

# 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 생식소 발달 단계에 따른 폐각근 조직과 내장낭 조직의 생화학적 성분 변화

정의영, 김종배<sup>1</sup>, 문재학<sup>2</sup>, 허성범<sup>3</sup>

군산대학교 해양생명과학부, <sup>1</sup>군산대학교 해양응용공학부, <sup>2</sup>전북수산시험연구소,

<sup>3</sup>부경대학교 양식학과

## Changes in Biochemical Composition of the Adductor Muscle and Visceral Mass Tissues of the Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, in Relation to Gonad Developmental Phases

Ee-Yung Chung, Jong Bae Kim<sup>1</sup>, Jae Hak Moon<sup>2</sup> and Sung Bum Hur<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>School of Marine Applied Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

<sup>2</sup>Jeollabuk-do Fisheries Research Institute, Gochang 585-890, Korea

<sup>3</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

### ABSTRACT

Reproductive cycle with the gonadal development of *Ruditapes philippinarum* can be classified into five successive stages by histological observations: early active stage (January to March), late active stage (February to May), ripe stage (April to August), partially spawned stage (May to October), and spent/inactive stage (August to February). Changes in total protein contents in the adductor muscle tissues reached the maximum in the early and late active stages (February) and appeared the minimum in the ripe and partially spawned stages (May), while changes in their contents in the visceral mass tissues reached the maximum in the ripe and partially spawned stages (June) and gradually decreased in the partially spawned stage (June to October). On the whole, changes in total protein contents showed a negative correlation between the adductor muscle and visceral mass tissues ( $r = -0.292$ ,  $p < 0.05$ ).

Changes in total lipid contents in the adductor muscle tissues reached the maximum in the inactive and early active stages (January) and sharply decreased in the early and late active stages (February), while their contents in the visceral mass tissues reached the maximum in the ripe and partially spawned stages (April) and gradually decreased in the partially spawned stage (to October). On the whole, changes in total lipid contents showed a negative correlation between the adductor muscle and visceral mass tissues ( $r = -0.699$ ,  $p < 0.05$ ). Changes in glycogen contents in the adductor muscle tissues reached the maximum in the late active and ripe stages (April) and rapidly decreased in the partially spawned stage (May to October), while their contents in the visceral mass tissues reached the maximum in the early and late active stages (February) and rapidly decreased in the late active stage (March). Thereafter, their levels gradually increased in the ripe and partially spawned stages (April to July). On the whole, changes in glycogen contents appeared no correlation between the adductor muscle and visceral mass tissues ( $r = 0.062$ ,  $p > 0.05$ ). These results indicate that the adductor muscle and visceral mass tissues are an important energy storage and nutrient supply organ in the Manila clams, and the nutrient contents of

Received April 28, 2003; Accepted May 10, 2003

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr  
1225-3480/19106

© The Malacological Society of Korea

the adductor muscle and visceral muscle tissues change in response to gonadal energy needs.

**Keywords:** *Ruditapes philippinarum*, Reproductive Cycle, Biochemical Composition.

## 서 론

이매패류의 생식소에 인접하여 위치하는 폐각근과 내장낭 부위 (소화맹낭, 생식소, 중장선 포함) 들은 영양물질 저장기관으로서 생식세포 발달을 위해 필요한 영양성분을 생식소에 공급하는 것으로 보고되어 있다 (Mori, 1975; Robinson, 1981; Barber and Black, 1981). 최근 Barber (1984) 가 해마다가리비 (*Argopecten irradians*) 의 생식소에 영양물질을 공급하는 소화맹낭과 폐각근 조직내의 단백질, 글리코겐, 지방산 등의 영양성분들의 이동 및 전환관계를 방사성 동위원소로 추적하여 이들 영양기관이 생식소 발달에 직접 관여하고 있음을 밝힘으로서, 앞으로는 이매패류의 생식기구를 밝히기 위해서는 우선 생식소 발달 관련 기관들의 영양물질 저장 및 공급에 관한 연구가 선행되어야 될 것으로 지적되어 왔다. 그러므로 바지락의 생식 기전을 밝히기 위해서는 생식소 발달을 위해 영양을 공급하는 것으로 추정되는 폐각근 조직과 내장낭 조직 부위를 대상으로 총단백질, 총지질, 글리코겐 및 수분의 함량 변화를 월별로 조사한 후, 생식소 발달 단계 (시기) 와 관련지어 폐각근 조직과 내장낭 조직 부위의 생화학적 성분 변화의 상호관계를 비교 검토할 필요가 있다. 지금까지 바지락, *Ruditapes philippinarum*에 관해 연구, 보고된 것으로는 분류분포 (Kwon *et al.*, 1993), 생태 (Ohba, 1959; Choi, 1987; Yoon, 1992), 생리 (Ikematsu, 1956; Toba and Miyama, 1995; Shin *et al.*, 2000, 2001), 발생 (Hur, 1994), 생식생태 (Yoshida, 1953; Tanaka, 1954; Ko, 1957; Ohba, 1959; Quayle and Bourne, 1972; Holland and Chew, 1974; Ponurovsky and Yakovlev, 1992; Toba *et al.*, 1993; Toba and Miyama, 1994; Chung *et al.*, 1994, 2001) 등 비교적 많은 연구가 보고되어 있으나, 바지락의 폐각근 조직과 내장낭 조직 부위의 생화학적 성분 변화의 상호관계에 관한 연구는 찾아 볼 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 바지락의 생식기구 연구의 일환으로서 생식소 발달 단계에 따른 생식주기를 정확하게 밝힌 후, 생식소 발달 단계에 따른 폐각근 조직과 내장낭 조직 부위의 생화학적 성분 변화의 상관관계를 밝혀 영양물질의 이동 변화를 예측하고자 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 바지락 생식주기의 조직학적 조사

바지락의 생식소 발달에 따른 생식주기 조사는 2001년 1월부터 12월까지 전북 고창군 곰소만 조간대 (Fig. 1) 에서 바지락을 매일 40-50개체씩 채집하여 생식소 부위를 절취하여 조직학적 방법에 의해 분석하였다. 조직학적 영구조직표본을 제작하기 위해 생식소 조직을 Bouin 용액에 24시간 고정하였으며, 고정된 생식소를 Paraffin 절편법으로 5-7  $\mu$ m로 연속 절편을 만든 후, Hansen's hematoxylin과 0.5% Eosin에 비교 염색하고 결체조직과 근조직을 구별하기 위해 Mallory triple 염색을 병행하였다. 생식소 내 생식세포의 발달변화와 또한 이들과 관련하여 변화하는 체세포 조직의 변화상을 관찰하였던 바, 이들 변화의 특징은 Redfern (1974) 의 분류 방법에 따라 암수 생식소의 발달단계를 연속되는 5단계 (초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화 및 비활성기) 로 나누어 관찰하였다.

