



## 제주도 시흥리 연안에 분포하는 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 계절에 따른 생식소 발달

강도형 · 고티투타오 · 고광종 · 최광식\*  
제주대학교 해양과학대학 해양과학부

### Seasonal Changes in Gonadal Development of Manila Clam, *Ruditapes philippinarum* from Shi-Heung-Ri, Jeju, Korea

Do-Hyung Kang, Thao T. T. Ngo, Kwang-Jong Koh and Kwang-Sik Choi\*  
School of Applied Marine Science, College of Ocean Science, Cheju National University,  
1 Ara 1-Dong Jeju 690-756, Korea

Annual gametogenic cycle of Manila clam *Ruditapes philippinarum* collected from Shi-Heung-Ri beach in Jeju was investigated for the 12 month period from May 2001 to April 2002. Water temperature varied from 10 to 27°C and salinity from 27 to 35 psu during the course of study. Most of the clams collected in March were in indifferent or in early developing indicating that clams initiated gametogenesis when water temperature becomes 14 to 15°C. In early June, most of the clams were in developing, expanding follicles and exhibiting growing oocytes. Fully ripe gonads were observed in clams collected during late June to early August. Spawning clams were observed as early as in early June although the spawning activity reached its maximum in early August. Condition index (CI) was rapidly increased from July to early August and then dropped in late August, indicating that most of clams in Shi-Heung-Ri beach spawn in late summer when water temperature was within a range of 25 to 27°C.

**Keywords:** Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, Reproduction, Spawning, Water temperature

#### 서 론

이매패류의 번식은 서식지의 수온과 먹이 같은 외부 환경인자와 밀접한 관계를 갖는 것으로 알려져 있다. 수온이 생식소 발달을 촉진 혹은 퇴행시키는 역할을 한다면 해수중의 가용 먹이는 산란을 하는 성체의 번식능력 및 유생의 발달과정을 좌우한다. 이매패류의 경우, 같은 종이 서식지역에 따라 다른 산란시기를 보이기도 하는데, 이는 지역에 따른 먹이생물의 양적 차이에 기인하는 것으로 알려져 있다(Sastry, 1979; Hofmann et al., 1992; Grant and Creese, 1995). 한편 이매패류의 주 먹이생물인 식물플랑크톤은 온대지역의 경우 계절에 따른 대량번식 주기를 갖는데, 일반적으로 이매패류의 생식소 발달과 성숙은 식물플랑크톤이 대량으로 번식하는 기간에 일어나는 것으로 보고되고 있다(Sastry 1979, Giese and Kanatami 1987, Barber and Blake 1991). 온대지역의 조건대에 널리 분포하는 바지락은 지역적 환경특성에 따라 번식주기의 변화양상이 다양하며, 수온과 위도에 따라 연중 산란횟수도 다른 것으로 알려져 있다

(Rand, 1973; Chung, 1997). 바지락 생산량이 높은 우리나라 서해안의 경우, 식물플랑크톤의 대증식(blooming)은 봄철인 4월에서 초여름인 6월 사이에 주로 발생한다(Chung and Yang, 1991; Joo et al., 2002). 이 시기에 바지락의 생식소는 성적으로 완숙하고 5월부터 10월까지 산란을 반복한다(Chung et al., 2003). 제주도의 경우 연안역의 식물플랑크톤 연중 대증식은 서해안과 비교 시, 양적인 면에서는 다소 적으나 플랑크톤의 대증식은 일반적으로 3월부터 5월까지인 봄철, 늦여름인 9월 등, 연 2회에 걸쳐 일어나는 것으로 보고되고 있다(Choa and Lee, 2000; Lee et al., 2000).

바지락, *Ruditapes philippinarum*은 우리나라 전 연안의 조건대에서 얕은 조하대까지 넓게 분포하는 종으로, 그 생산량은 굴, 홍합 다음으로 높아 그 수산업적 가치가 매우 높게 여겨진다. 바지락양식은 일반적으로 자연채묘에 의존하며, 서, 남해안의 갯벌에서 바다식으로 양식되고 있다. 바지락 개체군의 연중 생식소 발달과 산란시기의 규명은 개체군동태 및 자원의 효율적 관리에 있어 매우 중요한 자료이다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고 바지락의 서식지역별 번식생물학적 특성에 관한 연구는 미진한 실정이다. 제주도의 경우 바지락은 조건대 모래해변 및

\*Corresponding author: skchoi@cheju.ac.kr

자갈해변에 널리 분포하고 있다. 남해안이나 서해안과 비교 시 제주도의 바지락은 상업적으로 이용되지 않으나, 북제주군 종달리 해안이나 인접해 있는 남제주군 시흥리 연안의 경우 부분적으로 바지락의 어업 및 관광 목적의 채취가 이루어지고 있다. 최근 들어 이 지역 바지락의 생산량은 환경의 변화 및 바지락의 남획 등으로 인하여 그 밀도가 줄어들고 있다. 이 연구는 제주도 동부 연안의 시흥리 조간대 모래사장에 서식하는 바지락의 효과적인 관리방안의 일환으로, 바지락의 연중 생식소 발달, 성숙성 및 번식주기를 이해하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시료 채취 및 현장 관측

연구지역은 제주도 남제주군 시흥리 모래해안의 조간대 지역으로 주변은 모래사구로 둘러 쌓여있고, 담수호로부터 간조 시 담수의 유입이 있는 지역이다(Fig. 1). 이 지역의 수심은 대조 밀물 시 2~3 m, 썰물 시 조간대의 모래사장이 완전히 노출되는 지역이다. 생식소 분석을 위한 바지락은 2001년 5월부터 2002년 4월 까지, 매 월 30~50 개체씩 간조 시 채집하였고, 특히 산란기로 추정되는 6월과 8월에는 월 초와 월 말에 두 번씩

