



꼬막 *Tegillarca granosa*의 생식소 발달과 생식주기

김성연, 문태석^{1,*}, 신윤경², 박미선³

국립수산과학원 양식환경연구센터, ¹남해특성화연구센터, ²남해수산연구소 증식연구과 ³양식관리과,

Gonadal Development and Reproductive Cycle of the Granular Ark *Tegillarca granosa* (Bivalvia: Arcidae)

Sung Yeon Kim, Tae Seok Moon^{1,*}, Yun Kyung Shin² and Mi Seon Park³

Aquaculture Environment Research Center, Tongyoung, 650-943, Korea

¹South Sea Mariculture Research Center, NFRDI, Namhae 668-821, Korea

²Aquaculture & Resource Enhancement Research Division, SSFRI, 556-823, Korea

³Aquaculture Management Division, NFRDI, Busan 619-920, Korea

Gonadal development and reproductive cycle of the granular ark *Tegillarca granosa* were investigated by histological observations. Samples were collected monthly from January to December 2002 in the Yeosu Bay of Yeosu, Jeollanam-do, Korea. *T. granosa* was dioecious. The gonads consist of a number of oogenic follicle and acinus. Monthly changes in the gonad index reached a maximum in June and a minimum in August. Monthly changes in the condition index reached a maximum in July and a minimum in September. The reproductive cycle of this species can be divided into five successive stages: early active stage (March to May), late active stage (April to June), ripe stage (May to July), spent stage (July to August) and recovery and resting stage (September to March). The spawning of *T. granosa* occurred in July and August in Yeosu Bay. The sex ratio of female to male was not significantly different from 1:1.

Keywords: *Tegillarca granosa*, Gonad development, Reproductive cycle, Sex ratio

서 론

꼬막 *Tegillarca granosa*는 이매패강(Bivalvia) 돌조개목(Aroicida) 돌조개과(Arcidae)에 속하는 이매패류로서, 돌조개과에는 돌조개를 포함하여 242종이 있으며 한국에는 16종이 알려져 있다(Min, 2004). 꼬막은 꼬막류 중 가장 천해성으로 간조시에 간출되는 조간대에 서식한다. 우리나라에서 서해안과 남해안 연안에 많이 분포하고, 그 외 일본, 중국, 동남 아시아로부터 인도양, 서태평양 등지에도 널리 분포한다.

우리나라에서 꼬막에 관해 연구 보고된 것은 생식세포 형성(Lee, 1997), 연령과 성장(Chang et al., 2006), 치패의 출현과 분포(Moon et al., 2006), 환경에 대한 생리적 반응(Shin et al., 2002, Shin and Moon, 2006), 난 발생 및 초기 유생(Moon et al., 2004) 및 수온 내성(Shin and Moon, 2005) 등이 있다. 또한 꼬막류는 동남 아시아에도 널리 분포 이용되고 있어, 이들의 성장(Broom, 1982, 1983; Oon, 1986; Hansopa et al., 1988; You et al., 2002), 성 성숙, 생식주기 및 난 발생(Narasimham,

1983; Zheng et al., 1995), 유생 사육 및 치패 생산(Muthiah and Narasimham, 1992; Tian et al., 1996; Zhang et al., 1998; Chai et al., 2002), 식성(Lam and Hai, 1998) 그리고 환경 내성(Basu and Gupta, 1984; Davenport and Wong, 1986)에 대한 연구결과들도 보고되어 있다.

수산생물의 양식과 자원조성을 위해서는 수산생물의 인공 종묘생산이 우선적으로 이루어져야 하는데, 이들 양식 및 자원조성용 수산종묘 생산을 위해서는 대상 수산생물의 생식생태를 이해하고 최적의 종묘생산 시기와 방법을 연구개발하여 이용하여야 한다. 이매패류의 성 성숙 및 생식주기에 미치는 영향 요인들 가운데는 수온이 외인성 요인 중 가장 중요하게 작용하며(Mackie, 1984; Rodriguez-Moscoco and Arnaiz, 1988), 주로 위도와 지리적 조건에 따라 달라지는데, 꼬막에 관해서는 생식주기에 관한 자료도 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 조직학적 방법을 이용하여 우리나라 전라남도 여수시 소재의 여자만에서 서식하는 꼬막을 대상으로 성장 변화와 함께 생식생태학적 기초 자료인 생식소 발달 및 생식주기, 생식소지수와 비만도지수의 월 변화 그리고 성비를 조사하여, 꼬막의 생식생태에 관한 기초 자료를 제공 하고자 하였다.

*Corresponding author: tsmoon@nfrdi.go.kr

재료 및 방법

시료 채집

본 연구에 사용한 꼬막은 전라남도 여주시 소라면 소재 여자만 조간대 지역(N 34° 46' 20", E 127° 34' 10")에서 2002년 1월부터 12월까지 손 형망 채취기로 매월 30개체 전후를 채집하였다.

조직학적 방법

채집한 개체는 각장, 각고, 전중량 및 육중량 등의 측정 형질을 측정 후, 생식소가 포함된 내장낭의 일부를 Bouin's solution에 24시간 고정 한 후 파라핀 절편법으로 두께 4~5 μm의 조직표본을 제작하였다. 염색은 Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin 비교염색을 실시하였다.

생식소 발달단계

꼬막의 생식소 조직상을 광학현미경으로 관찰하여 초기 활성기(Ea: early active stage), 후기 활성기(La: late active stage), 완숙기(R: ripe stage), 방출기(S: spent stage) 그리고 회복 및 휴지기(Re: recovery & resting stage)의 5단계로 나누었다.

