

대복 (*Gomphina veneriformis*)의 생식소 발달과 생식주기

박정준 · 이정용¹ · 이정식* · 장영진²

여수대학교 수산생명의학과, ¹국립수산과학원 강릉수산종묘시험장, ²부경대학교 양식학과

Gonadal Development and Gametogenic Cycle of the Equilateral Venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae)

Jung Jun PARK, Jeong Yong LEE¹, Jung Sick LEE* and Young Jin CHANG²

Department of Aqualife Medicine, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

¹Gangneung Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Gangneung 210-800, Korea

²Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* collected in the coastal waters of Gangneung, Gangwon-do, Korea were investigated by means of histological method from March 2001 to February 2002. Sex of the clam was dioecious. The gonads are composed of a number of gametogenic follicles. The gonad index (GI) was reached the maximum in June (3.87), and the minimum in August (0.66). The condition index (CI) was reached the maximum in May (0.051), and the minimum in January (0.028). The gametogenic cycle of the clam could be divided into five stages; inactive (September to November), early active (November to March), late active (April to May), ripe (June and July) and spent/degenerative stage (July to August). Sex ratio (♀/♂) was 1:0.9.

Key words: *Gomphina veneriformis*, Gonadal development, Gametogenic cycle

서 론

대복 (*Gomphina veneriformis*)은 이매패각 (Bivalvia) 백합목 (Veneroida) 백합과 (Veneridae)에 속하는 식용 조개류로서 우리나라 전 연안의 사질에 분포하지만 강원도 연안에 가장 많이 서식한다. 외부형태는 민들조개 (*G. melanaegis*)와 닮았으나 소형으로 삼각형에 가깝다 (Yoo, 1988).

조개류의 생식주기에 관한 보고는 주로 기초 생물학적연구와 자원증대 및 양식기술 개발을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행되어져 왔다. 그 가운데 우리나라에 서식하는 백합과 조개류의 생식에 관한 연구로는 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)의 생식소 발달과 연령 및 성장 (Chung et al., 1994), 개조개 (*Saxidomus purpuratus*) (Chung et al., 1999), 민들조개의 생식소 발달과 생식주기 (Lee et al., 1999), 백합 (*Meretrix lusoria*)의 성숙과 배우자형성 (Chung and Kim, 2000) 그리고 바지락의 생식소 성숙과 인위적 산란 (Chung et al., 2001)에 관한 보고가 있다.

국내에서 대복에 관한 연구로는 Lee (1976)의 양식을 위한 생태학적 연구로 산란기와 인공수정 및 난발생에 관한 보고가 있다. 하지만 이는 제주도에 서식하는 개체군에 대한 것으로서 동해 북부에 서식하는 개체군과는 생식주기가 다소 다를 것으로 판단되며, 생식소 발달과정과 생식주기 등의 생식생태학적 보고는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 조직학적 방법을 기초로 대복의 생식 생태학적 기초자료인 생식소 발달, 생식소 지수와 비탄도의 월 변화, 군 성숙도, 성비 그리고 생식주기를 조사하였다.

재료 및 방법

채 집

본 연구에 사용한 대복은 2001년 3월부터 2002년 2월까지 강원도 강릉시 주문진 연안의 수심 10-20 m 해역에서 매월 약 30개체씩 채집하였다 (Fig. 1).

조직학적 방법

채집한 개체는 실험실로 옮겨와 vernier caliper를 이용하여 각장 (shell length)과 각고 (shell height)를 측정하고, 전자저울을 이용하여 전중량 (total weight)을 측정한 후 해부하여 육중량 (body weight)을 측정하였다. 그 후 생식소가 포함된 내장낭의 일부를 Bouin's solution에 일정시간 고정 한 후 파라핀 절편법으로 두께 5 μm의 조직표본을 제작하였다. 염색은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색을 시행하였다.

