

# 퇴조개, *Coecella chinensis* (Mesodesmatidae: Bivalvia) 의 생식주기

김진희, 손민호, 강희웅<sup>1</sup>, 이기영<sup>2</sup>

해양생태기술연구소, <sup>1</sup>국립수산과학원 서해연구소, <sup>2</sup>군산대학교

## Reproductive Cycle of Sulf clam, *Coecella chinensis* (Mesodesmatidae: Bivalvia)

Jin Hee Kim, Min Ho Son, Hee-Woong Kang<sup>1</sup> and Ki-Young Lee<sup>2</sup>

Marine Eco-Technology Institute, Busan 608-830, Korea

<sup>1</sup>West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

### ABSTRACT

The reproductive cycle, gonad index, condition index, and the sex ratio in female and male *Coecella chinensis*, which were collected from the coastal waters of Namhae, the South Coast of Korea, were investigated by histological analysis and morphometric data. Monthly variations of the gonad index and condition index of this species showed similar patterns to that of the reproductive cycle. The reproductive cycle in female and male *C. chinensis* can be classified into six successive stages: early active stage (April), late active stage (May), ripe stage (June), partially spawned/spent stage (June to August), degeneration stage (August) and inactive stage (September to March). According to monthly changes in relative frequency distributions of ovarian egg diameters of this species, in particular, a number of ripe eggs ranging about 70  $\mu\text{m}$  appear in June, however, in July and August, although the mode of egg diameters ranging about 50  $\mu\text{m}$  appear about 80%, these ripe eggs ranging from 60  $\mu\text{m}$  to 70  $\mu\text{m}$  are gradually decreased during the period from June to August. Therefore, the spawning period of this species is continued from June to August with a peak between July and August when the seawater temperature exceeds about 24.5°C. The sex ratio of female and male individuals was not significantly different from 1:1 ( $\chi^2 = 1.20$ ,  $p > 0.05$ ). No hermaphrodites were found.

**Key words** : *Coecella chinensis*, reproductive cycle, sex ratio

### 서 론

퇴조개, *Coecella chinensis*는 조간대 상부에 서식하고 있는 소형조개류로 잠입성이며 퇴조개과(Mesodesmatidae) 1종만 보고되고 있다 (Kweon *et al.*, 1993). 퇴조개, *C. chinensis*는 상업적으로 이용되지 않기 때문에, 우리의 관심

밖에 있었던 종으로 본 종에 관해 기초 연구가 거의 이루어져 있지 않다. 본 종은 조간대에서 바지락과 거의 동일지역에 서식하나, 서식경합은 하지 않고 바지락 보다 상부에 주로 분포하여 조간대 상부 연성저질의 환경생태학적으로 주요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 모든 생물의 생식전략은 종 특이성을 가진다는 가설 아래 생식소 발달과정을 조사하여 생식주기를 밝힐 필요가 있다. 지금까지 퇴조개과의 퇴조개, *C. chinensis*와 관련하여 조사, 보고된 것은 생식세포발달과정에 따른 생식주기 및 정자의 미세구조 (Kim *et al.*, 2013a, b) 가 단편적으로 요약 발표되어 있을 뿐이며, 그 밖에 본 종의 분포 (Min *et al.*, 2004) 가 생태학적으로 일부가 보고되어 있을 뿐이다.

지금까지 우리나라에서 상업적으로 유용한 조개류의 생식주기, 산란기 및 정자의 미세구조에 관해 연구, 보고된 조개류는

Received: June 19, 2013; Accepted: June 26, 2013

Corresponding author : Jin Hee Kim

Tel: +82 (10) 3836-0634 e-mail: jhkim@marine-eco.co.kr  
1225-3480/24477

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

굴과의 참굴 (Kim, 2001; Kim *et al.*, 2010a), 바윗굴 (Kim, 2001), 강굴 (Kim, 2001) 이 밝혀져 있고, 고막과의 고막 (Kim, 2001), 새고막 (Kim, 2001; Chung *et al.*, 2011), 피조개 (Kim, 2001), 홍합과의 홍합 (Kim, 2001; Kim *et al.*, 2010b), 굽은줄격판담치 (Kim, 2001; Kim and Kim, 2011), 키조개과의 키조개 (Kim, 2001; Kang *et al.*, 2012), 가리비과의 큰가리비 (Kim, 2001), 비단가리비 (Kim, 2001), 주문진가리비 (Kim, 2001), 백합과의 백합 (Kim, 2005), 말백합 (Kim *et al.*, 2009), 바지락 (Chung *et al.*, 1994; Chung *et al.*, 2010b), 가무락 (Chung *et al.*, 1991), 대복 (Park *et al.*, 2003; Chung *et al.*, 2010a), 개량조개과의 개량조개 (Chung *et al.*, 2007), 동죽 (Chung *et al.*, 1988; Chung and Ryou, 2000), 등 많은 보고가 있다. 하지만 본 종은 비상업적 종이기에 때문에 연구가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 퇴조개의 기초생태에 관한 조사를 목적으로 생식주기를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 채집

본 실험은 2006년 4월부터 2007년 3월까지 경상남도 남해군 창선도 조간대에서 매월 1회 채집하였으며, 채집된 개체 중 무작위로 30마리를 추출하여 vernier calipers를 이용하여 각장 (SL), 각고 (SH), 각폭 (SW) 을 0.1 mm까지 측정하였고, 전자저울을 이용하여 전중 (TW), 육중 (MW) 을 0.1 g 까지 측정하였다.

