한국패류학회지: 제 13 권 1 호
Korean J. Malacol.
Vol. 13 (1) : 55 - 64, 1997

꼬막, *Tegillarca granosa* (Linne)의 생식소발달 및 생식세포형성에 관한 연구

이 주 하

전주대학교 이공대학 생명과학부

Abstract

Studies on the Gonadal Development and Gametogenesis of the Granulated Ark, *Tegillarca granosa* (Linne)

Ju Ha Lee

School of Life Science, College of Natural Science and Engineering, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

Although granulated ark, *Tegillarca granosa* is one of the important aquatic resources eaten by human beings, the basic biological studies on this species are still not too well known. Therefore the present paper deals with the histological studies on the gonadal development, gametogenesis, and reproductive cycle of the *T. granosa* as the basic biological studies. The materials were monthly collected at the costal area of Beolkyo, Chollanam-Do, southern coast of Korea for one year from January 1995 to February 1996.

T. granosa is dioecious and oviparous. The gonads are situated from the connective tissues surrounded midintestinal gland in visceral cavity to the muscle layers of foot.

Undifferentiated mesenchymal tissues and eosinophilic granular cells are abundantly distributed in the follicles of the gonads in the early active stage. With the further development of the gonads, these tissues and cells gradually disappear. Therefore they could be considered as a kind of nutritive materials.

On the bases of the gonadal development, gametogenesis, histo-differentiation, and cytological characteristics, the reproductive cycle of the species may be divided into five successive stages: early active, late active, ripe, partially spent, and spent/inactive.

The spawning occurs from late June at about 20℃ in the seawater temperature, but the main spawning occurs from July to August at about 23 to 24℃ in the temperature. The ripe oocytes are about 50 to 60 ㎛ in diameter.

The early active stage is rather long period (January to May) compared to other stages, the spent/inactive stage is also rather long period (September to April of the next year) compared to other stages. While late active (May to July), ripe (June to August), and partially spent stages (June to August) are rather short period compared to above the two stages.

The monthly changes of the fatness coefficient closely correlate with the gonadal development, reproductive cycle, and the seawater temparature.

Hermaphroditism was found one among the 433 individuals examined.

Key words: *Tegillarca granosa*, Gonadal Development, Gametogenesis, Reproductive Cycle

서 론

꼬막조개과(Arcidae)에 속하는 꼬막은 우리나라의 남해안과 서해안, 일본 및 중국의 조간대부터 수심 10 m까지의 진흙 바닥에 서식하는 천해성 유용패류이다.

1960년대 초에는 꼬막류(꼬막, 새꼬막, 피조개)의 양식고가 얼마되지 않았지만, 차차 증가하여 1970년 전후에는 약 20,000톤에 이르렀고, 최근에는 급격히 증가하여 약 70,000톤에 이르고 있으며, 1987년 꼬막의 양식량은 전체 꼬막류 중의 16.4%를 차지하는 11,520톤에 이른다(柳晟奎, 1988)고 한 바 있다. 새꼬막(畑, 1948; 田中, 1954)과 피조개(柳晟奎 등, 1990; 全永烈 등, 1991)에 관한 연구는 비교적 많은 편이지만, 꼬막에 관한 연구로는, 꼬막의 성장과 변이(柳晟奎, 1971), 우리나라 꼬막양식업의 발상과 발달과정(裵樹奐, 1986) 등이 있는 정도이며, 꼬막의 산란기로서 柳晟奎(1988)는 7월 중에 대부분이 방란, 방정을 마치나 8월상순까지 계속된다고 하였다.

이상의 보고가 있으나 꼬막의 생식소발달과정, 생식세포형성과정, 생식주기 및 산란기에 관한 조직학적 연구보고는 거의 없는 실정이므로, 본 종의 생식생물학적 기초자료를 얻고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료는 1995년 2월부터 1996년 1월까지 전남 벌교 연안(Fig. 1)에서 채집한 꼬막, *Tegillarca granosa*를 매월 30 ~ 40개체씩, 총 433개체를 사용하였다. 채집된 재료는 생체로 실험실로 운반한 후 각장, 각고, 총중량, 육중량, 각중량 등을 측정하였으며, 비만도는 육중량/(각장)^3 × 100으로 구하였고, 또한 내장낭의 일부가 포함된 생식소를 절취하여 Bouin액에 24시간 고정하였다. 고정된 생식소는 alcohol과정을 통하여 탈수시키고 paraffin 포매과정을 거쳐 5 ~ 6 μm의 두께로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Bohmer's hematoxylin과 1%의 alcoholic eosin으로 이중염색한 후 Canada Balsam으로 봉하였다.

