

이 학 석 사 학 위 논 문

동대만 잘피밭에 출현하는 해마와
산호해마의 출현량, 식성, 산란 비교



부경대학교 대학원

해 양 학 과

성 봉 준

이 학 석 사 학 위 논 문

동대만 잘피밭에 출현하는 해마와 산호해마의
출현량, 식성, 산란 비교

지도교수 문 창 호

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2008년 2월

부경대학교 대학원

해 양 학 과

성 봉 준

성봉준의 이학석사 학위논문을 인준함

2008년 2월



주 심 이학박사 곽 석 남 

위 원 이학박사 문 창 호 (인) 

위 원 이학박사 허 성 회 

목 차

List of Tables	ii
List of Figures	iii
Abstract	v
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 출현량 변동.	3
2. 식성	5
3. 산란	6
III. 결 과	8
1. 환경특성	8
2. 출현량 변동	8
3. 식성	14
4. 산란	25
IV. 고 찰	33
1. 해마와 산호해마의 형태적 특징	33
2. 출현량 변동	36
3. 식성	39
4. 산란	41
V. 요 약	47
VI. 감사의 글.	50
VII. 참고문헌	52

List of Tables

Table. 1. Sex ratio of <i>Hippocampus coronatus</i> and <i>Hippocampus mohnikei</i>	11
Table. 2. Composition of the stomach contents of <i>Hippocampus coronatus</i> by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance(IRI)	16
Table. 3. Composition of the stomach contents of <i>Hippocampus mohnikei</i> by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance(IRI)	17
Table. 4. Comparison of densities among different seahorse species worldwide (Vincent. 2004)	39



List of Figures

Fig. 1. Location of the sampling area	4
Fig. 2. Diagram of a beam trawl used in this study	4
Fig. 3. Monthly variations of eelgrass biomass in the eelgrass bed of Dongdae Bay	9
Fig. 4. Monthly variations of temperature and salinity in the eelgrass bed of Dongdae Bay	9
Fig. 5. Monthly variations in number of individuals in Dongdae Bay in sampling period	11
Fig. 6. Monthly variation in size distributions of <i>Hippocampus coronatus</i>	12
Fig. 7. Monthly variation in size distributions of <i>Hippocampus mohnikei</i>	13
Fig. 8. Relationships between relative prey composition(DW, %) and body length of <i>Hippocampus coronatus</i>	20
Fig. 9. Relationships between relative prey composition(DW, %) and body length of <i>Hippocampus mohnikei</i>	20
Fig. 10. Relationships between mouth size and height of <i>Hippocampus</i> <i>coronatus</i> (A) and <i>Hippocampus mohnikei</i> (B).	21
Fig. 11. Relationships between size of prey organisms and height of <i>Hippocampus coronatus</i> (A) and <i>Hippocampus mohnikei</i> (B).	22
Fig. 12. The size-related variations of dietary breadth index of <i>Hippocampus coronatus</i> (A) and <i>Hippocampus mohnikei</i> (B)	23
Fig. 13. Gonadosomatic index (GSI) of female of the <i>Hippocampus</i> <i>coronatus</i> (A) and <i>Hippocampus mohnikei</i> (B)	26
Fig. 14. Relationship between body weight (BW) and fecundity(F) of <i>Hippocampus coronatus</i>	27
Fig. 15. Relationship between height(Ht) and fecundity(F) of <i>Hippocampus coronatus</i>	27
Fig. 16. Relationship between body weight(BW) and fecundity(F) of	

<i>Hippocampus mohnikei</i>	28
Fig. 17. Relationship between height(Ht) and fecundity(F) of <i>Hippocampus mohnikei</i>	28
Fig. 18. Histograms of oocyte size distribution in advancing order of GSI of <i>Hippocampus coronatus</i>	29
Fig. 19. Histograms of oocyte size distribution in advancing order of GSI of <i>Hippocampus mohnikei</i>	30
Fig. 20. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) in pouch of <i>Hippocampus coronatus</i>	31
Fig. 21. Relationship between height(Ht) and fecundity (F) in pouch of <i>Hippocampus coronatus</i>	31
Fig. 22. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) in pouch of <i>Hippocampus mohnikei</i>	32
Fig. 23. Relationship between height(Ht) and fecundity (F) in pouch of <i>Hippocampus mohnikei</i>	32
Fig. 24. Distribution of the seahorses, <i>Hippocampus mohnikei</i> and <i>Hippocampus coronatus</i>	34
Fig. 25. Photographs of <i>Hippocampus coronatus</i> (A) and <i>Hippocampus mohnikei</i> (B)	34
Fig. 26. Morphological characters of seahorses	35
Fig. 27. Comparison of the gonad developmental time (day) and the GSI(%) of <i>Hippocampus kuda</i> Bleeker, at different temperatures	44
Fig. 28. Gonadosomatic index (GSI) of females of <i>Hippocampus erectus</i>	44

Comparison of Seasonal Occurrence Pattern, Feeding Habits and
Spawning between *Hippocampus coronatus* and *Hippocampus mohnikei*
in the Eelgrass bed (*Zostera marina*) of Dongdae Bay, Korea

Bong Jun Seung

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

Abstract

Seasonal occurrence pattern, feeding habits and spawning between *Hippocampus coronatus* and *Hippocampus mohnikei* were studied in the eelgrass bed (*Zostera marina*) of Dongdae Bay, Korea from September 2006 to August 2007. A total of 284 *Hippocampus coronatus* (164) and *Hippocampus mohnikei* (120) were collected from September 2006 to August 2007. Particularly higher numbers of *H. mohnikei* were collected in April 2007 and August 2007, however, those of *H. coronatus* in September 2006. The size of *H. coronatus* ranged from 2.41 to 9.32 cm in height, and smaller individuals (< 5 cm in height) occurred more frequently higher in September 2006, December 2006, and from June to August 2007. For *H. mohnikei*, the size ranged from 4.23 to 9.59 cm in height, and smaller individuals occurred more frequently in June 2007 and July 2007.

These two species were carnivores which consumed mainly amphipods and copepods. Its diets also included a small amount of ascothoracids, tanaidaceans, mysids, and cumaceans. Amphipods were the most important prey organisms to all size classes of these two species except for smaller individuals which exclusively fed copepods. While the dietary breadth of *H. coronatus* increased with increasing fish size, those of *H. mohnikei* were decreased.

The gonadosomatic index (GSI) of the female of *H. coronatus* varied from 2.79 in December 2006 to 8.53 in September 2006, but that of *H. mohnikei* varied from 0.61 in April 2007 to 9.92 in September 2006. The spawning season of *H. coronatus* was from June to October, and that of *H. mohnikei* was from June to September during the study period. The fecundity of females was better correlated with body weight (BW) than height (Ht). However, the number of larvae in pouch of males was not correlated with body weight (BW) and height (Ht).

I. 서론

해마류(genus *Hippocampus*)는 큰가시고기목(order Gasterosteiformes), 실고기과 (family Syngnathidae)에 속하며(Lourie *et al.*, 2004) 전 세계적으로 33종이 알려져 있다. 현재까지 우리나라에는 남해안의 잘피밭에서 주로 출현하고 있으며, 해마(*Hippocampus coronatus*), 가시해마(*Hippocampus histrix*), 복해마(*Hippocampus kuda*), 산호해마(*Hippocampus mohnkei*), 점해마(*Hippocampus trimaculatus*)로 5종이 분포한다고 알려져 있다(Kim and Lee, 1995). 다른 어종들과는 달리 해마류는 산란기에 암컷이 수컷의 육아낭에 알을 넘겨주어 수컷이 새끼를 출산하는 특이한 산란 방식을 가지고 있으며, 크기는 종에 따라 수 cm 에서 35 cm 까지 다양한 크기를 가지고 있었다. 대부분의 해마류는 열대나 아열대 지방의 수심 5~100 m 에서 서식하고 있다.

최근 관상용 및 한약재 재료로서 해마류의 수요가 급격히 증가함에 따라 남획이 이루어지고 있어 동남 아시아에서는 일부 종이 멸종위기에 이르고 있는 것으로 보고되고 있다(Vincent, 1996; Lourie *et al.*, 1999a, b). 또한 인간의 무분별한 연안개발로 인해 그 서식지가 파괴되고 있는 실정이다. 이에 따라 해마는 2002년부터 CITES(CITES Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; 야생 동식물의 국제 거래에 관한 협약) 품목에 포함됨으로써 국제간의 거래가 제한되어있는 품종이다. 그리고 2003년 총 33종이 모두 IUCN Red list ((World Conservation Union) Red List is the most comprehensive inventory of the global conservation status of plant and animal species))에 등록되었으며, 최근 세계적으로 해마 자원량을 증대시키기 위해 해마에 대한 많은 연구와 양식이 진행되고 있다. 대표적인 연구로 영국을 주축으로 필리핀, 캐나다, 호주, 홍콩 등 여러 나라에서 공동 진행 중인 Seahorse Project가 있다.

지금까지 국외에서 보고된 해마류에 관한 연구를 살펴보면 해마류가 많이 서식하는 동남 아시아 지역에서 해마류의 분포에 관한 연구(Lourie *et al.*, 2005; Thangaraj *et al.*, 2007; Meeuwig, 2006)와 세계적으로 분포하는 해마류의 분류에 관한 연구(Lourie *et al.*, 1999), 섭이에 관한 연구(Teixeira *et al.*, 2004; Felício *et al.*, 2006), 산란에 있어 짝짓기 형태(polygamy(일부다처제)혹은 monogamy(일부일처제))에 관한 연구(Varnemo, 2000; Vincent *et al.*, 1995), 먹이생물이나 수온 광주기 등의 환경요인과 이에 따른 치어의 성장과의 연관성에 관한 연구(Lin *et al.*, 2007; Sheng *et al.*, 2006), 해마의 등지느러미 기능에 관한 형태학적 연구(Consi *et al.*, 2001), 해마 난의 발달과정(Pham *et al.*, 1998; Kornienko, 2001) 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다.

국내의 연구에서는 실험실에서 사육한 Hedgehog seahorse의 산출습성 및 형태발달에 관한 연구(Kamg, 2004), 복해마의 형태발달에 관한 연구(Ko and Kim, 2004), 여수지역에 출현하는 해마의 분포와 사육에 관한 연구(Choi, 2006) 등 대부분 자어의 형태 발달 등에 관한 연구와 잘피발 어류 군집 연구에서 해마류의 분포가 보고된 바 있다. 광양만(Huh and Kwak, 1997), 진동만(Im, 1995; Baeck *et al.*, 2005), 앵강만(Hwang, 2006) 잘피발 연구에서는 산호해마가, 고흥반도(Han *et al.*, 2001)와 거제도 지세포(Kim and Kwak, 2006) 잘피발에서는 해마가 출현하는 것으로 보고되고 있으나, 해마류의 생태적인 연구는 거의 미미한 실정이다.

본 연구에서는 동대만 잘피발에서 서식하는 산호해마(*Hippocampus mohnikei*)와 해마(*Hippocampus coronatus*)의 계절적인 출현 양상, 먹이습성, 그리고 산란시기를 비교, 고찰하고자 한다. 본 연구 결과는 앞으로 해마류에 대한 보존대책 마련을 위한 기초자료를 제공할 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 출현량 변동

본 연구에 사용된 해마와 산호해마는 2006년 9월부터 2007년 8월까지 동대만 잘피밭(Fig. 1)에서 매월 소형 beam trawl(Fig. 2)과 통발을 이용하여 채집하였다. 시료 채집에 사용된 소형 beam trawl의 크기는 길이가 5m이고, 망목의 크기는 날개그물에서 1.9 cm 에서 끝자루로 갈수록 차츰 망목의 크기가 감소하여 끝 자루에서는 1 cm이다. 1회 예인면적은 180 m²였으며, 4회 반복하였다. 해마를 채집하기 위한 보조 도구로 통발과 쪽대를 이용하였다.

환경요인 중 어류 현존량에 영향을 미치는 요인으로 추정되는 수온과 염분 그리고 잘피의 생체량 변화를 조사하였다. 수온과 염분은 현장에서 수온염분계를 이용하여 각각 0.1℃, 0.01‰ 까지 측정하였다. 잘피는 저조시 직접 잘피밭에서 방형구를 이용하여 단위면적당 건조중량을 측정하였다.

채집된 해마와 산호해마는 현장에서 즉시 10% 중성 포르말린에 고정된 후 실험실로 운반하여 동정, 계수하였다. 해마와 산호해마의 동정은 Sara *et al.*(2004)을 따랐다. 해마와 산호해마는 Lourie(2003)에 따라 관상돌기에서 꼬리끝까지 길이(height: Ht), 주둥이 길이(Snout length: SnL), 주둥이 두께(Snout diameter: SnD), 두장(Head length: HL), 체장(Trunk length: TrL), 미장(Tail length: TaL),의 길이를 0.1mm까지 측정하였고, 무게는 0.01g까지 측정하였다.

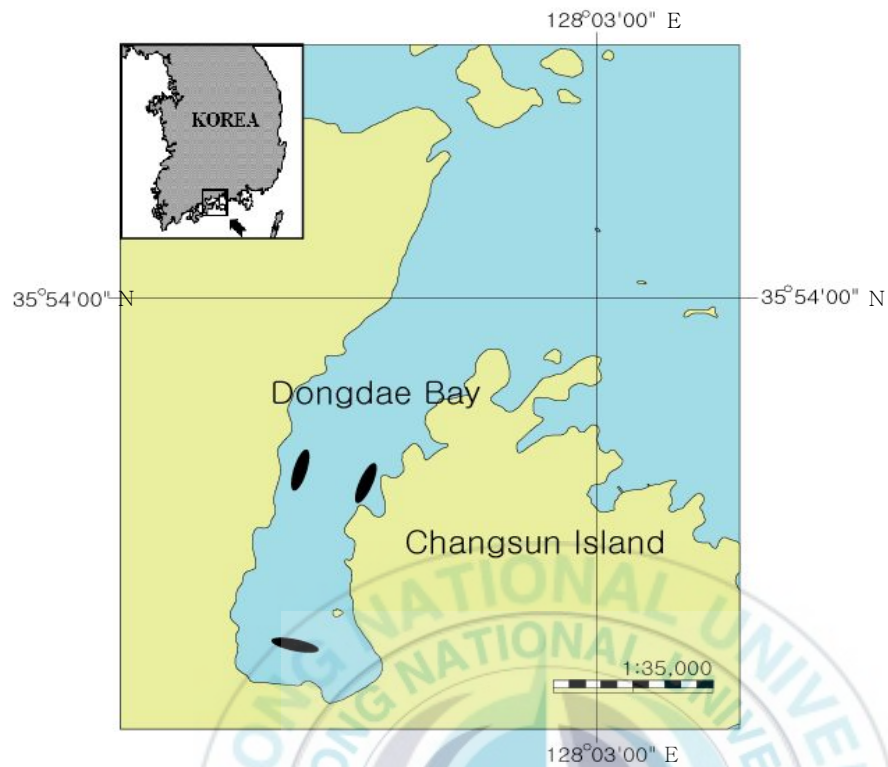


Fig. 1. Location of the sampling area (Dongdae Bay)

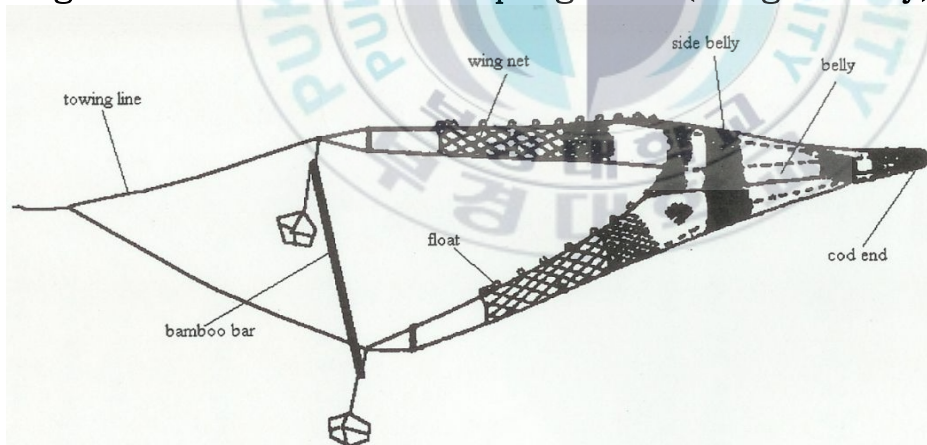


Fig. 2. Diagram of a beam trawl used in this study

2. 먹이습성

먹이습성을 파악하기 위하여 해마와 산호해마의 위와 장을 함께 분리하여 측정하였다. 이처럼 위와 장을 함께 분리한 이유는 해마와 산호해마의 내장은 I형으로 위와 장의 구분이 확실하지 않기 때문이다. 각 해마를 머리 위의 돌기부터 꼬리까지 길이인 전장(Ht: height)을 기준으로 1 cm 간격의 크기군(size class)을 나눈 뒤 위장을 분리하였다. 위장의 내용물은 해부현미경을 이용하여 먹이 종류별로 구분하였다. 먹이생물은 Okada(1981)를 이용하여 동정하였다. 먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 먹이생물의 크기를 mm까지 측정하였다. 그 후 종류별로 건조기에 넣고 80℃에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량 0.1 mg 까지 측정하였다. 위장내용물의 분석 결과는 각 먹이 생물에 대한 출현빈도, 먹이생물이 개체수비와 건조중량비로 나타내었다. 출현빈도(Fi)는 다음과 같이 구하였다.

$$F_i(\%) = A_i / N \times 100$$

여기서 A_i 는 해당 먹이생물이 위장의 내용물 중 발견된 해마의 개체수이고, N 은 위장 속에 내용물이 있었던 해마의 개체수이다.

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

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

여기서, N 은 먹이생물 총 개체수에 대한 해당 먹이생물이 차지한 백분율이며, W 는 먹이생물 총 건조중량에 대한 백분율이고, F 는 각 먹이생물의 출현

빈도이다. 또 각 먹이생물의 상대중요도 지수를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(IRI%)를 구하였다.