생식소 지수 (GI: Gonad index)

생식소 지수는 아래와 같이 Mann (1979)의 방법을 일부 수정하여 이용하였다. 조직표본 관찰 결과 생식소 발달 단계를 비활성기 (IA: inactive stage), 초기활성기 (EA: early active stage), 후기활성기 (LA: late active stage), 완숙기 (R: ripe stage), 방출 및 퇴화기 (SD: spent and degenerative stage)의 5단계로 나누고 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수 (IA=1, EA=2, LA=3, R=4, SD=0)를 곱한 전체의 합을 개체 수로 나누었다.

$$\text{생식소 지수} = \frac{(\text{IA 개체수} \times 1) + (\text{EA 개체수} \times 2) + (\text{LA 개체수} \times 3) + (\text{R 개체수} \times 4) + (\text{SD 개체수} \times 0)}{\text{조사된 전체 개체수}}$$

*Corresponding author: ljs@yosu.ac.kr

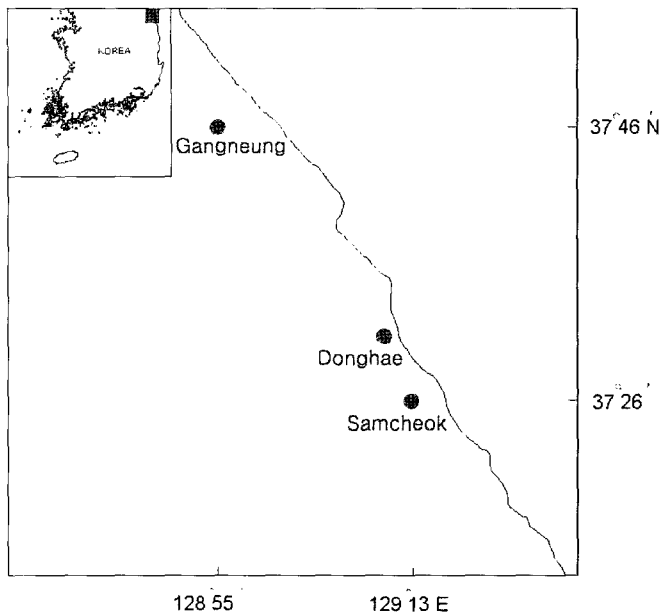


Fig. 1. Sampling area of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*.

군 성숙도 (Sexual maturity)

군 성숙도는 4월부터 8월까지 채집된 개체들을 각장 5mm 단위로 구분하여 조직표본에서 후기활성기, 완숙기 및 방출 흔적의 조직상이 관찰되는 개체수를 전체 개체수에 대한 백분율 (%)로 나타냈다.

비만도 (CI: Condition index)

비만도는 아래의 방법을 이용하여 계산하였다.

$$\text{비만도} = \frac{\text{육중량 (g)}}{\text{각장}^3 \text{ (mm)}} \times 1,000$$

결 과

수온과 염분도의 월 변화

채집기간 동안 채집지역인 동해안 주문진 연안의 월별 평균 수온은 8월에 24.7°C로 가장 높았으며, 1월에 6.3°C로 가장 낮았다. 염분도는 9월에 31.8‰로 가장 낮았으며, 3월에 35.0‰로 가장 높았다 (Fig. 2).

생식소 구조와 발달단계

대복은 해부 후 육안으로 암수를 구별하기는 어려웠다. 광학현미경 조직표본 관찰 결과 이들의 성은 암수가 구분되는 자용이체였다. 생식소는 소화맹낭과 발의 망상 결합구조 사이에 위치하였으며 난소와 정소는 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있었으며, 소낭 내에서 생식세포의 발달과정을 관찰할 수 있었다.

