



## 홍합, *Mytilus coruscus*의 성 성숙과 생식주기

위중환\* · 장영진<sup>1</sup> · 이승주<sup>2</sup> · 허영백<sup>2</sup> · 이정식<sup>3</sup>

국립수산과학원 서해수산연구소, <sup>1</sup>부경대학교 양식학과  
<sup>2</sup>국립수산과학원 남해수산종묘시험장, <sup>3</sup>여수대학교 수산생명의학과

### Sexual Maturation and Gametogenic Cycle of the Hard Shelled Mussel, *Mytilus coruscus* (Bivalvia: Mytilidae)

Chong Hwan Wi\*, Young Jin Chang<sup>1</sup>, Sung Ju Lee<sup>2</sup>, Young Baek Hur<sup>2</sup> and Jung Sick Lee<sup>3</sup>

West Sea Fisheries Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 400-420, Korea

<sup>1</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>2</sup>Namhae Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae 668-820, Korea

<sup>3</sup>Department of Aqualife Medicine, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Sexual maturation and gametogenic cycle of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus* were investigated by means of histological method. Specimens were collected monthly in Hansan Bay of south coast, Korea from January to December 2002. Sex of the clam was dioecious. The gonads are composed of a number of gametogenic follicles. The gonad index (GI) was reached the maximum in February (3.40), and the minimum in August (1.18). The monthly variation of condition index (CI) coincides with gonad index. The main spawning occurs between February and March. The gametogenic cycle of the clam could be divided into six stages: resting (August to November), multiplicative (November to December), growing (December to January), maturation (January to February), partially spent (February to April) and completely spent/degenerative stage (April to July). Sex ratio (♀/♂) was 1:0.96.

**Keywords:** *Mytilus coruscus*, Sexual maturation, Gametogenic cycle

## 서 론

홍합, *Mytilus coruscus*은 이매패각(Bivalvia) 홍합목(Mytiloida) 홍합과(Mytilidae)에 속하는 식용 조개류로서 조간대부터 수심 약 20 m까지의 암초에 군집으로 부착하여 서식하며, 자웅이체로 체외 수정을 한다(Yoo, 1988).

홍합과 조개류의 성장과 생식생물학적 연구 가운데 진주담치, *Mytilus edulis*에 대한 연구는 진주담치의 성장(Yoo et al., 1970), 천연채묘(Dare, 1976; Korringa, 1976; Mason, 1976), 부유 유생의 출현 및 생존율(Yoo et al., 1988) 등에 관한 보고가 있으며, 국내에서 보통 참담치로 불리는 홍합에 대한 연구는 초기유생 발생과 성장(Yoo, 1969)과 비만도 산정(Kang and Choi, 1999)에 대한 연구로 매우 적은 편이다.

홍합은 각고 약 12 cm 정도의 상품크기까지 성장하는데는 3~4년이 소요되는 산업적으로 중요한 종이나 연안오염과 남획으로 인해 그 자원량은 날로 감소하고 있으며, 특히 외래종인

진주담치에 밀려 그 서식지가 점차 감소되고 있는 추세이다. 진주담치는 우리나라를 비롯한 전 세계에서 천연채묘에 의해 대량 생산되고 있으나, 홍합의 인공채묘 및 양식은 사실상 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 홍합의 자원 증강과 양식화를 위한 안정적 인 종묘생산의 일환으로 인공종묘생산에 필요한 양식생물학적 기초자료를 얻고자 자연서식군락 개체들을 대상으로 조직학적 방법을 이용하여 이들의 생식소 발달, 생식소지수와 비만도의 월 변화, 군 성숙도, 성비 그리고 생식주기를 조사하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 홍합은 2000년 1월부터 12월까지 경남 통영시 한산면 매물도 해역에서 잠수에 의해 채집된 개체들 가운데 매월 50개체 이상이 분석에 사용되었다.

채집한 개체는 vernier caliper를 이용하여 각장(shell length)과 각고(shell height)를 0.1 mm까지 측정하고, 전자저울을 이용하여 전중량(total weight)과 육중량(body weight)을 0.1 g까지

\*Corresponding author: chwi@nfrda.re.kr

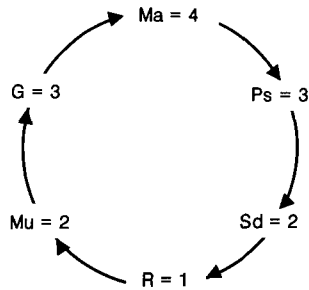


Fig. 1. Scoring system used to rank different stages of gametogenesis of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*.

