

자연산 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 생식주기와 수온-먹이섭이 및 절식조건에 의한 생식소발달의 인위적 제어

정의영, 이정식¹, 이창훈², 허성범³

군산대학교 해양생명과학부, ¹여수대학교 수산생명의학과, ²한국해양연구원 남해연구소,
³부경대학교 양식학과

Reproductive Cycle of Natural Population and Artificial Control of Gonadal Development of *Ruditapes philippinarum* by the Conditions of Water Temperature-Feeding and Starvation

Ee-Yung Chung, Jung Sik Lee¹, Chang-Hoon Lee² and Sung Bum Hur³

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

¹Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

²South sea Institute, Korea Ocean Research and Development Institute, Geoje 656-830, Korea

³Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

ABSTRACT

Reproductive cycle of natural population and artificial control experiments of gonadal development by the conditions of water temperatures-feeding and starvation of *Ruditapes philippinarum* were investigated by histological observations. The reproductive cycle of natural population in females and males can be categorized into five successive stages; early active (February to March), late active (April to May), ripe (April to August), partially spawned (May to October), and spent-inactive stage (August to March).

In the artificial control experiments, gonadal development of this species was inhibited by the low water temperature (10°C). In the experimental group which was exposed to artificial high water temperatures of 19°C and 22°C, gonadal development was accelerated by the higher water temperatures and was faster (about one month) than that in natural populations. In the high water temperatures-feeding

experimental group, the gonadal developmental phase was faster in the small-size group than that in the large-size group, and was faster in lower water temperature (10°C) ($p = 0.01$).

The gonad developmental phases in the high water temperature (22-28°C)-starvation experimental group showed faster (paired sample t-test, $p = 0.004$) than those in the high water temperature-feeding group in females and males. In the high water temperature-feeding experimental group of female and male gonadal developments of small sized group were more sensitive than those in large sized group after 42 days cultivation. However, the gonadal development of male was more sensitive to the lower water temperature than female. On the whole, sexual maturation in the high water temperature experimental group was faster than those in the low water temperature group, and showed a significant difference (paired sample t-test, $p = 0.001$) between female and male.

In the starvation experimental group after 42 days, gonadal developments in the high water temperature-large male group showed faster than those in the high water temperature-large female group.

However, in small size, gonad developmental phases showed the same pattern between feeding and

Received October 27, 2002; Accepted December 7, 2002

Corresponding author: Chung, Ee-Young

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr
1225-3480/18203

© The Malacological Society of Korea

starvation experimental groups. During the main spawning season, in the high water temperature-starvation experimental groups in females and males, their gonadal development showed faster than that in higher water temperature-feeding experimental group regardless of their sexes and individual sizes and showed a significant difference (paired sample t-test, $p = 0.004$).

Keywords: Gonadal development, Artificial control, *Ruditapes philippinarum*.

서론

바지락 (*Ruditapes philippinarum*) 은 백합과에 속하는 산업상 중요한 식용 이매패로서 한국, 중국, 일본, 미국, 그리고 스페인 등 세계 여러 나라의 연안에 분포하며 특히, 우리나라의 경우는 남해안과 서해안의 조간대와 조하대의 사니질에 서식하고 있다 (Yoo, 1976; Kwon *et al.*, 1993; Chung *et al.*, 1994).

최근 대간척사업으로 바지락 서식지가 크게 감소되고 있으며, 무분별한 남획으로 이들의 자원량이 지난 10년간 점차 감소되고 있어 (Ministry of Agriculture and Forestry Republic of Korea, 1997), 자원량 증가를 위한 대책 수립과 적절한 자원관리 방안 수립이 시급하다.

그러나 이들 자원량을 증강시키기 위해서는 자원증강 및 양식과 관련된 상세한 기초 자료가 필요하나 아직도 매우 미흡한 실정이다. 본 종의 증양식을 위한 기초 자료로 활용할 수 있는 자료로는 바지락의 생식소 발달 및 산란에 영향을 미치는 외적 환경 요인에 어떤 요인들이 관련되어 있는지 이를 밝힐 필요가 있다.

이를 위해 먼저 생식소 발달 초기부터 완숙 및 산란기 시작까지, 그리고 산란기중 인위적 성숙-산란제어 실험을 실시하여 바지락의 산란, 생태학적 습성을 밝힐 필요가 있다.

지금까지 바지락의 생식생태에 관해 연구 보고된 것으로는 성장 (Choi, 1964; Hur, 1994; Goshima *et al.*, 1996), 개체군 역학 및 이차생산 (Choi, 1987; Yoon, 1992), 성숙 (Toba and Miyama, 1955), 인공방란 (Sagara, 1958), 산란시기 (Yoshida, 1953; Tanaka, 1954; Ohba, 1959; Holland and Chew, 1974; Ponurovsky and Yakovlev, 1992), 생식주기 (Tsuji *et al.*, 1954; Ko, 1957; Toba *et al.*, 1993; Toba and Miyama, 1994; Chung *et al.*, 1994, 2001; Goshima., 1996) 등 비교적 많은 연구보고가 있다.