생식소 발달 단계는 조직학적인 방법으로 관찰한 결과 비활성기 (inactive stage), 초기활성기 (early active stage), 후기활성

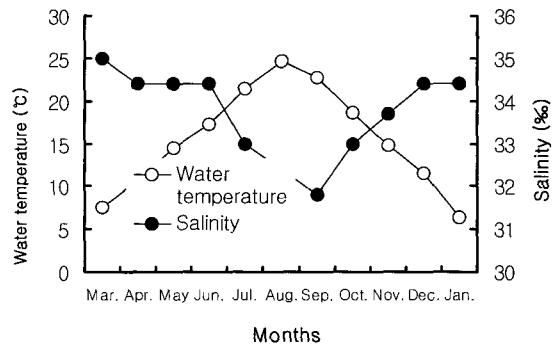


Fig. 2. Monthly variation in water temperature and salinity in the sampling area.

기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 방출 및 퇴화기 (spent and degenerative stage)로 구분할 수 있었다.

비활성기에는 광학현미경 조직표본에서도 난소와 정소의 구분이 어렵고, 생식소 소낭은 크기와 수적으로 매우 감소된 상태이며, 소낭내에서 생식세포들은 관찰이 불가능하며, 소낭과 소낭 사이는 결합조직으로 채워져 있었다 (Fig. 3, A).

초기활성기에 생식소 소낭의 면적은 작지만 소낭 사이의 결합조직이 점차 감소하면서 소낭의 수는 비활성기에 비해 증가되었으며, 광학현미경 조직표본에서 암수의 구분이 가능하였다. 암컷의 경우에는 난자형성소낭 (oogenic follicle) 벽을 따라 난원세포들과 초기난모세포들이 배열하고 있었는데, 이 시기에 주로 관찰되는 난모세포들은 직경 20µm 내외의 크기로 뚜렷한 인을 가진 핵이 차지하는 비율이 높았다 (Fig. 3, B). 수컷의 경우에는 정자형성소낭 (spermatogenic follicle) 벽에서 대부분의 정원세포들과 일부 정모세포들의 불규칙한 배열상을 관찰할 수 있었다 (Fig. 3, C).

후기활성기에 암컷의 난자형성소낭벽은 초기활성기에 비해서 얇아져 있으며, 소낭의 면적은 증가되어 나타났다. 이 시기에는 주로 직경 30-40µm 크기의 난모세포들이 난병으로 연결되어 내강쪽으로 발달된 양상을 보였다 (Fig. 3, D). 정소의 경우에 정자형성 소낭벽은 난소에서와 마찬가지로 얇아진 상태였으며, 소낭벽 근처에서는 일부 정원세포들이 관찰되었으며, 소낭의 내강쪽은 대부분 정모세포와 정세포들이 차지하고 있었다 (Fig. 3, E).

완숙기의 난소에서는 호산성의 미세한 난황과립으로 채워진 난모세포들이 난병에서 분리되어 소낭 안쪽까지 분포하며, 소낭 내강에는 직경 50-70µm 크기의 완숙난모세포로 가득 차 있었다 (Fig. 3, F). 정소의 경우에는 정자형성소낭벽 근처에서 일부 정모세포와 정세포를 관찰할 수 있었으나, 소낭 내강의 대부분은 다발을 형성한 호염기성의 정자들로 가득 차 있었다 (Fig. 3, G).

방출 및 퇴화기의 난소에는 완숙난모세포의 방출로 소낭 내강은 비워졌으나 난병을 가진 일부 후기활성기의 난모세포들이 남아 있었다 (Fig. 3, H). 그리고 주로 소낭 내강에서는 미방출 된 잔존 난모세포들의 퇴화과정을 관찰할 수 있었다.

