

눈알고둥 (*Lunella coronata coreensis*)의 성 성숙

이 주 하
전주대학교 생명과학부

Sexual Maturation of the Turban Shell, *Lunella coronata coreensis* (Gastropoda: Turbinidae), on the West Coast of Korea

Ju Ha LEE

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

Gonadal development, gametogenesis, reproductive cycle, gonad index, flesh weight rate, and first sexual maturity of the turban shell, *Lunella coronata coreensis* were investigated by histological observation. The materials used were collected monthly from the rocky intertidal zone of Daehang-ri, Buan-gun, Jeollabuk-do, on the west coast of Korea, from July 1998 to June 1999. Sex of *L. coronata coreensis* was separate. The gonad was widely located in the spirals of the visceral mass buried in the digestive gland. The ovary and testis were composed of a number of oogenic follicles and spermatogenic follicles, respectively. Monthly variations in the gonad index increased from March (23.86 ± 3.73) when the water temperature increased and reached the maximum in July (49.76 ± 6.47). And then, the gonad index sharply decreased in September (15.58 ± 2.33). The flesh weight rate ranged from 25.2% to 32.1%, and its variation showed a similar pattern to the gonad index. Individuals <5.9 mm in shell height could not take part in reproduction in both sexes. Percentages of first sexual maturity of female and male specimens ranging from 7.0~7.9 mm in shell heights were 84.6% and 91.7%, respectively, and 100% in those over 8.0 mm in shell height in both sexes took part in reproduction. By studying the monthly changes of the morphological features and sizes of germ cells during gametogenesis in the gonad, the reproductive cycle of this species could be divided into five successive stages: early active (December to April), late active (January to July), ripe (May to August), spawning (July to September), and recovery (September to March). The spawning period of this species was once a year between July and September, and the main spawning occurred in July when the seawater temperature reached above 24.8°C. The fully ripe eggs were 150~160 μm in diameter.

Key words: *Lunella coronata coreensis*, Gonadal development, Reproductive cycle, First sexual maturity

서 론

눈알고둥 (*Lunella coronata coreensis*)은 원시복족목 (Archaeogastropoda) 소라과 (Turbinidae)에 속한다. 소라과에 관한 연구는 생식주기 및 생식소성숙 (Lee, 1980; Yamamoto and Yamakawa, 1985), 성장과 생존 (Yoshiya et al., 1986), 근육의 미세구조와 단백질조성 (Watabe et al., 1986), 식성 (Yoshiya et al., 1987a), 치패의 성장에 미치는 환경조건 (Yoshiya et al., 1987b), 중금속 축적 (Ikuta, 1987) 등 주로 소라, *Turbo (Batillus) cornutus*에 관한 연구가 대부분이다. 한편, 우리나라의 남서해안 및 일본 연안의 조간대 암반이나 돌 밑에 서식하는 눈알고둥의 뚜껑 (operculum)은 석회질이고 반구형이며 외면은 둥글고 미세한 과립이 분포하지만 내면은 오목하다. 이들은 식용되며 각피의 표면에는 작은 과립이 있고 녹조류가 붙어 있다 (Kwon et al., 1993). 이와 같이 눈알고둥에 관한 연구는 분류 및 분포 (Lee, 1956; Kwon et al., 1993), 패류의 분포와 군집구조 (Lee, 1991; Lee and Hyun, 1991; Lee and Kim, 1993), 연체동물의 우리말 이름 (Je, 1989), 해양동물의 지방명 (Lee and Baek, 1982)에 관한 연구 등이 있을 뿐, 이들의 성 성숙 및 생식주기에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환경오염 등으로 인하여 점차 개체수가 감소하고 있으며 우리나라 서해안에 서식하는 눈알고둥의 자원보전, 남획되지 말아야 할 개체의 크기 추정 및 생식생물학적 기초자료를 얻기 위하여, 생식세포형성과정, 생식주기 및 균성숙도 등을

조직학적 방법으로 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1998년 7월부터 1999년 6월까지 전라북도 부안군 대항리 앞바다의 조간대 바위에서 채집하였다 (Fig. 1). 매월 1~2회씩 채집된 재료는 vernier caliper를 이용하여 각고와 각폭을 0.1 mm까지 계측하였으며, 전자저울을 이용하여 총중량, 육중량 (flesh weight: FW) 및 각중량 (shell weight: SW)을 0.01 g까지 측정 한 후, 다음 식에 의하여 육중량비 (flesh weight rate: FWR)를 구하였다 (Momoyama and Iwamoto, 1979).

$$FWR (\%) = \frac{FW (g)}{FW (g) + SW (g)} \times 100$$

생식소의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여, 생식소의 선단부를 절취하여 Bouin용액에 24시간 고정 한 후, alcohol과정을 통하여 탈수 시키고 paraffin 포매과정을 거쳐 5~6 μm의 두께로 연속절편을 만들었다. 절편은 Bohmer's haematoxylin과 1%의 alcoholic eosin으로 이중염색한 다음 광학현미경으로 관찰하였으며, 일반적으로 사용되고 있는 다음 식에 의하여 생식소발달단계의 월별 출현빈도 (frequency: F)를 구하였다.

$$F (\%) = \frac{\text{생식소발달의 각 단계}}{\text{총 생식소발달단계}} \times 100$$

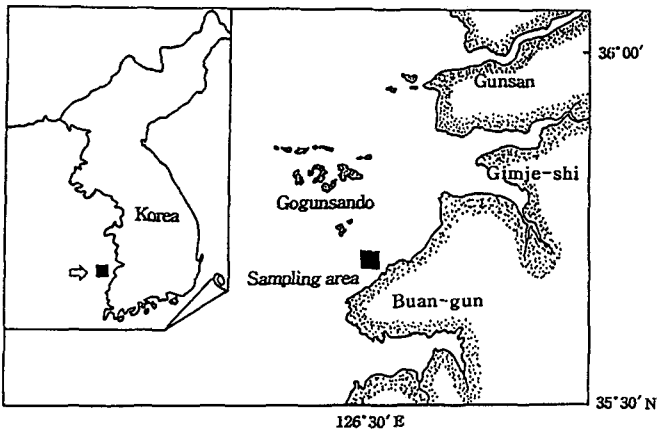


Fig. 1. Map showing the sampling area.