비록 본 종의 생식생태에 관하여 이미 많은 보고가 되어 있

어도 인위적 환경용인 변화에 따른 생식소 발달과 산란에 관해 상세히 보고된 것은 찾아볼 수 없다. 이매패류의 생식소 발달과 성숙은 수온, 먹이 생물, 일장 등의 외적 환경요인들과 신경 및 호르몬 등과 같은 내적 요인들에 의해 영향을 받는다고 여러 연구자들 (Sastry, 1963, 1966, 1968, 1970; Sastry and Blake, 1971; Simpson, 1982; Rodhouse *et al.*, 1984; Chung *et al.*, 2000, 2001) 에 의해 보고되어 있어, 본 연구에서는 자연 환경 서식 바지락과 외적 환경요인인 수온과 먹이 조건을 인위적으로 제어하여 생식소 발달 초기-완숙 및 산란 시작까지 조사하였고, 산란 성기 중에는 인위적 성숙, 산란제어로 생식소 발달 양상을 자연환경 서식 바지락 개체군과 비교 고찰하여, 바지락의 증양식을 위한 생리적 특성에 관한 기초 자료를 제공하고자 조사 하였던바 몇 가지 귀중한 정보를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 조직학적 관찰에 의한 생식소 발달단계 구분

곰소만산 바지락의 생식소 발달에 따른 생식주기 조사는 2001년 1월부터 12월까지 전북 고창군 곰소만 바지락 양식장 (Fig. 1) 에서 총 1,235 개체를 채집하여 그 중 435 개체는 자연산 바지락 개체군의 생식소 발달 단계 조사를 위해 사용하였고, 나머지 800 개체는 수온-먹이섭식 및 절식 조건하에서 인위적으로 조절하여 생식소 발달 단계를 확인, 점검하기 위해 생식소 부위를 절취하여 조직학적 방법에 의해 분석하였다. 조직학적 영구표본을 제작하기 위해 생식소 조직을 Bouin용액에 24시간 고정하였고, 고정된 생식소를 paraffin 절편법으로 5-7 μm 로 연속절편을 만든 후 Hansen's hematoxylin과 0.5% Eosin에 비교염색하였다. 생식소 표본을 현미경하에서 관찰한 결과, 생식세포의 형태적 특징과 크기를 근거로 Redfern (1974)의 방법에 따라 연속된 5가지로 나누어 관찰

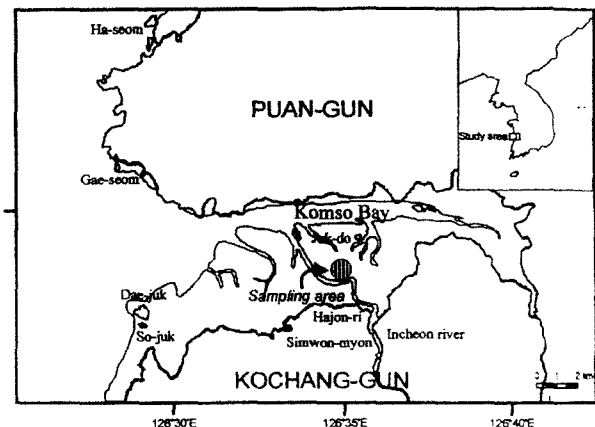


Fig. 1. Map showing the sampling area.

하였다 (Figs. 2, 3). 생식소 발달 단계별 특징 기준은 아래와 같다.

1) 초기활성기

암컷의 경우, 난소소낭의 생식상피 (germinal epithelium) 는 비교적 두텁다. 이 시기에 난원세포는 난소의 생식상피를 따라 출현하였고, 초기 발달 중인 난모세포가 생식상피에서 신장된다. 이들 생식세포 주변에 호산성과립세포들과 불분화간충세포들이 난소소낭 사이에서 출현하고 있다 (Fig. 2A).

수컷의 경우, 정원세포는 정소세관의 생식상피를 따라 식별되었고, 그 주변에 다수의 정모세포들이 출현한다. 간충세포들은 정소세관들 사이에서 출현하고 있다 (Fig. 3A).

2) 후기활성기

암컷의 경우, 발달중인 생식세포의 출현이 특징적인 단계이다. 생식상피는 비교적 얇고, 내강은 다소 비어 있다. 다수의 발달 중인 난모세포들은 난병을 생식상피에 부착하여 출현하였

고, 소수의 성숙한 난모세포들은 난소소낭 내강 중앙에 분포한다. 특히, 이 시기에는 핵이 증대되어 배포 (germinal vesicle) 가 되고 그 속에 뚜렷한 호염기성 인이 나타난다. 이 시기에는 호산성과립세포들과 불분화간충세포들은 점차 감소된다 (Fig. 2B).

수컷의 경우, 정소세관의 내강 내에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 정세포들, 그리고 일부 변태중인 정자들이 출현한다 (Fig. 3B).

3) 완숙기

암컷의 경우, 생식소의 80% 이상을 차지하는 난소소낭은 성숙 또는 완숙란으로 가득 채워져 있으며, 난소소낭 상피는 아주 얇아진다. 난경 50 μm 이상인 완숙난모세포의 난막은 젤라틴막에 의해 둘러싸여 있고, 난세포질 내에는 많은 난황과립들이 가득 채워져 난모세포는 비대해진다 (Fig. 2C, D).