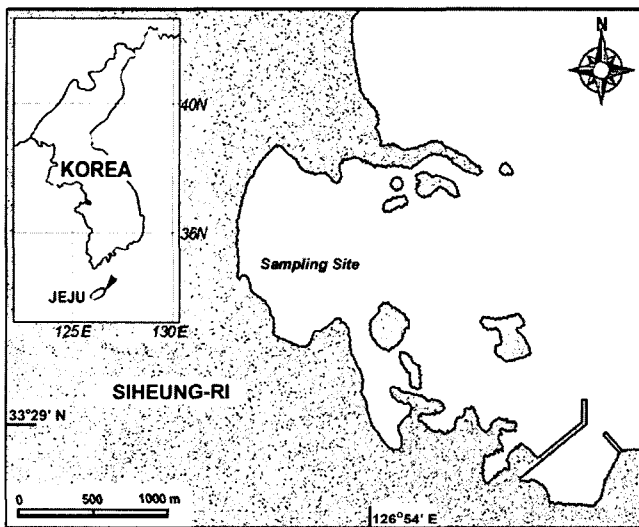


Fig. 1. Location of the sampling site.

채집하였다. 현장에서 실험실로 옮겨진 바지락을 대상으로 버니어캘리퍼스를 이용, 각장, 각고 및 각폭을 0.1 mm 까지 측정하였다. 크기 측정이 끝난 개체는 생식소 분석을 위하여 폐각을 제거 후 육질부위만을 취하고 전자저울을 이용하여 0.01 g 까지 측정하였다. 육질부위는 Davison's solution에 고정한 후, 70% 알콜에 보관하였다.

### 생식세포의 조직학적 관찰

생식소 관찰을 위한 조직 슬라이드는 에틸알콜을 이용하여 탈수한 뒤 파라핀에 포매하였다. 포매된 조직 시료는 마이크로 톱을 사용하여 5  $\mu$ m 두께로 절단하여 절편을 제작한 후, Harris' Hematoxylin과 Eosin Y (Howard and Smith, 1983; Kang et al. 2003; Ngo et al. 2003)로 염색하였다. 생식세포의 조직 시료는 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다. 바지락의 연중 생식세포의 발달상태 및 형태적 특징은 우선 광학현미경을 이용하여 슬라이드상의 생식세포들의 월 별 변화를 생식소 내 임의의 4~5 군대를 지정하고 관찰하였다. 바지락의 생식소 발달단계는 미분화기(indifferent stage), 발달기(developing stage), 완숙기(ripe stage), 부분산란기(partially spawned stage), 소모기(spent stage) 등, 5 단계로 구분하였으며(Mann, 1979), 그 기준은 Table 1과 같다. 조직슬라이드상의 임의의 4~5 부분을 관찰한 뒤 Table 1에 의해 각 단계별로 계수하였고, 각 개체의 생식소 발달 정도는 월 별 평균값으로 나타냈다. 월 별 각 단계의 출현비율은 생식소 성숙지수(maturity index, MI)로 표현하여 도식화하였다. 각 단계별 난모세포의 크기는 image analyzer를 사용하여 측정하였다(Kang et al., 2003). 채집한 바지락의 월 별 비만도(condition index, CI)는 Won and Huh (1993)의 방법에 따라 개체크기에 따른 육중량의 비를 이용하여 구하였다.

## 결 과

2001년 5월부터 2002년 4월까지 제주도 시흥리 지역의 수온과 염분은 10~27°C와 27~35‰의 범위를 보였다(Fig. 2). 수온은 8월말에 가장 높았고 1월에 가장 낮았다. 반면 염분은 2월에 가장 높았으며 10월에 가장 낮았다. 이 연구지역에서 관측된 겨울 수온은 제주연안의 겨울 평균 수온보다 낮게 나타났는

Table 1. Numerical scale of reproductive stages adapted from Mann (1979)

Developmental Stages	Numerical Score	Descriptions
Indifferent	0	No traces of sexual activity present.
Developing	2	Numerous and active spermatozoa or free oocytes present, but they accounted for less than half of the total.
Ripe	3	In male, gonad was mainly composed of mature spermatozoa, which formed centric or elongate bands or "plugs" in the follicles. In female, half, or more than half, of the oocytes were free in the lumen and had a polygonal configuration.
Partially Spawnd	4	A number of free oocytes or mature spermatozoa started to be released and empty follicles appeared.
Spent	1	Half, or more than half of the follicles were empty, the follicles became shrunk, fused or scattered.

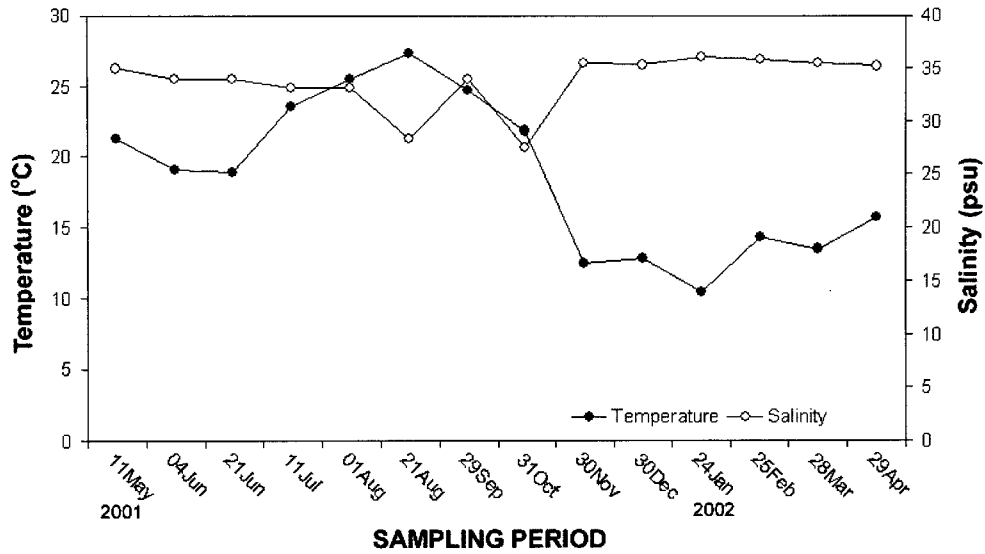


Fig. 2. Monthly fluctuations of water temperature and salinity.

