

살조개, *Protothaca jedoensis*의 성성숙과 성비

김지현, 정의영¹, 김용호¹

군산대학교 대학원 수산과학과, ¹군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Sexual Maturation and the Sex Ratio of the Jedo Venus, *Protothaca jedoensis* (Bivalvia: Veneridae)

Ji Hyun Kim, Ee-Yung Chung¹ and Yong-Ho Kim¹

Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

¹School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

The gonad index (GI), reproductive cycle with gonad developmental phases, first sexual maturity and the sex ratio of the jedo venus, *Protothaca jedensis*, on the coastal waters of Boryeong, Korea were investigated by histological study. Samples were collected from the subtidal zone of Boryeong, Korea from January to December, 1999. Monthly changes in the gonad index in femal and male clams gradually increased from February and reached the maximum in May, and then the values rapidly decreased from June and reached the minimum in November as seen in variations of the reproductive cycle. The spawning period of this species was once a year between May and July, there was a spawning peak between June and July when seawater temperature was over 20°C. The reproductive cycle of this species in female and male clams can be classified into five successive stages: early active stage (December to March), late active stage (February to June), ripe stage (April to July), partially spawned stage (May to July) and spent/inactive stage (July to January). Percentages of first sexual maturity of female and male clams of 30.1-35.0 mm in shell length were 52.6% and 60.0%, respectively, and 100% for the clams over 45.1 mm in shell length. The sex ratio of individuals > 30.1 mm in shell length was 1:1 ($\chi^2 = 0.40$, $p > 0.05$).

Keywords: *Protothaca jedoensis*, Sexual Maturation, Sex ratio.

서론

살조개 (*Protothaca jedoensis*)는 백합과 (Veneridae)에 속하는 종으로, 우리나라에서는 동, 서, 남해의 연안에 모두 분포하지만, 주로 서·남해안의 조간대 하부부터 수심 10 m까지의 해저퇴적물 입자가 거친 모래지역에 서식하고, 중국의 산둥, 일본 홋카이도 등지에도 분포하고 있다 (Kwon *et al.*, 1993). 살조개는 주로 입자가 거친 모래지역에 서식하는 산업상 중요한 식용 이매패이다. 최근 우리나라 서해안에서는 대간척 사업으로 인해 본 종의 서식 면적이 감소되고 또한 부분별한 남획으로 인해 자원량이 극감되고 있다. 따라서 본 종의 자원관리 문제가 대두되고 있어 증식 및 양식 대상 종으로 주목받아 왔으나 이에 대한 살조개 자원량의 증강 및 관리 그리고 양식을 위한 기초연구는 아주 미흡한 실정이다.

지금까지 *Protothaca* 속 조개류에 관하여 연구, 보고된 것으로는 소수에 지나지 않는다. 외국산 *Protothaca* 속에 관한 연구보고로는 염분과 조수의 영향 (Era, 1985), 성장형태 (Harrington, 1987), 등의 생태에 관한 보고와 *Protothaca grata*의 생식주기 (Pizarro and Cruz, 1987), *P. asperrima*의 배 발생 (Ewart *et al.*, 1988), *P. pectorina* 정자의 미세구조 (Matos *et al.*, 1997) 등의 생식과 발생에 관한 보고가 있으며, 그 밖에 집단 유전적 특징 (Parjerm, 2000)에 관해 연구된 바 있다. 그러나 국내산 살조개에 관하여는 남해산 살조개에 관해 생식주기 (Kim, 1996, 2002)가 보고되어 있을 뿐 본 종의 성성숙에 관한 상세한 연구는 이루어지지 않았다.

살조개의 정확한 산란기와 생식주기를 알게 되면, 지역개체군의 연령사정 및 연령구조, 가입시기 등을 알 수 있으며 개체

Received October 27, 2002; Accepted May 10, 2003
Corresponding author: Chung, Ee-Yung
Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr
1225-3480/19102
© The Malacological Society of Korea

군의 군성숙도와 성비를 확인하게 되면 어획금지시기와 어획금지 크기를 설정할 수 있어 무분별한 남획을 방지할 수 있어 자원관리를 효율적으로 할 수 있다. 이를 위해서는 먼저 산란기 파악을 위해 비만도지수 변화를 조사하고, 아울러 조직학적 방법에 의해 생식소지수와 생식소의 발달, 성숙 및 산란 등의 변화를 조사할 필요가 있다. 본 연구는 살조개의 증량식을 위한 기초자료를 얻기 위해 조직학적 방법에 의한 정확한 산란기를 조사하고, 군성숙도와 성비를 조사하여 본 종의 번식, 생태에 관한 기초 자료를 얻고자하였다.

재료 및 방법

1. 채 집

실험에 사용한 살조개 (*Protothaca jedoensis*) 는 충남 보령시 인근 해역에서 1999년 1월부터 12월까지 월별로 30-50 개체씩 총 451 개체를 채집하여 본 실험에 사용하였다 (Fig. 1).

2. 생식소지수 (GI, Gonad index)

산란시기를 추정하기 위해 조직학적 방법에 의해 만들어진 생식소 조직절편을 이용하여 Mann (1979) 의 방법을 일부 변형하여 생식소의 발달 상태를 0-5단계의 6등급으로 구분하였다. 즉, 0 = 휴지기 (resting stage), 1 = 퇴화기 (spent stage), 2 = 초기활성기 (early active stage), 3 = 후기활성기 (late active stage), 4 = 부분산란기 (partially spawned stage), 5 = 완숙기 (ripe stage) 로 구분하였다.