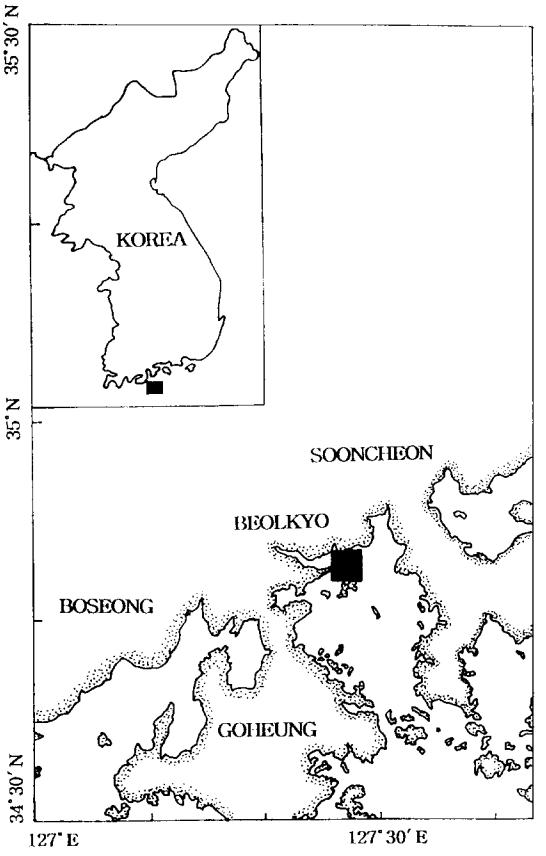


Fig. 1. Map showing the sampling station.

결 과

1. 생식소의 구조

꼬막의 생식소는 내장낭의 간중장선을 싸고 있는 결합조직으로부터 족부의 근육층까지 분포하고 있다(Fig. 2). 생식소가 성숙하면 내장낭의 대부분을 차지할 만큼 비후하지만, 방란, 방정 후의 생식소는 점차 퇴화, 위축된다. 그러나 연체부분의 외부형태나 생식소의 외관상으로는 암수를 구별하기 어렵다.

2. 생식소의 발달 및 생식세포형성과정

생식소는 내측의 간중장선과 외측의 상피층사이에 있으며, 상피층의 기저부로부터 내측의 간중장선을 향하여 발달하는 소낭들이 장차 난자형성소낭(oogenic follicle)과 정자형성소낭(spermatogenic follicle)으로 된다.

(1) 난소의 발달과 난자형성

발달초기의 난자형성소낭은 난소의 외측 상피층의 기저부로부터 발달되는데(Pl. I-Fig. 1), 소낭의 벽에는

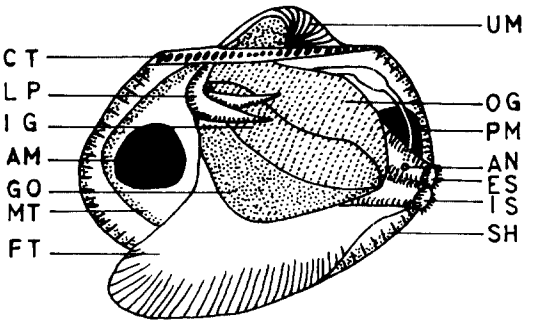


Fig. 2. Anatomy of *T. granosa.*
AM: Anterior adductor muscle, AN: Anus, CT: Cardinal tooth, ES: Exhalant siphon, FT: Foot, GO: Gonad, IG: Inner gill, IS: Inhalant siphon, LP: Labial palp, MT: Mantle, OG: Outer gill, PM: Posterior adductor muscle, SH: Shell, UM: Umbo.

초기 난원세포들이 단독 또는 소군으로 인접한 과립세포에 매몰되어 활발하게 분열증식하며, 이들의 직경은 10 ㎛내외이다. 난원세포들은 원형 또는 타원형을 하고 있으며 핵은 세포질에 비하여 비교적 큰 5 ㎛내외이고, 핵의 중앙에는 강한 호염기성 반응을 나타내는 인을 가지고 있다(Pl. I-Fig. 2). 소낭에는 미분화간충직과 eosin에 강하게 염색되는 과립세포가 풍부하게 존재하지만, 이 세포들은 난소의 발달과 더불어 그 수가 점차 감소된다.

소낭이 점차 발달, 신장함에 따라 난원세포들은 성숙분열을 통해 난모세포로 되면서 소낭의 내강을 향하여 치밀하게 배열된다. 성장을 시작한 초기난모세포들의 크기는 20 ㎛내외가 되며, 이들이 약 30 ㎛의 크기로 성장하면, 타원형으로 되면서 한쪽 끝이 가늘고 긴 난병을 소낭의 벽에 부착한 채 중앙내강을 향해 발달해 간다(Pl. I-Fig. 3). 이때 소낭 속에 있던 미분화간충직과 호산성 과립세포들은 흡수, 소실되면서 그 양은 현저하게 감소되고, 소낭의 벽도 얇아진다. 난병을 소낭의 벽에 부착한 채 성장하던 타원형 서양배모양의 난모세포들은, 그 크기가 40 ㎛내외로 되면, 난병을 소실하고 원형으로 변해가면서 소낭의 중앙내강에 유리되어 자리잡는다(Pl. I-Fig. 4).

완숙된 난소의 소낭에는 50~60 ㎛의 완숙난모세포들로 가득 채워지고, 소낭의 벽은 가장 얇아진다(Pl. I-Fig. 5). 완전히 성숙된 난모세포는 중앙에 직경 30 ㎛내외의 핵인 난핵포(germinal vesicle)를 가지며, 핵내에는 호염기성인 인이 뚜렷이 나타난다(Pl. I-Fig. 6). 방란이 일어나면 소낭의 중앙내강에 차여 있던 성숙란들은 거의 방출되지만, 일부 성장 중인 난모세포와 미방출된 성숙란들은 그대로 산재한다(Pl. I-Fig. 7).

