Korean J. Environ. Biol. 27 (3) : 297~305 (2009)

민꽃게, *Charybdis japonica* (A. Milne-Edwards)의 섭식생태

서 인 수[1,2] · 홍 재 상[2,*]

[1]해양생태기술연구소, [2]인하대학교 해양과학과

Food Habits of the Asian Paddle Crab, *Charybdis japonica* (A. Milne-Edwards) on the Jangbong Tidal Flat, Incheon, Korea

In-Soo Seo[1,2] and Jae-Sang Hong[2,*]

[1]*Marine Eco-Technology Institute Co., Ltd., Busan 608-830, Korea*
[2]*Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea*

Abstract – The Asian paddle crab, *Charybdis japonica* (A. Milne-Edwards) is an important fishery resource in Korea. Despite its common occurrence and commercial importance, few studies have been carried out on the life cycle and trophic ecology of these populations inhabiting on the tidal flat. Food habits of *C. japonica* populations were investigated on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. Monthly samples were taken using a modified otter trawl from November 1999 to January 2001. Based on the examination of stomach contents from 257 individuals, the frequencies of occurrence and the relative volumes of food items were analysed. As a result, the crustaceans (the brachyura, the cirripedia and the harpacticoid copepoda), the echinoderms (the ophiuroidea) and the molluscs (the cephalopoda *Loligo beka*, the bivalves Bivalvia unid. and *Mytilus galloprovincialis*) were important food for this species. To examine ontogenetic shifts in diets, individuals of *C. japonica* were categorized into 2 different size classes (≤60 mm and ≥61 mm in carapace width) representing sexually premature and mature stages. The food items of the small crabs (≤60 mm) were dominated by the crustaceans with the harpacticoid copepods constituting 84.6% of total prey number. The next group was the bivalves and the brachyurans. On the other hand, the large crabs (≥61 mm) mainly feed on the bivalvia (*Mytilus galloprovincialis* and Bivalvia unid.), the brachyurans (Crab unid.) and occasionally the cephalopods and fishes. The difference in proportions of the main prey items among these two size classes was statistically significant. Therefore, the feeding habits of the portunid crab, *C. japonica* changed with growth.

Key words : food habits, portunid crab, *Charybdis japonica*, tidal flat

서 론

갯벌은 해양생물의 산란, 보육 및 서식장으로서 매우 중요한 환경이다. 그러나 갯벌이 가지는 생태학적 중요

* Corresponding author: Jae-Sang Hong, Tel. 032-860-7705, Fax. 032-863-7468, E-mail. jshong@inha.ac.kr

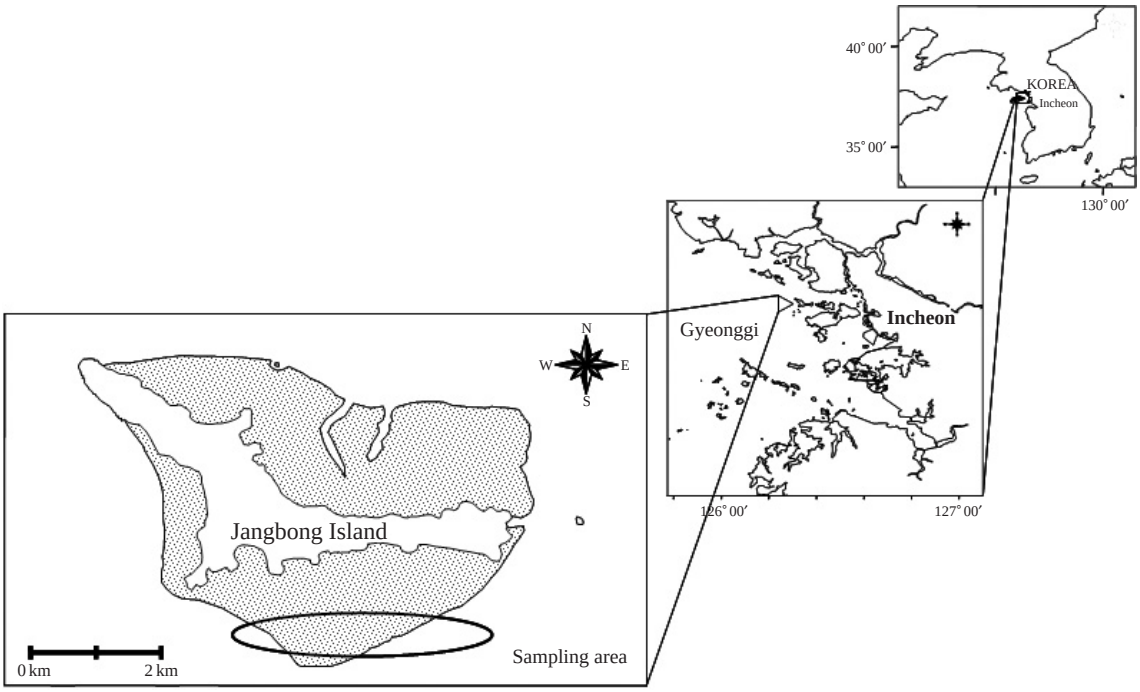

Fig. 1. Location of the sampling site on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea.

성에도 불구하고, 지금까지 특정 대상생물의 계절변화 양상을 제외한 생물과의 상호관계(섭식과 관련한 생물 상호 간 경쟁) 등에 관한 연구는 상대적으로 미진하였다. 1990년대 후반에 이르러 섭식과 관련하여 군집 및 개체군 수준에서의 유영성 생물과 대형저서동물간의 연구가 일부 수행된 바 있다(Kwak 1997; Seo 2003).