먹이 생물을 어느 정도 다양하게 먹고 있는가를 파악하기 위하여 dietary breadth index(B_i)를 구하였다(Krebs, 1989)

$$B_i = (1/n-1)(1/\sum P_{ij}^2-1)$$

여기서 P_{ij} 는 포식자 i 의 위장내용물 중 먹이생물 j 가 차지하는 비율이고, n 은 총 먹이생물의 종수이다. 이 지수의 범위는 0부터 1까지로 수치가 1에 가까울수록 다양한 먹이생물을 먹는 종으로 볼 수 있다(Gibson and Ezzi, 1987; Krebs, 1989).

3. 산란

해마와 산호해마의 각 개체는 형태적으로 육아낭의 유무에 따라 암, 수를 구분하였고 암컷의 생식소 중량지수(gonadosomatic index, GSI)를 구하였다.

$$GSI(\%) = GW(g) / BW(g) \times 10^2$$

암컷은 pre-hydrated egg의 수와 난경(egg diameter)를 측정하였고, 수컷은 육아낭속의 보육난을 분리하여 개체수를 측정하였다. 암컷 난소내의 있는 난의 길이를 측정하여 histogram으로 나타내었다.

해마와 산호해마 치어의 성장율을 알아보기 위해 실험실에서 400L 수조를 이용하여 사육을 하였다. 2007년 8월에 채집한 해마와 산호해마 각각 2쌍씩 실험실로 옮긴후 수조에서 태어난 해마와 산호해마의 치어의 성장율을 관찰하

였다. 먹이는 실험실에서 부화시킨 알테미아를 하루에 두번씩 공급하였으며 광주기는 14D : 10N를 유지하였다. 수온과 염분은 25~27°C와 30~32‰을 유지하였다. 해마 치어는 4일 간격으로 1미씩 그리고 산호해마는 4일 간격으로 5미씩 포르말린에 고정 시킨 다음 각 부위별로 측정하였다. 측정에 사용된 해마 치어는 총 12개체였으며 산호해마는 15개체였다.



III. 결과

1. 환경특성

동대만에서 우점하는 해초류는 잘피(*Zostera marina*)로 그 현존량이 연중 변화한다. 생체량은 봄과 여름에 높고 가을이 되면서 급격하게 감소하였다. 잘피의 생체량은 12월에 가장 낮은 187.2 g/m^2 , 7월에 가장 높은 710.4 g/m^2 를 나타내었다(Fig. 3).

수온은 2007년 1월에 7.6°C 를 나타내었고 여름으로 갈수록 상승하여 2007년 7월에 가장 높은 27.7°C 를 나타내는 전형적인 온대 해역의 계절변동 양상을 보였다. 따라서 잘피량과 수온은 모두 7월에 가장 높은 수치를 나타내었다.

염분은 19.5~34.2‰ 범위를 보였다. 30‰ 이하의 낮은 염분을 보인 달은 2007년 7월과 8월, 2006년 9월이었으며 이시기에 집중호우로 인해 강우량의 증가하였기 때문인 것으로 보인다. 이 시기를 제외한 달에는 30.4~34.2‰ 범위를 보였다(Fig. 4).

2. 출현량 변동

해마는 총 164개체가 채집되었고, 빗트롤 4회 예인면적(720m^2)당 97개체였다. 동대만에서 채집된 총 49종의 어류 중 12번째로 많이 출현하였고, 개체수의 비율은 전체의 2.05%를 차지하였다. 조사 기간 중 2007년 1월에서 5월 사이에는 채집되지 않았고 나머지 달에는 모두 채집되었다. 하계로 들어가는

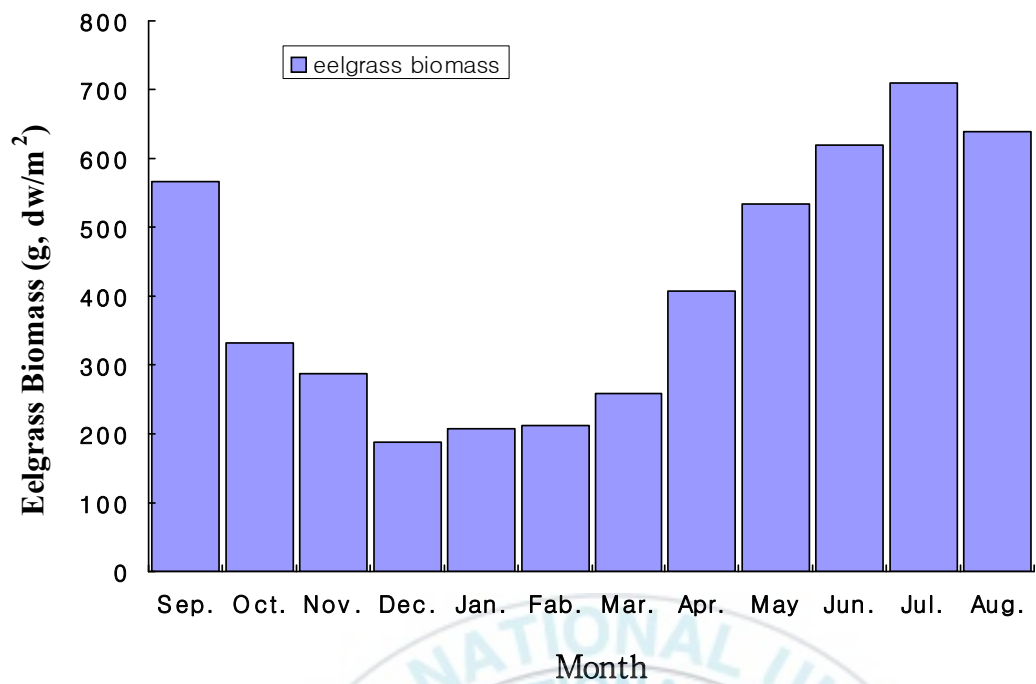


Fig. 3. Monthly variations of eelgrass biomass in the eelgrass bed of Dongdae Bay.

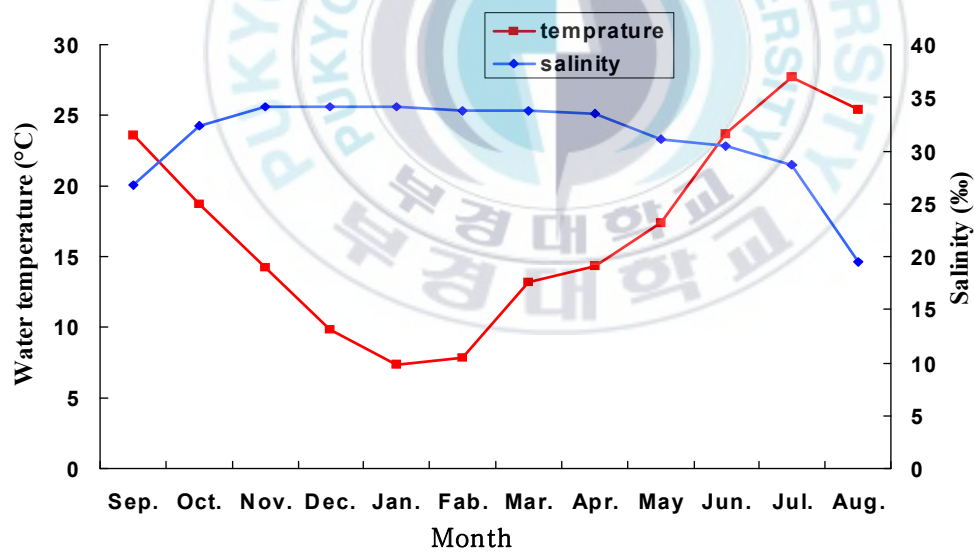


Fig. 4. Monthly variations of temperature and salinity in the eelgrass bed of Dongdae Bay.

6월부터 해마가 출현하기 시작하여 6월에 8개체, 7월에 18개체, 8월에 25개체, 그리고 9월에 28개체가 채집되었다. 조사 기간 중 대부분의 해마가 이 시기에 채집되었으며 10월로 넘어가면서 그 숫자가 점점 줄어들어 10월과 11월에 2개체로 그 수가 급격히 줄어들었으나 12월에는 14개체가 채집되었다(Fig. 5).

해마의 체장 변화를 살펴보면, 채집된 해마의 전장(Ht)의 범위는 2.41~9.32 cm로 나타났다. 해마가 채집되기 시작한 6월에 2 cm 크기의 작은 개체들이 출현하기 시작하여 이후부터 3 cm 크기의 비교적 작은 개체들이 지속적으로 출현하였고 10월 이후에는 5 cm 이상의 개체만 출현하였다. 그러나 12월에 다시 3 cm 이하 크기의 개체가 출현하였다(Fig. 6).

산호해마(*H. mohnikei*)는 120개체가 채집되었으며 동대만에서 채집된 총 49종중 16번째로 많이 출현하였고 개체수는 전체의 1.07%를 차지하였다. 산호해마는 1~3월에 채집되지 않았고 4월 달부터 채집되기 시작하여 4월에 1개체가 출현하고 5월에 나타나지 않았으나 수온이 비교적 높은 6~8월에 전체 개체수의 74%이상을 차지하였다. 8월 이후부터 출현개체수가 점점 감소하여 12월에는 1마리가 채집되었다(Fig. 5).

산호해마의 체장 변화를 살펴보면, 채집된 산호해마 전장(Ht)의 범위는 4.23~9.59 cm로 나타났다. 채집되기 시작하는 4월에는 7 cm 이상의 비교적 큰 개체들이 출현하였다. 6월도 마찬가지로 8 cm 이상의 큰 개체들이 출현하였고 7월로 들어서면서 4 cm 크기의 비교적 작은 개체들이 출현하기 시작했으며 이 시기에 8~10 cm의 큰 개체들도 함께 출현하였다. 작은 개체들이 8월까지 작은 개체들이 출현하였고 9월 이후에는 다시 8 cm 이상의 비교적 큰 개체들만이 출현하였다(Fig. 7).

암수의 비를 살펴보면 채집된 해마 164개체 중 수컷은 89개체로 54.3%를 차지하였으며 암컷은 75개체로 45.7%를 차지하였다. 산호해마는 수컷이 56개체로 총 120개체 중 46.7%를 나타냈으며 암컷은 64개체로 53.3%를 차지

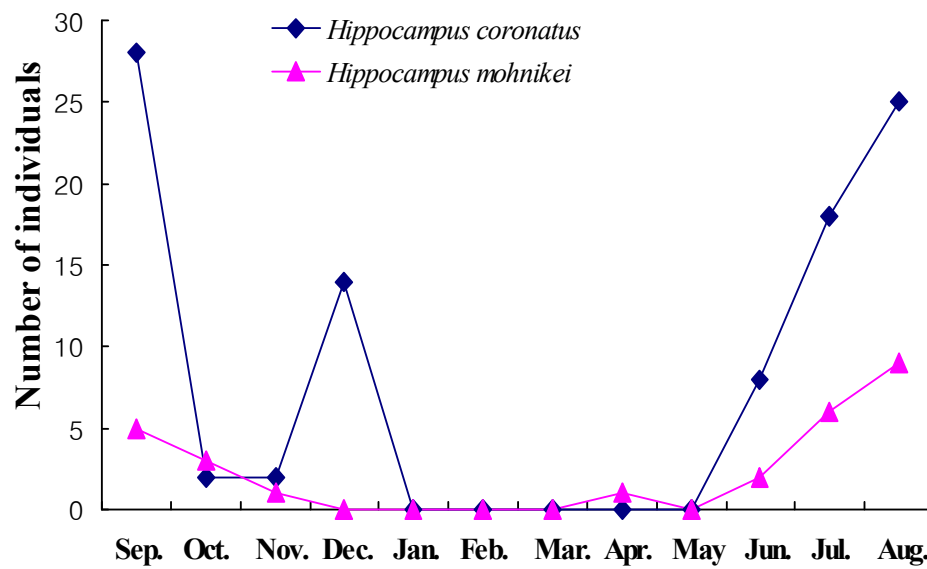


Fig. 5. Monthly variations in number of individuals in Dongdae Bay in sampling period.

Table. 1. Sex ratio of *Hippocampus coronatus* and *Hippocampus mohnikei*

		species	
		H. <i>coronatus</i> (n=164)	H. <i>mohnikei</i> (=120)
Male	N	89	56
	%	54,3	46,7
Female	N	75	64
	%	45,7	53,3

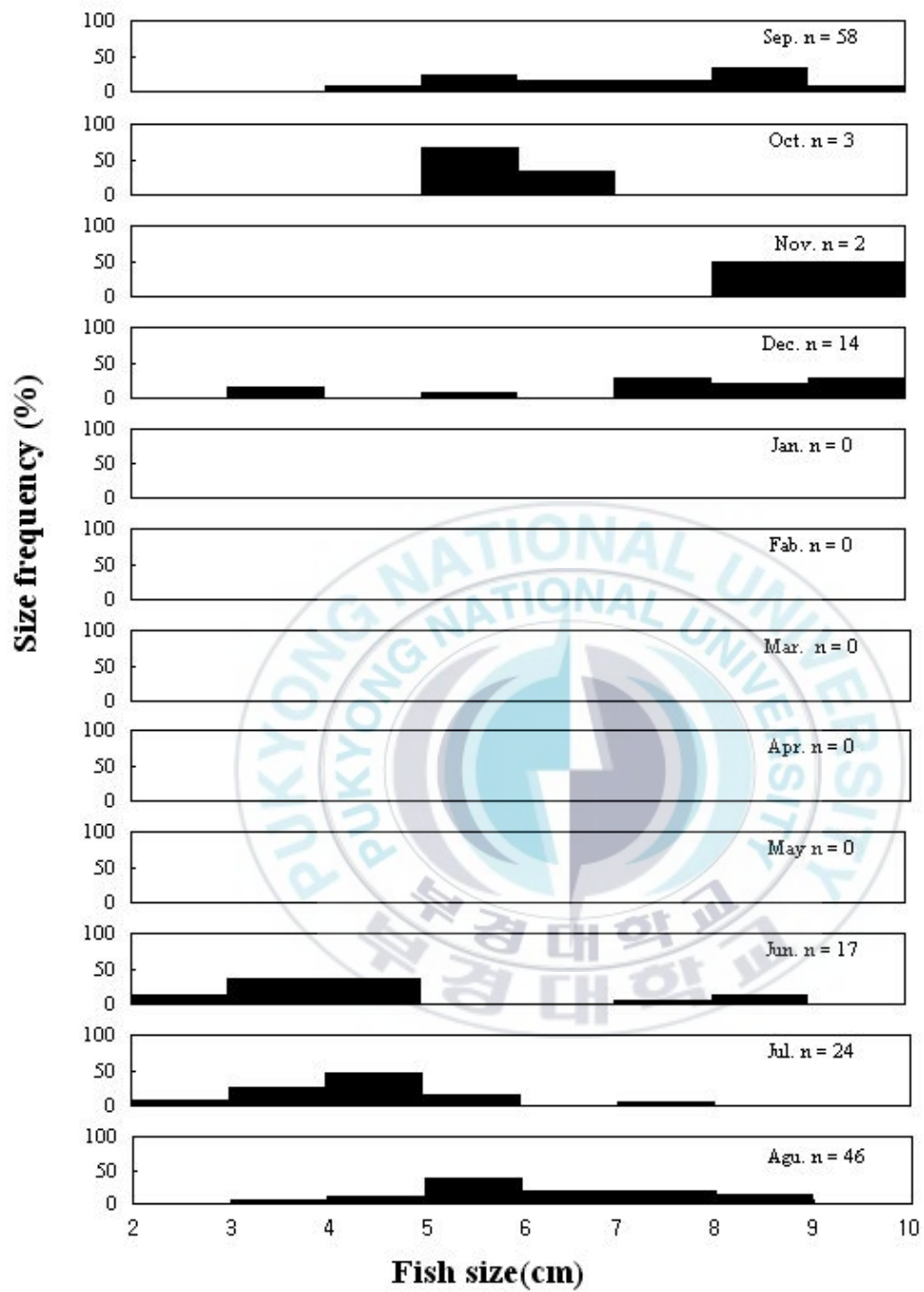


Fig. 6. Monthly variation in size distributions of *Hippocampus coronatus*

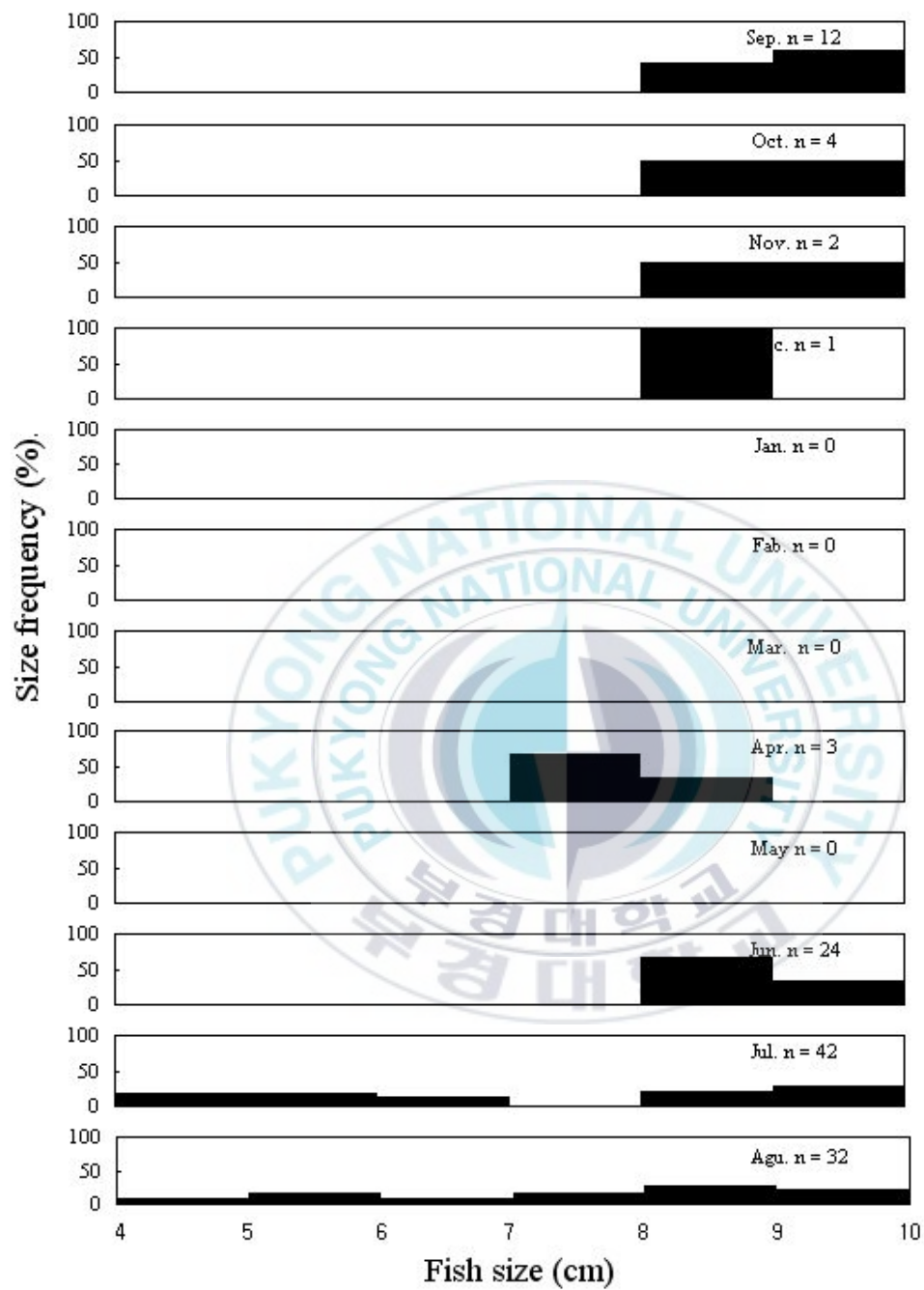


Fig. 7. Monthly variation in size distributions of *Hippocampus mohmikei*.