미방출된 난모세포들은 소낭 내에서 세포질붕괴를 일으키면서 퇴화, 흡수되며, 이와 더불어 소낭도 위축, 퇴화되면서 그 형태를 점차 상실하게된다. 방란을 마치고 원동기로 들어간 소낭은 성적 구분이 어려운 상태로 별다른 변화없이 비활성기를 거친 다음(Pl. I-Fig. 8), 난소의 외측 상피층으로부터 새로운 난자형성소낭들이 분화, 발달되면서 새로운 초기 활성기로 들어가게 된다.

(2) 정소의 발달과 정자형성

발달초기의 정자형성소낭은 정소의 외측 상피층의 기저부로부터 발달, 성장된다(Pl. II-Fig. 9). 소낭의 벽에는 초기 정원세포들이 활발하게 분열증식하고 있으며, 미분화간충직과 eosin에 강하게 염색되는 호산성 과립세포들도 풍부하게 나타난다. 초기 정원세포들은 원형이며 직경은 6 ㎛내외이고, 4~5 ㎛내외의 원형 또는 타원형의 큰 핵을 중앙에 가지고 있으며, 핵의 중앙에는 강한 호염기성인 인이 있다(Pl. II-Fig. 10).

정소가 점차 비후됨과 동시에, 소낭의 벽에서 만들어진 정원세포들은 그 수가 증가되면서 소낭의 중앙내강을 향하여 제1차 정모세포, 제2차 정모세포 등으로 발달되지만, 외측 상피층은 점차 얇아진다(Pl. II-Fig. 11). 정소가 더욱 비후되면서 정원세포의 분열증식은 거의 중지되며, 소낭의 내강에는 정세포와 변태를 마친 정자들로 가득차지만, 정소발달의 초기에 나타나던 미분화간충직과 호산성 과립세포는 거의 볼 수 없게 된다(Pl. II-Figs. 12, 13). 이 시기의 정소는 최대로 비후되며, 외측 상피층은 난소와 마찬가지로 최대로 얇아진다.

정자의 방출이 일어나면서, 소낭의 내강에 충만되어 있던 정자들은 대부분 방출되므로 정자 속(bundle)은 찾아 볼 수 없으나, 일부 미방출된 정자들이 여전히 남아 있으며, 이들 미방출정자는 정자형성소낭의 위축, 퇴화와 더불어 퇴화, 흡수된다(Pl. II-Fig. 14). 방정후의 소낭은 위축된 상태에서 원동기로 들어가므로 성적 구분은 매우 어렵게 된다(Pl. II-Fig. 15). 이와 같

은 상태로 일정한 기간동안 비활성기를 거친 후, 난소에서와 마찬가지로 정소의 외측 상피층으로부터 새로운 정자형성소낭들이 분화, 발달되면서 정소는 새로운 생식주기로 들어간다.

(3) 자웅동체의 관찰

8월에 채집한 각장 24.9 mm, 각고 18.0 mm의 성숙한 1개체에서, 뚜렷한 난자형성소낭의 구역과 정자형성소낭의 구역이 혼재하는 자웅동체가 나타났다(Pl. II Fig. 16). 자웅동체의 난자형성소낭의 구역에서 볼 수 있는 난자와, 자웅이체인 개체의 난자를 비교하여 보아도 형태적인 차이는 없으며, 정자형성소낭의 구역에서 볼 수 있는 정자와, 자웅이체인 개체의 정자를 비교하여도 형태적 차이는 역시 없다.

3. 생식주기

월별로 조사된 난소 내의 난자형성과정과 정소 내의 정자형성과정을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하면, 이들의 생식주기는 Fig. 3과 같이 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 방출기, 방출 및 비활성기 등의 연속적인 5단계로 구분된다.

(1) 초기 활성기(Early active stage)

생식소의 외측 상피층에서 기원된 난자형성소낭 및 정자형성소낭들이 내측의 간중장선을 향하여 발달되고, 이들 소낭의 벽에서 난원세포와 정원세포가 분열증식하는 시기로서, 1월부터 5월까지 이 시기의 개체를 찾아 볼 수 있다. 따라서 초기 활성기는 방란, 방정을 완료한 후, 생식소의 퇴화와 더불어 새롭게 형성된 난자형성소낭과 정자형성소낭에서 난원세포와 정원세포가 형성되는 시기이다.

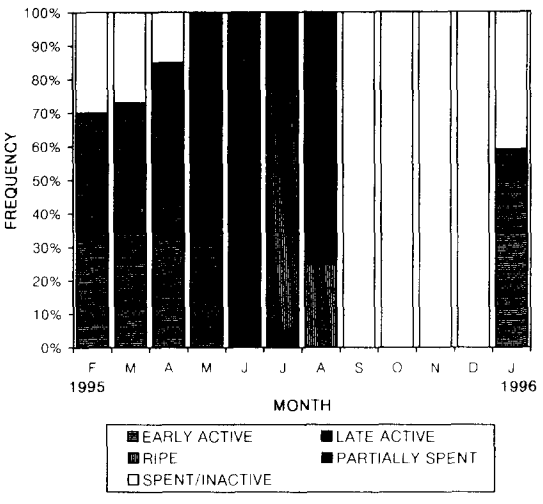


Fig. 3. Frequency of gonadal stages for *T. granosa*.