### 2. 생식소 발달 단계 별 생식소 발달 관련 부위의 생화학적 성분 함량 변화

바지락의 폐각근과 내장낭 부위 (소화맹낭, 생식소, 중장선 포함) 를 대상으로 2001년 1월-10월까지 바지락의 영양소인 총단백질, 총지질 및 글리코겐 함량의 생식소 발달단계별 변화를 월별로 조사하였고, 생식소 발달단계에 따른 부위별 생화학적 영양성분 변화의 상호 상관관계를 조사하였다. 실험에 사용한 바지락은 2001년 1월부터 10월까지 전북 고창군 곰소만 바지락 양식장에서 채집한 것을 사용하였다. 사용된 바지락의 크기는 암수의 균성숙도 100%에 해당하는 각각 30.0-40.00 mm인 개체를 사용하였다. 바지락의 생화학적 성분 분석은 AOAC법에 의하여 수분함량은 105°C 상압건조법으로 측정하였고 조단백질은 Kieldahl법으로, 조지방은 Soxhelt 추출법으로 측정하였다. Glycogen의 정량은 anthrone 황산법 (Roe, 1955) 을 이용하여 측정하였다. 부위별로 떼어 낸 시료를 균질화하여 일정량을 취한 후 30% 수산화칼륨 용액을 가하고,

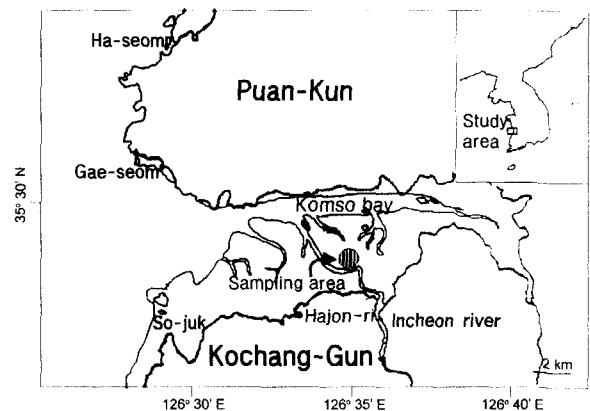


Fig. 1. Map showing the sampling area.

water bath 상에서 100℃에서 2시간 교반하였다. 그리고 냉각 후 3배량의 알코올을 가하여 교반한 후 4℃ 상태에서 하룻밤 방치하여 glycogen을 황산용액 6 ml를 가하여 용해시킨 후 원심분리하여 상층액을 가지고 anthrone 황산법으로 측정하였다.

## 결 과

### 1. 바지락의 생식주기

생식소 내 생식세포의 발달변화와 또한 이들과 관련하여 변화하는 체세포 조직의 변화상을 관찰하였던바, 암수 생식소의 발달단계는 연속되는 5 단계로 뚜렷이 구분되고 있음을 관찰할 수 있었다 (Fig. 2).

#### 1) 초기활성기 (Early active stage)

암컷의 경우, 난소가 차지하는 면적은 적으나, 난소소낭 생식상피 (germinal epithelium) 는 두텁다. 초기활성기에 난원세포들이 난소소낭의 생식상피를 따라 출현하였고, 초기 발달 중인 난모세포들은 생식상피에 부착하여 성장, 발달하였다. 난원세포의 난경은 약 10-12 μm 정도이었고, 초기 발달중인 난모세포들의 난경은 15-25 μm 정도이었다. 이들 생식세포들 주변에 다수의 호산성과립세포들과 불분화간충직세포들이

난소소낭 사이에서 출현하였다 (Fig. 3A).

수컷의 경우, 정원세포는 정소세관의 생식상피 (germinal epithelium) 를 따라 식별되었고, 그 주변에 다수의 정모세포들이 출현하였다. 초기활성기에 난소에서 나타나는 현상과 같이, 다수의 간충직세포들과 호산성과립세포들이 정소세관들 사이에서 출현, 발달하였다 (Fig. 4A). 초기활성기의 암수개체들은 1-3월 사이에 나타났다.

#### 2) 후기활성기 (Late active stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 생식상피는 보다 얇아 졌고, 난경이 40-50 μm 정도로 성장, 발달한 난모세포들이 난병을 생식상피에 부착하여 출현하였고, 소수의 성숙한 난모세포들은 난소소낭 내강의 중앙에 분포하였다. 특히, 후기활성기의 난모세포들은 배포 (germinal vesicle) 상의 핵을 가지는데 그 속에 뚜렷한 호염기성 인이 출현하나 이 시기에는 호산성과립세포들과 불분화 간충직 세포들이 점차 감소되었다 (Fig. 3B).

수컷의 경우, 정소세관의 내강 내에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 정세포들, 그리고 일부 변태를 마친 정자들이 층상배열을 나타내었다 (Fig. 4B). 후기활성기의 암수개체들은 2-5월 사이에 출현하였다.

