옆새우는 2.0%로 낮았다(Fig. 5; Table 4). 한편, 두 개의 크기군이 섭식한 먹이생물에 대하여 χ^2 -test를 실시한 결과(Table 1), 각각의 크기군이 섭식한 먹이생물의 밀도에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 또한 먹이생물의 차이를 유

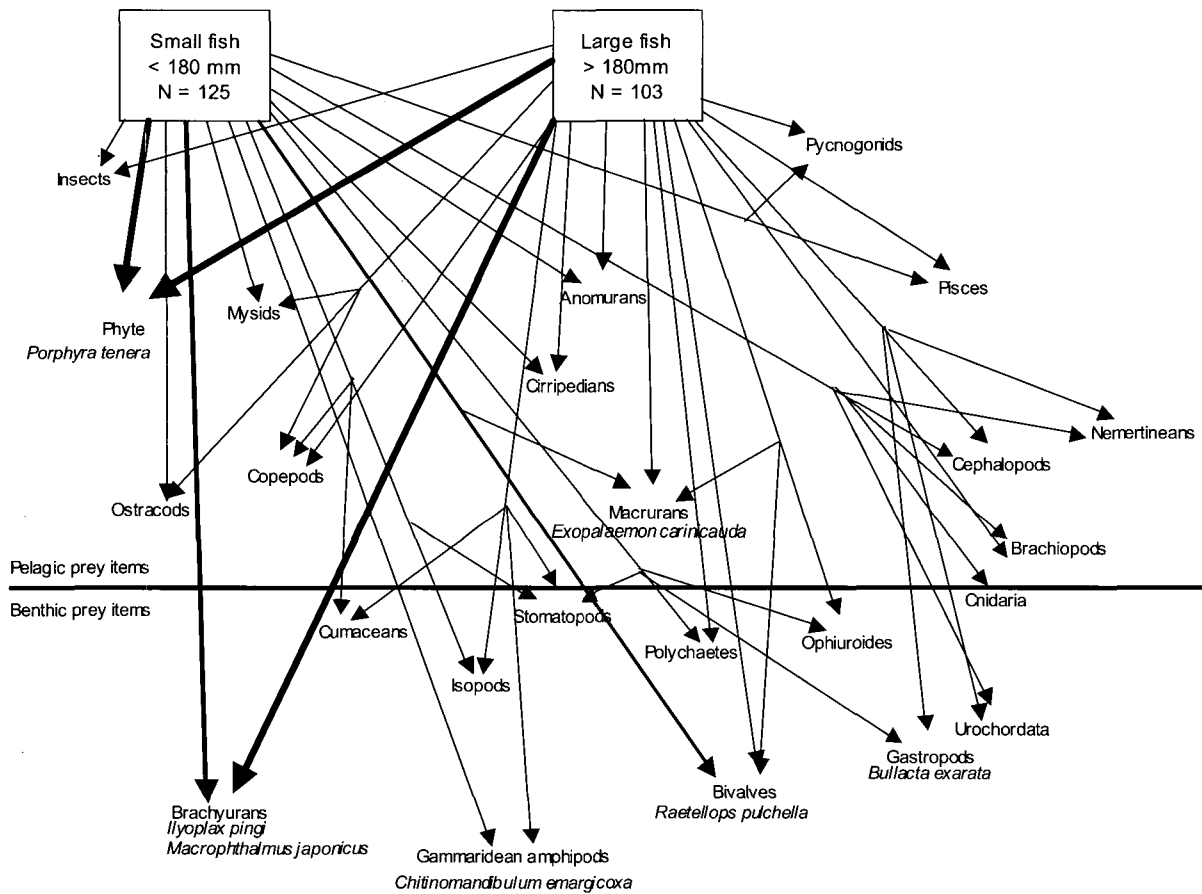


Fig. 5. Food web of the *Acanthogobius hasta* in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea (Note that the width of arrows is based on the IRI value).

Table 1. *Acanthogobius hasta*. Contingency table analysis of the size class variation of 10 different categories of food items found in the gut contents. Values are total number of prey observed in each size, with expected values given in parentheses. χ^2 are highly significant (***) $p < 0.001$

Prey groups	Small fish	Large fish	Ni	χ^2
Decapoda brachyurans	158 (182)	184 (160)	342	6.67
Decapoda macrurans	50 (58)	310 (302)	71	0.43
Gammaridean amphipods	51 (71)	392 (372)	141	2.87
Other crustaceans	77 (79)	72 (69)	149	0.13
Bivalves	197 (163)	109 (143)	306	15.45
Other molluscs	1 (3)	15 (13)	54	8.53
Polychaetes	8 (6)	27 (29)	76	0.13
Fish	23 (14)	66 (75)	35	2.44
Others	13 (12)	63 (64)	16	1.56
Algae	18 (9)	40 (49)	89	0.84
Ni	680	599	1,279	39.05***
χ^2	18.29	20.76		

Table 2. *Acanthogobius hasta*. Degree of electivity by the Ivlev index

Food organisms	Environment organisms		Gut contents		Degree of electivity
	Number	%	Number	%	
<i>Bullacta exarata</i>	239	0.9	34	2.7	0.5
<i>Chitinomandibulum emargicoxa</i>	6	<0.1	88	6.9	1.0
<i>Diastylis paratricincta</i>	31	0.1	29	2.3	0.9
<i>Diogenes edwardsii</i>	1	<0.1	27	2.1	1.0
<i>Hemigrapsus penicilatus</i>	8	<0.1	9	0.7	0.9
<i>Ilyoplax pingi</i>	307	1.1	97	7.6	0.7
<i>Latreutes mucronatus</i>	85	0.3	10	0.8	0.4
<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	16	0.1	16	1.3	0.9
<i>Macrophthalmus japonicus</i>	218	0.8	172	13.5	0.9
<i>Moerella rutila</i>	1,081	4.0	16	1.3	-0.5
<i>Monoculodes koreanus</i>	93	0.4	16	1.3	0.6
<i>Oratosquilla oratoria</i>	175	0.7	11	0.9	0.1
<i>Exopalaemon carinicauda</i>	4,137	15.4	19	1.5	-0.8
<i>Pinnotheres haiyangensis</i>	4	<0.1	21	1.6	1.0
<i>Raetellops pulchella</i>	14	0.1	230	18.0	1.0

발하는 크기군은 180.0 mm 이상의 개체이었고, 생물군은 이 매패류와 게류임을 파악하였다. 이와 같은 결과는 180.0 mm 이상 개체들의 참김 섭식량은 크기군에 차이를 보이지 않았으나, 쇄개량조개는 상대중요성 지수가 17.8%에서 4.9%로 급격히 감소한 반면 칠게는 12.1%에서 22.6%로 증가하기 때문으로 추정된다.