### 2. 조직학적 표본 제작 및 분석

본 종의 생식소 조직의 월별 변화를 알아보기 위해 생식소 부위를 해부하여 Bouine's 고정액에 고정 후, 상법에 따라 paraffin 포매하여, 5  $\mu$ m 전후의 연속절편을 만들고 Harris Hematoxylin과 0.5 % eosin으로 비교 염색하여 광학현미경으로 검경하였다.

### 3. 생식소지수(Gonad Index, GI)

정성분석 (조직학적 관찰) 에 의해 간접적으로 산란기를 추정하기 위해, 암수 총 150개체를 대상으로 조직표본을 제작한 후 조직표본을 관찰하여 월별로 암, 수별 평균 생식소지수를 계산하여 그 변화 양상을 조사하였다. 암수 생식소지수의 월별 평균은 Mann (1979) 의 방법을 일부 변경하여 계산하였다. 생식소 발달단계를 판정한 후, 생식소 발달단계별 평가 기준점수 (Staging score criteria) 를 1-5점까지 배정하였다 : 퇴화 및 비활성기 [Degeneration / inactive stage (S1 = 1)], 부분산란기 [Partially spawned stage (S2 = 2)], 초기활성기 [Early active stage (S3 = 3)], 후기활성기 [Late active

stage (S4 = 4)], 완숙기 [Ripe stage (S5 = 5)]. 월별 생식소지수 (GI) 의 계산은 아래 식에 의해 계산하였다.

$$GI = [N1 \times S1] + [N2 \times S2] + [N3 \times S3] + [N4 \times S4] + [N5 \times S5] / N$$

N, 월별 총개체수; N1~N5, state 별 개체수; S1~S5, stage 별 등급값

### 4. 비만도 (Condition index)

비만도는 아래의 식으로 구하였다.

$$\text{비만도지수 (condition index)} = MW \text{ (g)} \times 1000 / SL^3 \text{ (mm)}$$

### 5. 난경조사

월별 난경변화는 난소절편에서 핵과 인이 정상적으로 관찰되는 난을 대상으로 광학현미경으로 검경·계수하여 출현빈도로 나타내었다.

### 6. 성비

전 조사기간 채집된 조직절편을 광학현미경으로 암수를 조사하였고, 암수의 성비가 1:1과 통계적으로 유의한 가를 Chi square test를 이용하여 분석하였다.

## 결 과

### 1. 생식소 형태와 구조

퇴조개는 암수딴몸이며, 암수생식소는 상동기관으로 내장낭과 외피사이의 결체조직 내 가늘고 긴 형태로 단순한 원통구조이다. 난소와 정소는 모두 소낭 구조 형태이며, 생식소관의 상피조직이 생식상피의 기능을 가지고, 성숙해도 암수 모두 생식소가 발달하면 유백색으로 육안으로 구분하기 어렵다.

### 2. 해수 수온의 월별변화

해수 수온의 월별변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같이, 동계인 1-2월에는 6°C 이하로 매우 낮았으나, 3월부터 서서히 증가하기 시작하여 6월에는 22°C에 도달하였으며, 8월에 평균 25°C를 나타내어 연중 최대값을 나타내었다. 그 후 9월에 수온은 점차 감소하기 시작하였고, 10월부터 급격히 감소하여 12월까지 수온이 계속 낮은 경향을 보였다.

### 3. 비만도지수와 수온의 월별변화

산란시기를 추정하기 위해 조사한 비만도지수의 월별변화와 해수수온의 월별변화와의 상호관계는 Fig. 1에 나타내었다. 비만도지수의 월별변화는 해수수온이 서서히 증가되기 시작하는 3-4월부터 증가되기 시작하여 5월에 최대값에 이른 후, 수온이 증가하기 시작하는 6월부터 비만도지수 값이 감소하기 시작하

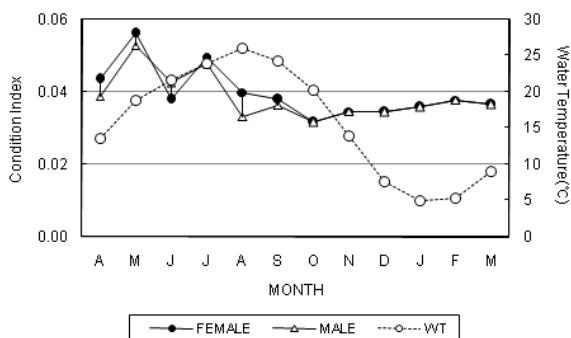


Fig. 1. Monthly changes in the condition index of *Coecella chinensis*.

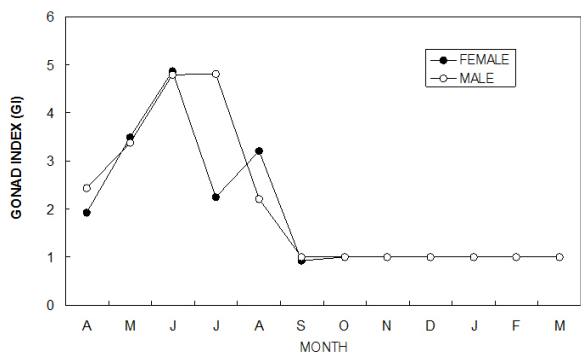


Fig. 2. Monthly changes in the gonad index of *Coecella chinensis*.

