

계화도조개 (*Potamocorbula amurensis*)의 생식주기에 관한 조직학적 연구

이 주 하
전주대학교 생명과학부

Histological Study on the Reproductive Cycle of *Potamocorbula amurensis* (Bivalvia: Corbulidae)

Ju Ha LEE

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

Gonadal development, gametogenesis, reproductive cycle, egg-diameter and composition, condition factor, and the first sexual maturity of the clam, *Potamocorbula amurensis* were investigated by histological observation. Samples were collected monthly from the tidal flat of Moonpo, Puan-gun, Chollabuk-do, west coast of Korea from November 1996 to October 1997. *P. amurensis* is dioecious and oviparous. The gonads were composed of a number of gametogenic follicles. The oogonia and fully ripe oocytes were 9~12 μm and 50~60 μm in diameter, respectively. Each of the spermatogenic follicle formed stratified layers composed of spermatogonia, spermatocytes spermatids, and spermatozoa in groups on the follicular wall. The reproductive cycle of *P. amurensis* could be classified into five successive stages: early active, late active, ripe, partially spawned, and recovery. Spawning occurred twice a year from May to July and from September to October, the main spawning seasons also appeared twice a year between May and June, and in October when the water temperatures reached above 18°C. The monthly changes in the condition factor were closely related with the reproductive cycle. Minimum size for the sexual maturation of female and male were 8.1 mm in shell length. There were two patterns for the gametogenesis: 1. After spawning, the undischarged ripe oocytes and spermatozoa in the follicles were degenerated and absorbed, but in part, the existing follicles were not contracted significantly and then they took part in new gametogenesis within one or two months (especially, in summer). 2. After spawning, each follicle was contracted, thereafter gametogenesis again occurred in newly formed follicles.

Key words: *Potamocorbula amurensis*, gametogenesis, reproductive cycle, egg-diameter

서 론

우리나라에 1속 1종만 서식하는 계화도조개, *Potamocorbula amurensis*는 계화도조개과(Corbulidae)에 속하는 부족류이다(Kwon et al., 1993). 이 조개는 담수가 유입되는 기수역의 조간대 모래밭이나 갯벌에 주로 서식하며, 우각이 좌각에 비하여 크기 때문에, 양 패각이 서로 맞닿지 않아 우각이 좌각을 안고 있는 형태이다. 각피는 암갈색이고, 좌우 패각에 각각 한 개씩의 주치를 가지고 있지만 측치는 없다. 또한 계화도조개는 식용되고, 특히 전북 부안군 동진면 안성리 일대에 다산하며, 연중 채취하여 젓갈로 이용되기도 한다(Yoo, 1976; Kwon et al., 1993). 이와 같이 계화도조개에 관한 연구는 분류학적 연구를 제외하고 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 계화도조개의 생식소발달과정, 생식세포형성과정, 생식주기, 난경의 월별변화, 비만도 및 군성숙도 등의 생물학적 기초자료를 얻고자 조직학적 방법에 의하여 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 재료는 1996년 11월부터 1997년 10월까지 전라북도 부안군 문포 앞바다(35°40'70"N, 126°40'50"E)의 갯벌에서 채집하였다. 매월 30~40 개체씩 채집된 재료는 생체로 실험실에 운반한 후, 각장, 각고, 총중량, 육중량, 각중량 등을 측정자와 전자식 저울을 이용하여 0.1 mm와 0.01 g 단위까지 측정된 바,

각장은 31.4~2.0, 각고는 20.1~1.2 mm의 범위였으며, 총중량과 육중량은 각각 5.56~0.07, 1.06~0.01 g의 범위에 속하였다.

측정이 끝난 개체는, 생식소가 포함된 내장낭 일부를 절취하여 Bouin's solution에 24시간 고정한 후, alcohol과정을 통하여 탈수시키고, paraffin 포매과정을 거쳐 4~6 μm의 두께로 연속절편을 만들었다. 염색은 Bohmer's hematoxylin과 1%의 alcoholic eosin으로 이중염색한 후 광학현미경으로 검경하였다. 비만도는 육중량/(각장)³×100으로 구하였으며, 난경의 월별변화는, 난소절편의 표본에 핵이 정상적으로 나타나는 생식세포만을 선택하여, 평균 1,000개 내외의 난경을 측정된 후 Pearse (1965)의 빈도곡선으로 나타내었다.

결 과

생식소의 구조

계화도조개는 자웅이체로서, 생식소는 내장낭의 간중장선 하부로부터 족부의 근육층까지 분포한다. 미성숙 시기의 생식소는 장관 주위에 아주 얇게 분포하지만, 생식소가 점차 성숙하게 되면 내장낭의 대부분을 차지하며 족부의 결합조직층까지 확장, 비후된다. 성숙된 난소는 유백색, 정소는 아주 연한 분홍색을 나타내므로 암, 수를 쉽게 구별할 수 있었다.

난소의 발달과 난자형성과정

내측의 간중장선과 외측의 근육층사이에 위치하는 난소는 크고 작은 수 많은 원형 또는 타원형의 난자형성소낭(oogenic follicle)

으로 구성되어 있으며, 초기 난원세포들이 소낭의 벽에서 활발하게 분열증식되고 있었다. 이들 난원세포는 구형이거나 타원형이며 직경은 9~12 μm 이고, 6 μm 내외의 크고 뚜렷한 핵과 호염기성 단일 인을 가지고 있으므로, 세포질은 핵에 비하여 매우 빈약하였다. 난원세포들은 단독 또는 소군으로 인접한 과립세포에 싸여 있으며, 난자형성소낭의 중앙내강은 간층적으로 채워져 있었다

(Fig. 1, A). 난소의 발달과 더불어 이들 과립세포와 간층적은 점차 감소하였다.