데, 이는 바지락의 채집 지역이 조간대이어서, 간조 시 기온의 영향을 직접적으로 받은 결과였다. 여름철에 관측된 최저염분 역시 장마철 강우에 기인한 것으로, 이러한 현상은 조간대에 국한되는 것으로 사료되었다. 실험에 이용된 바지락은 총 475 개체로, 각장은 17~55 mm 이었으며, 26~40 mm 크기의 개체가 가장 많이 분포하였다. 바지락생식소에 대한 조직시료 분석 결

과 자웅동체는 관찰되지 않았으며, 생식소의 발달과정은 다른 지역에서 관찰된 바지락과 같이 겨울철의 휴지기를 거쳐 봄에 생식소 발달이 시작되어 초가을에 산란이 완료되는 전형적인 온대지방에 있어 이매패류의 계절적 생식소변화 양상을 보였다.

Fig. 3은 바지락의 난소에 대한 현미경관찰 결과이다. Fig. 3A는 2001년 5월에 채집한 바지락 암컷의 생식소로, 발달기 상

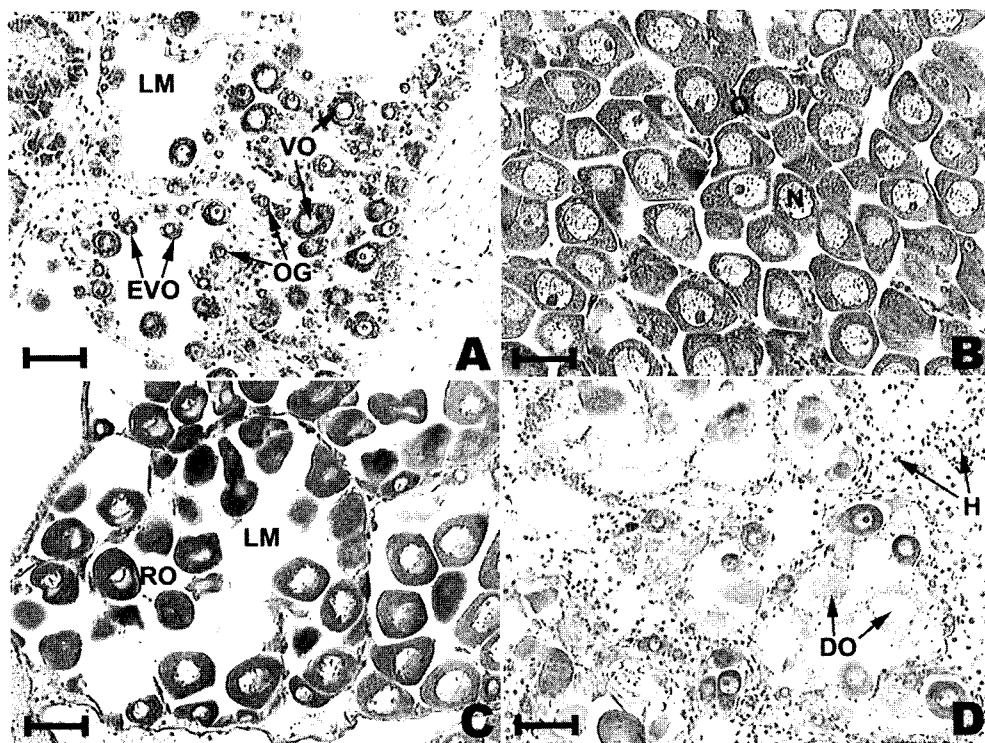
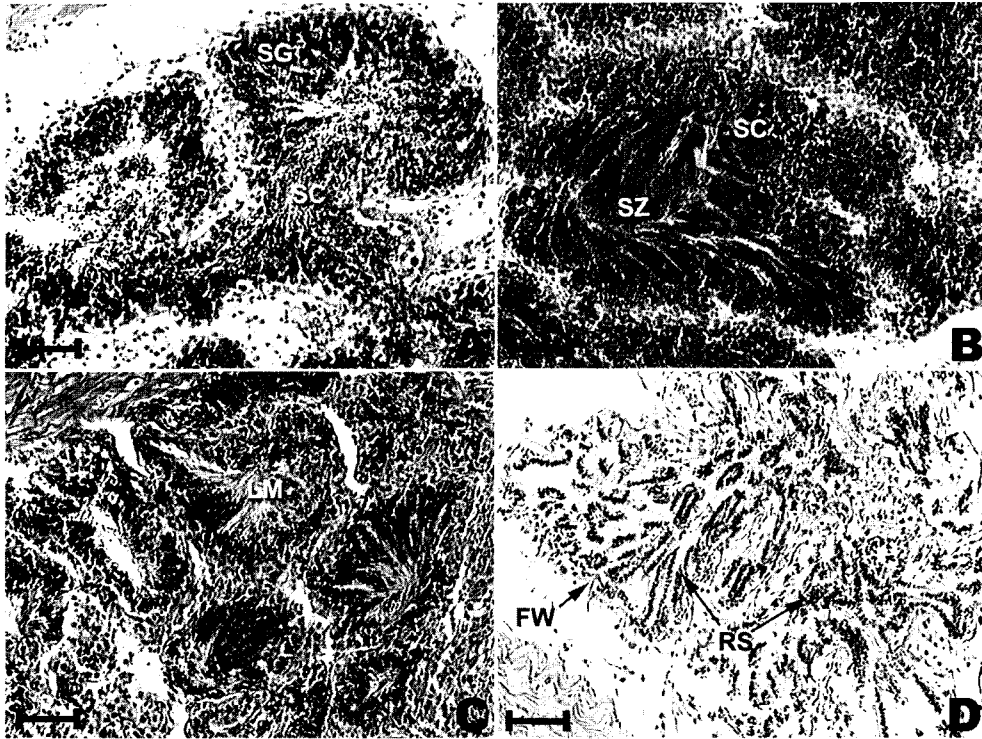


Fig. 3. Photomicrographs of ovaries. A, Developing stage: ovary containing small oogonia (OG), early vitellogenic oocytes (EVO) and vitellogenic oocytes (VO); B, Ripe stage: mature ovaries packed with ripe oocytes (O) and a thin layer along follicular wall. In the germinal epithelium, EVO and VO are present; C, Partially Spawned stage: partially spawned ovaries with loosely packed relict oocytes (RO) and the spaces vacated; D, Spent stage: ovaries contained with degenerating oocytes (DO) and RO are reabsorbed into the thin germinal epithelium by phagocytic cells such as hemocytes (H). Scale bars=50 μm.