였고, 그 후 이들 지수 값은 7월에 잠시 다시 증가한 후, 8월까지 계속 감소하는 경향을 보였다. 수온이 증가되는 시기에 비만도지수 값이 감소되는 시기가 상호 밀접한 관계를 나타내었다.

#### 4. 생식소지수 (GI) 의 월별변화

생식소 발달 및 산란시기를 파악하기 위해 생식소지수를 계산하였다. 생식소지수 (gonad index) 의 월별변화는 암컷 개체의 경우, 4월 (GI 1.93) 부터 서서히 증가하기 시작하나 5월에는 GI 값이 급격히 상승한 후, 6월에 최대값 (GI 4.86) 을 나타내었다. 그 후 7-8월 (GI 2.25-3.20) 에 급격히 감소한 후 이듬해 3월까지 아주 낮은 값 (GI 1.0) 을 나타내었다. 수컷의 경우도 암컷 개체들과 유사하게 4월 (GI 2.43) 부터 서서히 증가하기 시작하나 5월에는 GI 3.38로 급격히 상승한 후, 6-7월에 최대값 (GI 4.80-4.82) 을 나타내었다. 그 후 8월 (GI 2.20) 부터 이듬해 3월까지 아주 낮은 값 (GI 1.0) 을 보였다. 따라서 산란은 GI 값이 최고를 나타낸 6월부터 극소수의 일부 개체가 산란과 방정으로 재생산에 가담하기 시작하지만, 주로 7-8월 중에 주산란이 일어나는 것으로 확인되었다. 암수 개체

전체를 통합하여 보면, 1-2월에는 매우 낮은 값을 보였고, 3-4월부터 서서히 증가되기 시작하여 5월에는 생식소지수가 급격히 증가하였다. 6월에는 GI 값이 크게 증가한 이래, 그 후 서서히 8월까지 서서히 감소되는 경향을 보였다 (Fig. 2).

#### 5. 난경 (卵經) 조성

2006년 4월부터 2006년 8월까지 조직치리를 통해 얻은 난소조직 시료를 대상으로 광학현미경하에서 월별 난경을 측정하고, 측정치를 단계별로 구간을 설정하여 출현비율 결과를 보면 4월에는 30  $\mu\text{m}$  이하의 난모세포가 90% 이상 출현하고, 이후 성장하여 5월에는 30-40  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포가 다수 출현하지만, 50  $\mu\text{m}$  이상의 난모세포의 비율이 증가한다. 6월에는 45  $\mu\text{m}$  이상의 난모세포가 주로 출현하고 특히 70  $\mu\text{m}$  이상의 난모세포가 우점적으로 출현한다. 7월에 평균 50  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포가 약 80% 정도 출현하며, 60-70  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포가 감소한다. 그리고 8월도 7월과 유사한 경향을 보였다 (Fig. 3).

#### 6. 생식소발달 단계에 따른 생식주기

생식세포의 형태 및 크기와 기타 보조세포의 형태 및 기능을 근거로 하여, 퇴조개 암수의 생식주기는 아래의 6단계로 나누었다.

**초기활성기 (early active stage):** 암컷의 경우, 이 시기에는 난소 내에 난원세포들과 전난황형성난모세포들이 난소의 난소소낭 (oogenic follicle) 벽 (생식상피) 을 따라 증식되고 있다. 난원세포와 전난황형성난모세포의 크기는 직경이 각각 9-11  $\mu\text{m}$ 와 15-25  $\mu\text{m}$  정도이다. 이때 난소소낭의 내강들 (lumina) 은 텅 비어 있다 (Fig. 5A). 수컷의 경우, 이 시기에는 정소 내에는 정원세포들과 제1차, 제2차정모세포들이 정소세관들 (Acini) 의 세관벽 (생식상피) 을 따라 증식되고 있다. 이들 생식세포의 크기는 직경이 각각 7-8  $\mu\text{m}$ 와 6-7  $\mu\text{m}$  정도이다. 이때 정소세관의 내강들 (lumina) 은 역시 텅 비어있다 (Fig. 6A). 초기활성기의 암수 개체들은 수온이 비교적 낮은 4월에 나타났다.

**후기활성기 (late active stage):** 암컷의 경우, 이 시기에는 난소 내 난소소낭들 (oogenic follicles) 내에는 직경 30-40  $\mu\text{m}$  정도인 다수의 후기난황형성난모세포들이 각각 난소소낭 벽에 난병 (egg-stalk) 을 부착한 채 나타나고 있다. 그 후 후기난황형성난모세포들은 직경이 45-55  $\mu\text{m}$  정도로 성장한다. 이때 이들 난모세포들은 큰 배포상의 핵 (germinal vesicle) 과 난소소낭 벽에 부착한 난병을 갖는다 (Fig. 5B). 수컷의 경우, 이 시기에는 정소 속 정소세관들 (acini) 내에는 소수의 정

