

# 새꼬막, *Scapharca subcrenata* Lischké의 성성숙에 관한 연구

이 주 하

전주대학교 이공대학 생명과학부

=Abstract=

## A Study on Sexual Maturation of the Ark Shell, *Scapharca subcrenata* Lischke

Ju Ha Lee

School of Life Science, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

Gametogenesis, egg diameter composition, and reproductive cycle of the ark shell, *Scapharca subcrenata* were mainly investigated by histological observation. The specimens were collected monthly from the subtidal zone of Suncheon Bay, Chollanam-do, southern coast of Korea from January to December 1996.

*S. subcrenata* was dioecious and oviparous. The gonad was located between the subregion of mid-intestinal glands and the upper part of the fibrous connective tissues of the foot. The ovary was composed of numerous oogenic follicles and the testis composed of a number of spermatogenic follicles. Each ripe oocyte was surrounded by gelatinous membrane and its cytoplasm contained a great number of yolk granules. With the further development of the testis, each of the spermatogenic follicles formed stratified layers composed of spermatogonia, spermatocytes, spermatids, and spermatozoa in groups on the follicular wall. Reproductive cycle of this species can be classified into five successive stages: early active (November to May), late active (May to July), ripe (June to September), partially spawned (July to September), and spent/ inactive (September to April). The spawning seasons continued from early July to September when the seawater temperature was above 21°C, the main spawning period occurred in August when the seawater temperatures were over 25.5°C. The monthly changes of the condition factor and the seawater temperature closely related with the reproductive cycle. Mesenchymal tissues and eosinophilic granular cells were abundantly distributed in the follicles of the gonads in the early active stage. With the further development of the gonad, these tissues and cells were gradually disappeared. Therefore, they could be considered as a kind of nutritive material.

**Key words:** *Scapharca subcrenata*, Gametogenesis, Reproductive cycle, Egg-diameter

서 론

조간대 아래 수심 10 m 부근의 진흙에 서식하는 새

꼬막, *Scapharca subcrenata*은 우리 나라 서해안의 부안만, 신안만과 남해안의 순천만과 배둔만 등(유성규, 1977)에서 주로 양식되고 있는 중요한 패류 중의 하나이다.

새꼬막에 관한 연구로서, 산란기 추정(藤森, 1929; 田中, 1954), 부유자패 및 저서초기의 치패(吉田, 1937, 1953), 자연발생(畑, 1948), 족사의 해부학적 구조(口下部와 北森, 1949), 양식(口下部, 1953), 군성장도 및 친패의 크기(柳慶奎, 1964), 산지별 특성(유성규, 1977), 키틴 및 키토산이 생체내 카드뮴 축적에 미치는 영향(유일수 등, 1997) 등이 있으나, 생식소의 조직학적 구조나 생식주기에 관한 보고는 없다.

따라서 새꼬막의 생식세포형성과정, 생식주기, 비만도, 및 난경의 변화를 조직학적 방법에 의하여 조사하므로써, 이들의 정확한 산란기를 추정하고 또한 남획되고 있는 새꼬막의 자원유지 및 관리를 위한 생식생물학적 기초자료를 얻고자 본 연구를 실시하였다..

## 재료 및 방법

본 실험에 사용한 재료는 1996년 1월부터 12월까지 전남 순천만(34° 24' N, 127° 30' E) 일대에서 채집하였으며, 월별로 채집한 30-40개체의 각장 및 각고는 Vernier calipers로 1/10 mm까지, 총중량, 각중량 및 육중량은 0.01 g단위로 측정하였고, 비만도는 육중량/(각장)<sup>3</sup>×100으로 구하였다. 또한 내장낭의 외측에 존재하는 생식소는 내장낭과 함께 절취하여 Bouin's solution(picric acid : formalin : glacial acetic acid = 75 : 25 : 5)에 24시간 고정된 후, alcohol 과정을 통하여 탈수시키고 paraffin 포매과정을 거쳐 5 - 6 μm의 두께로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Bohmer's hematoxylin과 0.5% alcoholic eosin으로 비교염색하였다. 채집지의 수온은 국립수산진흥원 해양조사연보를 인용하였다. 난경의 월별 변화를 알아보기 위하여, 난소절편의 표본에 핵이 정상적으로 나타나는 난모세포만을 선택하여, 평균 1,000개 내외의 난경을 측정된 후 Pearse(1965)의 빈도곡선으로 나타내었다.

## 결 과

### 1. 생식소의 외부형태 및 내부구조

새꼬막은 자웅이체이며, 생식소는 내장낭의 간중장

선을 싸고 있는 결합조직으로부터 족부의 근육층까지 분포하였다. 방란, 방정 후의 생식소는 점차 퇴화, 위축되므로 난소나 정소는 내장낭의 간중장선 주위에 아주 얇게 분포하며, 외관상의 색채로서는 암수를 구별할 수 없었다. 그러나 생식소가 점차 성숙함에 따라, 외측 근육층의 기저부로부터 내측의 간중장선을 향하여 발달하는 소낭의 벽에서 생식세포들이 형성되었다. 성숙된 생식소는 내장낭의 대부분을 차지하며, 족부의 상부까지 비후, 확장되고, 암컷은 등적색이며 수컷은 유백색 또는 황백색을 띠었다.