난자형성소낭이 점차 발달, 신장되면서, 소낭의 벽에서 분열증식 중이던 난원세포들은 세포질의 양이 점차 풍부해 지면서 난모세포로 성장, 발달되어 갔다. 성장 초기의 난모세포들은 직경이 20~23 μm 이지만, 30~32 μm 의 직경으로 성장하게 되면, 난병을 소낭

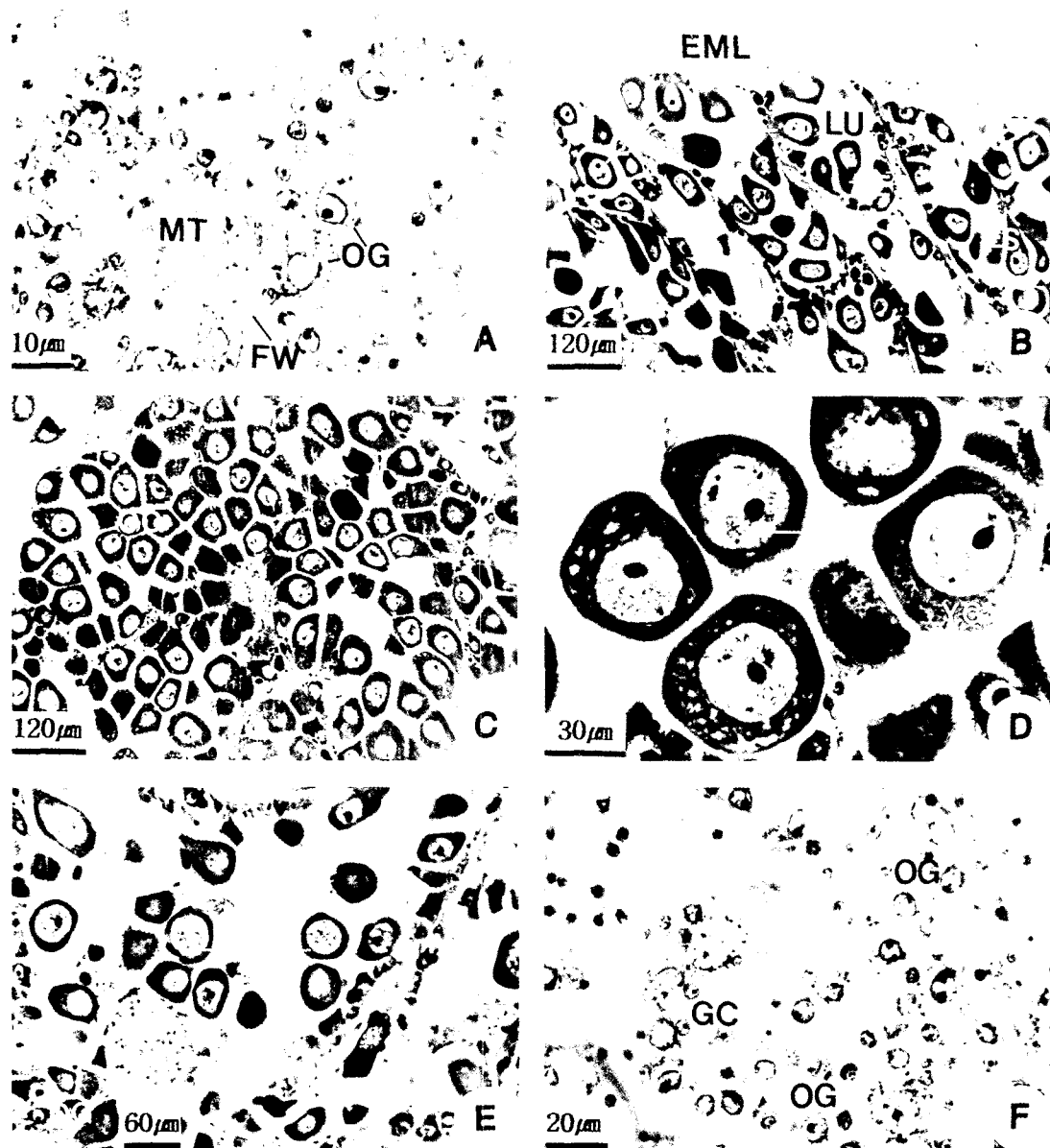


Fig. 1. Photomicrographs of gonadal phases of female *P. amurensis*. A, section of the follicle in the early active stage (November). Note proliferating small oogonia along the follicular walls, mesenchymal tissues, and eosinophilic granular cells. B, section of the follicle in the late active stage (January). Note developing oocytes and an egg-stalk of oocyte attaching to the follicular wall. C, section of the follicle in the ripe stage (March). Note a number of mature oocytes in the lumen of the follicle. D, section of the follicle in the same stage as above mentioned (September). Note a large number of yolk granules in the cytoplasm and a basophilic nucleolus in the large germinal vesicle. E, section of the follicle in the partially spawned stage (May). Note a few undischarged oocytes, developing oocytes, and oogonia coexisted in the same follicle. F, section of the follicle in the recovery stage (October). Note newly formed oogonia, and eosinophilic granular cells and mesenchymal tissues in the follicles. Abbreviations: CM, chromatin; EML, external muscle layer; ES, egg-stalk; FW, follicular wall; GC, granular cell; GO, growing oocyte; GV, germinal vesicle; LU, lumen; MT, mesenchymal tissue; NC, nucleolus; OC, oocyte; OG, oogonia; UOC, undischarged oocyte; YG, yolk granule.

벽에 부착한 채 내강의 중앙을 향해 긴 타원형으로 발달된다. 핵은 난병의 반대쪽 난막 가까이로 이동되고, 핵 내에는 강한 호염기성 반응을 나타내는 한 개의 뚜렷한 인을 볼 수 있었다. 성장 후기에 들어간 일부 난모세포는 직경이 43~45 μm 으로 되면서 난병을 소실하고 소낭의 중앙내강으로 유리되어 자리잡지만, 소낭벽에는 분열증식 중인 일부 후기 난원세포도 함께 볼 수 있었으며, 중앙내강에는 간층적이 현저하게 감소되었다 (Fig. 1, B).