생식소 등급은 생식소의 발달에 따른 일정한 특징 및 생식세포의 형태 등에 의해 성숙도를 판정하였으며, 한 개체 내에서 복수의 성숙도가 나타날 경우에는 조직상의 면적이 넓은 쪽을 택하였다. 생식소 지수는 다음과 같이 구하였다.

$$GI = \frac{\sum_{i=0}^5 RVS_i \times S_i}{N}$$

GI = gonad index

RVS_i = stage ranking value of stage i

S_i = number of individual of stage i

N = total number of individual in a month

3. 비만도지수(Condition index)

비만도 지수는 Momoyama and Iwamoto (1979) 에 따라 다음과 같이 계산하여 월별 변화를 조사하였다.

Condition index = meat weight (g) × 100 / (shell length (cm) × shell height (cm) × shell width (cm))

4. 생식소발달의 조직학적 조사

생식소의 조직학적 분석을 위해 조직 표본을 제작하기 위해 생

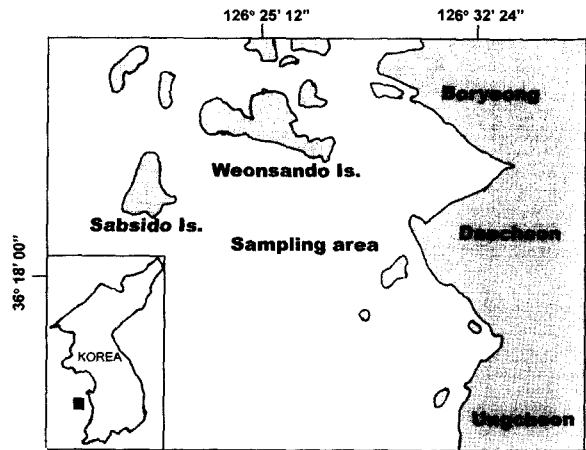


Fig. 1. Map showing the sampling area.

식소를 절취하여 Bouin 용액에 24시간 고정하였으며, 고정된 생식소는 paraffin 절편법으로 5-7 μm로 연속절편을 한 후 Hansen's hematoxylin과 0.5% Eosin에 비교 염색하고 결체조직과 근조직을 구별하기 위해 Mallory triple 염색을 병행하였다.

5. 암수의 성비 조사

살조개의 성비 조사는 생식소내의 암, 수의 생식세포가 발달, 성숙하여 뚜렷하게 구분되는 시기인 1999년 3월부터 8월 까지 각각 30.1 mm 이상 (군성숙도 50% 이상) 인 총 205 개체 (암컷 98 개체, 수컷 107 개체) 를 대상으로 하여 제작된 영구 조직 표본을 현미경하에서 검경하여 각 개체의 성을 구분한 후, 암컷:수컷 개체들의 성비가 1:1이라는 가설 아래, 이들 개체들을 Chi square test로 암수의 성비를 조사하였다.

결 과

1. 생식소의 외부형태 및 내부구조

생식소는 내장낭의 간중장선 외측을 둘러싸고 있는 외벽 근섬유막과 족부의 외벽 근섬유막 사이에 있는 망상결합 조직층에 위치하고 있다. 완숙 및 산란기가 가까워지면 난소는 황갈색, 정소는 황백색을 나타내어 외관상의 구별이 가능하였으며 그 크기도 증가하여 내장낭의 대부분을 둘러싸게 된다. 산란기에 생식소를 절개하면 수컷에서는 유백색 정액이 유출되며, 암컷의 난소 부위에서는 갈색의 난모세포들이 분리되었다. 조직학적으로 생식소를 관찰하면, 난소는 수많은 신축성 있는 난소소낭으로 이루어져 있으며, 난소소낭은 외층의 근섬유성 결합조직의 막과 내층의 생식상피로 구성된 두층의 막구조를 가진다. 정소도 수많은 정소세관으로 이루어져 있으며, 난소와 같이 외층의 근섬유성 결합조직의 막과 내층의 생식상피로 구성

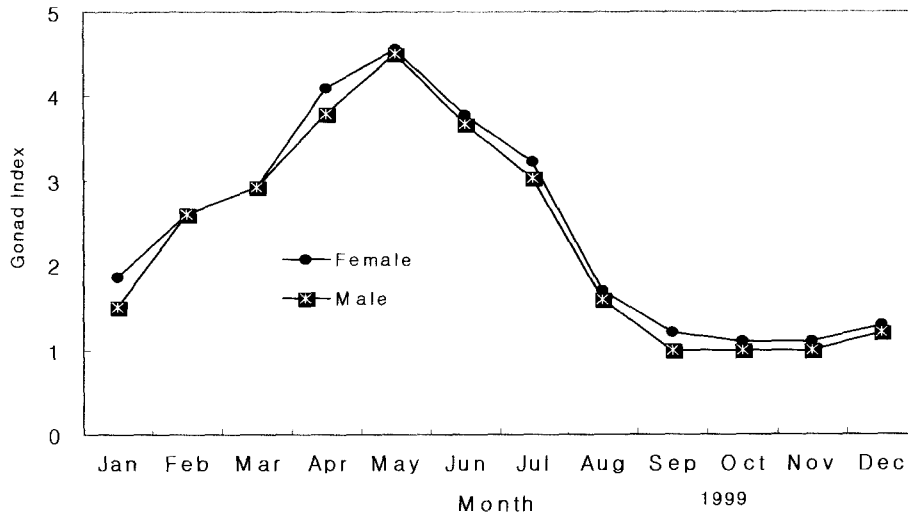


Fig. 2. Monthly changes in the gonad index of *Protothaca jedoensis*.