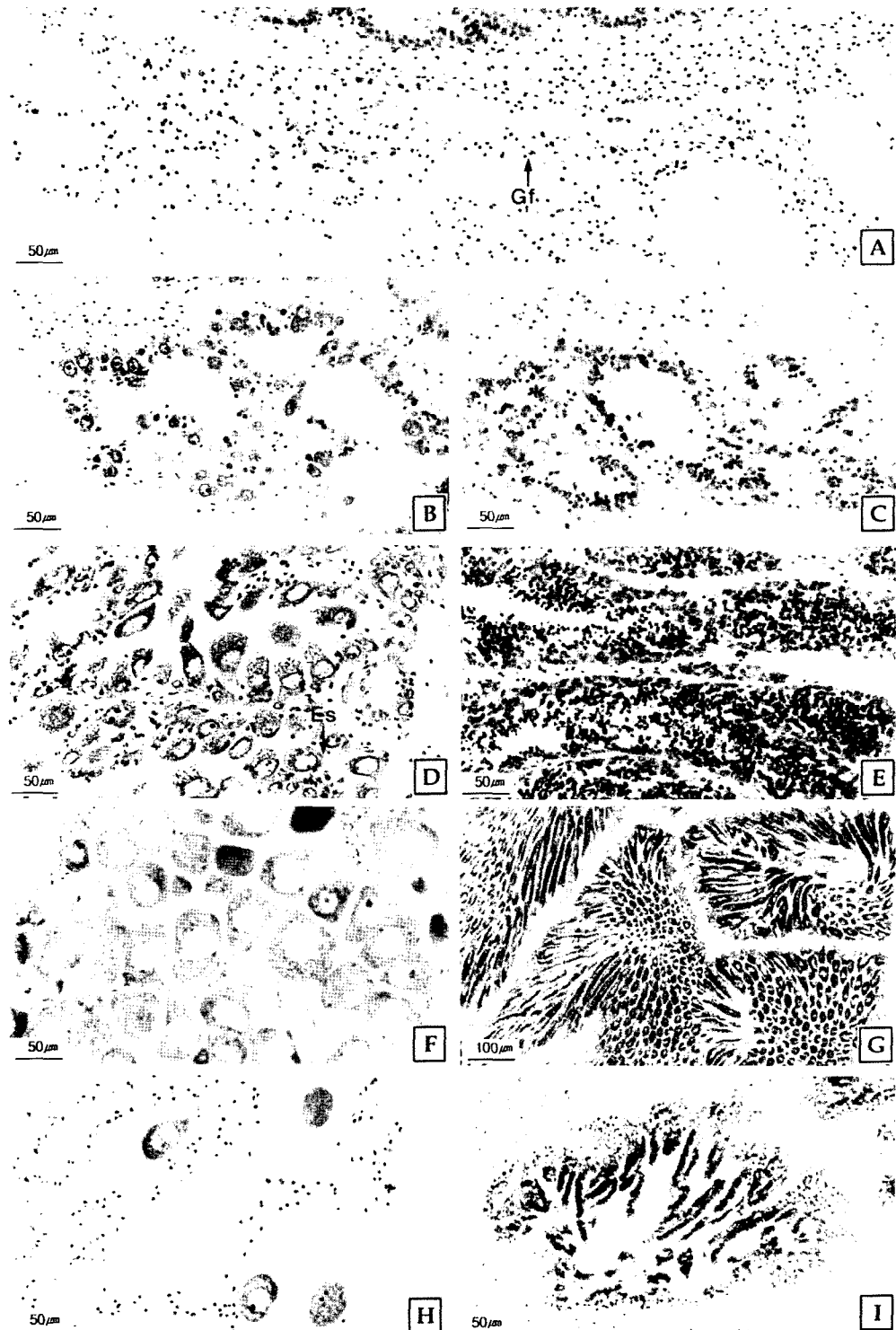


Fig. 3. Photomicrographs on the gonadal development of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*. [A]: Inactive stage. [B]: Ovary in the early active stage. Oogonia and previtellogenic oocytes appear along the oogenic follicle wall. [C]: Section of testis in the early active stage showing the spermatogonia near the follicle wall. [D]: Ovary in the late active stage. Vitellogenic oocytes with egg stalk attached to the follicle wall. [E]: Testis in the late active stage. A number of spermatocytes and spermatids identified near the lumen. [F]: Section of ovary in the ripe stage showing the round or oval oocytes in the lumen. [G]: Testis in the ripe stage. Basophilic sperm bundles occupied in the lumen. [H] and [I]: Ovary and testis in the spent and degenerative stage. Es: egg stalk, Gf: gametogenic follicle.