수컷의 경우, 성숙정소의 정소세관 내에는 소수의 정원세포들과, 그 주변에 정모세포들, 정세포들이 층상 배열을 이루고

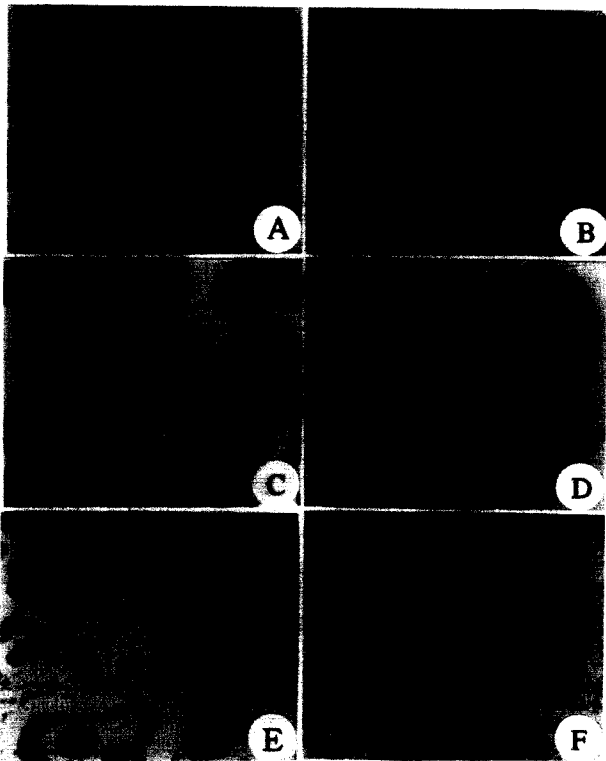


Fig. 2. Photomicrographs of gonadal phases of the female *Ruditapes philippinarum* (A-F). A, Section of oogenic follicles in the early active stag; B, section of the ovarian sacs in the late active stage; C and D, sections of the tubules in the ripe stage; E, section of the ovarian sacs in the partially spawned stage; F, section of the ovarian sacs in the in the spent-inactive stage. Scale bars = 50 μm .

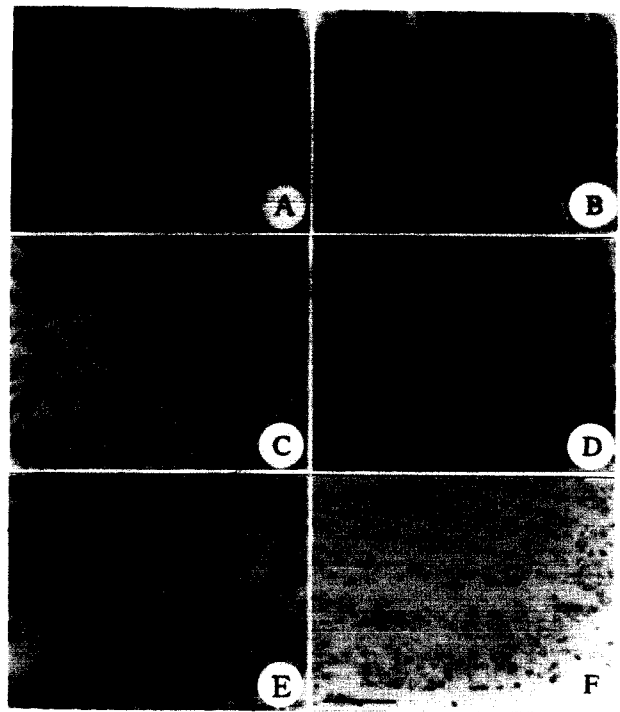


Fig. 3. Photomicrographs of gonadal phases of the male *Ruditapes philippinarum* (A-F). A, section of testicular tubules in the early active stage; B, section of the tubules in the late active stage; C and D, sections of the tubules in the ripe stage; E, section of in the tubules partially spawned stage; F, section of the tubules in the spent-inactive stage. Scale bars = 50 μm .

있으며, 완숙정자들이 정소세관 내강의 중앙부를 가득 채워 정소세관은 비대해진다. 그러나 이 시기에는 정소 내 정소세관 생식상피는 아주 얇아졌으며, 정소세관 사이에서 다수 출현하였던 호산성 과립세포들과 불분화간충식세포들은 사라져 찾아보기 어렵게 된다 (Fig. 3C, D).

4) 부분산란기

암컷의 경우, 산란으로 대부분의 난소소낭의 내강은 텅 비어 나타난다. 이 시기의 난소소낭 내에는 초기발달중인 난모세포 뿐만 아니라 다수의 미방출된 잔존 난모세포들이 출현한다 (Fig. 2E).

수컷의 경우, 정소세관의 내강 중앙부에 가득 채워져 있던 정자는 방정하여 세관의 내강 중앙부는 텅 비어 있고 일부 잔존 정모세포들과 정세포들 그리고 미방정된 정자들이 정소세관 내에 산재한다 (Fig. 3E).

5) 퇴화 및 비활성기

암컷의 경우, 산란 후 퇴화 붕괴 중인 난소소낭 내강 내에는 잔여물질들과 미방출된 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 수축 퇴화되어 암, 수 성의 구별이 어렵게 된다. 그 후 퇴화 소실되었던 결체조직들은 난소 내에서 퇴화되고 붕괴된 곳을 다시 채우고 세포분화와 발달이 시작되며, 새로 형성된 생식상피 상에는 소수의 난원세포들이 출현하여 장기간 출현한다 (Fig. 2F).

수컷의 경우, 방정 후 퇴화, 붕괴 중인 정소 내에는 일부 잔존하는 소수의 정모세포들과 정세포들이 나타나며, 다수의 정자들이 퇴화·붕괴된 곳은 결체조직들로 가득 채워지며 새로이 형성된 정소세관 생식상피 상에 소수의 정원세포들이 다시 나타나 장기간 출현한다 (Fig. 3F).

2. 생식소 발달의 인위적 제어

1) 수온-먹이 공급에 의한 성숙 및 산란제어

수온과 먹이 공급에 의한 성숙과 산란제어는 아래와 같이 시기를 달리하여 실험을 실시하였다.

