

## 남해안 동대만 잘피밭에서 서식하는 해마 (*Hippocampus coronatus*)의 출현량 및 먹이습성

허성희 · 박주면<sup>1\*</sup> · 곽석남<sup>2</sup> · 성봉준<sup>2</sup>

부경대학교 해양학과, <sup>1</sup>부경대학교 해양과학공동연구소, <sup>2</sup>(주)환경생태공학연구원

### Abundances and feeding habits of *Hippocampus coronatus* in an eelgrass (*Zostera marina*) bed of Dongdae Bay, Korea

Sung-Hoi HUH, Joo Myun PARK<sup>1\*</sup>, Seok Nam KWAK<sup>2</sup>, Bong Jun SEONG<sup>2</sup>

Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>1</sup>Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>2</sup>Environ-Ecological Engineering Institute Co., Ltd. 110-54 Millak-Dong, Suyeong-gu, Busan, 613-827, Korea

A total of 164 individuals of *Hippocampus coronatus* were collected from an eelgrass bed in Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007. The number of individuals of *H. coronatus* was higher in September 2006. The size of *H. coronatus* ranged from 2.4 to 9.3cm in height (Ht), and most of individuals were small size below 5cm (Ht). *H. coronatus* was a carnivore which consumed mainly gammarid amphipods and copepods. Its diets also included a small amount of mysids, ostracods, brachiopods, caprellid amphipods, bathynellaceas, isopods, tanaids, and ascothoracids. The diets of *H. coronatus* underwent size-related changes; smaller individuals consumed copepods, while larger individuals ate gammarid amphipods and mysids. The dietary breadth index of *H. coronatus* was increased with increasing of their size.

Keywords : *Hippocampus coronatus*, abundances, feeding habits, eelgrass bed

Running title : Abundances and Feeding Habits of *Hippocampus coronatus*

### 서 론

해마 (*Hippocampus coronatus*)는 큰가시고기목 (Gasterosteiformes) 실고기과 (Syngnathidae)에 속하는 어종으로 전 세계적으로 약 54종이 알려져 있다. 해마류 (*Hippocampus* sp.)는 온대 및 열대해역의 수심이 얇은 연안해역에서 주로 서식하며, 산란기에 암컷이 수컷의 육아낭에 알을 넘겨주어 수컷이 새끼를 출산하는 특이한

산란 방식을 가지고 있어서 아주 중요한 생태적 지위를 차지한다 (Foster and Vincent, 2004; Kim et al., 2005; Kwak et al., 2008)

최근 들어 해마류는 관상용 및 한약재의 재료로 주로 이용되고 있으며 인간의 무분별한 연안개발로 인해 그 서식지가 파괴되고 있는 실정이다 (Vincent, 1996; Lourie et al., 1999). 이에 따라 해마류는 2002년부터 CITES

\*Corresponding author: marbus@hanmail.net, Tel: 821085598271, Fax: 82516296568

(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)에 등재되었으며, 2010년에는 총 36종이 IUCN 적색목록 (Red list)에 등록되었다 (Foster et al., 2003). 따라서 전 세계적으로 해마류를 보호하고 관리하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 대표적으로 영국을 주축으로 필리핀, 캐나다, 호주, 홍콩 등 여러 나라에서 공동으로 진행 중인 Seahorse Project가 있다 (Foster and Vincent, 2004).

우리나라에서 수행된 해마류의 연구로는 *Hippocampus spinisissimus*의 산출습성 및 형태발달 (Kang et al., 2005), 해마류의 번식생물학적 연구 (Choi, 2006), 해마의 산란 및 초기성장 (Choi et al., 2006), 그리고 해마 서식지 혼재 어류상 등이 있다 (Jung et al., 2007). 본 조사 해역인 동대만은 남해도 북쪽에 위치하고 있으며, 연안을 따라 잘피밭이 형성되어 다양한 종류의 어류 및 무척추 동물 등이 서식하고 있다. 현재 남해안 잘피밭에는 해마, 가시해마 (*Hippocampus histrix*), 복해마 (*Hippocampus kuda*), 산호해마 (*Hippocampus mohnkei*), 점해마 (*Hippocampus trimaculatus*) 등이 분포하고 있다. 그러나 우리나라 잘피밭에서 서식하는 해마류 중에서 출현량이 높은 산호해마의 먹이습성에 관한 연구 (Kwak et al., 2008)만이 수행 되었을 뿐, 이들에 대한 생태학적 연구는 전반적으로 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 우리나라 남해안 동대만 잘피밭에서 우점하는 해마의 출현량, 주요 먹이생물의 종류, 성장에 따른 먹이습성의 변동을 파악하여 생태적 위치 및 먹이망 구조를 파악하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 해마의 시료는 2006년 9월부터 2007년 8월까지 동대만 잘피밭의 3개 정점에서 매월 대조기 만조시 소형 빔트롤 (beam trawl)을 이용하여 채집하였다 (Fig. 1). 시료 채집에 사용된 어구의 크기는 망길이 5m, 망폭 4m 였으며, 망목의 크기는 날개그물에서 19mm, 끝자락으로 갈수록 차츰 망목의 크기가 감소하여 끝자락에서는 10mm였다 (Fig. 2). 각 정점에서 어구를 10분간 1회 예망하여 해마를 채집하였다. 해마의 출현량에 영향을 미치는 환경요인을 조사하기 위하여 매