정소에서는 대부분의 정자들이 방출되어 일부 잔존정자를 제외하고는 내강이 빈 공간을 이루고 있었다 (Fig. 3, I).

생식소 지수 (GI)의 월 변화

생식소 지수는 조사가 시작된 3월부터 큰 폭으로 증가하여 6월에는 3.87로 연중 가장 높은 값을 보였으며, 6월과 8월 사이에 급격히 감소하여 8월에는 0.66으로 연중 가장 낮은 값을 보였다. 이후 1.0 내외의 낮은 값을 유지하다가 11월부터 작은 폭으로 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 4).

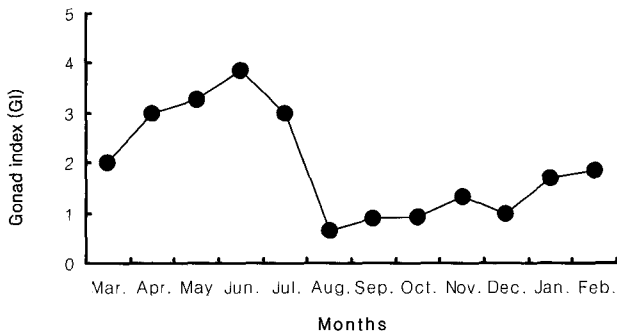


Fig. 4. Monthly variation in gonad index (GI) of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*.

비만도의 월 변화

매월 채집된 개체들의 비만도는 Fig. 5에서와 같이 채집을 시작한 2001년 3월에는 0.034로 나타났으나, 2001년 5월에 0.051로 가장 높았으며 2002년 1월에는 0.028로 가장 낮았다.

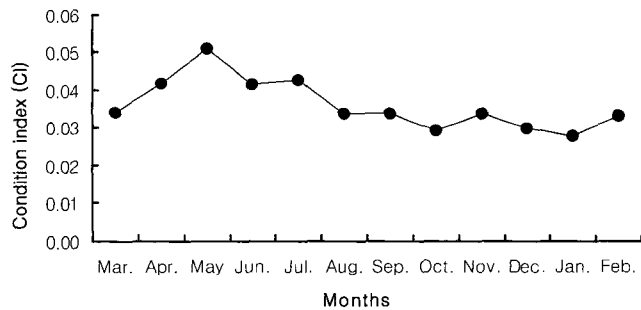


Fig. 5. Monthly variation in condition index (CI) of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*.

생식소 발달단계의 월 변화

대복 생식소의 발달단계를 월별로 보면 비활성기의 조적상을 보이는 개체들은 주로 9월 (90%), 10월 (93.3%), 11월 (66.7%)에 높은 비율을 보였으며, 초기활성기는 11월부터 3월 (33.3-97.9%) 사이에 주로 관찰되었으며, 후기활성기는 4월 (96.7%)과 5월 (68.8%)에 높은 비율을 보였다. 완숙기의 생식소를 가지는 개체들은 주로 5월 (31.3%), 6월 (93.3%), 7월 (70.0%)에 나타났고, 방출 및 퇴화기의 생식소를 가지는 개체들은 7월 (23.3%)과 8월 (36.7%)에 가장 높은 비율을 보였다 (Fig. 6).