하였다(Table. 1).

빔트롤 4회 예인면적인 720 m² 당 해마의 경우 출현한 월을 기준으로 평균 13.86개체였으며 9월에 가장 많은 28개체가 출현하였다. 이것을 단위면적으로 환산했을 경우 1 m² 당 평균 0.02개체, 가장 많은 9월에는 0.04개체가 출현한 것이다. 산호해마는 1 m² 당 평균 0.005개체, 가장 많이 출현한 8월에 0.0125개체가 출현한 것으로 나타났다.

3. 식성

2006년 동대만에서 빔트롤과 통발등에 의해 채집된 개체수는 각각 해마가 164개체, 산호해마가 120개체였다.

식성분석에 사용된 두 종의 위장에 내용물이 전혀 발견되지 않았던 개체는 해마 8개체, 산호해마 4개체로 공복율은 각각 4.9%와 3.3%였다.

위장에 내용물이 있었던 156개체의 해마를 분석한 결과는 Table. 2와 같다.

해마의 가장 중요한 먹이 생물은 상대중요도지수비가 가장 높게 나타난 단각류와 요각류였다. 단각류는 80.4%의 출현 빈도를 보였으며, 총 먹이 생물 개체수의 35.9%를 차지하였고, 60.6%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요도지수는 64.6%였다. 단각류 다음으로 요각류를 많이 섭이 하였는데 57.3%의 출현빈도, 42.4%의 개체수비, 20.2%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요도지수비는 33.1%였다.

그 이외에 새각류 (Branchiopoda)는 3.0%의 출현빈도, 0.3%의 개체수비, 1.8%의 건조중량비를 나타냈으며 곤쟁이류 (Mysidacea)는 18.8%의 출현빈도, 2.5%의 개체수비, 7.7%의 건조중량비를 보였다. 곤쟁이류 중에서는 *Neomysis* sp.가 주로 섭이되었다. *Allobathynella* sp.는 5.5%의 출현빈도, 0.5%의 개체수비, 1.6%의 건조중량비를 나타냈다. 등각류 (Isopoda)는 6.8%

의 출현빈도, 1.0%의 개체수비, 1.3%의 건조중량비를 보였으며 상대중요도지수비 0.1%의 값을 나타내었다. 나머지 주걱벌레붙이류 (Tanaidacea), Ascothoracida, 쿠마류 (Cumacea)가 소량 섭이되었다.

산호해마도 해마와 마찬가지로 단각류와 요각류가 주요 먹이 생물로 나타났다. 먹이를 섭취한 116개체의 위장의 내용물분석 결과는 Table. 3과 같다..

단각류는 87.4%의 출현 빈도를 보였으며, 86.9%의 개체수비, 88.8%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요도지수는 97.3%였다. 단각류 다음으로 요각류를 많이 섭이 하였는데 12.2%의 출현빈도, 5.6%의 개체수비, 3.2%의 건조중량비를 나타냈으며 상대중요도 지수는 0.9%였다. 주걱벌레붙이류는 *Tanais cavolinii*만이 나타났으며 10.6%의 출현빈도, 6.0%의 개체수비, 3.7%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요도지수는 0.8%로 나타났다. 곤쟁이류는 출현빈도, 개체수비, 건조중량비가 각각 2.1%, 1.5%, 2.3%로 나타났다.

해마와 산호해마를 전장을 1 cm 크기군으로 나누어서 성장에 따른 먹이생물 변화를 알아본 결과는 각각 Fig. 8, Fig. 9와 같이 나타났다.

해마는 가장 작은 크기군인 체장 2~3 cm 크기군은 2개체가 채집되었으며 요각류가 100% 출현하였다. 3~4 cm 크기군에서 요각류의 건조중량비는 19%로 나타났고 단각류인 옆새우류와 주걱벌레붙이류등이 출현하기 시작하였다. 4~5 cm 크기군에서는 요각류의 비율은 건조중량비 10%까지 감소하였다. 5~6 cm 크기군부터 등각류를 섭이하기 시작하였다. 이 크기군부터 최대 크기까지 요각류의 비율은 7~13%를 유지하였지만 단각류는 그 비율이 점차 줄어들기 시작하였다. 6~7 cm 크기군부터 곤쟁이가 출현하기 시작하였다. 곤쟁이는 6~7 cm 크기군에서 건조중량비 5.1%를 차지하였으며 7~8 cm 크기군에서 4.7%, 8~9 cm 크기군에서는 13.2%, 9 cm 이상의 크기군에서는 6.8%를 차지하였다. 단각류인 Gammaridae, Caprellidae와 Tanaidacea는 3~4 cm에서 출현하여 4~5 cm 크기군에서 건조 중량비 83.8%를 나타내어 가장 많은 양을 차지하였으며 5~6 cm 크기군부터 감소하기 시작하여 6~7 cm 크기

Table. 2. Composition of the stomach contents of *Hippocampus coronatus* by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance(IRI).

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI(%)
Crustacea					
Amphipoda					
Gammaridea	74.4	35.0	58.9	6986.2	64.5
<i>Erichthonius pugnax</i>	3.7	1.0	0.7		
<i>Atylus</i> sp.	7.5	3.1	4.6		
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0.7	0.1	+		
<i>Elasmopus</i> sp.	1.5	0.2	0.1		
<i>Euprimno macropa</i>	0.7	0.2	0.7		
<i>Ampithoe</i> sp.	19.4	16.8	8.0		
<i>Kamaka</i> sp.	1.5	0.2	0.9		
<i>Paradexamine barnardi</i>	8.2	2.2	3.2		
<i>Pontogeneia rostrata</i>	20.1	11.2	9.4		
unidentified	35.6		31.3		
Caprellidea	6.0	0.9	1.7	15.6	0.1
Tanaidacea	4.3	0.6	0.8	6.0	0.1
<i>Anatanais</i> sp.	1.7	0.3	0.2		
<i>Tanais cavolinii</i>	0.9	0.1	0.6		
unidentified	1.7	0.2	+		
Copepoda	57.3	42.4	20.2	3587.0	33.1
<i>Calanus</i> sp.	5.2	1.6	0.1		
<i>Eurytemora herdmanni</i>	2.2	0.8	1.6		
<i>Idomene foliata</i>	0.7	0.1	+		
<i>Lepeophtheirus gonistii</i>	2.2	1.4	1.4		
<i>Pseudocalanus</i> sp.	0.7	0.1	+		
unidentified	53.2	38.4	17.1		
Brachiopoda	3.0	0.3	1.8	6.3	0.1
Ostracoda	2.4	1.7	1.3	7.2	0.1
Ascothoracida	1.5	1.3	0.1	2.1	+
Bathynellacea					
<i>Allobathynella</i> sp.	5.5	0.5	1.6	11.6	0.1
Mysidacea	18.8	2.5	7.7	191.8	1.8
<i>Neomysis</i> sp.	11.1	1.4	4.1		
<i>proneomysis</i> sp.	0.9	0.1	0.6		
<i>Siriella</i> sp.	0.9	0.1	0.2		
unidentified	6.0	0.9	2.8		
Cumacea	3.0	0.3	0.8	3.3	+
Isopoda	6.8	1.0	1.3	15.6	0.1
<i>Cymodos japonica</i>	0.9	0.1	0.4		
<i>Ligidium japonicum</i>	0.9	0.2	0.2		
<i>Synidotea larevi</i>	0.9	0.1	0.2		
<i>Tecticeps japonicus</i>	0.9	0.1	+		
unidentified	3.4	0.5	0.5		
Egg	0.7	4.5	0.2	3.3	+
Unidentified		9.0	3.6		
Total		100	100		100

+ : less than 0.1%

Table. 3. Composition of the stomach contents of *Hippocampus coronatus* by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance(IRI).

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Crustacea					
Amphipoda					
Gammaridea	71.8	80.0	83.2	11717.8	95.7
<i>Erichthonius pugnax</i>	35.8	17.1	17.2		
<i>Ampelisca</i> sp.	30.6	15.6	15.7		
<i>Corophium</i> sp.	29.7	13.4	13.6		
<i>Elasmopus</i> sp.	24.3	8.7	8.8		
<i>Melita</i> sp.	20.1	7.8	8.3		
<i>Ampithoe</i> sp.	13.5	6.6	6.9		
<i>Leucothoe</i> sp.	11.1	3.4	4.9		
<i>Podocerus</i> sp.	9.8	3.8	3.9		
<i>Cymadusa</i> sp.	7.7	2.3	2.4		
<i>Erichthonius</i> sp.	5.5	1.3	1.5		
Caprellidea	15.6	6.9	5.6	195.0	1.6
<i>Caprella kroeyeri</i>	12.6	5.1	4.5		
<i>Caprella scaura</i>	7.3	1.8	1.1		
<i>Caprella</i> sp.					
Tanaidacea					
<i>Tanais cavolinii</i>	10.6	6.0	3.7	102.8	0.8
Copepoda	12.2	5.6	3.2	107.4	0.9
<i>Acartia omorii</i>	11.1	2.2	1.8		
<i>Calanus sinicus</i>	5.8	1.4	0.7		
<i>Centropages yamadai</i>	4.2	0.6	0.5		
<i>Oncaea</i> sp.	2.8	1.4	0.2		
Mysidacea	2.1	1.5	2.3	8.0	0.1
Seagrass					
<i>Zostera marina</i>	12.8		2.0	25.6	0.2
Total		100.0	100.0		100.0

+ : less than 0.1%

에서 77.1%, 7~8 cm 크기군에서 72.3%, 8~9 cm 크기군에서 65.0%를 차지하였으며 9.0 cm 이상크기군에서 57.6%로 가장 적게 나타났다. 그리고 크기가 증가함에 따라 단각류, 요각류, 주걱벌레붙이류 이외의 곤쟁이류, 등각류등은 점유율이 증가하는 경향을 보였다(Fig. 8).

산호해마는 가장 작은 크기군인 체장 4~5 cm 크기군에서 요각류가 22%를 차지 하였으나 크기가 증가하면서 점유율이 점차 감소하여 4~5 cm 크기군에서 12%, 5~6 cm 크기군에서 10%의 비율을 나타냈으며 5~6 cm 이상의 크기군에서 요각류는 거의 발견되지 않았다. 단각류는 가장 작은 크기군인 4~5 cm 크기에서는 72%의 점유율을 보였으나 크기가 증가함에 따라 점유율이 점차 증가하여 5~6 cm 크기군에서는 79.5%, 6~7 cm 크기군에서 85.5%의 점유율을 보였고 9~10 cm 크기군에서 93.5%로 위장내용물의 거의 대부분을 차지하였다. 산호해마의 경우에는 해마의 경우와 다르게 곤쟁이류나 등각류등은 극히 소량만이 출현하였고, 반면 단각류를 극단적으로 많이 섭이하는 양상을 보였다(Fig. 9).

해마와 산호해마 대부분의 위장의 내용물에는 작은 크기의 단각류와 요각류가 출현빈도수, 건조중량비, 개체수비에서 높은 값을 나타내었으며 이 두 종류의 무게는 총 건조중량의 60% 이상을 차지하고 있었다. 해마의 경우 크기가 증가할수록 단각류와 요각류의 섭이가 점차적으로 줄어드는 경향을 나타내었는데 요각류가 단각류보다 더 급격한 감소하는 양상을 보였다. 산호해마의 경우 크기가 증가함에 따라 요각류의 섭이율은 줄어드는 반면 단각류의 비율은 크기에 따라 점점 증가하는 경향이 나타났다.

해마와 산호해마는 모두 성장함에 따라 입의 크기가 증가하는 경향이 나타났다. 해마의 경우 가장 작은 2.41 cm 크기에서 0.10 cm이던 입 크기가 가장 큰 9.32 cm 크기에서는 0.27 cm 까지 증가하였고, 산호해마는 4.23 cm 크기에서 0.18 cm로 가장 작았고 체장이 가장 큰 9.59 cm에서 0.29 cm로 크게 증가하였다(Fig. 10).

입의 크기가 커짐에 따라 해마와 산호해마의 먹이 생물 크기도 증가하는 경향이 나타났다. 해마의 성장에 따른 주 먹이 생물인 단각류의 크기 변화를 보면 Fig. 13과 같이 나타난다. 해마는 2~3 cm 크기군에서 요각류만을 섭이하여 단각류의 크기를 측정 할 수 없어 본 그래프에서는 나타 낼 수 없었다. 단각류를 섭이한 최소 크기인 3~4 cm 크기군에서 평균 2.2 mm의 먹이를 섭이하였으나 크기가 성장함에 따라 가장 큰 9 cm 이상의 크기군에서는 평균 3.25 mm까지 증가하였다. 산호해마의 경우 가장 작은 4~5 cm 크기군에서는 평균 2.2 mm의 먹이를 섭이하였으며 가장 큰 9 cm이상의 크기에서는 4.2 mm로 증가하였다(Fig. 11).

해마에 의해 섭이된 먹이생물의 dietary breadth index범위는 0.26~0.43으로 나타났다. 가장 작은 3~4 cm 크기군에서는 0.34로 나타났으며 4~5 cm 크기군에서 0.29로 감소하였으나 6~7 cm 크기군에서는 0.43을 나타내며 증가하는 경향을 나타내었으나 7~8 cm 크기군에서는 다시 0.26으로 다소 감소하였다가 9 cm이상의 크기군에서는 다시 0.40으로 증가하는 양상을 보여 크기가 증가하면서 먹이를 다양하게 섭이하는 경향을 보였다. 산호해마는 dietary breadth index 범위가 0.02~ 0.18로 아주 낮은 값을 보였다(Fig. 12). 작은 작은 크기인 4~5 cm 크기군에서는 0.18로 전 크기군중 가장 높은 값을 나타냈다. 크기가 증가할수록 값이 점차적으로 줄어들어 5~6 cm크기군에서 0.14, 6~7 cm 크기군에서는 0.08, 가장 큰 9 cm 이상의 크기군에서는 0.03으로 아주 낮은 값을 보였다.

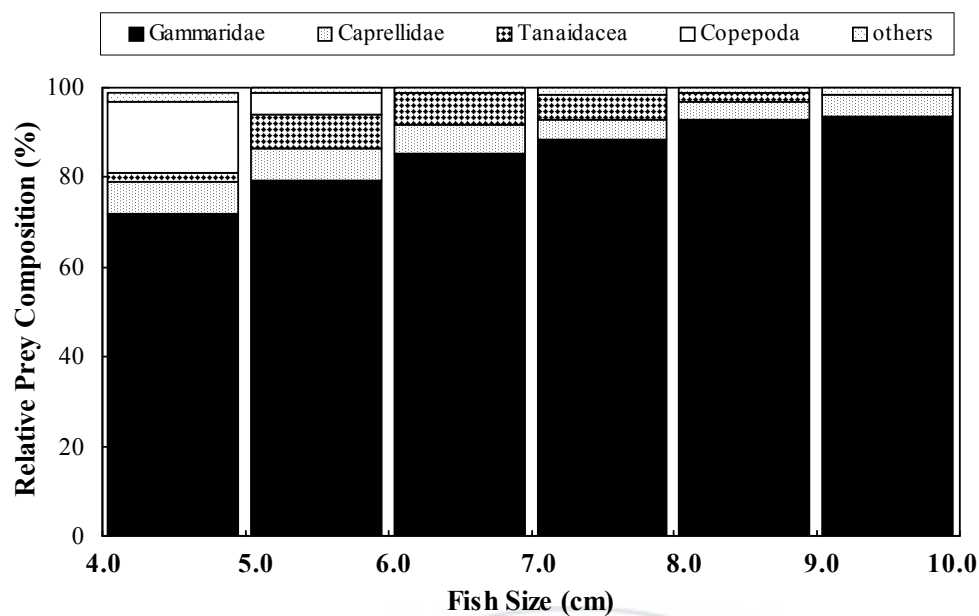


Fig. 8. Relationships between relative prey composition (DW, %) and body length of *Hippocampus coronatus*.