생식소의 선단으로부터 후단의 위맹낭 (stomachal caecum)까지 3등분한 후 (Fig. 2), 다음 식에 의하여 생식소지수 (gonad index: GI)를 구하였다 (Yamamoto and Yamakawa, 1985).

$$GI = \frac{\text{생식소의 직경}}{\text{횡단면적의 총직경}} \times 100$$

군성숙도는 6~8월에 각고 3.0~11.9 mm 범위의 183개체를 대상으로 하여 조직학적으로 조사하였다.

결 과

생식소의 구조

눈알고둥, *Lunella coronata coreensis*는 자용이체로서 생식소는 패각 내 나선상 육질부의 뒤쪽에 있는 간장의 표면에 위치하였다. 생식소가 성숙함에 따라 그 두께는 두꺼워지며, 암컷은 녹색 또는 녹갈색, 수컷은 황백색 또는 유백색을 나타내므로 외관상 암수를 쉽게 구별할 수 있었다. 그러나 방란·방정 후의 생식소는 위축된 상태로, 간장과 거의 비슷한 농갈색을 나타내므로 외관상 암수를 구별할 수 없었다.

난자형성

12월부터 이듬해 4월까지의 난소는 수 많은 난자형성소엽 (oogenic follicle)으로 구성되어 있고, 난원세포들이 난자형성소엽벽에서 활발하게 분열증식하고 있었다. 구형인 난원세포의 직경은 9~10 μm이며 세포질이 매우 빈약하므로, 중앙에 강한 호염기성 반응을 나타내는 인을 가진 핵 (직경 5~6 μm)이 세포의 대부분을 차지하고 있었다. 난자형성소엽의 내강과 벽에는 간충직과 호산성 과립세포들이 나타나지만 난소의 발달과 더불어 그 수가 점차 감소되었다. 초기 발달 중인 난모세포 (직경 25~30 μm)는 난병 (egg stalk)을 형성하면서 소엽의 중앙 내강을 행하여 발달하며, 세포질에는 난황과립이 다소 나타나기 시작하였다 (Fig. 3A).

1월에서 7월까지의 난소의 발달과 더불어 소엽도 신장되며, 소엽벽에 난병을 부착한 채 성장·발달 중이던 초기 난모세포들은 현저하게 세포질을 증가시키면서 서양배 모양으로 소엽의 중앙

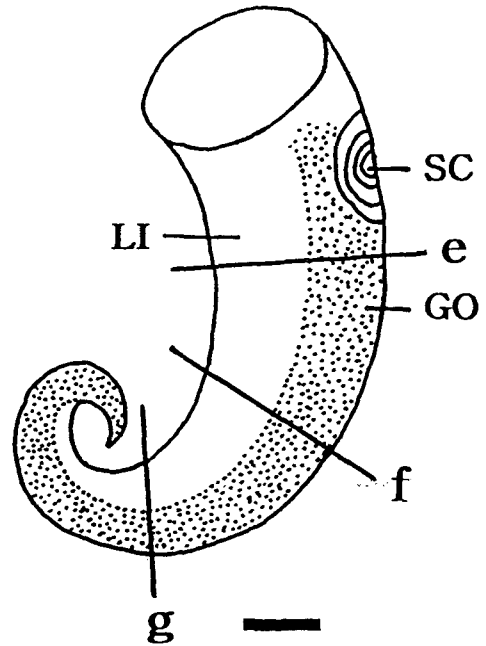


Fig. 2. Posterior appendage showing the gonad and adjacent regions of the turban shell, *Lunella coronata coreensis*. Symbols e, f and g denote the sections for measurement of the gonad index. These three sections were spaced equally. GO, gonad; LI, liver; SC, stomachal caecum. Scale bar=3 mm.

내강을 향하여 더욱 돌출하였다. 70~80 μm로 발달한 난모세포의 핵은 난병의 반대쪽으로 이동되었으며, 핵의 중심부에는 haematoxylin에 진하게 염색되는 인을 관찰할 수 있었다 (Fig. 3B). 소엽 내에 있는 대부분의 난모세포들은 소엽벽에 부착되어 있지만 빠르게 성장한 일부 난모세포는 난병을 소실하고 중앙 내강으로 유리되었다.

5월에서 8월까지, 직경 150~160 μm의 완숙란들이 난소의 난자형성소엽 내강을 가득 채우며, 소엽벽과 외측 근섬유막은 가장 얇아 지지만, 소엽의 단면적은 가장 넓어졌다. 소엽벽에는 소수의 난원세포, 초기 발달 중인 난모세포 및 후기 발달 중인 난모세포도 존재하지만 과립세포와 간충직은 현저하게 감소하였다 (Fig. 3C). 완숙란의 세포질은 수 많은 난황과립으로 가득 채워지며, 난막의 외측은 젤라틴질로 얇게 피막되어 있었다. 완숙란의 중앙에는 커다란 난핵포 (직경 50~60 μm)가 있으며, 그 속에는 망상 혹은 괴상의 염색질과 호염기성 반응을 강하게 나타내는 인 (직경 15~20 μm)을 볼 수 있었다 (Fig. 3D).