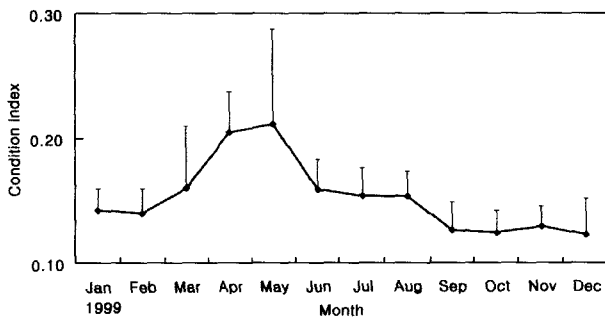


Fig. 3. Monthly changes in the condition index of *Protothaca jedoensis*.

된 두층의 막구조를 가진다.

2. 생식소지수 (GI)

생식소의 발달과 성숙 그리고 산란을 나타내는 생식소지수의 월별 변화는 Fig. 2와 같다. 암컷의 경우, 생식소지수는 2월부터 점차 증가되어 5월에 최대 (4.50)에 이른 후, 6월부터 급격히 감소되기 시작하여 12월까지 낮은 값을 보였다. 수컷의 경우도 역시 2월부터 증가되어 5월에 최대 (4.50)에 이른 후, 6월부터 급격히 감소하기 시작하여 12월까지 낮은 값을 보였다.

3. 비만도 지수

비만도는 연중 0.123-0.212 범위로 2월부터 점차 상승하여

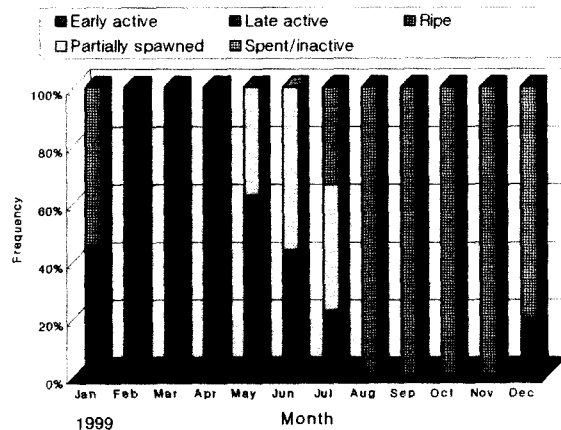


Fig. 4. Frequency of gonadal phases of male *Protothaca jedoensis* from January to December, 1999.

5월에는 0.212 ± 0.076 로 최고치를 보였고, 6월부터 급격히 낮아진 후, 12월까지 서서히 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 3).

4. 생식주기

살조개의 생식소 발달단계의 월별빈도 (%) 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 본 종의 생식소 발달단계는 생식소 내 생식세포의 분화발달 정도와 형태적 특징 차이 등을 근거로 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 그리고 퇴화/비활성기의 연속적인 5 단계로 나눌 수 있었다 (Figs. 4, 5).

1) 초기활성기 (Early active stage)

암컷의 경우, 난소는 크기가 작은 수많은 난소소낭으로 구성되어 있으며, 난소소낭 내에는 두터운 생식상피를 따라 난원세포들이 나타났고, 또한 초기발달 중인 여러 개의 난모세포들도 출현하였다. 난원세포들의 난경은 대략 10-11 μm 이었으며, 초기 발달 중인 난모세포들의 난경은 15-35 μm 이었다. 특히, 이 시기에는 다수의 간충직세포들과 호산성과립세포들이 난소소낭들 사이에서 출현하였다 (Fig. 6A).

수컷의 경우, 정소는 크기가 작은 정소세관으로 구성되어 있으며, 정소세관 내에는 비교적 두터운 생식상피상에 정원세포들이 출현하였고, 정모 세포는 정소세관의 생식상피 주변에 다수가 나타났다. 정원세포들의 크기는 대략 약 8-9 μm 이었고, 정모세포는 6-7 μm 정도이었다. 이 시기에 다수의 호산성 과립세포들과 간충직세포들이 정소세관들 사이에서 출현하였다. 초기 활성기의 암수 개체들은 12-3월에 나타났다 (Fig. 6G).

2) 후기활성기 (Late active stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 생식상피 두께가 좀 더 얇아졌고, 소낭 내강은 발달중인 생식세포들로 채워졌다, 난모세포의 난경은 50-60 μm 로 성장하였으며, 각각의 난모세포들은 난병을 생식상피에 부착하였다. 소낭 내에는 일부 완숙된 난모세포가 난소소낭 내강에서 출현하였다. 특히, 이 시기에 배포 (germinal vesicle)상의 핵 내에 뚜렷한 인이 나타나지만 호산성과립세포들과 간충직세포들이 점차 감소되었다 (Fig. 6B).

수컷의 경우, 정소세관의 내강 내에는 소수의 정원세포들, 수 많은 정모세포들과 정세포들 그리고 일부 변태중인 정자들이 층상배열이 되어 나타났다.

후기활성기의 암, 수 개체들은 2-6월에 출현하였다 (Fig.

6H).