생식소지수(Gonad Index, GI)

생식소지수(GI)는 Fig. 2와 같이 Eversole의 방법을 일부 수정하여 계산하였다. 조직표본 관찰 후, 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수(Re=1, Ea=2, La=3, R=4, S=0)를 곱한 전체의 합을 매월 전체 개체수로 나누었다.

$$GI = \frac{(Re \text{ 개체수} \times 1) + (Ea \text{ 개체수} \times 2) + (La \text{ 개체수} \times 3) + (R \text{ 개체수} \times 4) + (S \text{ 개체수} \times 0)}{\text{월 조사 개체수}}$$

비만도지수(Condition Index, CI)

생식소 발달로 인해 증감되는 생식소 중량이 육중량에 미치는 영향을 알기 위해 일반적으로 비만도지수(CI)를 조사한다.

비만도지수(CI)는 [육중량(g) / 각장³ (mm)]×1,000의 식으로 산출하였다.

성비(Sex Ratio)

매월 채집한 개체들에서 각 개체별 생식소의 조직 검경을 통해 암·수 구분이 가능하였던 3월에서 9월까지의 총 209개체(암컷 100개체, 수컷 109개체)를 대상으로 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가정 하에 Chi square test를 실시하여 암수의 성비가 1:1이라는 가설과 일치하는지 또는 유의한 차를 보이는지 판정하였다. 판정은 95% 신뢰구간에서 Chi square goodness-of-fit test의 기준값이 3.84이므로 이를 기준으로 하여 유의한 차를 보였는지 판정하였다.

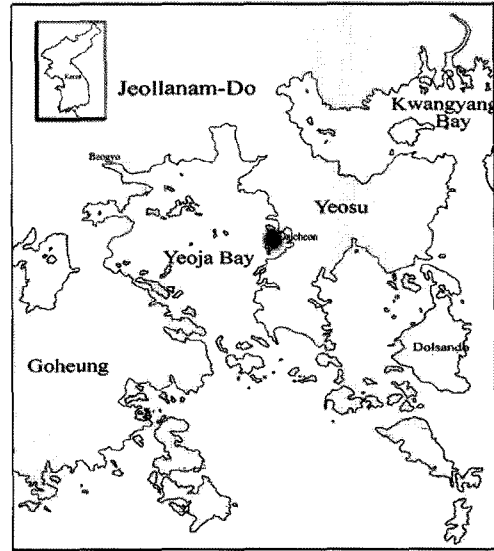


Fig. 1. Map showing the sampling area (dark area) of the granular ark *Tegillarca granosa*.

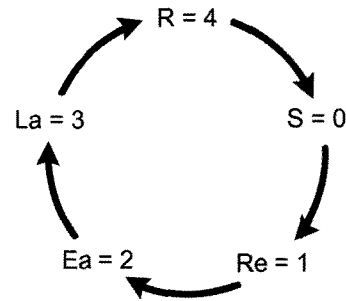


Fig. 2. Scoring system used to rank different stage of gonadal development of the granular ark *Tegillarca granosa*.

결 과

생식소 구조와 생식소 발달단계

1. 난소 발달과정

난소는 연체부와 족부의 근육조직 하부에서 간췌장 및 내장낭까지의 섬유성 결합조직 부위에 위치하며, 이들 난소는 다수의 소낭으로 구성되어 있다. 난소에서의 생식세포 성숙 발달단계를 조직학적으로 관찰한 결과, 아래와 같은 연속적인 5단계로 나눌 수 있었다.

초기 활성기(Early active stage)

각 난소 소낭의 생식상피를 따라 단일 인을 가진 난경 5 μm 전후의 난원세포들이 분열증식하여 점차 그 수가 증가하였다. 소낭 상피에는 난원세포와 크기가 비슷하며 호산성의 염색성을 갖는 파립세포들이 다수 관찰된다(Fig. 3A). 이후 각 소낭의 신장 발달과 함께 소낭 상피세포를 따라 발달 중이던 난원세포들이 난경 15~20 μm 전후로 성장 발달한다. 이들 난모세포들은 소낭상피에 난병을 부착한 채 소낭의 내강 쪽으로 발달해 가며, 난모세포 주위에는 호산성 파립세포들도 일부 관찰된다. 이 때