일반적으로 해양생태계에서 생물 종간 또는 종내에서 이루어지는 섭식생태 연구는 연구대상 생물의 생물·생태학적인 특성을 표현하며, 먹이자원 분할의 구조를 이해하는 데 있어 매우 중요한 자료를 제시한다(Carter *et al.* 1991; Silva 1999; Linke *et al.* 2001). 더욱이 섭식 특성 파악을 기초로 하는 해역 생태계에서의 먹이사슬 및 먹이망의 구축은 물질 및 에너지 순환을 묘사하거나 또는 생태계의 전반적인 운용기작을 이해하는 데 필수적으로 요구되는 분야이기도 하다(Greenstreet *et al.* 1997).

본 연구에 이용된 민꽃게(*Charybdis japonica*)는 지리적으로 우리나라 전 연안과 일본, 중국, 타이완 및 말레이시아에 분포하며(Smith *et al.* 2003), 서식처로는 주로 얕은 바다의 진흙, 모래 또는 돌바닥에 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim 1973; Sakai 1976). 그러나 2000년대에 들어 선박평형수(ballast water)에 포함된 유생이 호주 및 뉴질랜드 등에 유입되어 해당해역 생태계에 적지 않은 영향을 미치는 것으로 파악되고 있다(Smith *et al.* 2003; Miller *et al.* 2006).

한편 국내에서 본 종에 대한 연구는 생태 및 종묘생산(Seo 1994; MOMAF 1999), 성장과 번식(Kim 2001), 형태변이(Heo *et al.* 2006) 및 염기서열 분석을 포함한 유전학적 연구(Ryu 1997) 등이 수행된 바 있다. 그러나 현재까지 중요한 수산업종으로 활발하게 이용되고 있음에도 불구하고, 이들에 대한 섭식생태에 관한 연구는 매우 미진한 수준이다. 다만 국외의 경우, 중국 발해(Bohai Sea)의 민꽃게와 꽃게(*Portunus trituberculatus*) 및 일본 이세만(伊勢灣)의 두점박이민꽃게(*Charybdis bimaculata*)에 대한 먹이습성 연구가 있을 뿐이다(Jiang *et al.* 1998; Narita and Sekiguchi 2002). 본 연구는 갯벌과 그 주변해역에 서식하는 민꽃게의 1) 자연상태에서 먹이생물자원의 다양성과 2) 크기에 따른 먹이생물의 변화 양상을 파악하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 연구지역의 개황

한강 하구역에 위치한 장봉도는 섬을 기준으로 북쪽으로는 강화도와, 남쪽으로는 영종도와 접하여 있고, 인천항에서 북서쪽으로 약 28.8 km 떨어져 있다. 해안선을 따라 남북으로 분포하는 갯벌의 총 면적은 약 19.0 km^2

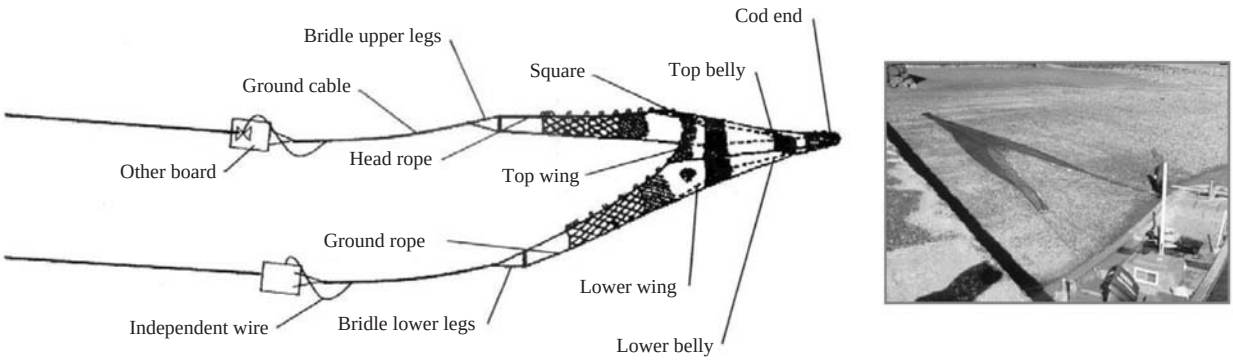

Fig. 2. Modified otter trawl used for the collection of *Charybdis japonica* on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea.

이다(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, 대조 시 최강유속이 104～206 cm sec^{-1}에 이른다. 썰물은 만조 시 남서방향으로 흐르며, 만조 후 2시간 30분이 경과하면 최강유속이 90～170 cm sec^{-1}에 달한다. 한편 장봉도 인근 해역은 해양생물을 먹이로 하는 각종 조류가 서식하며, 1988년에는 노랑부리백로 및 괭이갈매기의 번식지로 파악되어 천연기념물 제360호로 지정되었다. 또한 2003년에는 국제적으로 보호가 요망되고 있는 저어새 등의 서식처로서 뿐만 아니라 생물다양성이 뛰어나 습지보호지역으로 지정·고시되는 등 생태학적으로 매우 가치가 높은 해역이다(해양수산부 고시 제2003-97호).

2. 현장조사

본 연구에 이용된 민꽃게는 변형된 오타트롤(modified otter trawl)을 이용하여 1999년 11월부터 2001년 1월까지 총 15개월 동안 월별로 채집하였다. 생물채집에 이용한 오타트롤은 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 1～2 knot의 속도로 1시간을 예인하였고, 채집된 개체는 10%의 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다(Fig. 2). 어획된 개체를 대상으로 갑폭(carapace width)은 버어니어캘리퍼스를 이용하여 1.0 mm 단위로, 체중(습중량)은 전자저울로 0.1 g까지 측정하였다. 위내용물 분석은 각각의 개체에서 위를 분리하여 해부 현미경하에서 먹이를 종류별로 구분하였고, 가능한 종 수준까지 동정하였다. 그러나 소화정도가 심한 먹이생물은 과 또는 목 수준까지 분류하였다. 위내용물에 포함된 먹이생물의 동정을 위하여, Shen (1932), Imajima (1972), Kim (1973, 1977), Yang and Sun (1988), Paik (1989), Nishimura (1992, 1995), Okutani (1994, 2000) 및 Shin and Rho (1996)를 참고하였다.