완숙된 난소는 완숙란으로 충만된 난자형성소낭들로 가득 채워지며, 소낭의 벽은 아주 얇아진다. 완숙된 난모세포의 직경은 50~60 μm 이며, 소낭의 중앙내강에 자리를 잡는다. 소낭의 벽에는 소수의 난원세포, 초기 성장 중인 난모세포 및 후기 성장 중인 난모세포도 함께 관찰할 수 있었다 (Fig. 1, C).

완숙란은 구형으로 되며, 세포질에는 난황과립으로 충만된다. 완숙란의 중앙에는 직경 30~32 μm 의 커다란 핵인 난핵포 (germinal vesicle)를 볼 수 있으며, 염색질은 과립성 망상구조를 이루고 있는데, 여기에 강한 호염기성 반응을 나타내는 단일 인을 볼 수 있었다 (Fig. 1, D).

산란기에 이르면 난자형성소낭의 내강중앙에 지리잡고 있던 완숙란들이 방출되므로, 소낭의 내강은 거의 빈 공간으로 된다. 소낭벽에는 난원세포와 후기 성장 중인 난모세포들도 일부 관찰할 수 있었으며, 중앙내강에는 미방출된 완숙란도 볼 수 있었다 (Fig. 1, E).

방란이 일어나면 일부 미방출된 난모세포는 퇴화, 흡수되지만, 동시에 난자형성소낭의 벽으로부터 새로운 난원세포와 과립성 세포들이 형성되고, 소낭내강의 중앙은 간층적으로 충만되면서, 난소는 그 기능을 회복하여 간다 (Fig. 1, F).

정소의 발달과 정자형성과정

정소도 난소와 마찬가지로, 내측의 간중장선과 외측의 근육층 사이에 위치하며, 크고 작은 수 많은 정자형성소낭 (spermatogenic follicle)으로 구성되어 있다. 소낭 벽에서는 다수의 정원세포들이 활발하게 분열증식하고 있으며, eosin에 강한 염색성을 띠는 호산성 과립세포와 간층적을 많이 관찰할 수 있었다. 정원세포들은 구형이며 직경은 5~6 μm 이고, 4 μm 내외의 구형 또는 타원형인 큰 핵을 중앙에 가지고 있다. 핵 속에는 강한 호염기성 인과 몇 개의 과립 또는 과상 염색질이 나타났다 (Fig. 2, A).

정소가 점차 비후됨과 동시에 소낭 내의 간층적과 호산성 과립 세포들은 점차 감소하였으며, 소낭벽도 점차 얇아졌다. 정원세포, 정모세포 및 정세포들이 그 발달정도에 따라 정자형성소낭의 벽으로부터 중앙내강까지 층상배열을 하였다 (Fig. 2, B).

정소가 더욱 발달됨에 따라, 정자형성소낭의 벽에는 소수의 정원세포들이 보이며, 소낭의 내강을 향하여 정모세포와 정세포들이 몇 개의 층층으로 나타나지만, 내강의 중심부에는 변태를 마친 정자들로 가득 채워졌다. 완숙한 정자의 두부는 강한 염기성 반응을 나타내면서 소낭의 벽쪽을 향하고 있었으며, 산성 색소에 염색되는 미부는 중앙내강을 향하고 있었다. 정자형성소낭의 발달 초기에 풍부하던 호산성 과립세포와 간층적은 거의 찾아 볼 수 없었다 (Figs. 2, C and D).

정자의 방출이 일어나면서 소낭의 내강에 충만되어 있던 대부

분의 정자들은 방출되므로, 중앙내강은 빈 공간이 많아 진다. 다수의 미방출된 정자들이 퇴화, 흡수되지만, 소낭의 벽에는 여전히 정원세포를 관찰할 수 있었다 (Fig. 2, E).

방정을 거의 완료한 정자형성소낭 내에서, 미방출정자가 퇴화, 소실되는 동안, 소낭의 벽에는 새로운 정원세포와 호산성 과립세포들이 형성되고, 소낭의 내강은 간층적으로 충만되면서 정소는 그 기능을 회복하여 간다 (Fig. 2, F). 소낭 내의 미방출정자는, 이들 정원세포, 호산성 과립세포 및 간층적이 형성되는 것과는 비례적으로 점차 감소하였다.

난경의 월별변화

난소의 발달에 따른 생식상태를 조사하기 위하여, 난소절편에서 월별로 난경을 측정하고, 이 측정치를 여러 크기의 단계별 구간을 설정하여 상대적 출현빈도로 나타낸 결과는 Fig. 3과 같았다.

10 μm 내외의 난원세포들은 조사기간 중 계속 출현하였지만, 초기 활성화기 및 회복기에 있는 10월과 11월에 각각 60.7%와 68.3%로 가장 높았으며, 6~8월, 12월에도 다소 높은 값을 나타내었다.

6월과 12월부터 난경 20~30 μm 의 초기 난모세포들이 다수 출현하기 시작하여, 2월과 7월에 접어들면서 난황의 축적이 뚜렷한 30~40 μm 의 후기 난모세포들이 각각 35.9%와 25.5%로 출현하였다. 후기 난모세포들 중 난병을 소실하고 난자형성소낭의 내강으로 유리되는 40~50 μm 의 난모세포는 3월과 8월에 각각 30.7%와 13.2%의 빈도로 출현하였다.

50 μm 이상의 완숙란은 11월과 12월을 제외하고 전 기간 중에 볼 수 있으나 3월, 4월, 8월에 각각 20.7%, 25.6%, 17.0%로 높았다. 하계 방출이 시작되는 5월부터 7월까지, 이들 완숙란의 출현빈도는 서서히 감소하는 반면, 추계 산란이 시작되는 9월과 10월에는 급격하게 감소하고 있는데, 이 기간에 나타나는 대형 난들은 대부분 퇴화, 흡수되는 미방출란들 이었다.

생식주기

생식소의 발달, 생식세포의 형성과정 및 난경의 월별변화를 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여, 이들의 생식주기를 초기 활성화기, 후기 활성화기, 완숙기, 부분 산란기 및 회복기 등으로 구분할 수 있었다 (Fig. 4).