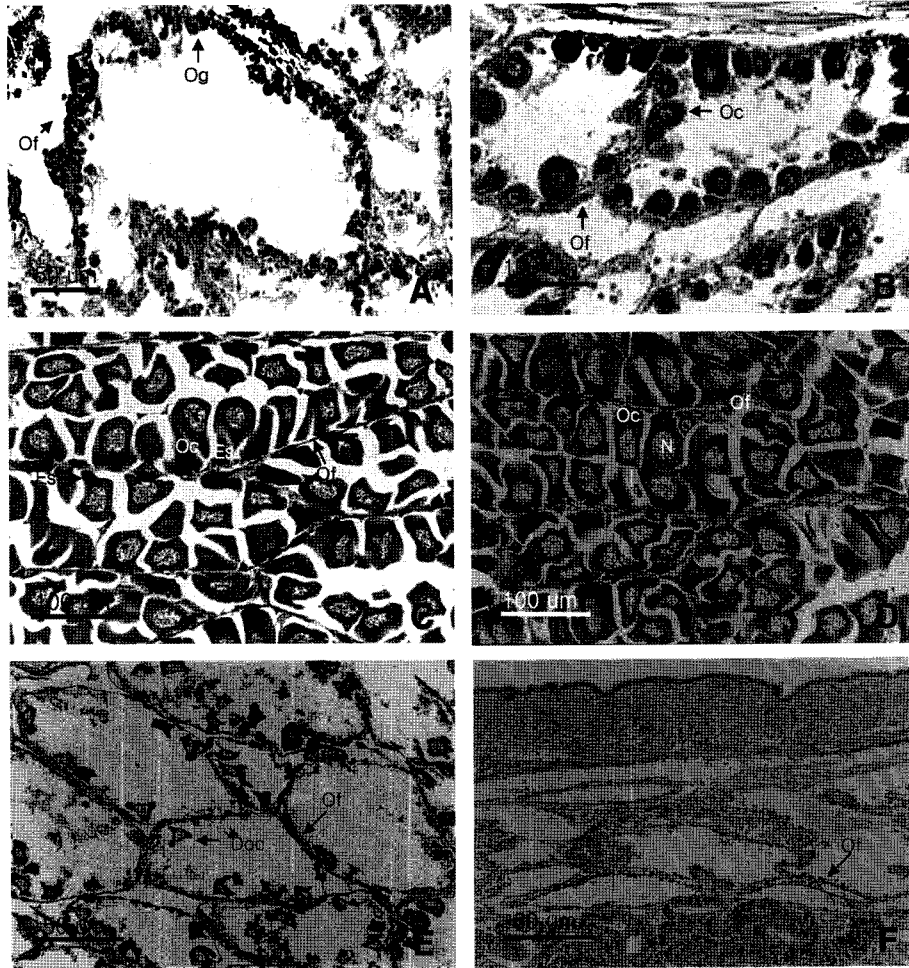


Fig. 3. Photomicrographs of gonadal phases in female, *Tegillarca granosa* as seen by light microscopy. A, B, early active stage; C, late active stage; D, ripe stage; E, partially spawned stage; F, recovery and resting stage. Abbreviations: Do, degenerated oocyte; Es, egg stalk; N, nucleus; Oc, oocyte; Of, oogenic follicle; Og, oogonium.

난소 소낭의 생식상피는 비교적 두텁게 관찰된다(Fig. 3B).

후기 활성기(Late active stage)

이 시기 난소 소낭 내에는 성숙 발달 중인 난경 30~40 μm 전후의 난모세포들이 다수 출현하는데, 이들 난모세포는 큰 배포상의 핵을 가지며 난병을 생식상피에 부착하고 있다(Fig. 3C). 이들 난모세포들은 계속적인 발달로 인하여 난모세포의 세포질 크기가 계속 증가한다.

완숙기(Ripe stage)

완숙기 난소 내 난모세포들은 난경 50~60 μm 전후까지 계속 발달하고, 난소 내강으로 떨어져서 난소 소낭을 가득 채우게 된다. 이 시기 난소 소낭은 최대로 신장되고, 각 소낭의 상피층도 아주 얇아진 상태를 보였다(Fig. 3D).

방출기(Spent stage)

난소 소낭 내의 완숙된 난모세포들이 방란되면서 소낭 내강에 빈 공간들이 많이 관찰되며, 소낭 내에는 일부 미 방출된 성숙 난모세포들과 발달 중인 초기 난모세포들도 함께 관찰된다(Fig. 3E).

회복 및 휴지기(Recovery & resting stage)

난소 소낭 내의 미 방출된 잔존 난모세포들과 미 성숙된 난모세포들이 모두 퇴화흡수되고 난소 소낭 자체도 크게 위축되면서 다시 소낭 사이의 섬유성 결합조직이 점차 비후되며 휴지기를 지낸다 (Fig. 3F). 회복기까지는 퇴화흡수 중인 난모세포로 성 구분이 가능하였으나, 비활성화 시기인 휴지기에는 생식세포들이 모두 재흡수 되어 정확한 성 구분이 어려웠다.

2. 정소 발달과정

정소도 난소와 마찬가지로 연체부와 족부의 근육조직 하부에서 간체장 및 내장낭까지의 섬유성 결합조직 부위에 위치하며, 다수의 소낭으로 구성되어 있다. 정소의 성숙 발달단계를 조직학적으로 관찰한 결과, 난소와 같이 아래의 연속적인 5단계로 구분 관찰되었다.

초기 활성기(Early active stage)

정소 소낭의 생식상피를 따라서 정원세포들이 분열증식하고 있으며, 이들 정원세포들은 풍부한 호산성 과립세포 및 간충직들과 혼재되어 관찰된다(Fig. 4A). 초기 활성이 시작된 정소에