측정하였다. 그 후 아가미 아래의 생식소가 포함된 조직의 일부를 Bouin's solution에 일정시간 고정 한 후 파라핀 절편법으로 두께 5  $\mu\text{m}$ 의 조직표본을 제작하였다. 염색은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색을 시행하였다.

### 생식소지수(GI: Gonad index)

생식소지수는 아래와 같이 Eversole(1997)의 방법을 일부 수정하여 이용하였다. 조직표본 관찰 결과 생식소 발달단계를 휴지기(R: resting stage), 분열증식기(Mu: multiplicative stage), 성장기(G: growing stage), 성숙기(Ma: maturation stage), 부분방출기(Ps: partially spent) 완전방출 및 퇴화흡수기(Sd: completely spent and degenerative stage)의 6단계로 나누고 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수(R=1, Mu=2, G=3, Ma=4, Ps=3, Sd=2)를 곱한 전체의 합을 개체 수로 나누었다.

$$\text{생식소지수(GI)} = \frac{(R \text{ 개체수} \times 1) + (\text{Mu 개체수} \times 2) + (G \text{ 개체수} \times 3) + (\text{Ma 개체수} \times 4) + (\text{Ps 개체수} \times 3) + (\text{Sd 개체수} \times 2)}{\text{조사된 전체 개체수}}$$

### 군 성숙도(Sexual maturity)

군 성숙도는 채집된 개체들을 각고 10.0 mm 단위로 구분하여 조직표본에서 성숙기, 부분방출기 그리고 완전방출 및 퇴화흡수기의 조직상이 관찰되는 개체수를 전체 개체수에 대한 백분율(%)로 나타냈다.

### 비만도(CI: Condition index)

비만도는 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{비만도(CI)} = \frac{\text{육중량(g)}}{\text{각고}^3(\text{mm})} \times 1,000$$

## 결 과

### 수온과 염분도의 월 변화

채집기간 동안 채집해역의 월별 평균수온은 1월에 10.9°C로 가장 낮았으며, 8월에 25.0°C로 가장 높았다. 염분도는 1월에

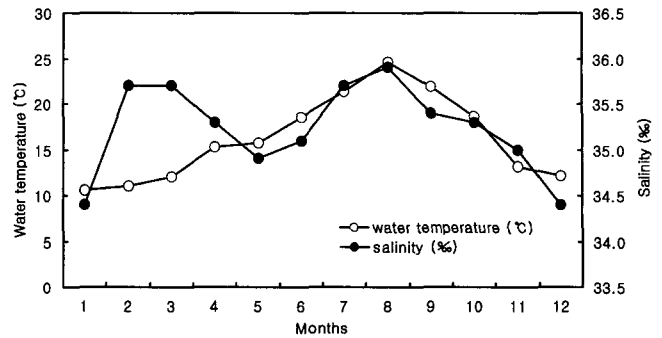


Fig. 2. Monthly variation in water temperature and salinity in the sampling area.

34.4‰로 가장 낮았으며, 8월에 35.9‰로 가장 높았다(Fig. 2).