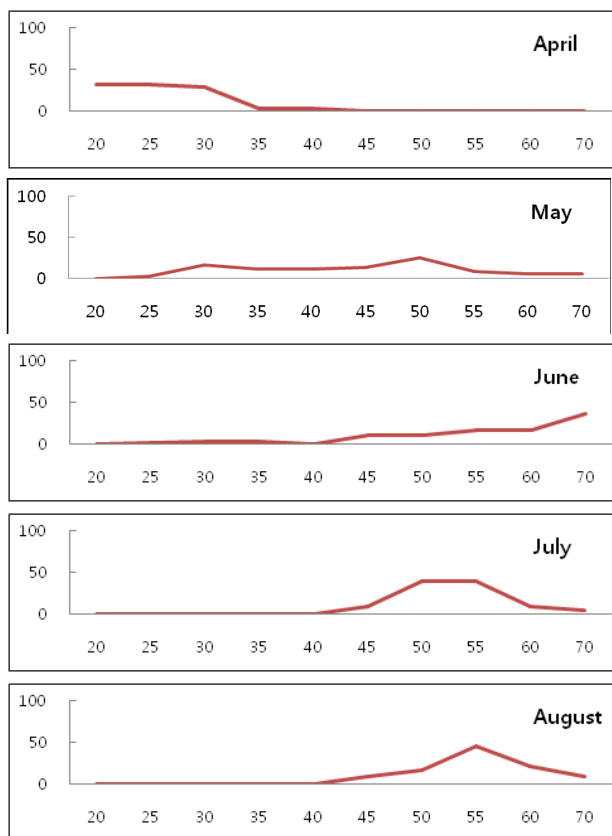


Fig. 3. Monthly changes in relative frequency distribution of the ovarian egg diameter of *Coecella chinensis*.

원세포들과 수많은 정모세포들 (5-6  $\mu\text{m}$ ) 그리고 직경 3  $\mu\text{m}$  인 정세포들이 나타나고 있다. 이 시기에는 정세포들의 내강 중앙부 내에 소수의 정자들이 분화된 정자로 변태가 시작된다 (Fig. 6B). 후기성장기의 암수 개체들은 수온이 점차 증가하는 5월에 출현하였다.

**완숙기 (ripe stage):** 암컷의 경우, 이 시기에 난소소엽 내에는 대다수가 난경 50-65  $\mu\text{m}$ 인 성숙 중인 난모세포들과 모양이 둥글거나 원형인 난경 60-65  $\mu\text{m}$ 인 완숙란으로 성장한다. 이들 완숙란들은 내강 중앙부에 위치하고 있다. 각각의 완숙란들은 한 개의 큰 배포를 가지며, 이들의 세포질은 수많은 난황과립들로 가득 채워진다. 이때에, 특히 각각의 완숙란들은 한 개의 두터운 젤라틴성 막으로 둘러 싸인다 (Fig. 5C). 수컷의 경우, 이 시기에 수 많은 정세포들이 내강의 중앙부에서 변태된 정자로 분화가 시작되며, 수많은 정자들이 정소세관의 내강 중앙부에서 나타난다 (Fig. 6C). 완숙기의 암수 개체들은 수온이 점차 20°C 이상으로 증가하는 6월에 출현하였다.

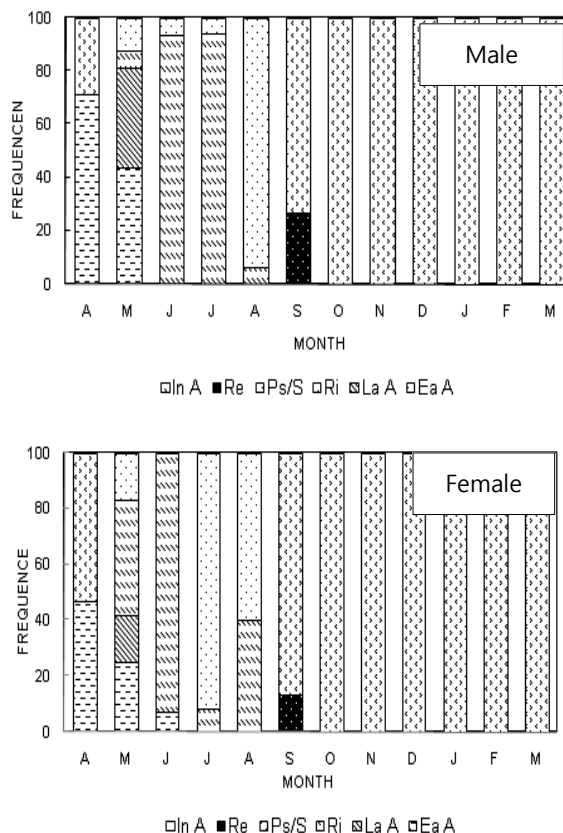


Fig. 4. Frequency of gonadal phases of *Coecella chinensis*. Abbreviations: Ea A, early active stage; La A, late active stage; Ri, ripe stage; Ps/s, partially spawned and spent stage; De, degeneration stage; In A, inactive stage.

**부분산란기 (방출기) (partially spawned stage/ spent stage):** 암컷의 경우, 이 시기에 비록 소수의 미방란된 완숙란들이 남아 있어도 대부분의 완숙란들이 난소소낭으로부터 방란되어 난소소낭의 내강은 텅비게 된다 (Fig. 5D). 수컷의 경우도, 정자의 50%가 정소세관 (acini) 으로부터 방정되어 정소세관 내에는 미방정된 많은 정자들과 수많은 정세포들 그리고 정모세포들이 일부 잔존하나 대부분의 내강들은 텅비게 된다 (Fig. 6D). 부분산란기의 암수 개체들은 수온이 점차 20°C 이상으로 증가하는 때인 6월부터 8월 사이에 출현하고 있다.

**퇴화기 (degeneration stage):** 암컷의 경우, 산란 후 난소소낭들은 각각 퇴화·위축되고, 난소소낭의 내강 내에 존재하던 미방란된 난모세포들은 세포질 붕괴를 일으킨다. 퇴화된 배우자들은 흡수된다 (Fig. 5E). 수컷의 경우도 정자들이 정소세관 내에서 방정된 후 잔존하는 소수의 정자들과 정세포들은 퇴화되고, 퇴화된 배우자들 (gamete atresia) 은 흡수된다 (Fig.