군 성숙도

각장에 따른 대복의 성숙도를 조사한 결과는 Table 1과 같으

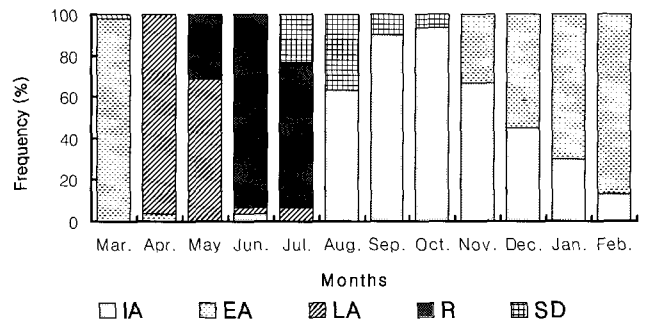


Fig. 6. Monthly variation in gonadal development stage of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*. IA: inactive stage, EA: early active stage, LA: late active stage, R: ripe stage, SD: spent and degenerative stage.

며, 가장 31.1 mm 이상의 대부분 개체들은 생식에 참여할 수 있는 것으로 나타났다.

성비

조사에 사용된 288개체 중에서 생식소의 발달 상태가 비활성기로 나타나 암수 구별이 어려운 88개체를 제외한 200개체 가운데 암컷은 105개체, 수컷은 95개체로 암컷에 대한 수컷의 비율은 1:0.9로 나타났다.

고찰

조개류에서 생식주기의 구분에는 주로 생식소 지수 (GI)의 월 변화, 비만도 (CI)의 월 변화 및 생식소 발달단계 빈도의 월 변화 등의 자료가 이용되어 왔다 (Mann, 1979; Garcia-Dominguez et al., 1994; Behzadi et al., 1997; Villalejo-Fuerte and Garcia-Dominguez, 1998; Marsden, 1999; Chung and Kim, 2000; Chung et al., 2001). 이 가운데 생식소 지수는 주로 Mann (1979)의 방법에 의하여 비활성기는 0, 초기활성기는 1, 후기활성기는 2, 완숙기는 3, 방출 및 퇴화기는 4의 상수를 부여하여 계산되었으며, 이러한 방법을 이용하여 생식소 지수의 월 변화를 표시한 경우 (Villalejo-Fuerte and Garcia-Dominguez, 1998) 제일 높은 값을 나타내는 시기가 방출 및 퇴화기에 해당되며, 이 시기가 다른 시기에 비해 비교적 길게 나타난다.

생식주기 자료는 연구자와 연구 목적에 따라 다소 다르게 이용될 수 있으나 생식세포의 주 방출시기를 명확하게 규명하는 것은 이 자료의 중요한 활용도 가운데 하나로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 목적으로 완숙기에 가장 높은 값을 부여하여 생식소 지수의 변화표를 통하여 완숙기와 방출기를 쉽게 알 수 있도록 하였는데, 이러한 예는 *Mercenaria mercenaria* (Eversole, 1997)와 백합 (Chung and Kim, 2000)의 생식주기 보고에서도 찾아볼 수 있다.

대복의 성은 자웅이체였으며, 생식소는 소화맹낭과 발의 망상 결합구조 사이에 위치하였으며 난소와 정소는 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있었으므로 성과 생식소 구조는 대부분의 조개류와 유사한 것으로 확인되었다.

Table 1. Sexual maturity with shell length of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis*

Shell length (mm)	Female			Male		
	Examined inds.	Matured inds.	Maturity (%)	Examined inds.	Matured inds.	Maturity (%)
31.1 - 34.9	3	3	100	4	3	75.0
35.0 - 39.9	17	17	100	12	11	91.7
40.0 - 44.9	35	35	100	36	36	100
45.0 - 49.9	15	14	93.3	14	14	100
50.0 - 54.9	2	2	100	5	5	100
55.0 - 59.9	2	2	100	2	2	100
60.0 - 64.9	1	1	100	.	.	.
Total	75	74		73	71	

해산 조개류의 생식주기 및 성 성숙은 외인성 요인 (exogenous factor)과 내인성 요인 (endogenous factor)의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 외인성 요인으로는 수온, 빛, 조석주기, 수심, 먹이, 밀도, 기생충 및 질병, 염분도 및 기질 등이 있으며, 내인성 요인으로는 유전학적 요인과 내분비성 요인 등을 들 수 있는데, 수온은 이러한 여러 요인들 가운데 가장 중요하게 작용하는 요인이다 (Mackie, 1984).