(1) 생식소 발달 초기부터 완숙 및 산란시기 중 인위적 제어: 인위적 성숙, 산란 제어를 실험 결과를 분석하기 위해 남해수산연구소에서 개체 크기별 및 수온별로 생식소가 초기발달 중인 2001년 3월 1일부터 완숙 및 부분산란기시작인 5월 19일까지 인위적으로 처리하여 30일, 50일 60일, 70일, 80일간 6 종의 식물플랑크톤 [*Isochrysis galbana* (10%), *Chaetoceros gracilis* (10%), *Chlorella ellipsoidea* (10%) *Nanochloris oculata* (10%) *Tetraselis tetrathele* (30%), *Nitzschia* sp. (30%)] 을 충분히 섭이 (300,000 cells/ml 계속 유지) 시킨 후 개체들의 생식소 발달단계를 조사하기 위해 사육일수 별로 표본을 채취한 후 조직학적 표본을 제작하여 조사 분석 하였

다. 해수는 여과해수를 사용하였다. 해수 수온은 실온실험구 (11℃-23℃), 저수온처리구 (10℃), 고수온처리구 (19℃), 고수온처리구 (22℃) 로 나누어 조사, 분석하였다. 채집된 재료는 생체로 실험실로 옮겨 각장, 각쪽을 Vernier calipers를 이용하여 0.1 cm까지 측정하였고 전중은 0.01 g까지 측정하였다. 생식소 발달과정을 조직학적으로 조사하기 위해 생식소를 포함하고 있는 내장낭 중 일부분을 paraffin 절편법에 의해 5-7 μm의 두께로 절편을 만든 후 Mayer's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하여 광학현미경하에서 관찰하였다.

(2) 산란시기 중 수온 및 먹이의 인위적 조절과 개체 크기별 생식소 발달 분석 :

산란시기 직전인 2001년 6월 26일부터 산란시기인 7월을 거쳐 8월 6일까지 42일간 바지락의 수온별 (고수온: 22℃-28℃, 저수온: 10℃ ± 1℃), 암수 개체의 크기별 (작은개체: 각장 25 ± 2.5 mm, 큰개체: 각장 35 ± 2.5 mm), 먹이섭이 실험구 (6 종의 식물플랑크톤) 및 절식 실험구 별로 수온, 먹이섭이 및 절식 (무먹이 공급) 이 바지락 개체의 생식자극에 어떻게 반응하는지 그 차이를 조사하였다. 실험에 사용된 개체는 각 실험구마다 90 개체씩 수용하여 생식소 발달에 미치는 영향을 조사 분석하였다. 조직학적 조사방법과 먹이생물인 6 종의 식물플랑크톤사용은 상기한 바와 같다. 그리고 사용된 해수는 여과시킨 해수인데, 절식 실험구인 여과된 해수를 자외선을 조사하여 식물플랑크톤과 박테리아 등이 잔존하지 않게 하여 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 생식주기

자연산 바지락 개체군을 대상으로 생식소의 조직학적 표본을 관찰한 결과 암, 수 개체들의 생식소 발달 단계는 2-3월에 초기활성기, 4-5월에 후기활성기, 4-8월에 완숙기, 5-10월에 부분산란기, 8-3월에 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 4).

바지락의 생식주기는 지역개체군에 따라 상당한 변화가 있는 것으로 보고 되어 있는데, 이것은 위도와 해에 따라 산란기간과 생성되는 생식세포들의 종내 변이가 생식과정에 영향을 미치는 환경조건의 변화와 관련되어 있다 (Chung *et al.*, 2001).

Rand (1973) 는 동일종이라도 한대기후 지역에서는 산란기가 연 1 회이고, 온대기후 지역에서는 2 회, 열대기후 지역에서는 연중산란이 일어나 위도구배에 따라 생식전략이 다름을 보고하였다. 우리나라 고평만산 자연산 바지락은 산란기가 연 1 회로 확인되었다. Yoshida (1953) 는 일본 북부지방에서는 통상 이매패류의 산란기가 연 1 회라고 보고하였는데, 이것은 고평만과 일본 북부지방의 위도가 서로 유사하였기

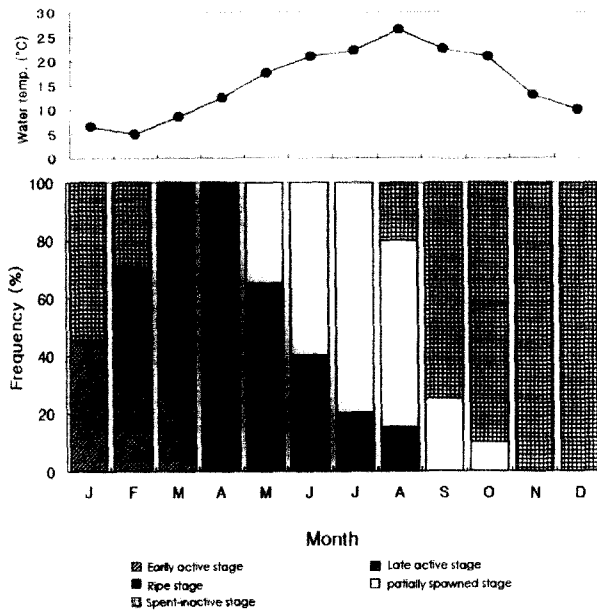


Fig. 4. Frequency of the gonad developmental phases of *Ruditapes philippinarum* and the mean seawater temperature from January through December, 2001.