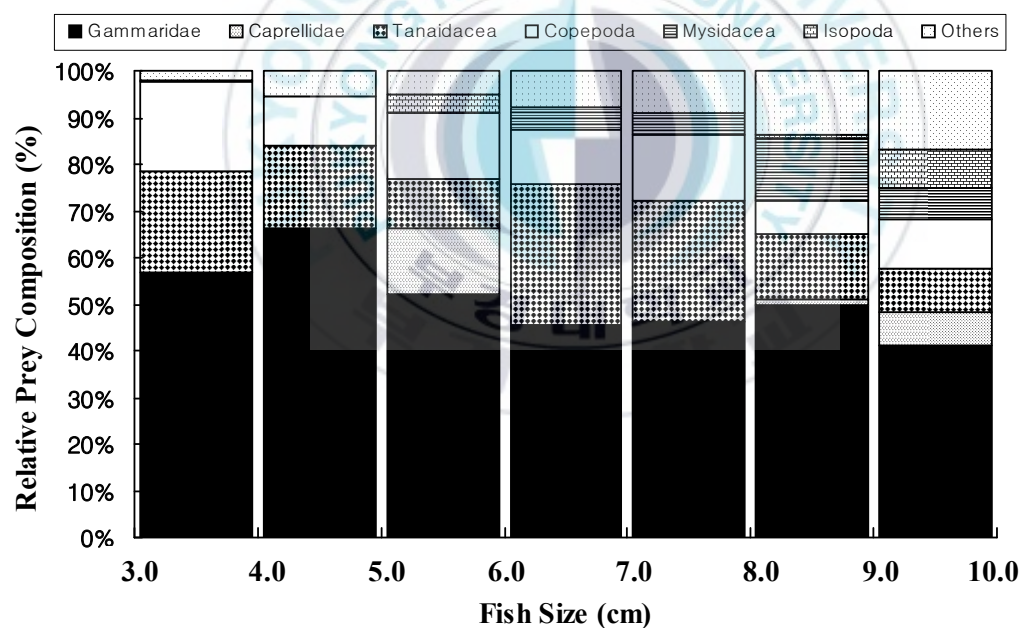


Fig. 9. Relationships between relative prey composition (DW, %) and body length of *Hippocampus mohnikei*.

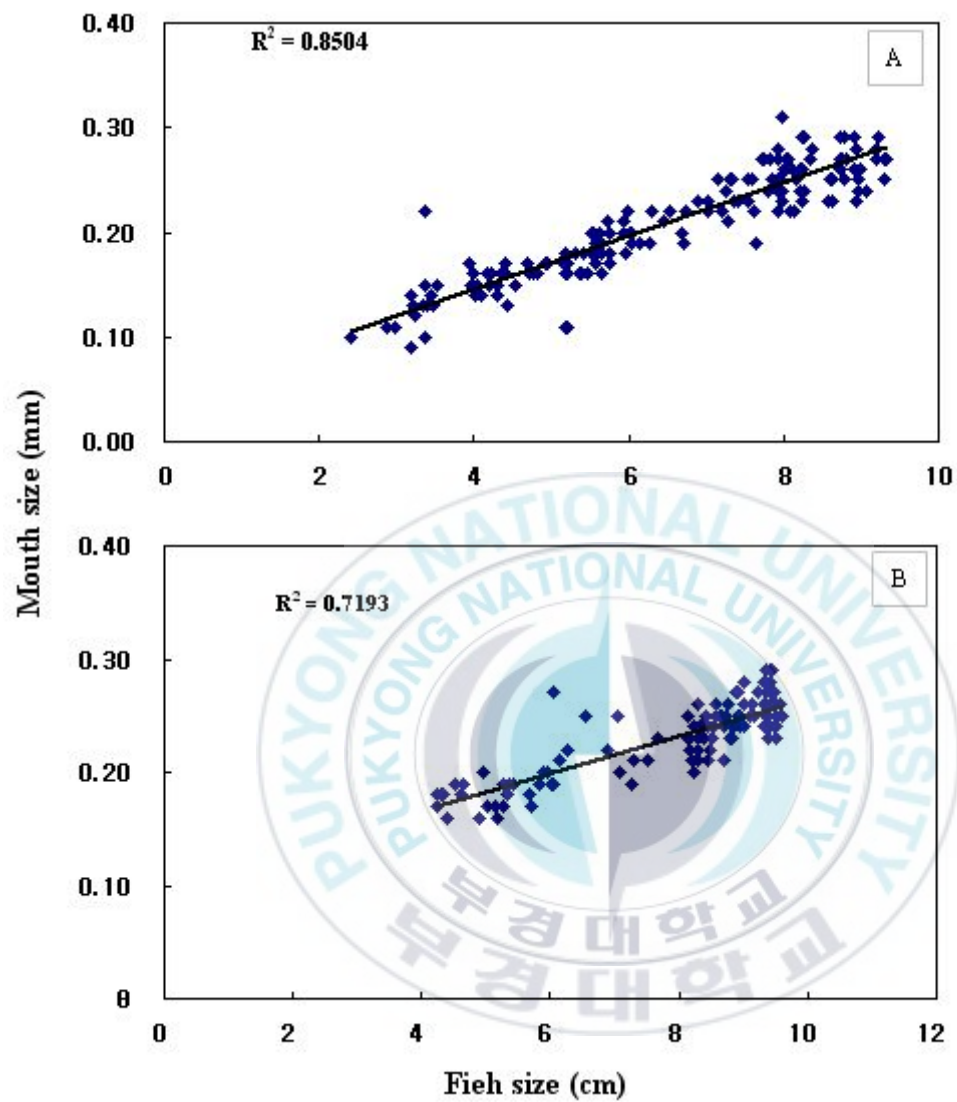


Fig. 10. Relationships between mouth size and height of *Hippocampus coronatus*(A) and *Hippocampus mohnikei*(B).

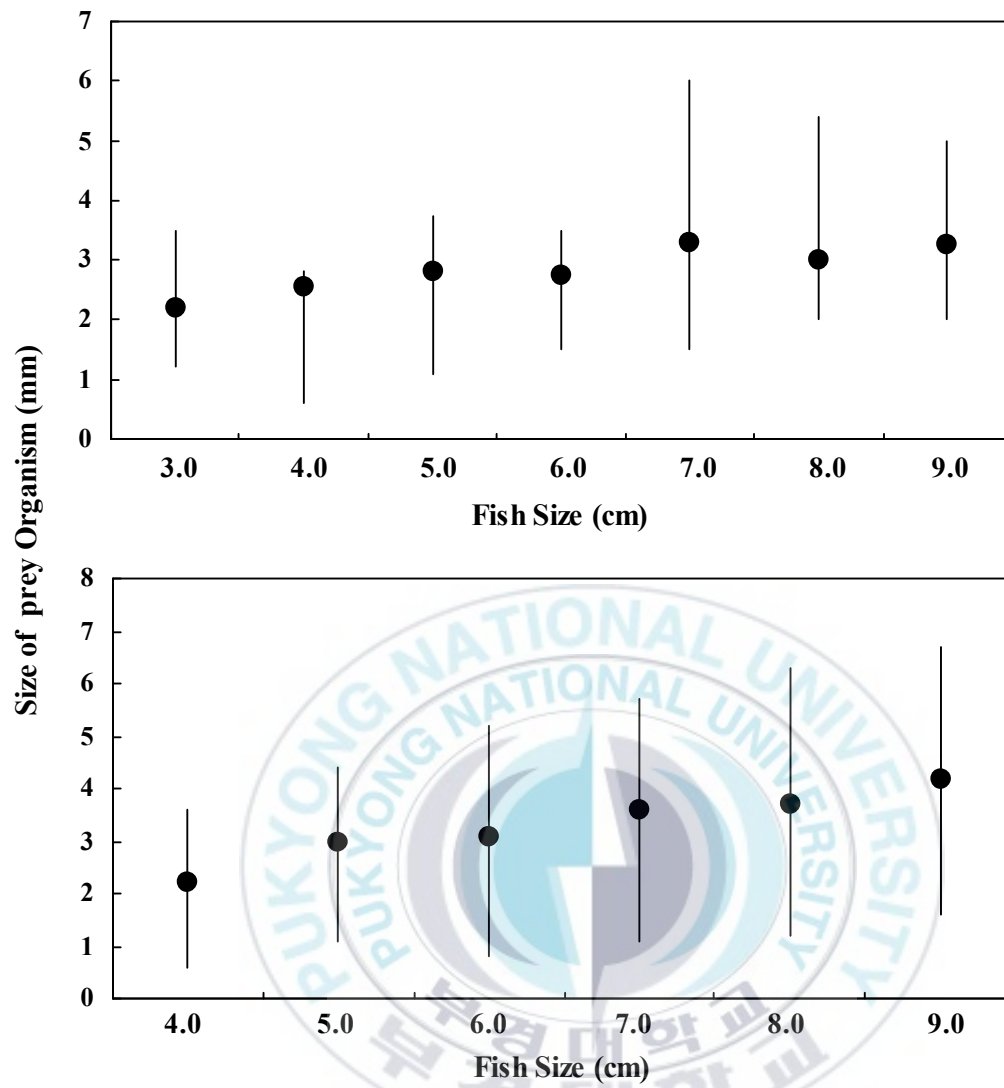


Fig. 11. Relationships between size of prey organisms and height of *Hippocampus coronatus* (A) and *Hippocampus mohnikei* (B).

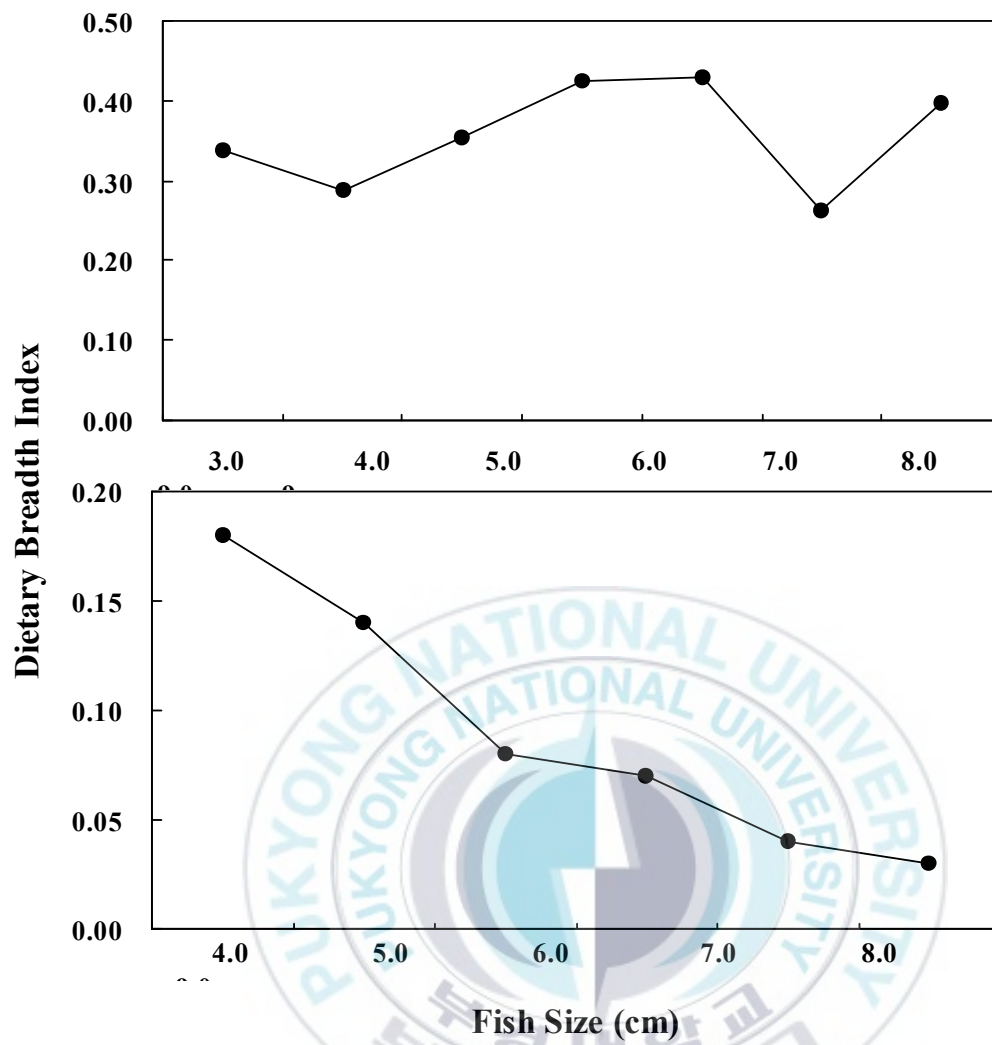


Fig. 12. The size-related variations of dietary breadth index of *Hippocampus coronatus* (A) and *Hippocampus mohnikei* (B).

4. 산란

해마류의 성숙연령은 다른 어류에 비해 빠른 것으로 알려져 있다. 해마의 경우 성숙연령은 전장 5.0 cm, 산호해마는 4.5 cm다(Seahorse project, 2004). 본 조사에서 채집된 해마 164개체 중 수컷은 89개체 암컷은 56개체였다. 수컷해마 89개체 중 전장 5.0 cm 이상은 56개체였고 이중 육아낭속에 해마 치어가 있는 것은 14개체로 25.0%의 포란율을 나타냈다.

해마 암컷의 생식소 중량지수(gonadosomatic index, GSI)는 성숙크기 이상에서 1.02에서 17.90의 값을 나타냈으며, 평균 GSI의 값은 2006년 12월에 가장 낮은 2.79에서 9월에 가장 높은 8.53를 나타냈다. 산호해마의 GSI는 0.61에서 9.92의 값을 나타냈으며 평균 GSI 값은 2007년 4월에 0.4로 가장 낮았고 2006년 9월에 7.96으로 가장 높게 나타났다(Fig. 13).

Fig. 16은 해마와 산호해마 암컷의 체장과 체중에 따른 포란수 관계를 보여준다. 해마의 개체당 포란수는 44~254의 범위를 보였고 평균 27.55개였다. 산호해마의 포란수는 159~456개의 범위를 보였고 평균 262.91개였다.

해마와 산호해마의 경우 암컷의 포란수는 길이(Ht) 보다 무게(body weight)와 더 상관성을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 14, 15, 16, 17).

$$H. coronatus : \text{Fecundity} = 73.088\text{BW} - 5.2175 \quad (R^2 = 0.4534(P<0.01))$$

$$H. coronatus : \text{Fecundity} = 36.583\text{Ht} - 190.63 \quad (R^2 = 0.3759(P<0.01))$$

$$H. mohnikei : \text{Fecundity} = 123.5675\text{BW} + 67.9459 \quad (R^2 = 0.6026 \quad (P<0.01))$$

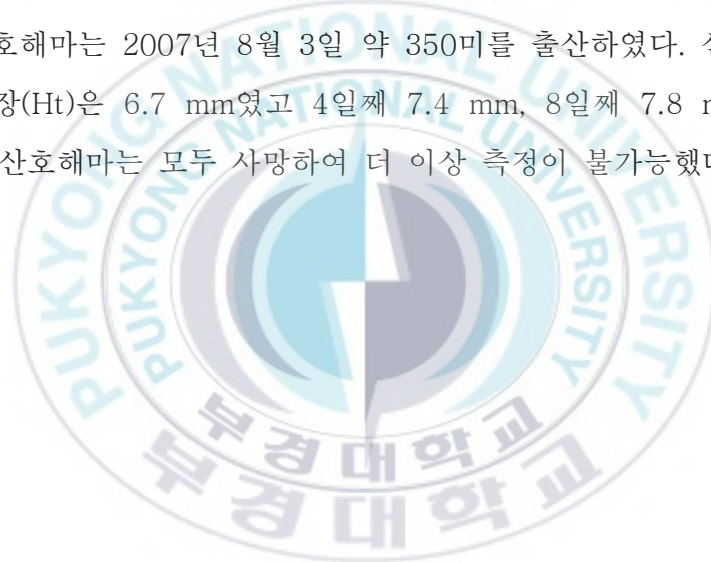
$$H. mohnikei : \text{Fecundity} = 55.887\text{Ht} - 177.09 \quad (R^2 = 0.1848(P>0.05))$$

해마의 경우 여러 크기의 알을 포란하고 있었으며 산호해마는 비슷한 크기의 난을 포란하고 있었다. Fig. 18과 Fig. 19는 산란기 암컷의 난소 내의 난의 직경에 따른 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 해마의 난은 달걀 모양으로 최

대 2.5mm의 크기로 나타났으며 난의 직경은 두세 번의 피크를 보였다. 이에 반해 산호해마의 난은 긴 옥수수 낱알 모양으로 생겼으며 최대 크기 1.75mm였으며 한 번의 피크를 보이는 그래프로 나타났다.

수컷 해마의 육아낭속에서 보육되고 있는 난의 수는 6~56마리의 범위를 보였고 평균 26.07개였다. 성숙란의 수는 평균 27.54개였다. 산호해마는 153~408마리의 범위를 보였고 평균 293.06마리였다. 수컷의 육아낭속에 보육되는 난의 수는 수컷의 체장, 체중과 연관성을 보이지 않았다(Fig. 20-23)

2007년 7월 30일 한 마리의 수컷해마가 18미의 치어를 출산하였다. 육아낭에서 출산될 때 해마의 전장(Ht)은 10.7 mm였고, 산호해마는 6.7 mm였다. 출산 4일째 해마는 11.4 mm였다. 출산 8일째는 11.8 mm였으며 마지막측정일인 44일째 해마의 전장은 19.9 mm였다. 이후 해마는 모두 폐사하여 측정할 수 없었다. 산호해마는 2007년 8월 3일 약 350미를 출산하였다. 산호해마가 출산할 때 전장(Ht)은 6.7 mm였고 4일째 7.4 mm, 8일째 7.8 mm였다. 그러나 8일 이후 산호해마는 모두 사망하여 더 이상 측정이 불가능했다.