7월에서 9월까지, 난자형성소엽 내에 있던 완숙란들이 체외로 방출되면서 소엽은 점차 빈 공간이 많아지며, 일부 성장 중인 난모세포와 퇴화 중인 난모세포도 함께 관찰할 수 있었다 (Fig. 3E). 방란 후, 난소의 외측 근섬유막은 다시 비후하고 난자형성소엽벽에는 새로운 난원세포가 분열증식하면서 난소는 그 기능을 점차 회복하였다 (Fig. 3F).

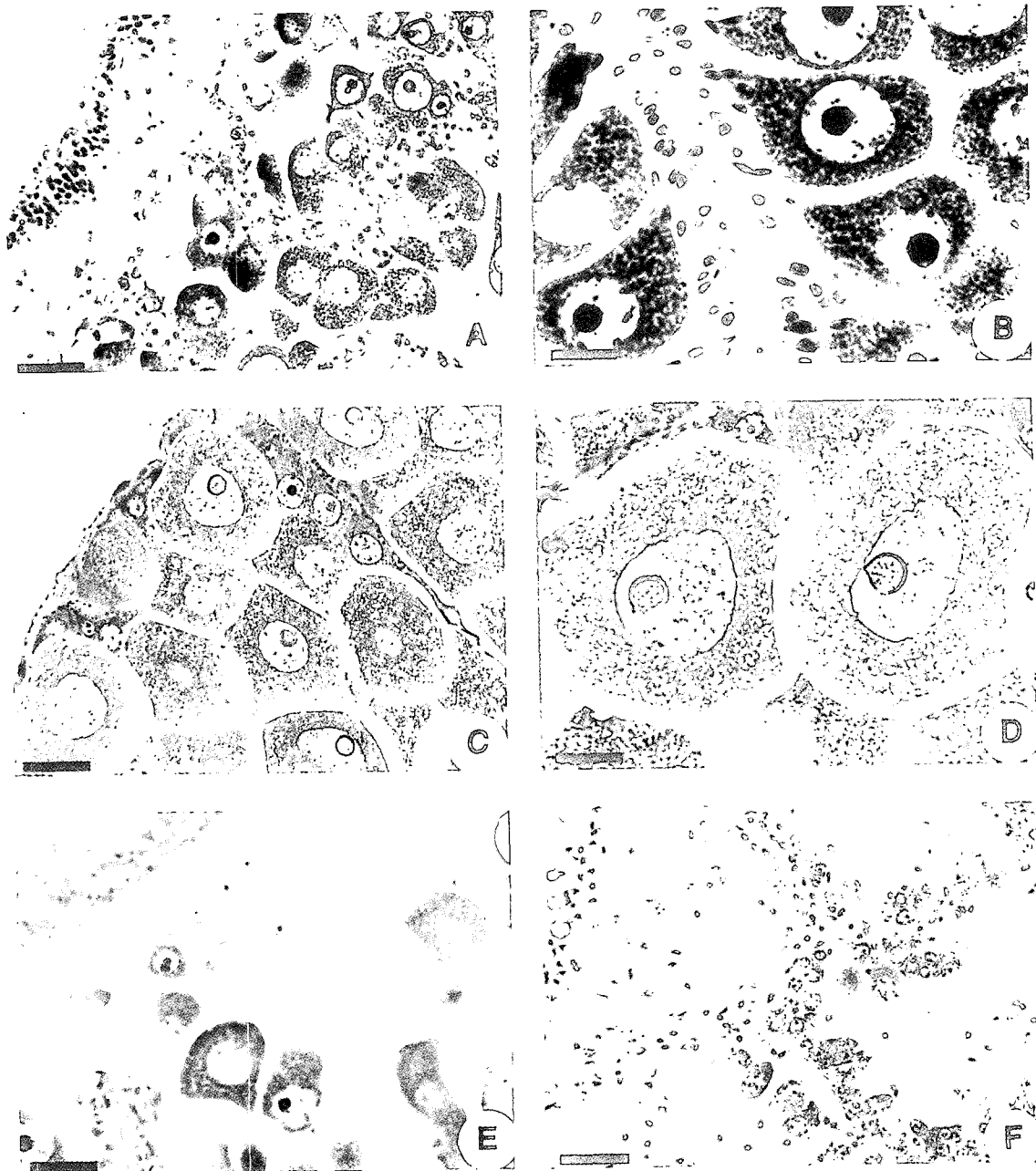


Fig. 3. Photomicrographs of gonadal phases of female turban shell, *Lunella coronata coreensis*. A, section of the oogenic follicles in the early active stage collected in February, scale bar=40 μm ; B, section of the oocytes in the late active stage collected in April, scale bar=20 μm ; C, section of the ripe oocytes in the ripe stage collected in June, scale bar=80 μm ; D, section of the fully ripe oocytes in the ripe stage collected in August, scale bar=40 μm ; E, section of the follicles in the spawning stage collected in September, scale bar=40 μm ; F, section of the follicles in the recovery stage collected in November, scale bar=40 μm .

정자형성

내측의 간장과 외측의 근섬유막 사이에 존재하는 정소는 수 많은 정자형성소낭 (spermatogenic follicle)들로 구성되어 있었다. 12월부터 다음해 4월까지, 정소 내의 소낭벽에는 정원세포가 활발하게 분열증식하며, 호산성 과립세포와 간층직도 관찰할 수 있었다. 난원세포와 같이, 정원세포 (직경 7~8 μm)도 세포질에 비하여

비교적 큰 핵 (직경 5~6 μm)을 가지며, 핵 내의 염색질은 과립상으로 분포하고 있었다 (Fig. 4A).