**Fig. 4.** Photomicrographs of testes. A, Developing stage: testis containing spermatogonia (SG) and spermatocytes (SC) in thin germinal epithelium; B, Ripe stage: mature testes filled with activated spermatozoa (SZ); C, Partially spawned stage: partly spawned testis with spaces vacated by spawned SZ; D, Spent stage: partly devoid of content, although relict spermatozoa (RS) may be present. Follicular walls (FW) are extremely thinner than before stages. Scale bars=50  $\mu$ m.

태를 보여주고 있다. 발달기에는 크기가 약 20  $\mu$ m 이하의 난원 세포(oogonium, OG)가 여포벽을 따라 분포하며, 영양세포가 여포벽을 따라 분포한다. 또한 초기난황형성난모세포(early vitellogenic oocyte, EVO)가 관찰되며, 평균직경은 20~30  $\mu$ m 정도이다. 이 시기의 난소에는 평균직경이 약 30~45  $\mu$ m 정도인 난황형성난모세포(vitellogenic oocyte, VO)도 포함하고 있으며, 여포내부가 확장되고 여포벽이 두꺼워지고 있다. Fig. 3B는 2001년 8월초에 채집된 개체로, 완숙한 알(ripe oocyte, O)을 포함하고 있다. 완숙기 난의 크기는 평균직경이 55~65  $\mu$ m 정도이다. 난 내에 핵(nuclear, N)이 관찰되며 발달기와 비교 시 난의 크기는 두 배 이상 증가하여 여포를 가득 채웠다. Fig. 3C는 2001년 8월말에 채집된 산란기의 바지락 암컷의 생식소로, 방란 후에 성숙난이 존재하는 것을 볼 수 있으며, 방란에 의한 빈 공간이 관찰된다. Fig. 3D는 2001년 9월에 채집된 산란이 완전히 종결된 소모기의 개체로서 성숙난의 재 흡수되는 현상과 여포벽 주위로 초기 성장하는 초기 난황형성 난모세포들이 관찰된다. 또한 비어있는 여포 공간들이 많이 관찰되며, 여포 내부에는 잔존 난(relict oocyte, RO)이 관찰되고 일부 영양세포와 혈구(hemocytetes, H)를 제외하고는 소엽이 거의 비어있는 상태이다. 또한 여포벽이 현저하게 수축되어 있고, 재흡수가 거의 이루어진 상태이다.

Fig. 4는 바지락 정소의 계절에 따른 연중 생식소의 변화를

나타낸 그림이다. Fig. 4A는 2001년 5월에 채집된 개체의 정소로 발달기의 상태이다. 정원세포(spermatogonia, SG)와 1차 정모세포(spermatocytes, SC)로 구성된 얇은 층 및 여포로 구성되어 있으며, 정모세포들이 중앙으로 모여드는 모습을 보인다. Fig. 4B는 완숙기의 정모세포로 2001년 8월초에 채집된 개체로부터 관찰되었다. 여포에는 성숙한 정자(spermatozoa, SZ)로 가득 채워지고 여포 내 정자의 축적으로 여포 내부가 발달 및 확장되었다. Fig. 4C는 산란기의 정소로서, 일부 정자의 방출이 일어나 여포 내의 빈 공간이 형성되고 방출되지 않은 정자들이 잔존하였다. Fig. 4D는 2001년 9월의 산란 후 모습으로 축소되고 아주 얇아진 여포벽과 정자의 방출에 의한 빈 공간을 많이 관찰할 수 있다. 여포에는 산란을 하고 남은 여분의 정자(relict spermatozoa, RS)들이 존재하며, 재 흡수되는 정자들이 분포하고 있다.

Fig. 5는 2002년 1월에 채집한 바지락의 미분화기 생식소를 나타낸 그림이다. 이 시기의 바지락 생식소는 혈구세포들과 혈거위진 조직을 제외하고, 여포벽이 아주 얇아지고 붙어 있는 생식세포들을 관찰할 수 없으므로 암수 구분이 어렵다.

총 475개체의 바지락에 대한 조직학적 검사결과, 난소와 정소는 계절별 변화양상이 뚜렷하게 나타났다. Fig. 6은 조사기간 중 채집된 바지락 난소와 정소의 발달 정도를 빈도로 나타낸 그림이다. 암컷개체의 생식소에 대한 현미경관찰 결과(Fig. 6a),

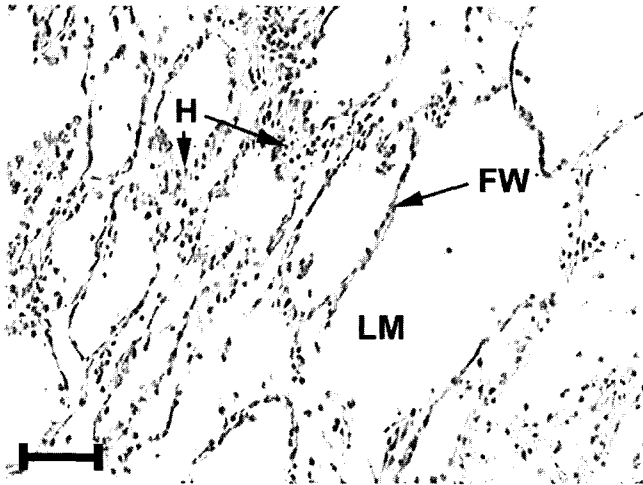


Fig. 5. Gonad in the indifferent stage showing thin follicular wall (Fw), vacated lumen (Lm), and hemocytes (H). Scale bar=50  $\mu$ m.