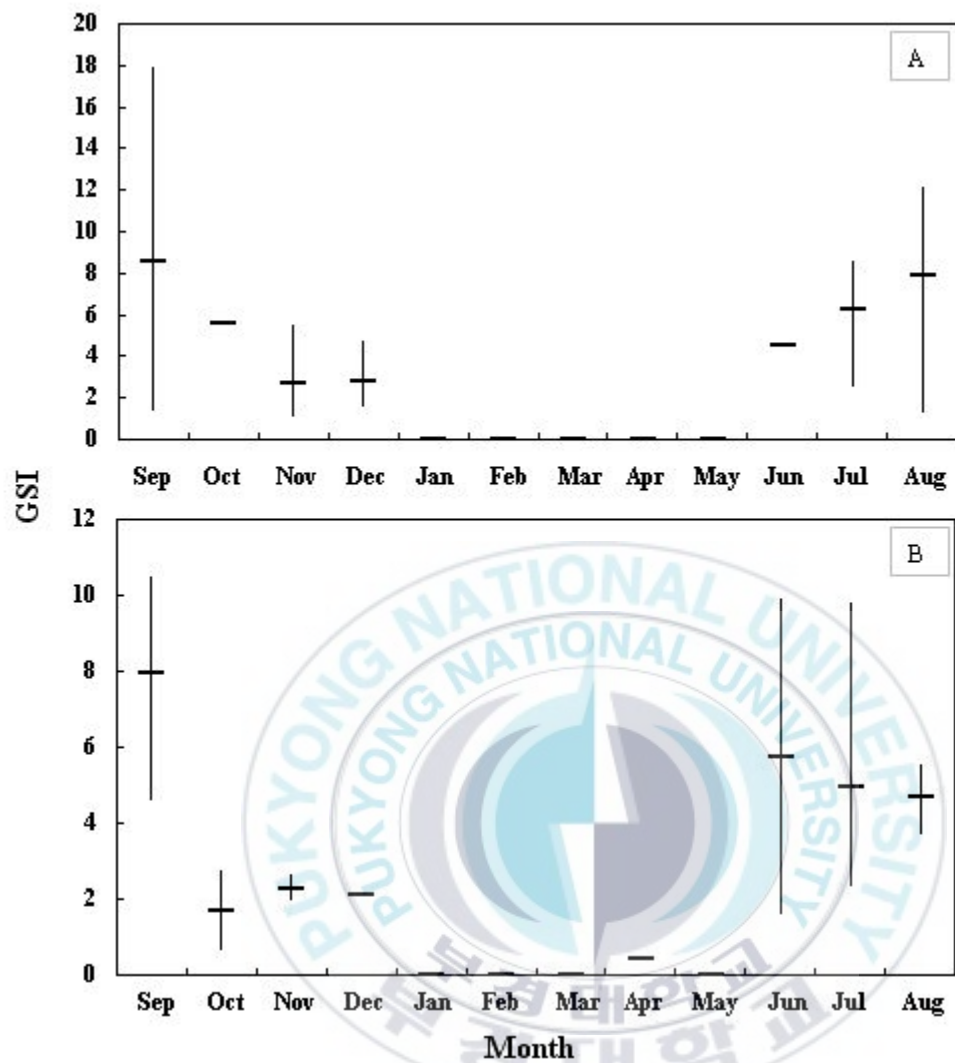


Fig. 13. Gonadosomatic index (GSI) of females of the *Hippocampus coronatus*(A) and *Hippocampus mohnikei*(B)

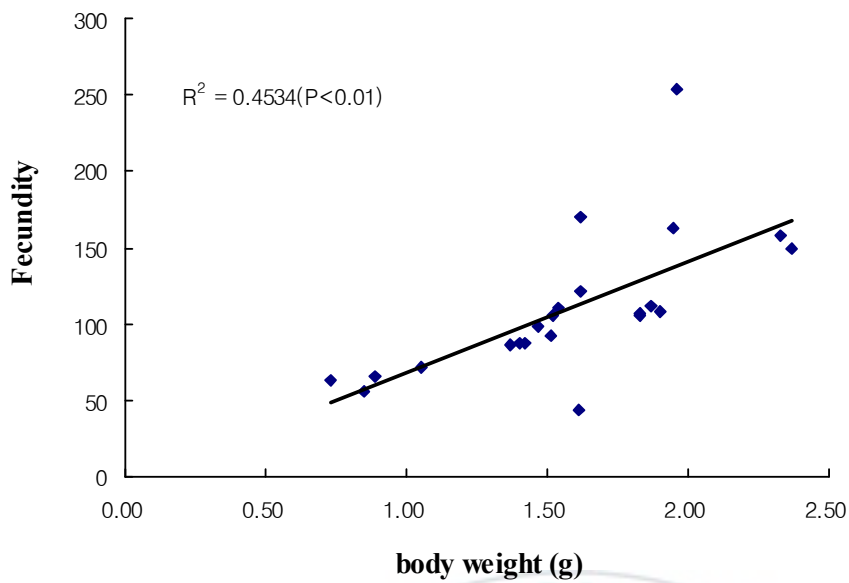


Fig. 14. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) of *Hippocampus coronatus*.

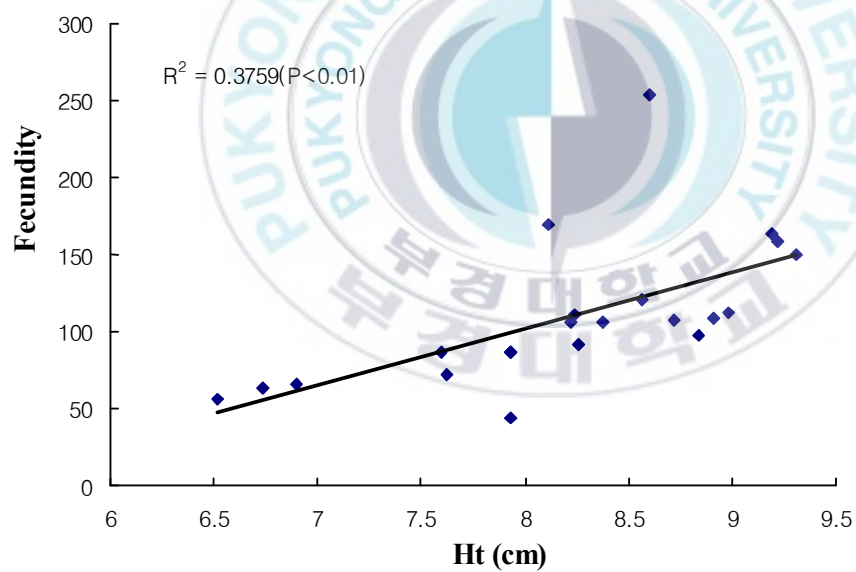


Fig. 15. Relationship between height (Ht) and fecundity (F) of *Hippocampus coronatus*.

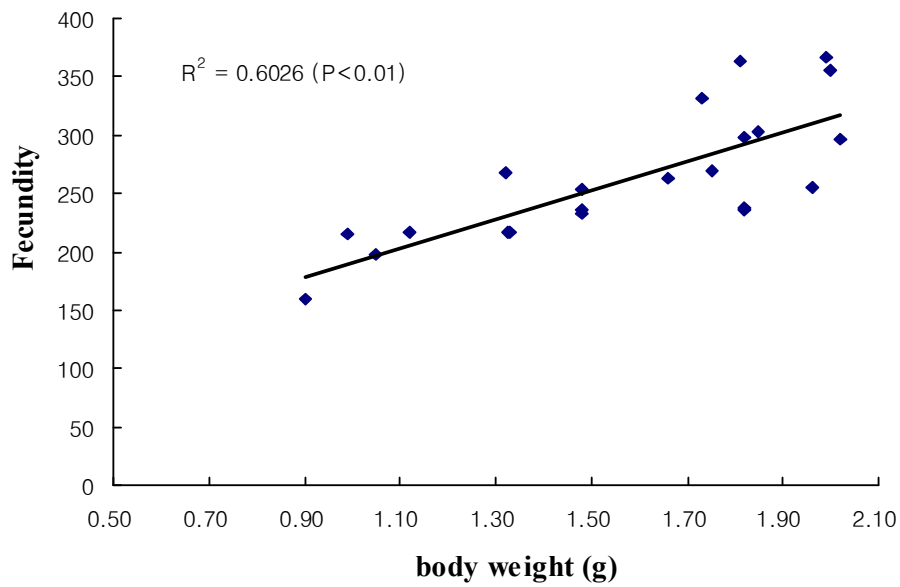


Fig. 16. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) of *Hippocampus mohnikei*.

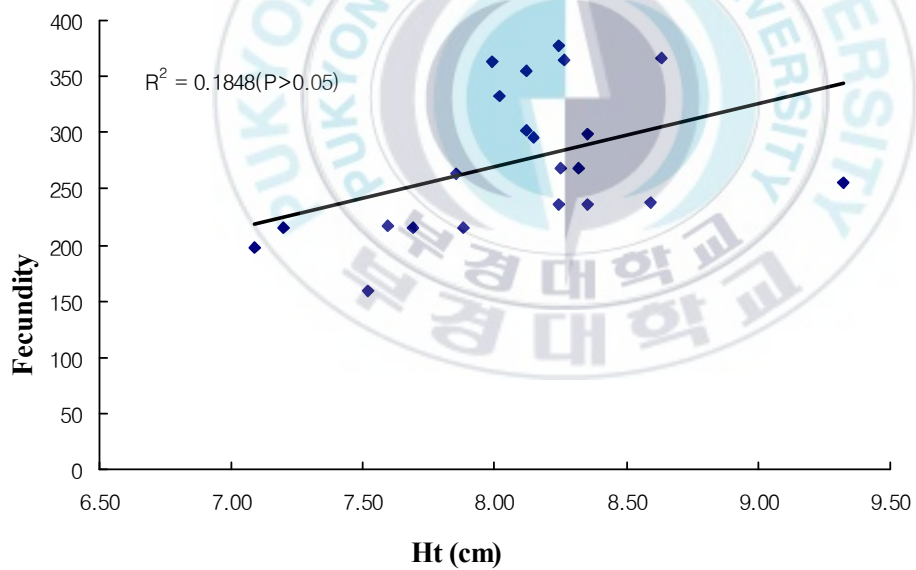


Fig. 17. Relationship between height (Ht) and fecundity (F) of *Hippocampus mohnikei*.

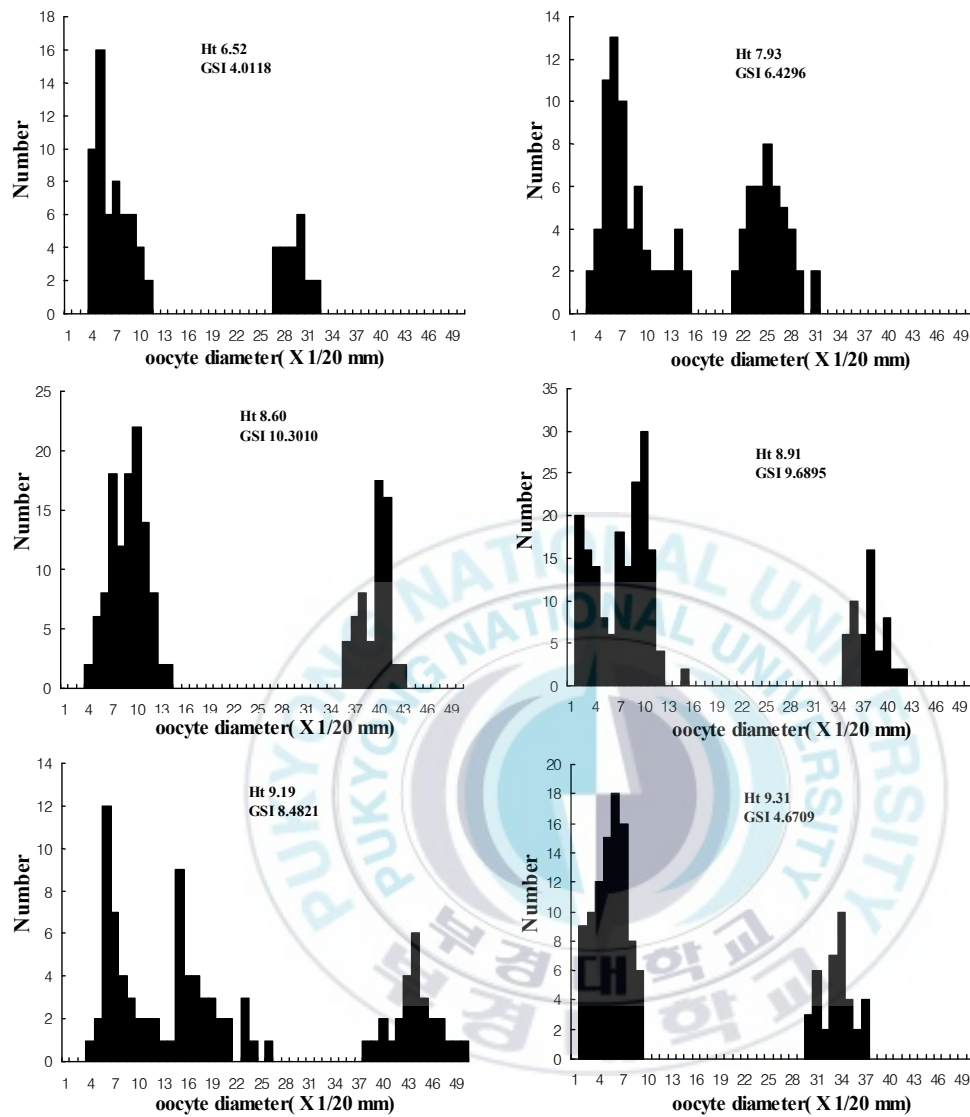


Fig. 18. Histograms of oocyte size distribution in advancing order of GSI of *Hippocampus coronatus*.

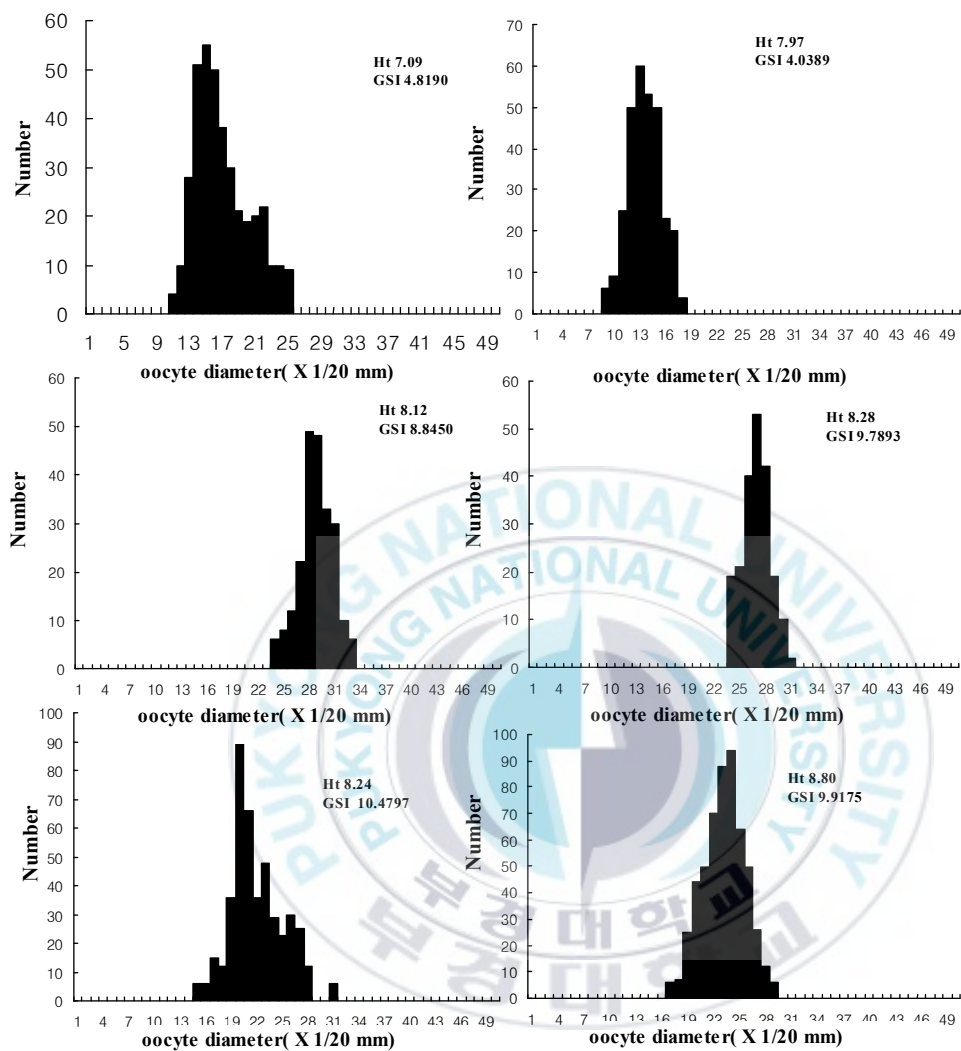


Fig. 19. Histograms of oocyte size distribution in advancing order of GSI of *Hippocampus mohnikei*.

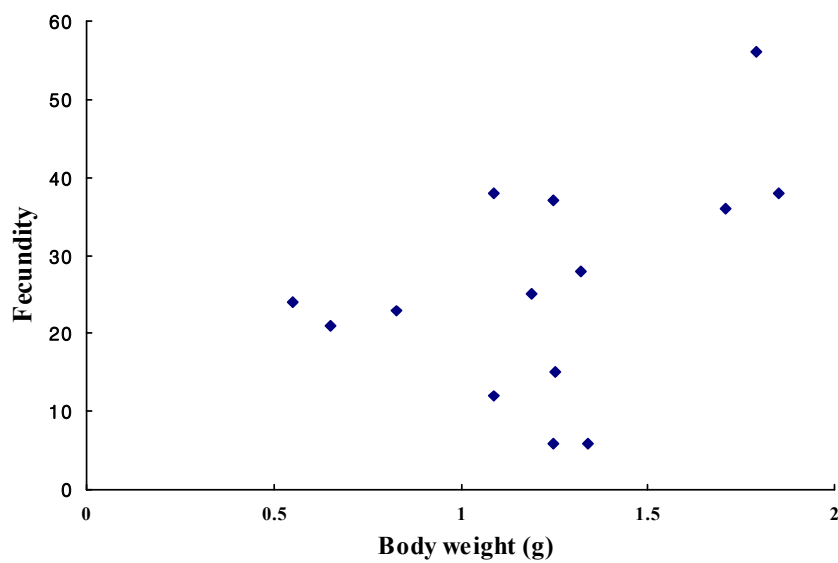


Fig. 20. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) in pouch of *Hippocampus coronatus*.