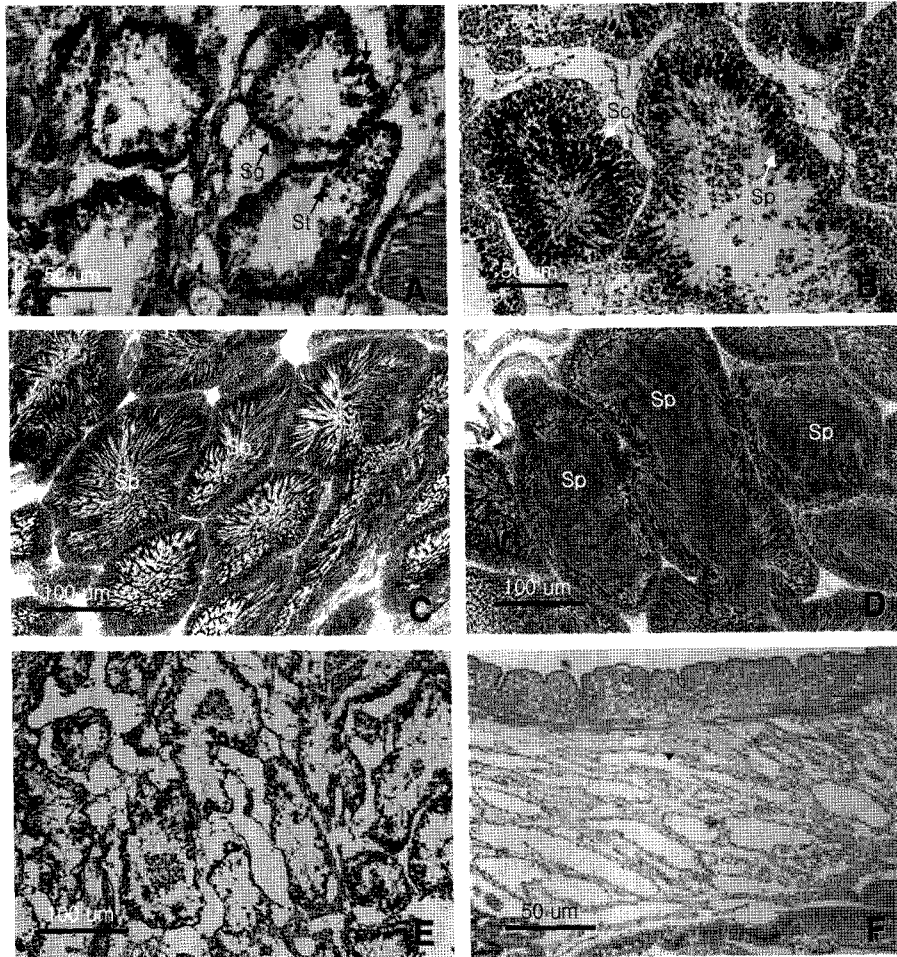


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal phases in male, *Tegillarca granosa* as seen by light microscopy. A, B, early active stage; C, late active stage; D, ripe stage; E, partially spawned stage; F, recovery and resting stage; Abbreviations: Sc: spermatocyte, Sg: spermatogonium; Sp, spermatozoon; St, spermatid.

서는 소낭의 상피를 따라 정모세포 그리고 내강 쪽으로는 발달 중인 정세포가 그 수를 늘려가면서 발달되어 간다(Fig. 4B).

후기 활성화기(Late active stage)

각 정소 소낭의 비후 발달과 함께 소낭 내에는 외층으로부터 정모세포, 정세포 그리고 변태 중인 정자들이 내강 쪽으로 층상 배열된 상태로 관찰되기 시작한다(Fig. 4C).

완숙기(Ripe stage)

완숙된 정소의 소낭은 크게 신장되어 있으며, 각 소낭의 상피 층 쪽으로는 정모세포와 정세포들이 일부 관찰되나, 소낭 상피 가까이 거의 성숙 변태를 마친 정자들로 가득 차게 된다(Fig. 4D).

방출기(Spent stage)

완숙된 정소 소낭 내 밀집되었던 완숙정자들이 방적으로 인하여 체외로 빠져 나가면서, 각 소낭 내에는 빈 공간이 많이 생기며, 미 방출된 정자들과 잔유물들이 소낭의 내강과 기저부에서 관찰된다(Fig. 4E).

회복 및 휴지기(Recovery & resting stage)

방정을 마친 정소의 각 소낭에는 잔존 정자 및 정세포와 정

모세포들이 퇴화 흡수되면서 소낭 자체도 점차 위축되어 퇴화 및 휴지기에 접어들게 된다(Fig. 4F). 정소에서도 난소와 마찬가지로 회복기까지는 퇴화흡수 중인 정자 및 정세포 등으로 성 구분이 가능하였으나, 비활성화 시기인 휴지기에 이들 생식세포들이 모두 재흡수 되어 개체별 정확한 성 구분이 어려웠다.

생식주기

꼬막은 자웅이체로서 생식소의 조직학적 조사 결과(Fig. 5), 이들의 생식주기는 3~5월 초기 활성화기, 4~6월 후기 활성화기, 5~7월 완숙기, 7~8월 방출기, 그리고 9~3월의 회복 및 휴지기로 나눌 수 있으며, 주 산란기는 7월에서 8월로 조사되었다.

생식소지수(GI)의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 꼬막의 월별 생식소지수(GI)를 구하였다. GI는 조사가 시작된 1월에 1.0을 나타내었고, 3월부터 증가하여 6, 7월에 3.7과 3.6으로 연중 최고치를 보

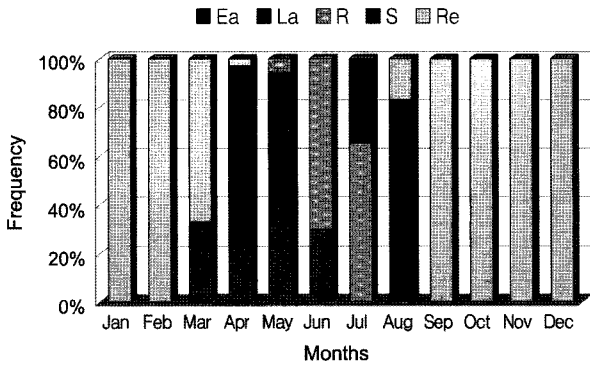


Fig. 5. Frequency of gonadal development stage of the granular ark *Tegillarca granosa*. Ea, early active stage; La, late active stage; R, ripe stage; S, spent stage; Re: recovery & resting stage.