3. 자료 분석

민꽃게 위내용물의 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수의 비(%N) 및 생체량의 비(%W, 습중량)로 표현하였고(Hyslop 1980), 이를 기초로 먹이생물의 상대중요성지수(IRI, Index of relative importance)를 나타내었다(Pinkas *et al.* 1971). 그러나 상대중요성지수는 백분율로서 표현할 수 없기 때문에 각 먹이생물간의 중요도를 비교하는 것이 상대적으로 어렵다. 따라서 다음의 식을 이용하여 백분율로 제시하였다(Cortēs 1997).

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

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

한편 각 먹이생물에 대한 선택성은 Ivlev (1961)가 제안한 선택도지수(Electivity index)를 이용하였고, 분석에 사용된 환경생물 자료는 민꽃게의 채집과 동시에 수행된 Seo (2003)의 자료를 참고로 하였다. 또한 본 연구에서 임의로 구분된 2개의 크기군은 민꽃게가 성 성숙에 이르는 갑폭의 크기인 약 60 mm를 기준으로 하였다. 이를 기초로 먹이생물의 종류와 크기군 사이의 연관성(의존도)을 평가하기 위하여 R×C contingency table analysis (χ^2-test)를 수행하였다. 분석은 Minitab program (version 14)을 이용하여 "2개 크기군이 섭식하는 먹이생물 조성에는 차이가 없다"는 귀무가설을 기초로 그 기대빈도를 계산하여 2개 크기군 간의 관찰빈도가 통계적으로 유의한지를 파악하였다.

결 과

1. 개체수 및 생체량

조사해역에서 채집된 민꽃게는 총 273개체와 9,776.6 g WWt이었다. 조사 기간 중, 1999년 11월과 12월에 각각 2개체와 1개체가 채집된 것을 제외하면, 수온이 하강하거나(11～12월) 또는 낮은 시기(1～4월)에는 출현하지 않았다. 이후 2000년 5월부터 출현 밀도가 점진적으로 증가하기 시작하여 8월에 94개체의 밀도로 가장 많았고, 9월과 10월에 각각 57개체와 12개체가 출현하여 점차적으로 감소하였다(Fig. 3). 생체량에 있어서도 유사한 변화양상을 나타내 74.8～2,549.4 g WWt의 범위에 1999년 12월에 가장 낮았고, 2000년 8월에 가장 높았다. 이 밖에도 6월부터 10월 사이에 1,000.0 g WWt 이상의 생체량을 나타내었다.

2. 위내용물 분석

위내용물 분석에 이용된 민꽃게는 총 257개체이었고, 이 가운데 소량의 유기물(organic debris, 부정형 고형물)과 공위(空胃)를 가지는 개체는 각각 50개체(19.5%)와 34개체(13.2%)이었다. 분석된 개체들의 크기 범위는 25.1～93.6 mm이었다.

위내용물에서 발견된 먹이생물은 총 53종, 1,509개체와 22.8 gWWt이었다. 출현 종수는 연체동물문이 22종으로 가장 많았고, 절지동물문의 갑각류와 환형동물문의 다모류는 각각 16종과 8종이 출현하였다(Table 1). 개체수에서는 갑각류가 1,229개체가 관찰되어 전체의 81.4%를 점유하였고, 다음으로 연체동물문이 228개체, 15.1%를 차지하였다. 이 외에 기타동물군은 3～23개체의 범위로 밀도가 매우 적었다. 민꽃게가 가장 많이 섭식한 분류군인 갑각류 중에서는 중형저서동물에 속하는 미동정의 저서성 요각류(harpacticoid unid.)가 1,111개체로 전체의 73.6%를 점유하여 가장 많았다. 반면 게류, 집게류 및 만각류(따개비류)는 각각 63개체, 20개체 및 19개체의 밀도를 나타내 상대적으로 적었다. 생체량에서는 이매패류와 게류가 각각 6.9 gWWt와 6.0 gWWt로 높았고, 다음으로 두족류와 어류가 각각 2.4 gWWt와 1.6 gWWt를 나타내었다.

1) 소형 (≤60 mm)

122개체가 분석되었고, 위내용물에서 관찰된 먹이생물은 46종, 1,314개체와 7.6 gWWt이었다. 출현 종수는 연체동물문이 19종으로 가장 많았고, 갑각류는 14종이 출현하였다. 개체수에 있어서는 저서성 요각류가 1,111개체로 전체의 84.6%를 점유하였고, 이 밖에 이매패류와 게류는 각각 56개체와 43개체가 발견되었다. 생체량에 있어서는 게류와 이매패류가 각각 2.8 g WWt와 1.4 g WWt를 나타내 가장 높았다. 따라서 먹이생물의 상대중요도지수는 게류가 49.5%로 가장 높았고, 이매패류는 27.3%를 나타내었다. 그러나 출현 개체수가 가장 많았던 저서성 요각류는 단일 개체의 생체량이 상대적으로 낮아 9.6%로 중요도가 높지 않았다(Table 2).