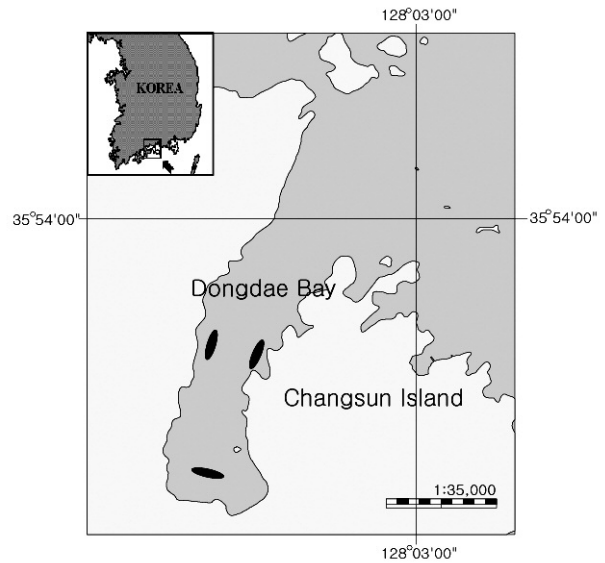


Fig. 1. Location of the sampling area (●).

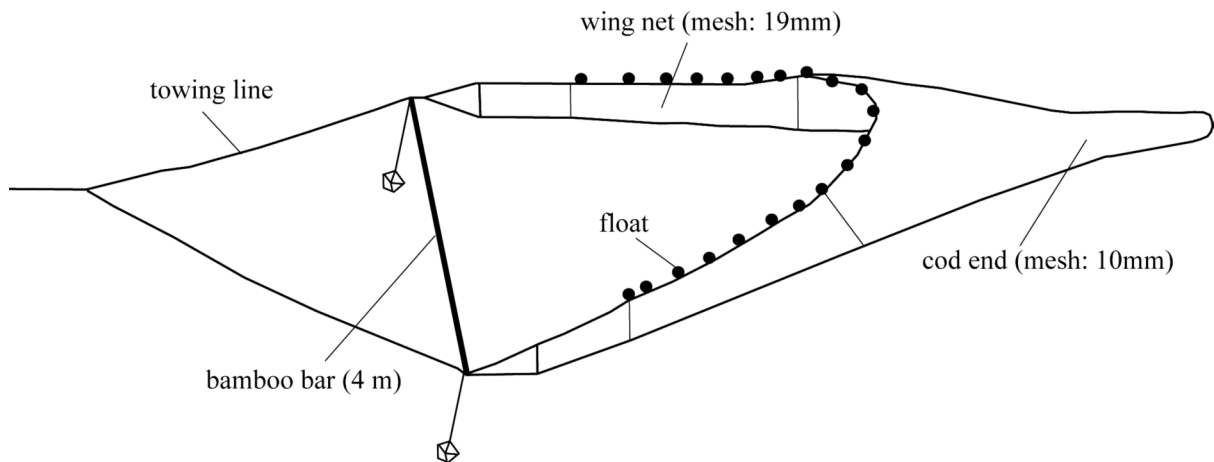


Fig. 2. Diagram of a beam trawl used in this study.

월 수온, 염분, 잘피 현존량을 조사하였다. 수온과 염분은 휴대용 수질측정기 (Thermo Scientific, Orion 4 Star Conductivity Meter)을 이용하여 현장에서 측정하였다. 잘피 현존량을 대조기 저조시 방형구 (50×50cm)를 이용하여 잘피를 뿌리까지 채취한 뒤 실험실에서 건조기를 이용하여 80℃에서 24시간 건조시킨 뒤 건조중량 (0.0001g 단위)을 측정하였다.

채집된 어류는 10% 중성 포르말린으로 고정하였으며, 조사시기에 따라 실험실에서 개체수 및 생체량 (0.1g 단위)을 측정하여 출현량 변동을 파악하였다. 해마의 식성을 파악하기 위해서 어체의 전장 (height: Ht, 관상돌기에서 꼬리끝까지 길이)과 입크기 (윗턱과 아래턱 사이의 폭) (0.1mm 단위)를 측정하였다. 전장은 10mm 간격의 크기군 (size class)을 나누었고 이후 각 어체에서 위를 분리하였다. 분리된 위의 내용물은 petri dish에 펼쳐 놓은 뒤, 먹이 종류별로 구분하였다. 이때 어류와 새우류처럼 큰 생물은 육안으로 동정하였으며, 소형 갑각류와 같은 아주 작은 크기의 생물은 해부현미경을 이용하여 동정하였다. 모든 먹이생물은 가능한 한 종까지 분류하였다. 위내용물에서 발견된 각 먹이생물은 mm 단위로 전장을 측정하여 개체수를 세었고, 먹이생물별로 80℃의 건조기에서 24시간 건조시킨 뒤 건조중량을 측정하였다. 각 개체의 먹이습성은 건조 중량비와 먹이생물의 개체수비, 그리고 각 먹이생물의 출현빈도수로 나타내었다.

각 먹이생물의 출현빈도수 ( $F_i$ )는 다음과 같이 구하였다.

$$F_i (\%) = \frac{A_i}{N_i} \times 100 \quad (1)$$

여기서  $A_i$ 는 위내용물에서 발견된 먹이생물  $i$ 종의 개체수이며,  $N_i$ 는 먹이생물을 섭식한 해마의 총 개체수이다.