3) 완숙기 (Ripe stage)

암컷의 경우, 생식소의 80% 이상을 차지하는 난소소낭의 내강은 성숙중인 또는 완숙 난모세포들로 가득 채워진 대신 소낭의 생식상피 두께는 아주 얇아졌다. 완숙 난모세포들의 난경은 약 60-70 μm 이며, 젤라틴 막으로 둘러싸여져 있고, 세포질 내에는 많은 난황과립들이 출현하였다 (Figs. 6C, 6D).

수컷의 경우, 완숙정소의 여포벽에는 극소수의 정원세포들이 나타나고, 그 주변에는 정모세포들과 수많은 정세포들이 층상배열을 하고 있으며, 완숙정자는 정소세관의 내강에 출현하였다 (Figs. 6I, 6J).

4) 부분산란기 (Partially spawned stage)

암컷의 경우, 대부분의 난소소낭은 산란으로 인해 내강의 중앙부는 텅 비게 된다. 산란된 난소는 난소 소낭에서 초기발달 중인 난원세포 뿐만 아니라 다수의 미 방출된 잔존 난모세포들이 출현하였다.

수컷의 경우, 정소세관의 내강 중앙부에 가득 채워져 있던 정자는 60% 이상이 방정되어 내강의 중앙부는 텅 비어 나타났다. 그러나 일부 미 방출된 정모세포들과 정세포들 그리고 다수의 미 방출된 잔존 정자들이 정소세관 내에 출현하였다.

부분산란기의 암, 수 개체들은 5-7월에 나타났으며, 산란성기는 6, 7월이었다 (Figs. 6E, 6K).

5) 퇴화 및 비활성기 (Spent and inactive stage)

암컷의 경우, 산란후 난소소낭 내강에는 퇴화 붕괴 중인 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화위축되었다. 이 단계의 조직절편들을 관찰하여 보면, 조직들이 흐트러져 압, 수성의 구별이 어렵게 된다. 그 후 결체조직들이 난소내의 퇴화 붕괴된 곳을 다시 채우고 세포분화와 발달이 다시 시작되었으며, 새로 형성된 난소소낭의 상피상에는 소수의 난원세포들이 다시 출현하였다 (Fig. 6F).

수컷의 경우, 방정후 퇴화, 붕괴 중인 정소세관 내에는 일부 잔존하는 소수의 정모세포들과 정세포들 그리고 다수의 정자들이 퇴화붕괴되었다. 그 후 새로 형성된 정소세관과 세관사이에 수많은 결체조직들이 채워졌으며, 생식상피상에는 소수의 정원세포들이 다시 나타났다.

퇴화 및 비활성기의 암수 개체들은 7-1월에 나타났 (Fig. 6L).

5. 군성속도

살조개의 성숙 및 산란기인 4월부터 8월까지 각장의 범위가 25.2-64.9 mm인 암수 총 219 개체 (암컷 113 개체, 수컷 106 개체)를 대상으로 생식소를 조직학적으로 조사, 분석하였

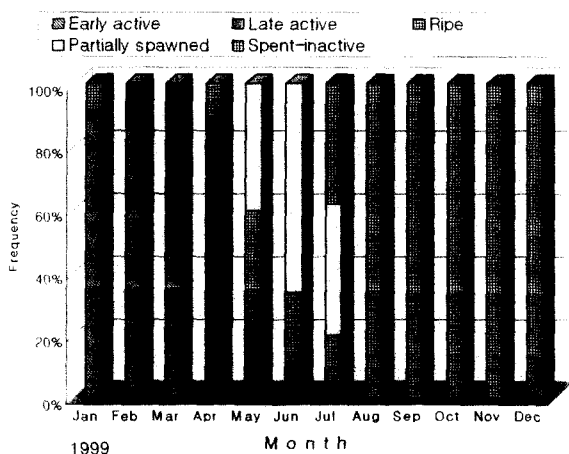


Fig. 5. Frequency of gonadal phases of female *Protothaca jedoensis* from January to December, 1999.

는데, 성숙 및 번식시기입에도 개체들 중에는 예외로 생식소의 발달단계가 초기활성기를 나타내어 성숙 및 재생산에 가담하기가 어려울 것으로 판단되는 개체들은 제외시키고 후기활성기 이상인 개체들은 생식에 가담할 수 있을 것으로 판정하였다. 생식소가 성숙하여 재생산에 가담하기 시작하는 암수 개체의 크기 (또는 연령) 를 조사한 결과, 각장 30.1-35.0 mm인 암수 개체들의 군성숙도는 각각 52.6%와 60.0%를 나타내어 암수 모두가 군성숙도 50% 이상을 나타내었고, 각장 45.1 mm 이상에서는 암수가 모두 100%를 나타내었다 (Table 1).

6. 암수 성비

암수의 성비의 조사결과는 Table 2와 같다. 각장 30.1 mm 이상 (군성숙도 50% 이상) 인 총 205 개체 (암컷 98 개체, 수컷 107 개체) 를 대상으로 암수의 생식세포가 뚜렷하게 구분되는 3월부터 8월까지 생식소를 조직학적으로 분석한 결과, 암컷:수컷의 성비는 1:1로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($\chi^2 = 0.40, P > 0.05$).