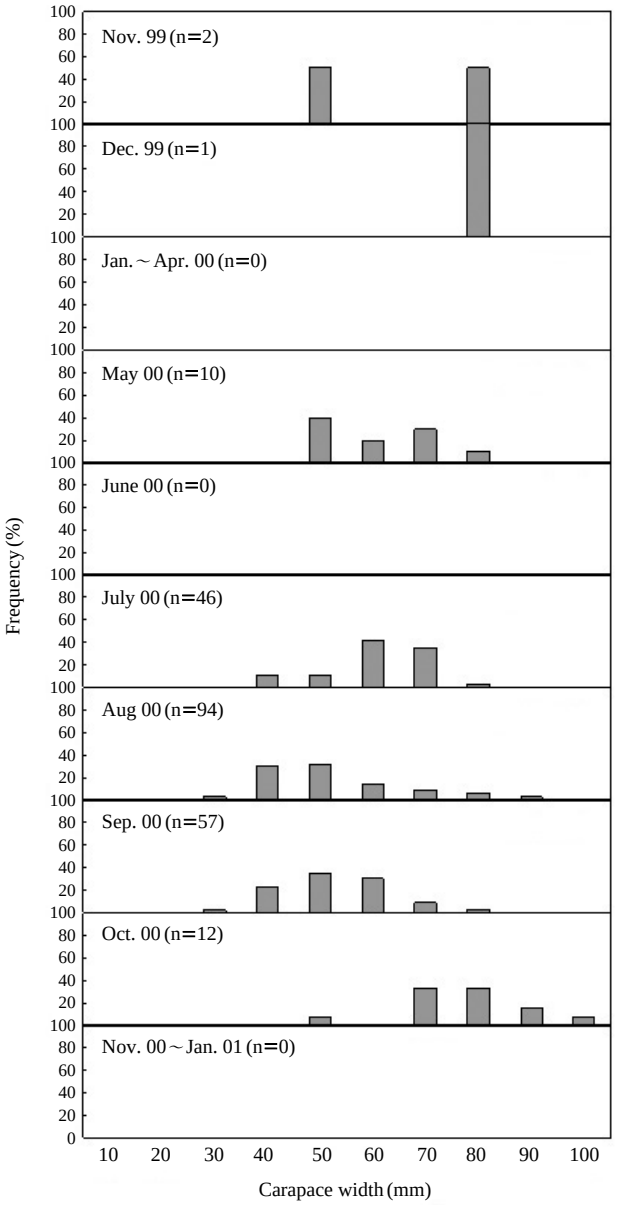

Fig. 3. Size-frequency distribution of *Charybdis japonica* on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea.

2) 중 · 대형 (≥61 mm)

51개체가 분석되었고, 위에서 관찰된 먹이생물은 30

Table 1. Prey items of *Charybdis japonica* on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea during November 1999 to January 2001

Taxa	Prey items	Taxa	Prey items
Crustacea		Mollusca	
Amphipoda	*Monocorophium acherucisum*	Cephalopoda	Cephalopoda unid.
	Erictonius pugnax		*Loligo beka*
	Photis reinhardi	Gastropoda	*Decorifer matusimana*
	Photis sp.		*Eulima* sp.
Cirripedia	*Balanus* sp.		Gastropoda unid.
Copepoda	Harpacticoid unid.		*Mazescala casta*
	Oithona sp.		*Mitrella yabei*
Anomura	Anomura unid.		*Mormula terebra*
	Diogenes edwardsii		*Nassarius festivus*
Brachyura	*Charybdis japonica*		*Odostomia subangulata*
	Crab unid.		*Rapana venosa*
	Tritodynamia rathbuni		*Ringicula doliaris*
Macrura	Palaemonidae unid.		*Orinella pulchella*
	Shrimp unid.		*Umbonium thomasii*
Mysidacea	*Neomysis orientalis*	Others	
Ostracoda	Ostracoda unid.	Urochordata	*Styela clava*
Echinodermata		Nematoda	Nematoda unid.
Echinoidea	*Temnopleurus hardwickii*	Phoronida	Phoronida unid.
Ophiuroidea	Ophiuroidea unid.	Annelida	
Fishes	Fish unid.	Polychaeta	*Amaeana occidentalis*
	Gobiidae unid.		*Glycera* sp.
Mollusca			Glyceriidae unid.
Bivalvia	*Barbatia* sp.		*Glycinde grujanovae*
	Bivalvia unid.		Nereidae unid.
	Dosinia gibba		Polychaeta larvae
	Moerella rutila		Polynoidae unid.
	Musculista senhousia		*Sabellaria ishikawaii*
	Mytilus galloprovincialis		
	Phacosoma japonicum		
	Potamocorbula sp.		

Table 2. Index of relative importance (%IRI) of the prey items of *Charybdis japonica* on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea (%F, frequency of occurrence; %N, percentage of abundance; %W, percentage of biomass)