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

$$IRI = (N + W) \times F \quad (2)$$

여기서  $N$ 은 먹이생물의 총 개체수에 대한 해당 먹이생물이 차지하는 백분율이며,  $W$ 는 먹이생물의 총 건조중량에 대한 백분율, 그리고  $F$ 는 각 먹이생물의 출현빈도를 나타낸다.

각 개체가 먹이생물을 어느 정도 다양하게 먹고 있는

가를 파악하기 위하여 dietary breadth index (Bi)를 구하였다 (Krebs, 1989).

$$B_i = \left( \frac{1}{n-1} \right) \left( \frac{1}{\sum p_{ij}^2} - 1 \right) \quad (3)$$

여기서  $P_{ij}$ 는 포식자  $i$ 의 위내용물 중 먹이생물  $j$ 가 차지하는 비율이며,  $n$ 은 총 먹이생물의 종수를 나타낸다.

$B_i$ 의 범위는 0부터 1까지로 수치가 1에 가까울수록 다양한 먹이생물을 섭식하는 것으로 볼 수 있다 (Gibson and Ezzi, 1987; Krebs, 1989).

환경요인과 해마 출현량의 상관관계는 Pearson 상관계수를 이용하여 분석하였다. 전장과 입크기의 상관관계를 선형회귀분석을 실시하였다. 통계분석을 위하여 SPSS PC를 이용하였고, 통계적 유의성은 0.05를 적용하였다.

## 결과 및 고찰

### 환경특성

2006년 9월부터 2007년 8월까지 조사해역의 수온은 7.4~27.7℃의 범위로 1월에 가장 낮았으며, 7월에 가장 높았다 (Fig. 3). 수온의 계절 변동은 여름에 높고 겨울에 낮은 전형적인 온대해역의 특징을 보였다. 한편 염분은 19.5~34.2‰의 범위였다. 30.0% 이하의 낮은 염분을 보인 달은 2007년 7월과 8월, 2006년 9월로 이 시기에 집중 호우로 인해 강우량이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 한편 잘피의 현존량은 187.2~710g/m<sup>2</sup> 범위였으며, 2007년 5월에 가장 높게 나타났다 (Fig. 4).

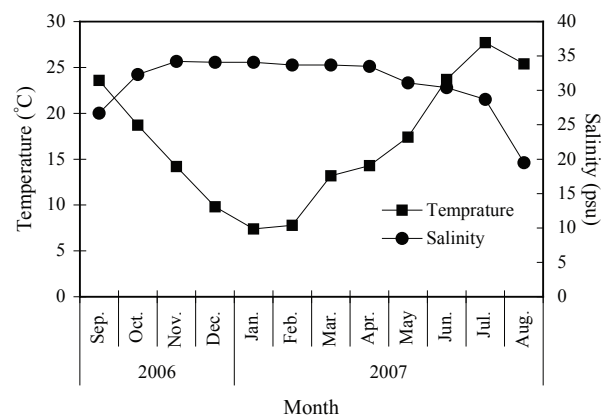


Fig. 3. Monthly variations of water temperature (■) and salinity (●) in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007.

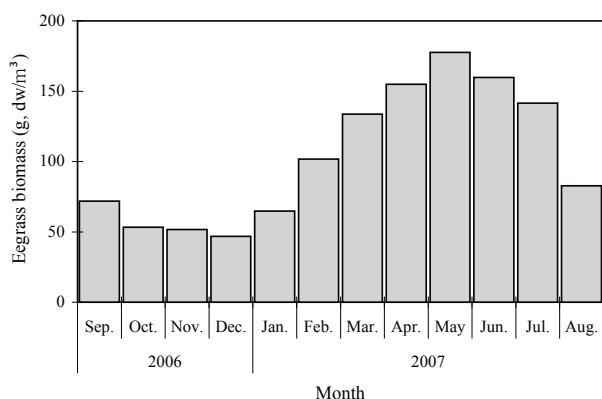


Fig. 4. Monthly variations of eelgrass biomass in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007.

출현량 및 전장분포

조사기간 동안 해마는 총 164개체가 채집되었으며, 전장은 2.4~9.3cm ( $6.2 \pm 1.9$ cm), 생체량은 0.04~2.37g ( $0.81 \pm 0.66$ g)의 범위였다. 전장과 체중 관계식은  $y = 0.003x^{2.918}$  ( $R^2 = 0.946$ )로 나타났으며, 전장 증가에 따라 체중은 유의하게 증가하였다( $P < 0.05$ ).

월별 출현량 변동을 살펴보면 (Fig. 5), 조사가 처음 시작된 2006년 9월에 58개체로 조사기간 중 가장 많이 출현하였다. 그러나 2006년 10월부터 개체수가 급격히 감소하였으며, 2006년 12월에는 일시적인 증가 양상을 보이다가 2007년 1월부터 5월까지 전혀 출현하지 않았다. 2007년 6월부터 개체수가 증가하여 2007년 7월에는 24개체, 그리고 2007년 8월에는 46개체가 출현하였다.