#### 3) 완숙기 (Ripe stage)

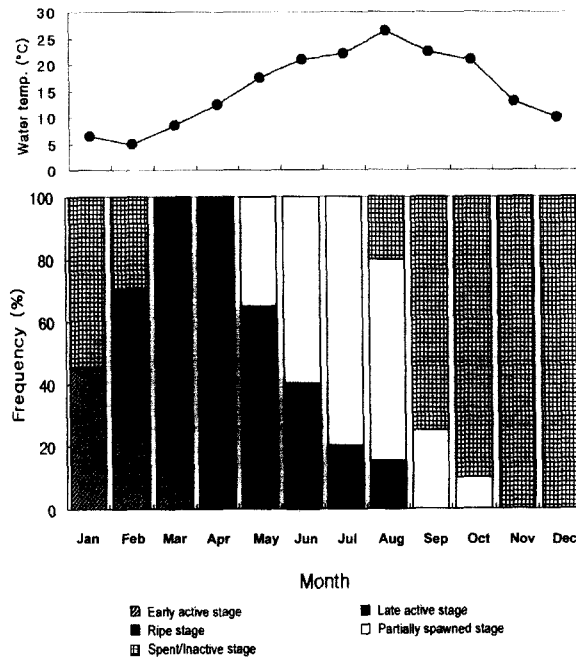


Fig. 2. Frequency of the gonad developmental phases of *Ruditapes philippinarum* and the mean seawater temperature from January through December, 2001.

암컷의 경우, 생식소의 80% 이상을 차지하는 난소소낭의 내강은 성숙란 또는 완숙란으로 가득 채워져 있으나 소낭상피는 아주 얇아졌다. 난경 50  $\mu\text{m}$  이상인 완숙난모세포의 세포질 내에는 많은 난황과립들이 가득 채워져 난모세포는 비대해졌으며, 난막은 젤라틴막에 의해 둘러싸여 있었다 (Figs. 3C, D).

수컷의 경우, 정소의 정소세관 내에는 소수의 정모세포들, 다수의 정세포들과 수많은 정자들이 층상 배열을 이루고 있었으며, 완숙정자들은 정소세관 내강의 중앙부를 가득 채워 정소

세관은 비대해졌다. 그러나 이 시기에 정소세관 생식상피는 아주 얇아졌으며, 정소세관들 사이에서 다수 출현하였던 호산성 과립세포들과 불분화간충직세포들은 사라져 찾아보기 어려웠다 (Figs. 4C, D). 완숙 개체들은 4-8월 사이에 나타났다.

#### 4) 부분산란기 (Partially spawned stage)

암컷의 경우, 산란으로 인해 대부분의 난소소낭의 중앙부위는 텅비어 나타났다. 이 시기의 난소소낭 내에는 초기발달중인 난모세포뿐만 아니라 다수의 미방출 잔존 난모세포들이 출현하

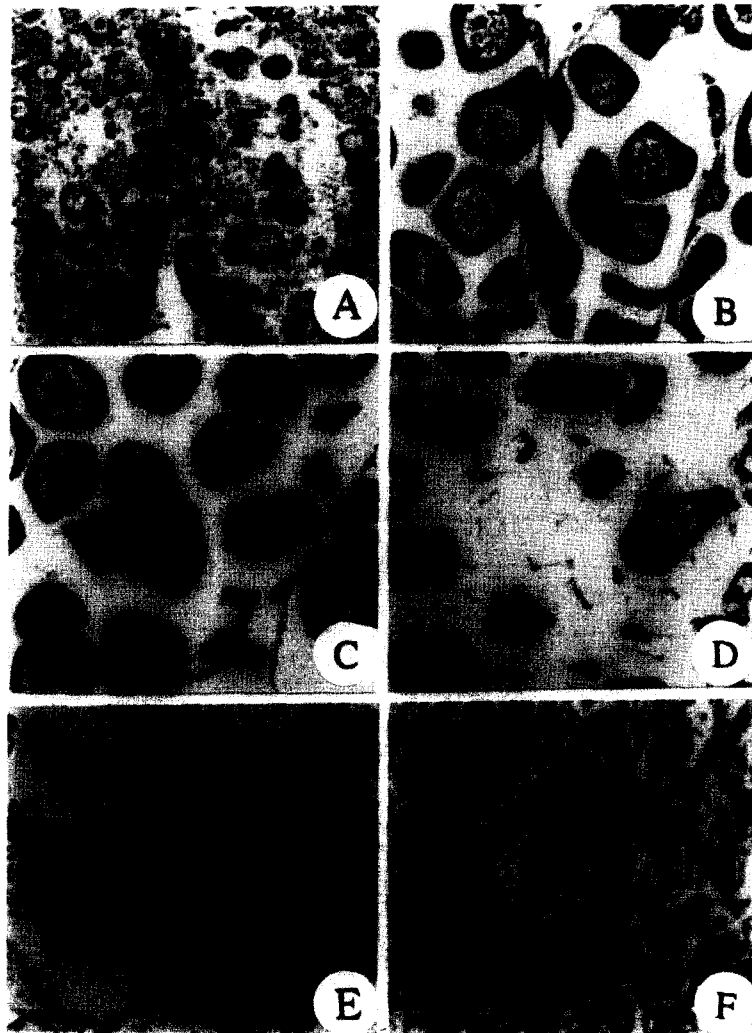


Fig. 3. Photomicrographs of the ovarian developmental phases of *Ruditapes philippinarum* (A-F). A: Section of ovarian sacs in the early active stag; B: section of the ovarian sacs in the late active stage; C and D: sections of the ovarian sacs in the ripe stage; E: section of the ovarian sacs in the partially spawned stage; F: section of the ovarian sacs in the spent/inactive stage. Scale bars = 50  $\mu\text{m}$ .

었다 (Fig. 3E). 수컷의 경우, 정소세관의 내강 중앙부에 가득 채워져 있던 정자는 60% 이상이 방정되어 내강의 중앙부는 텅 비어 있고 정모세포들과 정세포들 그리고 미방출된 잔존 정자들이 정소세관 내에 산재하였다 (Fig. 4E). 부분산란기의 암수 개체들은 5-10월에 출현하였다.