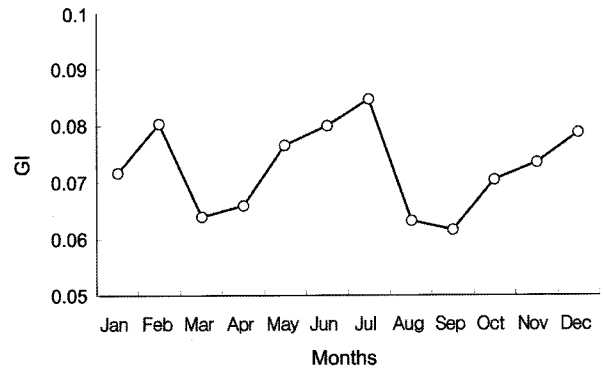


Fig. 7. Monthly variation in the condition index (CI) of the granular ark *Tegillarca granosa*.

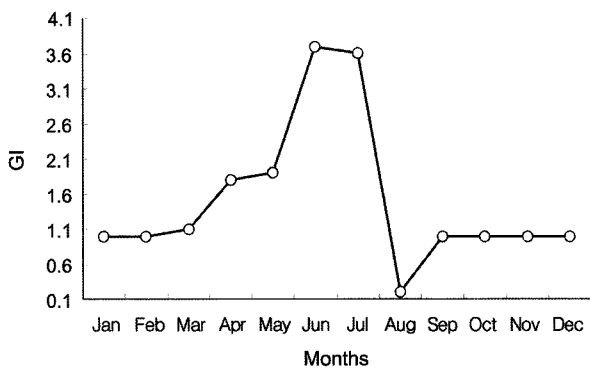


Fig. 6. Monthly variation in the gonad index (GI) of the granular ark *Tegillarca granosa*.

이다, 8월에 0.2로 크게 감소하여 연중 최소를 나타내었다. 이후 9월에 1.0까지 증가하여 12월까지 유사 하였다(Fig. 6).

비만도지수(CI)의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 꼬막의 월별 비만도지수(CI)를 구하였다. CI는 2월에 0.080을 보이다 3월에 0.063으로 감소하였다. 4월부터 서서히 증가하여 7월에 0.084로 연중 최고를 보인 후 9월에 0.061로 급격히 감소하였다. 이후 10월부터 다시 증가하여 12월에 0.078을 나타내었다(Fig. 7).

성비

생식소 조직으로 월별 채집된 전 개체들의 암·수를 정확히 구분 할 수 있는 3월에서 9월까지의 7개월간 암·수 총 209개체 (암컷 100개체, 수컷 109개체)를 대상으로 암수의 성비가 1:1이라는 가정 아래, 암컷 개체수에 대한 수컷 개체수의 성비를 조사한 결과, 성비는 1:1.09 이었고 $\chi^2 = 0.388, P > 0.05$ 로 나타나 암, 수 성비는 1:1.09로 유의한 차를 보이지 않았다. 따라서 전반적으로 7개월 모두 1:1.09의 성비를 나타내었고, 유의한 차를 보이지 않았다(Table 1).

논 의

일반적으로 조개류는 외부 형태로는 암·수를 구별하기가 어려우나, 산란기에 성적으로 성숙한 생식소의 색깔로 쉽게 암·수를 구별 할 수 있다. 본 연구에서도 산란기의 성숙된 암컷은 도홍색, 수컷은 담황색으로 명확한 식별이 가능하였다.

해산 이매패류의 생식소 발달 및 성 성숙 과정은 외인성 요인과 내인성 요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 외인성 요인은 수온, 먹이, 빛, 조석주기, 수심, 밀도, 기생충 및 질병, 염분도 및 기질 등이며, 내인성 요인으로는 유전학적 요인과 내분비성 요인 등을 들 수 있는데, Mackie (1984)는 특히, 수온과 먹이가 상기 여러 요인들 가운데 가장 중요하게 작용하는

Table 1. Sex ratio of the granular ark *Tegillarca granosa*

Month	No. of Females	No. of Males	Total ind.	Sex ratio q(F/F+M)	χ^2 (Chi squared)*
Mar.	14	16	30	1:1.14	0.133
Apr.	13	17	30	1:1.31	0.533
May	15	15	30	1:1.00	0.000
Jun.	16	14	30	1:0.88	0.133
Jul.	14	16	30	1:1.14	0.133
Aug.	14	15	29	1:1.07	0.034
Sep.	14	16	30	1:1.14	0.133
Total	100	109	209	1:1.09	0.388

*The critical value for χ^2 goodness-of-fit test of equal numbers of females and males (1 df) at 95% significance is 3.84.

요인이라고 하였다.