초기 활성화기 (Early active stage)

난소의 난자형성소낭과 정소의 정자형성소낭벽에서 난원세포와 정원세포가 활발하게 분열증식하는 시기로서 1, 7, 8, 12월에도 일부 볼 수 있으나, 가장 왕성한 시기는 11월이었다. 이 시기의 소낭에는, 앞선 생식주기에서 미방출된 채 소실되어 가는 난모세포와 정자들이 남아 있는 개체들도 있으므로 암수를 구별할 수 있었다.

후기 활성화기 (Late active stage)

난자형성소낭의 벽에서 분열증식하던 난원세포들이 세포질을 많이 축적하면서 난모세포로 성장하는 시기이다. 난모세포는 소낭벽에서 점차 소낭의 중앙내강 쪽으로 돌출되면서 난병을 형성하므로 마치 서양배 모양을 나타내었다. 빠르게 성장한 일부 난모세포는 난병을 소실하고 소낭벽으로부터 유리되어 중앙내강에 자리

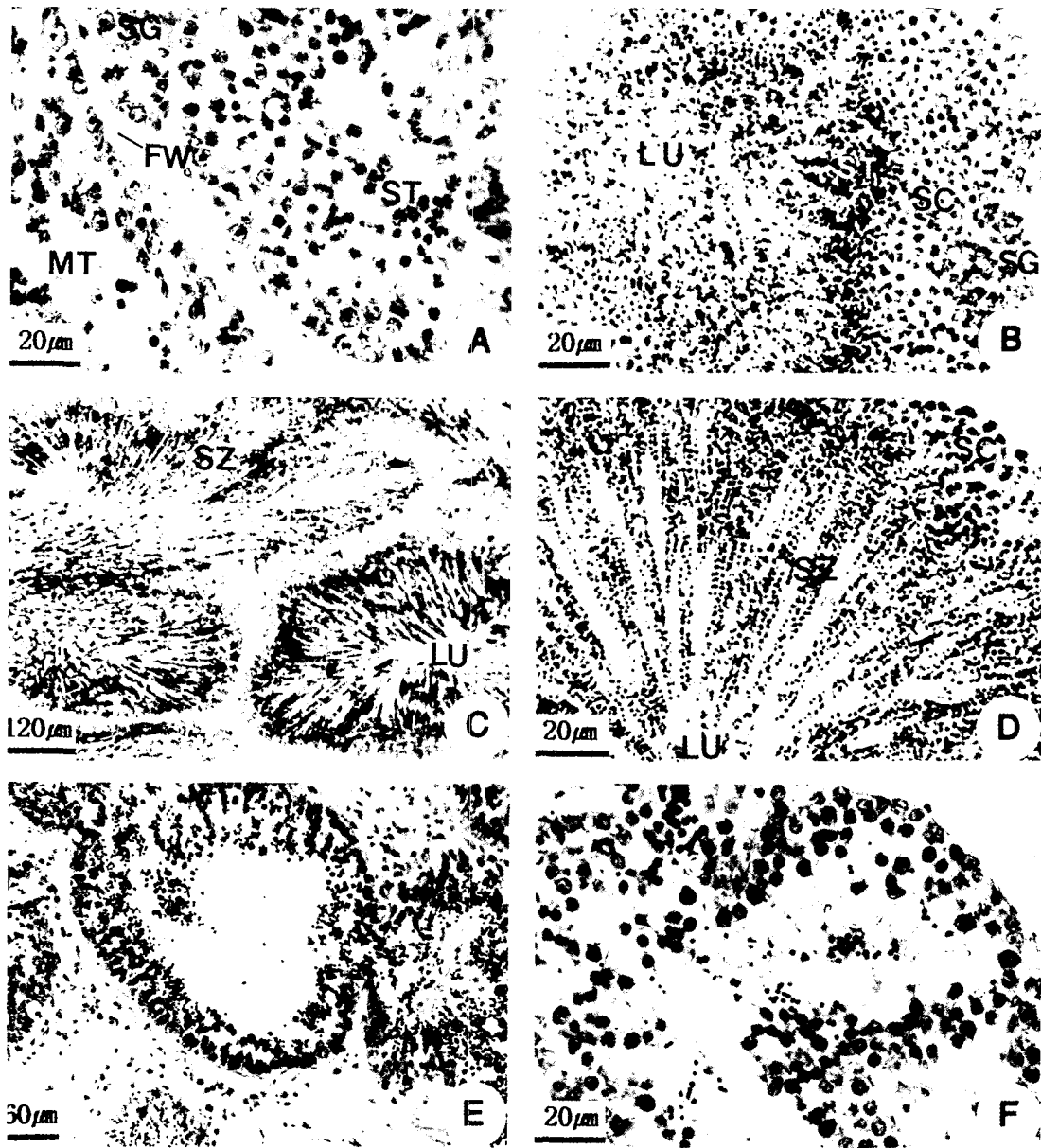


Fig. 2. Photomicrographs of gonadal phases of male *P. amurensis*. A, section of the follicle in the early active stage (November). Note proliferating small spermatogonia along the follicular wall, mesenchymal tissues, and eosinophilic granular cells. B, section of the follicle in the late active stage (February). Note numerous spermatogonia, spermatocytes, spermatids, and a few spermatozoa appeared in the lumen. C, section of the follicle in the ripe stage (April). Note the layers composed of spermatogonia, spermatocytes, spermatids, and spermatozoa. D, section of the same stage as above mentioned (August). Note a great number of spermatozoa in the center of the lumen. E, section of the follicle in the partially spawned stage (October). Note a number of undischarged spermatozoa in the lumina and spermatogonia on the follicular walls still remained in the follicles after spawning. F, section of the follicle in the recovery stage (November). Note undischarged spermatozoa, newly formed spermatogonia, mesenchymal tissues, and eosinophilic granular cells in the same follicle. Abbreviations: FW, follicular wall; GC, granular cell; LU, lumen; MT, mesenchymal tissue; SC, spermatocyte; SG, spermatogonia; ST, spermatid; SZ, spermatozoa; USZ, undischarged spermatozoa.