### 생식소 구조

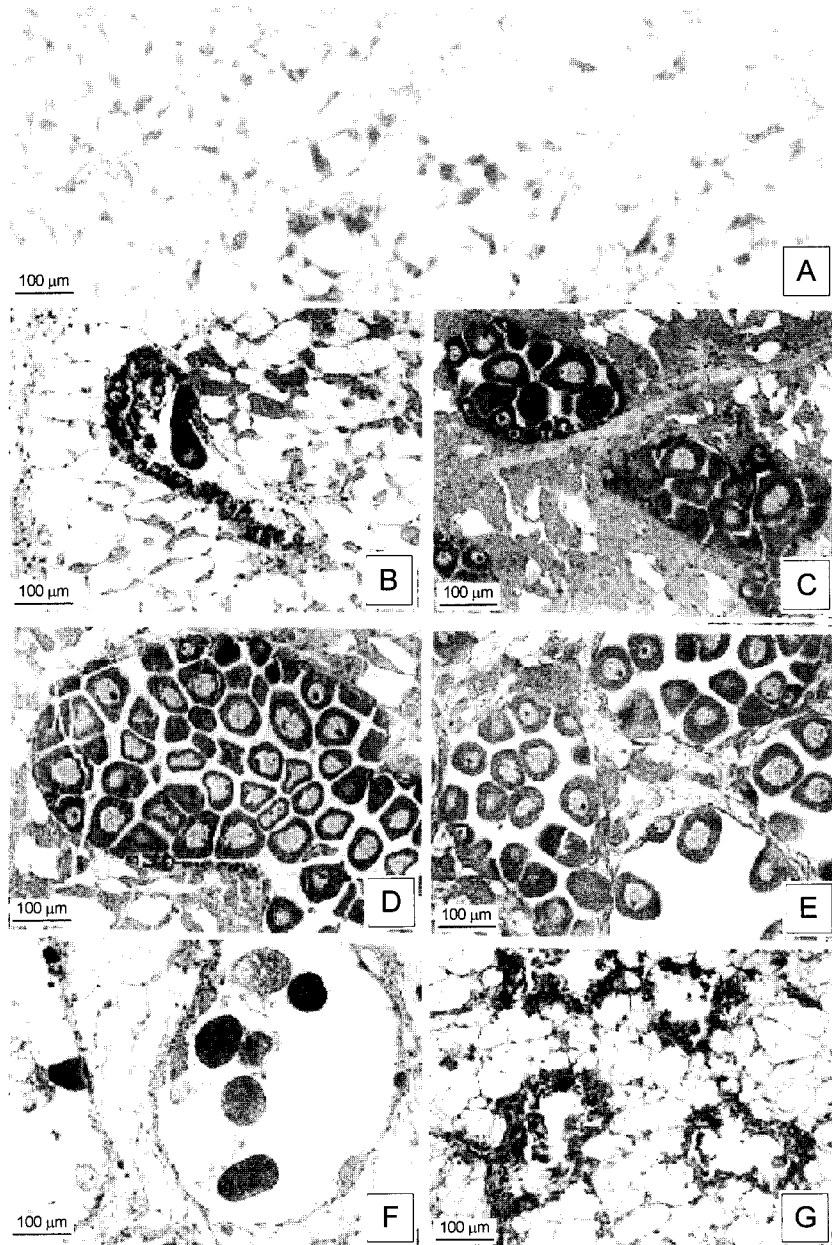
홍합은 외형적인 특징과 미성숙한 시기에 패각을 제거한 후 육안으로 암·수 구별은 어렵지만, 성숙한 시기에는 생식소가 위치하는 부위의 색깔에 따라 암컷(황적색)과 수컷(담황색)으로 구분할 수 있었다. 광학현미경 조직표본 관찰 결과 이들의 성은 암·수가 구분되는 자웅이체였다. 생식소는 난소와 정소는 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있었으며, 소낭 내에서 생식세포의 발달과정을 관찰할 수 있었다. 생식소 소낭사이에는 망상의 결체조직상으로 구성되어 있었으며, 망상결체조직 사이에는 H-E 염색에서 호산성을 보이는 세포들이 위치하고 있는데 이들 세포는 생식소 발달단계에 따라 증가하거나 감소하였다(Figs. 3 and 4).

### 생식소의 조직학적 변화

조직학적인 방법으로 관찰한 결과 생식소 발달단계는 난소와 정소 모두 휴지기, 분열증식기, 성장기, 성숙기, 부분방출기 그리고 완전방출 및 퇴화흡수기의 6단계로 구분할 수 있었다(Figs. 3 and 4).

휴지기에는 광학현미경 조직표본에서도 난소와 정소의 구분이 어렵고, 생식소 소낭은 크기와 수적으로 매우 감소된 상태이며, 소낭 내에서 생식세포들은 관찰되지 않고 소낭과 소낭사이에는 망상결체조직으로 채워져 있었다(Fig. 3, A).

분열증식기에 생식소 소낭의 면적은 작지만 소낭사이의 결합조직이 점차 감소하면서 소낭의 수와 크기는 휴지기에 비해 증가되었으며, 광학현미경 조직표본에서 암·수의 구분이 가능하였다. 난소의 경우에는 난자형성 소낭(oogenic follicle) 벽을 따라 난원세포들과 초기 난모세포들이 배열하고 있었는데, 이들 난모세포들은 핵이 차지하는 비율이 높았으며, 핵은 뚜렷한 인을 가지고 있었다(Fig. 3, B). 정소의 경우에는 정자형성 소낭(spermatogenic follicle) 벽에서 대부분의 정원세포들과 일부 정모세포들의 불규칙한 배열상을 관찰할 수 있었다(Fig. 4, A). 그리고 이 시기에 난소와 정소 모두 망상결체조직사이의 호산성 세



**Fig. 3.** Photomicrographs on the ovarian development of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*. **A**: Resting stage. **B**: Ovary in the multiplicative stage. Oogonia and previtellogenic oocytes appear along the oogenic follicle wall. **C**: Section of ovary in the growing stage. **D**: Ovary in the maturation stage. **E**: Section in the partially spent stage. **F** and **G**: Ovary in the completely spent and degenerative stage.