먹이선택도와 중복도

플랑크톤이 섭식한 먹이생물을 대상으로 선택도 지수 (electivity index)를 파악한 결과, 높은 양(+)의 값을 나타내는 생물은 굳은이불은눈옆새우, *D. paratricincta*, 넓적원손집게 (*Diogenes edwardsii*), 칠게, 쇄개량조개 등이었고, 음(-)의 값에는 민피접시조개(*Moerella rutila*)와 밀새우 등이었다. 이상과 같이 먹이생물의 생태학적 분포 특성을 고려해 보면, 플랑크톤은 주로 갯벌의 전역과 갯벌 하부 저조선 인근의 조하대에 서식하는 대형저서동물들을 섭식하는 것으로 파악할 수 있었다 (Table 2). 한편 동일해역에서 채집된 정주성(residents) 어종 또는 저어류(demersal fish)들과 본 종과의 먹이 중복도(diet overlap) 수치를 보면(Seo, 2003), 플랑크톤은 연구 해역에 서식하는 다른 유영생물과 먹이자원 생물을 공유하지 않는다고 파악할 수 있었다.

쉬쉬망둑

조사 기간 중 총 139개체가 채집되었고, 전장은 36.7-387.0 mm의 범위이었다. 이 가운데 90.0-180.0 mm 크기의 개체 밀도가 대부분을 차지하였고, 총 127개체가 채집되어 전체의 91.4%를 점유하였다. 조사 초기인 1999년 11월에 23개체가 채집되어 가장 많았고, 2000년 2월과 3월을 제외하면 4월까지 약 10개체 이상이 출현하였다. 수온이 점차적으로 상승하는 5월부터 7월까지 출현하지 않았고, 8월에는 90.0 mm 내외 크기의 1개체가 채집되었다. 이후 9월에는 20개체로 증가하였으나, 10월부터 조사 종료 시기인 이듬해 1월까지 11-7개체의 범위로 감소하였다(Fig. 6).

소화관 내용물 분석

분석에 이용된 쉬쉬망둑은 총 106개체이었고, 공위(1개체)와 소량의 유기물 잔해가 포함된 20개체는 분석에서 제외하였다. 쉬쉬망둑의 소화관에서 발견된 먹이생물은 총 47종, 372개체, 15.1 gWWt이었고, 이중 90.0-180.0 mm 크기 내외의 개체가 대부분을 차지하였다. 이들 크기군에서 출현한 먹이생물은 총 353개체로 전체 출현 개체수의 94.9%에 해당한다. 출현 종수는 갑각류가 29종으로 가장 많았고, 다모류와 연체동물이 각각 6종과 5종이 관찰되었다. 개체수는 종수와 동일하게 갑

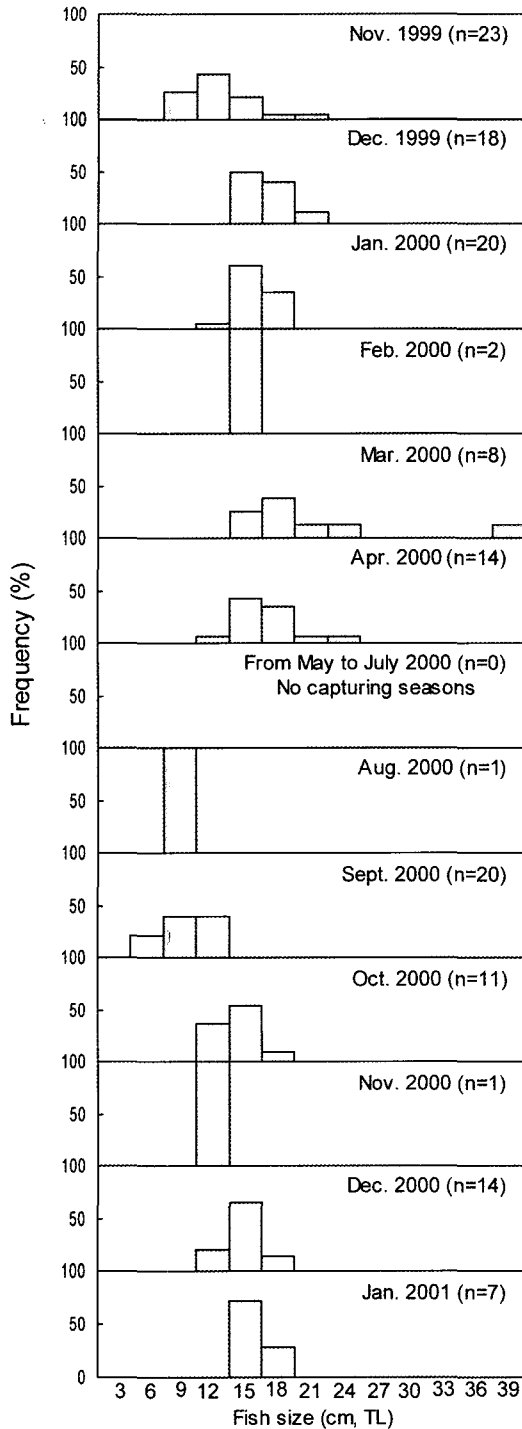


Fig. 6. Size-frequency distribution of *Chaeturichtys stigmatias* in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

각류가 324개체로 전체의 87.1%를 점유하였다. 그 밖의 생물군은 20개체 이하로 매우 적었다. 반면 생체량은 극피동물류와 갑각류가 각각 7.0 gWWt과 6.5 gWWt으로 높았고, 이 밖의 생물군은 1.0 gWWt 이하로 매우 낮았다. 조사 시기별 먹이생물의 출현 종수는 1-19종의 범위에 매월 평균 9종(±6)이 관찰

되었다. 2000년 1월에 가장 다양하였고, 이 밖에도 조사 초기인 1999년 11월, 12월과 2000년 4월에 10종 이상이 출현하였다. 개체수는 2-189개체의 범위에 매월 평균 34개체(±53)이었다. 2000년 1월에 가장 많았고, 1999년 12월과 2000년 4월에도 40개체 이상이 채집되어 상대적으로 많았다. 기타 시기에는 20개체 이하로 적었다. 생체량은 0.1-8.4 gWWt의 범위에 매월 평균 1.4 gWWt (±2.5)을 나타내었고, 1999년 12월과 2000년 4월에 상대적으로 높았다(Fig. 7).