**5) 퇴화 및 비활성기(Spent/inactive stage)**

암컷의 경우, 산란 후 퇴화 붕괴 중인 난소소낭 내강 내에는 잔여물질들과 미방출된 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 수축퇴화되어 암, 수 성의 구별이 어렵게 된다. 그 후 퇴화 소실되었던 결체조직들은 난소 내에서 퇴화, 붕괴된 곳을 다시 채우고 세포분화와 발달이 시작되며, 마침내 새로 형성된 난모세포 벽에는 소수 난원세포들이 일부 출현하여 장기간 잔존하였다 (Fig. 3F).

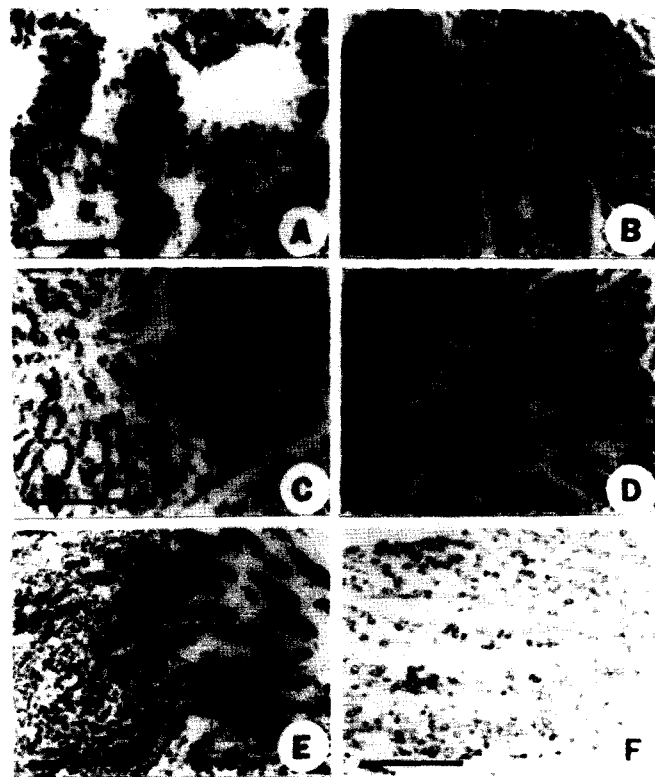
수컷의 경우, 방정 후 퇴화붕괴 중인 정소 내에는 일부 잔존

하는 소수의 정모세포들과 정세포들이 나타나며, 다수의 정자들이 퇴화붕괴된 곳은 결체조직들로 가득 채워졌으며 새로이 형성된 정소세관 생식상피 상에 소수의 정원세포들이 다시 나타나 장기간 잔존하였다 (Fig. 4F). 퇴화 및 비활성기 개체들은 8월부터 2월까지 장기간에 걸쳐 출현하였다.

**2. 생식소 발달단계에 따른 폐각근 및 내장낭 조직의 생화학적 성분변화**

**1) 총단백질 함량 (%) 변화**

총단백질 함량의 월별 변화는 폐각근 조직의 경우, 평균 59.46%-81.64% (dry base) 의 범위를 나타내어 월별로 큰 차이를 보였다. 생식소의 발달이 왕성해지기 시작하는 2월 (초기활성기-후기활성기) 에 최대에 이른 후, 3월부터 서서히 감소되어 5월 (완숙 및 산란기) 에 최소값을 나타낸 후 6월부터



**Fig. 4.** Photomicrographs of testicular developmental phases of *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: D: sections of tubules in the ripe stage; E: section of the tubule in the partially spawned stage; F: section of tubules in the spent/inactive stage. Scale bars=50  $\mu$ m.

조금씩 증가하는 경향을 보였다. 한편, 내장낭의 경우는 총단백질이 평균 54.62-69.56%의 범위를 나타내어 계절 별로 약간의 차이를 보였다. 생식소가 발달하기 시작하는 3월부터 서서히 증가하기 시작하여 완숙 및 방란방정이 일어나는 6월에 최대에 이른 다음, 산란 이후 퇴화 및 비활성기 까지 서서히 감소하는 경향을 보였다. 폐각근 조직과 내장낭 조직내의 월별 총단백질 함량들 사이에는 음의 상관관계 ( $r = -0.292, p < 0.05$ ) 를 나타내었다 (Fig. 5).

**2) 총지질 함량 (%) 변화**

총지질 함량의 월별 변화는 폐각근 조직의 경우, 평균 1.68%-10.50% (dry base) 의 범위를 나타내어 월별로 큰 차이를 보였다. 생식소 발달단계 별 총지질 함량은 1월 (비활성기-초기활성기) 에 최대를 나타낸 후, 2월 (초기활성기-후기활성기) 에 급격히 감소된 다음, 계속하여 감소되는 경향을 보였다. 따라서 생식소 발달이 시작되는 시기에 폐각근 조직내 총지질 함량이 최대에 이른 후 급감되는 특징을 보였다. 한편, 내장낭 조직 내의 함량변화는 평균 2.70%-13.95% (dry base) 범위를 보여 월별로 큰 차이를 보였다. 이들 함량의 변화는 2월부터 급격히 증가되기 시작하여 산란 직전인 완숙기 (4월) 에 최대에 이른 후 산란이 시작되는 5월부터 산란 및 퇴화가 일어나는 10월까지 점차 감소되는 양상을 보였다. 폐각근 조직과 내장낭 조직 내의 월별 총지질 함량들 사이에는 음의 상관

관계 ( $r = -0.699, p < 0.05$ )를 보였다 (Fig. 6).

**3) 글리코겐 함량 (%) 변화**

글리코겐 함량의 월별 변화는 폐각근 조직의 경우, 평균 0.009%-1.169% (dry base)의 범위를 나타내어 월별 큰 차이를 보였다. 생식소 발달단계별 glycogen 함량은 2월부터 급격하게 증가되기 시작하여 4월 (후기활성기-완숙기) 에 최대에 이른 후, 산란이 시작되는 5월부터 급격히 감소되기 시작하여 산란 및 퇴화가 일어나는 10월까지 감소되는 경향을 보였다.