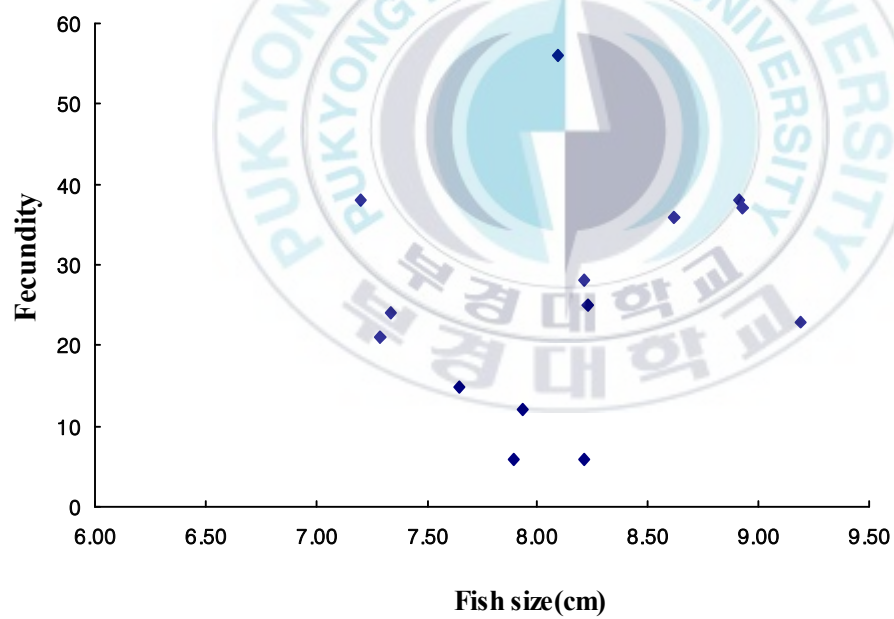


Fig. 21. Relationship between height(Ht) and fecundity (F) in pouch of *Hippocampus coronatus*.

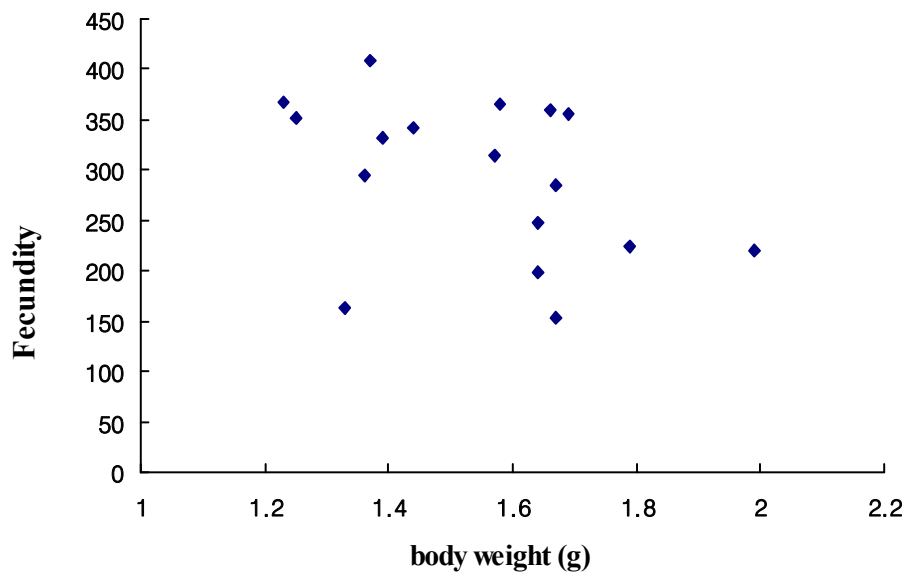


Fig. 22. Relationship between body weight (BW) and fecundity (F) in pouch of *Hippocampus mohnikei*.

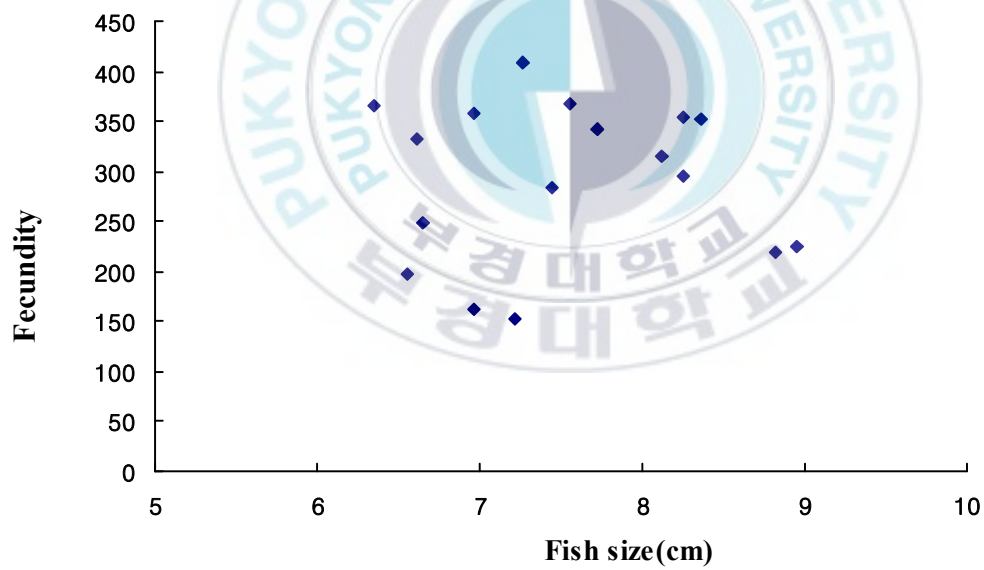


Fig. 23. Relationship between height(Ht) and fecundity (F) in pouch of *Hippocampus mohnikei*.

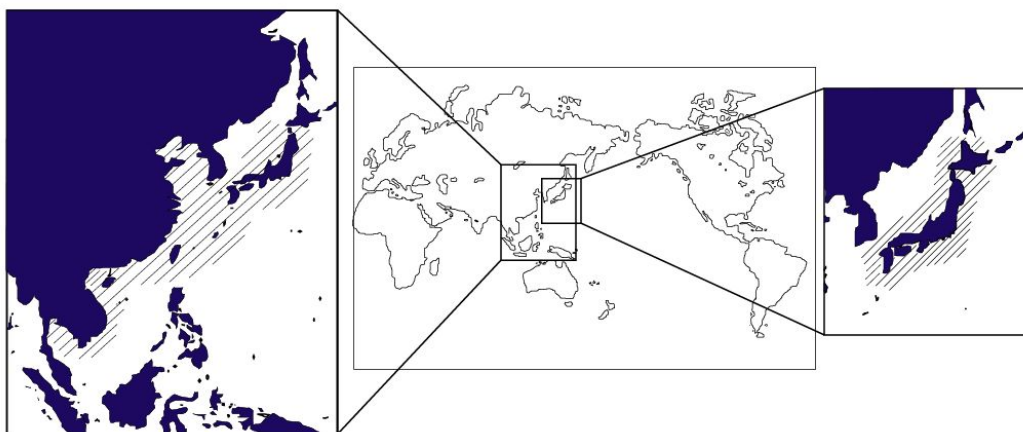
IV. 고찰

1. 해마와 산호해마의 형태적 특징

해마류는 산란기에 암컷이 수컷의 육아낭에 알을 넘겨주어 수컷이 새끼를 출산하는 특징적인 산란 방식을 가지고 있다. 크기는 각 종에 따라 수 cm 에서 35 cm 까지 다양한 크기를 가지고 있으며 온대와 열대 지방에 서식하며, 대부분은 열대나 아열대 지방의 수심 5~100 m 에서 서식한다. 우리나라에는 주로 남해안 지역 갈피밭에 출현하며, 해마(*Hippocampus coronatus*), 가시해마(*Hippocampus histrix*), 북해마(*Hippocampus kuda*), 산호해마(*Hippocampus mohnkei*), 점해마(*Hippocampus trimaculatus*)로 5종의 해마류가 분포하고 있다고 알려져 있다(Kim and Lee, 1995).

해마(*Hippocampus coronatus*)는 일반명이 crowned seahorse이고, 일본 근해에 분포한다고 조사되어 있다. 산란기는 6~7월로 조사되어 있으며, IUCN에 'DD(Data deficient)'로 등재되어 있다. 보고되어진 해마의 최대 전장(Ht : Height)은 12.7cm이고, Trunk ring은 10개이다. Tail ring은 38~40개이고, 등지느러미 줄기수(dorsal fin ray)는 14개이다. 가슴지느러미 줄기수(Pectoral fin ray)는 12개이며, 관상돌기(coronet)는 극단적으로 높고 뒤쪽으로 휘어져 있는 형태가 특징이다.

산호해마(*Hippocampus mohnkei*)는 일반명 Japanese seahorse이고 Cambodia, China, Thailand, Viet Nam 일대 해초지(seagrass beds)에 분포한다. IUCN에 'Vulnerable(취약종)'로 등재되어 있으며 현재 보고되어 있는 최대 전장은 8 cm이고 Trunk ring수는 11개이고 Tail ring수는 37~40개이다. 등지느러미 줄기수는 15~16개이며 가슴지느러미 줄기수는 12~14개이다. 관상돌기는 해마와 다르게 산등성이 모양처럼 둥그렇게 생긴 것이 특징이다



(A) *Hippocampus mohnikei*

(B) *Hippocampus coronatus*

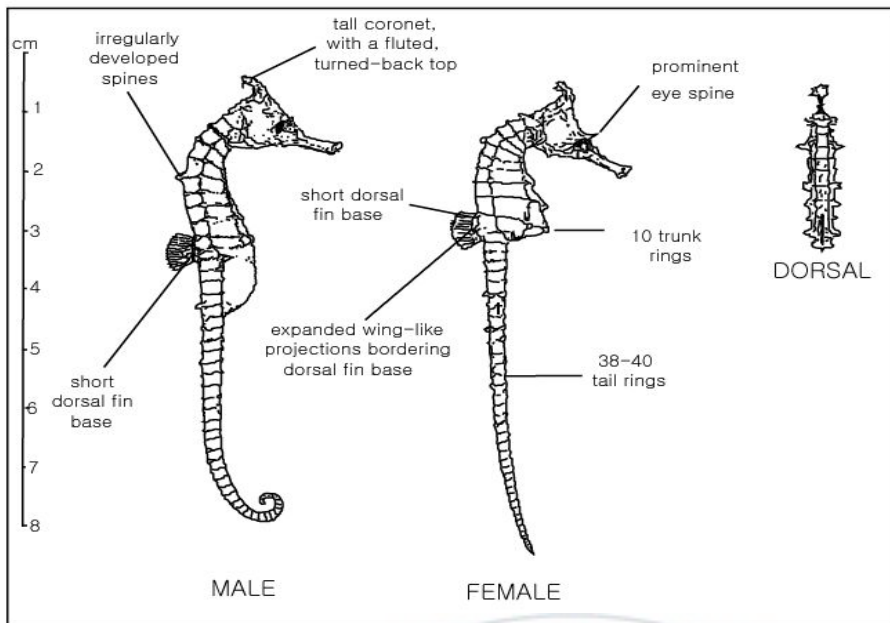
Fig. 24. Distribution of the seahorses, *Hippocampus mohnikei*(A) and *Hippocampus coronatus*(B)



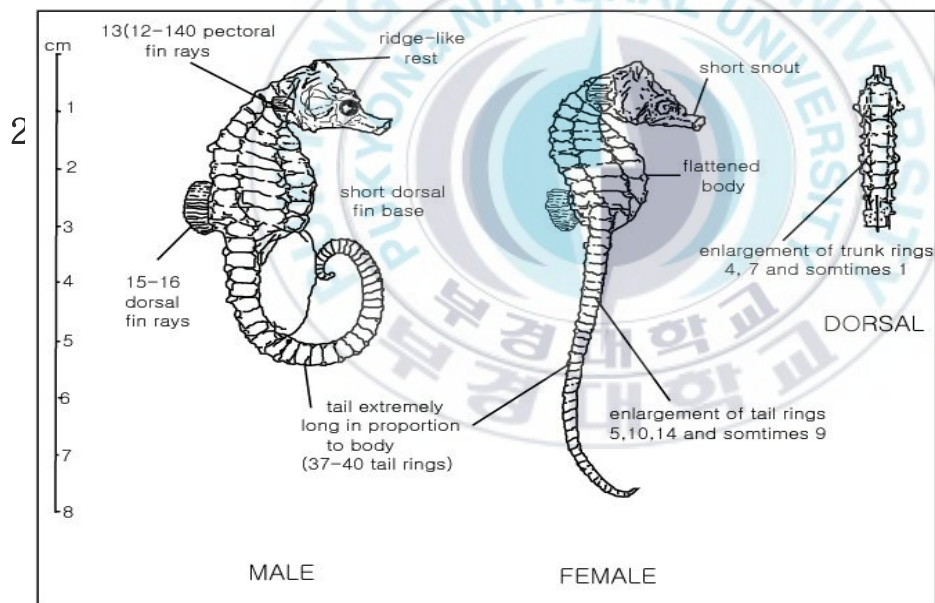
A

B

Fig. 25. Photographs of *Hippocampus coronatus* (A) and *Hippocampus mohnikei* (B)



Hippocampus coronatus



Hippocampus mohnikei

Fig. 26. Morphological characters of seahorses

(Fig. 24~26)(2004 Seahorse project).

해마류는 일반적으로 북위 50° 에서 남위 50° 사이의 열대와 온대지방의 연안지역이나 산호초 잘피밭등에 서식한다. 가장 다양한 종 분포를 보이는 곳은 인도양 지역으로 대부분 필리핀, 베트남, 인도네시아 등의 열대지역의 수심 30 m 내의 얕은곳에서 주로 서식한다(Lourie *et al.*, 1999). 우리나라에는 다섯 종의 해마류가 출현하는 것으로 보고되어 있지만(김 등, 2005) 동대만 잘피밭에서는 해마와 산호해마만 채집되었다. 동대만과 인접한 지역에서 실시된 종조성 연구를 살펴보면, 1996년에 거제도 주변에서 실시된 연구에서 산호해마가 1마리 채집된 것으로 나타났다(Cha, 1999). 그리고 1999년 고흥반도에서 8월에 3마리의 해마가 채집되었다(한 등, 2001). 또 2001년 8월에서 2003년 7까지 남해안 진동만 잘피밭에서 조사된 연구에서 해마는 채집되지 않았으며 산호해마는 2002년과 2003년 각각 3월부터 출현하기 시작하였다. 수온이 20도 이상되는 6월부터 산호해마가 본격적으로 출현하기 시작하여 6~10월 사이에 대부분의 개체가 채집되었다(Beack and Kwak, 2005). 1999년 이전에 남해안에서 실시된 조사에서는 해마류의 채집량이 많지 않은 것으로 나타났으나 매년 해마류의 출현량이 다소 증가하는 양상을 보이는 것으로 보인다. 이것은 지구 온난화에 따른 남해안의 수온 상승에서 기인한 것으로 추정된다.

2005년에 실시된 동대만 잘피밭의 종조성을 보면 해마는 출현하지 않았고 산호해마만 소수 출현한 것으로 나타났다. 그러나 2006년부터 해마가 채집되기 시작하여 2007년 까지 해마가 채집하였다. 해마류의 경우 서식환경에 분포한 잘피 등 부착기질에 꼬리를 감고 생활을 하게 되는데 부착하고 있는 잘피등의 일부가 떨어져 해류를 따라 이동하게 되면 이것의 이동에 따라 해마류도 함께 이동하는 현상이 나타나게 된다(Teixeira and Musik, 2001). 해마는 이런 원인으로 인해 다른 지역에서 이동하여 2006년 이후 동대만에서 출현한 것으로 추정된다.

동대만 잘피밭에 출현하는 해마는 전장 2.41~9.32 cm였고 산호해마는 4.23~9.59 cm로 두 종 모두 10 cm 이하였다. 지금까지 보고된 해마의 최대 전장은 12.7 cm이고 산호해마는 8 cm였다(Sara, 2004). 해마류는 종에 따라 크기가 다양한데, 가장 크기가 작은 종은 *Hippocampus denise*(전장 2 cm 이하)였고 가장 큰 종은 *Hippocampus abdominalis* (전장 35 cm 이상)였다. 동대만에 출현하는 해마와 산호해마의 경우 10 cm 이하로써 비교적 작은 종에 속한다.

같은 종이라도 위도에 따라 최대 크기가 차이가 난다. 같은 *H. abdominalis* 종이라고 해도 New South Wales에 있는 종이 뉴질랜드에 있는 종보다 그 크기가 작다. 높은 위도에 있는 종이 최대 크기가 더 큰 경향을 보였다(Francis, 1988). 산호해마의 경우도 이전에 조사된 최대 8 cm의 크기보다 큰 것은 이전에 조사 되어진 산호해마가 동남아 지역이 위도가 낮은 지역에서 채집된 것이기 때문으로 추정된다.