한편, 성장에 따른 먹이생물의 변화양상을 보면, 분석에 이용된 가장 작은 크기군인 61.0-90.0 mm에서는 8개체가 분석되었고, 이중 중요 갑각류(단각류, 계류, 새우류)를 제외한 기타 갑각류(요각류, 쿠마류, 구각류, 곤쟁이류 등)가 습중량의 27.3%를 차지하여 가장 높았고, 다음으로 계류, 새우류와 단각류가 각각 23.4%, 15.6%와 14.1%를 차지하였다. 그러나 개체수로는 단각류가 40.9%로 가장 우점하였고, 계류와 연체동물은 18.2%를 차지하였다. 반면, 91.0-120.0 mm와 121.0-150.0 mm 크기군에서는 극피동물의 거미불가사리를 포함한 기타 동물군이 71.1%와 72.7%로 가장 높았고, 다음으로 새우류가 16.8%와 23.4%를 점유하였다. 반면 기타 갑각류는 5.6%와 2.1%로 감소하였다. 이를 먹이생물의 개체수로 보면, 단각류가 20.6%와 51.8%로 가장 많았고, 다음으로 기타 갑각류가 32.4%와 18.8%를 차지하였다. 기타 동물군은 20.6%와 5.8%를, 계류와 새우류는 11.8%, 18.3%와 11.8%, 2.6%를 점유하였다. 한편, 151.0-180.0 mm 크기군은 새우류가 습중량의 69.1%를 차지하여 가장 기여도가 높았고, 다음으로 연체동물(9.4%), 기타 동물군(8.9%) 및 단각류(5.8%)의 순이었다. 그러나 개체수는 여전히 단각류가 58.5%로 가장 높았고, 기타 갑각류와 새우류가 15.1%와 14.2%를 차지하였다. 반면 181.0 mm 이상의 크기군에서는 기타 갑각류, 연체동물과 새우류가 각각 41.6%, 30.5%와 27.8%의 습중량으로 높았고, 개체수에서도 21.4%, 35.7%와 28.6%를 점유하였다. 그러나 단각류는 14.3%로 현저히 감소한 결과를 보였다. 이후 211.0 mm 이상의 크기군에서는 새우류만이 특징적으로 발견되었다(Fig. 8).

크기에 따른 먹이생물의 변화

본 조사에서는 150.0 mm를 기준으로 2개의 크기군을 구분하여 먹이생물의 변화양상과 기여도를 분석하였다.

150.0 mm 미만: 총 62개체가 분석되었고, 먹이생물은 38종, 247개체, 10.5 gWWt을 나타내었다. 출현 종수와 개체수는 갑각류가 24종, 217개체로 가장 우점하였다. 그 밖의 생물군은 5종, 10개체 이하로 매우 적었다. 생체량은 기타 동물군에 속하는 극피동물류가 6.8 gWWt으로 가장 높았고, 갑각류는 2.9 gWWt을 나타내었다. 그 밖의 생물군은 0.5 gWWt 이하로 낮았다. 한편 가장 생물량이 높았던 갑각류 중에서 개체수는 단각류가 115개체로 가장 많았고, 새우류(40개체), 곤쟁이류(22개체)와 이형올챙이새우류(18개체)의 순이었다. 생체량은 새우류가 2.4 gWWt을 나타내었다. 이들 크기군에서 출현 빈도는 굽은이불은눈옆새우, *S. miraculum*, 자주새우(*Crangon*

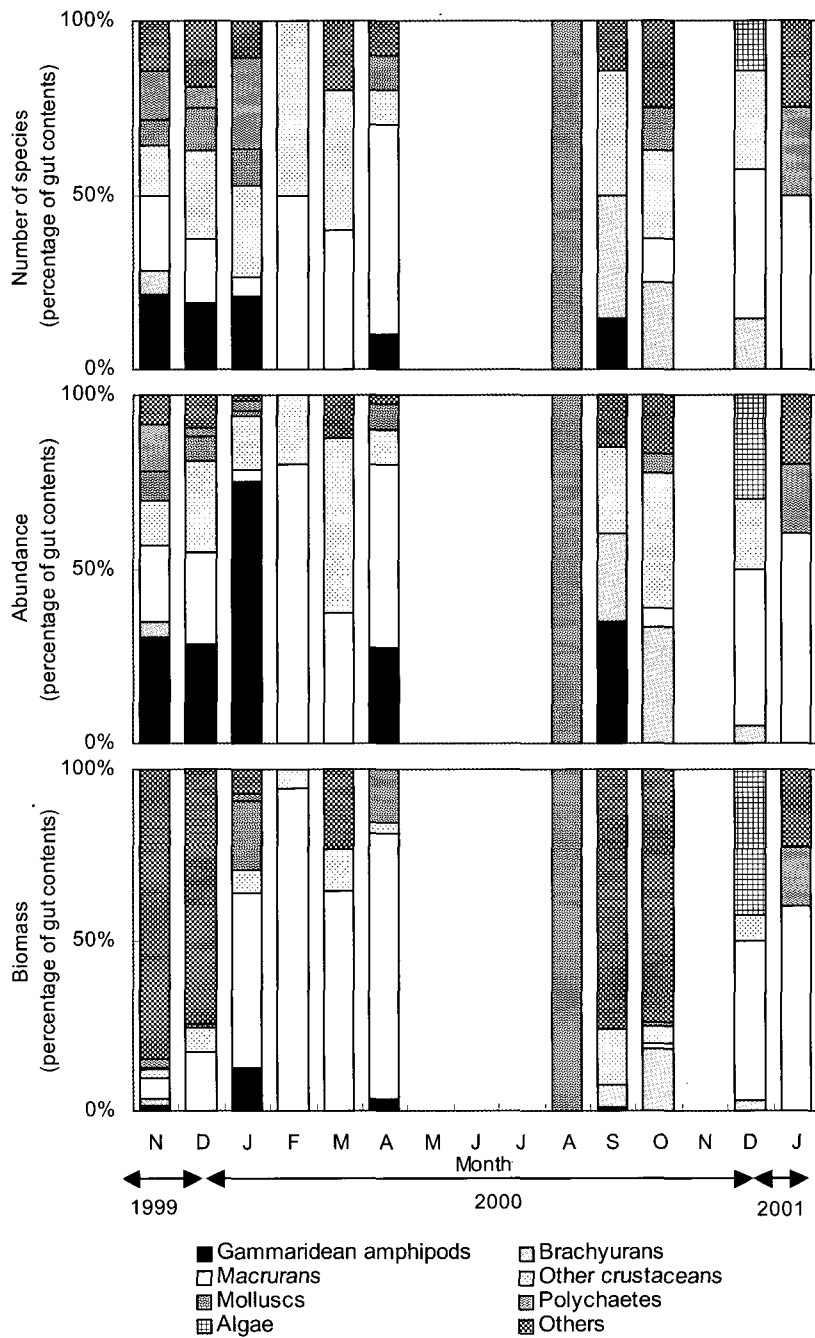


Fig. 7. Seasonal variation of diet composition of *Chaeturichtys stigmatias* caught in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

affinis)와 남방넓적빨꼬마새우(*Latreutes mucronatus*), 미동정의 곤쟁이류(*Mysid* unid.)가 높은 값을 나타내었다. 개체수는 굽은이불은눈옆새우와 *S. miraculum*이, 생체량은 미동정의 거미불가사리류(*Ophiuroidea* unid.)와 자주새우가 10.0% 이상을 점유하였다. 따라서 먹이생물의 상대중요성 지수는 출현 빈도와 개체수가 높은 굽은이불은눈옆새우가 30.9%로 가장 높았고, 미동정의 거미불가사리류와 자주새우는 각각 23.6%

와 18.6%를 점유하였다. 이 밖에 남방넓적빨꼬마새우와 *S. miraculum*이 8.7%와 6.4%를 차지하였다(Fig. 9; Table 4).