내장낭 조직 부위의 glycogen 함량 범위는 평균 0.049%-0.166% (dry base) 를 나타내어 계절별로 큰 차이를 보였다. 이들 함량의 변화를 보면, 1월에 급격히 증가되기 시작하여 2월 (초기활성기) 에 최대에 이른 후 3월에 급감된 후, 4월부터 다시 서서히 증가되기 시작하여 7월까지 증가된 후 8월부터 10월까지 낮은 값을 나타내었다 (Fig. 7). 폐각근 조직과 내장낭 조직 내의 월별 글리코겐 함량 사이에는 상관관계가 보이지 않았다 ( $r = 0.062, p > 0.05$ ).

**4) 수분 함량 (%) 변화**

폐각근 조직 내 수분함량 범위 (평균 78.01%-86.47%) 와 내장낭 조직 내 수분함량 범위 (평균 79.50%-85.85%) 는 매우 유사한 변화 양상을 보였다. 전반적으로 볼 때, 생식소 발달이 시작되는 1월 (비활성기-초기활성기) 에 높은 값을 보인 후 2월부터 점차 감소하여 4월에 최소값을 보인 후, 10월까지 점

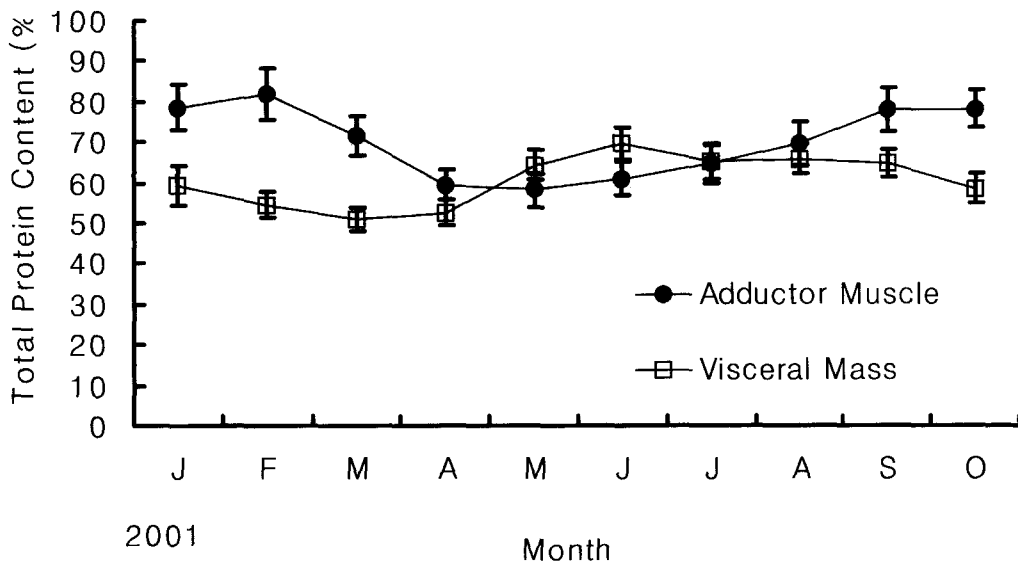


Fig. 5. Monthly changes in total protein contents of *Ruditapes philippinarum* from January to December, 2001.

차 증가되는 양상을 보였다 (Fig. 8). 폐각근 조직과 내장낭 조직의 월별 수분함량들 사이에는 양 (+) 의 높은 상관관계 ( $r = 0.767, p < 0.05$ )를 나타내었다.

### 고 찰

이매패류 생식소의 발달 및 성숙은 일반적으로 환경조건들 즉, 외생적 요인들 (수온, 먹이 이용 및 일장) 과 생물체내의 내생적 요인들 (신경 및 호르몬) 에 의해 영향을 받는다고 많은 연구자들 (Sastry, 1963, 1966, 1968, 1970; Sastry and Blake, 1971; Blake and Sastry, 1979; Simpson, 1982; Chung and Ryou, 2000) 이 보고하였다. 본 연구에서 곰소 만산 바지락의 경우, 수온은 비교적 낮았으나 chlorophyll-a level이 높았던 늦겨울-초봄 (Kim, 1999) 중에 생식소 발달이 시작되었다. 이때의 생식소 발달단계는 낮은 수온과 먹이생물이 부족하여 동계에는 비활성기를 나타내었다.

이매패류의 경우 생식소 발달을 위해서는 생식소로 영양물질이 이동하여야 되기 때문에 에너지가 요구되는 과정이라 할 수 있다. 비록 아직은 불분명하나 생식소 발달은 섭이한 먹이, 저장된 영양물질, 또는 2가지 모두에 관련되어 있다고 보고되어 있다 (Sastry, 1979; Barber, 1984). Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Republic of Korea

(2001) 에 의하면, 곰소만에서는 식물플랑크톤의 먹이 level이 봄철인 4월과 초여름인 6월에 높았다. 본 실험에서 관찰된 봄철 (4월) 의 생식소 발달과 배우자형성은 이러한 높은 먹이 level과 일치하였다. 초여름에 일어나는 최고의 먹이 level은 난모세포의 성숙과 산란을 위해서 필요할 것으로 사료되었다.

이매패류의 생식주기 또는 산란주기의 연구는 개체군 역학 연구 즉, 연령사정 및 가입기간 뿐만 아니라 생물지질학의 이해에 필수적이다. 생식주기는 생식소의 발달, 산란, 생식소의 퇴화에 이르는 전과정이다 (Chung, 1997). 바지락의 생식주기는 해에 따라 그리고 위도 구배에 따른 산란기간의 시기와 생성된 생식세포들에 있어서의 종내 변이는 생식과정에 영향을 미치는 환경조건의 변화와 관련되어 있다 (Chung, 1997).