### 2. 생식세포형성과정

#### 1) 난자형성

11월부터 5월까지의 난소는 내장낭 외측에 분포하는 크고 작은 난자형성소낭(oogenic follicle)으로 구성되어 있으며, 초기 난원세포들이 난자형성소낭의 벽에서 활발하게 분열증식되고 있었다(Pl. I, Fig. 1). 난원세포들은 단독 또는 소군으로 인접한 과립세포에 싸여 있으며, 난자형성소낭의 중앙내강은 간층적으로 채워져 있었다. 직경이 9-12 μm인 난원세포들은 구형 또는 타원형이며, 6-7 μm 내외의 핵과 호흡기성의 단일 인을 가지고 있으므로, 세포질은 핵에 비하여 매우 빈약한 편이었다. 또한 소낭과 소낭사이에는 결합조직과 eosin에 강하게 염색되는 과립세포들이 산재하고 있었다(Pl. I, Fig. 2). 소낭 내의 간층직과 과립세포들은 난소의 발달과 더불어 그 수가 점차 감소되었다.

5월부터 7월까지의 난소는 소낭의 발달, 신장과 더불어, 소낭의 벽에서 분열증식 중이던 난원세포들은, 세포질의 양이 점차 많아지면서 성장되어 난모세포로 발달되었다. 성장을 시작한 초기 난모세포들의 직경은 25 μm 내외이며, 이들이 약 35 μm의 크기로 성장하면, 타원형으로 되면서 한쪽 끝이 가늘고 긴 난병을 소낭의 벽에 부착한 채 중앙내강을 향하여 발달해 간다(Pl. I, Fig. 3). 이 때의 난모세포들의 세포질은 더욱 증가되며, 핵은 난병의 반대쪽으로 이동되고 핵 내에는 강한 호흡기성 반응을 나타내는 뚜렷한 한 개의 인을 볼 수 있었다. 50 - 60 μm로 성장한 난모세포들은 소낭의 벽으로부터 점차 원형으로 되면서 중앙내강으로 유리되었다(Pl. I, Fig. 4).

6월부터 9월까지, 성숙한 난소의 소낭에는 일부 성장 중인 난모세포도 존재하지만, 대부분의 소낭에는 소낭벽으로부터 유리된 성숙 난모세포들로 가득 채워졌다. 소낭의 벽은 가장 얇아지며, 과립세포들과 소낭

내의 간충적은 거의 찾아 볼 수 없게 되었다(Pl. I, Fig. 5). 완전히 성숙한 난모세포는 난막의 외측에 얇은 셀라틴피막을 형성하고 있으며, 세포질에는 많은 난황과립을 축적하고 있었다. 성숙란의 직경은 60 - 70  $\mu\text{m}$ 이고, 중앙에는 직경 30  $\mu\text{m}$  내외의 커다란 난핵포(germinal vesicle)를 가지며, 난핵포 속에는 12 - 13  $\mu\text{m}$ 의 뚜렷한 단일 인을 볼 수 있었다(Pl. I, Fig. 6).

7월부터 9월까지, 난자형성소낭의 중앙내강에 위치하고 있던 성숙란들은 산란기에 이르러 방란되기 시작하므로, 소낭의 내강은 빈 공간으로 변하지만, 일부 성장 중인 난모세포와 미방출된 성숙란도 산재하고 있었다(Pl. I, Fig. 7).

9월에 접어들면서, 방란이 완료된 소낭 내에 존재하던 소수의 난원세포와 미방출 성숙란은 세포질붕괴를 일으키면서 퇴화, 흡수되며(Pl. I, Fig. 8), 소낭 역시 점차 위축, 퇴화되면서 그 형태를 상실하게 된다. 방란을 마친 소낭은 성적 구분을 할 수 없는 상태로 비활성기를 거친 다음, 난소의 외측 근육층으로부터 새로운 난자형성소낭들이 분화, 발달되면서 새로운 초기활성기가 시작되었다.

## 2) 정자형성

난소와 마찬가지로, 11월부터 5월까지의 정소도 내장낭 외측에 분포하며, 많은 정자형성소낭(spermatogenic follicle)으로 구성되어 있었다. 소낭 벽에서는 다수의 정원세포가 분열증식하고 있었으며, 간충적과 eosin에 강하게 염색되는 호산성 과립세포들도 많이 찾아 볼 수 있었다(Pl. II, Fig. 1). 핵에 비하여 세포질이 빈약한 초기 정원세포들은 구형이며, 직경은 6 - 7  $\mu\text{m}$ 이었다. 4-5  $\mu\text{m}$ 의 직경이며 구형 또는 타원형인 핵은 세포의 대부분을 차지하며, 핵 속에는 몇 개의 과립 또는 괴상인 염색질을 볼 수 있었다(Pl. II, Fig. 2).

5월부터 7월까지의 정소는 소낭의 발달과 더불어, 정자형성소낭에서 분열증식하고 있던 정원세포들은, 중앙내강을 향하여 정모세포, 정세포로 발달되면서, 중앙내강에는 간충적을 거의 찾아 볼 수 없었다(Pl. II, Fig. 3). 정소가 더욱 발달되면서 소낭의 벽으로부터 정원세포, 정모세포, 정세포의 순으로 층상배열을 하고 있었다(Pl. II, Fig. 4).