150.0 mm 이상: 총 24개체가 분석되었고, 25종, 125개체, 4.6 gWWt을 나타내었다. 갑각류가 16종, 107개체, 3.7 gWWt으로 생물지수가 가장 높았고, 이 밖의 생물군은 출현 종수(5종), 개체수(10개체) 및 생체량(0.7 gWWt)이 매우 낮았다. 이 중에서 분류군별 개체수는 단각류가 64개체로 가장 많았고,

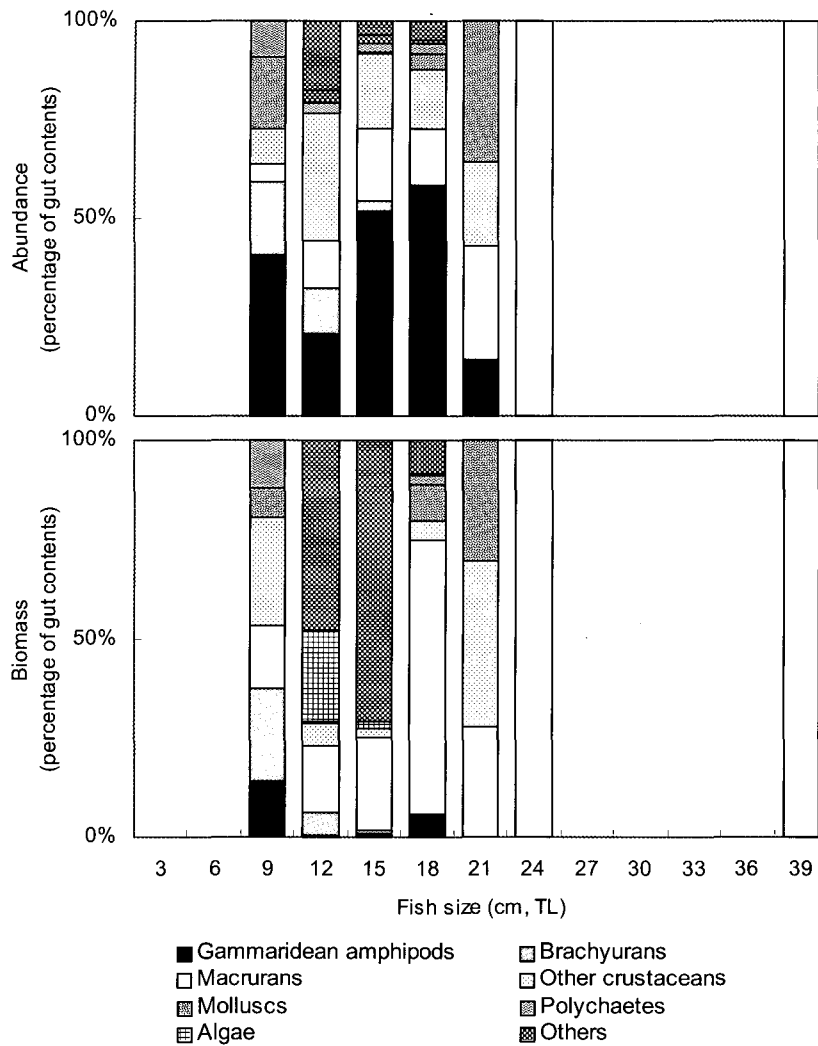


Fig. 8. Variations in the diet composition of *Chaeturichthys stigmatias* caught in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

새우류와 곤쟁이류가 24개체와 13개체가 출현하였다. 생체량은 전반적으로 매우 낮았으나 새우류가 2.8 gWWt으로 높았고, 기타 생물군은 0.1-0.7 gWWt의 범위를 나타내었다. 먹이생물 가운데 출현 빈도는 굳은이불은눈옆새우, *S. miraculum*, 자주새우, 남방넓적빨꼬마새우, 밀새우, 미동정의 곤쟁이류, 거미불가사리류와 쇄개량조개가 상대적으로 높은 값을 보였다. 개체수는 굳은이불은눈옆새우가, 생체량은 긴발딱총새우(*Alpheus japonicus*), 자주새우, 밀새우, 갯가재(*Oratosquilla oratoria*)와 쇄개량조개 등이 10.0% 이상을 점유하였다. 출현 종별 상대중요성 지수는 자주새우와 굳은이불은눈옆새우가 각각 28.9%와 26.3%로 높았고, 미동정의 곤쟁이류는 상대적으로 출현 빈도(25.0%)가 높아 8.9%를 차지하였다. 이 밖에도 쇄개량조개(6.4%), 남방넓적빨꼬마새우(6.1%), 밀새우(5.5%), 긴발딱총새우(5.2%) 등의 순으로 중요도가 높았다(Fig. 9; Table 4). 한편 두 개의 크기군에 대해 χ^2 -test를 실시한 결과, 각각 크기군의 어류가 섭식한 먹이생

물의 밀도에는 차이가 없었다($p>0.001$). 이와 같은 결과는 소화관에 남아있는 먹이생물의 다양성과 밀도가 상대적으로 낮았고, 일부 분류군(단각류)의 밀도가 매우 높았던 것에 기인한 결과로 추정할 수 있었다.

먹이선택도와 중복도

쉬쉬망둑이 섭식한 먹이생물을 대상으로 선택도 지수 (electivity index)를 구한 결과, 높은 양(+)의 값을 나타내는 생물은 굳은이불은눈옆새우, *D. paratricincta*, 남방넓적빨꼬마새우, 쇄개량조개 등이었고, 음(-)의 값에는 자주새우와 민뽕조개 이었다. 이상과 같이 먹이생물의 생물학적 특성을 고려해 보면, 쉬쉬망둑은 주로 갯벌 하부 저조선 인근의 조하대에 서식하는 대형저서동물을 섭식하는 것으로 파악할 수 있었다(Table 3). 한편 먹이 중복도(diet overlap)를 구한 Seo (2003)의 결과에서 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*, 0.67)를 제외하면 비교적 낮은 값을 나타내었다.