1월에서 7월까지, 정자형성소낭 내에는 정원세포, 정모세포, 정세포들이 층을 이루듯이 배열되어 있으며, 외측의 근섬유막과 소낭벽은 점차 얇아졌다 (Fig. 4B).

5월에서 8월까지의 성숙한 정자형성소낭은 변태를 마친 정자들

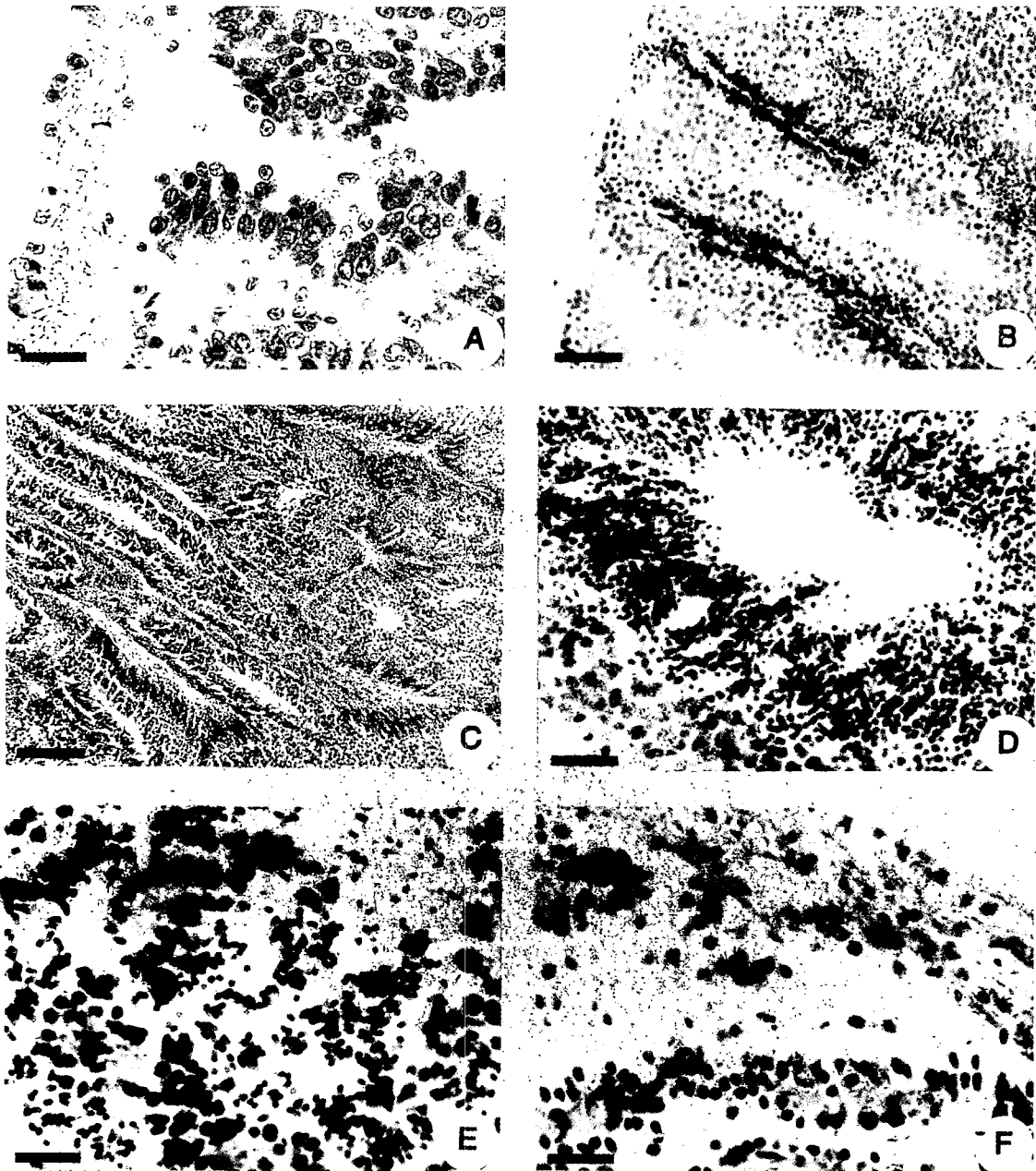


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal phases of male turban shell, *Lunella coronata coreensis*. A, section of the spermatogenic follicles in the early active stage collected in January, scale bar=20 μm ; B, section of the follicles in the late active stage collected in March, scale bar=40 μm ; C and D, sections of the follicles in the ripe stage collected in June and July, respectively, scale bar=80 μm (C) and 20 μm (D); E, section of the follicles in the spawning stage collected in September, scale bar=20 μm ; F, section of the follicles in the recovery stage collected in December, scale bar=20 μm .

로 가득차며 정원세포, 정모세포 및 정세포의 수는 감소하였다 (Figs. 4C and D). 완숙한 정소의 외측 근섬유막과 소낭벽은 가장 얇아지는 반면, 정소의 두께는 가장 두꺼워 졌다.

7월에 집어 들면서, 정자의 방출은 정자형성소낭의 중앙 내강에서부터 일어나며, 소낭의 중앙 내강에 충만되어 있던 대부분의 정자들이 체외로 방출되므로 내강에는 빈 공간이 생겨나지만, 일부

미방출 정자도 여전히 관찰할 수 있었다 (Fig. 4E).

방정이 일어난 후, 9월의 정자형성소낭 내에는 일부 미방출 정자가 여전히 존재하지만, 정소는 다시 회복되면서 정소의 외측 근섬유막도 재차 두꺼워 졌다. 소낭벽에는 새로운 정원세포가 분열 증식하고 있으며, 호산성 과립세포와 간충직도 점차 풍부하게 나타났다 (Fig. 4F).