6월부터 9월까지, 완숙한 정소의 소낭에는 정원세포, 정모세포 및 정세포들이 약간 존재하지만 형태를 마친 정자들로 충만되며, 발달초기에 나타나났던 간충적과

호산성 과립세포는 거의 찾아 볼 수 없었다. 강한 염기성 반응을 나타내는 정자의 두부는 정자형성소낭벽 쪽에, 그리고 산성색소에 염색되는 머부는 내강을 향한 채 정자 속을 형성하였다(Pl. II, Figs. 5 & 6).

7월에 이르면, 정자의 방출은 정자형성소낭의 중앙내강에서부터 일어나며, 소낭의 내강에 충만되어 있던 정자들이 방출되면서 빈 공간이 많이 관찰되었다. 그러나 일부 미방출정자와 발달 중인 소수의 정모세포와 정세포들도 관찰되었다(Pl. II, Fig. 7).

방정이 일어난 후, 9월의 정자형성소낭에는 여전히 미방출된 정자가 존재하지만 점차 퇴화, 흡수되었다(Pl. II, Fig. 8). 소낭도 역시 위축, 퇴화되므로 성적 구분이 극히 어렵게 되며, 이런 상태로 일정한 기간 동안 비활성기를 거친 후, 조직의 재배치와 더불어 새로운 정자형성소낭들이 분화, 발달되었다.

## 3. 난경의 월별 변화

조사기간 중 난경의 월별 변화는 Fig. 1과 같다. 1-4월에는 난경 9-12  $\mu\text{m}$ 의 난원세포군들이 서서히 증가하기 시작하는 초기활성기이다. 5월에는 20-30  $\mu\text{m}$ 의 발달 중인 초기 난모세포군들이 다소 존재하지만, 50-60  $\mu\text{m}$ 의 후기 난모세포도 많이 볼 수 있었다. 6월과 7월에는 직경 60  $\mu\text{m}$  이상의 성숙란이 다수 출현하며, 8월에는 성숙란의 출현빈도가 감소하기 시작하였다. 9월에는 난원세포, 초기 난모세포 및 퇴화 중인 성숙란들이 혼재하지만, 이들의 대부분은 퇴화, 흡수되며, 10월 이후부터 12월까지의 난소에는 10  $\mu\text{m}$  이하의 난원세포들이 주로 분포하고 있었다.

## 4. 비만도와 수온의 월별 변화

비만도와 수온의 월별 변화는 Fig. 2와 같다. 실험기간 중의 비만도는 수온이 낮아지는 11월에 4.6으로 가장 낮았다. 그 후 비만도는 점차 증가하여 초기활성기로 들어가는 5월에는 8.4로 증가하였다. 완숙기의 개체가 많이 나타나는 6월에는 10.2로 가장 높으나, 방출이 시작되는 7월에는 8.6, 8월에는 6.0을 나타내다가 방출이 거의 완료되는 9월에는 5.4로 급격하게 감소되었다. 그 후 비만도는 큰 변화없이 지속되지만 초기활성기의 개체가 다소 출현하는 1월에는 5.8로 다시 상승하였다. 산란이 시작되는 7월의 수온은 21.6°C이며, 주산란기인 8월에는 25.5°C로 가장 높았다.

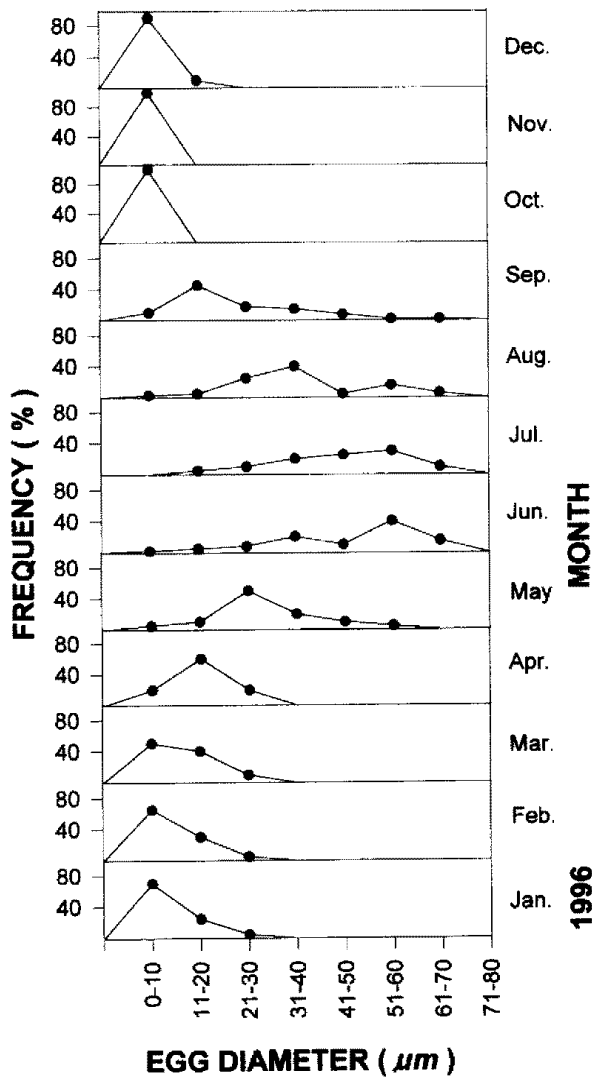


Fig. 1. Relative distribution of eggs of various size in the ovary of *S. subcrenata* through the reproductive cycle.