2001년 5월에는 휴지기(42%)와 생식세포의 성장(58%)이 관찰되고, 6월 초에는 대부분의 생식소 발달상태는 휴지기(27%)와 발달기(50%)로 관찰되었으나, 성숙한 개체들(18%)과 부분산란기인 개체들(5%)도 관찰되었다. 6월 말에 채집된 암컷의 생식소에서는 소모기(11%) 상태를 관찰할 수 있었으며, 이 때의 생식소들은 휴지기(11%), 발달기(5%) 완숙기(53%) 및 부분산란기(21%) 등의 다양한 발달단계를 보였다. 7월 중순에는 부분산란기(36%)기와 소모기(46%) 같은 산란후기의 현상들이 많이 관찰되었고, 성숙한 암컷개체(13%)들도 존재했다. 한편 8월 초인 경우 산란중인 개체(52%)들이 집중적으로 나타나고, 성숙한 개체들(48%) 또한 7월에 비해 많이 나타났다. 암컷개체들은 8월 말과 9월에 대부분 산란을 마치고 10월부터 2월까지 미분화하는 경향을 보이다가, 2002년 3월과 4월에 다시 생식소의 성장(28%, 58%)이 이루어진다. 수컷개체의 생식소에 대한 현미경관찰 결과(Fig. 6b), 2001년 5월에는 암컷과 비슷하게 휴지기(38%)와 생식세포의 성장(62%)이 관찰되었다. 6월 초에 채집된 대부분의 수컷개체는 휴지기(27%), 발달기(46%) 및 완숙기(12%)로 관찰되었으나, 부분산란기인 개체들(15%)도 관찰되었다. 6월 말의 생식소에서는 완숙기(35%)인 개체들이 다소 관찰되었으며, 이 때의 개체들은 휴지기(8%), 발달기(23%) 및 부분산란기(31%) 등의 다양한 발달단계를 보였다. 7월 중순에는 부분산란기(54%)기와 완숙기(19%)가 주를 이루었고, 소모기인 소수의 수컷개체(8%)들도 존재했다. 그러나 8월 초에는 다시 성숙한 개체(81%)가 다수 관찰되었으며, 7월보다는 부분산란기의 빈도(19%)가 낮았다. 이런 현상은 8월말로 이어져 산란중인 개체(65%)들이 또다시 집중적으로 나타나고, 성숙한 개체의 빈도는 31%가 되는 현상이 관찰되었다. 바지락 수컷개체들도 8월 말과 9월에 대부분 산란이 끝난 후 10월부터 2월까지 미분화하는 경향을 보이고, 2002년 3월과 4월에 다시 생식소의 성장(36%, 55%)이 이루어진다. Fig. 6c는 암수 모든 개체의 생식소

를 관찰한 후, 월 별 각 발달단계의 평균값을 도식화한 것이다. 2001년 8월에 생식소 성장의 최고 값을 나타냈고, 9월 이후 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이는 Fig. 6a와 6b에 나타난 생식소지수의 월 별 빈도와 유사한 결과를 나타내고 있다.

Fig. 7은 채집된 바지락 각 개체의 비만도를 구하여 월별 평균값의 변화를 나타낸 그림이다. 월별 개체의 크기는 채집시기 별로 차이가 없었으나, 비만도의 평균값은 월별로 다르게 나타났다. 비만도의 월별 평균값을 보면 2001년 5월에 0.10이었던 값이 6월에 0.12로 상승하였다가, 7월 중순에 0.10으로 다시 감소하였다. 8월 초에는 0.16으로 증가하여 연중 가장 높은 값을 보였고, 8월말과 9월말에 각각 0.13과 0.12로 다시 급격히 감소하였다. 10월에는 0.10의 값으로 감소하고 11월부터 2002년 4월까지 0.09의 값을 유지하는 현상을 보였다. 비만도의 월별 평균값을 관찰했을 때 연중 변화폭이 큰 시기는 6월과 7월 사이, 8월과 9월 사이로 나타났다. 시흥리에서 월별 채집한 바지락의 평균 비만도 중 가장 높은 8월의 평균 비만도 0.16을 100%의 비만도로 가정했을 경우, 5월에 채집한 개체들의 육중량은 6월까지 약 13%의 증가를 보였고, 7월에는 동일하게 감소하였다. 8월 초에는 약 38%의 증가를 보였다가 8월말에 약 20%, 9월말에 약 6%, 10월까지 약 12%의 감소를 보였다. 그러므로 바지락 비만도의 상승과 감소는 바지락의 육중량과 연관이 있으며, 월 별 비만도의 감소율은 시흥리 바지락의 산란량과 깊은 관계가 있는 것으로 추정된다.

## 고 찰

이매패류의 번식 연구에 있어서 생식소의 조직시료를 바탕으로 생식소 발달단계를 일정한 등급으로 수치화 하는 방법은 환경변화에 따른 생식소의 변화과정을 정량적으로 평가하는 기틀을 마련하였다(Loosanoff, 1942; Kennedy and Krantz, 1982; Shafee, 1989; Barber, 1996). 그러나 바지락의 경우 배우자형 성과정은 소모기와 휴지기를 제외하곤 산란에서 배우자의 재형성까지 연속적으로 일어난다(Chung et al., 1994, 2001). 따라서 계절에 따른 바지락의 생식소 발달을 보다 자세히 조사하기 위하여는 산란기간 중 채집간격을 조밀히 할 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 산란기로 추정되는 6월과 8월의 두 달 동안 중순과 하순에 각 2회씩, 총 4번에 걸쳐 바지락을 채집하여 생식소분석을 실시하여, 이러한 문제점을 보완하고자 하였다.