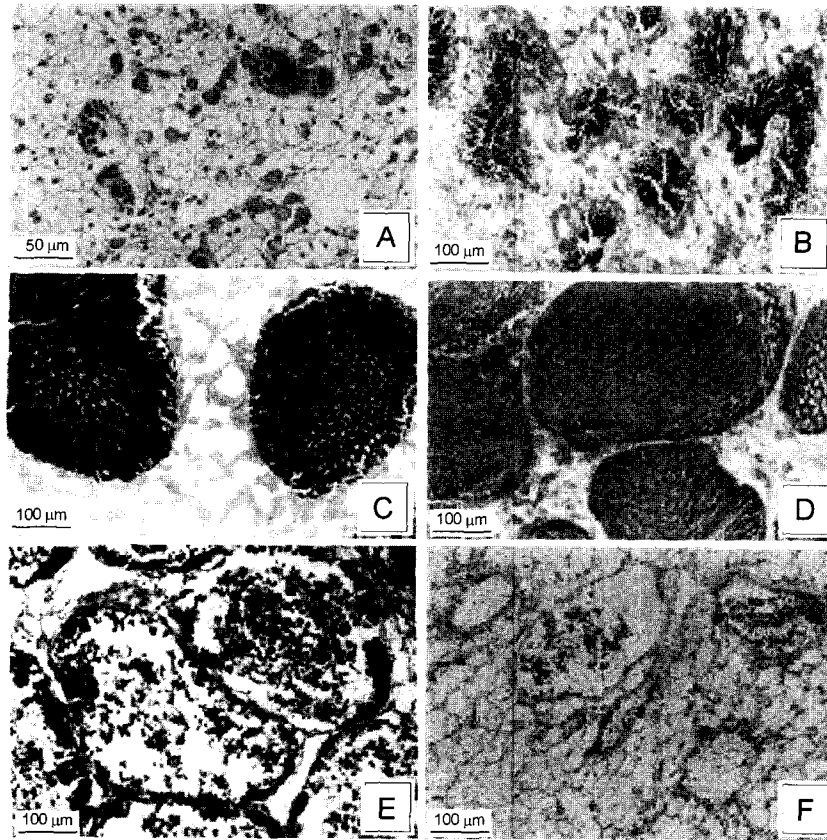
포들은 휴지기에 비해 증가된 양상을 보였다(Figs. 3, B and 4, A).

성장기에 난소내의 난자형성 소낭 벽은 분열증식기에 비해 얇아져 있으며, 소낭의 면적은 증가되어 나타났다. 이 시기에 난자형성 소낭에서는 다양한 크기의 난모세포들이 관찰되지만 주로 직경 40~50 μm 크기의 난모세포들이 난병으로 연결되어 내강 쪽으로 발달된 양상을 보였다(Fig. 3, C). 정소의 정자형성 소낭 벽은 난소에서와 마찬가지로 얇아진 상태였으며, 소낭 벽 근처에서는 일부 정원세포들이 관찰되었으며, 소낭의 내강 쪽은 대부분 정모세포와 일부 정세포들이 차지하고 있었다(Fig. 4, B). 망상결체조직 사이의 호산성 세포들은 생식소 발달단계

중 가장 발달된 양상을 보였다(Figs. 3, C and 4, B).

성숙기의 난소에서는 호산성의 미세한 난황과립으로 채워진 직경 60~80 μm 크기의 난모세포들이 소낭 내강에 가득 차 있었다(Fig. 3, D). 정소에서는 정자형성 소낭벽 근처에서 일부 정모세포와 정세포를 관찰할 수 있었으나, 소낭 내강은 다발을 형성한 호염기성의 정자들로 가득 차 있었다(Fig. 4, C). 그리고 망상결체조직 사이의 호산성 세포들은 이 시기부터 차츰 감소하는 경향을 보였다(Figs. 3, D and 4, C).