5. 생식주기

생식세포형성과정 및 난경의 월별 변화를 종합하여 조사한 생식주기는 Fig. 3과 같으며, 이들의 주기는 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 방출기, 방출 및 비활성기 등으로 구분할 수 있었다.

1) 초기 활성기

난자형성소낭과 정자형성소낭의 벽에서, 난원세포와 정원세포가 활발하게 분열하여 수적 증가가 일어나는 시기로서, 외관상 암수의 구별은 거의 불가능하였다. 초기 활성기는 11월과 12월에 일부 나타나지만, 가장

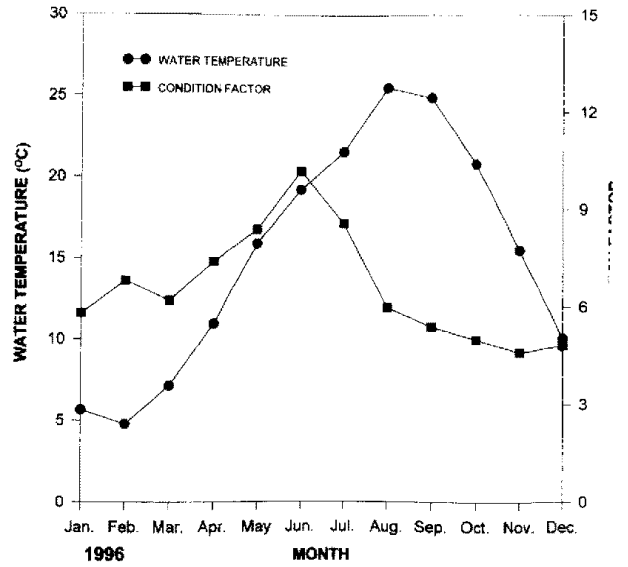


Fig. 2. Monthly changes in the mean seawater temperature in the survey area and condition factor for *S. subcrenata*.

왕성한 시기는 3월과 4월이었다.

2) 후기 활성기

난자형성소낭의 벽에서 분열중식하던 난원세포들은, 풍부한 간충직과 호산성 과립세포들 사이에서 난모세

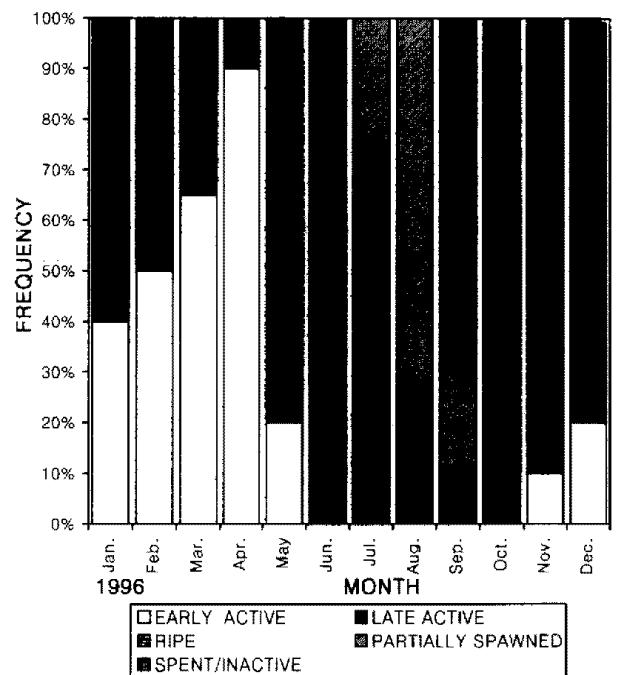


Fig. 3. Frequency of the gonadal phases for *S. subcrenata*.

포로 성장하는 시기이다. 난모세포는 소낭벽으로부터 점차 중앙내강으로 돌출하면서 난병을 형성하여 마치 서양배 모양을 나타내었다. 비교적 빠르게 성장한 난모세포는 난병을 소실하고 소낭벽으로부터 유리되어 차츰 원형을 이루면서 중앙내강에 자리잡는다.

정자형성소낭의 벽에서 분열중식하던 정원세포들은, 중앙내강을 향해 정모세포, 정세포로 성장해 가는 시기이다. 후기 활성기는 5월에서 7월까지 나타났다.

### 3) 완숙기

난자형성소낭은 소낭벽에서 유리된 완숙란들로 점차 충만되는 시기로서, 완숙란의 직경은 60-70  $\mu\text{m}$ 이며, 소낭벽에는 소수의 초기 난모세포와 성장 중인 난모세포도 다소 존재하였다.

정자형성소낭에는 정원세포와 정모세포가 현저하게 감소되는 반면, 정세포와 변태를 완료한 정자들이 층상구조로 배열되며, 파상의 정자속을 만든다. 이 시기의 난소는 등적색이며, 정소는 유백색 또는 황백색을 나타내므로 외관적으로 쉽게 구별할 수 있었다. 완숙기는 6월부터 9월까지 지속되지만, 7, 8월이 가장 왕성한 시기였다.