(2) 후기 활성기(Late active stage)

난자형성소낭의 벽에서 분열증식하던 난원세포들은, 약 16℃의 수온이 되는 5월부터 세포질을 많이 축적하면서 소낭의 벽에 난병을 부착한 채 성장하는 시기이며, 비교적 빠르게 성장한 난모세포는 난병을 소실하고 소낭의 벽으로부터 유리되어 중앙내강에 자리잡는다. 정자형성소낭의 정원세포들도 정모세포와 정세포로 성장되어 중앙내강에 자리잡는다. 이 시기는 5월하순부터 출현하기 시작하여 7월까지 계속되는 시기로, 가장 활발한 시기는 6월이다.

(3) 완숙기(Ripe stage)

이 시기에 난소는 최대로 비후되며, 난자형성소낭의 벽에 난병을 부착한 채 성장하여 오던 대부분의 난모세포들은 난병을 소실하고 소낭의 중앙내강에 유리된다. 정소도 난소와 마찬가지로 최대로 비후되며, 정자형성소낭에는 정세포와 변태를 마친 정자들로 가득 채워진다. 이 시기의 생식소는 약간의 상처만 주어도 완숙란과 정자가 유출된다. 6월부터 완숙기의 개체들이 나타나기 시작하여 8월까지 지속되지만, 7월에 가장 많이 출현한다.

(4) 부분 방출기(Partially spent stage)

방란의 결과로 난자형성소낭에는 부분적으로 빈 공간이 생기지만, 미방출란과 성장 중인 난모세포도 볼 수 있는 시기이다. 정자형성소낭에서도 대부분의 정자는 방정되지만, 소낭 내에는 방출되지 않은 정자와 정모세포, 정세포들이 여전히 남아 있으며 점차 퇴화, 흡수된다. 일부의 개체는 6월하순부터 방출하지만, 대부분의 개체는 7월과 8월에 방출한다.

(5) 방출 및 비활성기(Spent/inactive stage)

난자형성소낭 내의 일부 미방출란과 성장 중인 난모세포는 세포질 붕괴를 일으키면서 퇴화, 흡수되며, 소낭 자체도 서서히 붕괴되어 비활성기로 들어가는 시기이다. 정자형성소낭 내의 미방출정자와 정모세포, 정세포들도 퇴화, 흡수되며, 소낭 자체도 서서히 해체되어 비활성기로 들어간다. 이 시기의 생식소는 성적 구별이 힘들게 된다. 방출 및 비활성기의 개체는 9월부터 이듬해 4월까지 비교적 오래 지속된다.

4. 비만도와 수온의 월별변화

비만도와 수온의 월별변화는 Fig. 4에 나타난 바와 같이, 비만도는 3월에 6.39로 가장 낮으며, 수온은 2월에 6.7℃로 가장 낮다. 그러나 수온의 상승과 더불어 비만도도 점차 증가하여 후기 활성기로 들어가는 5월에는 급격히 증가한다. 완숙기의 개체가 나타나는 6월에는 9.71로 가장 높으나, 방출이 거의 완료되는 8월에는 7.73로 낮아 진다. 수온은 주산란기인 7월과 8월에 각각 22.7℃와 23.9℃로 가장 높다.

고 찰

대부분의 해산 연체동물은 체외수정을 하며, 생식은 연중 주기적으로 일어난다고 보고되어 있다(Giese, 1959; Kinne, 1963; Webber and Giese, 1969). 또한 Boolootian 등(1962)은 연체동물의 산란습성을 3가지 범주 즉, 연중 산란하는 종(year-around breeder), 늦가을과 이듬해 이른 봄사이에 걸쳐 산란하는 동계 산란종(winter breeder), 늦 봄과 이른 가을사이에 걸쳐 산란하는 하계 산란종(summer breeder)으로 나눈 바 있다. 그리고 많은 해산 이매패류는 연중 1회만 산란하는 종(鄭義泳 등, 1986; Chung et al., 1994)과 연중 2회 산란하는 종(Chang and Lee, 1982)으로 구분할 수 있다. 꼬막의 경우도 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 방출기, 방출기 및 비활성기 등 일련의 생식주기를 거치는 것으로 보아 연중 주기적인 생식을 하는 종이며, 6월에서 8월까지 연중 1회만 산란하는 것으로 보아 하계 산란종으로 생각된다.

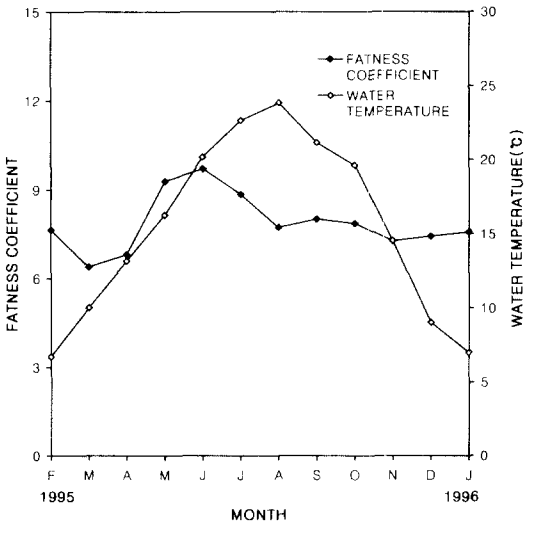


Fig. 4. Monthly changes of the fatness coefficient for *T. granosa* and seawater temperature from February 1995 to January 1996.