생식소지수와 육중량비

매월 채집된 개체들의 월별 생식소지수와 육중량의 변화는 Fig. 5와 같았다. 생식소지수는 3월 이후부터 점차 증가하기 시작하여 7월에 49.76±6.47로 최고치를 나타낸 후, 급격히 감소하여 10월에는 가장 낮은 14.59±3.46을 나타내었고, 그 이후는 다시 증가하기 시작하였다. 한편 육중량비도 생식소지수와 유사한 양상을 나타내는데, 2월에 27.1±1.4%이던 것이 점차 증가하기 시작하여 7월에는 32.1±2.3%로 최고치를 나타낸 후, 8월에는 급격히 감소하여 27.1±1.1%를 나타내었으며, 10월에 25.2±1.5%로 조사기간 중 가장 낮은 수치를 나타낸 후 점차 증가하기 시작하였다.

군성속도

각고의 크기에 따른 군성속도를 알아보기 위하여, 성숙 및 산란기로 추정되는 6월부터 8월까지 각고 3.0~11.9 mm 범위에 속하는 눈알고둥 183개체 (암컷 94, 수컷 89)의 생식소를 조직학적으로 관찰한 결과는 Table 1과 같았다. 각고 5.9 mm 이하의 개체군에서는 성적으로 성숙한 개체를 전혀 관찰할 수 없었으며, 6.0~6.9 mm의 개체군에서는 암수 각각 35.7%와 38.5%의 비율로 성숙하였다. 그러나 각고 7.0~7.9 mm의 개체군은 암수 각각 84.6%와 91.7%, 8.0 mm 이상의 개체군은 100%가 성숙하였으므로, 군성속도 50%를 넘는 각고는 7.0 mm이었다.

생식주기

난소 및 정소의 발달과정과 생식세포형성과정을 조직학적으로 조사한 결과, 눈알고둥의 생식주기는 Fig. 6과 같이 연속적인 5단계로 구분 할 수 있었다.

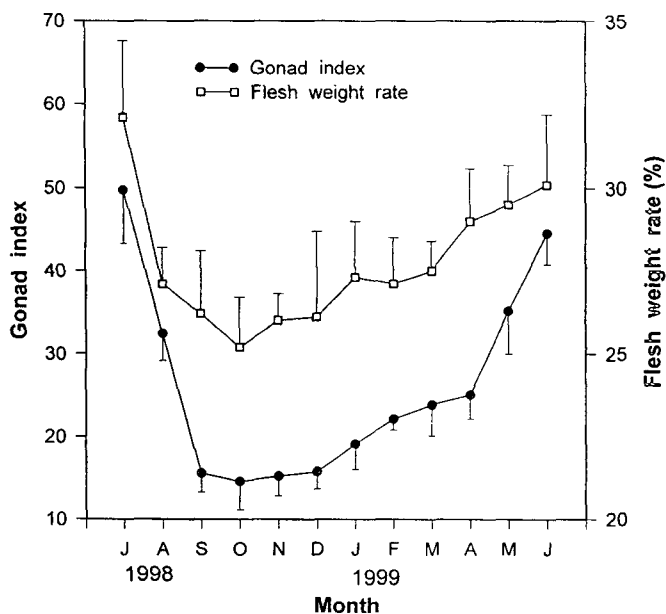


Fig. 5. Monthly changes in the gonad index and flesh weight rate of the turban shell, *Lunella coronata corensis*. Vertical bar denotes a standard deviation about mean.

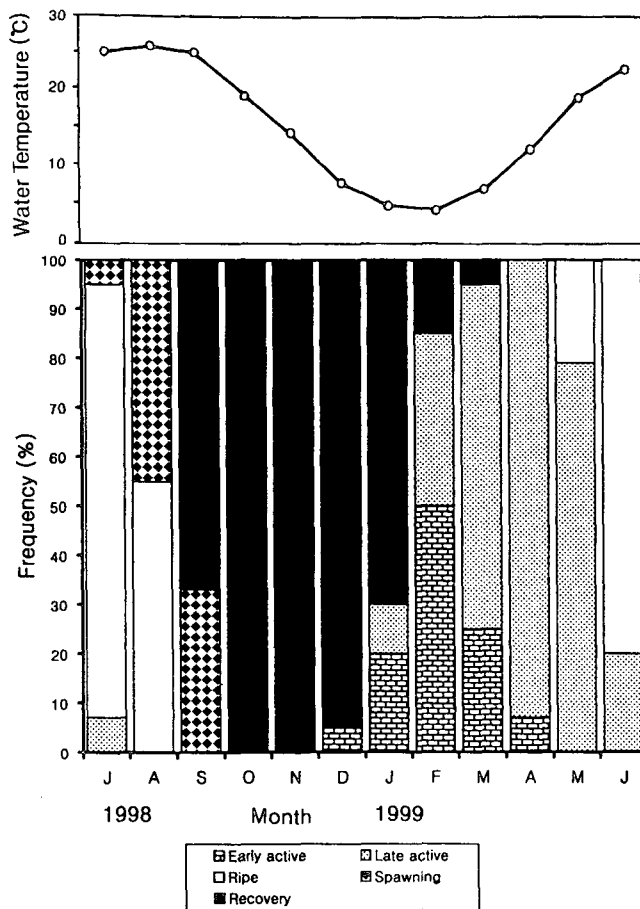


Fig. 6. Frequency of gonadal phases of the turban shell, *Lunella coronata corensis* and monthly changes in the mean seawater temperature from July 1998 to June 1999.

초기 활성화기

난소의 난자형성소엽벽과 정소의 정자형성소낭벽에서 난원세포와 정원세포가 활발하게 분열증식하는 시기로서, 12월부터 이듬해 4월까지 볼 수 있으며 가장 왕성한 시기인 2월은 50%의 출현빈도를 나타내었다. 따라서 방란·방정이 일어난 생식소는 휴지기가 없이 회복가를 거친 후, 새로운 생식세포를 형성하는 초기 활성화기로 이어졌다.