### 4) 부분 방출기

난자형성소낭과 정자형성소낭을 가득 채우고 있던 완숙란과 정자가 방출되기 시작하는 시기이다. 방출로 인하여 소낭의 내강은 부분적으로 빈 공간이 형성되지만 미방출란과 성장 중인 난모세포, 미방출정자와 정모세포 및 정세포도 동시에 관찰할 수 있었다. 이 시기에 극히 일부의 개체는 6월부터 방란, 방정을 시작하지만, 대부분의 개체는 7월초순과 9월사이에 방란,

방정을 하며, 가장 활발한 시기는 8월이었다.

### 5) 방출 및 비활성기

방란으로 인하여 난자형성소낭에는 빈 공간이 많이 나타나며, 퇴화, 흡수되는 미방출란과 난원세포를 포함한 채 소낭은 비활성기로 들어간다. 정자형성소낭도 미방출정자를 볼 수 있으나 대부분 퇴화, 흡수되며, 소낭은 비활성기로 들어간다. 이 시기의 생식소는 최대로 위축되며 성적으로 구별하기 힘들었다. 이 시기의 개체는 9월부터 이듬해 4월까지 비교적 오래 지속되었다.

## 고 찰

새꼬막의 산란기에 관한 연구로, 남해안의 견마도에서는 6월 하순 이후부터 8월 하순 이전까지라고 보고된 바 있으며(柳晟奎, 1964), 일본에서 새꼬막의 산란기는 대체로 수온이 22-30 $^{\circ}\text{C}$ 인 6월에서 10월까지로 보고되어 있다(藤森, 1929; 畑, 1948; 田中, 1954). 한편 본 연구에서는, 6월부터 일부 개체가 산란을 시작하지만, 대부분의 개체들은 수온이 21 $^{\circ}\text{C}$  이상이 되는 7월초순부터 9월까지 산란을 하며, 주산란기는 수온이 25.5 $^{\circ}\text{C}$ 인 8월이다(Table 1).

이와 같이 지역별로 약간의 차이가 나타나는 것은 해수의 비중이나 수온 등의 물리, 화학적 조건(瀧, 1949), 먹이(丸, 1976; Griffiths, 1977), 수온(Shpigel, 1989; Brousseau, 1995) 등에 기인되는 것으로 간주된다.

연체동물의 산란습성은 3가지 부류 즉, 연중 산란하는 중(year-around breeder), 늦 봄과 이른 가을사이

Table 1. Comparison of the spawning seasons and seawater temperature in each locality for *S. subcrenata* previously studied by the authors

Author	Years	Localities	Spawning seasons			W.T.( $^{\circ}\text{C}$ )
			Initiation	Peak	Termination	
Fujimori	1929	Ariake Bay (Japan)	Jul.	Jul. & Aug.	Oct.	22 - 28.5
Hata	1948	Nakano-Umi (Japan)	Jun.	Aug.	Sep.	—
Tanaka	1954	Ariake Bay (Japan)	Jun.	Jul. & Aug.	Oct.	23 - 30
Yoo	1964	Kyeonma-Island (Korea)	Jun.	Jul. & Aug.	Aug.	—
Present study	1996	Sunchon Bay (Korea)	Jul.	Aug.	Sep.	21.6 - 25.5

산란하는 하계 산란종(summer breeder), 늦 가을과 다음해 이른 봄사이엔 산란하는 동계 산란종(winter breeder)으로 구분되며(Booolootian *et al.*, 1962), 생식은 연중 주기적, 계절적이라고 보고되어 있다(Kinne, 1963; Webber and Giese, 1969). 또한 이매패 중에는 연중 1회만 산란하는 종(Chung *et al.*, 1994; Lee, 1997)과 연중 2회 산란하는 종(高, 1957; Chang and Lee, 1982)으로 구분할 수 있는데, 새꼬막의 경우 초기 활성화기, 후기 활성화기, 완숙기, 부분 방출기, 방출기 및 퇴화기 등 일련의 생식주기를 거치며, 7월초순에서 9월까지 연중 1회만 산란하는 것으로 보아 하계 산란종으로 생각되었다.

완숙란 중의 약 20%는 방란되지 않고 난자형성소낭 내에 잔존하며(李澤烈, 1972), 완숙란 중에서도 정상적으로 방란되어 수정할 수 있는 알과, 미방출되어 영양으로 공급되는 영양란이 있다(Lebour, 1937)고 하였다. 본 연구에서도 방란 후의 소낭 내에는 미방출 성숙란이 다수 관찰되는 것으로 보아, 이들이 퇴화, 흡수되면서 영양으로 공급되는 것으로 생각되었다. 또한 Vaupel(1929)은 방정 후의 정자형성소낭 내에 잔존하는 정자들도 소낭벽으로 흡수되어 영양으로 공급된다고 보고한 바 있다. 새꼬막의 경우도 방정 후의 소낭 내에는 다수의 미방출정자가 존재하지만, 생식소가 비활성기로 들어감에 따라 이들의 수는 점차 감소되었다. 따라서 소낭의 벽이 이들 미방출정자를 흡수하는지 또는 어떤 다른 기작을 통하여 퇴화, 흡수되는지 앞으로 좀 더 연구해 볼 필요가 있다.