온대지방에 있어 이매패류의 성숙과 산란은 수온과 해수중의 가용 먹이와 같은 서식지의 해양학적 영향을 강하게 받는 것으로 보고 되고 있다(Hofmann et al., 1992; Grant and Creese, 1995). 특히 수온은 이매패류의 산란시기를 결정하는 가장 중요한 물리적 인자로 알려져 있다(Galtsoff, 1964; Kennedy et al., 1996). 바지락의 연중산란주기 역시 다른 이매패류와 같이 온도에 의하여 주로 결정되는데, 제주도와 지리적으로 유사한 지역인 일본 Ariake Bay에 분포하는 바지락의 경우 연 2회의

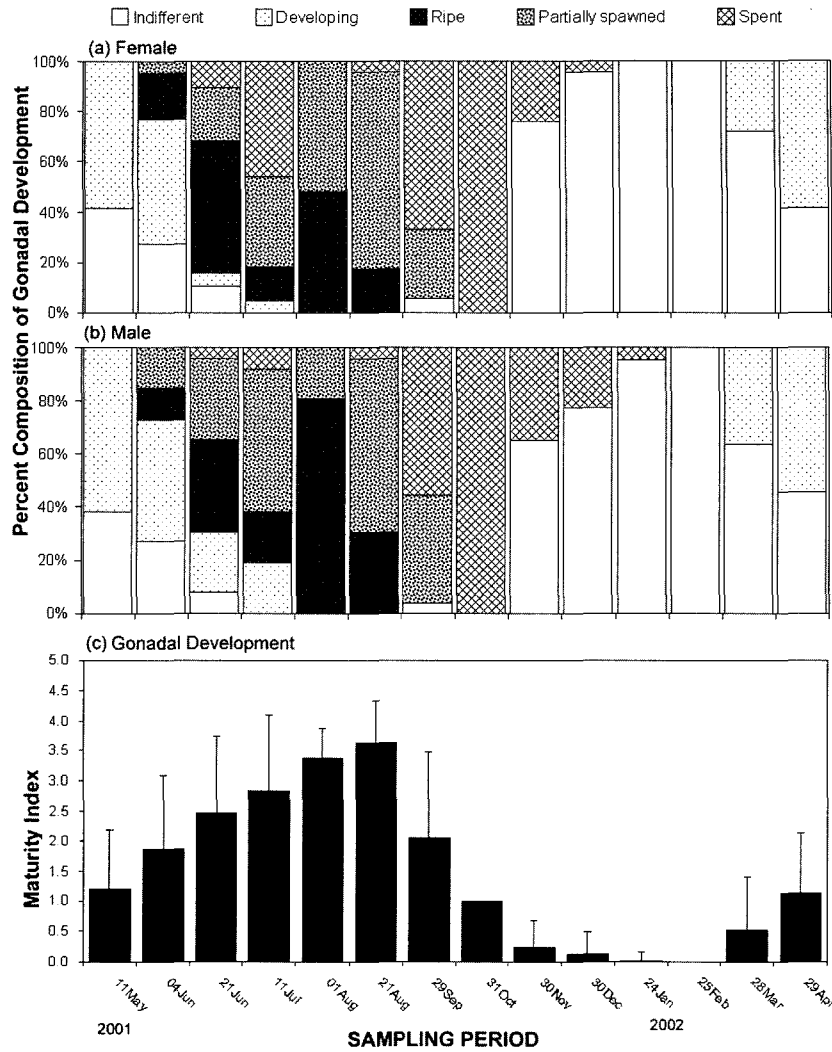


Fig. 6. Reproductive cycle of *R. philippinarum* in the sampling area.

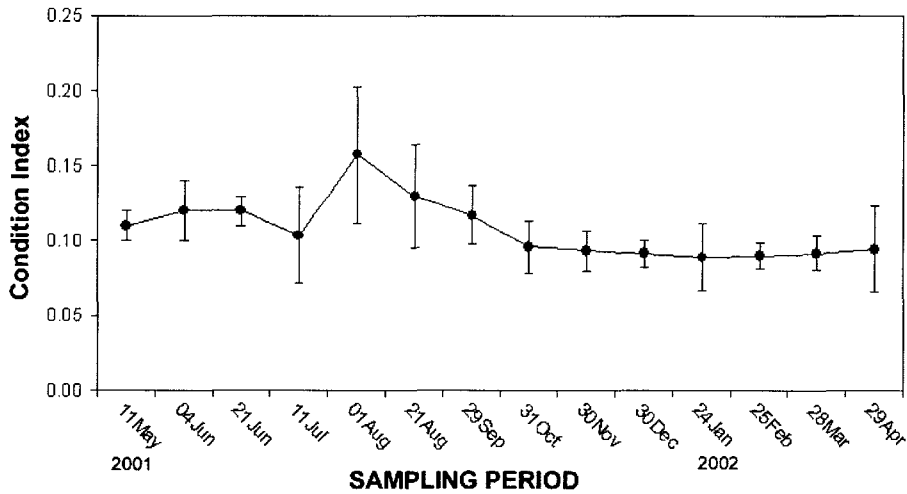


Fig. 7. Monthly mean condition index and standard deviations (bars) of *R. philippinarum*.

산란이 일어난다고 보고 되고 있다(Tanaka, 1954). 우리나라 부안과 곰소만에 서식하는 바지락의 산란기는 6월부터 10월까지

며, 주 산란기는 수온이 23°C 이상인 7월에서 8월 사이에 1회 산란하는 것으로 보고하고 있다(Chung et al., 1994, 2001). 한

편 남해안에 서식하는 바지락의 산란기는 남해도의 경우, 4~8월로 알려져 있으며(Won, 1994), 광양만에 서식하는 바지락은 4~5월경으로 보고 되었다(Shin, 1996).