수온과 성 성숙과의 관계에 대하여 새조개 *Fulvia mutica* (Chang and Lee, 1982), 가무락 *Cyclina sinensis* (Chung et al., 1991), 바지락 *Ruditapes philippinarum* (Chung et al., 1994), 북방대합 *Spisula sachalinensis* (Lee et al., 1997)에서는 수온이 성 성숙에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였으나, 백합류 (Veneridae) *Megapitaria aurantiaca*에서는 수온과 성 성숙과의 관계가 뚜렷하지 않는 것(García-Domínguez et al., 1994)으로 보고하였다. 본 여자만의 꼬막 생식주기 조사에서 초기 활성화기 3~5월, 후기 활성화기 4~6월, 완숙기 5~7월 그리고 방출기는 7~8월로 각각 조사 구분 되었으나, 1995년 전남 벌교의 꼬막 조사 (Lee, 1997)에서는 초기 활성화기 1~5월, 후기 활성화기 5~7월, 완숙기 6~8월 그리고 방출기는 7~8월로 보고하였다. 이러한 결과 자료들을 비교 해 볼 때, 조사 장소는 서로 인접한 해역임에도 불구하고 1995년 대비 2002년의 꼬막 생식소 활성화 및 발달이 좀 더 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 이것은 1995년 조사된 어장 수온(Lee, 1997)과 2002년 본 연구에서의 어장 수온에서, 연중 최저 수온을 보였던 2월은 6.2°C와 5.6°C, 4월 12.9°C와 17.5°C, 6월 20.1°C와 23.8°C 그리고 연중 최고 수온을 보였던 8월의 경우 24.5°C와 27.1°C를 각각 보인 후 감소하는 결과와 비교 시 지리적 서식환경의 차이 보다는 최근 동계와 춘·하계 어장 수온의 변화와도 연관이 있을 것으로 사료된다.

그리고 일반적으로 무척추동물의 생식시기는 종의 지리적 서식 위치와 생식 전략과 밀접한 관계가 있어, 저위도 지역의 종은 생식시기가 길며 고위도 지역의 종은 생식시기가 짧는데 (Fretter, 1984), 이러한 특성은 위도에 따른 빛이나 수온의 차이로 종의 생식 특성에 영향을 주는 것으로 고찰되고 있다. 이와 관련하여 꼬막의 산란기가 우리나라에서는 7-8월이며 연 1회 산란하나, 베트남산과 인도산 꼬막류 *Anadara granosa*의 경우 연중 산란이 가능하나 산란기는 2-9월 사이이며 주 산란기는 3-4월과 8-9월이라고 보고(Thu, 1999)와도 일치하였다.

굴 *Crassostrea gigas* (Min et al., 2004)과 대북 *Gomphina veneriformis* (Park et al., 2003)을 비롯한 많은 종류의 이매패류는 생식주기 가운데 어느 한 시기에는 조직학적으로 생식소 소낭 내에서 생식세포가 구분되지 않는 비활성기(inactive stage)가 존재하여 이 시기에는 암·수의 구분이 불가능 하나, 개조개 *Saxidomus purpuratus*는 생식세포의 방출 후 잔존 세포들이 퇴화되는 과정 중에 다시 발달하는 초기 생식세포들로 인하여 조직학적으로 연중 암·수 구분이 가능한 것으로 보고 (Chung et al., 1999; Shin et al., 2007)되고 있다. 본 꼬막에서도 굴과 대북과 같이 동계에 비활성기를 가졌으며, 이 시기 즉 휴지기에는 조직 표본에서도 암·수의 구분이 불가능 하였는데, 이러한 결과는 새꼬막 *Scapharca subcrenata* (Lee, 1998)과 꼬막 *Tegillarca granosa* (Lee, 1997)에서도 동일하게 나타났다.

연체동물의 산란 습성은 연중 1회 산란하는 종과 연중 다회 산란하는 종으로 구분할 수 있으며, 계절에 따라 연중 산란형(year-round breeders), 늦은 봄부터 이른 가을 사이에 산란하는 하계 산란형(summer breeders)과 늦은 가을부터 이듬해 이른 봄 사이에 산란하는 동계 산란형(winter breeders)으로 구분된다(Booolootian et al., 1962). 생식소 발달단계 빈도의 월 변화를 기초로 꼬막의 생식주기는 3~5월의 초기 활성화기, 4~6월의 후기 활성화기, 5~7월의 완숙기, 7~8월의 산란기 그리고 9~3월의 회복 및 휴지기로 구분할 수 있었고, 주 산란기는 7~8월로 조사되었다. 이러한 결과로부터 꼬막은 하계 산란종에 속하며, 산출기 동안 다회 산란하는 것으로 판단되었다.

이매패류의 생식주기는 주로 생식세포의 발달 및 생식소 발달단계 빈도의 월별 변화, 생식소 지수의 월별 변화 그리고 비만도 지수의 월별 변화 등의 자료를 바탕으로 구분되어 왔다 (Behzadi et al., 1997; Villalejo-Fuerte and García-Domínguez, 1998; Marsden, 1999; Chung and Kim, 2000; Chung et al., 2001; Park et al., 2003). 본 연구 결과, 여자만에서 채집된 꼬막의 생식소 지수 (GI)는 연중 한 번 6, 7월에 높았는데, 이러한 원인은 GI를 평가 시 그 기준을 생식세포의 발달에 두었기 때문이다. 즉 6, 7월의 생식소 내에는 대부분은 완숙된 난모세포 또는 정자들을 가지는 완숙된 생식소 소낭들로 채워진데 반하여, 8월에는 주 산란기에 접어들면서 완숙 생식세포들의 방출로 이러한 완숙 생식소 소낭이 차지하는 비율이 감소하였기 때문이다. 그러나, 생식소 표본의 면적에 대한 생식소 소낭이 차지하는 비율을 반영한다면 이와는 다소 다른 결과가 도출될 것으로 판단된다.