비만도의 월별 변화는 후기 활성화기와 완숙기의 생식소를 가지는 6월에 최고치를 나타내다가 방란, 방정이 완료되는 9월에는 비교적 낮은 수치들 나타내었다. 이는 생식소의 성숙과 더불어 비만도는 증가하며(이주하, 1997), 산란 후에는 비만도가 떨어진다고(Matsuoka *et al.*, 1968)는 연구결과와 거의 일치하였다. 따라서 비만도의 월별 변화는 생식소를 조직학적으로 관찰한 생식주기와 일치하였다.

대부분의 해산 무척추동물들의 생식소는 방란, 방정 후에 비활성기로 들어가므로, 생식소 내에는 생식세포를 찾아 볼 수 없으나(Loosanoff, 1962), 전복, *Haliotis cracheroidii*(Webber and Giese, 1969), 개조개, *Saxidomus purpuratus*(金安永, 1969) 및 오분자기, *Sulculus diversicolor aguatalis*(李定宰와 李昌奎, 1982)는 비활성기를 거치지 않고 바로 회복기로 들어간다

고 하였다. 한편 바지락, *Ruditapes philippinarum*(Chung *et al.*, 1994), 꼬막, *Tegillarca granosa*(이주하, 1997), 백합, *Meretrix lusoria*(Lee, 1997) 및 개량조개, *Macra chinensis*(Chung, 1997) 등은, 방란, 방정 후의 생식소 내에 남아 있던 생식세포들은 점차 퇴화, 흡수되며, 생식소는 비활성기 상태로 일정한 기간 동안 유지된다고 보고한 바 있다. 새꼬막의 경우도, 방란, 방정 후의 생식소는 비활성기를 거친후 새로운 생식주기가 시작되는 것으로 생각되었다.

## 요 약

새꼬막은 자웅이체로서 난생이었다. 생식소는 내장낭의 간중장선에서부터 족부까지 외측의 대부분을 싸고 있으며, 난소는 난자형성소낭, 정소는 정자형성소낭으로 구성되어 있었다. 완숙란의 세포질에는 많은 난황과립을 축적하고 있으며, 난막의 외측은 얇은 젤라틴상의 피막으로 싸여 있었다. 정자형성소낭벽에는 정원, 정모, 정세포 및 변태한 정자 순으로, 소낭의 내강을 향하여 층상배열을 하며 성숙 발달되었다. 생식주기는 초기 활성화기(11-5월), 후기 활성화기(5-7월), 완숙기(6-9월), 부분 방출기(7-9월), 방출 및 비활성기(9-4월)로 구분할 수 있었다. 방란, 방정은 수온이 21℃ 이상으로 상승하는 7월초순부터 9월까지 지속되며, 산란최성기는 8월이었다. 비만도지수의 월별 변화는 생식주기와 아주 밀접한 관계가 있었다. 난자형성소낭과 정자형성소낭에는 eosin에 강하게 염색되는 과립세포와 간충직들이 나타나는데, 이들은 생식소 및 생식세포형성과 발달에 영양을 공급하는 영양세포로 생각되었다.

## 감사의 말씀

재료채집, 특히 작은 개체의 채집에 많은 도움을 주신 벌교의 박두식님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Booolootian, R.A., Farmanfarmaina, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, 122(2): 183-192.