고 찰

일반적으로 패류의 생식소는 소화맹장 외측과 족부 근육층 사이에 망상 결합조직에 다수의 세관 또는 소낭으로 구성된 것으로 알려져 있다 (Mackie, 1984; Chung et al., 1988, 1994). 본 조사에서 살조개의 생식소는 외형적으로 내장낭의 간중장선 외측을 둘러싸고 있는 외벽 근섬유막과 족부의 외벽 근섬유막 사이에 있는 망상결합조직 사이에 수직상 소낭으로 구성되어 있는 것으로 나타나 살조개도 일반적인 이매패류의 생식소 구조를 갖는 것으로 관찰되었다.

패류의 성은 일반적으로 자웅동체, 자웅이체의 2가지형으로 알려져 있다. 대부분의 패류는 외형적으로는 암수 성의 구별이 어렵지만, 전복, 피조개 등 일부 패류에서는 산란기의 성숙된

생식소의 색상과 모양의 차이로 암수를 구분할 수 있다고 보고 되어 있다 (Chung, 1997). 살조개도 5월 이후 생식소가 성숙 해지면서 정소는 황백색, 난소는 황갈색으로 암수의 성구별이 가능하였고, 조직학적 관찰에서 난소와 정소를 함께 가지는 자웅동체형이 없는 것으로 나타나 살조개의 성은 자웅이체로 관찰되었다. Pizarro and Cruz (1987)는 코스타리카에 서식하는 *Protothaca grata*에서 암수의 성비는 1:1.2로 성전환은 없고 자웅이체라고 보고하였고, *Protothaca* 속의 *P. Pectorina*, *P. staminea*, *P. asperrima*도 자웅이체라고 보고 되어 있다 (Ewart et al., 1988; Matos et al., 1997). 따라서 살조개를 포함한 *Protothaca* 속 조개류들은 자웅이체 종인 것으로 추정된다.

일반적으로 이매패류의 생식소는 대개의 경우 내장낭 속에 들어 있어 생식소만을 분리하기가 어렵다. 이러한 경우에는 생식소가 성숙시 생식소의 중량이 크게 증가되고 산란기에 감소 되는 중량의 변화에 따라 생식소의 성숙과 산란을 지수값으로 표현하는 생식소중량지수 (GSI, gonadosomatic index) 는 구할 수 없으나, 그대신 생식소 발달 단계에 따른 생식소 발달 등급별 지수로 나타내는 생식소지수 (gonad index, GI) 로 나타낼 수 있다 (Mann, 1979). 일반적으로 산란기 확인을 위해 구하는 생식소지수의 평균값 변화는 생식소의 성숙도와 일치하여 변하고 있어 최근 이를 이용하고 있다. 이 때 높은 생식소지수 값은 생식소의 성숙 및 완숙을 나타내며, 그 이후 나타나는 낮은 값은 산란을 나타내는 지표로 잘 알려져 있다 (Jaramillo et al., 1993; Kanti et al., 1993; Chung, 1997). 본 연구에서 살조개의 생식소지수는 생식소 발달이 일어나는 춘계에 뚜렷이 증가되기 시작하였고 생식소가 완숙되는 4-5월에 최대에 도달했다. 그 후 생식소지수는 산란과 퇴화흡수가 일어나는 6월부터 11월까지 점차 감소되는 경향을 보였

Table 1. Shell length of first sexual maturity of *Protothaca jedoensis* during the breeding season.

| Shell length (mm) | Female | | Male | |
|-------------------|--------|--------------|--------|--------------|
| | Number | Maturity (%) | Number | Maturity (%) |
| 25.1-30.0 | 10 | 20.0 | 12 | 33.3 |
| 30.1-35.0 | 19 | 52.6 | 15 | 60.0 |
| 35.1-40.0 | 17 | 70.5 | 11 | 90.9 |
| 40.1-45.0 | 18 | 88.8 | 17 | 94.1 |
| 45.1-50.0 | 16 | 100.0 | 15 | 100.0 |
| 50.1-55.0 | 15 | 100.0 | 17 | 100.0 |
| 55.1-60.0 | 17 | 100.0 | 15 | 100.0 |
| 60.1-64.9 | 1 | 100.0 | 4 | 100.0 |
| 계 | 113 | | 106 | |

Table 2. Monthly variation in sex ratios of adult jedo venus, *Protothaca jedoensis*.

| | Number of Individual | | Total | Sex ratio (F/F = M) | χ^2 |
|-------------|----------------------|------|-------|---------------------|----------|
| | Female | Male | | | |
| March 1999 | 17 | 23 | 40 | 0.43 | 0.9 |
| April 1999 | 14 | 20 | 34 | 0.41 | 1.06 |
| May 1999 | 16 | 19 | 35 | 0.46 | 0.26 |
| June 1999 | 18 | 13 | 31 | 0.58 | 0.81 |
| July 1999 | 13 | 17 | 30 | 0.43 | 0.53 |
| August 1999 | 20 | 15 | 35 | 0.57 | 0.71 |
| | 98 | 107 | 205 | 0.48 | 0.40 |

The critical value for χ^2 goodness of the test of equal numbers of female and males, (1 df) at 95% significance 3.84.

다. 따라서 월별 생식소지수의 변화는 생식소의 발달, 성숙, 산란 및 퇴화흡수와 밀접한 관계를 보이고 있다.