해산 무척추동물의 생식소는 거의 생식세포들로 구성되어 있지만, 이들 세포 이외에 일종의 영양세포가 생식소의 발달에 관계하는 것으로 보고되어 있다. Chatlymne(1969)은 성게, *Strongylocentrous purpuratus*의 경우, 호산성 과립인 nutritive phagocyte가 생식소의 발달초기에 풍부하게 나타나다가 생식소의 성숙과 더불어 점차 사라지며, 산란 후 회복기에 다시 나타난다고 하였으며, 高橋와 高野(1970)는 북방대합, *Spisula sachalinensis*에서, 생식세포와 구별되는 체세포가 있어 이들이 생식소의 발달에 관여한다고 하였다. 또한 今 등(1966)은 대수리, *Purpura clavigera*의 경우, 정소의 성숙에 따라 변화하는 K세포가 있는데, 이것이 영양에 관여한다고 보고한 바 있으며, 소라, *Turbo cornutus*(李株河, 1980), 맛조개, *Solen strictus* 와 붉은맛, *Solen gordonis*(鄭義泳 등, 1986)의 경우, 미분화간충직과 호산성 과립세포들이 생식소 및 생식세포형성의 발달초기에 풍부하게 나타나다가 생식소의 발달과 더불어 점차 감소하는 점으로 보아, 이들이 생식소 및 생식세포의 발달에 관여하는 영양세포라고 보고하였다. 한편 담수산 이매패인 재첩, corbicula fluminea에서는 정원세포와 난원세포가 형성되는 시기에 이들 세포의 주위에 eosin에 황색으로 염색되는 과립세포가 영양세포로 작용한다고 보고한 바 있다(權伍吉 등, 1987). 본 연구에서도, 미분화간충직과 호산성 과립세포들이 생식세포형성의 초기에 풍부하게 나타나다가 생식세포의 발달과 더불어 점차 사라지는 점으로 미루어, 이들이 영양세포로서 작용을 하는 것으로 생각된다.

Naidu(1970)는 대부분의 이매패류는 자웅이체이며, 성비는 1 : 1이지만, 연령, 수온 및 계절적 요인 등에 의하여, 종에 따라서는 성전환이 일어나므로 성비가 달라진다고 하였다. 가리비, *Pecten(Patinopecten) yessoensis*(丸, 1976; 森와 長内, 1977), 새꼬막, *Anadara subcrenata*(田中, 1954), 진주조개, *Pinctada martensii*(立石과 安達, 1957), 맛조개, *Solen strictus* 와 붉은맛, *Solen gordonis*(鄭義泳 등, 1986), 굴, *Crassatrea virginica*(Brousseau, 1995), *Spisula solidissima*(Chintala and Grassle, 1995) 등에서도 자

웅동체 현상이 알려져 있다. 본 연구에서도 8월의 성숙한 1개체에서 자웅동체 현상이 나타나고 있는데, 이는 수온, 염분도 등의 환경요인에 의한 일시적인 현상인지, 성전환에 의한 것인지 아니면 간성인지를 앞으로 좀더 연구해야 될 과제라고 생각된다.

비만도의 월별변화는, 후기 활성기와 완숙기의 생식소를 가지는 5월부터 7월까지 비교적 높은 수치를 나타내다가 방란, 방정이 거의 완료되는 8월에는 낮은 수치를 나타낸다. 이는 산란 후에 비만도가 떨어지는 새꼬막, *Anadara subcrenata*(田中, 1954), 새조개, *Fulvia mutica*(Matsuoka *et al.*, 1968) 등의 연구결과와, 생식소의 성숙과 더불어 비만도는 증가한다는 Chang and Lee(1982)의 연구와도 거의 일치한다. 따라서 비만도의 월별변화는, 생식소를 조직학적으로 관찰한 생식주기와 잘 일치한다.

전복류는 비활성기가 없이 방출기 후 곧 회복기로 들어가 새로운 생식세포를 형성하지만(Webber and Giese, 1969), 많은 종의 해산 패류들의 생식소는 방출기를 지난 후 비활성기로 들어가므로, 생식소 내에 생식세포는 거의 찾아 볼 수 없다고 보고한 바 있다(Loosanoff, 1962). 본 연구에서도 북방대합, *Spisula sachlinensis*(高橋와 高野, 1970), 바지락, *Ruditapes philippinarum*(Chung *et al.*, 1994) 등에서와 같이, 방란, 방정을 한 후, 생식소에 남아 있던 소수의 생식세포들은 점차 퇴화, 흡수되며, 이와 더불어 난자형성소낭과 정자형성소낭도 점차 퇴화, 위축되어 비활성기 상태로 일정한 기간동안 지속된다.

본 연구에서, 완숙한 생식세포의 최초 방출은 6월하순이며, 방출 개체가 가장 많이 출현하는 시기는 7월과 8월하순인데 비하여, 柳成圭(1988)는 7월 중에 대부분 방출을 마치지만 8월상순까지 지속된다고 한 바 있다. 이와 같은 약간의 차이는, 해수의 비중(瀧, 1949), 먹이(丸, 1976; Griffiths, 1977), 수온(Brousseau, 1995) 등과 관련이 있는 것으로 생각되며, 8월하순에는 거의 모든 개체가 방출을 완료하므로 성숙한 생식세포는 거의 찾아 볼 수 없다. 또한 비활성기는 9월에서 이듬해 4월까지 지속되는 것으로 보아, 비교적 긴 기간동안 지속되는 것으로 생각된다. 초기 활성기도 비교적 길어 1월에서 5월까지 지속되는 개체들도 있는 것으로 보아 역시 비교적 긴 편이다. 초기 활성기를 거친 후, 5월에서 8월까지 후기 활성, 완숙 및 방출을 완료하는 것을 보면, 성장과 방출은 4개월 간에 걸쳐 비교적 빠르게 진행되는 것으로 생각된다.