이 연구에서 수행된 생식소의 조직학적 검사결과, 제주도 시흥리 바지락의 산란기는 6월부터 9월까지 계속되며, 주 산란기는 7월과 8월인 것으로 사료된다. Choa and Lee (2000)와 Lee et al. (2000)의 보고에 의하면 제주도 주변해역의 식물플랑크톤 대량증식(algal bloom)은 3월부터 5월까지인 봄철과 늦여름인 9월로써 연 2회에 걸쳐 일어난다고 하였다. 이 현상과 비교할 경우, 시흥리에 서식하는 바지락은 주 산란기 전후로 좋은 먹이조건을 갖게 된다는 것을 의미한다. 이 연구에 있어서 바지락의 먹이조건이 좋은 5월, 6월과 7월에 바지락의 육질과 생식소의 성장은 더 좋았고(Fig. 7), 수온이 27°C로 연중최고치에 도달하는 8월 중순과 말에 대부분의 배우자를 한꺼번에 방출하는 것으로 생각된다. 그러므로 수온과 해수중의 가용먹이는 배우자 형성과정과 산란에서 주요한 환경인자로 고려되며 (Mann, 1979; Baron, 1992), 먹이조건이 좋은 시기에 산란하는 주된 이유는 수정 후 발생한 플랑크톤 유생에게 알맞은 영양공급이 확실히 보장되어야 하는 일련의 생태학적 과정으로 해석 된다 (Hadfield and Anderson, 1998; Shafee, 1989).

이때패류 번식주기 연구에 있어 크기와 체중의 변화에 따른 비만도의 산정은 간접적인 산란시기 추정에 적절하게 이용할 수 있다고 보고 되고 있다(Won and Hur, 1993; Won, 1994). 바지락과 같은 여과섭식형 이때패류의 주 먹이는 해수중에 분포하는 식물플랑크톤으로, 특히 규조류는 이들의 주 먹이원이다(Loosanoff, 1942; Kennedy et al., 1996). 따라서 해수중에 분포하는 식물플랑크톤의 계절적 변화는 이를 먹이로 삼는 패류의 연간 성장 및 생식소의 발달 및 성숙과도 매우 깊은 관계를 갖는다(Kang et al., 2000). 바지락을 포함한 이때패류의 비만도가 높은 경우는 대부분 성적 완숙기에 이르렀을 때 나타난다. 이는 육질 및 생식소성장의 연중 최고정점을 의미하는 것으로서, 같은 종일지라도 서식지의 먹이량에 의해 비만도의 값이 다르게 나타날 수 있음을 의미한다. 이 연구에서 산출된 바지락 비만도는 Won and Hur (1993)의 비만도 산정식과 동일하지만 평균값의 연중 변화폭은 0.09~0.16으로 남해안산 바지락 비만도 평균값의 변화폭인 13.1~19.3보다 매우 낮은 연중 변화폭을 가진다. 이 결과는 두 지역 개체들의 크기분포가 유사함에도 불구하고 남해안에 서식하는 바지락에 비해 시흥리에 서식하는 바지락의 육중량이 훨씬 낮다는 것을 의미한다. 또한 남해안 바지락의 비만도가 최고 값을 보이는 4월과 시흥리 바지락의 최고 값을 보이는 8월은 시기적으로도 다르다. 이는 바지락의 주 먹이원인 식물플랑크톤의 대번식 시기가 지역적으로 다르게 나타나는데 기인한 것으로 사료된다. 이 연구에서 산란에 의한 육중량의 변화 비율은 7월에 약 13% 감소, 8월에 약 38% 감소로서 바지락의 산란강도는 8월이 7월보다 상대적으로 높았다. 이는 8월에 대부분의 배우자를 방출하는 것으로 여겨

지며, 생식소관찰 결과와도 이와 일치하여 바지락 비만도지수의 월 별 변화는 생식소 발달 및 산란시기와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 그러므로 조직학적 기법에 의한 조직절편의 관찰과 더불어 월 별 비만도지수의 산정에 의한 생식소의 발달을 설명하는 것은 유용한 방법으로 사료된다. 그러나 배우자 형성 주기의 최고조인 산란현상은 현장에서 직접 관찰하는 것이 가장 정확하므로 배우자 형성 주기의 시간적인 요소를 더 상세히 기술하기 위한 시도로서 산란과 비산란 시기에 대한 관찰이 현장에서 더욱 집중적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 요 약

제주도 동부연안 시흥리에 서식하는 바지락의 월 별 생식소 발달과 산란시기를 파악하기 위해 2001년 5월부터 2002년 4월까지 시흥리 해안에서 바지락을 채집, 분석하였다. 채집지역의 수온은 10~27°C의 범위를 보였으며, 염분은 27~35 psu의 연중 변화를 보였다. 3월에 채집된 대부분 개체들의 생식소는 미분화기와 발달기의 상태로 관찰되었으며, 이 때 수온은 약 14°C 이었다. 6월에 채집한 개체들의 생식소는 대부분 발달기의 상태를 보였으며, 6월말부터 8월초까지 성숙하였다. 6월말부터 7월 중순까지 채집된 개체의 생식소는 발달기, 완숙기 및 부분 산란기의 혼재된 양상을 띠었다. 직경이 55~65  $\mu\text{m}$  범위의 성숙한 난들은 7월 중순과 8월초에 많이 관찰되었고, 연중 비만도의 평균값은 8월초에 가장 높았다. 산란은 6월말부터 부분적인 산란이 이루어져 9월까지 진행됐고, 주산란시기는 7월부터 8월까지인 것으로 관찰되었다. 이 연구의 결과는 제주도에 서식하는 바지락이 수온 25~27°C 범위인 여름철에 산란한다고 볼 수 있고, 식물플랑크톤의 번식시기와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

## 감사의 글

이 연구는 제주대학교 해양과학대학 두뇌한국 21 (BK21)의 지원에 의하여 수행되었으며, 특히 강도형의 BK21 연구조교 지원에 깊은 감사를 드립니다. 또한 자료수집과 분석에 많은 도움을 준 제주대학교 해양과학대학 무척추동물 양식 실험실의 임나래, 이지연 및 박경일에게 깊은 감사를 표합니다.