비만도지수 (condition index, CI) 는 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 구하는데, 이 지수값의 연간 변화상이 생식소

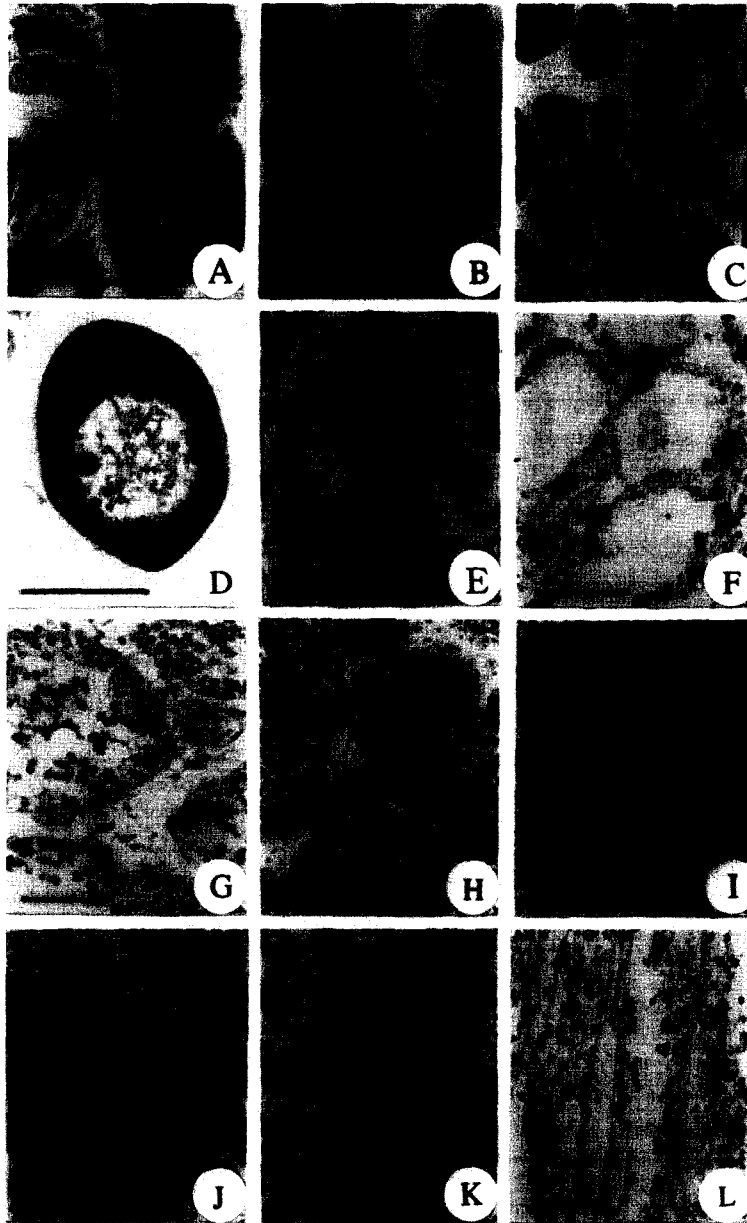


Fig. 6. Photomicrographs of gonadal phases of the jedo venus *Protothaca jedoensis* (A-L). A and B: Section of the ovarian sacs in the late active stage, C and D: an ovarian sac and a ripe oocyte in the ripe stage, E: ovarian sacs in the partially spawned stage, F: ovarian sacs in the spent/inactive stage, G: testicular tubules in the early active stage, H: testicular tubules in the late active stage, I and J: tubules in the ripe stage, K: tubules in the partially spawned stage, L: tubules in the spent inactive stage. Scale bars = 50 μm except for fig. D (25 μm).

발달과 관련되어 있어 이 값으로 성숙도를 추정하여 왔다 (Chang and Lee, 1982; Chung *et al.*, 1988). 살조개와 비슷한 하계 산란종인 새조개 (Chang and Lee, 1982) 와 동족 (Chung *et al.*, 1988) 의 비만도지수의 월별 변화는 생식세포의 성장·발달과 더불어 봄에 빠른 속도로 증가하여 5-6월에 가장 높았고 산란이 종료한 다음, 수온이 하강하는 10-11월에 아주 낮은 값을 보였다. 생식세포의 발달과 함께 증가하고 산란 이후 감소되는 것으로 보아, 생식소 발달 과정과 비만도지수는 상호 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되어 있다 (Chang and Lee, 1982; Chung *et al.*, 1988). 본 조사에서 살조개의 비만도지수 (CI) 의 월별 변화는 생식소 발달이 일어나는 2월 부터 증가되기 시작하여 완숙 또는 산란 직전인 5월에 최대값 (0.21) 에 이른 후, 6월부터 감소하기 시작하여 9월까지 낮은 값을 보인 후, 12월에 최소 (0.1231) 값을 보이고 있다. 살조개 비만도지수의 월별 변화는 생식소 발달 및 산란시기와 밀접한 관계를 가지며 변화하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 생식소의 생식세포 형성초기에 난소소낭과 정소세관 내에서 생식세포와 구별되는 호산성과립세포들과 미분화간충세포들이 많이 출현하였다가 생식소가 발달·성숙하는 시기에는 그 수가 급감되었다가 퇴화 및 비활성기 상태로 되면서 다시 생성되는 변화상이 관찰되었는데, 이러한 생식소내 연간 변화상에 관하여 Chang and Lee (1982) 는 새조개 (*Fulvia mutiro*) 에서 생식소 내 생식세포와 구별되는 체세포들이 생식세포가 발달하면서 그 수가 감소되는 것을 관찰하고 이들 세포들이 생식세포들의 성숙을 위한 영양물질로 제공되고 있는 것으로 간주하였다. 또 이와 같은 현상은 동족 (Chung *et al.*, 1988; Chung and Ryou, 2000)에서도 H-E염색에서 호산성을 나타내는 미분화 간충조직의 세포들과 호산성과립세포들이 생식세포 형성 초기에 다수가 출현하였다가 성숙기에 감소하는 것으로 보아 이들 세포들이 생식세포 발달과정 중에 영양물질로 제공되는 것으로 추정된다고 보고되어 있다. 따라서 살조개에서도 생식세포 형성 초기에 출현하는 호산성과립세포들과 미분화간충세포들은 생식세포 발달과정 중에 생식세포를 위한 영양물질로 제공되는 것으로 추정된다.