Prey items	Small crabs					Large crabs				
	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Crustacea										
Amphipoda	3.3	0.5	0.1	1.9	0.1	–	–	–	–	–
Cirripedia	4.9	0.5	1.6	10.2	0.4	17.6	6.7	8.0	259.6	5.1
Copepoda	**3.3**	**84.6**	**0.1**	**277.5**	**9.6**	–	–	–	–	–
Anomura	6.6	1.0	5.9	45.0	1.6	13.7	3.6	0.5	56.3	1.1
Brachyura	**35.2**	**3.3**	**37.4**	**1433.8**	**49.5**	**37.3**	**10.3**	**20.6**	**1149.0**	**22.5**
Macrura	1.6	0.2	4.1	7.0	0.2	7.8	2.1	5.8	61.3	1.2
Mysidacea	0.8	0.2	0.1	0.2	0.0	–	–	–	–	–
Ostracoda	0.8	0.1	0.0	0.1	0.0	–	–	–	–	–
Echinodermata										
Echinoidea	2.5	0.2	0.2	1.0	0.0	7.8	2.1	3.8	46.0	0.9
Ophiuroidea	11.5	1.1	11.9	148.6	5.1	3.9	1.0	1.1	8.3	0.2
Fishes	4.9	0.5	6.4	34.0	1.2	9.8	2.6	7.7	100.2	2.0
Mollusca										
Bivalvia	**35.2**	**4.3**	**18.1**	**789.4**	**27.3**	**31.4**	**52.8**	**36.4**	**2799.9**	**54.9**
Cephalopoda	5.7	0.5	6.8	41.8	1.4	13.7	3.6	12.5	221.3	4.3
Gastropoda	12.3	2.2	2.1	52.6	1.8	23.5	13.3	3.2	388.1	7.6
Others										
Urochordata	0.8	0.1	0.0	0.1	0.0	–	–	–	–	–
Nematoda	–	–	–	–	–	2.0	0.5	0.0	1.0	0.0
Phoronida	0.8	0.1	0.0	0.1	0.0	–	–	–	–	–
Polychaeta	8.2	0.8	5.4	50.8	1.8	5.9	1.5	0.4	11.4	0.2

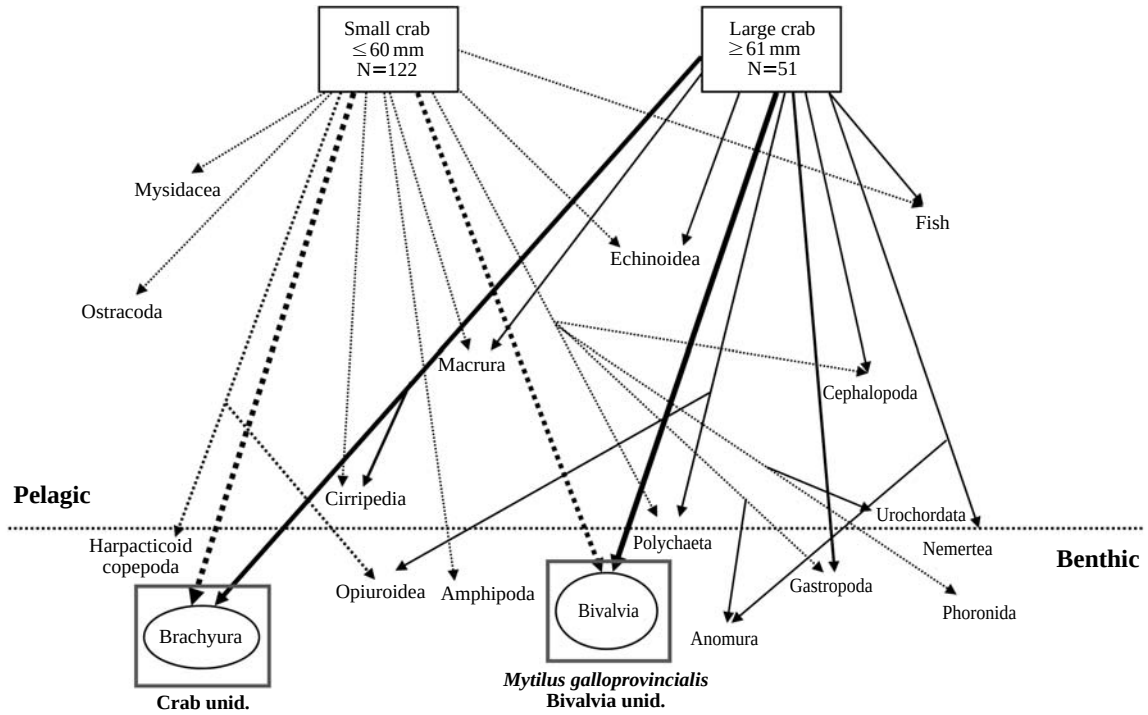

Fig. 4. Food web of *Charybdis japonica* on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea (Note that the width of arrows is based on the IRI value).

Table 3. Contingency table analysis of two size classes variation of 10 different categories of food items found in the stomachs of *Charybdis japonica*. Values are total individual number of prey observed in each size, with expected values given in parentheses. χ^2 are highly significant (***$p < 0.001$)

Prey items	Small crabs	Large crabs	N_i	χ^2
Harpacticoid Copepods	1,080 (903)	31 (208)	1,111	185.82
Anomurans	9 (16)	11 (4)	20	17.24
Brachyurans	31 (51)	32 (12)	63	42.44
Other Crustaceans	13 (28)	22 (7)	35	44.68
Echinoderms	14 (19)	9 (4)	23	6.27
Bivalves	44 (129)	115 (30)	159	299.50
Cephalopods	4 (11)	10 (3)	14	25.49
Gastropods	20 (45)	35 (10)	55	72.71
Polychaetes	8 (11)	6 (3)	14	5.34
Other taxa	3 (12)	12 (3)	15	36.93
N_i	1,226	283	1,509	
χ^2	138.11	598.31		736.42***