생식소지수(GI)와 비만도지수(CI)의 월별 변화는 생식소 발달단계 및 생식주기와 연계되어 변화하는 것으로 알려져 있는데, 이매패류에서 비만도지수의 변화가 생식소 발달단계와 연관성을 가지며 유사한 변화 경향을 보이는 종류는 새조개 *Fulvia mutica* (Chang and Lee, 1982), 북방대합 *Spisula sachalinensis* (Lee et al., 1997), 새꼬막 *Scapharca subcrenata* (Lee, 1998), 대북 *Gomphina veneriformis* (Park et al., 2003), 키조개 *Artina pectinata* (Lee et al., 2006)에서 찾아볼 수 있다. 꼬막의 경우 비만도지수와 생식소지수의 월별 변화를 비교 시, 모두 7월에 최고 값을 보이고 산란기인 8월에 크게 감소하는 것은 일치하였다. 그러나 휴지기인 동계에 비만도 지수가 다시 상승하여 2월에 비교적 높은 값을 한번 더 보였는데, 이것은 꼬막의 성장과 생식시기에 있어 체성분의 축적과 이들 체성분이 생식세포로 변화하는 과정에 있어 체구성 물질의 축적과 변화 과정이 각 품종별로 상이한 것에 기인하는 것으로 사료된다.

이매패류에서 성비에 대하여 Makie (1984)는 암·수의 비율이 일반적으로 1:1 이나 암컷이 수컷보다 다소 많은 종들도 있다고 보고 하였는데, 꼬막의 암·수 성비는 1:1.09로 수컷이 암컷에 비해 약간 많았으나 Chi-square test 검정 결과 성비는 1:1로 유의한 차이가 없었다.

요 약

전라남도 여수시 소라면 여자만에서 2002년 1월부터 12월까지 채집된 꼬막의 생식소 발달과 생식주기를 조직학적으로 조사하였다. 꼬막은 자웅이체로 난소는 많은 난소 소낭(oogenic follicle)으로 이루어져 있으며, 정소도 많은 정소 소낭(acinus)으로 구성되어 있다. 생식소지수(GI)는 6월에 연중 최고 값을 나타내었고, 그 후 감소하여 8월에 최저 값을 나타내었다. 비만도지수(CI)는 7월에 연중 최고 값을 보였고, 그 후 감소하여 9월에 최저를 나타냈다. 꼬막의 생식주기는 초기 활성기(3~5월), 후기 활성기(4~6월), 완숙기(5~7월), 방출기(7~8월) 그리고 회복 및 휴지기(9~3월)의 연속적인 발달 단계로 구분되었으며, 주산란기는 7~8월로 조사되었다. 암·수 성비는 1:1로 유의한 차를 보이지 않았다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (꼬막 양식기술 개발 연구, RP-2008-AQ-072)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Basu, S. and S. S. Gupta, 1984. Studies on the ice storage characteristics of blood clam, *Anadara granosa* meat. India Fish. Technol. Soc. Cochin. 21, 6-10.
- 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. Farmanfarmaian and A. C. Giese, 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biological Bulletin, 122, 183-193.
- Broom, M. J., 1982. Analysis of the growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in natural, artificially seeded and experimental populations, Mar. Ecol. Prog. Ser. 9, 69-79.
- Broom, M. J. 1983. Mortality and production in natural, artificially-seeded and experimental populations of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae), Ecologia. 58, 389-397.
- Chang, D. S., T. S. Moon and M. M. Jang, 2006. Shell Height Frequency using of Age Growth of Blood Cockle, *Tegillarca granosa* in Yeolja Bay, Southern Coast of Korea. Korean J. Malacol., 22(2), 135-141. (in korean)
- Chang, Y. J. and T. Y. Lee, 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). J. Fish. Sci. Technol., 15, 241-253.
- Chai, X., Z. Liu, J. Fang, Z. Lin and T. Li. 2002. Study on induced triploid of *Tegillarca granosa*. J. Zhejiang Ocean University; Zhejiang Haiyang Xueyuan Xuebao 21, 16-19.
- 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., 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., 42, 38-54. (in korean)
- 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.
- 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., 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 Komsu Bay, Korea. J. Fish. Sci. Technol., 4, 208-218.
- Davenport, J. and T. M. Wong, 1986. Responses of the blood cockle *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae) to salinity, hypoxia and aerial exposure. Aquaculture 56, 151-162.
- Fretter, T., 1984. Prosobranchs. In: The Mollusca, Vol. 7. Reproduction, A. S. Tompa, N. H. Verdonk and J. A. M. Van Den Biggelaar, eds. 1-45 pp. Academic Press, New York.
- 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.
- Hansopa, Y., K. Thanormkiat, S. Limsakul, Y. Charoenvittayakul, T. Chongpeepien, C. Mongkolmann and S. Tuaycharoen, 1988. Growth, mortality and transportation studies on transplanted cockles (fam. Arcidae) in Nakhon Bay, Thailand, Bivalve mollusk culture reseach in Thailand. McCoy, E. W.; Chongpeepien, T. eds. 19, 102-108.
- Lam, N. N. and D. N. Hai, 1998. Gut content of blood cockle, *Anadara granosa* (L.) with emphasis on diatoms, TraVinh, South Vietnam. Proceedings of the Eighth Workshop of the Tropical Marine Mollusc Programme TMMP, Thailand, 18-28 August 1997, Part-1 Hylleberg, J. (ed.) 18, 77-82.
- Lee, J. H., 1997. Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linné). Korean J. Malacol., 13, 55-64. (in korean)
- 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. (in korean)
- Lee, J. H., 1997. Studies on the Gonadal Development and Gametogenesis of the Granulated Ark, *Tegillarca granosa* (Linne). Korean J. Malacol., 13(1), 55-64. (in korean)
- Lee, J. H., 1998. A study on sexual maturation of the Ark shell, *Scapharca subcrenata* Lischke. Korean J. Malacol., 14(2), 91-102. (in korean)
- Lee, S. J., K. S. Min, B. G. Kim, C. M. An, S. M. Ju, and J. S. Lee, 2006. Gonadal development and gametogenic cycle of the pen shell, *Atrina pectinata* (Bivalvia: Pinnidae). J. Kor. Fish. Soc., 39, 398-403. (in korean)
- Mackie, G. L., 1984. Bivalves. In: The Mollusca, Vol. 7. Reproduction, A. S. Tompa, N.H. Verdonk and J. A. M. Van Den Biggelaar, eds. 351-418 pp. Academic Press, New York.