한편 월별 전장분포는 2006년 9월에는 전장 4.1~9.0cm 범위를 보였으며, 2006년 12월에는 전장 4.0cm 보다 작은 개체들이 소량 출현하였다. 이듬해 2007년 6월부터 전장 3.0cm 이하의 작은 개체들이 출현하기 시작하였으며, 이 시기에는 전장 7.1cm 이상의 큰 개체들도 함께 출현하였다. 2007년 7월에는 전장 3.1~5.0cm 범위에 속하는 개체들이 우점하였으며, 2007년 8월에는 좀 더 큰 크기인 5.1~8.9cm 범위의 개체들이 우점하였다. 따라서 동대만 잘피밭에서 서식하는 해마는 수온이 증가하는 6월에 출현하여 12월까지 잘피밭에서 머무는 것으로 나타났다.

본 연구에서 해마의 출현량과 환경요인 (수온, 염분, 잘피 현존량)과의 관계를 pearson 상관계수를 사용하여 분석한 결과, 수온 ( $p = 0.005$ )과 염분 ( $p = 0.007$ )은 유의한 상관관계를 나타내었으나, 잘피 현존량과는 유의한

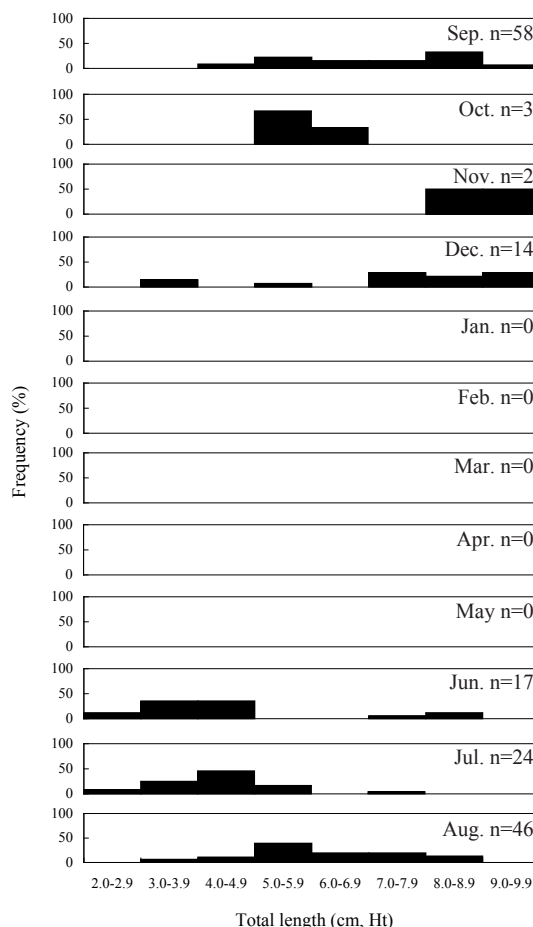


Fig. 5. Monthly total length composition of *Hippocampus coronatus* caught by beam in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007.

상관관계를 나타내지 않았다. 즉, 수온이 높고 염분이 낮은 시기에 출현량이 증가함을 알 수 있었다. 그러나 우리나라 연안역에서 염분의 경우 수온이 높아지는 여름철에 강우의 증가로 낮아지는 경우를 보이기 때문에, 본 연구에서 해마의 출현량 변동에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 수온이라 판단된다. 국외의 다른 해역에서 서식하는 해마류인 *H. erectus*, *H. reidei*, *H. guttulatus*, 그리고 *H. whitei* 또한 적정수온보다 낮은 겨울에는 체온의 저하를 막기 위하여 수심이 깊은 해역으로 이동하는 것으로 보고되었다 (Teixeria and Musik, 2001; Vincent et al., 2004; Curtis and Vincent, 2006; Felicio, 2006). 또한, 꼬리부분을 이용하여 잘피 줄기를 잡고 서식하는 해마의 생태적 특성상 잘피 현존량 증가와 해마 출현량의 상관관계가 없음이 이해되지 않지만, 본 연구와 이전의 연구 결과 해마류의 출현량은 잘피 현존량 보다 수온에 크게

**Table 1. Composition of the stomach contents of *Hippocampus coronatus* by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance (IRI) caught by beam trawl in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007**