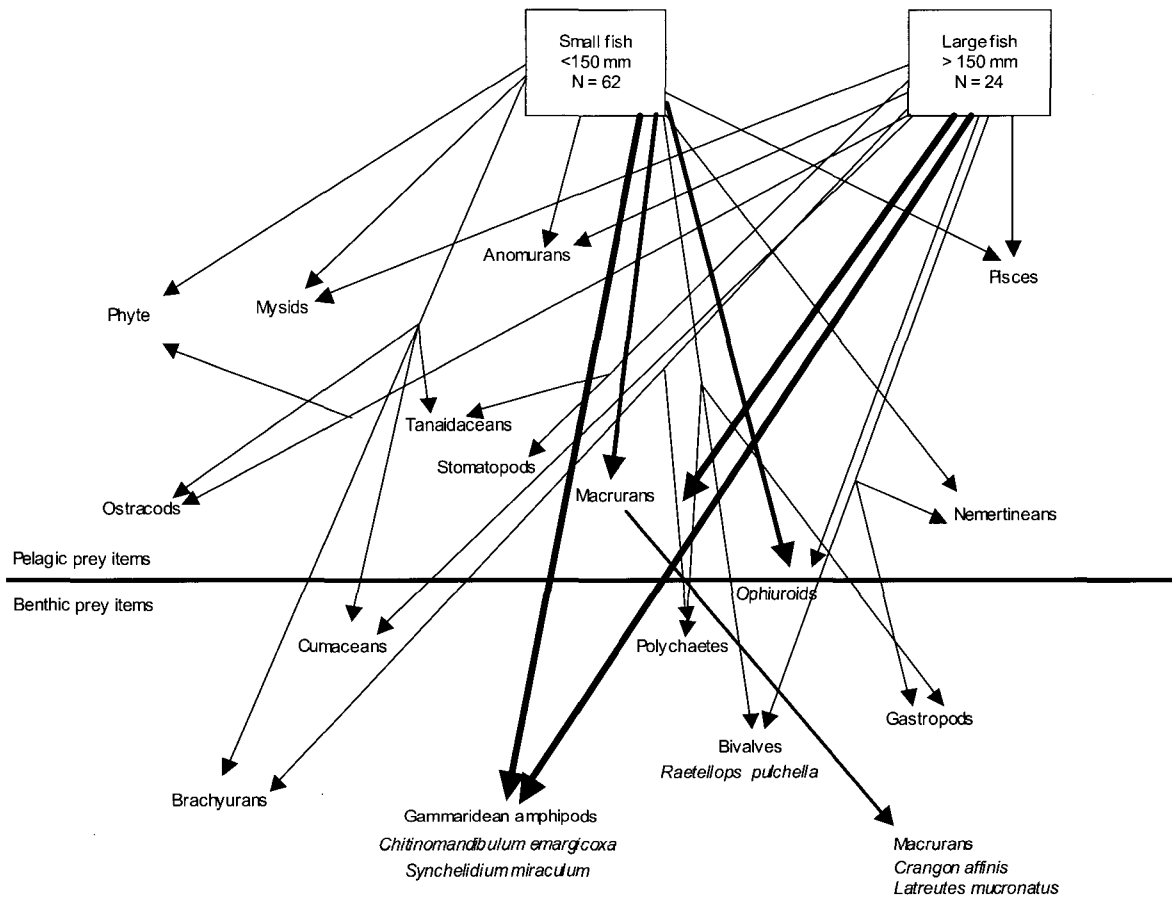


Fig. 9. Food web of the *Chaeturichtys stigmatias* in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea (Note that the width of arrows is based on the IRI value).

Table 3. *Chaeturichtys stigmatias*. Degree of electivity by the Ivlev index

Food organisms	Environment organisms		Gut contents		Degree of electivity
	Number	%	Number	%	
<i>Chitinomandibulum emargicoxa</i>	6	<0.1	126	33.8	1.0
<i>Crangon affinis</i>	2,161	8.0	27	7.2	-0.1
<i>Diastylis paratricincta</i>	31	0.1	22	5.9	1.0
<i>Euspira fortunei</i>	12	0.1	2	0.5	0.9
<i>Latreutes mucronatus</i>	85	0.3	26	7.0	0.9
<i>Moerella rutila</i>	1,081	4.0	1	0.3	-0.9
<i>Mysids unid.</i>	0	0.0	26	7.0	1.0
<i>Raetellops pulchella</i>	14	0.1	9	2.4	1.0
<i>Tritodynamia rathbuni</i>	6	<0.1	7	1.6	1.0

고 찰

풀망둑 개체군에 대한 식성을 포함한 생물·생태학적인 연구는 낙동강 및 금강 하구역과 천수만 등에서 수행된 바 있으며, 주 서식처는 갯벌을 포함한 천해의 연안, 기수역 및 하구역이다(Baik, 1969; Im and Lee, 1990; Lee, 1992; Choi et al., 1996). 본 연구에서 풀망둑은 수온이 상승하는 5월부터 여름철인 8월까지 전혀 채집되지 않았던 반면 수온이 낮은 겨울과 초봄에 밀도가 높았다. 반면 서해 중부역의 천수만과 만경강 하구에 출현한 개체군은 수온이 낮은 12월부터 2월까지의 개체수가 상대적으로 적거나 출현하지 않아 본 조사와 차이를

보이고 있다(Im and Lee, 1990; Lee, 1992). 또한 군산연안에서는 이 시기에 조하대에 널리 서식하다가 초봄에 금강하구로 유입되는 것으로 추정된 바 있다(Choi et al., 1996). 이상과 같이 지역에 따른 밀도의 차이는 채집면적, 채집기(지인망 또는 저인망) 및 서식처(갯벌, 하구 또는 만)의 상이성 등에서 오는 차이에 기인한다는 지적과 잘 일치한다(Lee, 1990; Im and Lee, 1990). 특히 본 연구에서 늦봄인 5월부터 여름인 8월 사이에 개체가 채집되지 않는 원인은 첫째, 현장조사가 지역적으로 갯벌의 중·하부를 대상으로 수행되어 갯벌에 가입한 치어를 채집하지 못했다는 점에 있다. 둘째, 생물 채집에

Table 4. Variation of size in the diet of *Acanthogobius hasta* and *Chaeturichtys stigmatias* in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea (% F, frequency of occurrence; % N, percentage abundance; % W, percentage biomass; % IRI, index of relative importance)