동대만에서 출현하는 해마와 산호해마의 경우 1년 중 1~3월, 5월에는 출현하지 않았고 해마는 1~5월까지 출현하지 않았다. 1988년에서 1993년도까지 6년간 체사피크만에서 채집된 *Hippocampus erectus*의 경우 수온이 낮은 1~4월에는 다른 달에 비해 채집량이 극히 적게 나타났다. 이것은 겨울철 수온이 낮아지게 되면 *H. erectus*가 더 깊은 지역으로 이동하는 현상을 나타내기 때문이다(Hardy, 1978). 해마류 중 이러한 계절적 이주 현상을 보이는 종은 *Hippocampus comes* (J.J. Meeuwink, unpubl. data), *Hippocampus guttulatus* (Boisseau, 1967), *Hippocampus hippocampus* (Biosseau, 1967), *Hippocampus subelongatus* (G. Moore, pers. comm.) 그리고 *Hippocampus whitei* (Vincent and Sadler, 1995)은 겨울에 더 깊은 지역으로 이동하는 것으로 보고되었다. 해마와 같은 실고기과 어류에서 실고기 중 *Syngnathus fuscus*와 *syngnathus leptorhynchus* 또한 겨울에 깊은 지역으로 이동하는 현상을 나타낸다고 보고되어 있다. 우리나라에 서식하는 해마류

의 이동에 관한 내용은 아직 보고된 적이 없다. 그러나 동대만의 겨울수온은 12월에 12.8℃이고 1월이 가장 낮은 7.4℃로 해마류의 적정 서식 수온에 비해 아주 낮아 동대만의 해마와 산호해마의 경우에도 이와 같은 이주 현상을 보이는 것으로 생각된다. 그리고 겨울에 수온이 하강하게 되면 이에 따라 잘피의 형존량도 급격한 감소현상을 나타낸다. 또한 해마류가 서식하는 적정 수온은 20℃ 이상이고 20℃ 이하의 수온에서는 산란이 일어나지 않는다. 이로 인해 동대만의 수온이 20℃ 이상이 되는 6월 이후 해마류가 다시 동대만으로 이동하여 출현량이 증가함에 따라 채집되는 것으로 보인다.

해마는 이동성이 거의 없는 어종으로 그 분포가 불규칙적이며 밀도가 낮은 패치분포를 한다. Vincent(2004) 등이 조사한 연구를 보면 해마류 중 가장 높은 밀도를 차지하는 종은 포르투갈 lagoon 지역에서 서식하는 *Hippocampus guttulatus*로 밀도가 단위면적당 1.1개체로 높게 나타났으며, 밀도가 가장 낮은 종은 같은 지역의 *Hippocampus hippocampus*로 단위면적당 0.007개체가 출현한 것으로 나타났다(Table 4). 또한 최(2006)에 따르면 여수지역 잘피밭에서 조사된 해마와 산호해마의 밀도는 단위면적당 각각 0.00096개체와 0.00097개체였다. 동대만 지역에서 출현하는 해마의 평균밀도는 단위면적(m^2)당 0.02개체, 가장 많이 출현하였던 2006년 9월에는 0.04개체였으며 산호해마는 평균 0.005개체, 출현량이 가장 많았던 2007년 8월에 0.015개체로 나타나 동대만에 출현하는 해마류의 밀도는 다른 지역에 비해 비교적 높은 값을 나타냈다.

Table. 4. Comparison of densities among different seahorse species worldwide(Vincent. 2004).

Species	Mean density (m ⁻²)	Range (m ⁻²)	Locality	Study type	Reference
<i>H. abdominalis</i>	0.007		Tasmania, Australia	Transect	K. Martin-Smith, unpubl. data
<i>H. breviceps</i>	0.17		Port Philip Bay, Australia	Focal grid	Moreau & Vincent, in press
	0.31		Port Philip Bay, Australia	Focal grid	Moreau & Vincent, in press
<i>H. capensis</i>	0.0089	0–0.25	Knysna Estuary, South Africa	Transect	Bell <i>et al.</i> , 2003
	0.22		Knysna Estuary, South Africa	Focal grid	Bell <i>et al.</i> , 2003
<i>H. comes</i>	0.02		Bohol, Philippines	Focal grid	Perante <i>et al.</i> , 2002
<i>H. guttulatus</i>	0.07	0–0.51	Ria Formosa Lagoon, Portugal	Transect	J. Curtis, unpubl. data
	1.1		Ria Formosa Lagoon, Portugal	Focal grid	J. Curtis, unpubl. data
<i>H. hippocampus</i>	0.007	0–0.07	Ria Formosa Lagoon, Portugal	Transect	J. Curtis, unpubl. data
<i>H. reidi</i>	0.51		Rio Grande do Norte State, Brazil	?	Dias & Rosa, 2003
	0.006		Rio Grande do Norte State, Brazil	?	Dias & Rosa, 2003
<i>H. whitei</i>	0.08		Sydney, Australia	Focal grid	Vincent <i>et al.</i> , in press
	0.215		Sydney, Australia	Focal grid	Vincent <i>et al.</i> , in press

3. 식성

해마류는 잠복하여 먹이를 잡아먹는 ambush predator다. 먹이가 입 근처에 올 때까지 기다리다가 관모양의 입으로 물을 빨아 당겨서 그 속에 있는 먹이를 먹는 방식으로 섭이를 한다(Vincent, 2004). 이번 연구에서 조사된 해마의 길이는 전장 3.55 cm 에서 9.32 cm 였으며 해마의 주 먹이 생물은 요각류와 단각류로 나타났다. 해마는 성장함에 따라 단각류와 요각류 이외의 다른 먹이 생물의 섭이율이 증가하는 경향을 보였지만 산호해마의 경우는 크기가 성장할수록 단각류의 섭이율이 더욱 증가하는 현상을 나타냈다.

대부분의 어류들은 성장함에 따라 입의 크기가 증가하여 먹이 전환을 하지만 최대 전장이 10 cm 정도인 잘피발의 해마와 산호해마는 뚜렷한 먹이 전환이 일어나지 않는 것으로 나타났다. 해마류의 식성에 관한 *H. abdominalis*, *H. erectus*에 대한 연구에서 *H. abdominalis*는 전장 13.75 cm(최대 전장 27.4 cm)이하일 때는 단각류를 주로 섭이하다가 크기가 성장하면 대부분 새우류를 섭이하고(Woods, 2002), *H. erectus*는 전장이 6 cm 이하일때는 단각류와 요각류를 섭이하다가 6 cm 이상이 되면 단각류를 95%이상 극우점하여 섭이하는 경향이 나타냈다(Teixeira, 2001). 해마의 경우에는 최대 전장 9.32 cm가 될 때까지도 단각류와 요각류를 대부분을 섭이하였으며 9 cm 크기에서는 다른 크기에서보다 단각류, 요각류 이외의 먹이생물이 많이 발견되었다.

같은 과에 속하는 실고기류 중 광양만 잘피발에서 조사된 실고기(*Syngnatus schlegelii*)의 경우 작은 크기(TL<11 cm)에서는 요각류를 대부분 섭이하지만 크기가 증가할수록 옆새우류, 카프렐라류, 곤쟁이류 및 주걱벌레붙이류를 다양하게 섭이하는 경향이 나타났으며(Huh and Kwak, 1997), 남 포르투갈 Ria Formosa의 lagoon지역에서 조사된 *Syngnathus typhle*는 10.0 cm TL 이하에서는 요각류가 IRI가 64% 이상의 점유율을 보이며 주먹이 생물로 나타났으며 실고기와 마찬가지로 크기가 성장함에 따라 요각류와 단각류

와 곤쟁이류(Mysidacea), 청소새우류 (Palaemonidae), 꼬마새우류 (Hippolytidae)와 작은 망둑어(Gobiidae)의 자치어 등 다양한 먹이종류가 나타나는 것으로 보고되었다(Oliveira *et al.*, 2007). 해마는 작은 크기에서 단각류의 점유율이 높으나 크기가 성장함에 따라 먹이의 단각류 이외의 다양한 먹이를 섭이하는 경향을 나타내어 성장에 따른 먹이 전환이 *H. abdominalis*, *S. schlegeli*, *S. typhle*와 유사하게 나타났다. 그러나 산호해마는 작은 크기군에서는 요각류와 단각류를 함께 섭이하다가, 크기가 증가하면서 단각류만을 극우점하는 섭이 형태를 나타내어 *H. erectus*와 비슷한 양상을 나타내었다. 이와같이 해마와 산호해마의 성장에 따라 다른 양상을 보이는 것은 각 종의 먹이 선호도의 차이에서 기인한 것으로 추정된다.

Fig.14 에서 나타난 것처럼 해마는 성장함에 따라 먹이생물의 크기가 다소 증가하고 있다. 그러나 해마의 전장(Ht) 증가와 비교해 보면, 먹이 생물 크기의 증가율은 그다지 크다고 볼 수 없는 것으로 보인다. 이와 같이 해마의 크기가 증가 되어도 요각류와 단각류 등과 같은 작은 크기의 소형 갑각류만을 주로 섭이하는 것은 다른 어류들과 비교해 특이한 입 형태를 지녔기 때문이다. 해마의 주둥이는 긴 관모양으로 둥글고 길게 뻗어 있다. 입의 크기(SnD)는 몸의 크기에 비해 아주 작은 편이다. 해마의 최대 입크기는 0.27 cm 이며, 산호해마는 0.29 cm였다. 따라서 최대한 벌릴 수 있는 입의 크기가 한정되어 있어서 새우류와 같은 큰 크기의 갑각류들이 출현한다 하더라도 섭이 할 수 없는 것으로 생각된다.

해마에 의해 섭이된 먹이생물의 dietary breadth index범위는 0.26~0.43로 나타났다. 해마는 크기가 성장하면서 다소 단각류에 의존하는 경향을 나타내긴 했으나 주걱벌레류와 곤쟁이 등도 10% 이상 다양하게 섭이하는 경향을 보였으며 크기에 따른 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 그러나 산호해마는 0.02~0.18로 해마에 비해 아주 낮은 값이 나타났으며 크기가 성장함에 따라 감소하는 양상이 나타났다(Fig.15). 이것은 산호해마가 성장함에 따라 단각류

만을 주로 섭이 패턴을 보였기 때문이다.

4. 산란

경골어류는 일반적으로 연령보다는 길이가 성숙을 예측할 수 있는 요인으로 파악된다(Froese and Binohlan, 2000; Frisk *et al.*, 2001). 그러나 해마의 경우에는 수컷 해마의 보육낭의 발달 정도에 따라 성숙 연령이 결정된다(Perante *et al.*, 1998; Wilson & Vincent, 1998). 이를 기준으로 여수 지역에서 채집된 해마와 산호해마의 성숙연령에 관한 연구를 살펴보면 채집된 해마의 최소 성숙 크기는 5.3 cm, 산호해마는 4.5 cm로 나타났다(Choi, 2006). 동대만에서 채집된 해마와 산호해마의 성숙 크기도 이와 비슷하게 나타날 것으로 추정된다.

해마 암컷의 생식소 중량지수(gonadosomatic index, GSI)는 2006년 9월에 가장 높은 평균 8.53, 산호해마도 9월에 7.96으로 가장 높게 나타났다(Fig. 14). 해마류가 산란하기에 적절한 수온은 20°C 이상이며 수온이 이보다 낮게 되면 보육낭에 난이 있더라도 출산도지 못하고 죽게 된다. Fig. 26은 Qiang Lin(2006)에 의해 연구된 수온과 *Hippocampus Kuda*(복해마)의 수온과 생식소 발달 시간 그리고 GSI와의 관계를 나타낸다. 복해마의 GSI 값은 수온이 증가할수록 증가하여 28도에서 가장 높은 값을 나타내는 것으로 보이며 생식소의 성숙 시간도 28°C에서 가장 짧게 나타나는 것으로 나타났다. 동대만의 수온은 2007년 7월이 가장 높은 27.7°C로 나타났으며 GSI 값이 가장 높은 9월의 수온은 23.6°C를 나타내었다. 해마의 산란 성숙에 수온 이외의 먹이와 염분 등의 다른 환경 요인들도 연관성이 있을 것으로 판단되며 이런 외적인 요인들의 영향으로 해마와 산호해마의 경우에는 9월에 가장 높은 GSI값을 보이는 것으로 추정된다.

Fig. 14 에 나타난 GSI를 이전에 조사 되어진 연구 중 산란기가 5월에서

10월까지로 보고된 *Hippocampus erectus*(Fig. 28)와 비교해 볼 때 해마의 산란기가 6~10월인 것으로 판단되며 산호해마의 경우 6~9월인 것으로 판단된다. 해마의 산란기는 지역에 따라 다양한 양상을 보이지만 빛과 수온과 먹이 등에 의한 영향을 받게 된다. 그러나 수온이 일정하게 유지 된다면 1년 내내 산란을 할 수 있는 종으로 보고되어 있다(Cai *et al.*, 1984a).

해마와 산호해마의 체중과 포란수, 체장과 포란수의 관계를 살펴보면 해마와 산호해마 암컷의 포란수는 체장보다는 체중과 더 높은 상관성을 나타내고 있었다. 1998년에서 2003년에 걸쳐 체스피크만에서 조사된 *Hippocampus erectus*의 경우, 암컷의 포란수는 체장보다는 체중과 연관성이 있는 것으로 나타나 동대만에서 조사된 해마, 산호해마와 비슷한 양상을 나타내었다.(Teixeira, 2001). 그러나 해마와 산호해마의 수컷의 경우는 체장, 체중과 상관성이 나타나지 않았다. 해마류의 수컷 내의 수정란의 수는 종에 따라 체장과 체중이외의 다양한 요인과 연관성을 나타내는 것으로 보고되어져 있다. *H. abdominalis*은 수컷해마의 크기와체중이 육아낭의 성숙란의 수는 상관성이 있는 것으로 나타나며 *H. zosterae*는 수컷의 체장과 상관성을 나타낸다. 그러나 *H. erectus*는 수컷해마의 육아낭의 용적과 연관성이 있는것으로 보고되었고 *H. whitei*는 암컷의 크기와 연관성이 있는것으로 나타났다.

Choi등에 의하면 해마의 출산 개체수는 전장과는 큰 상관성이 없었으나 ($P>0.05$) 육아낭의 길이(PL : pouch length)와는 상관이 있었으며($P<0.05$) 육아낭의 폭(PD : pouch depth)과는 매우 높은 유의성을 나타나는 것으로 보고 되어있어 해마는 *H. erectus*와 마찬가지로 수컷해마의 육아낭 용적과 상관성이 있는 것으로 보인다.

포란 방식에서 해마의 경우 서로 다른 크기군의 난을 포란하고 있었으며 산호해마의 경우는 비슷한 크기의 난을 포함하고 있었다. 여러 크기의 난을 포함하는 어류의 경우에는 반복 산란을 하는 어종에는 다시 크게 불연속 산란과 연속 산란으로 나누어지는데 불연속 산란의 경우는 정해진 시기에 일 회에

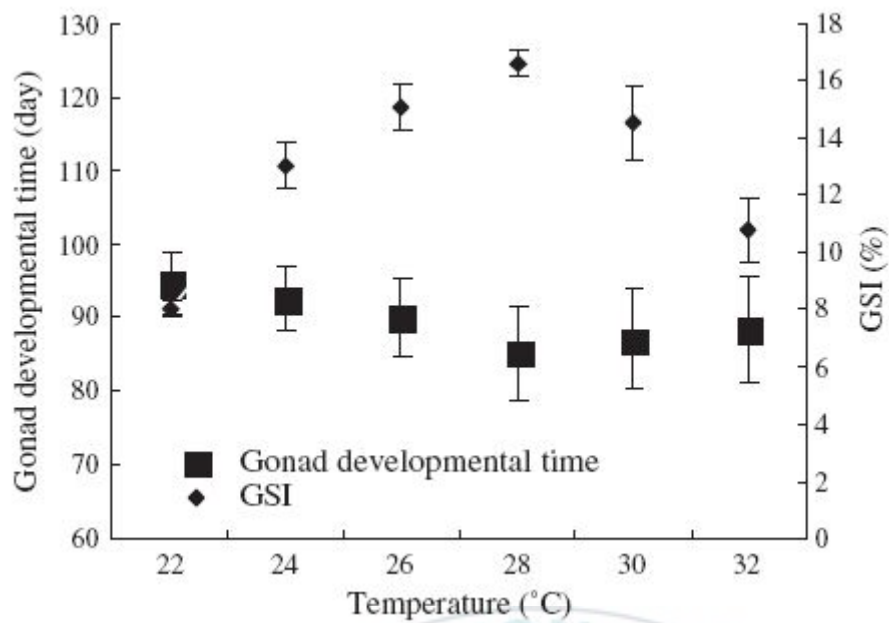


Fig. 27. Comparison of the gonad developmental time (day) and the GSI(%) of *Hippocampus kuda* Bleeker, at different temperatures.

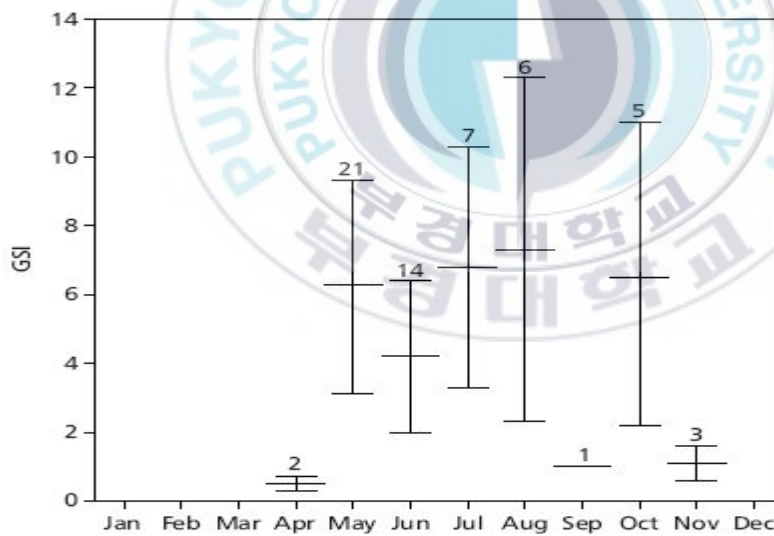


Fig. 28. Gonadosomatic index (GSI) of females of *Hippocampus erectus*.