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI (%)
<b>Crustacea</b>				
<b>Amphipoda</b>				
<b>Gammaridea</b>	85.3	42.6	52.6	<b>71.6</b>
<i>Pontogeneia rostrata</i>	17.3	9.8	10.4	
<i>Ampithoe</i> sp.	12.2	11.7	8.3	
<i>Atylus japonicus</i>	6.4	2.7	5.8	
<i>Paradexamine barabardi</i>	7.1	1.8	3.4	
<i>Ampithoe lacertosa</i>	4.5	3.0	2.3	
<i>Euprimno macropa</i>	0.6	0.2	1.9	
<i>Erichthonius pugnax</i>	3.2	0.9	1.9	
<i>Kamakakuthae</i>	0.6	0.1	1.7	
<i>Kamaka</i> sp.	0.6	0.1	1.6	
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0.6	0.1	1.1	
<i>Elasmopus japonicus</i>	1.3	0.1	1.1	
Unidentified	30.8	12.1	13.1	
<b>Caprellidea</b>	<b>4.5</b>	<b>0.8</b>	<b>1.7</b>	<b>0.1</b>
<b>Copepoda</b>	<b>48.1</b>	<b>37.4</b>	<b>21.6</b>	<b>25.0</b>
<i>Lepeophtheirus goniistii</i>	1.9	1.2	1.8	
<i>Eurytemora herdmani</i>	1.9	0.7	1.6	
<i>Calanus</i> sp.	4.5	1.4	0.9	
<i>Idomene foliifata</i>	0.6	0.1	0.1	
<i>Pseudocalanus</i> sp.	0.6	0.1	0.1	
Unidentified	38.5	33.9	17.1	
<b>Mysidacea</b>	<b>14.1</b>	<b>2.1</b>	<b>11.8</b>	<b>1.7</b>
<i>Neomysis</i> sp.	7.1	1.0	4.4	
<i>Neomysis sawatschensis</i>	1.3	0.1	1.8	
<i>Proneomysis</i> sp.	0.6	0.1	1.6	
<i>Siriella</i> sp.	0.6	0.1	1.2	
Unidentified	4.5	0.8	2.8	
<b>Ostracoda</b>	<b>9.0</b>	<b>9.4</b>	<b>5.3</b>	<b>1.2</b>
<b>Brachiopoda</b>	<b>2.6</b>	<b>0.3</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0</b>
<b>Bathynellacea</b>	<b>4.5</b>	<b>0.4</b>	<b>1.6</b>	<b>0.1</b>
<i>Allobathynella</i> sp.	1.9	0.1	1.2	
Unidentified	2.6	0.3	0.4	
<b>Isopoda</b>	<b>5.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1.3</b>	<b>0.1</b>
<i>Cymodoce japonica</i>	0.6	0.1	0.4	
<i>Synidotea larevi</i>	0.6	0.1	0.2	
<i>Ligidium japonicum</i>	0.6	0.1	0.1	
<i>Ligiium fori</i>	0.6	0.1	0.1	
<i>Tecticeps japonicus</i>	0.6	0.1	<0.1	
Unidentified	2.6	0.4	0.5	
<b>Tanaidacea</b>	<b>3.2</b>	<b>0.5</b>	<b>0.9</b>	<b>&lt;0.1</b>
<i>Tanais cavolinii</i>	0.6	0.1	0.6	
<i>Anatanais normani</i>	0.6	0.2	0.2	
<i>Anutanani</i> sp.	0.6	0.1	<0.1	
Unidentified	1.3	0.1	<0.1	
<b>Cumacea</b>	<b>1.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.8</b>	<b>&lt;0.1</b>
<b>Ascothoracida</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>
<b>Mollusca</b>				
<b>Gastropoda</b>	<b>0.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>&lt;0.1</b>
<b>Egg</b>	<b>0.6</b>	<b>4.0</b>	<b>0.2</b>	<b>&lt;0.1</b>
Total		100.0	100.0	100.0



영향을 받았음을 알 수 있었다.

### 위내용물 조성

위내용물 분석에 사용된 해마는 총 164개체였으며, 위속에 먹이가 전혀 없었던 해마는 8개체로 4.9%에 불과하였다. 위내용물 속에서 먹이생물이 발견된 156개체의 위내용물을 분석한 결과, 해마의 주 먹이생물은 갑각류(Crustacea)였다(Table 1). 이 중 단각류(Amphipoda)에 속하는 옆새우류(Gammaridea)가 총 먹이생물 개체수의 42.6%, 출현빈도 85.3%, 위내용물 건조중량의 52.6%를 차지하였고, 상대중요성지수비는 71.6%를 보여 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 가장 많이 섭식된 옆새우류는 *Pontogeneia rostrata*, *Ampithoe* sp., *Atylus japonicus*, *Paradexamine barnardi* 등 이었다.

그 다음으로는 요각류(Copepoda)와 곤쟁이류(Mysidacea)가 우점하였다. 요각류는 총 먹이생물 개체수의 37.4%, 출현빈도 48.1%, 위내용물 건조중량의 21.6%를 보였으며, 상대중요성지수비는 25.0%를 차지하였다. 요각류 중 가장 많이 섭식된 종은 *Eurytemora herdmanni*와 *Lepeophtheirus goniistii*였으며, 대부분의 개체가 많이 분해되어 종을 동정하기가 어려웠다. 한편 곤쟁이류는 총 먹이생물 개체수의 2.1%, 출현빈도 14.1%, 위내용물 건조중량의 11.8%, 상대중요성지수비는 1.7%를 차지하였고 *Neomysis* sp.를 대부분 섭식하였다. 그 외 패충류(Ostracoda)가 총 먹이생물 개체수의 9.4%, 9.0%의 출현빈도수를 보였으며, 건조중량의 5.3%를 차지하였다. 단각류의 바다대벌레류(Caprellidea)와 새각류(Branchiopoda)는 위내용물 건조중량의 1.7%, 고하류(Bathynellacea)와 등각류(Isopoda)는 각각 위내용물 건조중량의 1.6%, 1.3%를 차지하였다. 한편 주걱벌레붙이류(Tanaidacea), 쿠마류(Cumacea), 낭홍류(Ascothoracida) 등이 발견되었으나, 그 양은 많지 않았다. 따라서 동대만 잘피밭에서 서식하는 해마는 갑각류 중 옆새우류, 요각류 및 곤쟁이류를 주로 섭식하는 육식성 어종이었다.