Taxa	Prey organisms Species name / % IRI	<i>Acanthogobius hasta</i>										<i>Chaeturichtys stigmatias</i>								
		Small (<180 mm)					Large (>180 mm)					Small (<150 mm)				Large (>150 mm)				
		% F	% N	% W	% IRI	% F	% N	% W	% IRI	% F	% N	% W	% IRI	% F	% N	% W	% IRI			
Annelida																				
Polychaeta		25.6	6.0	2.7	1.1	30.4	5.9	2.1	0.5	11.2	2.8	+	0.3	12.5	2.4	1.1	0.8			
Arthropoda																				
Insecta	Chironomidae unid.	-	-	-	-	1.0	0.5	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea																				
Gammaridean Amphipoda	<i>Chitinomandibulum emargicoxa</i> **	12.0	8.2	0.1	3.8	10.7	5.3	+	2.0	24.2	34.0	0.7	30.9	25.0	33.6	0.8	26.3			
	<i>Synchelidium miraculum</i> **	6.4	1.5	+	0.4	4.9	1.3	+	0.2	16.1	10.5	0.2	6.4	16.7	7.2	0.2	3.8			
	other amphipods	14.4	2.4	+	0.3	15.7	2.8	+	0.4	4.8	2.0	+	0.2	12.6	10.4	2.0	1.6			
Cirripedia	<i>Balanus</i> sp.	-	-	-	-	1.9	0.3	0.1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda	<i>Copepod</i> spp.	12.0	2.6	+	0.9	5.9	1.4	+	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacea	<i>Diastylis paratricincta</i>	6.4	2.5	+	0.6	10.7	2.0	+	0.8	6.5	7.3	0.2	1.8	8.3	3.2	0.1	0.8			
Anomura	<i>Diogenes edwardsii</i>	-	-	-	-	3.9	4.5	3.7	1.1	8.1	2.0	1.1	0.9	-	-	-	-	-	-	-
	other anomurans	0.8	0.1	1.7	0.1	2.0	0.4	1.0	+	1.6	0.4	0.3	+	-	-	-	-	-	-	-
Brachyura	<i>Charybdis japonica</i> **	0.8	0.1	0.6	+	-	-	-	-	3.2	0.8	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ilyoplax pingi</i> *	15.2	5.7	10.4	9.3	19.4	9.7	8.2	12.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Macrophthalmus dilatatus</i> *	6.4	1.8	2.6	1.1	1.9	0.7	3.9	0.3	1.6	0.4	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Macrophthalmus japonicus</i> *	14.4	10.4	11.8	12.1	19.4	16.9	16.3	22.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Tritodynamia rathbuni</i> *	2.4	0.4	1.2	0.1	3.9	1.3	2.1	0.5	6.5	2.4	0.9	0.8	-	-	-	-	-	-	-
	other brachyurans	15.2	4.6	2.8	1.3	9.7	2.1	1.8	0.4	6.4	1.6	+	0.1	-	-	-	-	-	-	-
Macrura	<i>Alpheus japonicus</i> *	-	-	-	-	2.9	0.5	0.2	0.1	-	-	-	-	8.3	1.6	18.9	5.2			
	<i>Crangon affinis</i> **	9.6	1.9	2.9	1.7	4.9	0.8	0.4	0.2	22.6	7.3	15.1	18.6	33.3	7.2	21.2	28.9			
	<i>Latreutes mucronatus</i> **	3.2	0.6	0.1	0.1	4.9	1.0	0.3	0.2	19.4	7.3	4.9	8.7	16.7	6.4	5.7	6.1			
	<i>Palaemon carinicauda</i> **	4.0	0.7	5.2	0.9	9.7	2.3	8.9	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	other macrurans	10.4	1.8	1.2	0.1	7.8	1.4	3.0	0.1	4.8	1.6	2.6	0.3	20.9	4.0	14.6	6.0			
Isopoda	<i>Isopod</i> spp.	3.2	0.7	+	+	3.9	0.8	0.2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mysidacea	<i>Mysids</i> spp.	12.0	3.3	0.1	0.4	6.9	1.5	+	0.1	24.2	8.9	0.5	4.4	29.2	10.4	3.0	9.1			
Ostracoda	Ostracoda unid.	2.4	0.6	+	0.1	1.0	0.2	+	+	1.6	0.4	+	+	4.2	0.8	+	0.1			
Pycnodonida	<i>Nymphon</i> sp.	-	-	-	-	1.0	0.2	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stomatopoda	<i>Oratosquilla oratoria</i>	3.2	1.3	0.9	0.3	1.9	0.3	0.1	+	1.6	0.4	0.5	0.1	4.2	0.8	12.9	1.7			
Tanaidacea	Tanaidacea unid.	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.4	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Mollusca																				
Bivalvia	<i>Raetellops pulchella</i> **	13.6	25.4	9.1	17.8	8.7	9.5	3.6	4.0	1.6	0.8	+	+	12.5	5.6	11.1	6.4			
	<i>Moerella rutila</i> *	4.0	1.0	0.2	0.2	4.9	1.5	0.3	0.3	-	-	-	-	4.2	0.8	3.3	0.5			
	<i>Laternula marilina</i> *	2.4	1.3	2.0	0.3	2.9	5.3	2.3	0.8	-	-	-	-	4.2	0.8	0.4	0.2			
	<i>Mactra veneriformis</i> *	1.6	0.3	+	+	4.9	0.8	0.7	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	other bivalves	4.8	0.9	1.8	0.3	4.9	1.0	2.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cephalopoda	Cephalopoda unid.	1.6	0.3	0.8	0.1	2.9	0.7	2.4	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastropoda	<i>Bullacta exarata</i> *	2.4	0.7	0.2	0.1	5.8	4.8	6.4	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Reticunassa festivus</i> *	-	-	-	-	1.0	0.2	+	+	1.6	0.4	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	other gastropods	4.8	1.6	0.4	0.3	2.0	0.4	+	+	1.6	0.8	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Echinodermata																				
Ophiuroidea	Ophiuroidea unid.	1.6	1.2	+	0.1	2.0	0.4	+	+	12.9	3.2	64.7	23.8	16.7	3.2	3.2	2.1			
Others																				
Brachiopoda	<i>Lingula anatina</i>	0.8	0.1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertinea	Nemertinea unid.	1.6	0.3	1.5	0.1	1.0	0.2	+	+	1.6	0.4	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Urochordata	<i>Urochordata</i> sp.	-	-	-	-	1.0	0.3	0.1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FISH		11.2	2.0	11.3	1.1	20.5	3.7	8.3	2.3	4.8	1.6	3.2	0.3	4.2	0.8	1.4	0.3			
Plants	Plant unid.	-	-	-	-	1.0	0.3	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Porphyra tenera</i>	34.4	6.3	28.1	44.8	42.7	7.3	21.5	43.2	8.1	2.0	4.4	1.9	4.2	0.8	0.2	0.1			

Note: intertidal species; *, subtidal (or pelagic) species; **, +, less than 0.1.

이용된 기선저인망의 당긴 그물눈이 자·치어와 같은 소형 크기의 개체를 채집하기에 적절하지 못했다는 점이다. 따라서 자·치어를 포획하기 위해서 공간적으로는 갯벌의 상부역과 그물코가 더 작은 손그물 등의 별도의 대체 채집기를 이용하여 현장조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 한편 풀망둑은 생물학적으로 내만이나 갯벌 등의 천해로 이동한 후, 연성기질에 갱도를 구축하여 서식하고 산란하는 것으로 알려져 있다(Uchida, 1936). 초겨울부터 이듬해 4월까지 채집된 개체에서는 포란한 성어의 밀도가 많은 것이 특징이었다. 지금까지 알려진 풀망둑의 산란시기는 2월-4월(Lee, 1992) 혹은 4-5월경(Chyung, 1977; Choi et al., 1996; Kim, 1997; Im and Lee, 1990)이었고, 이는 일본이나 중국 개체군의 경우에서도 동일하였다(Sun and Chen, 1993; Kuno and Takita, 1997). 또한 천수만에서도 6월에 자어의 출현이 확인된 바 있다(Im and Lee, 1990). 본 연구에서도 180.0 mm 이상의 포란 개체가 초겨울인

12월 또는 1월부터 채집되었고, 2월부터 체장 50.0 mm 내외의 소형 개체의 출현을 관찰 할 수 있었다(Seo, 2003).