조개류 가운데 새조개 (*Fulvia mutica*) (Chang and Lee, 1982), 맛조개 (*Solen strictus*)와 붉은맛 (*S. gordonis*) (Chung et al., 1986), 가무락 (*Cyclina sinensis*) (Chung et al., 1991), 북방대합 (*Spisula sachalinensis*) (Lee et al., 1997), 마지락 (*Ruditapes philippinarum*) (Chung et al., 2001)에서는 수온이 성 성숙에 가장 큰 영향을 미치나, 백합과 (Veneridae)에 속하는 red clam (*Megapitaria aurantiaca*)의 경우에는 수온과 성 성숙과의 관계는 뚜렷하지 않다 (García-Domínguez et al., 1994).

본 연구에서 대북의 성 성숙 주기는 채집지역의 연중 수온 변화 양상과 유사하게 나타나 성 성숙과 수온의 밀접한 관계를 추측할 수 있으나 과연 수온이 이들의 성숙에 직접 관여하는지는 추후 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

조개류를 포함한 연체동물의 산란 습성은 크게 세 종류로 연중산란형 (year-around breeders), 늦가을부터 이듬해 초봄 사이에 산란하는 동계산란형 (winter breeders) 그리고 늦봄부터 초가을 사이에 산란하는 하계산란형 (summer breeders)으로 구분된다 (Booolootian et al., 1962).

본 연구에서 대북의 생식주기는 생식소 지수의 월 변화와 생식소 발달단계 빈도의 월 변화를 기초로 9-11월의 비활성기, 11-3월의 초기활성기, 4-5월의 후기활성기, 6-7월의 완숙기, 7-8월의 방출 및 퇴화기로 구분할 수 있었으며, 산란 및 방정은 주로 7월말에서 8월초에 일어나는 것으로 조사되었다. 따라서 대북은 가무락 (*Cyclina sinensis*) (Chung et al., 1991), 꼬막 (*Tegillarca granosa*) (Lee, 1997), 민들조개 (*Gomphina melanaegis*) (Lee et al., 1999), 동죽 (*Mactra veneriformis*) (Chung and Ryou, 2000)과 마찬가지로 하계산란형에 속한다.

일반적으로 무척추동물의 생식시기는 종의 지리적 위치 및 생식전략과 밀접한 관계가 있는데, 저위도 지역의 종은

생식시기가 길며 고위도 지역의 종은 생식시기가 짧은데 (Fretter, 1984), 이러한 특성은 위도에 따른 빛이나 수온의 차이가 종의 생식특성에 영향을 주는 것으로 생각된다.

대북의 경우 제주도에 서식하는 개채군의 주 산란기는 6월말에서 7월초로 보고되고 있으나 (Lee, 1976), 본 연구에 사용된 강원도 주문진 연안의 대북의 주 산란기는 7월말에서 8월초로 조사되었는데 이러한 결과도 위도에 따른 빛이나 수온과 같은 물리적인 외부환경요인의 지리적 차이에 의한 것으로 판단된다.