국내에서 같은 잘피밭 환경에서 서식하는 산호해마(Kwak et al., 2008)와 호주 New South wales의 해초지에서 서식하는 *Hippocampus whitei* (Buchmore et al., 1984)도 옆새우류를 주로 섭식하여, 본 조사대상 어종의 해마의 먹이습성과 유사한 양상이었다. 단각류에 속하는 옆새우류와 바다대벌레류는 잘피밭 환경에 풍부하여 많은 잘피밭 어류의 먹이원으로써 중요한 역할을 한다

(Kwak, 1997). 해마와 같은 과(Family)에 속하면서 잘피밭 환경에서 출현량이 높은 실고기(*Syngnathus schlegeli*) 또한 옆새우류와 바다대벌레류를 주로 섭식하였다(Huh and Kwak, 1997). 한편 요각류 및 옆새우류는 잘피밭에서 유어기를 보내는 많은 어류의 주요 먹이생물로 보고되었다(Huh and Kwak, 1998a,b; Kwak and Huh, 2003; Huh et al., 2008).

### 성장에 따른 먹이조성의 변화

성장에 따른 먹이생물의 변화를 살펴보면(Fig. 6), 전장이 가장 작은 2.0cm 이하의 크기군에서는 요각류의 점유율이 약 90%를 차지하며 가장 높게 나타났다. 전장이 증가함에 따라 요각류의 점유율은 서서히 감소하고, 옆새우류의 점유율이 증가하여 전장 6.0cm 크기까지는 약 60% 전후를 나타내었다. 그러나 이 크기군을 기준으로 요각류의 점유율은 약 10% 이내로 급격히 감소하는 한편 옆새우류와 더불어 곤쟁이류의 점유율이 증가하여 전장 8.1~9.0cm 범위에서는 곤쟁이류의 비율이 약 20%를 차지하는 양상이었다. 크기가 증가함에 따라 패각류, 새각류, 그리고 바다대벌레류의 점유율도 소량씩 증가하는 양상이었다. 결론적으로 해마는 성장함에 따라 먹이생물이 변화가 뚜렷하게 나타났는데, 초기의 아주 작은 크기에서는 요각류를 주로 섭식하였으나, 체장이 증가하면서 옆새우류 및 곤쟁이류로 먹이전환이 나타났다.

잘피밭에서 서식하며 해마와 같은 속인 산호해마는

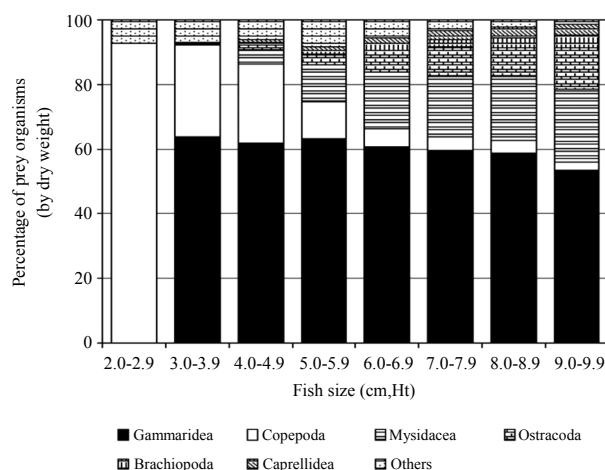


Fig. 6. Relationships between relative prey composition (dry weight, %) and fish size of *Hippocampus coronatus* caught by the beam trawl in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007.

아주 작은 크기군에서는 요각류를 섭식하였으나, 크기가 증가함에 따라 옆새우류를 선호하는 양상이 아주 뚜렷하여(Kwak et al., 2008), 본 조사대상 어종인 해마의 먹이습성과 유사한 양상이었다. 한편 호주 New South Wales의 해초지에서 서식하는 *H. whitei*는 아주 작은 크기에서는 요각류를 소량 섭식하였으나, 크기가 증가함에 따라 옆새우류를 다량 섭식하였으며, 미국 Chesapeake만의 *H. erectus*는 아주 작은 크기에서는 요각류 및 옆새우류를 섭식하였으나, 전장 6.0cm 이상 크기에서는 옆새우류를 주로 섭식하였다 (Buchmore et al., 1984; Teixeira and Musik, 2001). 한편 뉴질랜드 연안해역의 *H. abdominalis*는 전장 13.0 cm 범위까지는 단각류를 주로 섭식하였다 (Woods, 2002). 즉, 잘피밭 환경에서 서식하

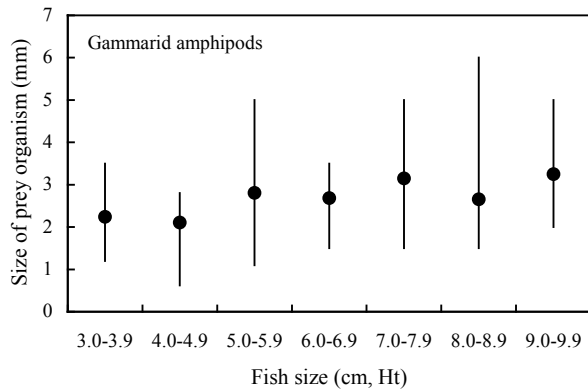


Fig. 7. Relationships between mean prey size (gammarid amphipods) and predator size (height, Ht) of *Hippocampus coronatus* caught by the beam trawl in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007. Vertical bars represent minimum and maximum size of gammarid amphipods.