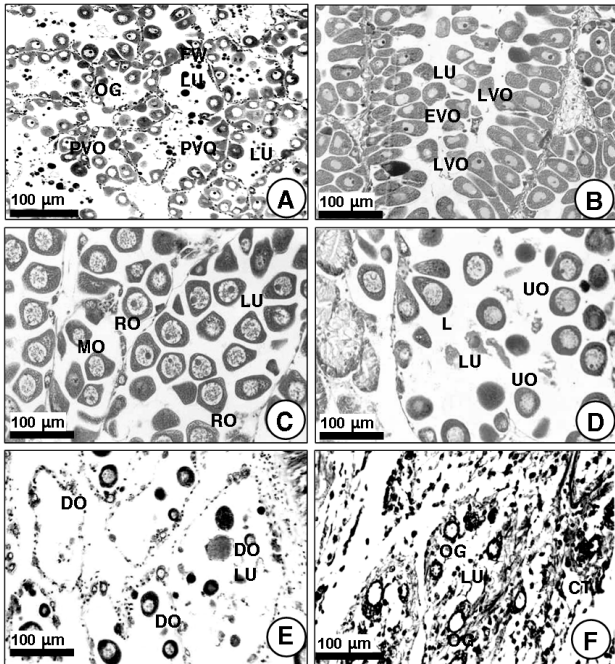


Fig. 5. Gonadal phases of the ovary in female *Coecella chinensis* observed under the light microscopy. A, early active stage; B, late active stage; C, ripe stage; D, partially spawned and spent stage; E, F, degeneration and inactive stage; Abbreviations: EVO, early vitellogenic oocyte; FW, follicular wall; LVO, late vitellogenic oocyte; MO, maturing oocyte; OG, oogonium; PVO, previtellogenic oocyte; RO, ripe oocyte; UO, undischarged oocyte.

6E). 퇴화기의 암수 개체들은 수온이 점차 감소되는 8월에 출현하고 있다.

**비활성기 (inactive stage):** 암컷의 경우, 비활성기 시기에 난소 내 난소소낭들이 퇴화된 후, 결체조직들의 재배치가 관찰된다. 그와 동시에 새로이 출현한 소수의 난원세포들이 난소소낭 벽에 출현하고 있다 (Fig. 5F). 수컷의 경우도 비활성기에는 정소세관들 (acini) 이 퇴화된 후, 결체조직들의 재배치가 관찰되며, 또한 소수의 새로이 형성된 정원세포들이 정소세관 상피상에서 출현하고 있다 (Fig. 6F). 비활성기는 비교적 긴 기간에 걸쳐 일어나고 있다. 비활성기의 암수 개체들은 해수 수온이 비교적 낮은 9월부터 3월 사이에 장기간에 걸쳐 출현하고 있다.

### 7. 성비

본 종의 성비는 Table 1과 같다. 조사기간 동안 퇴조개의 암수 성비는 수컷이 약간 높게 나타났으나 암수 성비의 검정을 위해 Chi square test를 실시한 결과 암:수 = 1:1로 유의한 차가 없는 것으로 조사되었다 ( $\chi^2 = 1.20, p > 0.05$ ).

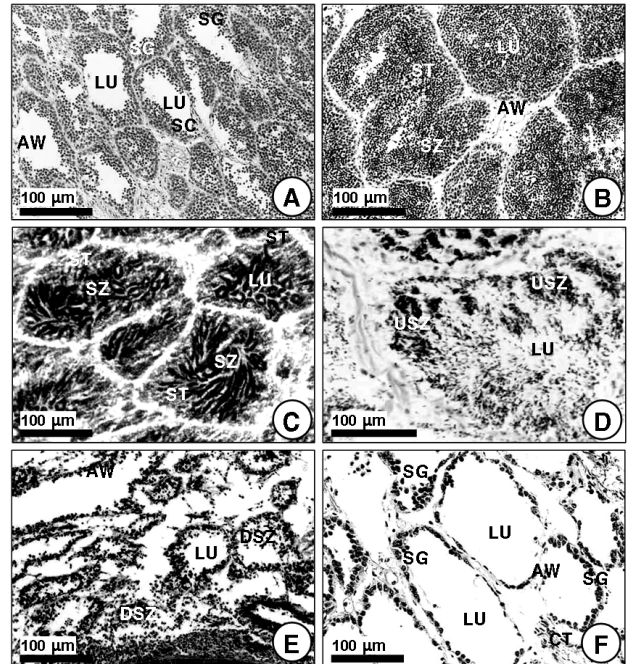


Fig. 6. Gonadal phases of the testis in male *Coecella chinensis* observed under the light microscopy. A, early active stage; B, late active stage; C, ripe stage; D, partially spawned and spent stage; E, F, degeneration and inactive stage; Abbreviations: AW, acinal wall; CT, connective tissue; DSZ, degenerating spermatozoon; LU, lumen; SG, spermatogonium; SC, spermatocyte; ST, spermatid; SZ, spermatozoon; USZ, discharged spermatozoon.