쉬쉬망둑은 지금까지 북위 30° 이남에 서식하는 어종으로 알려져 있었으나(Chyung, 1977; Yamada et al., 1986; Kim and Kang, 1993), 서해안의 중부해역에서도 높은 밀도로 출현하는 종이다. 지금까지 본 종의 생태학적인 연구는 매우 미진하여 천수만 해역에 서식하는 개체군을 대상으로 수행한 연구가 유일하다(Im and Lee, 1990). 특히 천수만에 서식하는 쉬쉬망둑은 수심이 깊은 곳에서 주로 출현하였고, 체장은 100.0 mm 내외의 소형 개체가 대부분을 차지하였다. 그러나 본 연구에서는 풀망둑과 유사한 형태로 갯벌을 이용하는 것으로 볼 수 있다. 즉 출현 밀도는 수온이 낮은 11월부터 1월 사이에 많았고, 5월부터 7월까지는 출현하지 않아 풀망둑의 그것과 매우 유사하였다. 본 종에 대한 생물·생태학적인 정보가 미비하기 때문에 비교할만한 자료는 제시하기가 어렵다. 그러나

계절에 따른 크기별 개체의 출현양상으로 볼 때, 초봄인 4월부터 성어는 산란을 시작하고, 5월부터 7월 사이에는 자·치어기를 거치는 것으로 유추할 수 있다. 왜냐하면 8-9월 사이에 40.0-80.0 mm 내외의 어린개체가 출현하고 있기 때문이다 (Fig. 6). 결국 쉬쉬망둑 개체군도 풀망둑과 동일하게 일부 개체는 월동을 위해 수심이 깊은 곳으로 이동하지만, 갯벌 주변부를 중심으로 계절에 따라 서식장을 옮겨가면서 생활하는 특성을 보이고 있다. 따라서 이들 두 종은 생활사 및 생태학적 특성이 매우 유사한 종으로 파악할 수 있다.

소화관 내용물 분석에서 임의로 구분된 크기군은 성숙란을 가지는 생물학적 최소 크기를 기준으로 하였다(Choi et al., 1996). 지금까지 낙동강 및 금강 하구역에 서식하는 풀망둑은 게류, 소형어류, 새우류, 두족류 및 갯지렁이류 등 다양한 저서동물을 섭식하며(Baik, 1969; Choi et al., 1996), 서식처의 먹이 생물군집의 구성에 따라 다양성에 차이를 보이나 저서성 대형 저서동물을 주로 섭식하는 잡식성의 어종으로 알려져 있다 (Baik, 1969). 본 조사에서도 풀망둑은 단각류, 게류, 새우류, 이매패류, 참김 등을 주로 섭식하였다. 특히 굽은이불은눈옆새우, 쇄개랑조개, 칠게와 필털콩게의 밀도가 상대적으로 높았고, 김은 생체량에서 23.5%를 차지하였다. 한편 많은 연구에서 풀망둑은 식물류를 종류에 구분없이 상당부분 섭식하였다. 만경강 유역에 서식하는 개체의 소화관에서는 2-4월경에 갈조류를 섭취한 개체가 관찰되었고(Lee, 1990), 일본에서도 *Enteromorpha* sp.를 섭식한 개체가 출현 빈도에서 50.0-80.0%를 차지하는 결과를 보여 본 조사와 일치하였다(Kikuchi and Yamashita, 1992). 그러나 Kuno and Takita (1997)는 소화관에 남아있는 해조류의 상태를 검사한 결과, 본 종이 해조류를 소화하지 못하고 체외로 배출하기 때문에 소화관 내용물 분석에서는 제외된 바 있다. 그러나 해조류가 소화관에 충만해 있다면 다른 먹이생물의 섭식에도 영향을 미칠 것으로 고려되기 때문에 소화관 내의 해조류는 영양학적인 측면보다는 먹이생물의 다양성과 양을 결정하는 매우 중요한 먹이원으로 고려해야 할 것으로 생각된다. 특히 영양을 보다 고려해야하는 산란기에 해조류를 많이 섭식했다는 것은 시사하는 바가 있을 것으로 보인다. 반면 쉬쉬망둑은 난바다곤쟁이류, 둥근돛대기 새우(*Leptochela sydniensis*), 요각류, 곤쟁이류, 다모류 등 표영성 대형저서동물을 주로 섭식하는 것으로 알려져 있다(Yamada et al., 1986). 본 연구에서도 이들은 주로 단각류의 굽은이불은눈옆새우(*Chitinomandibulum emargicoxa*)와 *Synchelidium miraculum*, 새우류의 남방넓적빨꼬새우(*Latreutes mucronatus*), 이형울챙이새우류인 *Diastylis paratricincta*와 미동정의 곤쟁이류를 주로 섭식하였고, 이들 5종의 갑각류는 먹이 생체량의 63.2%를 점유하였다. 따라서 쉬쉬망둑은 주로 갑각류를 먹이원으로 이용하고 있음을 알 수 있다. 반면 다모류는 소형의 크기군에서는 0.3%를, 대형의 크기군에서는 0.8%로 중요도가 매우 낮았다. 이와 같은 결과는 다모류나 이매패류 등 각질부가 없는 종들은 소화속도가 상대적으로 빠르기 때문에 먹이생물

로서 이들의 중요성이 과소평가될 가능성이 있음을 지적한다. 한편, 어류는 성장하면서 먹이를 섭식하는 입의 크기 증가와 포식자로부터의 위협의 감소로 소형에서 대형의 먹이군으로 전환되는 특징을 보인다(Kim, 2000; Huh and Kwak, 1998a, b; Chung et al., 1990). 풀망둑의 경우, 초기 생활사 중 대표적인 먹이원인 요각류는 90.0 mm 이하의 개체에서는 7개체, 중형의 크기에서는 19개체로 밀도가 낮았다. 이것은 어류를 주로 섭식하는 크기군의 채집이 상대적으로 적었다는 점에서 그 원인이 있다. 또한 성장에 따라서 180.0 mm 미만의 어류에서는 게류가 23.9%로 가장 중요도가 높았고, 이매패류와 단각류는 18.6%와 4.5%를 차지하였다. 반면 180.0 mm 이상의 어류는 게류의 중요도가 증가하여 36.0%를 점유하였고, 다음으로 이매패류(5.7%), 새우류(4.4%), 단각류(2.6%)의 순이었다. 반면 쉬쉬망둑은 150.0 mm 미만의 개체에서는 단각류가 37.5%의 상대중요성을 나타내어 가장 높았고, 다음으로 새우류, 거미불가사리류와 곤쟁이류의 순으로 27.6%, 23.6%와 4.4%를 차지하였다. 150.0 mm 이상의 개체에서는 단각류(31.7%)와 거미불가사리류(2.1%)의 중요도가 감소한 반면 새우류와 곤쟁이류는 46.2%와 9.1%로 현저히 증가하였다. 또한 이매패류도 7.1%를 차지하는 등 성장과 함께 대형의 먹이생물로 전환되고 있어 풀망둑과 유사하였다.