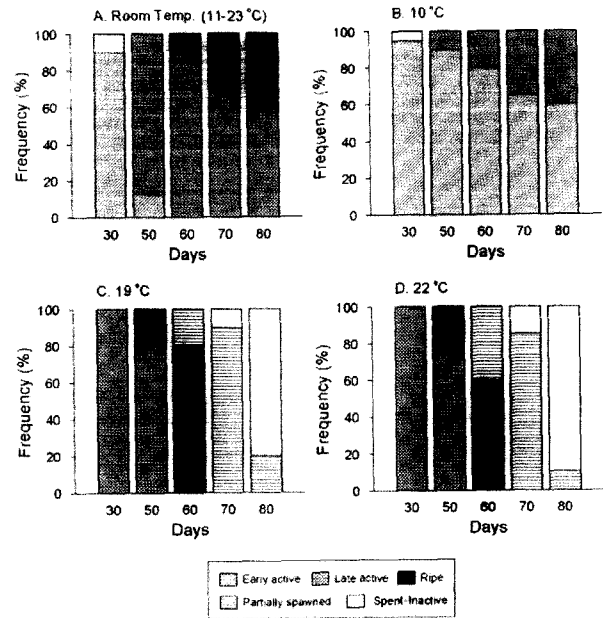


Fig. 5. Frequency of gonadal phases of small female *Ruditapes philippinarum* under different water temperatures from March 1 to May 19, 2001.

때문이라고 생각된다.

2. 성숙 산란의 인위적 제어

1) 수온에 의한 성숙, 산란의 인위적 제어

자연계의 생식소 발달 초기부터 완숙 및 산란 시작 기간 중에 바지락 암수 개체의 크기별, 수온별 실험구의 성숙, 산란의 인위적 제어의 결과는 Fig. 5-8과 같다. 조직학적 검경 결과 실온실험구 (11°C-23°C) 는 암수의 크기에 관계없이 30일 경과 (3월 31일) 후 까지 초기활성기 (early active stage) 를 나타내었고 50일 경과 후부터는 후기활성기 (late active stage) 의 개체가 출현하였으며, 60일 경과 후 (4월 29일) 에는 완숙기 개체들이 나타났다. 70일과 80일 경과 후에는 완숙기 (ripe stage) 개체가 나타났으나 부분산란기 개체는 출현하지 않았다.

저수온 (10°C) 처리구는 30일, 50일, 60일, 70일, 80일 경과 후까지 암수 개체의 크기에 관계없이 생식소 발달단계가 초기활성기 및 후기활성기를 나타내어 생식소 발달 초기에는 낮은 수온에 의해 생식소 발달이 어느 정도 억제되는 것으로 사료되었다. 고수온인 19°C 및 22°C 처리실험구의 개체들은 30일 경과 후 후기활성기의 개체가 나타났고, 50일 부터는 완숙기의 개체가 출현하였다. 또한 60일 경과 후 (4월 29일) 부터는 산란흔적을 보인 산란기 (partial spawning stage) 개체들이 출현하여 자연산 바지락의 산란기 (2001년 5월 말) 보다

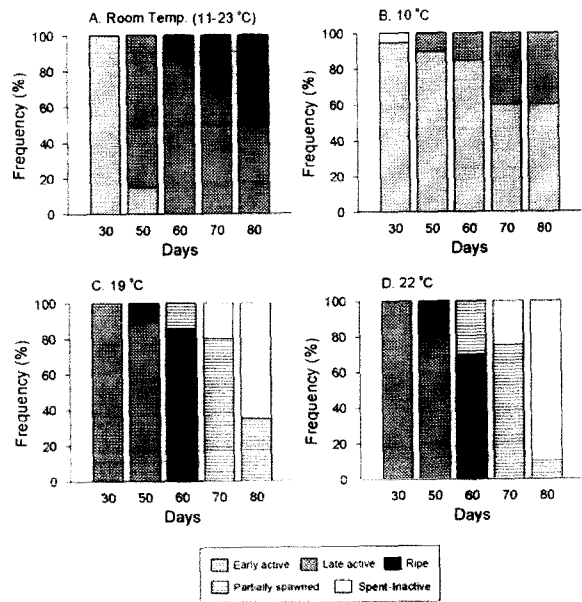


Fig. 6. Frequency of gonadal phases of large female *Ruditapes philippinarum* under different water temperatures from March 1 to May 19, 2001.

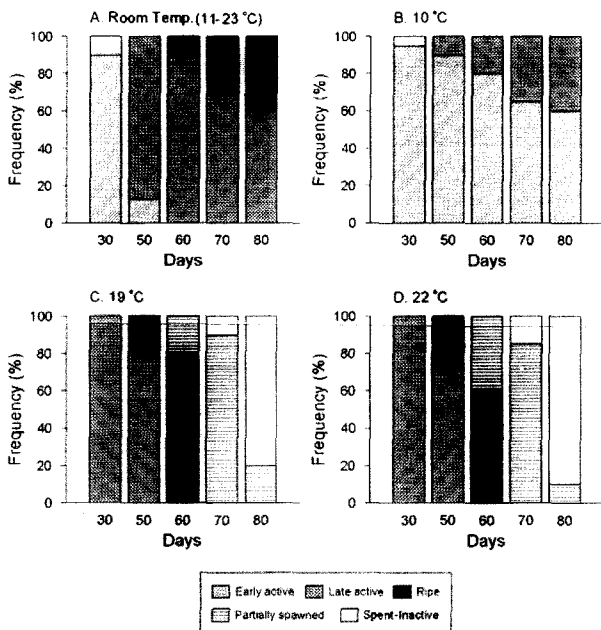


Fig. 7. Frequency of gonadal phases of small male *Ruditapes philippinarum* under different water temperatures from March 1 to May 19, 2001.