### 고찰

생식소지수 (Gonad index) 는 본종의 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 정성분석 방법 (조직학적 관찰방법) 에 의해 생식소 조직절편의 생식소 발달단계별 값 (score) 을 근거로 곱하여 월별 총 조사 개체수로 나누어 측정·조사하였다. 본 종의 암컷과 수컷의 생식소지수 (GI) 는 봄철에 증가하기 시작하여 5월에 급격히 증가한 다음 6월에 최대에 이른 후, 6월부터 8월까지 계속 감소하였는데, 이것은 이 시기가 산란기이기 때문에 산란으로 생식소지수 값이 감소된 것으로 사료된다. 그 후 9월부터 이듬해 3월까지 생식소지수 (GI) 값이 계속 감소되었는데 이것은 이 시기에 생식소 조직이 퇴화·감소되고 있기 때문이다. Chung (2007) 에 의하면, 생식소지수의 평균 값이 최대로 높은 시기는 생식소의 성숙시기와 일치하며, 높은 평균값에 이른 후 평균값이 최소로 낮아지는 것은 이 시기가 산란기로 산란과 관련이 있다고 간주하였다. 따라서 생식소지수의 월별 변화는 생식소의 발달과 생식소의 활성화 및 밀접한 관계를 나타내고 있음을 알 수 있다. 본 조사에서 생식소지수의 월별변화 양상은 1년에 한 cycle을 보여 주고 있어 산란기간은 1년을 통

**Table 1.** Sex ratio of *Coecella chinensis*

| Species                   | Female (ind.) | Male (ind.) | Total (ind.) | Sex ratio (F/(F+M)) | $\chi^2$ | p        |
|---------------------------|---------------|-------------|--------------|---------------------|----------|----------|
| <i>Coecella chinensis</i> | 126           | 144         | 270          | 0.47                | 1.20     | p > 0.05 |

The critical value for  $\chi^2$  goodness-of-fit test of females and males (1 df) at 95% significance is 3.84.

하여 1번의 산란기를 나타내고 있는 단일주기 (unimodal cycle) 를 나타내고 있다 (Fig. 4).

퇴조개 암컷과 수컷의 생식주기는 편의상 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기 (부분 방출기), 퇴화기 그리고 비활성기 등의 연속적인 6단계로 구분할 수 있었다. 퇴조개의 생식주기와 비만도 및 산란기를 종합하여 비교 고찰하여 보면, 퇴조개에서 많이 나타나는 몇 가지 특징을 발견할 수 있다. 암컷의 경우, 초기활성기 (early active stage) 와 후기활성기는 아주 짧게 관찰되며, 수온이 상승하는 4월부터 증가하여 5월까지 나타난다. 이때 수온은 13.6°C에서 18.8°C로 상승하고 비만도도 급격히 증가한다. 후기활성기는 5월에 출현하여 바로 다음단계로 이행된다. 이 시기에 수온은 계속하여 상승하며 비만도도 최고점에 도달한 후 서서히 하강하게 된다. 완숙기는 역시 짧은 시기에 나타나며, 6월 90%이상 출현하며 이때 수온은 24.5°C 전후이며, 비만도는 이후 다소 증감을 되풀이하나 높은값을 유지한다. 그리고 부분방출기 및 방출기는 7월과 8월에 걸쳐 있으며 70%이상 출현하여, 이 시기에 많은 개체가 방출에 참여함을 알 수 있다. 이 때 수온은 23°C 전후로 하강하며, 비만도도 급속히 하강하게 된다. 퇴화기 및 비활성기는 8월 이후 급격히 증가하며 9월부터 이듬해 3월까지 조사한 모든 개체가 비활성기 상태를 보여준다. 수컷의 경우, 초기활성기는 4월에 나타나고, 아주 짧은 후기활성기 (5월) 를 가진다. 이 시기는 수온이 상승하는 시기이며, 비만도도 같이 상승한다. 완숙기는 5월부터 출현하나 6-7월에 90%이상으로 우점적이고, 8월에 부분방출 및 방출이 일어나고 9월에 짧은 퇴화기를 거친 후 비활성기 상태로 된다. 따라서 본 조사 결과 퇴조개는 암수에서 약간의 시기 차이는 있으나, 긴 비활성기 단계를 보이고 짧은 산란기를 보이고 있으며, 주 산란기는 6월에 완숙하여 7월에 방란·방정에 참여하는 년 1회 산란종으로 판단된다.

Sastry (1966, 1968) 에 의하면, 해양에 서식하는 이매패류의 생식소 발달과 성숙에는 외생적 요인인 수온과 먹이 이용도 (food availability) 가 중요하게 관련되어 있다고 보고하였으며, 배우자형성과정의 시작을 조절하는 데에는 다른 외생적 요인으로 염분농도, 일장 등이 관련되어 있다고 언급하였다. Sastry (1968) 는 생식세포 성장단계의 시작을 위해서는 해수 수온이 자극제로 작용하고 있다고 언급하였다. 수온은 난형성 과정과 정자형성과정의 시작에서 생식세포의 성장을 활성화

시키는데 요구되며, 자연환경 속에서 생식소 활성화와 배우자형성과정의 연중 기간을 적극적으로 제한하는데 관여한다고 하였다.

본 조사에서 퇴조개의 배우자 분화는 동계-초봄철에 시작된다. 그리고 수온이 상승하는 5월부터 6월 사이에 개체군이 성숙에 이른다. 본 종의 경우, 먹이가 풍부한 시기와 생식소 발달 시기는 거의 일치하며, 또한 배우자형성시기는 생식소 성장시기와 거의 일치한다.