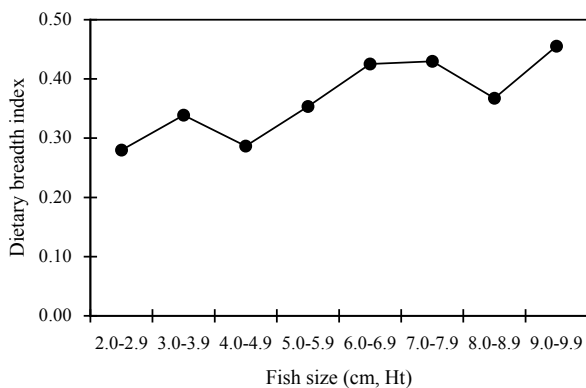


Fig. 8. Relationships between dietary breadth index and predator size (height, Ht) of *Hippocampus coronatus* caught by the beam trawl in the eelgrass bed of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007.

는 해마류는 지역에 상관없이 성장에 따른 먹이생물의 종조성의 변화 양상이 유사하게 나타났다. 이와 같은 결과는 해마류만의 특이한 섭식전략 및 잘피밭 환경특성에 기인한다 (Hoang et al., 1998; Kendrick and Hydnes, 2003; Vincent et al., 2004; Kwak et al., unpublished data). 해마류는 잘피 잎 주변에서 잠복하여 서식하다가 먹이를 잡아먹는 ambush predator로 먹이가 입 근처에 올 때까지 기다리다가 관모양의 입으로 물을 빨아 당겨서 그 속에 있는 먹이를 섭식하는 방식으로 다른 환경먹이생물보다 출현량이 많은 작은 크기의 갑각류(예, 요각류, 옆새우류 및 곤쟁이류 등)를 다른 어종보다 쉽게 섭식할 수 있을 것으로 판단된다. 더불어 주변환경에 따른 다양한 위장색을 나타내면서 포식자로부터 피식당할 위험을 줄이면서 잘피 잎 부근에 서식하는 먹이생물을 섭식하기에 용이하였을 것이다 (Gomon et al., 1984; Kuiter, 2000). 어류의 성장에 따른 먹이생물의 변화 양상은 최적 섭식이론 (Optimal foraging theory)에 근거하며, 크기가 증가함에 따라 먹이생물의 종조성 및 크기를 달리함으로써 에너지 효율을 더 높힐 수 있기 때문으로 판단된다.

해마는 전장이 증가함에 따라서 해마가 주로 섭식하였던 옆새우류의 평균 크기가 서서히 증가하였다 (Fig. 7). 옆새우류의 크기는 전장 4.0cm 이하에서는 평균 2.2mm 정도였으나, 전장 9.0cm 범위에서는 약 3.3mm 까지 증가하였다. 한편 전장에 따른 Dietary breadth index도 서서히 증가하였다 (Fig. 8). 아주 작은 크기에서는 요각류만을 주로 섭식하여 0.28의 값을 나타내었으나, 성장함에 따라 점차적으로 증가하여 전장 9cm 에서는 0.46을 기록하며 최대치를 나타내었다. 해마의 체장(x)과 입크기(y)는 다음과 같은 관계식을 보였다;  $y=0.043 + 0.025x$  ( $R^2=0.904$ ). 체장과 입크기의 선형회귀분석 결과 체장 증가에 따라 입의 크기가 유의하게 증가하였다 ( $F=1362.8, P<0.05$ ). 따라서 해마는 체장 증가에 따라 입크기가 증가하여 더 큰 크기의 먹이와 다양한 종류의 먹이생물을 섭식할 수 있었기 때문으로 판단된다.

## 결론

2006년 9월부터 2007년 8월까지 동대만 잘피밭에서 출현한 해마의 출현량 및 식성을 조사하였다. 해마의 출현량은 2006년 9월에 가장 많았으며, 전장분포는 2.4~9.3 cm 범위였다. 조사기간 동안 해마는 대부분의 개체가 전장 5cm 이하로 작은 개체들로 구성되어 있었

다. 해마는 옆새우류 및 요각류를 주로 섭식하는 육식성 어종이었다. 또한, 곤쟁이류, 패각류, 새각류, 바다대벌레류, 고하류, 등각류, 주걱벌레붙이류 및 낭홍류 등을 섭식하였다. 해마는 성장함에 따라 먹이생물 변화양상이 뚜렷하였다. 아주 작은 크기에서는 요각류를 주로 섭식하였으나, 크기가 증가하면서 요각류의 점유율은 감소하는 반면 옆새우류 및 곤쟁이류의 점유율이 증가하였다. Dietray breadth index는 전장이 증가하면서 서서히 증가하는 양상이었다.

## 사 사

본 연구는 부경대학교 해양과학공동연구소의 지원을 받아 수행하였습니다.