종, 195개체와 15.2 g WWt이었다. 출현 종수는 소형 크기군과 동일하게 연체동물문이 15종으로 가장 다양하였고, 갑각류는 8종이 출현하였다. 개체수에 있어서는 연체동물문의 이매패류가 103개체로 52.8%의 점유율을 나타내 가장 높았다. 다음으로 복족류, 게류 및 만각류의 순서로 각각 26개체, 20개체 및 13개체가 발견되었다. 생체량에 있어서는 이매패류와 게류가 각각 5.5 g WWt와 3.1 g WWt를 나타내 가장 높았다. 이 밖에 두족류는 1.9 g WWt를, 만각류와 어류는 공통적으로 1.2 g WWt의 생체량을 보였다. 이들 크기군에서 나타내는 먹이생물의 상대중요도지수는 이매패류가 54.9%로 가장 높았고, 게류는 22.5%이었다(Table 2; Fig. 4). 이상에서와 같이 대상생물의 성 성숙에 이르는 정도를 기초로 구분된 2개의 크기군에 대하여 χ^2-test를 수행한 결과, 각각의 크기군이 섭식한 먹이생물의 비율에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 또한 2개의 크기군에서 먹이생물 조성의 차이를 유발하는 대상생물은 이매패류와 저서성 요각류이었다(Table 3). 한편 본 해역에 서식하는 먹이생물에 대한 민꽃게의 먹이선택도지수(E)를 보면, 절지동물문 갑각류의 집게류인 넓적원손집게(*Diogenes edwardsi*)와 연체동물문 이매패류의 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*)가 0.9 이상으로 높았던 반면, 이매패류의 민띠접시조개(*Moerella rutila*)와 종밋(*Musculista senhousia*)은 −0.9와 −0.6의 값을 나타내었다.

고 찰

1. 개체수 및 생체량

본 조사해역에서 소수 개체가 채집된 1999년 11월과

12월을 제외하면, 민꽃게는 5월부터 10월 사이에만 갯벌과 그 인근해역에서 출현하는 특성을 보였다. 일반적으로 본 종이 속한 꽃게과(Portunidae)의 게류는 생물학적으로 5～10월 사이에 산란을 하며, 주 산란기는 6～8월 사이에 수온은 20～28℃의 범위로 알려져 있다(KORDI 1987; Wang *et al.* 1996; MOMAF 1999; Kim 2001). 산란한 개체는 수심 10 m 이내의 천해에서 부유 유생기를 거친 후, 조간대의 조수웅덩이에 분포하거나 또는 야간에 중층을 유영하는 행동양태를 보인다(Kim 2001). 이렇듯 본 종은 생활사의 초기에는 수온이 인근해역보다 상대적으로 높은 조간대의 조수웅덩이를 선호하여 초기의 개체 성장을 효과적으로 도모하는 것으로 제시되었다. 일반적으로 조수웅덩이를 포함하는 암반조간대는 서식처 자체가 3차원의 형태로 매우 복잡하여 생물에게 은신처로서 중요하고, 포식자로부터의 포식 위험도 줄일 수 있다. 이러한 서식처의 복잡성은 궁극적으로 생활사 초기에 통상적으로 발생하는 자연사망의 비율을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다(Kim 2001). 그러나 시간경과에 따른 개체의 성장 및 수온의 하강과 동시에 출현밀도가 현저히 감소하거나 또는 전혀 출현하지 않았는데, 이것은 대상생물이 서식에 적합한 비교적 안정된 환경으로 이동하기 때문에 발생하는 것으로 추정되고 있다(Stevens and Amstrong 1984; Kim 2001). 본 조사에서 조수웅덩이에 서식하는 개체는 채집이 이루어지지 않아 이와 같은 현상을 직접적으로 확인할 수는 없었으나, 매우 낮은 밀도의 개체가 채집된 11월부터 이듬해 4월까지 갯벌에서 출현하지 않는 것으로 보아 환경이 안정된 월동장으로의 이동으로 해석할 수 있었다.

2. 위내용물 분석

현재까지의 연구에 의하면, 민꽃게는 이매패류, 갑각류, 어류 및 두족류를 섭이하는 것으로 알려져 있고(Jiang *et al.* 1998), 일본의 이세만에 서식하는 동일 속의 두점박이민꽃게 (*Charybdis bimaculata*)도 이매패류, 복족류 및 갑각류가 주된 먹이생물이었다. 이 가운데 비교적 먹이생물로서 밀도가 높았던 이매패류는 각장 1.0 mm 내외의 소형 개체인 것이 특징이었다(Narita and Sekiguchi 2002). 본 조사에서도 전반적인 먹이생물의 조성에는 큰 차이가 없었다. 그러나 한 가지 특징적인 현상은 어린 개체군의 경우, 갑각류 중에서 미동정의 저서성 요각류가 총 1,110개체가 발견되어 가장 많았다는 점이다. 이것은 본 종이 어린 개체군 시기에는 중형저서동물인 저서성 요각류를 중요한 먹이자원으로 하고 있음을 밝혀주는 것이며, 생활사적 측면에서도 부유유생기를 마치고, 착저 후 초기에 이들 먹이생물이 풍부한 주변의 연성기질을 접한다고 해석할 수 있다. 반면 성체 개체군이 된 이후에는 주간에 퇴적물의 표층에 잠입하여 생활하는 특성을 보이며, 선택적 포식자라기 보다는 비선택적 포식자임을 나타내는 연구 결과들이 많다(Wear and Haddon 1987; Jiang *et al.* 1998). 한편 성장에 따라서 30 mm 미만의 개체에서는 연체동물문의 복족류와 이매패류를, 이후 40～50 mm 크기군에서는 저서성 요각류와 지중해담치의 먹이비율이 현저히 증가하였다. 또한 50～80 mm에 이르면 저서성 요각류의 출현율은 급격히 감소하였으나, 지중해담치, 게류와 권패류는 지속적으로 섭이되었다. 이 외에 가장 큰 개체에 해당하는 80 mm이상의 크기군에서는 만각류, 어류와 극피동물문에 속하는 거미불가사리의 다리 등이 관찰되어 성장함에 따라 점진적으로 대형크기 생물로의 먹이전환이 이루어짐을 관찰할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 2개의 크기군에서 나타나는 먹이생물의 차이는 성장에 따른 먹이생물의 변화가 반영된 것으로 볼 수 있었다.