바지락의 생식주기에는 지역 개체군에 따라 상당한 변이가 있는 것으로 보고되어 있다. 해에 따라 그리고 위도구배에 따른 산란기간의 시기와 생성된 생식세포들에 있어서의 종내 변이는 생식과정에 영향을 미치는 환경조건의 변화와 관련되어 있다 (Chung, 1997). Rand (1973) 는 한대 기후 지역에서는 산란기가 연 1회이고, 온대 기후 지역에서는 2회의 산란기, 열대 기후 지역에서는 연중 산란이 일어나 위도구배에 따라 생식 전략이 다름을 보고하였다. 또한 동일종 중 서로 다른 개체군의 경우, 세계 여러 지역의 바지락의 생식주기 (산란기) 사이에

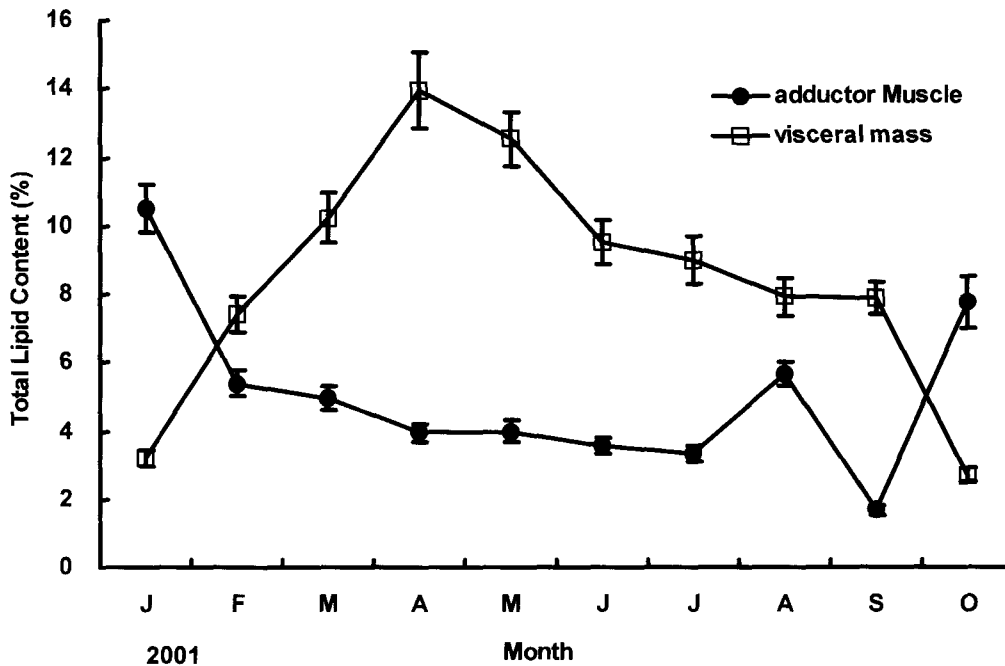


Fig. 6. Monthly changes in total lipid contents of *Ruditapes philippinarum* from January to December, 2001.

는 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 연 1회의 산란기를 가지지만, 일본 남부지방 (Tanaka, 1954; Ohba, 1959) 에서는 연 2회의 산란기를 가지는 것으로 보고되어 있다. 본 연구에서 한국 곰소만산 바지락은 일본 동경만 이북에 위치하는 지역에서와 같이, 일년 중 5-10월 사이에 한번의 산란기를 가진다. 이와 같이, 같은 종일지라도 연 중 산란기 횟수는 온도와 위도에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다.

Barber (1984) 는 해만가리비 (*Argopecten irradians*) 의 생식소에 영양물질을 공급하는 소화맹낭과 폐각근 조직 내의 영양성분들의 변화 및 전환관계를 방사성 동위원소로 추적하여 조사하였던바, 영양기관인 소화맹낭 조직 내의 지방산은 생식소로 보내지고 단백질과 글리코젠은 폐각근으로 보내지는 반면, 폐각근 조직 내의 글리코젠은 지방산으로 전환된 후 생식소로 이동되어 지방산이 생식소 내에 축적되고, 단백질은 각 기관의 에너지원이 된다고 보고하였다.

폐각근 조직내의 총단백질 함량 (%) 의 변화는 생식소가 발

달하기 시작하는 초기활성기부터 후기활성기에 최대를 이룬 후, 완숙 및 산란기에 최소가 되었다. 그러나 내장낭 조직의 경우는 총단백질 함량 (%) 변화가 후기활성기부터 완숙기에 최대를 이룬 후, 부분산란기부터 퇴화 및 비활성기까지 계속 감소되는 경향을 보여 (Kang et al., 2000), 폐각근 조직과 내장낭 조직내의 총단백질 함량들 사이의 월별 변화는 음의 상관관계 ( $r = -0.292, p < 0.05$ )를 나타내었다. 따라서 생식소 발달 초기에 폐각근 조직 내 총단백질 성분이 내장낭 조직으로 이동되어 내장낭 조직의 총단백질 함량이 최대에 이르게 되며, 이들 영양성분이 생식소 발달에 관여하는 것으로 추정된다 (Baik et al., 2001; Kang et al., 2000).

폐각근 조직 내 총지질 함량 (%) 의 변화는 생식소 발달이 시작되는 초기활성기에 최고에 이룬 후 생식소 발달이 활발하게 일어나는 시기에 감소되는 경향을 보였으나, 내장낭 내 함량변화는 초기활성기부터 서서히 증가하기 시작하여 완숙기에 최대에 이룬 후 산란기부터 퇴화/비활성기까지 감소되는 경향을 보였다. 따라서 폐각근 조직과 내장낭 조직 내의 총지질 함량들 사이의 월별 변화는 음 (-) 의 상관관계 ( $r = -0.699, p < 0.05$ ) 를 나타내었다. 따라서 폐각근 조직 내의 총지질 성분이 생식소 발달을 위해 내장낭 조직으로 이동하므로써 내장낭