산란을 하는 것이고 연속 산란의 경우에는 한 산란시기 동안에 시간 간격을 두고 연속해서 산란하는 방식이다. 난소 내에 난모세포의 크기를 측정해보면, 불연속 산란은 크기가 아주 작은 난모세포와 산란 직전의 커다란 성숙란으로 분명하게 나뉘어 있지만, 연속 산란을 하는 어종의 난소에는 크기가 구분이 불분명한 여러 크기의 난모세포들이 함께 존재한다. 이러한 산란전략은 먹이가 연중 풍부하여 특별히 정해진 시기에 자어를 만들어야만 될 필요성이 없는 어류들이나, 자연조건이 불규칙하게 변하는 환경에서 대량 사망의 위험성을 피하려는 어종들에게서 나타난다(김, 1994). 난소 내에 있는 난의 직경을 살펴볼 때 해마는 연속산란, 산호해마는 불연속 산란의 전략을 가지는 것으로 보인다. 해마처럼 이러한 난소의 형태는 실고기과 어류의 중 특이적인 난소 형태로 Gulf pipefish *Syngnathus scovellii* (Begovac and Wallace, 1987)와 lined seahorse (Selman *et al.*, 1991), big-bellied seahorse (Poortenaar *et al.*, 2004) 등에서도 보고되고 있다.

해마 수컷의 육아낭에서 발달하고 있는 치어의 수(평균 26.07개)를 살펴볼 때 암컷의 난소 내에 성숙란과 그 평균 수(평균 27.54개)가 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그리고 해마의 사육 도중 보육낭에 치어가 들어있는 수컷 해마와 난이 발달하고 있는 암컷 해마를 합사하여 사육하였는데 이때 수컷 해마가 출산하지 못하였는데 암컷 해마가 성숙란을 만들었을 때 보육낭에 넘겨주지 못하고 밖으로 분출하는 현상을 2회 발견하였고 이때의 난의 수를 계수하였다. 이때의 바닥에 떨어진 난의 수는 23개와 28개였다. 이것으로 볼 때 해마는 난소 내에 보유하고 있는 난중 일부를 먼저 성숙시켜 수컷 해마에게 넘겨주는 산란 방식을 취하는 것으로 추정된다.

이에 비해 산호해마는 난소속에 있는 대부분의 성숙란을 한번에 넘겨주는 것으로 나타난다. 산호해마 암컷 난소내의 난의 수는 159-456개였으며 평균 262.91개였다. 그리고 수컷의 보육낭에 있는 난 또는 치어의 수는 153~408개로 평균 293.06개였다. 이것은 산호해마의 경우에는 암컷 해마 난소 내의

대부분의 난을 교미할 때 수컷의 보육낭으로 전달하는 산란방식을 취하는 것으로 추정된다.

해마류는 큰 종일수록 육안낭의 보육난의 수가 비교적 많다. 최대 크기가 2.5 cm인 *Hippocampus zosterae*가 보육난 수가 최대 55개로 가장 적으며 최대 크기 31 cm인 *Hippocampus ingens*가 최대 2,000개로 가장 많다 (Vincent, 2004). 해마류중 작은 종에 속하는 *Hippocampus breviceps*는 최대 크기 10 cm이며 최대 보육난의 수는 100개, 최대 크기 14.4 cm로 보고되어 있는 *Hippocampus fuscus*는 최대 150개이며, 비교적 큰 종에 속하는 *Hippocampus kuda*는 1405개체, *Hippocampus reidi*는 1572개이다. 해마의 최대 크기는 12.0 cm로 알려져 있으나 이번 연구에서 최대 9.32 cm였으며 최대 보육난은 56개로 가장 작은 종인 *H. zosterae*와 비슷한 수를 나타냈다 (Strawn, 1958). 그러나 산호해마의 보육난의 수는 최대 408개체로 작은 그룹의 크기에서 가장 많은 보육난수를 나타냈다.

해마류의 성숙에 관한 여러 논문을 살펴보면 *H. zosterae*의 경우 출산된지 3개월이 지나면 산란에 참여할 수 있고 (Strawn, 1953) *H. hippocampus*, *H. ingens*, *H. fuscus*의 경우에는 태어난지 4~5개월이면 산란에 참여할 수 있는 것으로 보고되었다 (Vincent, 2004). 산호해마의 경우에는 태어난 그 다음 해에 산란에 참여가 가능하다 (Jiaxin, 1990). 동대만에서 출현한 산호해마는 4~5 cm의 비교적 작은 개체들이 7~8월 사이에만 출현하였다. 그러나 해마는 6월 이후 작은 개체들이 출현하기 시작하여 지속적으로 나타났고 12월에도 3~4 cm의 작은 개체들이 출현하였다. 해마는 5.0 cm 이상에서 산란에 참여할 수 있는 것으로 보고되어 있다. Choi(2006) 등에 의해 연구된 해마의 60 일간의 성장식은 $\text{Standard length} = 14.18 + 0.18\text{Age}$ ($r^2 = 0.9893$)였다. 그러나 사육조에서의 실험에서는 사육조의 크기가 어류의 운동량에 제한을 주고 있기 때문에 성장이 자연에서보다 느리게 나타난다 (김, 1994). 또한 최등에 의해 사육된 해마는 60일간 먹이를 *Artemia*와 copepod nauplii를 공급하였다. 그

러나 식성 분석의 결과를 보면 해마가 작은 크기에서는 요각류를 많이 섭이하나 크기가 커짐에 따라 이보다 높은 영양 단계에 있는 단각류 등 다양한 먹이를 섭이하는 것으로 나타난다(Fig. 9). 또한 최등에 연구된 *Hippocampus barbori*의 연구에서 출산된지 97일 이상된 개체에서는 그 성장 속도가 작은 것에 비해 빠르게 일어나는 것으로 나타났다. 이것으로 추정해 볼때 자연에서는 60일 이후 크기가 성장함에 따라 단각류를 섭이함에 따라 해마의 성장이 최등의 연구에서 보다 빠르게 일어날 것으로 생각된다(J. M. Wong, 2003). 6월 조사에서 해마의 출현량이 많지 않았으나 9월의 출현량이 급격한 증가하는 것은 수온이 증가하는 5~6월에 태어난 해마 치어들이 성장하여 산란에 참여한 것으로 추정되어 *H. zosterae*와 *H. hippocampus*, *H. ingens*, *H. fuscus*의 경우와 마찬가지로 그해에 출산된 개체가 같은해에 출산하는 양상을 나타내는 것으로 추정된다.

해마류는 종에 따라 출산 후 수일에서 수주간 플랑크톤 시기를 가지는 종이 있다. *Hippocampus abdominalis*는 출산 후 4~6주(Lovett, 1969), *Hippocampus barginanti*는 2~4주(Tackett, 2000)의 플랑크톤 시기를 가진다. 또한 *Hippocampus comes*, *Hippocampus guttulatus*, *Hippocampus spinosissimus*도 이러한 플랑크톤 시기를 가지며 본 조사에서 연구 되어진 산호해마 역시 이러한 출산 후 플랑크톤 시기를 가지는 것으로 알려져 있다. 그러나 해마는 출산 직후 꼬리를 이용하여 잘피 등의 부착기질에 몸을 지탱하며 수류를 따라 이동하지 않는다. 동대만의 환경은 간조 시 만내에 있는 해수가 거의 빠져나가는 특성을 가지고 있어 이러한 출산 직후에 나타나는 플랑크톤 시기의 유무는 두 종의 출현량에 어느 정도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

V. 요 약

본 연구는 남해도에 위치한 동대만에서 출현하는 해마(*Hippocampus coronatus*)와 산호해마(*Hippocampus mohnikei*)의 계절적인 출현양상, 식성과 산란특징을 비교 고찰하였다. 2005년 9월부터 2006년 8월까지 동대만의 3개 정점에서 해마와 산호해마가 총 284개체 채집되었다. 이 중 해마는 164개체였으며 산호해마는 120개체였다. 해마는 2005년 9월부터 12월까지 지속적으로 출현하였고 2006년 1~5월까지 출현하지 않았으며 2006년 6월부터 다시 출현하기 시작하였다. 산호해마는 해마와 비슷한 양상으로 출현하였으나 2006년 4월에도 3개체가 채집되었다. 해마는 2006년 9월에 산호해마는 2005년 8월에 가장 많은 개체가 채집되었다. 해마의 전장의 범위는 2.41~9.32 cm였고, 산호해마는 4.23~9.59로 나타났다. 작은 크기(전장 5 cm 이하)의 해마는 2005년 9월, 12월 그리고 2006년 6월에서 8월사이에 지속적으로 출현한 반면 작은 크기의 산호해마는 2006년 7~8월에만 출현하였다.

해마류의 경우 가장 중요한 먹이생물은 단각류(Amphipoda)와 요각류(Copepoda)였다. 단각류와 요각류 외에 곤쟁이류(Mysidacea), 주걱벌레붙이류(Tanaidacea), Ascothoracida, 쿠마류(Cumacea)등을 소량 섭이하였다.

해마는 성장하면서 단각류와 요각류가 다소 감소하면서 주걱벌레붙이류, 곤쟁이류, 등각류 등의 점유율이 증가하는 경향이 나타났으나, 산호해마는 성장할수록 단각류가 더욱 증가하여 위장내용물의 거의 대부분을 차지하는 양상이 나타났다.

해마는 성장함에 따라 다양한 먹이를 섭이하여 dietary breadth index범위는 0.26~0.43로 비교적 높은 값을 보였으나 산호해마는 성장함에 따라 단각류를 극 우점하여 0.02~0.18로 아주 낮은 값을 보였다.

해마와 산호해마의 월별 생식소 중량지수(GSI)를 살펴보면, 해마는 2006년

12월에 가장 낮은 2.79, 9월에 가장 높은 8.53의 GSI 값을 나타냈다. 산호해마의 GSI는 0.61에서 9.92의 범위를 보였으며, 월평균 GSI 값은 2007년 4월에 0.4로 가장 낮았고, 2006년 9월에 7.96으로 가장 높게 나타났다. 해마의 GSI 값은 수온이 20℃ 이상되는 6월부터 증가하기 시작하여 10월까지 높은 값(4.52~8.53)을 보였으며, 산호해마는 6월부터 9월까지 높은 값(4.68~7.96)이 나타났다. 이상의 결과로 보아 해마의 산란기가 6~10월인 것으로 판단되며 산호해마의 산란기는 6~9월인 것으로 판단된다.

해마와 산호해마의 암컷의 포란수는 체장보다는 체중과 더 높은 상관성을 보였고 수컷이 육아낭에서 보육중인 수정란 수는 체중이나 체장과 상관성을 나타내지 않았고 육아낭의 크기와 상관성이 있다.

포란 방식의 차이점을 살펴보면 해마의 경우 서로 다른 크기군의 난을 포란하고 있었으며, 산호해마의 경우는 비슷한 크기의 난을 포란하고 있었다. 해마는 크기가 다른 난 중 먼저 성숙한 일부 난을 수컷에게 넘겨는 반면 산호해마는 난소 속의 대부분 난을 한꺼번에 넘겨주는 산란방식을 취한다. 이로 인해 수컷의 육아낭에서 발육하고 있는 치어의 수는 해마(평균 26.07개)와 산호해마(평균 293.06)사이에 차이를 보였다.

VI. 감사의 글

먼저 저를 이렇게 낳아주시고 길러주신 부모님께 감사의 말씀을 드립니다. 어려운 환경에서도 아들을 믿고 공부 할 수 있게 해주셔서 감사합니다.

부족한 저를 유영생물학방에 들어 올 수 있게 해주시고 석사를 무사히 마칠 수 있게 조언과 충고를 아끼지 않으셨던 저의 지도 교수님이신 허성희 교수님께 가장 큰 감사의 말씀을 드리고 싶습니다. 그리고 생물이외에 아무것도 모르는 제자 가르쳐 주시느라 수고 하였던 해양학과 김석운 교수님, 박미옥 교수님, 문창호 교수님, 이재철 교수님, 강용균 교수님, 양한섭 교수님께 감사드립니다.

처음으로 유영생물학방과 인연을 맺을 수 있게 해주시고 바쁜 와중에도 후배를 바르게 이끌기 위해 많은 충고를 해주신 백근옥 박사님, 석사과정 2년동안 연구에 대한 넓은 시야를 가지게 도와주신 곽석남 박사님, 실험실에서 큰 형님처럼 후배들에게 항상 따뜻한 웃음과 즐거움을 주셨던 추현기 박사님께도 감사의 말씀을 드립니다.

고집불통이고 못난 후배와 같이 잘피밭에서 도롱이 입고 열심히 조사 나가서 비, 바람 맞아가며 논문 작성에 가장 큰 힘을 써준 김하원 선배님께 큰 감사드립니다. 또한 조언을 구할 때 마다 답을 찾아 주셨던 박주면 선배님께도 감사드립니다. 어려운 일이 있을 때마다 찾아가서 앓는 소리해도 묵묵히 들어주었던 가장 소중한 친구 영석이, 같이 입학하여 석사 2년을 같이 무사히 마친 기문이 에게도 감사드립니다.

실험실 후배 현수, 동진이, 정윤이, 희찬이 그리고 지금은 실험실에 있지 않지만 실험실에서 많은 일들을 같이 했던 원진이, 은진이, 진민이, 윤주, 같은 실험실은 아니지만 석사 2년 즐겁게 생활하는데 가장 큰 힘이 되었던 지질방 후배 주봉이, 역동이에게도 고맙다는 말 전하고 싶습니다.

마지막으로, 변함없이 옆에서 많이 도와주는 은혜, 집에서 나쁜 동생, 형인
저를 많이 도와준 누나, 동생에게도 깊은 감사드립니다.



VII. 참고문헌

- Cai, N., Q Xu, F. Yu, X. Wu, and G. Sun. 1984. Studies on the reproduction of the seahorse *Hippocampus trimaculatus*. Studia Marina Sinica. 23, 83-93.
- Choi Y. U., S. Rho, M. M. Jung, Y. D. Lee and G. A. Noh. 2006. Parturition and early growth of crowned seahorse, *Hippocampus coronatus* in Korean. J. Aquaculture, 19(2) : 109-118.
- Curtis J. M. R. and A. C. J. Vincent. 2006. Life history of an unusual marine fish : Survival, growth and movement patterns of *Hippocampus guttulatus* Cuvier 1829. J. Fish Biol., 68, 707-733.
- Dzyuba B., Katrien J. W. Van Look, A. Cliffe, H. J. Koldewey and W. V. Holt. 2006. Effect of parental age and associated size on fecundity, growth and survival in the yellow seahorse *Hippocampus kuda*. J. Exp. Biol., 209, 3055-3061.
- Felício A. K. C., 2006. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. Japan Ethol., 24:219-225.
- Foster S. J., A. D. Marsden and A. C. J. Vincent. 2003. *Hippocampus erectus*. In: IUCN. IUCN Red List of Threatened Species (www.redlist.org).

- Foster S. J. and A. C. J. Vincent. 2004. Life history and ecology seahorses : Implication for conservation and management. J. Fish biol., 65, 1-61.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997. Feeding habits of *Syngnathus schlegeli* in eelgrass(*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 30, 896-902. (in Korean).
- Jones A. G. and J. C. Avise. 2001. Mating systems and sexual selection in male-pregnant pipefishes and seahorses: Insights from microsatellite-based studies of maternity. American Genetic Ass., 92, 150-158.
- Kang, S. H. 2004. Morphological development of hedgehog seahorse, *Hippocampus spinisissimus* reared in the laboratory. J. Korean Fish. Soc., 38(5), 298-303. (in Korean).
- Kim, H. W. 2006. Comparision of feeding habits between *Pagrus major* and *Dentex tumifrons* in the costral waters off Busan, Korea. M.S. Thesis, Pukyong Nat'l Univ., Pusan, 59 pp. (in Korean).
- Kim I. S., Y. Choi, C. R. Lee, Y. J. Lee, B. J. Kim, J. H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kohak, Inc. pp. 616. (in Korean).
- Kim S. A., C. I. Zhang. 1994. Fish Ecology. Seoul Press. pp 273. (in Korean).

- Kvarnemo C., G. I . Moore, A. G. Jones, W. S. Nelson and J. C. Avise. 2000. Monogamous pair bonds and mate switching in the Western Australian seahorse *Hippocampus subelongatus*. J. Evol. Biol., 13, 882-888.
- Kvarnemo C., G. I. Moore and A. G. Jones. 2007. Sexually selected females in the monogamous Western Australian seahorse. Proc. R. Soc. B., 274, 521-525.
- Lourie, S. A., J. C. Pritchard, S. P. Casey, T. S. Ky, H. J. Hall and A. C. J. Vincent. 1999. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). Biol. J. Linnean Soc., 66, 231-56.
- Lin Q., J. Lu, Y. Gao, L. Shen, J. Cai, J. Luo. 2006. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. Aquaculture, 254, 701-713.
- Oliveira F., K. Erzini and Jorge M.S. Goncalves. 2007. Feeding habits of the deep-snouted pipefish *Syngnathus typhle* in a temperate coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 72: 337-347.
- Perante N. C. , M. G. Pajaro, J. J. Meeuwig and A. C. J. Vincent. 2002. Biology of a seahorse species, *Hippocampus comes* in the central Philippines. J. Fish Biol., 60, 821-837.

- Teixeira, R. L. and J. A. Musik. 2001. Reproduction and food habits of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Teleostei : Syngnathidae) of Chesapeake Bay, Virgin. *Revista Brasileira de Biol.*, 61(1): 79-90.
- Vincent, A. C. J. 1996. The International Trade in Seahorses. *Traffic International*. Cambridge, 4-163.
- Vincent, A. C. J. and L. M. Sadler. 1995. Faithful pair bonds in wild seahorses, *Hippocampus whitei*. *Ani. Behav.*, 50, 1557-1569.
- Vincent, A. C. J., A. D. Marson, K. L. Evans and L. M. Sadler. 2004. Temporal and spatial opportunities for polygamy in a monogamy seahorse, *hippocampus whitei*. *Behav.*, 141, 141-156.
- Wilson, A. B., A. Vincent, I. Ahnesjö and A. Meyer. 2001. Male pregnancy in seahorses and pipefishes(Family Syngnathidae): Rapid diversification of paternal brood pouch morphology inferred From a molecular phylogeny. *American Gene. Ass.*, 92, 159-166.
- Woods, C. M. C. 2002. Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. *New Zealand. J. Mar. Fres. Res.*, 36, 655-660.