한편 Narita and Sekiguchi (2002)는 두점박이민꽃게의 먹이습성 연구에서 성별에 따라 먹이생물의 차이가 없다는 결과를 제시한 바 있다. 본 연구에서는 채집된 암컷 개체의 밀도가 매우 적어 성별에 따른 먹이생물 분석을 실시하지 못하였으나, 전반적인 결과 해석에는 무리가 없을 것으로 추정된다. 그럼에도 불구하고 일본의 이세만에서 수행된 연구결과에 의하면, 위내용물 중 미고형물(微固刑物)의 양이 높은 특성을 보였는데, 이와 같은 현상은 갑각을 가지는 종류와 비교해 연체동물문의 육질부 및 환형동물문의 다모류와 같이 상대적으로 소화 속도가 빠른 생물의 섭식이 원인으로 제시된 바 있다(Narita and Sekiguchi 2002). 따라서 이러한 미고형물은 위내용물의 양적인 해석에 있어 과소평가의 가장 큰 원인으로 지적된 바 있다(Williams 1981). 본 연구에 있어서도 공위 및 부정형 유기물을 포함한 개체의 밀도가 84개체를 나타내고 있어 유사하였다. Seo (2003)에 의하면, 본 연구해역에 서식하는 먹이생물로서 대형저서동물은 총 213종이 출현하였고, 이 가운데 다모류가 84종 및 34,545개체의 밀도를 나타내 가장 우점하는 생물이었다. 이러한 결과로 유추해 볼 때, 부정형 고형물은 다모류일 가능성이 상대적으로 높거나 또는 위에서 언급하고 있듯이 소화가 상대적으로 빠른 생물군일 가능성이 높아 먹이생물로서의 과소평가가 일부 포함되었을 것으로 해석할 수 있다. 이 밖에 본 종이 속한 갑각류의 섭식연구에서는 동일종에 의한 공식현상이 다수 관찰된 바 있다(Wear and Haddon 1987). 본 연구에서도 먹이생물의 상대중요도지수에서 미동정의 게류가 소형과 중대형을 고

려하여 43.9%로 높은 수치를 나타내었으나, 이것이 동일종 간의 공식을 의미한다고 확신할 수는 없었다. 즉 미동정 갑각류의 파편이 대부분 게류의 일종이었지만 동일종의 어린 개체라고 판단할 수 있는 특징을 관찰할 수 없었기 때문이었다. 결국 성체에 의한 동일 개체군 간의 포식압은 낮은 것으로 추정되며, 개체군의 자원량에 영향을 미치는 범위에 있다고 볼 수 없었다. 또한 일부 연구에서는 본 종이 넙치류 치어의 초기 사망에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 수산업적 측면에서 심도있게 고려되어야 만 할 대상생물로 알려져 있다(Sudo *et al*. 2008). 그럼에도 불구하고 본 연구의 대형 개체에서 일부 어류 등이 섭식된 것으로 확인되었으나, 먹이생물로써 상대중요성지수가 낮게 나타나 갯벌 지역에서 이들이 어류자원에 미치는 영향은 비교적 미비하다고 볼 수 있었다.

마지막으로 민꽃게의 먹이생물에 대한 선택도지수를 보면, 넓적왼손집게와 지중해담치가 가장 선호하는 생물로 고려될 수 있었다. 그러나 동일 분류군에 속한 이매패류라 할지라도 민띠접시조개와 종밋은 낮은 선택도지수를 나타내어 차이가 있었다. 이것은 민꽃게의 생물·생태학적 특성이 잘 반영된 결과로 넓적왼손집게와 진주담치는 주로 경성기질에 서식하는 종들로 본 종의 섭식이 주변해역의 바위로 구성된 암반해역에서 이루어진 후 서식처 이동이 있었음을 시사한다. 또한 어린 개체의 위내용물에서 나타나는 저서성 요각류의 높은 밀도도 주간에 이들이 인근해역의 연성기질 퇴적물에 잡입해서 일시적으로 보내는 행동 특성 또는 야간과 성장에 따른 이동 등에 기인한 결과로 추정할 수 있다.

적 요

본 연구는 갯벌을 이용하는 민꽃게(*Charybdis japonica*) 개체군의 섭식생태를 파악하기 위하여 수행되었다. 표본 채집을 위한 현장조사는 1999년 11월부터 2001년 1월까지 매월별로 변형된 오타트롤(modified otter trawl)을 이용하여 실시하였다. 섭식특성 파악을 위한 위내용물 분석은 총 273개체를 대상으로 하였다. 위내용물 분석 결과, 본 종의 주된 먹이생물은 절지동물문 갑각류의 게류(Brachyura), 만각류(Cirripedia), 저서성 요각류(Harpacticoid copepoda), 극피동물문의 거미불가사리류(Ophiuroidea) 및 연체동물문의 이매패류(Bivalvia)와 두족류(Cephalopoda) 등이었다. 민꽃게의 생물학적 특성(성 성숙에 이르는 정도)을 기초로 성장에 따른 먹이생물의 변화를 파악하기 위하여 2개의 크기군(≤60 mm와 ≥61 mm 갑폭)으로 구분하여 분석한 결과, 소형 크기 개체는 중형저서동물인 저서성 요각류를, 중·대형 크기 개체는 이매패류와 게류를 주된 먹이원으로 하였다. 이상에서와 같이 생물학적 특성으로 구분된 2개의 크기군에 따라 먹이생물의 조성에는 차이가 있었고, 이것은 성장에 따라 점차적으로 먹이습성이 변화함을 시사하는 것으로 판단할 수 있었다.