일반적으로 한국해역에서는 이매패류의 성장과 생산이 봄철에서 초여름철까지 식물플랑크톤이 풍부하기 때문에 비교적 높은 것으로 보고되어 있다 (Chung *et al.*, 1994; Kim, 2005). 이 시기에 퇴조개도 생식소 발달과 성숙을 위해 풍부한 먹이생물인 식물플랑크톤을 이용하고 있어 생식소발달이 왕성함을 조직학적 조사에서 쉽게 확인할 수 있다. 그러므로 한국산 퇴조개의 생식소 발달과 성숙은 수온 변화와 먹이 이용도에 밀접하게 관련되어 있다.

Fretter (1984) 에 의하면, 온대해역에서 조도변화와 밀접한 관련이 있는 계절적 수온변동은 배우자형성과정에 조절요인이 되고 있다. 왜냐하면 먹이이용이 감소되면 식물플랑크톤의 1차 생산이 감소되어 그 결과로 본 종의 생식소 발달과 성숙은 낮은 조도하에서 지연될 수 있다.

Booolootian *et al.* (1962) 은 연체동물들을 3가지 범주로 나타내었다: (1) 연중 번식자 (year-round breeders), (2) 동계 번식자 (winter breeders), (3) 하계 번식자 (summer breeders). 퇴조개의 경우는 그들의 번식양상을 보면, 6-8월이 번식시기이므로 하계 번식자에 속한다.

Rand (1973) 는 번식전략은 위도구배에 따라 변한다고 보고하였다. 특히, 북부 기후대에서는 일년 중 한번 산란하는 특징을 보이며, 온대기후대에서는 두 번 산란 계절을 가지며, 열대기후대에서는 연중 산란하는 특징을 가진다고 보고하였다. 우리나라는 비교적 북부 기후대 쪽에 속하므로 우리나라 이매패류는 연 중 1회의 산란계절을 가진다. 비록 동일 종이라 하더라도 상이한 지역 개체군의 경우, 대부분의 이매패류의 생식소를 정성분석 (조직학적 관찰) 에 의해 조사하여 보면, 일본 동경만 북쪽에서는 산란계절이 일년에 한번 일어난다 (Kurashige, 1943; Momoyama and Iwamoto, 1979). 그러나 일본 동경만 이남에서는 일년에 산란계절이 2번 일어난다 (Ko, 1957; Tanaka, 1954).

미래의 퇴조개 번식을 예측하기 위해서는 개체군의 성비에 관한 정보를 이해할 필요가 있다. 특히 암컷의 자원량은 장래 생물자원의 증식과 자원량의 증감을 예측하게 하므로 매우 중요하다. 조사기간 동안 퇴조개의 암수 성비는 수컷이 약간 높게 나타났으나 암수 성비의 검증을 위해 Chi square test를 실시한 결과 암:수 = 1:1로 유의한 차가 없는 것으로 조사되었다 ( $\chi^2 = 1.20$ ,  $p > 0.05$ ). 그러므로 본 종은 암컷 : 수컷의 성비가 1:1로 안정된 상태 (평균) 를 유지하고 있어, 개체군의 자원량이 크게 변동되지 않을 것으로 사료된다.

## 요 약

한국 남해안 남해 연안에서 채집한 퇴조개 (*Coecella chinensis*) 를 대상으로 생식주기, 생식소지수, 비만도지수 및 성비를 조직학적 분석 및 형태 계량학적 자료에 의해 조사하였다. 생식소지수 및 비만도지수의 월별 변화는 생식주기의 월별 변화와 유사한 양상을 보였다. 암컷과 수컷 퇴조개의 생식주기는 초기활성기(4월), 후기활성기(5월), 완숙기(6월), 부분산란기/방정기(6-8월), 퇴화기(8월) 및 비활성기(9-3월) 의 연속적인 6기(stages) 로 구분할 수 있었다. 본 종의 산란기는 6-8월이었으나, 주산란기는 수온이 약 24.5°C인 7-8월이었다. 난경 모드 조사에서, 6월에는 특히 70  $\mu\text{m}$  정도의 난모세포가 다수 출현하였으나, 7-8월에는 평균 50  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포가 약 80% 정도 출현하는 대신, 60-70  $\mu\text{m}$  전후의 완숙 난모세포는 감소하였다. 암수 개체들의 성비는 1:1로 유의하게 다르지 않았으며 ( $\chi^2 = 1.20$ ,  $p > 0.05$ ), 자웅동체는 발견되지 않았다.