- Marsden, I. D., 1999. Reproductive cycle of the surf beach clam, *Paphies donacina* (Spengler, 1973) from New Zealand. *J. Shellfish Res.*, 18, 539–546.
- Min, D. K., 2004. Mollusks in Korea. 387 pp. Hanguel Graphics, Busan.
- Min, K. S., B. S. Kim., T. I. Kim., Y. B. Hur and E. Y. Chung, 2004. Reproductive cycle and induced sexual maturation of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Korean J. Malacol.*, 20, 75–84. (in korean)
- Moon, T. S., M. M. Jung, Y. K. Shin, M. H. Yang, C. S. Ko and Y. J. Chang, 2004. Spawning Inducement, Egg Development and Early Larval Rearing of Ark Shell (*Tegillarca granosa*) (L.). *J. Kor. Fish. Soc.*, 37(6), 485–491. (in korean)
- Moon, T. S., M. M. Jung, M. H. Yang, J. H. Wi, J. H. Lee, Y. S. Shin, Y. K. Shin and Y. J. Jang, 2006. Spats Appearance and Distribution of Blood Cockle, *Tegillarca granosa* in Each Tidal Time and Line. *J. Aquaculture*, 19(2), 119–124. (in korean)
- Muthiah, P. and K. A. Narasimham. 1992. Larval rearing, spat production and juvenile growth of the blood clam *Anadara granosa*. *J. Mar. Biol. Assoc. India*. 34, 138–143.
- Narasimham, K. A., 1983. Experimental culture of the blood clam *Anadara granosa* (Linnaeus) in Kakinada. Proceedings of the symposium on coastal aquaculture held atcochin from January 12 to 18. 1980. Part 2: Molluscan culture. *Mar. Biol. Assoc. of India, Cochin India* 6, 551–556.
- Oon, N. F., 1986. Growth and mortality of the Malaysian cockle (*Anadara granosa* L.) under commercial culture: Analysis through length-frequency data. *Fish. Res. Inst., Glugor, Penang, Malaysia. Madras. India. FAO. SIDA.* 1986. 21.
- Park, J. J., J. Y. J. S. Lee and Y. J. Chang, 2003. Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 352–357. (in korean)
- Rodriguez-Moscoso, E. and R. Arnaiz, 1988. Gametogenesis and energy storage in a population of the Grooved carpet-shell clam, *Tapes decussatus* (Linne, 1787) in northwest spain. *Aquaculture*, 162, 125–139.
- Shin, Y. K., T. S. Moon and C. H. Wi, 2002. Effects of the Dissolved Oxygen Concentration on the Physiology of the Granular ark, *Tegillarca granosa*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 35(5), 485–489. (in korean)
- Shin, Y. K. and T. S. Moon, 2005. Temperature Tolerance and Physiological Changes of Blood Cockle, *Tegillarca granosa*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 38(4), 251–256. (in korean)
- Shin, Y. K. and T. S. Moon, 2006. Proportion of Surviving and Physiological Changes of Granular ark, *Tegillarca granosa* Exposure. *Korean J. Malacol.*, 22(22), 151–155. (in korean)
- Shin, Y. K., N. J. Choi, B. S. Oh, A. J. Jung and S. Y. Kim, 2007. Gonadal Development and Reproductive cycle of the Purplish Washington Clam, *Saxidomus purpuratus* (Bivalvia: Veneridae) from Gangjin Bay. *Korean J. Malacol.*, 23(2), 165–172. (in korean)
- Thu, N. T. X. 1999. Some biological characteristics of blood cockle *Anadara granosa*, *Fisheries-review [Fish-Rev]* 4, 15–17.
- Tian, C., Y. Liang, R. Wang, J. Sun and R. Yu. 1996. Studies on the high yield techniques for nurture of juvenile mud clam, *Tegillarca granosa*. *J. Ocean Univ. Qingdao Qingdao Haiyang Daxue Xuebao.* 26, 25–30.
- Villalajo-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.
- You, Z., Y. Wang and J. Chen, 2002. Growth of *Tegillarca granosa* in the pond culture of Leqing Bay. *J. Fish. China; Shuichan Xuebao.* 26, 440–447.
- Zhang, X., Y. Zheng, Y. Qi, F. Sun and Z. Wang. 1998. Studies on technique for solid spatfall of *Anadara granosa* in the artificial seed-rearing, *Shandong-Fish. Qilu-Yuye.* 15, 16–19.
- Zheng, J., M. Wang, Z. Wang, Z. Liu and X. Cui, 1995. Study on the development of sex gonad reproductive cycle of bloody clam *Tegillarca granosa* Linnaeus. *J. Ocean Univ. Qingdao Haiyang Daxue Xuebao.* 25, 503–510.

원고접수 : 2008년 10월 6일

심사완료 : 2008년 10월 16일

수정본 수리 : 2008년 11월 17일