## 참고문헌

- Barber, B. J., 1996. Gametogenesis of eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), and Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in disease-endemic lower Chesapeake Bay. *J. Shellfish Res.*, **15**: 285-290.
- Barber, B. J. and N. J. Blake, 1991. Reproductive physiology. (in) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. (ed.) S. E. Shumway, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* Vol.

- 21, Elsevier Science, New York, pp. 377–428.
- Baron, J., 1992. Reproductive cycles of the bivalve molluscs *Atactodea striata* (Gmelin), *Grafrarium tumidum* (Roding), and *Anadara scapha* (L.) in New Caledonia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **43**: 393–402.
- Choa, J.-H. and J.-B. Lee., 2000. Bioecological characteristics of coral habitats around Moonsom, Cheju Island, Korea: I. Environmental properties and community structures of phytoplankton. *The Sea.*, **5**: 59–69 (in Korean).
- 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. *Dev. Reprod.*, **1**: 141–156 (in Korean).
- Chung, C.-S. and D.-B. Yang., 1991. On the primary productivity in the southern sea of Korea. *The Sea.*, **26**: 242–254 (in Korean).
- Chung, E. Y., D. K. Rhu and J. H. Lee. 1994. Gonadal development, age and growth of the short-necked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. *J. Malacol.*, **10**: 38–54 (in Korean).
- Chung, E. Y., J. B. Kim, J. H. Mun and S. B. Hur., 2003. Changes in biochemical composition of the adductor muscle and visceral mass tissues of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in relation to gonad developmental phases. *Kor. J. Malacol.*, **17**: 41–51 (in Korean).
- 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 (in Korean).
- Galtsoff, P. S., 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull.*, **64**: 1–479.
- Giese, A. C. and H. Kanatami., 1987. Maturation and spawning. (in) *Reproduction of marine invertebrates*, Vol. IX, (ed.) A. C. Giese, J. Pearse and V. Pearse. Blackwell Scientific and Boxwood, San Diego, pp. 251–329.
- Grant, C. M. and R. G. Creese., 1995. The reproductive cycle of the tuatua-*Paphies subtriangulata* (Wood, 1828), in New Zealand. *J. Shellfish Res.*, **14**: 287–292.
- Hadfield, A. J. and D. T. Anderson., 1998. Reproductive cycles of the bivalve molluscs *Anadara trapezia* (Deshayes), *Venerupis crenata* Lamark and *Anomia descripta* Iredale in the Sydney region. *Aust. J. Freshwater Res.*, **39**: 649–660.
- Hofmann, E. E., E. N. Powell, J. M. Klinck and E. A. Wilson., 1992. Modeling oyster populations III. Critical feeding periods, growth and reproduction. *J. Shellfish Res.*, **11**: 399–416.
- Howard, D. and C. Smith., 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusks. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25.
- Joo, H. S., S. H. Kim and W. B. Lee., 2002. Seasonal variation of primary productivity in Gangjin Bay. *Kor. J. Envir. Biol.*, **20**: 146–151.
- Kang, C.-K., M.-S. Park, P.-Y. Lee, W.-J. Choi and W.-C. Choi., 2000. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. *J. Shellfish Res.*, **19**: 771–778.
- Kang, D.-H. I.-Y. Ahn and K.-S. Choi., 2003. Quantitative assessment of reproductive condition of the Antarctic clam, *Laternula elliptica* (King and Broderip), using image analysis. *Invertebr. Reprod. Develop.*, **44**: 71–78.
- Kennedy, V. S. and L. B. Krantz., 1982. Comparative gametogenic and spawning patterns of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) in central Chesapeake Bay. *J. Shellfish Res.*, **2**: 133–140.
- Kennedy, V. S., R. I. E. Newell, and A. F. Eble., 1996. The eastern oyster *Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant College Publication UM-SG-TS-TS-96-01. 734 pp.
- Lee, J.-B., J.-H. Choa, D.-W. Kang, Y.-B. Go and B.-C. Oh. 2000. Bioecological characteristics of coral habitats around Moonsom, Cheju Island, Korea: II. Community dynamics of phytoplankton and primary productivity. *Algae.*, **15**: 37–47 (in Korean).
- Loosanoff, V. L., 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oysters, *Ostrea virginica*, of Long Island Sound. *Biol. Bull.*, **82**: 195–206.
- Mann, R., 1979. The effect of temperature on growth, physiology, and gametogenesis in the Manila clam, *Tapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **38**: 121–133.
- Ngo, T. T. T., F. C. J. Berthe and K.-S. Choi., 2003. Prevalence and infection intensity of the ovarian parasite *Marteilioides chungmuensis* during an annual reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gigas*. *Dis. Aquat. Org.*, **56**: 259–267.
- Rand, W. M., 1973. A stochastic model of the temporal aspect of breeding strategies. *J. Theoret Biol.* **179**: 337–351.
- Sastry, A. N., 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). (in) *Reproduction of marine invertebrates*. Vol. V, (ed.) A. C. Giese and J. S. Pearse, Academic Press, New York, pp. 113–292.
- Shafee, M. S., 1989. Reproduction of *Perna picta* (Mollusca: Bivalvia) from the Atlantic coast of Morocco. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **53**: 235–245.
- Shin, S. H., 1996. Growth and Production of Short-necked Clam (*Tapes philippinarum*: Bivalvia) in Kwangyang Bay. MS. thesis, Yosu National Fisheries University, Yosu, Korea, 118 pp. (in Korean).
- Tanaka, Y., 1954. Spawning season of important bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* **19**: 1165–1167.
- Won, M. S. and S. B. Hur., 1993. Fatness index and spat occurrence of the short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*. *J. Aquaculture.* **6**: 133–146 (in Korean).
- Won, M. S., 1994. Seed production and environmental influence on productivity of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. Ph. D. thesis, Busan National Fisheries University, Busan. Korea, 220 pp. (in Korean).

원고접수 : 2003년 12월 10일

수정본 수리 : 2004년 1월 30일

책임편집위원 : 이제희