요 약

꼬막, Tegillarca granosa은 우리나라 남해 및 서해안 일대에서 서식하는 중요한 수산자원 중의 하나이지만, 이에 대한 생물학적 기초연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 1995년 2월부터 1996년 1월까지 전남 벌교 연안에서 채집한 꼬막의 생식소발달, 생식세포형성과정 및 생식주기를 조사하였다.

1. 꼬막은 자웅이체이면서 난생이고, 생식소는 내장낭의 간중장선을 싸고 있는 결합조직으로부터 족부의 근육층까지 분포한다.

2. 미분화간충직과 호산성 과립세포들이 초기 활성기의 소낭에 풍부하게 나타나기 시작하여 완숙기에는 거의 없어지는 것으로 보아, 이들은 생식소 및 생식세포형성과 발달에 영양을 공급하는 영양세포로 생각된다.

3. 생식소발달, 생식세포형성과정, 조직분화과정 및 세포학적 특성에 따라, 이들의 생식주기를 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 방출기, 방출 및 비활성기 등으로 구분할 수 있다.

4. 방란 및 방정은 수온 20℃정도되는 6월하순부터 시작되고, 주산란시기는 수온이 23~24℃정도 되는 7~8월이며, 완숙란의 크기는 50~60 ㎛이다.

5. 비활성기는 9월에서 이듬해 4월까지 지속되는 비교적 긴 기간이며, 초기 활성기도 비교적 길어 1월에서 5월까지 지속되는 반면, 후기 활성, 완숙 및 방출기는 비교적 짧아, 5월에서 8월까지 모두 완료된다.

6. 비만도의 월별 변화는 생식소의 발달, 생식주기 및 수온과 밀접한 관계가 있다.

7. 사용된 재료 433개체 중 1개체가 자웅동체현상을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 전주대학교 학술진흥연구비의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

高橋延昭, 高野和則 (1970) ハスガイの生殖週期に關する組

織學的研究- I. 精巢の季節的變化. 日水誌, **36**(4): 337-344.

權伍吉, 李俊相, 朴甲萬 (1987) 衣岩湖의 貝類에 關한 硏究 (7) — 衣岩湖産 재첩(*Corbicula fluminea*)의 生殖巢와 生鰓에 關한 硏究 — 韓陸水誌, **20**(1): 30-38.

今 攸, 本間義治, 村山新十郎 (1966) 海産無脊椎動物の生殖腺の成熟に關する硏究--I. イボニシの生殖腺にみられた季節的變化. 日水誌, **32**(6): 484-491.

龍 晴 (1949) ハマグリ産卵期の硏究 I 昭和22年東京灣に於けるハマグリの産卵期. 日水誌, **15**(9): 479-486.

裵樹奎 (1986) 우리나라 꼬막養殖業의 發生과 發達過程. 韓水誌, **19**(1): 72-82.

森勝義, 長内健治 (1977) 垂下灣養殖ホタテガイ1年貝にみられる生殖巢發達異常について. 日水誌, **43**(1): 9-17

柳晟奎 (1971) 연안산 중요 조개류의 증식에 관한 생물학적 연구. 3. 꼬막의 성장과 형태변이에 대하여. 釜山水大臨硏報, **4**: 19-27.

柳晟奎 (1988) 양식개론. 재판, pp. 270. 태화출판사, 부산.

柳晟奎, 張榮振, 康慶浩, 金永球 (1990) 養成場에 따른 피조개, *Anadara broughtonii*의 成長. 韓國養殖學會誌, **3**(1): 65-77.

李株河 (1980) 소라, *Turbo cornutus* Solander의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期에 關한 組織學的 硏究. 韓水誌, **13**(4): 125-134.

立石新吉, 安達甫郎 (1957) アコヤガイ *Pinctada martensii* (Dünker)の生殖巢の周年變化に關する組織學的觀察. 長崎大水硏報, **5**: 75-79.

畑久二 (1948) 中海に於けるモガヒの自然發生に就て. 日水誌, **13**(6): 248-250.

金永烈, 羅琪煥, 崔禹政 (1991) 海洋 生態學的 특성에 따른 피조개 稚貝의 大量斃死. 韓水誌, **24**(1): 70-78.

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. 日水誌, **19**(12): 1157-1160.

鄭義泳, 金炯培, 李澤烈 (1986) 맛조개, *Solen strictus*와 붉은맛, *Solen gordonis*의 生殖年周期. 韓水誌, **19**(6): 563-574.

丸邦義 (1976) ホタテガイの生殖に關する硏究, 第一報養殖ホタテガイの生殖週期. 北海道立水産試驗場報告, **18**: 9-26

Boolootian, 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) Gometogenesis 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.