살조개는 방란·방정을 마치면 생식소 내 소수 잔존하던 생식세포들은 고수온기를 지나면서 완전히 퇴화, 흡수되고, 비활성기 상태를 유지하다가 겨울철 저수온기에 접어들면 새로운 조직배열과 함께 신생 생식상피를 형성함을 관찰할 수 있었다. 이때패류의 생식주기 또는 산란주기의 연구는 개체군 역학 연구 (즉, 연령사정 및 가입기간) 뿐만 아니라 생물지질학의 연구를 위해서도 필수적이다.

Sastry (1970) 에 의하면, 이때패류의 생식주기는 기본적으로 종 고유의 유전적 형질에 의하여 제어되며, 온도와 먹이, 염분, 광도 등의 환경요인에 의해서도 큰 영향을 받으며, 생식활

동은 환경요인과 내부요인과의 상호작용에 의하여 발생된다고 하였다.

생식주기는 생식소의 발달, 산란 및 생식소의 퇴화에 이르는 전과정으로 (Chung, 1997), 이때패류의 생식주기와 산란기 사이에는 위도구배에 따라, 해역에 따라 그리고 해에 따라 다르게 나타나는데, 이것은 환경조건의 변화와 밀접한 관련이 있을 것으로 추정된다.

Rand (1973) 는 한대 기후 지역에서는 산란기가 연 1회이고, 온대 기후 지역에서는 연 2회이며, 열대 기후 지역에서는 연중 산란이 일어나고 있어 위도구배에 따라 생식전략이 다르게 나타난다고 보고하였다. 특히, 바지락의 경우에는 동일종이라도 지역이 다른 개체군인 경우, 세계 여러 지역에 서식하는 바지락의 생식주기 (또는 산란기) 사이에는 큰 차이를 보이고 있다; 캐나다의 British Columbia (Quayle and Bourne, 1972), 미국 Washington의 Hood Canal (Holland and Chew, 1974), 일본 북부 (Yoshida, 1953), 그리고 동해의 북서부인 Vostok Bay (Ponurovsky and Yakovlev, 1992) 에서는 1회의 산란기를 가지나 일본 동경만 남부에서는 2회의 산란기 (Tanaka, 1954; Ohba, 1959) 를 나타내었다고 보고되어 있다. 본 연구에서 한국 보령 연안산 살조개는 일본 동경만의 북부지역에 해당되는 위도에 서식하고 있어, 한번의 산란기를 가진다. 따라서 같은 살조개일지라도 온도와 위도가 다른 지역에서는 연간 산란기의 횟수가 다르게 나타날 것으로 추정된다. *Protothaca grata* 는 산란기가 1-3월과 6-8월의 2회로 보고하고 있고, *P. staminea* 도 지역에 따라서 봄이나 여름에 산란한다고 보고되어 있다 (Pizarro and Cruz, 1987). 이들 종들은 바지락의 경우와 마찬가지로, 동일종일지라도 위도, 서식처에 따라 연중 산란기의 횟수가 다른 것처럼, 특히, 코스타리카에 서식하는 살조개류인 *P. staminea* 는 일본 동경만의 바지락에서 나타나는 현상과 같이 연 중 2회의 산란기를 갖는데, 이런 현상은 서식 환경요인 (수온, 먹이, 일장 등) 이 지역에 따라 다르게 나타나 산란기가 서로 다르게 나타나는 것으로 추정된다 (Sastry, 1963, 1966, 1968, 1970; Sastry and Blake, 1971; Chung *et al.*, 1998; Chung and Ryou, 2000).

요 약

1999년 1월부터 12월까지 한국 보령 연안에 서식하는 살조개 (*Protothaca jedoensis*) 를 대상으로 생식소지수, 생식소 성숙 및 산란에 따른 생식주기, 산란기, 군성숙도, 그리고 성비 등 생식생태를 조사하였다.

생식소는 내장낭의 간중장선 외측을 둘러싸고 있는 외벽 근 섬유막으로부터 족부의 외벽근 섬유막 사이에 있는 망상결체 조직층 사이에 다수의 소낭 또는 세관으로 분포하였다. 난소는

수많은 난소소낭으로, 정소는 다수의 정소세관들로 구성되어 있다. 암수의 생식소지수 (GI) 의 월별 변화는 2월부터 점진적으로 증가하기 시작하여, 5월에 최대에 이른 후 6월부터 급격히 감소하여 11월에 최소에 이르고 있어 생식주기의 변화와 유사하였다. 본 종의 산란기는 1년에 1회로 5-7월사이에 일어나며, 산란성기는 해수 수온이 20℃ 이상인 6월과 7월사이 이었다. 살조개 암수의 생식주기는 초기활성기 (12-3월), 후기활성기 (2-5월), 완숙기 (4-7월), 부분산란기 (5-8월), 퇴화 및 비활성기 (7-1월) 의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다.