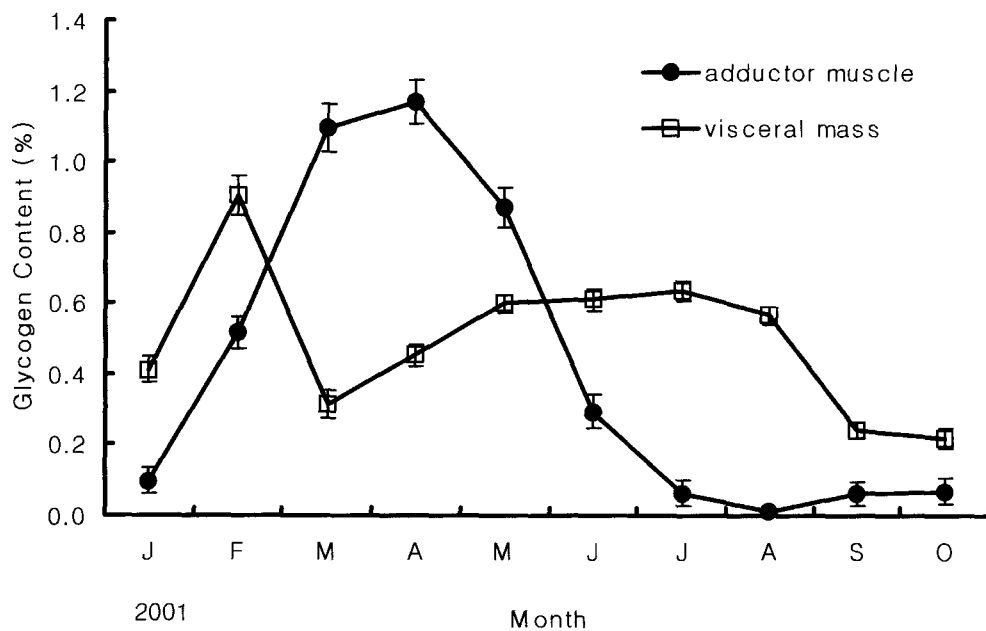


Fig. 7. Monthly changes in glycogen contents of *Ruditapes philippinarum* from January to December, 2001.



조직 내의 총지질 성분이 최대에 이르게 되어 생식소가 성숙에 이르게 되나, 산란기에는 그 함량이 감소되는 것으로 추정된다. 이러한 현상은 이매패류인 키조개 (Baik et al., 2001) 와 굴 (Kang et al., 2000)의 내장낭에서도 일어나고 있어 본 연구 결과와 일치하는 경향을 보이고 있다.

폐각근 조직 내 glycogen 함량은 후기활성기 및 완숙기에 최대에 이른 후, 산란기에 감소되기 시작하여 퇴화 및 비활성기까지 감소되는 경향을 보인 반면, 내장낭 조직 내 glycogen 함량은 초기활성기에 최대에 이른 다음 후기활성기에 일시 감소된 후, 완숙기부터 산란기까지 다시 증가되나, 퇴화 및 비활성기에는 다소 낮은 값을 나타내었다 (Kang et al., 2000). 폐각근 조직과 내장낭 조직내의 글리코겐 함량 사이의 월별 변화 양상은 뚜렷한 상관관계는 보이지 않았는데 ( $r = 0.062$ ,  $p > 0.05$ ), 그것은 양적으로 너무 적었기 때문이라고 생각된다. 그러나 폐각근 조직 내의 글리코겐 함량 변화 양상을 분석하여 보면, 완숙기 및 산란기에 폐각근 조직 내 glycogen 물질이 내장낭 조직 쪽으로 계속 이동하여 이시기에는 폐각근 조직 내 글리코겐 함량이 감소되는 반면, 내장낭 조직 내에는 이들 성분이 들어와 양적 증가가 일어난 것으로 예측되며, 이들 성분이 생식소 성숙에 관여하는 것으로 추정된다 (Baik et al., 2001; Kang et al., 2000).

요 약

바지락, *Ruditapes philippinarum*의 생식기구를 밝히기 위한 연구의 일환으로서 생식주기는 조직학적 관찰에 의해 조사되었고, 폐각근 조직 및 내장낭 조직 내의 생화학 성분들은 생화학적 분석방법에 의해 조사되었다. 바지락의 생식소 발달에 따른 생식주기는 초기활성기 (1-3월), 후기활성기 (2-5월), 완숙기 (4-8월), 부분산란기 (5-10월), 퇴화/비활성기 (8-2월)의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다.

폐각근 조직내 총단백질 함량 (%) 변화는 초기 및 후기 활성기인 2월에 최대에 이른다음, 완숙기 및 부분활성기인 5월에 최소값을 나타내었다. 반면, 내장낭 조직 내 총단백질 함량 변화는 완숙 및 부분산란기인 6월에 최대에 이른 후, 부분산란기인 6월부터 10월까지 점차 감소되는 경향을 보였다. 전반적으로 폐각근 조직과 내장낭 조직 내의 총단백질 함량 변화 사이에는 음 (-) 의 상관관계를 나타내었다 ( $r = -0.292$ ,  $P < 0.05$ ). 폐각근 조직 내 총지질 함량 (%) 변화는 비활성기 및 초기활성기인 1월에 최대에 이른 후, 2월에 급격히 감소되었다. 반면, 내장낭 조직 내 총지질 함량 (%) 변화는 후기활성기 및 완숙기인 4월에 최대를 나타내었고, 부분산란기인 5-10월 사이에 점차 감소되는 경향을 보였다. 전반적으로 폐각근 조직