잡았다. 정자형성소낭에도 정원세포, 정모세포 및 정세포가 소낭의 내강을 향하여 여러 층으로 배열되면서 성장하는 시기이다. 후기 활성기에 있는 개체는 12월부터 이듬 해 4월까지 그리고 7월부터 9월까지 관찰할 수 있으나, 가장 왕성한 시기는 12월부터 이듬 해 2월까지이며, 7월과 8월에도 다수의 개체에서 볼 수 있었다.

완숙기 (Ripe stage)

난자형성소낭의 벽에는 극히 소수의 난원세포와 성장 중인 난모세포도 볼 수 있지만, 대부분의 난모세포들은 난병을 소실하고 소낭의 내강에 유리되므로, 소낭은 완숙란들로 가득 차게 되는 시기이다. 이 시기의 난소는 최대로 비후되었다. 정자형성소낭에도

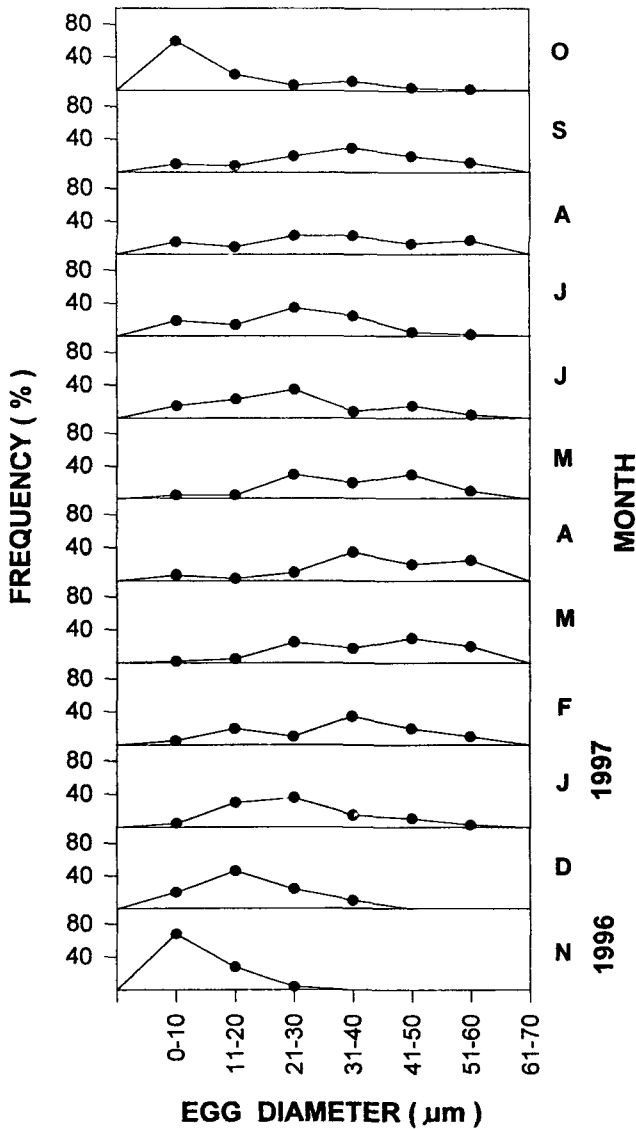


Fig. 3. Relative frequency distribution of the ovarian egg-diameter of *P. amurensis* from November 1996 to October 1997.

변태를 마친 정자들로 충만되지만, 소낭의 벽에는 소수의 정원세포와 다수의 정모세포 및 정세포들도 함께 존재하는 시기이며, 난소와 마찬가지로 정소도 최대로 비후되었다. 완숙기에 있는 개체는 11월부터 이듬해 1월까지를 제외한 모든 시기에 관찰할 수 있었지만, 가장 왕성한 시기는 3월과 4월이었으며, 8월과 9월에도 다수의 개체에서 볼 수 있었다.

부분 산란기 (Partially spawned stage)

난자형성소낭과 정자형성소낭에 충만되어 있던 완숙란과 변태를 완료한 정자들이 산란 및 방정되는 시기이다. 이 시기의 난자형성소낭에는 미방출란, 난원세포 및 성장 중인 난모세포도 일부 존재하며, 정자형성소낭에도 미방출정자, 정원세포, 정모세포 및 정세포가 일부 존재하였다. 부분 산란기에 있는 개체는 5월부터 7월까지, 그리고 9월과 10월에 다시 볼 수 있었으며, 가장 왕성한 시기는 5월, 6월 및 10월이었다.

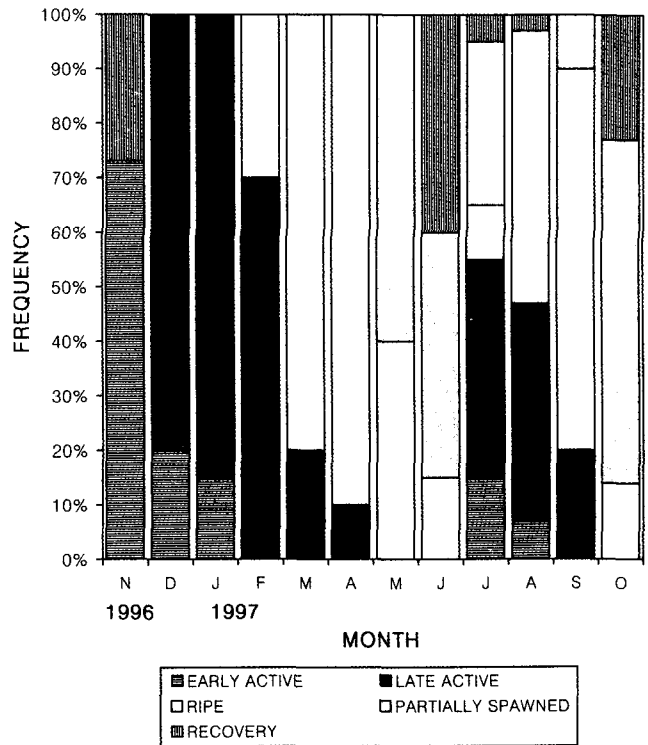


Fig. 4. Frequency of gonadal phases of *P. amurensis* from November 1996 to October 1997.