부분방출기의 난소에서 각각의 난소 소낭들은 서로 다른 조직상을 보였는데, 일부의 난소 소낭은 성숙기의 난소 소낭과 유



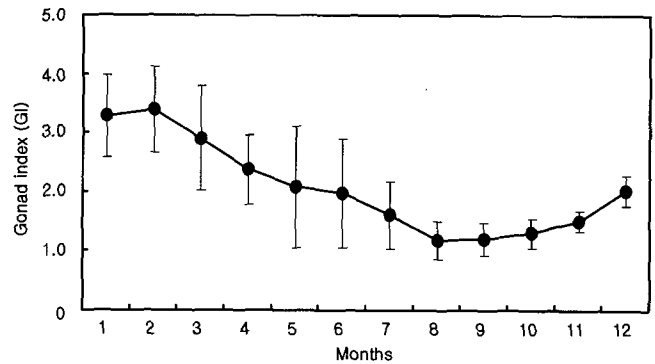
**Fig. 4.** Photomicrographs on the testicular development of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*. **Ⓐ**: Section of multiplicative stage. **Ⓑ**: Testis in the growing stage. A number of spermatocytes and spermatids identified near the lumen. **Ⓒ**: Testis in the maturation stage. Basophilic sperm bundles occupied in the lumen. **Ⓓ**: Section of the partially spent stage. **Ⓔ** and **Ⓕ**: Testis in the completely spent and degenerative stage.

사하였으나 일부 난소 소낭들은 난모세포들의 방출로 인하여 내강의 일부가 비어 있었다(Fig. 3, E). 정소의 경우에도 각각의 정소 소낭들은 서로 다른 조직상을 보였는데, 일부의 정소 소낭은 성숙기의 정소 소낭과 유사하였으나 일부에서는 정자다발이 떨어져 산재되고 호염기성의 염색성이 다소 감소된 소낭 내의 조직상을 보였다(Fig. 4, D).

완전방출 및 퇴화흡수기의 난소에는 완숙 난모세포들의 방출로 소낭 내강은 비워졌으나 일부 성숙 난모세포들이 남아 있었다. 그리고 주로 소낭 내강에서는 잔존 난모세포들의 퇴화과정을 관찰할 수 있었으며, 퇴화흡수과정이 진행될수록 난소 소낭은 점차 위축되었다(Figs. 3, F and G). 정소에서는 대부분의 정자들이 방출되어 일부 잔존정자를 제외하고는 내강이 빈 공간을 이루고 있었으며, 난소에서와 마찬가지로 퇴화흡수과정이 진행될수록 정소 소낭은 점차 위축되었다(Fig. 4, E and F).

**생식소지수(GI)의 월 변화**

생식소지수는 2월에 3.40으로 연중 가장 높은 값을 보였다. 이후 지속적으로 감소하여 8월에는 1.18으로 연중 가장 낮은 값을 보였으며, 9월부터는 증가가 시작되어 1월까지 지속적으로 증가하였다(Fig. 5).



**Fig. 5.** Monthly variation in gonad index (GI) of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*.

**비만도(CI)의 월 변화**

비만도는 12월을 제외한 11월부터 2월 사이의 겨울에 0.02 이상으로 다른 시기에 비해 높은 값을 나타냈으며, 3월부터 감소하여 5월에 가장 낮았으나 이후 여름과 가을을 지내는 동안 서서히 증가하는 경향을 보였다(Fig. 6).

**생식소 발달단계의 월 변화**

혼합 생식소의 발달단계를 월별로 보면 휴지기의 조직상은

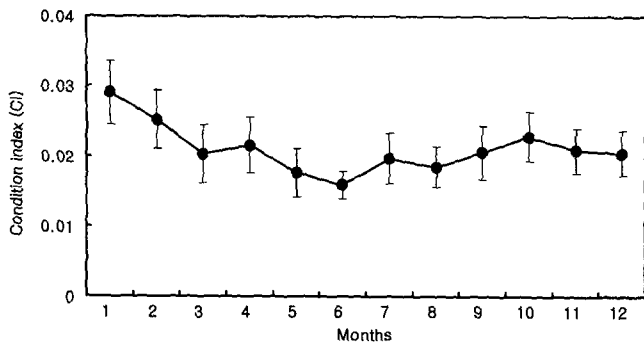


Fig. 6. Monthly variation in condition index (CI) of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*.