1개월 먼저 산란이 유도 되었다. 70일 및 80일 경과 (5월 19일) 후에는 부분산란기와 퇴화-비활성기 (spent-inactive stage) 까지 출현하여 자연 서식 바지락 보다 2개월 빨랐다. 전반적으로 볼 때, 수온 19°C 보다는 22°C 처리실험구의 경우가 개체들의 생식소 발달단계가 약간 빠른 현상을 보였고, 개체의 크기에 따른 생식소 발달 단계는 수온 19°C 및 22°C 모두 30일 경과 및 50일 경과 후까지는 작은 개체들이 큰개체들 보다 생식소 발달이 약간 빠른 결과를 보였으나 60일-80일 경과 후에는 큰개체들이 작은 개체들 보다 생식소의 발달단계가 약간 빠른 결과를 나타내었다. 암수의 성적 차이에 따른 생식소 발달단계는 실험개시 30일-60일 경과 후 (4월 29일)까지는 수컷이 암컷보다 약간 높은 경향을 보였으나 70일 경과 후 (5월 9일) 부터 80일 경과 (5월 19일)까지는 성적 차이가 뚜렷하게 구분되지 않았다.

2) 온도 및 먹이 조절에 따른 암수 개체의 크기별 생식소 발달

자연계의 산란기 중에 바지락의 수온 (고온과 저온) 및 먹이 조절에 따른 암수 개체의 크기별, 생식소발달관계조사 결과는 Fig. 9에 나타내었다. 42일 경과 후의 먹이섭이 실험구의 개체 중 고수온 암수의 작은 개체의 경우 생식소 발달단계가 부분

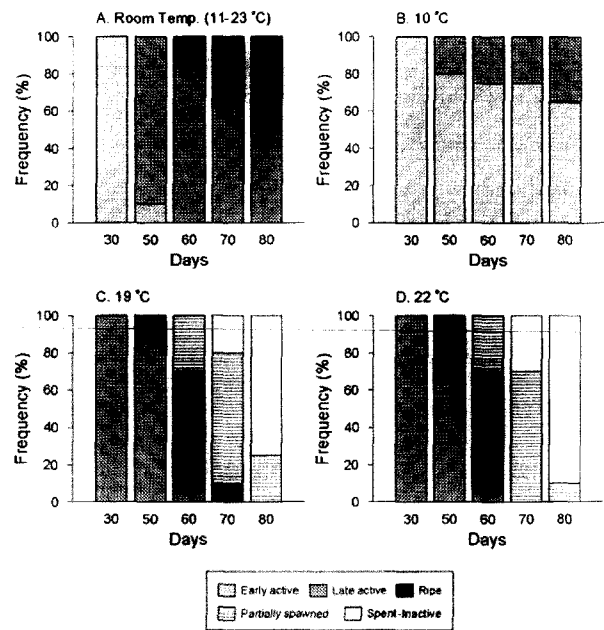


Fig. 8. Frequency of gonadal phases of large male *Ruditapes philippinarum* under different water temperatures from March 1 to May 19, 2001.

산란기 및 퇴화-비활성기인 개체수 비율의 합은 각각 70.0%, 70.0%이었으나 반면, 고수온-암수 큰개체의 경우는 산란기 및 퇴화-비활성기에 해당되는 개체수 비율의 합이 60.0%와 60.9%로 각각 나타났다. 큰개체 보다 작은 개체에서 고수온 자극에 생식소 발달 및 진행이 좀 더 민감하게 작용하는 것으로 추정된다 (Figs. 5-8).

42일 경과 후의 먹이섭이 실험구의 개체 중 저온-암·수 개체의 경우, 부분산란기 및 퇴화-비활성기에 해당되는 개체수 비율의 합은 암컷보다 수컷에서 높게 나타나 암컷보다 수컷이 저온 자극에 좀 더 민감하게 반응하여 바지락 생식소 발달단계의 진행이 약간 더 빠르게 나타났다. 그러나 전반적으로 볼 때 바지락의 생식소 발달에 작용하는 수온 자극은 저수온 보다 고수온이 생식소 발달 및 진행에 보다 민감하게 작용하는 것으로 나타났다. 부분산란기와 퇴화 및 비활성기의 개체수 합의 비율로 paired sample t-test를 한 결과, p = 0.001을 나타내어 온도변화에 따른 성성숙의 변화는 유의한 차가 있는 것으로 나타났다 (Fig. 10)

42일 경과 후의 절식 실험구의 경우, 고수온-암컷 큰개체의 부분산란기 및 퇴화-비활성기 개체수 비율의 합과 고수온-수컷 큰개체수 비율의 합과 비교하여 보면, 수컷 큰개체의 쪽이 암컷 큰개체보다 약간 생식소 발달단계의 진행이 빠르게 나타났

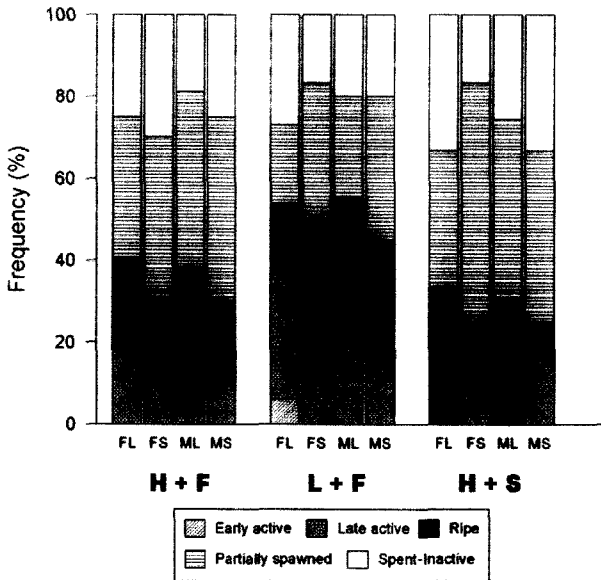


Fig. 9. Frequency of gonadal phases under different conditions of water temperature, feeding and starvation of *Ruditapes philippinarum* from June 26 to August 6, 2000 in Komso Bay. H, high temperature (22-28°C); L, Low temperature (10°C); F, feeding; S, starvation; FL, female-large; FS, Female-small; ML, male-large; MS, Male-small.