회복기 (Recovery stage)

산란을 거의 종료한 난자형성소낭에는, 퇴화, 흡수되는 난모세포와 동시에 새롭게 형성되는 난원세포, 호산성 과립세포 및 간층적으로 충만되는 시기이다. 정자형성소낭도 미방출정자와 새롭게 형성되는 정원세포, 호산성 과립세포 및 간층적으로 충만되는 시기이므로, 이 시기는 퇴화와 회복을 겸하고 있다. 이 시기는 6, 7, 8, 10 및 11월에 볼 수 있으며, 7월 및 8월에는 극히 일부의 개체에서 관찰할 수 있었다.

비만도와 수온의 월별변화

조사 기간동안의 비만도와 수온의 변화는 Fig. 5와 같았다. 비만도는 수온이 하강하는 10월에 3.01로 최저치를 나타낸 후 11월부터 서서히 증가하며, 수온이 증가하기 시작하는 2월 이후에는 빠르게 증가하여, 4월에는 5.21로 최고치에 달하였다. 제 1차 산란이 시작되는 5월에는 3.54로 급격하게 감소하였다가 추계 완숙기인 9월에 다시 4.63으로 증가한 후, 제 2차 주된 산란기인 10월에는 현저하게 감소하였다. 즉 비만도지수는 비교적 낮은 수치를 나타내는 2개의 group과 높은 수치를 나타내는 2개의 group으로 대별할 수 있었다. 수온은 2월에 2.33°C로 가장 낮았으며 이후 점차 상승하여 8월에는 26.36°C로 가장 높았다.

군성숙도

재생산에 참여하는 개체군의 크기를 알아보기 위하여, 1월부터 10월까지 압컷 142개체, 수컷 133개체의 생식소를 대상으로 조직 표본을 검경하여, 실제로 생식에 참여한 개체들의 각장별 크기를

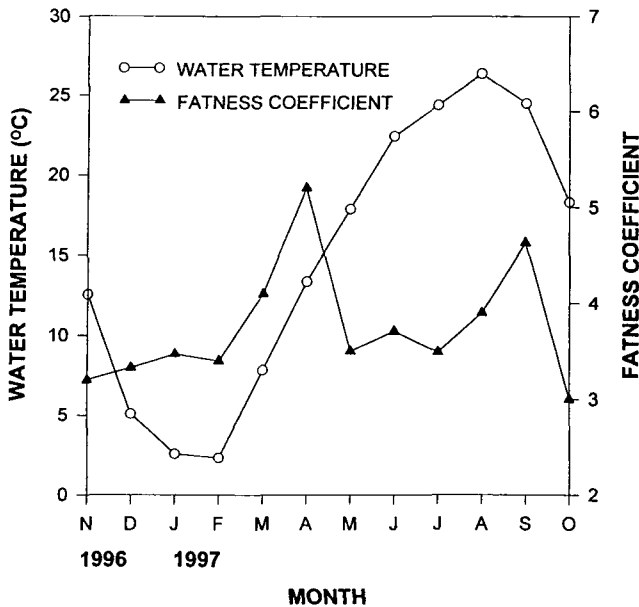


Fig. 5. Monthly changes of the condition factor of *P. amurensis* and the seawater temperatures from November 1996 to October 1997.

조사한 결과는 Table 1과 같았다. 각장 4.0 mm 이하의 개체는 암수 모두 생식에 참여하지 못하였고, 4.1~6.0 mm 크기의 개체는 암, 수 각각 30.8%와 33.3%의 비율로 생식에 참여하였다. 8.1~10.0 mm의 개체는 암, 수 각각 53.3%와 53.8%로, 군성숙도 50%를 넘고 있었으며, 각장 14.1 mm 이상의 개체들은 100% 재생산에 참여하고 있음을 알 수 있었다.

고찰

대부분의 해산 무척추동물은 체외수정을 하며, 이들의 생식은 계절적으로 일어난다고 알려져 있다 (Giese, 1959; Loosanoff, 1962; Kinne, 1963; Webber and Giese, 1969). 계화도조개의 경우 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 산란기 및 회복기 등 일련의 생식주기를 1년에 2회 거치는 것으로 보아, 연중 주기적으로 생식하는 종이라고 생각된다. 또한 Boolootian et al. (1962)은 해산 무척추동물의 산란습성을 3가지 유형 즉, 늦 가을부터 다음 해 봄 사이에 걸쳐 산란하는 동계 산란종 (winter breeders), 늦 봄부터 이른 가을 사이에 걸쳐 산란하는 하계 산란종 (summer breeders) 및 연중 산란하는 종 (year-round breeders)으로 구분하였다. 또한 이매패 중에는 연중 1회만 산란하는 종 (Lee, 1997a, b; Chung and Park, 1998)과 연중 2회 산란하는 종 (Ko, 1957; Chang and Lee, 1982)으로 구분할 수 있다. Ko (1957)는 바지락, *Tapes japonica*의 경우 년 중 2회 즉 봄 (4, 5월)과 가을 (10, 11월)에 각각 산란을 하는데, 봄에 산란한 개체의 생식세포형성소낭은 방출을 종료한 후 현저하게 위축되며, 소낭벽도 매우 얇아진다. 그러나 소낭은 곧 재차 비후되어, 별도로 신생된 소낭과 더불어 새로운 생식세포를 형성하지만, 봄에 산란한 개체의 소낭에 잔존하던 생식세포가 그대로 재차 성장하는 것은 아니라고 하였다. 또한 가

Table 1. The shell length of the first sexual maturity of *P. amurensis*

Shell length (mm)	Female			Male		
	Number of examined individuals	Number of matured individuals	Maturity (%)	Number of examined individuals	Number of matured individuals	Maturity (%)
2.1~ 4.0	12	0	0	13	0	0
4.1~ 6.0	13	4	30.8	15	5	33.3
6.1~ 8.0	15	6	40.0	12	5	41.7
8.1~10.0	15	8	53.3	13	7	53.8
10.1~12.0	17	13	76.5	16	12	75.0
12.1~14.0	14	13	92.9	15	13	86.7
14.1~16.0	13	13	100	12	12	100
16.1~18.0	16	16	100	10	10	100
18.1~20.0	14	14	100	14	14	100
20.1~22.0	13	13	100	13	13	100
Total	142			133		