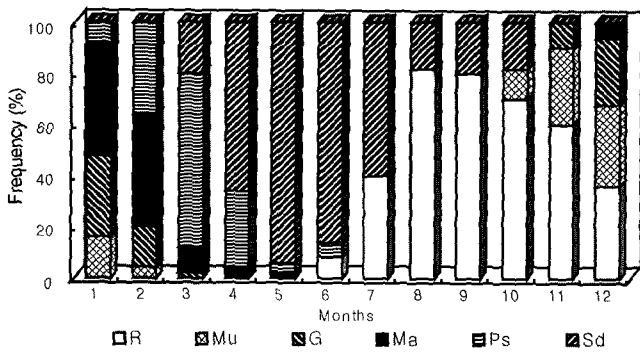


Fig. 7. Monthly variation in gonadal development stage of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*. R: resting stage, Mu: multiplicative stage, G: growing stage, Ma: maturation stage, Ps: partially spent stage, Sd: completely spent and degenerative stage.

8월(82%), 9월(80%), 10월(70%), 11월(60%)에 다른 단계 보다 높은 비율을 보였으며, 분열증식기는 10월(12%)부터 나타나기 시작하여 11월에서 12월(33~32%) 사이에 주로 관찰되었으며, 성장기는 12월(26%)과 1월(32%)에 높은 비율을 보였다. 성숙기의 생식소를 가지는 개체들은 주로 1월과 2월(44%)에 나타났으며, 부분방출기의 생식소를 가지는 개체들은 1월(8%)부터 나타났으나 2월(36%), 3월(68%), 4월(30%)에 높은 비율을 보였다. 완전방출 및 퇴화흡수기의 생식소를 가지는 개체들은 3월(20%)부터 나타나기 시작하여 4월(66%), 5월(94%), 6월(86%), 7월(60%)에 높은 비율을 보였다(Fig. 7).

Table 2. Sex ratio with shell height of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*

Shell height (mm)	Number		Sex ratio
	Female (F)	Male (M)	F : M
~50.0	3	3	1 : 1
50.1~60.0	8	4	1 : 0.50
60.1~70.0	16	11	1 : 0.69
70.1~80.0	42	50	1 : 1.19
80.1~90.0	105	99	1 : 0.94
90.1~100.0	71	72	1 : 1.01
100.1~110.0	36	31	1 : 0.86
110.1~	17	15	1 : 0.88
Total	298	285	1 : 0.96

군 성숙도

각고에 따른 홍합의 성숙도를 암·수 각각 193, 181 개체를 대상으로 조사한 결과는 Table 1에 나타냈으며, 그 결과 각고 50.0 mm 이상의 대부분 개체들은 생식에 참여할 수 있는 것으로 나타났다.

성비

생식소의 발달 상태가 휴지기로 나타나 암·수 구별이 어려운 개체와 자웅동체 4개체를 제외한 584개체 가운데 암컷은 298개체, 수컷은 285개체로 암컷에 대한 수컷의 비율은 1:0.96으로 나타났다(Table 2).

고 찰

홍합의 성은 자웅이체였으며, 생식소는 난소와 정소 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있었으므로 성과 생식소 구조는 많은 조개류(Mackie, 1984; Eversole, 1997; Lee, 1997; Park et al., 2003)와 유사한 것으로 확인되었다. 하지만 본 조사 개체 가운데 4 개체에서 자웅동체 현상이 관찰되었는데, 이와 같은 현상은 이들 종의 자연적인 성전환 가능성 (Yoo, 1988) 또는 화학물질이나 기타의 오염원에 의한 것인지는 단정지을 수 없었다.

일반적으로 무척추동물의 생식시기는 종의 서식 위도 및 생

Table 1. Sexual maturity with shell height of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*

Shell height (mm)	Female			Male		
	Examined inds.	Matured inds.	Maturity (%)	Examined inds.	Matured inds.	Maturity (%)
~50.0	3	3	100	3	3	100
50.1~60.0	8	8	100	4	4	100
60.1~70.0	14	13	92.9	8	8	100
70.1~80.0	27	27	100	33	33	100
80.1~90.0	64	64	100	59	59	100
90.1~100.0	41	41	100	40	40	100
100.1~110.0	25	25	100	23	23	100
110.1~	11	11	100	11	11	100
Total	193			181		

식전락과 밀접한 관계가 있다. 저위도 지역의 종은 생식시기가 길며 고위도 지역의 종은 생식시기가 짧는데 (Fretter, 1984), 이러한 특성은 위도에 따른 빛이나 수온의 차이가 종의 생식특성에 영향을 주는 것으로 생각된다.