다. 그러나 작은 개체의 경우는 암컷과 수컷의 생식소 발달단계 및 진행상태는 먹이를 공급한 경우와 동일한 생식소 발달단계의 양상을 보였다.

산란성기에 고수온-먹이섭이 실험구의 암수 개체들과 고수온-절식 실험구의 암수 개체의 생식소 발달과 진행여부를 조사한 결과는 Fig. 11에 나타난 바와 같이, 성별 및 개체의 크기에 상관없이, 고수온-절식 실험구의 암수 개체에서 생식소 발달단계의 진행이 좀 더 빠르게 나타나 유의한 차를 보였다 (paired sample t-test, $p = 0.004$).

절식 실험구의 개체라 하더라도 일단 번식기에 들어서면 먹이를 공급 받지 못하였어도 다른 체내 조직들 (소화맹낭, 외투막 등) 속에 함유된 영양물질들이 생식소내로 공급되어 생식소내 생식세포들은 성장과 성숙이 유도되었으며, 산란까지도 일어난 실험적 증거를 조직학적 조사를 통해서 발견할 수 있었다. Spirlet *et al.* (2000) 은 양식산 성계 알의 생산량을 높이기 위해 먼저 2개월 간 성계를 굶긴 후, 먹이를 1개월간 충실히 공급하면 성계의 생식소내의 알이 가득 채워지게 되어 성계 알의 생산량은 굶기지 않고 계속 먹이를 충실히 공급받은 개체들보다 생산량이 더 많았음을 보고하였다. 이 현상은 성계가 굶주리는 동안 위기의식을 느껴 생식과 생존 전략에 치중하여 성적성숙이 우선적으로 일어나도록 자극을 받는 것과 관련이

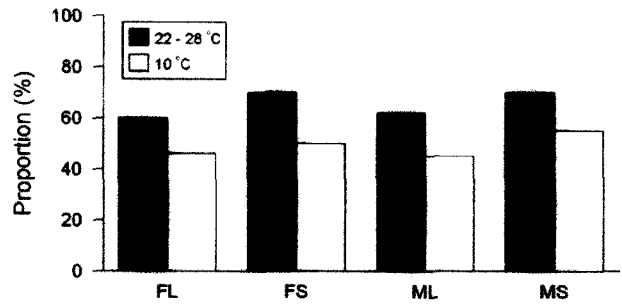


Fig. 10. Comparison of proportion of individuals of *Ruditapes philippinarum* at partially spawned and spent-inactive stages between different water temperatures. FL, female-large; FS, female-small; ML, male-large; MS, male-small.

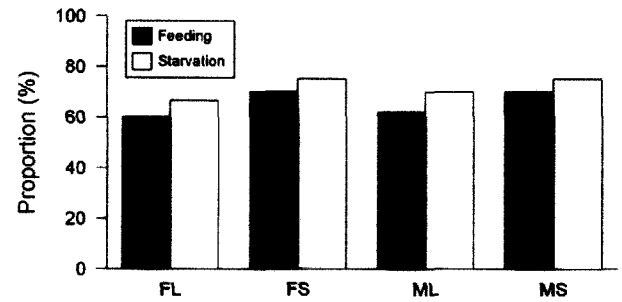


Fig. 11. Comparison of proportion of individuals of *Ruditapes philippinarum* at partially spawned and spent-inactive phase between feeding and starvation. FL, female-large; FS, female-small; ML, male-large; MS, male-small.

있는 것으로 사료된다.

요 약

자연산 바지락 (*Ruditapes philippinarum*) 개체군의 생식주기와 수온-먹이섭이 및 절식조건에 따른 생식소 발달의 인위적 제어 결과를 조직학적 관찰에 의해 조사하였다.

곰소만 자연산 바지락 개체군의 생식소 발달에 따른 암수 개체의 생식주기는 초기활성기 (4-5월), 완숙기 (4-8월), 부분산란기 (5-10월), 퇴화 및 비활성기 (8-3월)의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다.

수온에 따른 생식소 발달의 인위적 제어 실험에서, 바지락은 저수온 (10°C) 에 의해 억제되었다. 19°C 및 22°C의 고수온에 노출시킨 실험구에서 생식소발달은 고수온에 의해 촉진되었는데, 자연산 개체군의 것보다 약 1달 빠르게 나타났다.

고수온-먹이섭이 실험구에서, 작은개체 실험구의 생식소 발

달 단계가 큰개체 실험구보다 더 빠르게 나타났으며, 저수온 (10℃)의 것보다 더 빠르게 나타났다 ($p = 0.01$). 암, 수 모든 개체들에서 고수온 (22-28℃)-절식구 실험구의 생식소 발달단계가 고수온-섭이 실험구의 것들보다 더 빠른 것으로 나타났다 (paired sample t-test, $p = 0.004$).

42일 경과 후 암컷과 수컷의 먹이섭이-고수온 실험구에서, 고수온-작은개체 실험구 조건이 큰개체의 생식소 발달보다 더 민감하게 나타났다. 그러나 저수온-수컷개체 실험구는 암컷 개체들의 실험구보다 반응이 좀 더 민감하게 나타났다. 전반적으로 고수온 실험구의 성적성숙이 저수온구보다 빠르게 나타났으며, 암수 개체 간에 유의한 차이를 보였다 (paired sample t-test, $p = 0.001$).