을에 산란하는 개체들도 봄에 산란하는 것들과 유사한 양상을 나타내므로, 산란기와 다음 산란기의 중간 기간에는 생식세포의 형성은 일단 정지되고 다음 산란기를 위하여 소낭은 재생된다고 하였다. Chang and Lee (1982)는 새조개, *Fulvia mutica*의 경우, 조기 산란 (5월) 개체의 난자형성소낭은 별 수축없이 2~3개월의 여름 동안 제 2차 성숙을 하여, 다음 산란 (9, 10월)에 재차 참여한다고 하였다. 또한 북방대합, *Spisula sachalinensis*에서, 회복기의 생식세포형성소낭벽은 결합조직이 풍부하므로 그 두께는 방출종료기와 별 차이가 없다 (Takahashi and Yamamoto, 1970)고 보고하였으며, Kim (1969)도 개조개, *Saxidomus purpuratus*의 경우, 방출 후 소낭은 퇴화와 회복을 겸한다고 하였고, Kon et al. (1966)은 新潟 (38°N)에서 채집한 대수리, *Purpura clavigera*의 경우, 생식세포형성 특히 정자형성과정은 일년 내내 발견된다고 보고한 바 있다.

계화도조개도 5월부터 7월까지 (제 1차) 산란을 한 후 9, 10월 (제 2차)에 다시 산란을 하는 것으로 보아, 연중 2회 산란하는 종으로 생각된다. 제 1차 산란이 있는 후, 즉 5월에서 7월까지 산란한 개체의 생식세포형성소낭 내에 잔존하던 미방출란과 정자는 퇴화, 흡수되지만, 미발달된 생식세포를 가지는 기존의 소낭은 퇴화, 위축되지 않은 채, 이들 소낭은 높은 수온의 여름 동안 아주 빠르게 회복된다. 회복된 소낭의 벽에서 분열증식 중이던 난원 및 정원세포들은 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 및 산란기까지 아주 빠르게 성장을 계속하여 그대로 제 2차 산란에 참여한다. 특히 7월에 산란을 완료한 개체는 8월의 아주 높은 수온 (26.36°C)으로 인하여, 회복기 등 일련의 과정을 불과 1~2개월 동안 아주 빠르게 진행시키면서 제 2차 산란에 참여하는 것으로 생각된다. 한편 제 2차 산란이 있는 후, 즉 9월에서 10월까지 산란한 개체의 소낭 내에 잔존하던 미방출란과 정자는 퇴화, 흡수되며, 소낭은 겨울 동안의 낮은 수온 때문에 느리게 회복되므로, 생식세포의 형성도 비교적 느리지만, 수온 상승이 시작되는 3월부터 빠르게 성장하여 제 1차 산란 후 생식세포형성소낭 내에 잔존하던 미방출란과 정자

는 퇴화, 흡수되지만, 기존의 소낭은 퇴화되지 않고 빠르게 회복되면서 새로운 생식세포가 형성되는 방법 (Chang and Lee, 1982)과, 제 2차 산란 후 기존의 소낭은 위축되고, 느린 회복기를 거치면서 새로운 소낭을 형성하므로써 생식세포가 형성되는 방법 (Ko, 1957)이 있다고 사료된다.

해산 패류 중에는 방란, 방정 후 생식소가 휴지기로 들어가므로 생식세포를 찾아 볼 수 없는 종류도 있지만 (Orton et al., 1956; Loosanoff, 1962), 전복류 (Webber and Giese, 1969; Young and Demartini, 1970; Shepherd and Laws, 1974; Hayashi, 1980)와 오분자기 (Lee and Lee, 1982)는 휴지기가 없이 방란, 방정 후 즉시 배우자형성을 시작한다고 보고한 바 있다. 본 종도 방란, 방정 후 곧 회복기로 들어가므로 연중 생식세포의 발달이 계속되고 있었다.

생식소 및 생식세포의 발달에 관여하는 것으로, Kon et al. (1966)은 대수리, *Purpura clavigera*에서 K 세포, Chatlymne (1969)은 성게, *Strongylocentrotus purpuratus*에서 호산성 과립세포인 nutritive phagocyte, Takahashi and Takano (1970)는 북방대합, *Spi-sula sachalinensis*에서 체세포, Kwon et al. (1987)은 재첩, *Corbicula fluminea*에서 eosin에 황색으로 염색되는 과립세포, Chung et al. (1994)은 바지락, *Ruditapes philippinarum*에서, Lee (1997b)는 백합, *Meretrix lusoria*에서 간충직과 호산성 과립세포가 영양에 관여한다고 밝힌 바 있다. 계화도조개의 경우도 생식세포의 형성 초기에 간충직과 호산성 과립세포들이 풍부하게 나타나다가, 생식소 및 생식세포의 성장과 더불어 점차 사라지는 것으로 보아, 이들 세포가 일종의 영양세포라고 생각된다.

비만도의 월별변화는 완숙기의 개체가 출현하는 2월과 8월 이후에 급속하게 증가하여 대부분의 개체가 완숙란으로 이루어진 4월과 9월 2차례 최고치를 나타내다가 산란기가 시작되는 5월과 10월부터 급속하게 감소한다. 이는 생식소의 발달과 더불어 비만도는 증가하며 (Chang and Lee, 1982), 산란 후에는 비만도가 떨어진다 (Matsuoka et al., 1968)는 연구결과와 거의 일치 하였다. 따라서 비만도의 월별변화는 생식소를 조직학적으로 관찰한 생식주기와 잘 일치하였다.

요 약

1996년 11월부터 1997년 10월까지 전북 부안군 문포 앞바다의 갯벌에서 채집된 계화도조개, *P. amurensis*를 재료로하여, 그들의 생식소발달과정, 생식세포형성과정, 생식주기, 난경의 월별변화, 비만도 및 군성속도 등을 조직학적으로 조사하였다.