- Brousseau, D.J. (1995) Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crassostrea virginica*) from western Long Island Sound. *J. Shellfish Res.*, 14(2): 483-487.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bull. Korean Fish Soc.*, 15(3): 241-253.
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam *Macra chinensis* on the West Coast of Korea. *Dev. Reprod.*, 1(2): 141-156.
- 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. *Korean J. Malacol.*, 10(1): 38-54.
- Griffiths, R.J. (1977) Reproductive cycles in littoral populations of *Chloromytilus meridionalis* (Kr.) and *Aulocmya ater* (Molina) with a quantitative assessment of gamete production in the former. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 30: 53-71.
- Kinne, O. (1963) The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature. *Oceanog. Mar. Biol. A. Rev.*, 1: 301-340.
- Lebour, M.V. (1937) The eggs and larvae of the British prosobranchs with special reference to these living in the plankton. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 22: 105-166.
- Lee, J.H. (1997) Histological studies on the gametogenesis and reproductive cycle of the hard clam, *Meretrix lusoria*. *Korean J. Malacol.*, 13(2): 131-141.
- Loosanoff, V.L. (1962) Gametogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis* in waters of Maine. *Biol. Bull.*, 122: 86-95.
- Matsuoka, Y., Tanaka, S. and Ikuta, T. (1968) Technical study on seed production of *Fulvia mutica*. *Cont. Fish. Str. Kyoto Prefec.*, 31: 13-27.
- Pearse, J.S. (1965) Reproductive periodicities in several contrastin populations of *Odontaster validus* (Koehler), a common Antarctic asteroid. *In: Biology of the Antarctic Seas. II. (Antarctic Res. Ser. 5: 39-85).*
- Shpigel, M. (1989) Gametogenesis of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in warm water in Israel. *Aquaculture*, 80: 343-349.
- Vaupel, J. (1929) The Spermatogenesis of *Lebister reticulatus*. *J. Morph. Physiol.*, 47: 555-587.
- Webber, H.H. and Giese, A.C. (1969) Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropoda: Prosobranchiata). *Mar. Biol.*, 4: 152-159.
- 高良夫 (1957) アサリ生殖巣についての二・三の組織學的觀察. *日本誌*, 23(7, 8): 394-398.
- 吉田裕 (1937) サルボウ, *Anadara subcrenata* (Lischke)의 浮游仔貝並に底棲初期の稚貝に就て. *ウイナスネ*, 7(1): 24-29.
- 吉田裕 (1953) 淺海産有用二枚貝の稚仔の研究. *水産講習所研究報告*, 3(1): 15-28.
- 金安永 (1969) 개조개, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby)의 生殖細胞形成 및 生殖時期에 關한 研究. *釜山水大臨研報*, 2: 27-36.
- 龍庸 (1949)ハマグリ産卵期の研究 1. 昭和22年東京灣に於けるハマグリ産卵期. *日本誌*, 15(9): 479-486.
- 藤森三郎 (1929) 有明海干潟利用研究報告, p. 269.
- 柳晟奎 (1964) 海岸産 重要조개類의 増殖에 關한 生物學的 研究. 1. 새꼬막의 群成長度 및 親貝의 크기에 對하여. *釜山水大研報*, 6(1): 15-20.
- 유성규 (1977) 연안산 중요 조개류의 증식에 관한 생물학적 연구. 5. 새꼬막의 산지별 특성. *釜山水大研報*, 17(1, 2): 71-78.
- 유일수, 유문희, 소진탁 (1997) 키틴 및 키토산이 생체내 카드뮴 축적에 미치는 영향. *한국패류학회지*, 13(1): 65-70.
- 李定宰, 李昌奎 (1982) 오분자기, *Sulculus diversicolor aquatilis* (Reeve)의 生殖細胞形成·生殖週期 및 産卵誘發. *濟州大 海資研報*, 6: 9-25.
- 이주하 (1997) 꼬막, *Tegillarca granosa* (Linne)의 생식소 발달 및 생식세포형성에 관한 연구. *한국패류학회지*, 13(1): 55-64.
- 李澤烈 (1972) 진주조개, *Pinctada martensii* (Dünker)의 生殖細胞形成 및 發達에 關하여. *釜山水大臨研報*, 5: 21-30.
- 日下部台次郎 (1953) 모가이의 養殖. *水産界*, No. 819-820.
- 日下部台次郎, 北森良之介 (1949)サルボウとカリガネユガイ의 足糸의 解剖學的構造. *日本誌*, 14(5): 233-236.
- 畑久三 (1948) 中海に於ける 모가히의 自然發生に就て. *日本*

이주하

誌, 13(6): 248-250.

田中彌太郎 (1954) 有明海産重要二枚貝の産卵期-I. サルボ  
ウについて. 日本誌, 19(12): 1157-1160.

丸邦義 (1976) ホタテガイの生殖に関する研究, 第一報養殖  
ホタテガイの生殖週期. 北海道立水産試験場報告, 18:  
9-26.

---

Received October 10, 1998

Accepted December 10, 1998

Corresponding author: Lee, Ju Ha

Tel: (82) 652-220-2367; e-mail: juhalee@www.jeonju.ac.kr



## Explanation of Abbreviations

CT: Connective Tissue	GV: Germinal Vesicle	OG: Oogonia
DOC: Degenerating Oocyte	LU: Lumen	SC: Spermatocyte
DSZ: Degenerating Spermatozoa	ML: Muscle Layer	SF: Spermatogenic Follicle
ES: Egg Stalk	MT: Mesenchymal Tissue	SG: Spermatogonia
FW: Follicular Wall	N: Nucleus	ST: Spermatid
GC: Granular Cell	NC: Nucleolus	SZ: Spermatozoa
GM: Gelatinous Membrane	OC: Oocyte	YG: Yolk Granule
GO: Growing oocyte	OF: Oogenic Follicle	

## EXPLANATIONS OF PLATES

### PLATE I

- Fig. 1.** Transverse section of the ovary in the early active stage collected in March 1996. The ovary was composed of a number of the oogenic follicles. Note proliferating small oogonia along the follicular walls, mesenchymal tissues, and granular cells. X 200.
- Fig. 2.** Section of the oogenic follicles in the same stage as above mentioned. The follicles contained the mesenchymal tissues, and connective tissues were present between the follicles. X 400.
- Fig. 3.** Section of the oogenic follicles in the late active stage collected in May 1996. Note the oogonia and early growing oocytes along the follicular wall. X 200.
- Fig. 4.** Section of the oogenic follicles in the late active stage collected in June 1996. Note the growing oocytes and egg-stalk of oocyte attaching to the follicular wall. X 400.
- Fig. 5.** Section of the oogenic follicles in the ripe stage collected in July 1996. The mature oocytes filled up the lumen. X 200.
- Fig. 6.** Section of the oogenic follicle in the same stage as above mentioned. Note fully ripe oocytes in the follicle. The oocyte was surrounded by gelatinous membrane, and numerous yolk granules were found in the cytoplasm and the nucleolus in the large germinal vesicle. X 400.
- Fig. 7.** Section of the oogenic follicles in the partially spawned stage collected in August 1996. A few ripe undischarged oocytes as well as growing oocytes still remained in the follicles after spawning. x 100.
- Fig. 8.** Section of the oogenic follicles in the spent/inactive stage collected in October 1996. Note degenerating oocytes and newly formed oogonia on the follicular wall. X 200.