지금까지 풀망둑은 유어기에는 갯벌에 출현하나 성장하면서 수심이 깊은 곳으로 이동하기 때문에 갯벌과 유사한 천해역을 보육장으로서만 이용한다고 보고된 바 있다(Im and Lee, 1990). 그러나 본 연구 결과에 의하면 서식과 섭식의 장으로서 매우 효과적으로 이용하고 있음을 알 수 있다. 특히 본 연구에서 대표적인 먹이생물로 출현하는 칠게, 필털콩게, 단각류와 일부 이매패류(쇄개랑조개, 민머접시조개 등)의 생태학적 특성과 소화관에서의 출현양으로 보았을 때, 풀망둑은 공간적으로 갯벌의 전역을 폭 넓게 이용하고 있음을 나타낸다. 다시 말해서 중요 먹이생물인 2종의 게류는 필곶벌 지역에서 우점하는 종으로 본 해역 갯벌의 상·중상부에서 높은 밀도로 출현하고 있고, 기타 종들은 갯벌 하부 저조선 인근의 조하대에서 높은 밀도를 나타내기 때문이다(Seo, 2003). 그러나 쉬쉬망둑은 먹이생물의 종 구성을 고려하면 갯벌 하부에 해당하는 저조선 인근의 조하대에서 주로 서식한다고 볼 수 있다(Seo, 2003). 결과적으로 두 종은 생물·생태학적으로 매우 유사한 특성을 보이지만 두 종이 섭식하는 먹이생물에는 차이가 있고 (Table 4), 먹이 중복도도 낮은 수치를 나타내고 있다(Seo, 2003). 이것은 두 종의 어류가 생물학적 유연관계(근연종)에 있으며, 갯벌이라는 동일한 서식처를 이용하고 있음에도 불구하고 먹이자원에 대한 분할의 구조(resource partitioning)를 나타내고 있음을 입증한다.

사 사

본 연구는 2000년도 해양수산부의 ‘갯벌 생태계 조사 및 지속 가능한 이용방안 연구(BSPM 00072-00-1308-3)’의 일환

으로 수행되었으며, 현장 조사를 도와준 인하대학교 저서생물 생태학 연구실의 이창근, 김창수, 윤상필, 황인서 군과 동정에 도움을 준 최병미, 윤건택 후배에게 감사드린다.

참 고 문 헌

- Baik, E.I. 1969. A study on the food of the goby, *Synechogobius hasta*. Bull. Kor. Fish. Soc., 2, 47-62.
- Baik, E.I. 1970. Length-weight relationship of *Synechogobius hasta*. Bull. Kor. Fish. Soc., 3, 117-119.
- Carter, C.G., D.J. Grove and D.M. Carter. 1991. Trophic resource partitioning between two coexisting flatfish species off the north coast of Anglesey, North Wales. Neth. J. Sea Res., 27, 325-335.
- Cartes, J.E. and F. Sardà. 1989. Feeding ecology of the deep-water aristeid crustacean *Aristeus antennatus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 54, 229-238.
- Choi, Y., I.S. Kim, B.S. Ryu and J.Y. Park. 1996. Ecology of *Synchogobius hasta* (Pisces: Gobiidae) in the Kum River Estuary, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 29, 115-123.
- Chung, E.Y., I.S. Kim and Y. Choi. 1990. Study on the food organisms and the distribution patterns of gobiid fishes (Gobiidae) according to the bottom sediments at intertidal zone of Naecho-do. Mar. Dev. Res. Inst. Kunsan Natl. Univ., 2, 19-35.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, Publ. Co., Seoul, 1-727.
- 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.
- Greenstreet, S.P.R., A.D. Bryant, N. Broekhuizen, S.J. Hall and M.R. Heath. 1997. Seasonal variation in the consumption of food by fish in the North Sea and implications for food web dynamics. ICES J. Mar. Sci., 54, 243-266.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998a. Feeding habits of *Favinigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 31, 372-379.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998b. Feeding habits of *Acentrogobius pflaumii* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Ichthyol., 10, 24-31.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1999. Feeding habits of *Acanthogobius flavimanus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 32, 10-17.
- Hwang, S.W., C.K. Kim and T.W. Lee. 2003. Seasonal variation of fish catch using a fence net in the shallow tidal flat off Ganghwado, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36, 676-685.
- Im, Y.J. and T.W. Lee. 1990. Species composition and biology of major species of gobiid fish in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Kor. J. Ichthyol., 2, 182-202.
- Ivlev, V.S. 1961. Experimental Ecology of the Fish. Yale Univ. Press, New Haven, 1-302.
- Kang, E.J. 1990. A new record of the gobiid fishes, *Pterogobius zacalles* from Korea. J. Zool., 33, 238-240.
- Kikuchi, T. and Y. Yamashita. 1992. Seasonal occurrence of gobiid fish and their food habits in a small mud flat in Amakusa. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 11, 73-93.
- Kim, I.S. and U.J. Kang. 1993. Coloured Fishes of Korea. Academy Publ. Co., Seoul, 1-477.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Kukjung Publ. Co., Chungnam, 1-629.
- Kim, J.Y. and Y.T. Noh. 1997. Feeding habits of *Acanthogobius elongatus* from the Kunsan coastal intertidal zone, Naecho-do in the west coast of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 30, 413-422.
- Kim, J.Y. 2000. Feeding habits of *Acanthogobius luridus* inhabiting the intertidal zone of the western coast of Korea. J. Aquacult., 13, 309-316.
- Kim, H.S. 1973. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Samhwa Publ. Co., Seoul, 1-694.
- Kim, H.S. 1977. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Samhwa Publ. Co., Seoul, 1-414.
- Kim, Y.U., J.G. Myoung, Y.S. Kim, K.H. Han, C.B. Kang and J.G. Kim. 2001. The Marine Fishes of Korea. Hanguel Co., Seoul, 1-382.
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1990. Preliminary study on the cephalopod molluscs of the Korean Waters. PE00180-266-3, 1-146.
- Kuno, Y. and T. Takita. 1997. The growth, maturation and feeding habits of the gobiid fish *Acanthogobius hasta* distributed in Ariake Sound, Kyushu, Japan. Fish. Sci., 63, 242-248.
- Lee, C.L. 1990. The structure and function of estuarine ecosystem of Manggyong river on the dynamics of the fish communities. Kor. J. Ecol., 267-283.
- Lee, C.L. 1992. The variations of the fish community after dam construction of the Kum River estuary. Kor. J. Limnol., 25, 193-204.
- Lim, H.S., J.H. Lee, J.W. Choi and J.G. Je. 1995. Macro-benthic community on the soft-bottom around

- the Youngjong Island, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 28, 635-648.
- Linke, T.E., M.E. Platell and I.C. Potter. 2001. Factors influencing the partitioning of food resources among six fish species in a large embayment with juxtaposing bare sand and seagrass habitats. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 266, 193-217.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1999. Commercial molluscs from the fresh-water and continental shelf in Korea. Kudeok, Busan, 1-214.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2001. Shrimps of the Korean Waters. Hanguel, Seoul, 1-223.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology, 51, 408-418.
- Seo, I.S. 2003. Community structure and trophic relationships of macro- and megabenthic assemblages on Incheon macrotidal flat of the Yellow Sea. Ph.D. Thesis, Inha Univ., 1-273.
- Silva, A. 1999. Feeding habits of John dory, *Zeus faber*, off the Portuguese continental coast. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 79, 333-340.
- Sun, G. and J. Chen. 1993. Study on the biology of *Synechogobius ommaturus*. J. Fish. China, 17, 146-153.
- Uchida, K. 1936. The life history of *Acanthogobius hasta*. Zool. Mag., 48, 182.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., Nagasaki, 1-501.

2005년 9월 27일 접수
2006년 5월 24일 수리