## 감사의 글

이 논문은 군산대학교 명예교수이신 정의영 박사님의 관심과 조언에 깊은 감사를 드리며, 그리고 해양생태기술연구소와 해양환경생태연구소의 일부 지원에 의해 수행된 연구결과과 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Booolootian, R. A., Farmanfarmanina, A. and Giese, A. C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of Haliotis. *Biological Bulletin*, **122**: 183-192.
- Chung, E. Y. (2007) Oogenesis and sexual maturation in *Meretrix lusoria* (Röding, 1798) (Bivalvia: Veneridae) in western Korea. *Journal of Shellfish Research*, **26**: 71-80.
- Chung, E. Y., Ryou, D. K. and Lee, J. H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea on the west coast of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **3**: 125-136. (in Korean)
- Chung, E. Y., Kim, S. Y. and Lee, T. Y. (1988) A study sexual maturation of *Mactra veneriformis* Reeve. *The Korean Journal of Malacology*, **4**: 30-40.
- Chung, E. Y., Lee, T. Y. and An, C. M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *Journal Medical & Application Malacology*, **3**: 125-136.
- Chung, E. Y. and Ryou, D. K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**: 149-163.
- Chung, E. Y., Kim, E. J. and Park, G. M. (2007) Spermatogenesis and sexual maturation in male *Mactra chinensis* (Bivalvia: Mactridae) of Korea. *Integr Bios*, **11**: 227-234.
- Chung, E. Y., Chung, C. H., Kim, J. H., Park, S. W. and Park, K. H. (2010a) Ultrastructures of germ cells and the accessory cells during spermatogenesis in male *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae) on the East Sea of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **26**: 51-62.
- Chung, E. Y., Lee, C. H., Choi, K. H., Choi, M. S. and Lee, K. Y. (2010b). Gametogenic cycle and the number of spawning seasons by quantitative reproductive analysis in female *Ruditapes philippinarum* in Western Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **26**: 245-254.
- Chung, E. Y., Kim, J. H., Kim, S. H. and Seo, W. J. (2011) Germ cell development during spermatogenesis and some characteristics of mature sperm morphology in male *Scapharca subcrenata* (Pteriomorpha:Arcidae) in Western Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **27**: 121-129.
- Fretter, V. (1984) Prosobranchs. pp.1-45. *In*: Laar, eds., *The Mollusca* Vol. 7, Academic Press, New York 352 pp.
- Kang, H. W., Chung, E. Y., Kim, J. H., Chung, J. S. and Lee, K. Y. (2012) Germ cell differentiations during spermatogenesis and taxonomic values of mature sperm morphology of *Atrina (Servatrina) pectinata* (Bivalvia, Pteriomorpha, Pinnidae). *Development and Reproduction*, **16**: 19-29.
- Kim, B. H., Moon, T. S., Park, K. Y. and Jin, Y. G. (2009) Effect of temperature on induced sexual maturation of the Hard clam, *Meretrix petechialis* (Lamarck) broodstock. *The Korean Journal of Malacology*, **25**: 113-119.
- Kim, J. H. (2001) Spermatogenesis and comparative ultrastructure of spermatozoa in several species of Korean economic bivalves (13 families, 34 species). Ph.D. thesis, Pukyung National University 161pp.
- Kim, J. H., Chung, E. Y., Choi, K. H., Lee, K. Y. and Choi, M. S. (2010a) Ultrastructure of the testis and germ cell development during spermatogenesis in male *Crassostrea gigas* (Bivalvia: Ostreidae) in Western Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **26**: 235-244.

Reproductive cycle and sex ratio in *Coecella chinensis* (Bivalvia: Mesodesmatidae)

- Kim, J. H., Chung, E. Y., Choi, K. H., Park, K. H. and Park, S. W. (2010b) Ultrastructure of germcells during spermatogenesis and some characteristics of sperm morphology in male *Mytilus coruscus* (Bivalvia: Mitilidae) on the west coast of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **26**: 33-43.
- Kim, J.H. and Kim, S. H. (2011) Germ cell development during spermatogenesis and taxonomic values of sperm morphology in *Septifer (Mytilisepta) virgatus* (Bivalvia: Mitilidae). *Development and Reproduction*, **15**: 239-247.
- Kim, J. H., Son, M. H. and Kang, H. W. (2013b) Spermogenesis and ultrastructure of mature sperm of *Coecella chinensis*. Abstract book of spring presentation. PS3. P.21.
- Kim, J. H., Son, M. H. and Chung, E. Y. (2013a) Reproductive cycle of *Coecella chinensis*. The *Korean Journal of Malacology*. Abstract book of spring presentation. PS1. P.19.
- Kim, Y. M. (2005) A Study on reproductive ecology of the hard clam, *Meretrix lusoria*, on the west coast of Korea. Kunsan National University, Ph. D. Thesis, 123 pp.
- Ko, Y. (1957) Some histological note on the gonads of *Tapes japonica* Deshayes. *Bulletin of Japanese Society fisheries*, **23**: 394-399.
- Kurashige, H. (1943) Seasonal variation in the weight and volume as well as the chemical composition of the soft body of *Tapes philippinarum* with special reference to its spawning. *Bulletin of Korean Fisheries Experiment Station*, **8**: 115-140.
- Kweon, O. K., Park, K. M. and Lee, J. S. (1993) Coloured shells of Korea. Academy Publishing Company. 368 pp.
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of Marine Biological Association U.K.*, **59**: 95-110.
- Min, D. K., Lee, J. S., Ko, D. B. and Je, J. G. (2004) Mollusks in Korea. Hanguel Graphics, Busan, Korea 566 pp.
- Momoyama, G. and Iwamoto, T. (1979) On the spawning season of the short necked clam in Yamaguchi and Okai Bay. *Bulletin of Yamaguchi Prefecture Fisheries Experiment Station*, **7**:19-28.
- Park, J. J., Lee, J. Y., Lee, J. S. and Chang, Y. J. (2003) Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Korean Fisheries Society*, **36**: 352-357.
- Rand, W. M. (1973) A stochastic model of the temporal aspect of breeding strategies. *Journal of Theoretical Biology*, **40**: 337-351.
- Sastry, A. N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aquiptecten irradians* Lamarck. *Biological Buletin*, **130**: 118-134.
- Sastry, A. N. (1968) Relationship among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aquiptecten irradians* Lamarck. *Physiological Zoology*, **41**: 44-53.
- Tanaka, Y. (1954) Spawning season of important bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*. *Bulletin of Japanese Society Science Fisheries*, **19**: 1165-1167.