## PLATE II

- Fig. 1.** Transverse section of the testis in the early active stage collected in February 1996. The testis was composed of a number of the spermatogenic follicles, and the connective tissues were present between the follicles. Note proliferating small spermatogonia along the follicular walls, mesenchymal tissues, and granular cells. X 200.
- Fig. 2.** Section of the spermatogenic follicles in the same stage as above mentioned. Numerous spermatogonia were proliferated on the follicular wall. X 400.
- Fig. 3.** Section of the spermatogenic follicles in the late active stage collected in May 1996. Note numerous spermatogonia and spermatocytes, and a few spermatids in the follicles. X 400.
- Fig. 4.** Section of the spermatogenic follicles in the late active stage collected in June 1996. Note the follicles contained spermatocytes and spermatids. X 200.
- Fig. 5.** Section of the spermatogenic follicle in the ripe stage collected in July 1996. The ripe spermatozoa filled up the lumen. X 200.
- Fig. 6.** Section of the spermatogenic follicle in the same as above mentioned. Note numerous spermatozoa with the tails toward the center of the lumen. X 400.
- Fig. 7.** Section of the spermatogenic follicles in the partially spawned stage collected in August 1996. The lumina became considerably empty, but undischarged spermatozoa still remained in the follicles. X 100.
- Fig. 8.** Section of the spermatogenic follicles in the spent/inactive stage collected in October 1996. Undischarged spermatozoa were degerating in the lumina of the follicles. X 200.

PLATE I

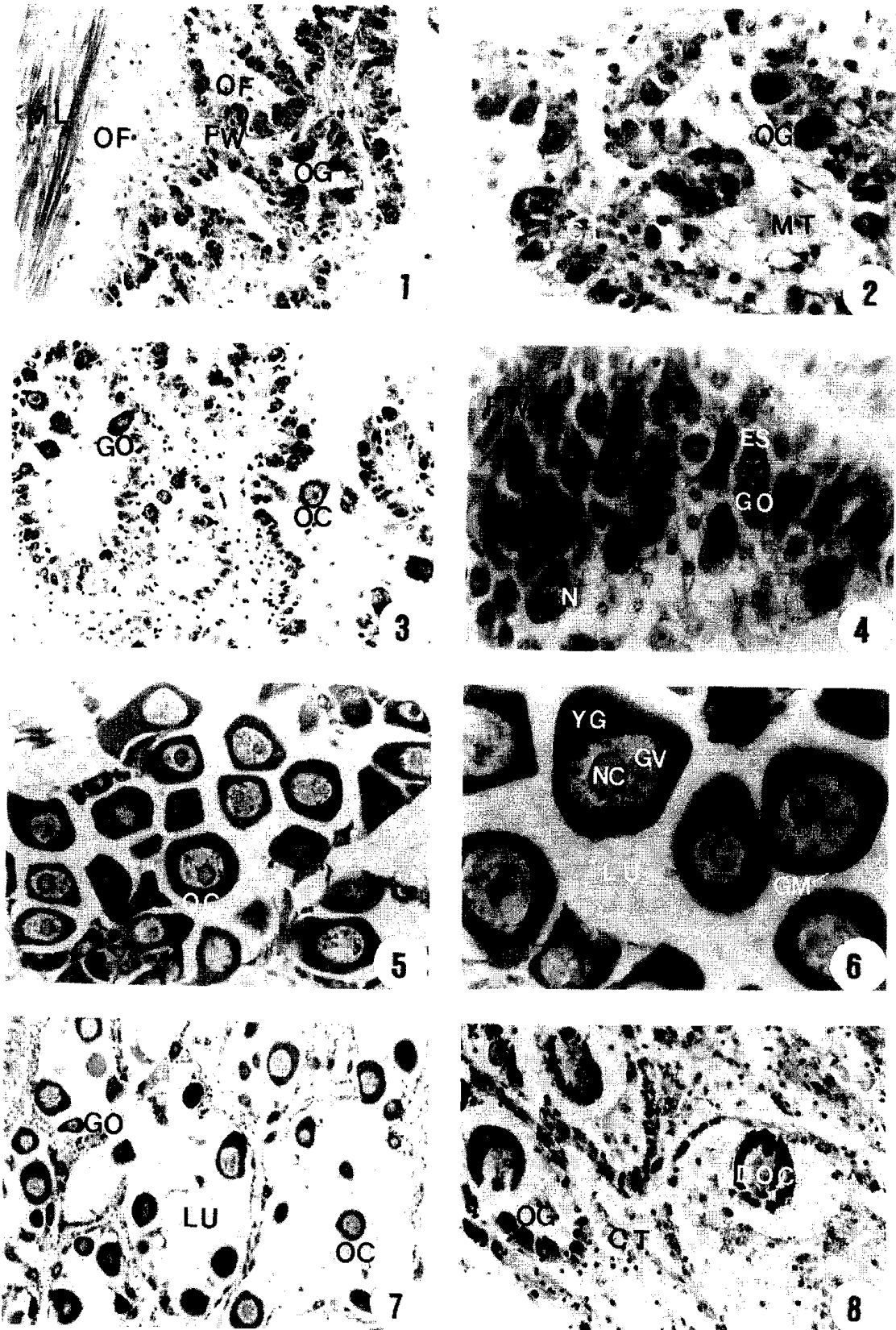


PLATE II