암수 개체의 균성속도 (%) 는 각각 30.1-35.0 mm 인 경우 균성속도 (%) 는 각각 52.6%와 60.0%이었고, 각각 45.1 mm 이상인 암, 수 개체들의 성비는 1:1로 유의한 차를 보이지 않았다($\chi^2 = 0.40$, $p > 0.05$).

감사의 말씀

자료 정리 및 원고 작성을 위해 도움을 준 군산대학교 대학원생 최기호군에게 감사드리며, 본 연구는 군산대학교 수산과학연구소 2002년도 학술 지원 연구비의 일부 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **15**(3): 241-253.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y. and Lee, T.Y. (1988) A Study on sexual maturation of *Macra veneriformis* Reeve. *Korean Journal of Malacology*, **4**(1): 30-40.
- Chung, E.Y., Seo, Y.H. and Park, K.H. (1998) Sexual maturation, sex ratio and hermaphroditism of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, on the west coast of Korea. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **1**(1): 82-91.
- Chung, E.Y., Lee, J.H. and Ryou, D.K. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the Coast of Kimje. *Korean Journal of Malacology*, **14**: 79-82.
- 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. *Development & Reproduction*, **1**: 141-156.
- Chung, E.Y. and Ryou, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Macra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**(1-2): 149-163.
- Era, A.M. (1985) Effects of tide and salinity on increment and line formation in the shells of the bivalve mollusk *Protothaca staminea*. *Dissertation Abstracts International Part B: Science and Engineering*, **46**(6): 107-111.
- Ewart, J.W., Carriker, M.R., Villalaz, J.R., Gomez, J.A. and D'Cruz, L. (1988) Gametogenic development of the venerid clam *Protothaca asperrima* in the Bay of Panama. *Journal of Shellfish Research*, **7**(1): 118-126.
- Harrington, R. (1987) Growth patterns within genus *Prototaca* (Bivalvia: Veneridae) from the Gulf of Alaska to Panama *aleotemperatures*, paleobiogeography and paleolatitudes. *Dssertation Abstracts International Part B: Science and Engineering*, **7**(7): 249-256.
- Holland, D.A. and Chew, K.K. (1974) Reproductive cycle of the Manila clam Washington. *Proceedings of National Shellfish Research*, **64**: 53-58.
- Kim, J. (1996) A Study on the Reproductive Cycle of the Venus Clam, *Protothaca jedoensis*. Yosu National Fisheries University, MS. Thesis, 22 pp.
- Kim, J. (2002) Studies on the Phylogenetic relationships and Reproductive Cycle of the Venus Clam, *Prototaca jedoensis* in Korea. Yosu National Fisheries University, Ph.D. Thesis, 152 pp.
- Kwon, O.K., Park, K.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. pp. 1-445. Academy Publishing Company, Seoul.
- Macki, G.L. (1984) Bivalves. In: The Mollusca. Vol. 7. Reproduction. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H. and van den Biggelaar, J.A.M), pp. 351-417. Academic Press, Orlando.
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of Marine Biological Association U.K.*, **59**: 95-110.
- Matos, E., Matos, P., Casal, G. and Azev, C. (1997) Ultrastructure of the spermatozoon of *Prototaca pectorina* Lamarck (Mollusca: Bivalvia) of the North littoral of Brazil. *Review of Brasil Zoology*, **14**(4): 779-783.
- Momoyama, K., and Iwamoto, T. (1979) On the spawning period in Yamaguchi and Oumi Bay. *Yamaguch Prefecture Naigai Ocean Center*, **7**: 19-34. [in Japanese]
- Ohba, S. (1959) Ecological studies in the population of a clam, *Tapes japonica*, with special reference to seasonal variations in the size and structure of population and to individuals growth. *Biological Journal of Okayama University*, **5**: 13-42.
- Parjerm M.S. (2000) Population genetics of *Protothaca staminea* and *Nacoma balthica* in Puget Sound, WA. *Journal of Shellfish Research*, **19**(1): 686-705.
- Pizarro, J.F. and Cruz, R.A. (1987) Reproductive cycle of the clam *Prototaca grata* (Pelecypoda: Veneridae). *Brenesia. San Jose*, **27**: 23-24.
- Ponurovsky, S.K. and Yakovlev, Y.M. (1992) The reproductive biology of the Japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams & Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Shellfish Research*, **11**: 265-277.

- Quayle, D.B. and Bourne, N. (1972) The clam fisheries of British Columbia. *Fisheries Research Board Canada Bulletin*, **179**: 70-81.
- Rand, W.M. (1973) A stochastic model of the temporal aspect of breeding strategies. *Journal of Theoret Biology*, **40**: 337-351.
- Sastry, A.N. (1963) Reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biological Bulletin*, **125**: 146-153.
- Sastry, A.N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin*, **130**: 118-134.
- Sastry, A.N. (1968) Relationship among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. *Physiological Zoology*, **41**: 44-53.
- Sastry, A.N. (1970) Reproductive physiological variation in latitudinally separated population of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, **138**: 56-65.
- Sastry, A.N. and Blake, N.J. (1971) Regulation of gonad development in the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, **140**: 274-282.
- Tanaka, Y. (1954) Spawning season of important bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*. *Bulletin of Japanese Society Science and Fisheries*, **19**: 1165-1167.
- Yoshida, H. (1953) Studies on larvae and young shells of industrial bivalves in Japan. *Journal of Shimonoseki College Fisheries*, **3**: 1-106.