Chatlymne, L.G. (1969) A histological study of oogenesis in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.*, **136**: 167-184.

Chintala M.M. and Grassle, J.P. (1995) Early gametogenesis and spawning in "juvenile" Atlantic surfclams, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1819). *J. Shellfish. Res.*, **14**(2): 301-306.

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

Giese, A.C. (1959) Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.*, **21**: 547-576.

Griffiths, R.J. (1977) Reproductive cycles in littoral populations of *Chloromytilus meridionalis* (Kr.) and *Aulacomya 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.

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. Stn. Kyoto Prefec.*, **31**: 13-27.

Naidu, K.S. (1970) Reproduction and breeding cycle of the Giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in Port Bay, Newfoundland. *Can. J. Zool.*, **48**: 1003-1012

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.

EXPLANATION OF PLATES

Plate I

Fig. 1. The section of the ovary in the early active stage. The ovary is composed of a number of the oogenic follicles which are originated from the basal part of the outer epithelial layer. X 100.

Fig. 2. The oogenic follicles in the same stage above mentioned. Note proliferation of small oogonia along the follicular walls, undifferentiated mesenchymal tissues, and eosinophilic granular cells. X 400.

Fig. 3. The oogenic follicles in the late active stage. Note the oocytes connected by the egg-stalk to the follicular walls. X 100.

Fig. 4. The oogenic follicles in the same stage above mentioned. The follicle contains a number of oocytes detaching from the follicular walls. X 200.

Fig. 5. The mature oogenic follicle in the ripe stage. The follicle contains numerous oocytes detached from the follicular wall. X 200.

Fig. 6. The ripe oocytes in the ripe oogenic follicle. The basophilic nucleolus is seen in the large germinal vesicle. X 400.

Fig. 7. The oogenic follicles in the partially spent stage. Note the presence of a few unspawned oocytes and residual substances which are in the follicles after spawning. X 100.

Fig. 8. The oogenic follicles in the spent/inactive stage. X 200.

Plate II

Fig. 9. The section of the testis in the early active stage. The testis is composed of a number of the spermatogenic follicles which are derived from the basal part of the outer epithelial layer. X 100.

Fig. 10. The spermatogenic follicles in the same stage above mentioned. A number of small spermatogonia, undifferentiated mesenchymal tissues, and eosinophilic granular cells occur the follicular walls and lumina of the follicles. X 400

Fig. 11. The spermatogenic follicles in the late active stage. The lumina contain spermatogenic cells in various stages of the development. X 200

Fig. 12. The section of the spermatogenic follicles in the ripe stage. X 100.

Fig. 13. The spermatogenic follicle in the same stage above mentioned. Note a great number of spermatozoa in the lumen of the follicle. X 400.

Fig. 14. The section of the spermatogenic follicles in the partially spent stage. Testis becomes withering and a few number of undischarged spermatozoa and residual substances still remain in the follicles. X 200.

Fig. 15. The spermatogenic follicles in the spent/inactive stage. X 200.

Fig. 16. The hermaphroditism in ripe gonad. Note the ripe oocytes and spermatozoa in the hermaphroditic gonad. X 200.