사 사

본 연구는 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

Carter CG, DJ Grove and DM 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.

Cortēs 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 SPR, AD Bryant, N Broekhuizen, SJ Hall and MR 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.

Heo YS, BK Lee and MK Huh. 2006. Morphological variability of the Japanese swimming *Charybdis japonica* populations. J. life Sci. 14:672-675. (in Korean)

Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17:411-429.

Imajima M. 1972. Review of the annelid worms of the family Nereidae of Japan, with descriptions of five new species or subspecies. Bull. Natu. Sci. Mus. Tokyo. 15:153pp.

Ivlev VS. 1961. Experimental Ecology of Feeding of Fish, Yale Univ. Press New Haven. 302pp.

Jiang W, T Meng, R Chen and S Wei. 1998. Diet of *Charybdis japonica* (A. Milne-Edwards) and *Portunus trituberculatus* (Miers) in the Bohai Sea. Haiyan Shuichan Yanjiu. 19:53-59. (in Chinese)

Kim HS. 1973. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 14, Anomura and Brachyura. Ministry of Education, Korea. 694pp. (in Korean)

Kim HS. 1977. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 19, Macrura. Ministry of Education, Korea. 414pp. (in Korean)

Kim KB. 2001. Growth and reproduction of *Charydbis japonica* (A. Milne-Edwards) (Decapoda: Portunidae). Ph.D. Thesis,

Pukyung Natl. Univ. 173pp. (in Korean)

KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1987. Ecological Data of Marine Organisms. KORDI BSPE 00091-131-3. 249pp. (in Korean)

Kwak SN. 1997. Biotic communities and feeding ecology of fish in *Zostera marina* beds off Dae Island in Kwangyang Bay. Ph.D. Thesis, Pukyung Natl. Univ. Korea. 411pp. (in Korean)

Linke TE, ME Platell and IC 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.

Miller A, GJ Inglis and R Poulin. 2006. Comparison of the ectosymbiont and parasites of an introduced crab, *Charybdis japonica*, with sympatric and allopatric population of a native New Zealand crab, *Ovalipes catharus* (Brachyura: Portunidae). New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 40:369-378.

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 1999. Ecology and seed production of *Charybdis japonica*. 172pp.

Narita T and H Sekiguchi. 2002. Food habits of crabs in Ise Bay, Central Japan. Japanese J. Benthology. 57:1-12.

Nishimura S. (ed.). 1992. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys. Vol. I. Hoikusha, Tokyo. 663pp.

Nishimura S. (ed.). 1995. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys. Vol. II. Hoikusha, Tokyo. 425pp.

Okutani T. 1994. Field Books. Vol. 8. Yama-kei Publishers Co. Ltd. Tokyo, 367pp.

Okutani T. (ed.). 2000. Marine Mollusks in Japan. Tokai Univ. Press Tokyo. 1173pp.

Paik EI. 1989. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 31, Polychaeta. Ministry of Education, Korea. 764pp. (in Korean)

Pinkas L, MS Oliphant and ILK Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull. 152:1-105.

Ryu SH. 1997. Sequence analysis of rDNA in *Charybdis japonica*. Ms.C. Thesis, Seoul Natl. Univ. 54pp.

Sakai T. 1976. Crabs of Japan and the adjacent Seas. Kodansha Ltd. Tokyo. 725pp., 157pls.

Seo HC. 1994. Studies on the seed production of swim crab *Charybdis japonica*. Ms. C. Thesis, Soonchunhyang Univ. 35pp. (in Korean)

Seo IS. 2003. Community structure and trophic relationships of macro- and megabenthic assemblages on Incheon macrotidal flat of the Yellow Sea. Ph.D. Thesis, Inha Univ. 273pp. (in Korean)

Shen CJ. 1932. The Brachyuran Crustacea of North China - Series A. Invertebrates of China. The Fan Memorial Institute of Biology, Peiping, China. 321pp.

Shin S and BJ Rho. 1996. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 36, Echinodermata. Ministry of Education, Korea. 780pp. (in Korean)

Silva A. 1999. Feeding habits of John Dory, *Zeus faber*, off the Portuguese continental coast. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 79: 333-340.

Smith PJ, WR Webber, SM McVeagh, GJ Inglis and N Gust. 2003. DNA and morphological identification of an invasive swimming crab, *Charybdis japonica*, in New Zealand water. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 37:753-762.

Stevens BG and DA Armstrong. 1984. Distribution, abundance and growth of juvenile Dungeness crabs, *Cancer magister*, in Grays Harbor Estuary, Washington. Fisheries Bulletin. 82:469-483.

Sudo H, N Kajihara and T Fujii. 2008. Predation by the swimming crab *Charybdis japonica* and piscivorous fishes: A major mortality factor in hatchery-reared juvenile Japanese flounder *Paralichtys olivaceus* released in Mano Bay, Sado Island, Japan. Fisheries Research. 89:49-56.

Wang C, L Xue, F Liu and J Pan. 1996. The preliminary study on reproductive biology of *Charybdis* (*Charybdis*) *japonica* (A. Milne-Edwards). Journal of Zhejiang College of Fisheries. 15:261-266.

Wear RG and M Haddon. 1987. Natural diet of the crabs *Ovalipes catharus* (Crustacea, Portunidae) around central and northern New Zealand. Mar. Ecol. Prog. Ser. 35:39-49.

Williams MJ. 1981. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 52:103-113.

Yang D and R Sun. 1988. Polychaetous Annelids commonly seen from the Chines Waters. ISBN7-109-00135-0/Q1. 352pp.

Manuscript Received: July 25, 2009
Revision Accepted: September 15, 2009
Responsible Editor: Hak Young Lee