후기 활성화기

암컷의 경우, 난자형성소엽벽에서 분열증식하던 난원세포들은, 세포질에 난황과립을 많이 축적하면서 소엽벽에 난병을 부착한 채 성장하는 시기이다. 일부 빠르게 성장한 난모세포는 난병을 소실하고 소엽의 내강으로 유리된다. 수컷의 경우, 정자형성소낭벽에서 분열증식하던 정원세포들도 정모세포와 정세포로 성장하는 시기이다. 이 시기는 1월부터 7월까지 관찰할 수 있으며 가장 왕성한 4월에는 93%의 출현빈도를 나타내었다.

완숙기

암컷의 경우, 난자형성소엽의 내강은 난병을 소실하고 유리된

Table 1. Shell height of first sexual maturity of *Lunella coronata coreensis* during the ripe and spawning periods from June to August

Shell height (mm)	Female			Male		
	No. of individuals examined	No. of individuals matured	Maturity (%)	No. of individuals examined	No. of individuals matured	Maturity (%)
3.0~ 3.9	9	0	0	10	0	0
4.0~ 4.9	12	0	0	11	0	0
5.0~ 5.9	11	0	0	10	0	0
6.0~ 6.9	14	5	35.7	13	5	38.5
7.0~ 7.9	13	11	84.6	12	11	91.7
8.0~ 8.9	13	13	100	11	11	100
9.0~ 9.9	7	7	100	7	7	100
10.0~10.9	7	7	100	8	8	100
11.0~11.9	8	8	100	7	7	100
Total	94	51		89	49	

완숙란들로 가득차지만 일부 성장 중인 난모세포도 함께 관찰되는 시기이다. 난소는 이 시기에 최대로 비후 되었다. 수컷의 경우, 정자형성소낭의 내강도 변태를 마친 정자들로 가득차지만 성장 중인 정모세포와 정세포도 함께 관찰할 수 있는 시기이다. 난소와 마찬가지로 정소도 연중 최대로 비후 되었다. 이 시기는 수온이 18°C 이상되는 5월부터 8월까지 관찰할 수 있으며 가장 왕성한 시기는 7월로서 출현빈도가 88%이었다.

산란기

난자형성소엽과 정자형성소낭의 내강을 가득 채우고 있던 완숙란과 정자들이 대부분 체외로 방출되는 시기이지만, 일부 성장 중인 난모세포와 미방출란, 성장 중인 정모세포, 정세포 및 미방출 정자도 함께 관찰할 수 있는 시기이다. 이 시기는 7월부터 9월까지 계속되지만 가장 왕성한 시기는 8월로서 45%의 출현빈도를 나타내었다.

회복기

암컷의 경우, 난자형성소엽에는 퇴화 흡수되는 미방출란과 새롭게 형성되는 난원세포, 간충직 및 eosin에 염색되는 과립세포들이 함께 관찰되는 시기이다. 수컷의 경우, 정자형성소낭에도 퇴화 흡수되는 미방출 정자와 새롭게 형성되는 정원세포, 간충직 및 과립세포들이 함께 관찰되는 시기이므로, 이 시기에는 퇴화와 회복이 동시에 일어나고 있다. 이 시기는 9월부터 이듬해 3월까지 관찰되지만 10월과 11월에는 100%의 개체가 회복기에 있었다.

고 찰

해산 연체동물의 생식소 발달과 성숙, 배우자형성 및 생식주기는 외적 환경요인과 내적 요인에 의하여 조절되는 것으로 알려져 있다. 외적 환경요인으로는 수온이 가장 많이 논의되고 있으며 (Brousseau, 1995; Lee, 1999a, b), 먹이 (Jara-millo and Navarro, 1995), 광주성 (Webber and Giese, 1969), 지리적 위치 (Giovani and Diana, 1994) 등이 알려져 있고, 내적 조절요인으로는 내분비계 (Euler and Heller, 1963)가 알려져 있다. 소라, *Turbo cornutus*는

수온이 높은 7~8월에 성숙 개체가 관찰되며 (Lee, 1980), 대수리, *Reishia clavigera*의 경우도 6~7월에 성숙 개체가 가장 많이 관찰된다 (Lee, 1999a). 그러나 Yamamoto and Yamakawa (1985)는 수온 상승이 소라의 성 성숙에 관계하지는 않지만 높은 수온과 성 성숙이 반드시 일치하는 것은 아니라고 보고한 바 있다. 한편 부족류의 경우도 수온 상승과 더불어 생식소의 성숙과 산란이 일어난다고 알려져 있으므로 (Chintala and Grassle, 1995; Lee, 1999b; Lee et al., 1999), 패류의 성숙은 수온과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 본 연구에서도 1월과 2월에 주로 분열증식하던 난원세포와 정원세포는 수온 상승이 시작되는 3월부터 빠르게 성장하여, 18.7°C되는 5월부터 성숙 개체가 나타나며 24°C 이상인 7월부터 산란이 일어나는 것으로 보아, 눈알고둥의 생식소 발달, 생식주기 및 산란은 수온과 아주 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