42일 경과 후 절식 실험구에서, 고수온-수컷 큰개체 실험구의 생식소 발달이 고수온-암컷 큰개체 실험구의 것들보다 빠르게 나타났다. 그러나 작은 개체들의 생식소 발달 단계는 먹이섭이 실험구와 절식 실험구 사이에 동일함 양상을 보였다. 산란성기 중 암수 개체들의 경우는 고수온-절식 실험구의 생식소 발달이 암컷과 수컷의 성 및 개체의 크기에 관계없이 고수온-먹이섭이 실험구의 것들보다 더 빠르게 나타났으며, 암수간 유의한 차를 보였다 (paired sample t-test, $p=0.004$).

감사의 말씀

이 논문은 해양수산부에서 시행한 수산특정연구사업 (1998-2001)의 연구개발과제연구비 지원에 의해 연구된 결과의 일부입니다.

REFERENCES

- Choi, K.C. (1964) On the growth in early young stages of *Tapes philippinarum* in Incheon Bay. Commemoration issue for the 60th Birthday of Dr. Lee, Whoe Jae, pp. 157-170. [in Korean]
- Choi, Y.M. (1987) The secondary production of the bivalve, *Tapes philippinarum*, in the shore of Sinsudo, Samcheonpo. 45 pp. M.S. Thesis, National Fisheries University of Pusan. [in Korean with English summary]
- Chung, E.Y., Lee, T.Y. and An, C.M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, **3**: 125 -136.
- Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje. *Korean Journal of Malacology*, **19**: 38-54.
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Mactra chinensis* on the west coast of Korea. *Development and Reproduction*, **1**: 141-156.
- Chung, E.Y., and Ryou, D.G. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Mactra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**(1-2): 149-163.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y., Park, K.H. and Park, G.M. (2002) Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*, **44**(2): 241-257.
- Goshima, S., Ide, N., Fujiyoshi, Y., Noda, T. and Nakao, S. (1996) Reproductive cycle and shell growth of transplanted Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Saroma lagoon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **62**(2): 195-200. [in Japanese with English summary]
- Holland, D.A. and Chew, K.K. (1974) Reproductive cycle of the Manila clam. *Proceedings of National Shellfish Research*, **64**: 53-58.
- Hur, Y.B (1994) Comparative studies on the embryonic development and the growth of larvae of eight bivalve species. M.S. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 82 pp. [in Korean with English summary]
- Ko, Y (1957) Some histological note on the gonads of *Tapes japonica* Deshayes. *Bulletin of Japanese Society Science Fisheries*, **23**, 394-399. [in Japanese]
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. 288 pp. Academy Publishing Company, Seoul. [in Korean]
- Ministry of Agriculture and Forestry Republic of Korea (1997) Statistical Yearbook of Agriculture Forestry and Fisheries. 478 pp. [in Korean]
- Ohba, S. (1959) Ecological studies in the natural population of a clam, *Tapes japonica*, with special reference to seasonal variations in the size and structure of population and to individual growth. *Biological Journal of Okayama University*, **5**: 13-42.
- 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.
- Qyayle, 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 Theoretical Biology*, **40**: 337-351.
- Redfern, P. (1974) Biology and distribution of the toheroa, *Paphies (Mesodesma) ventricosa* (Gray). *Fisheries Research Bulletin*, **11**: 1-51.
- Rodhouse, P.G., Rodenoden, C.M., Burnell, G.M., Hensey, M.P., McMahon, T. and Ryan, T.H. (1984) Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. *Journal Marine Biology Association of the United Kingdom*, **64**: 513-529.
- Sagara, J. (1958) Artificial discharge of certain bivalves caused by treatment of sea water and by ingestion

- with NH₄OH. *Bulletin of Japanese Society Science and Fisheries*, **23**: 505-510. [in Japanese with English summary]
- Sastry, A.N. (1963) Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten 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, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin*, **130**: 118-134.
- Sastry, A.N. (1968) Relationship among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aequipecten 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.
- Simpson, R.D. (1982) Reproduction and lipids in the sub-Antarctic limpet *Nacella (Patinigera) macquariensis* Finlay, 1927. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **56**: 33-48.
- Spirlet, C., Grosjean, P. and Jangoux, M. (2000) Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata). *Aquaculture*, **185**: 85-99.
- Tanaka, Y. (1954) Spawning season of important bivalves in Ariake Bay. III. *Tapes philippinarum*. *Bulletin of Japanese Society Science Fisheries*, **19**: 1165-1167. [in Japanese with English summary]
- Thompson, R.J. (1979). Fecundity and reproductive effort of the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionectes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. *Journal Fisheries Research Board Canada*, **36**: 955-964.
- Toba, M., Natsume, Y. and Yamakawa, H. (1993) Reproductive cycles of Manila clam collected from Funabashi waters, Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**(1): 15-22. [in Japanese with English summary]
- Toba, M. and Miyama, Y. (1994) Relationship of size to gonadal maturation and spawning in artificially conditioned Manila clams. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **60**(2): 173-178. [in Japanese with English summary]
- Toba, M. and Miyama, Y. (1995) Influence of temperature on the sexual maturation in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Suisanzoshoku*, **43**(3): 305-314.
- Tsuji, S., Munekiyo, M., Itani, M. and Douke, A. (1994) Reproductive cycle of a Manila clam in Maizuru Bay. *Bulletin of Kyoto Ocean Center*, p. 1-9. [in Japanese with English summary]
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. pp. 129-130. Ilgisa, Seoul. [in Korean]
- Yoon, S.B. (1992) Population dynamics of the shortnecked clam, *Tapes philippinarum* in An-Jong, Tong-Young. M.S. Thesis. National Fisheries University of Pusan, 34 pp. [in Korean]
- Yoshida, H. (1953) Studies on larvae and young shells of industrial bivalves in Japan. *Journal of Shimonoseki Fisheries College*, **3**: 1-106. [in Japanese with English summary]