조개류에서 비만도의 변화는 생식소 발달 주기와 연관성을 보이는 데, 새조개 (*Fulvia mutica*) (Chang and Lee, 1982), 북방대합 (*Spisula sachalinensis*) (Lee et al., 1997), 꼬막 (*Tegillarca granosa*) (Lee, 1997)의 비만도는 생식소의 발달과 함께 증가하며, 생식세포의 방출 후에는 감소한다. 본 연구에서도 대북의 비만도는 약 1개월 정도의 차이는 있었으나 생식소 지수의 월 변화 및 생식소 발달과 유사한 형태로 변화는 경향을 보였다. 하지만 대북의 경우 이러한 비만도의 변화는 수온 등의 환경요인에 의한 것인지 또는 생식소 발달과 직접 연관된 것인지에 대해서는 추후의 세밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Behzadi, S., K. Parivar and P. Roustaian. 1997. Gonadal cycle of pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould) in northeast Persian Gulf, Iran. *J. Shellfish Res.*, 16, 129-135.
- Booolootian, R.A., A. Farmanfarmanian and A.C. Giese. 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, 122, 183-193.
- Chang, Y.J. and T.Y. Lee. 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *J. Kor. Fish. Soc.*, 15, 241-253.
- Chung, E.Y. and D.K. Ryou. 2000. Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*,

- 42, 149-163.
- Chung, E.Y. and Y.M. Kim. 2000. Ultrastructural study of germ cell development and sexual maturation of the hard clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. *J. Med. Appl. Malacol.*, 10, 181-202.
- 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. *Kor. J. Malacol.*, 42, 38-54.
- Chung, E.Y., H.B. Kim and T.Y. Lee. 1986. Annual reproductive cycle of the jackknife clams, *Solen strictus* and *Solen gordonis*. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 19, 563-574.
- Chung, E.Y., S.B. Hur, Y.B. Hur and J.S. Lee. 2001. Gonadal maturation and artificial spawning of the manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), In Komso Bay, Korea. *J. Fish. Sci. Tech.*, 4, 208-218.
- Chung, E.Y., T.Y. Lee and C.M. An. 1991. Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *J. Med. Appl. Malacol.*, 3, 125-136.
- Chung, E.Y., Y.M. Kim and S.G. Lee. 1999. Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). *Yellow Sea*, 5, 51-58.
- Eversole, A.G. 1997. Gametogenesis of *Mercenaria mercenaria*, *M. campechiensis* and their hybrids. *Nautilus*, 110, 107-110.
- Fretter, T. 1984. Prosobranchs. In: *The Mollusca*, Vol. 7. Reproduction, A.S. Tompa, N.H. Verdonk and J.A.M. Van Den Biggelaar, eds. Academic Press, New York, pp. 1-45.
- García-Domínguez, F., S.A. García-Gasca and J.L. Castro-Ortiz. 1994. Spawning cycle of the red clam, *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.*, 13, 417-423.
- Lee, J.H. 1997. Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *Kor. J. Malacol.*, 13, 55-64.
- Lee, J.J. 1976. Ecological studies for the culture of the clam, *Gomphina veneriformis* 1. Studies on the spawning season, artificial fertilization and egg development. *Bull. Mar. Biol. Stat. Jeju Nat'l Univ.*, 1, 11-20.
- Lee, J.Y., Y.J. Chang and C.S. Lee. 1997. Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 30, 132-138.
- Lee, J.Y., Y.J. Park and Y.J. Chang. 1999. Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia: Veneridae). *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 198-203.
- Mackie, G.L. 1984. Bivaves. In: *The Mollusca*, Vol. 7. Reproduction, A.S. Tompa, N.H. Verdonk and J.A.M. Van Den Biggelaar, eds. Academic Press, New York, pp. 351-418.
- Mann, R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 59, 95-110.
- Marsden, I.D. 1999. Reproductive cycle of the surf beach clam, *Paphies donacina* (Spengler, 1973) from New Zealand. *J. Shellfish Res.*, 18, 539-546.
- Villalejo-Fuerte, M. and F. García-Domínguez. 1998. Reproductive cycle of *Spondylus leucacanthus* (Broderip, 1833) (Bivalvia: Spondylidae) at Isla Danzante, Gulf California. *J. Shellfish Res.*, 17, 1037-1042.
- Yoo, J.S. 1988. Korean Shells in Colour, Il Ji Sa, Seoul, 196 pp.

2002년 10월 8일 접수
2003년 7월 3일 수리