소라 *T. cornutus*의 경우, 난원세포가 분열증식하는 초기 활성기의 생식소지수는 낮지만, 난모세포가 성장하는 후기 활성기에서 서서히 증가하여 성숙기에는 최고값을 나타내며 (Yamamoto and Yamakawa, 1985), 오분자기, *Haliotis diversicolor aquatilis*의 경우, 수온이 낮은 겨울은 생식소지수가 낮지만, 난모세포에 난황이 축적되면서 서서히 증가하여 완숙기에는 최고값을 나타낸다 (Okuno et al., 1978). 또한 Brousseau (1995)는 굴, *Crassostrea virginica*의 생식소지수는 성숙기에 최고치를 나타낸 후 산란과 더불어 급격히 낮아진다고 보고한 바 있으며, Sasaki (1987)는 북방대합, *Spisula sachalinensis*의 생식주기를 생식소지수에 따라 4단계 즉 성장기 (growing phase), 성숙기 (maturing phase), 산란기 (spawning phase) 및 휴지기 (resting phase)로 구분할 수 있다고 보고 하였다. 한편 Webber and Giese (1969)는 전복, *H. cracheroidii*의 생식주기를 생식소지수로 추정하는 것은 잘못이라고 보고한 바 있으나 본 연구의 경우, 생식소지수는 난모세포가 활발하게 성장하는 3월 (후기 활성기)부터 증가하기 시작하여 완숙란이 많은 7월 (완숙기)에는 49.76 ± 6.47 로 최고치를 나타낸 후, 산란기가 거의 끝난 10월에는 14.59 ± 3.46 으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 따라서 눈알고둥에 있어서, 생식소지수의 월별 변화는 생식주기와 거의 일치하는 것으로 생각된다.

육종량비의 월별변화는 완숙기의 생식소가 많이 출현하는 7월에

32.1±2.3%로 가장 높은 값을 보인 다음 급격히 감소하며, 이후 회복기 동안은 낮은 수치를 나타내다가 서서히 증가하였다. 이는 생식소의 성숙과 더불어 육중량비와 비만도는 증가하며, 산란 후에는 떨어진다는 Lee (1999b)와 Lee et al. (1999)의 연구와도 거의 유사하였다. 따라서 육중량비의 월별 변화는 생식소지수의 월별 변화, 그리고 생식소를 조직학적으로 관찰한 생식주기와 거의 일치하였다.

연체동물의 산란습성은 연중 산란종 (year round breeder), 늦봄부터 이른 가을 사이에 걸쳐 산란하는 여름 산란종 (summer breeder) 그리고 늦가을과 다음해 이른 봄 사이에 걸쳐 산란하는 겨울 산란종 (winter breeder)으로 구분되며 (Booolootian et al., 1962), 산란 회수도 연중 1회 산란하는 종 (Brousseau, 1995), 2회 산란하는 종 (Kim et al., 1999; Lee, 1999b) 및 3회 산란하는 종 (Sarasquete et al., 1990) 등 다양한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 눈알고둥의 생식소를 조직학적으로 조사한 결과, 수온 상승이 시작되는 3월부터 난모세포와 정모세포가 빠르게 성장하여 24℃ 이상의 수온인 7월부터 9월 사이에 방란·방정을 하는 것으로 보아, 이들은 여름 산란종이며, 연중 1회의 산란기를 갖는 종으로 생각되었다.

해산 패류의 경우, 방란·방정 후 생식소에 남아 있던 미방출란과 미방출정자는 퇴화 흡수되면서 생식소는 일정한 기간동안 조직의 변화가 없는 휴지기로 들어가지만 (Brousseau, 1995; Kim et al., 1999; Lee et al., 1999), 전복류 (Webber and Giese, 1969), 오분자기, *Sulculus diversicolor aquatilis* (Lee and Lee, 1982), 대수리, *Reishia chavigera* (Lee, 1999a) 등의 복족류와 개조개, *Saxidomus purpuratus* (Kim, 1969), 계화도조개, *Potamocorbula amurensis* (Lee, 1999b) 등의 부족류는 휴지기가 없이 방란·방정 후 곧이어 회복기로 들어가면서 새로운 생식세포를 형성하는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과, 눈알고둥의 생식주기는 초기 활성화기, 후기 활성화기, 완숙기, 방출기 및 회복기로 구분되었으며, 방란·방정 후의 생식소는 휴지기를 거치지 않고 곧이어 회복기로 들어 가는 것으로 생각되었다.

각고 5.9 mm 이하의 눈알고둥은 성적 성숙이 일어나지 않았으며, 6.0~6.9 mm의 개체군에서는 암수 각각 35.7%와 38.5%, 각고 7.0~7.9 mm의 개체군에서는 암수 각각 84.6%와 91.7%의 비율로 성적 성숙이 일어난 것을 알 수 있다. 따라서 해양환경의 오염과 해양환경의 변화 등으로 인하여, 날로 개체수가 감소되고 있는 눈알고둥의 자원관리를 위하여, 군성숙도가 50%를 넘지 못하는 각고 6.9 mm 이하의 개체군은 특별히 남획되지 말아야 할 것으로 생각된다.

요 약

1998년 7월부터 1999년 6월까지 전라북도 부안군 대항리 앞바다의 조간대에서 매월 채집한 눈알고둥, *Lunella coronata coreensis*의 생식소 발달, 생식세포형성, 생식주기, 생식소지수, 육중량비 및 군성숙도를 조직학적으로 조사하였다.

눈알고둥은 자웅이체였으며, 생식소는 패각 내의 후반 나선부에

위치하는 간장의 표면에 넓게 분포하였다. 난소와 정소는 각각 수많은 난자형성소엽과 정자형성소낭으로 구성되어 있었다.

생식소지수의 월별 변화는 수온이 상승하는 3월 (23.86±3.73)부터 서서히 증가하여 7월 (49.76±6.47)에 최고치를 나타낸 후, 9월 (15.58±2.33)에 급격하게 감소하였다. 육중량비의 월별 변화는 25.2%~32.1%로, 생식소지수의 월별 변화와 유사한 양상을 나타내었다. 각고 5.9 mm 이하의 개체군은 재생산에 전혀 참여하지 않았으며, 7.0~7.9 mm의 개체군은 암수 각각 84.6%와 91.7%가 재생산에 참여하였고, 8.0 mm 이상의 개체군은 100% 참여하였다.