계화도조개는 자웅이체이며 난생이다. 난소와 정소는 각각 수많은 난자형성소낭과 정자형성소낭으로 구성되어 있었다. 소낭에는 간충직과 호산성 과립세포들이 들어 있는데, 이들은 초기 생식세포의 형성과 발달에 영양을 공급하는 영양세포로 생각된다. 분열증식 중인 초기 활성기의 난원세포는 9~12 μm로서 6 μm 내외의 크고 뚜렷한 핵과 호염기성 단일 인을 가지고 있었다. 직경 30~32 μm로 성장한 난모세포는 난병을 소낭벽에 부착한 채 소낭의 내강을 향해 긴 타원형으로 성장하였다. 난모세포가 43~45 μm로 성장하면 소낭벽으로부터 유리되며, 완숙란의 크기는 50~

60 μm이었다. 정자형성소낭의 벽에는 정원, 정모, 정세포 및 완숙정자 순으로 층상배열을 하며 성숙되었다.

생식소의 발달, 생식세포형성과정, 난경의 월별변화, 조직분화과정 및 세포학적 특성에 따라, 생식주기를 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 부분 산란기 및 회복기 등으로 구분할 수 있었다. 산란기는 5~7월과 9~10월 사이이며, 주산란은 수온이 18℃ 이상인 5~6 및 10월에 2차례 일어났다. 비만도지수의 월별변화는 생식주기와 밀접한 관계가 있었다. 군성속도가 50%를 넘는 개체는 암, 수 모두 가장 8.1~10.0 mm인 개체들로 조사되었다.

생식세포형성은 두 가지 방법 즉 1. 산란 후, 생식세포형성소낭 내에 잔존하던 미방출란과 미방출정자는 퇴화, 흡수되지만 기존의 소낭은 크게 위축되지 않고, 2~3개월 동안 (특히 여름)에 곧 회복되면서 새로운 생식세포형성에 참가하는 방법, 2. 산란 후 기존의 각 소낭은 위축되고 새로운 소낭의 형성과 더불어 새로운 생식세포가 형성되는 방법이 있다고 생각되었다.

참 고 문 헌

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

Chang, Y.J. and T.Y. Lee. 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). Bull. Korean Fish. Soc., 15, 241~253.

Chatlymne, L.G. 1969. A histochemical study of oogenesis in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. Biol. Bull., 136, 167~184.

Chung, E.Y. and G.M. Park. 1998. Ultrastructural study of spermatogenesis and reproductive cycle of male razor clam, *Solen grandis* on the West Coast of Korea. Dev. Reprod., 2, 101~109.

Chung, E.Y., D.K. Ryou and J.H. Lee. 1994. Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. Korean J. Malacol., 10, 38~54.

Giese, A.C. 1959. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21, 547~576.

Hayashi, I. 1980. Reproductive biology of the ormer, *Haliotis tuberculata*. J. Mar. Biol. Asso. U. K., 60, 415~430.

Kim, A.Y. 1969. Studies on the gametogenesis and breeding season of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll., 2, 27~36 (in Korean).

Kinne, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature. Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev., 1, 301~340.

Ko, Y. 1957. Some histological notes on the gonads of *Tapes japonica* Deshayes. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23, 394~399 (in Japanese).

Kon, T., Y. Honma and S. Murakawa. 1966. Studies on the maturity of gonad in some marine invertebrates-I. Seasonal Changes in the gonads of prosobranch mollusc, *Purpura (Mancinella) clavigera*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32, 484~491 (in Japanese).

Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured shells of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, pp. 224 and 384~385 (in Korean).

Kwon, O.K., J.S. Lee and G.M. Park. 1987. The studies on the mollusks in the Lake Uiam (7)-A study on the gonadal tissues

- demibranchs of *Corbicula fluminea* (Palaeoheterodonta: Corbiculidae)- Kor. J. Lim., 20, 30~38 (in Korean).
- Lee, J.H. 1997a. Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). Korean J. Malacol., 13, 55~64 (in Korean).
- Lee, J.H. 1997b. Histological studies on the gametogenesis and reproductive cycle of the hard clam, *Meretrix lusoria*. Korean J. Malacol., 13, 131~141.
- Lee, J.J. and C.K. Lee. 1982. Gametogenesis, reproductive cycle and inducing spawning of the abalone, *Sulculus diversicolor aquatilis* (Reeve). Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Jeju Nat. Univ., 6, 9~25 (in Korean).
- Loosanoff, V.L. 1962. Gametogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis* in waters of Maine. Biol. Bull., 122, 86~95.
- Matsuoka, Y., S. Tanaka and T. Ikuta. 1968. Technical study on seed production of *Fulvia mutica*. Cont. Fish. Stn. Kyoto Prefec., 31, 13~27 (in Japanese).
- Orton, J.H., A.J. Southward and J.M. Dodd. 1956. Studies on the biology of limpets 11. The breeding of *Patella vulgata* in Britain. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 35, 149~176.
- 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.
- Shepherd, S.A. and H.M. Laws. 1974. Studies on Australian abalone (Genus *Haliotis*) II. Reproduction of five species. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 25, 49~62.
- Takahashi, N. and K. Takano. 1970. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*-I. Seasonal changes in the testis. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36, 337~344 (in Japanese).
- Takahashi, N. and K. Yamamoto. 1970. Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam, *Spisula sachalinensis*-II. Seasonal changes in the ovary. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36, 345~352 (in Japanese).
- Webber, H.H. and A.C. Giese. 1969. Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropoda: Prosobranchiata). Mar. Biol., 4, 152~159.
- Yoo, J.S. 1976. Korean shells in colour. Iljisa, Seoul, pp. 142~143 (in Korean).
- Young, J.S. and J.D. Demartini. 1970. The reproductive cycle, gonadal histology, and gametogenesis of the red abalone, *Haliotis rufescens* (Swainson). Calif. Fish. and Game, 56, 298~309.

1999년 4월 9일 접수

1999년 9월 13일 수리