## REFERENCES

- Burchmore JJ, Pollard DA, and Bell JD. 1984. Community structure and trophic relationships of the fish fauna of an estuarine *Posidonia australis* seagrass habitat in Port Hacking, New South Wales. *Aquat Bot* 18, 71 – 87.
- Choi YU. 2006. Reproductive biology of seahorse (*Hippocampus* spp.). Ph.D. Thesis, Cheju National University, Korea, 116.
- Choi YU, Rho S, Jung MM, Lee YD and Noh GA. 2006. Parturition and early growth of crowned seahorse, *Hippocampus coronatus* in Korea. *J Aquaculture* 19, 109 – 118.
- Curtis JMR and Vincent ACJ. 2006. Life history of an unusual marine fish: survival, growth and movement patterns of *Hippocampus guttulatus* Cuvier 1829. *J Fish Biol* 68, 707 – 733.(DOI:10.1111/j.1095 – 8649.2006.00952.x)
- Felicio AKC. 2006. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Japan Ethol* 24, 219 – 225.(DOI:10.1007/s10164 – 005 – 0189 – 8)
- Foster SJ and Vincent ACJ. 2004. Life history and ecology seahorses : Implication for conservation and management. *J Fish Biol* 65, 1 – 61.(DOI:10.1111/j.0022 – 1112.2004.00429.x)
- Foster SJ, Marsden AD and Vincent ACJ. 2003. *Hippocampus erectus*. In: IUCN. IUCN Red List of Threatened Species (www.redlist.org).
- Gibson RN and Ezzi IA. 1987. The biology of a Scottish population of Fries goby, *Lesueurigobius friesii*. *J Fish Biol* 12, 371 – 389.(DOI:10.1111/j.1095 – 8649.1978.tb04181.x)
- Gomon MF, Glover JCM, and Kuitert RH. 1984. The Fishes of Australia's South Coast. Adelaide, State Print 192.
- Hoang DH, Sy TS and Hoa HT. 1998. Feeding behaviour and food of seahorses in Vietnam. *Mar Biol South China Sea*, 458 – 464.
- Huh SH and Kwak SN. 1997. Feeding habits of *Syngnathus schlegeli* in the eelgrass (*Zostera marina*) Bed in Kwangyang Bay. *J Korean Fish Soc* 30, 896 – 902.
- Huh SH and Kwak SN. 1998a. Feeding habits of *Acentrogobius pflaumii* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *Korean J Ichthyol* 10, 24 – 31.
- Huh SH and Kwak SN. 1998b. Feeding habits of *Sebastes inermis* in the eelgrass (*Zostera marina*) Bed in Kwangyang Bay. *J Korean Fish Soc* 31, 168 – 175.
- Huh SH, Kwak SN and Kim HW. 2008. Feeding habits of *Pseudoblennius percoides* (Pisces; Cottoidae) in an eelgrass (*Zostera marina*) bed of Dongdae Bay. *Korean J Ichthyol* 20, 45 – 53.
- Jung MM, Choi YU, Lee JE, Kim JW, Kim SC, Lee YH and Rho S. 2007. Coexisting Fish fauna in the seahorse habitats. *J Aquaculture* 20, 41 – 46.
- Kang SH, Koh JR, Jeong SB and Kim SA. 2005. Morphological Development and reproductive behavior of Hedgehog Seahorse *Hippocampus spinisissimus* (Teleostei: Syngnathidae). *J Korean Fish Soc* 38, 298 – 303.
- Kendrick AJ and Hydnes GA. 2003. Patterns in the abundance and size – distribution of syngnathid fishes among habitats in a seagrass – dominated marine environment. *Estuar Coast Shelf Sci* 57, 631 – 640.(DOI:10.1016/S0272 – 7714(02)00402 – x)
- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kohak, Inc., 616.
- Krebs CJ. 1989. Ecological methodology. Harper and Row, New York, 654.
- Kuitert R. 2000. Seahorses, pipefishs and their relatives. Chorleywood, TMC Publ., 240.
- Kwak SN. 1997. Biotic communities and feeding ecology of fish in *Zostera marine* beds off Dae Island in Kwangyang Bay. Ph.D Thesis, Pukyong Nat' l Univ, 411.
- Kwak SN and Huh SH. 2003. Feeding Habits of Juvenile *Liparis tanakai* in the Eelgrass, *Zostera marina* Bed in Kwangyang Bay *J Korean Fish Soc* 36, 372 – 377.
- Kwak SN, Huh SH and Seung BJ. 2008. Feeding habits of *Hippocampus mohnikei* in an eelgrass (*Zostera marina*) bed. *Korean J Ichthyol* 20, 112 – 116
- Lourie SA, Pritchard JC, Casey SP, Ky TS, Hall HJ and Vincent ACJ. 1999. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). *Biol J Linnean Soc* 66, 231 – 256.(DOI:10.1111/j.1095 – 8312.1999.tb01886.x)
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of al-



- bacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1 – 105.
- Teixeira RL and Musik JA. 2001. Reproduction and food habits of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Teleostei:Syngnathidae) of Chesapeake Bay, Virgin. Rev Brasil Biol, 61, 79 – 90.
- Vincent ACJ, Marson AD, Evans KL and Sadler LM. 2004. Temporal and spatial opportunities for polygamy in a monogamy seahorse, *Hippocampus whitei*. Behaviour 141, 141 – 156.(DOI:10.1163/156853904322890780)
- Vincent ACJ. 1996. The International Trade in Seahorses. Traffic International, Cambridge, 4 – 163.
- Woods CMC. 2002. Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. New Zealand J Mar Fresh Res 36, 655 – 660.(DOI:10.1080/00288330.2002.9517121)
- 
2013. 9. 9 Received  
2013 10.31 1st Revised  
2013. 12.2 2nd Revised  
2014. 4. 28 Accepted