생식소의 발달, 생식세포형성과정, 조직분화과정 및 세포학적 특성에 따라, 생식주기는 초기활성기 (12월~4월), 후기활성기 (1월~7월), 완숙기 (5~8월), 산란기 (7~9월) 및 회복기 (9~3월) 등의 연속적인 5단계로 구분되었다. 산란은 수온이 24.8℃ 이상인 7월과 9월 사이에 일어나며, 주산란은 8월이었고 성숙란의 직경은 150~160 μm이었다.

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.

Brousseau, D.J. 1995. Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crassostrea virginica*) from western Long Island Sound. J. Shellfish Res., 14, 483~487.

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

Euler, U.S. von and H. Heller. 1963. Comparative endocrinology II. Academic Press, New York and London, p. 282.

Glovani, S. and C. Diana. 1994. Gametogenesis and spawning patterns of manila clams, *Tapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae) in two lagoons of the river Po Delta, Italy. J. Shellfish Res., 13, 37~46.

Ikuta, K. 1987. Cadmium accumulation by a top shell *Batillus cornutus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1237~1242.

Jara-millo, R. and J. Navarro. 1995. Reproductive cycle of the Chilean ribbed mussel *Aulacomya ater* (Molina, 1782). J. Shellfish Res., 14, 165~171.

Je, J.G. 1989. Korean names of molluscs in Korea. Korean J. Malacol. Suppl., 1, 1~90 (in Korean).

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).

Kim, D.H., H.K. Lim, K.S. Min, Y.J. Chang and T.I. Kim. 1999. Reproductive cycle of surf clam (*Tresus keenae*) in southern coast of Korea. J. Korean Fish. Soc., 32, 659~663 (in Korean).

Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured shells of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, p. 250 (in Korean).

Lee, B.D. 1956. The catalogue of molluscan shells of Korea. Bull. Pusan Fish. Coll., 1, 53~100 (in Korean).

Lee, J.H. 1980. Gametogenesis and reproductive cycle of the topshell, *Turbo cornutus* Solander. Bull. Korean Fish. Soc., 13, 125~134 (in Korean).

Lee, J.H. 1999a. Gametogenesis and reproductive cycle of the rock

- shell, *Reishia (Thais) clavigera* (Neogastropoda: Muricidae), on the west coast of Korea. Korean J. Biol. Sci., 3, 375~383.
- Lee, J.H. 1999b. Histological study on the reproductive cycle of *Potamocorbula amurensis* (Bivalvia: Corbulidae). J. Korean Fish. Soc., 32, 629~636 (in Korean).
- Lee, J.J. 1991. Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island-1. Distribution and community structure of the benthic macroinvertebrates in Gapa and Mara Islets. Korean J. Malacol., 7, 49~57 (in Korean).
- 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).
- Lee, J.J. and J.C. Kim. 1993. Bioecological study of the western coastal area in Cheju Island-Distribution and seasonal community changes of the benthic macroinvertebrates on the rocky intertidal zone of Biyangdo. Korean J. Malacol., 9, 68~84 (in Korean).
- Lee, J.J. and J.M. Hyun. 1991. Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island-2. Distribution and community structure of the benthic molluscan shells in around coast of Sogwipo. Korean J. Malacol., 7, 58~65 (in Korean).
- Lee, J.J. and M.H. Baek. 1982. Note on the local names of marine organisms in Jeju Island 2. Fishes and molluscan shells. Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Jeju Nat. Univ., 6, 53~64 (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).
- Momoyama, K. and T. Iwamoto. 1979. On the spawning season of the clam, *Tapes philippinarum*, in Yamaguchi and Omi Bay. Bull. Yamaguchi Prefec. Naikai Fish. Exp. Stn., 7, 19~34.
- Okuno, M., F. Takashima and H. Yamakawa. 1978. Reproductive cycle of *Haliotis diversicolor aquatilis* Reeve. J. Tokyo Univ. Fish., 65, 9~13 (in Japanese).
- Sarasquete, M.C., S. Gimeno and M.L. Gonzalez de Canales. 1990. Cycle reproducteur de la palourde *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) de la cote sud ouest atlantique (Espagne). Rev. Int. Oceanogr. Med., LXXXXVII, 90~99.
- Sasaki, K. 1987. Life cycle in adult stage of the sakhalin surf clam in Sendai Bay. Nippon Suisan Gakkashi, 53, 1959~1963.
- Watabe, S., Y. Ochiai and Y. Kariya. 1986. Characterization of three types of turban shell *Batillus cornutus* muscle-ultrastructure and protein composition. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 737~744.
- 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.
- Yamamoto, T. and H. Yamakawa. 1985. The gonadal maturation in *Turbo (Batillus) cornutus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 53, 357~364 (in Japanese).
- Yoshiya, M., A. Kuwahara and Y. Hamanaka. 1987a. Food and feeding habits of a topshell *Batillus cornutus*, in the coastal area of Aoshima, Kyoto Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1359~1366 (in Japanese).
- Yoshiya, M., A. Kuwahara and Y. Hamanaka. 1987b. Study on the growth and survival of the young topshell *Batillus cornutus* in connection with algal vegetation and hydrographic conditions. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 239~247 (in Japanese).
- Yoshiya, M., Y. Wada, A. Kuwahara and Y. Hamanaka. 1986. Growth and survival of young topshell *Batillus cornutus* released to rocky and stone coastal area. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 41~47 (in Japanese).

2000년 7월 18일 접수

2000년 11월 16일 수리