PLATE I

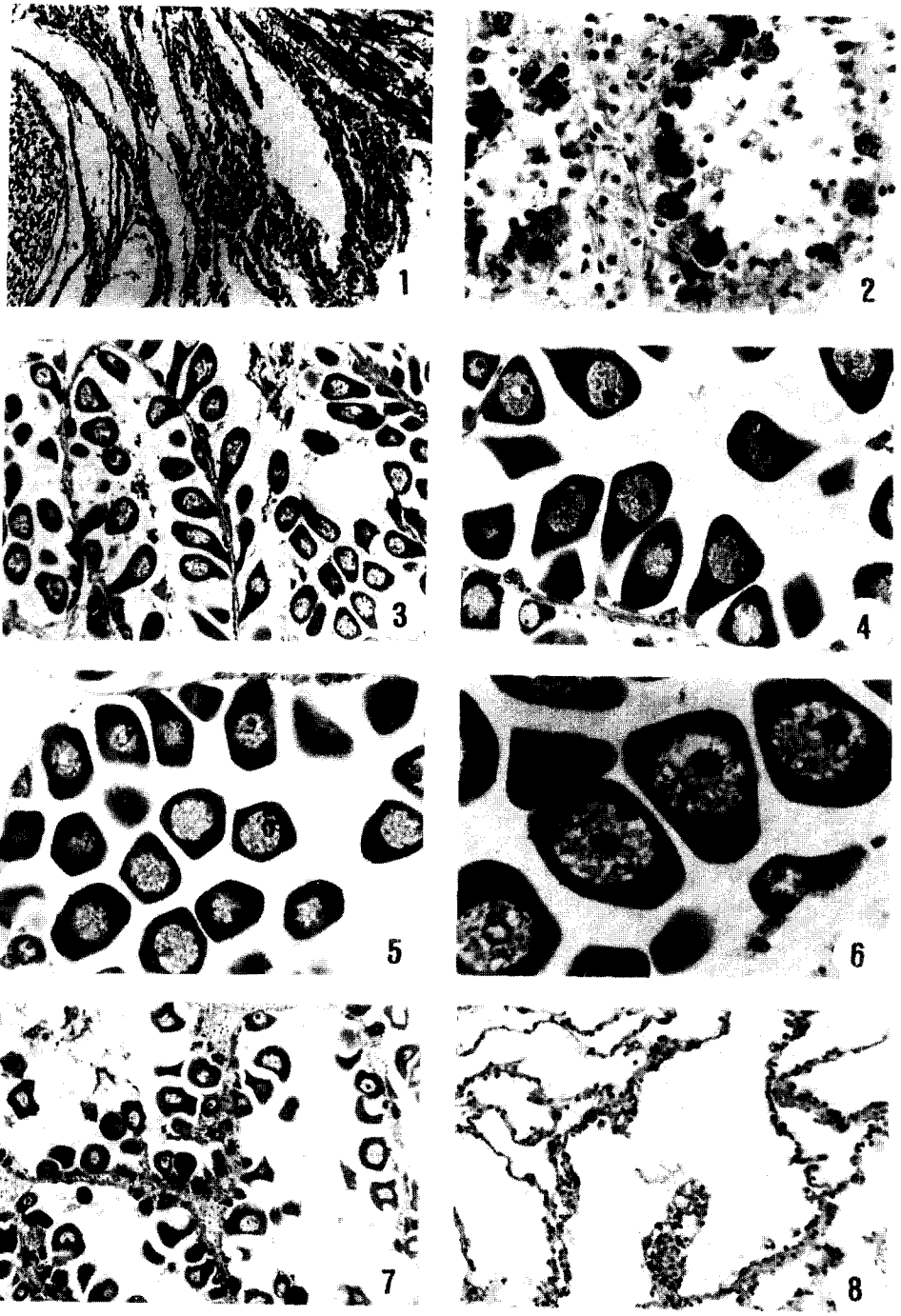
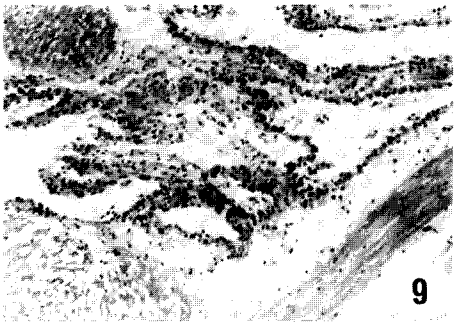
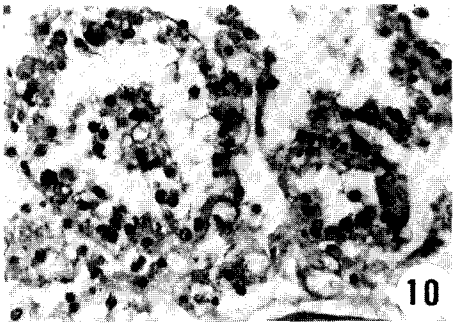
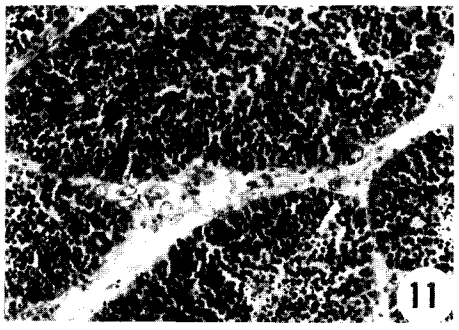
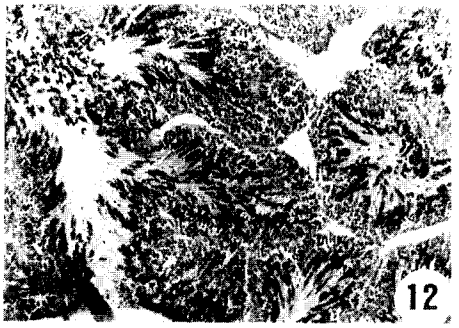


PLATE Ⅱ

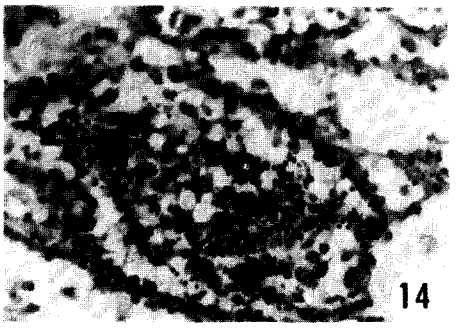

9

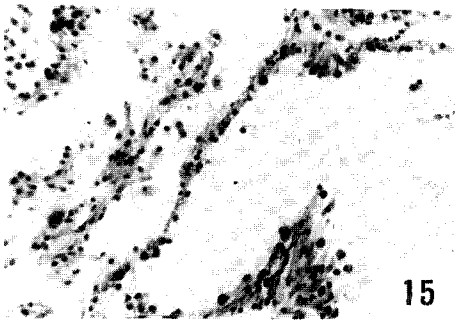

10

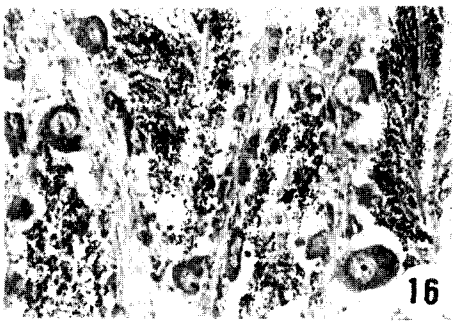

11


12

13


14


15


16