조개류를 포함한 연체동물의 산란 습성은 크게 세 종류로 연중산란형(year-around breeders), 늦가을부터 이듬해 초봄 사이에 산란하는 동계산란형(winter breeders) 그리고 늦봄부터 초가을 사이에 산란하는 하계산란형(summer breeders)으로 구분된다(Booolootian et al., 1962). 이러한 구분을 기준으로 볼 때 우리나라 연안에 서식하는 조개류는 하계산란형이 주를 이루는데 가무락, *Cyclina sinensis*(Chung et al., 1991), 꼬막, *Tegillarca granosa*(Lee, 1997), 민들조개, *Gomphina melanaeigis*(Lee et al., 1999), 동죽, *Maetra veneriformis*(Chung and Ryou, 2000)과 대북, *Gomphina veneriformis*(Park et al., 2003) 등이 이에 속한다.

본 연구에서 홍합의 생식주기는 생식소지수의 변화와 생식소의 조직학적 발달단계를 기준으로 휴지기(8~11월), 분열증식기(11~12월), 성장기(12~1월), 성숙기(1~2월), 부분방출기(2~4월), 완전방출 및 퇴화흡수기(4~7월)로 구분할 수 있었으며, 생식소 조직표본에서 완전방출의 조직상은 4월 조사개체에서는 66%, 5월 조사개체에서는 94%가 관찰됨으로써 주 방출기는 2월~3월로 판단된다. 따라서 홍합은 동계산란형에 해당하는 것으로 판단된다.

해산 조개류의 성 성숙과 배우자형성과정은 외인성 요인(exogenous factor)과 내인성 요인(endogenous factor)에 따라 다소 다른 것으로 알려져 있다. 외인성 요인으로는 수온, 빛, 조석주기, 수심, 염분도, 기질 등의 물리적 요인과 먹이, 밀도, 기생충 및 질병 등의 생물학적 요인들이 있으며, 내인성 요인으로는 유전학적 요인과 내분비성 요인 등을 들 수 있는데, 이 가운데 수온은 이들 여러 요인 가운데 가장 중요하게 작용하는 요인이다(Mackie, 1984).

조개류 가운데 백합과(Veneridae)에 속하는 red clam, *Megapitaria aurantiaca*의 경우에는 수온과 성 성숙과의 관계는 뚜렷하지 않지만(García-Domínguez et al., 1994), 새조개, *Fulvia mutica*(Chang and Lee, 1982), 맛조개, *Solen strictus*와 붉은맛, *S. gordonis*(Chung et al., 1986), 가무락, *Cyclina sinensis*(Chung et al., 1991), 북방대합, *Spisula sachalinensis*(Lee et al., 1997), 바지락, *Ruditapes philippinarum*(Chung et al., 2001)에서는 수온이 성 성숙에 가장 큰 영향을 미친다.

본 연구에서 홍합의 배우자형성 주기는 채집지역의 연중 수온 변화 양상과 반대되는 경향을 보여 동계의 저수온이 생식소 성숙에 영향을 미치는 것을 추측할 수 있으나 과연 저수온이 홍합의 생식소 성숙에 직접 관여하는지는 추후 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

조개류에서 비만도의 변화는 생식주기와 연관성을 보이는데, 새조개, *Fulvia mutica*(Chang and Lee, 1982), 북방대합, *Spisula*

*sachalinensis*(Lee et al., 1997), 꼬막, *Tegillarca granosa*(Lee, 1997) 그리고 대북, *Gomphina veneriformis*(Park et al., 2003)의 비만도는 생식소지수의 월 변화 및 생식소 발달과 유사한 변화 경향을 보인다.

본 연구 결과 홍합에서도 비만도는 생식소지수의 월 변화와 유사한 경향을 보였다. 하지만 이러한 비만도의 변화가 수온 등의 환경요인에 의한 것인지 또는 생식소 발달과 직접 연관된 것인지에 대해서는 추후의 연구가 필요하다.

## 요 약

2000년 1월부터 12월까지 남해안 한산만 해역에서 채집한 홍합의 생식소 발달과 생식주기에 관하여 조직학적 방법을 이용하여 조사하였다. 홍합은 자웅이체이며, 생식소는 암·수 모두 다수의 배우자형성소낭으로 이루어져 있었다. 생식소지수(GI)는 2월(3.40)에 가장 높았으며, 8월(1.18)에 가장 낮았다. 비만도(CI)는 생식소지수(GI)와 유사하게 변화하였다. 홍합의 주 산란기는 2~3월이며, 생식주기는 휴지기(8~11월), 분열증식기(11~12월), 성장기(12~1월), 성숙기(1~2월), 부분방출기(2~4월), 완전방출 및 퇴화흡수기(4~7월)로 구분할 수 있었다. 성비(암:수)는 1:0.96으로 조사되었다.

## 참고문헌

- Booolootian, R. A., A. Farmanfarman and A. C. Giese, 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., **122**: 183-193.
- Chang, Y. J. and T. Y. Lee, 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). J. Korean Fish. Soc., **15**: 241-253.
- Chung, E. Y. and D. K. Ryou, 2000. Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Maetra veneriformis* on the west coast of Korea. Malacologia, **42**: 149-163.
- Chung, E. Y., H. B. Kim and T. Y. Lee, 1986. Annual reproductive cycle of the jackknife clams, *Solen strictus* and *Solen gordonis*. Bull. Korean Fish. Soc., **19**: 563-574 (in Korean).
- Chung, E. Y., S. B. Hur, Y. B. Hur and J. S. Lee, 2001. Gonadal maturation and artificial spawning of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), In Komso Bay, Korea. J. Fish. Sci. Tech., **4**: 208-218.
- Chung, E. Y., T. Y. Lee and C. M. An, 1991. Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. J. Med. Appl. Malacol., **3**: 125-136.
- Dare, P. J., 1976. Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. Fish. Invest., Ser. II, **28**: 1-25.
- Eversole, A. G., 1997. Gametogenesis of *Mercenaria mercenaria*, *M. campechiensis* and their hybrids. Nautilus, **110**: 107-110.
- Fretter, T., 1984. Prosobranchs. (in) The Mollusca Vol. 7. Reproduction, (ed.) A. S. Tompa, N. H. Verdonk and J. A. M. Van Den Biggelaar, Academic Press, New York, pp. 1-45.

- García-Domínguez, F., S. A. García-Gasca and J. L. Castro-Ortiz, 1994. Spawning cycle of the red clam, *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.*, **13**: 417–423.
- Kang, D. H. and K. S. Choi, 1999. Evaluation of methods used in calculation of condition index using the mussel, *Mytilus coruscus* (Gould, 1861) collected from Chuja Island, Cheju, Korea. *Korean J. Malacol.*, **15**: 57–62 (in Korean).
- Korringa, P., 1976. Farming marine organisms low in the food chain. Elsevier, Amsterdam. 264 pp.
- Lee, J. H., 1997. Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *Korean J. Malacol.*, **13**: 55–64 (in Korean).
- Lee, J. Y., Y. J. Chang and C. S. Lee, 1997. Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Korean Fish. Soc.*, **30**: 132–138 (in Korean).
- Lee, J. Y., Y. J. Park and Y. J. Chang, 1999. Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia: Veneridae). *J. Korean Fish. Soc.*, **32**: 198–203 (in Korean).
- Mackie, G. L., 1984. Bivalves. (in) *The Mollusca* Vol. 7. Reproduction, (ed.) A. S. Tompa, N. H. Verdonk and J. A. M. Van Den Biggelaar, Academic Press, New York, pp. 351–418.
- Mason, J., 1976. Cultivation. (in) *Marine mussel: Their ecology and physiology*, (ed) B. L. Bayne, Cambridge University Press, Cambridge. pp. 385–410.
- Park, J. J., J. Y. Lee, J. S. Lee and Y. J. Chang, 2003. Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *J. Korean Fish. Soc.*, **36**: 213–218 (in Korean).
- Yoo, J. S., 1988. Korean shells in colour, Il Ji Sa, Seoul, 196 pp. (in Korean)
- Yoo, S. K., 1969. Culture condition and growth of larvae of the *Mytilus coruscus* Gould. *J. Oceanolo. Soc. Korea*, **4**: 36–48 (in Korean).
- Yoo, S. K., K. H. Kang and D. Y. Lee, 1988. Occurrence and survival rate of sea mussel, *Mytilus edulis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **21**: 35–41 (in Korean).
- Yoo, S. K., K. J. Kim and C. K. Lee, 1970. Biological studies on the propagation of importance bivalves 4. Growth of the mussel, *Mytilus edulis* Linne. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **3**: 103–109 (in Korean).

원고접수 : 2003년 7월 11일

수정본 수리 : 2003년 9월 3일

책임편집위원 : 이원교