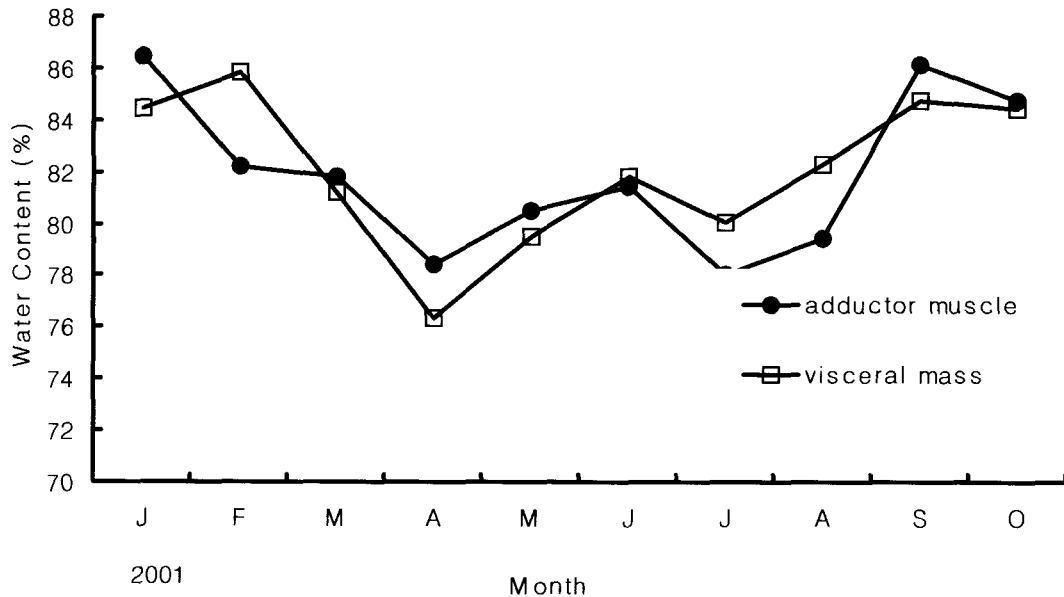


Fig. 8. Monthly changes in water contents of *Ruditapes philippinarum* from January to December, 2001.

과 내장낭 조직 내의 총지질 함량 변화 사이에는 음 (-) 의 상관관계를 보였다 ( $r = -0.699, p < 0.05$ ). 폐각근 조직내 글리코겐 함량 (%) 변화는 후기활성기 및 완숙기인 5월에 최대에 이른 다음, 부분산란기인 5월부터 10월까지 급격히 감소되었다. 반면, 내장낭 조직 내 글리코겐 함량 (%) 변화는 초기 및 후기활성기인 2월에 최대에 이른 다음, 후기활성기인 3월에 급격히 감소되었으며, 그 후 완숙 및 부분산란기인 4월에서 7월까지 점차 증가되는 경향을 보였다. 전반적으로 폐각근 조직과 내장낭 조직 내의 글리코겐 함량 변화 사이에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다 ( $r = 0.062, p > 0.05$ ). 상기 언급된 결과들은 바지락의 폐각근 조직 및 내장낭 조직들이 중요한 에너지 저장소이며, 영양 공급 기관임을 알 수 있었으며, 폐각근 조직과 내장낭 조직들의 영양물질 함량 변화는 생식소의 에너지 요구에 따라 변하고 있음을 알 수 있었다.

### 감사의 말씀

이 논문은 해양수산부에서 시행한 수산특정연구사업 (1998-2000년도) 의 연구개발과제 연구비 지원에 의해 연구된 결과의 일부입니다. 생화학적 성분 분석을 도와준 해양응용공학부 김현수 선생에게 감사를 드립니다.

### REFERENCES

- Baik, S.H., Kim, K.J., Chung, E.Y., Choo, J.J. and Park, K.H. (2001) Seasonal variations in biochemical components of the visceral mass and adductor muscle in the pen shell, *Atrina pectinata*. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **4**: 18-24.
- Barber, B.J. and Blake, N.J. (1981) Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **52**: 121-134.
- Barber, B.J. (1984) Reproductive Energy Metabolism in the Bay Scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). Ph.D. Thesis University of South Florida, Tampa, 122 pp.
- Blake, N.J. and Sastry, A.N. (1979) Neurosecretory regulation of oogenesis in the bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck). In: *Cyclic phenomena in Marine Plants and Animals*. (ed. by Naylor, E. and Hartnoll, R.G.), pp. 181-190, Pergamon Press, New York.
- Choi, Y.M. (1987) The Secondary Production of the Bivalve, *Tapes philippinarum*, in the Shore of Sinsudo, Samcheonpo. A thesis submitted for degree of the Master, Department of Marine Biology, Graduate School, National Fisheries University of Pusan, 45 pp. [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. *Development & Reproduction*, **1**: 141-156.
- 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, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **3**: 125-136.
- 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**: 149-163.
- Chung, E.Y., Hur, S.B., Hur, Y.B. and Lee, J.S. (2001) Gonadal maturation and artificial spawning of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), in Komso Bay, Korea. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **4**: 208-218.
- Holland, D.A. and Chew, K.K. (1974) Reproductive cycle of the manila clam Washington. *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. A thesis submitted for degree of the Master, Department of Fisheries Biology, Graduate School, National Fisheries University of Pusan, 82 pp. [in Korean with English summary]
- Ikematsu, W. (1956) Ecological studies of *Tapes philippinarum* I. Resistance to the sea water of lower specific gravity and high temperature for *Tapes philippinarum* of the early young stage. *Report of the Investigations on the Ariake Sea*, **3**: 16-23.
- Kang, C.K., Park, M.S., Lee, P.Y., Choi, W.J. and Lee, W.C. (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. *Journal of Shellfish Research*, **19**: 771-778.
- Kim, J.Y. (1999) Seasonal variation of the primary productivity in the vicinity of Chulpo Sea area. *Fisheries Science Research, Kunsan National University*, **14**: 177-122. [in Korean]
- 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. Academy Publishing Company, Seoul, Korea. 288pp. [in Korean]
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Republic of Korea. (2001) Development of Optimal Technology for Sustaining Production in Shellfish Farm. 930 pp. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Republic of Korea. Seoul [in Korean]
- Mori, K. (1975) Seasonal variation in physiological activity of scallops under culture in the coastal waters of Snariku District, Japan, and physiological approach of a possible cause of their mass mortality. *Bulletin of Marine Biological Station Asamushi*, **15**: 59-79.
- 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 individuals 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.
- 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 Theoretic Biology*, **40**: 337-351.
- Redfern, P. (1974) Biology and distribution of the toheroa, *Paphies (Mesodesma) ventricosa* (Gray). *Fisheries Research Bulletin*, **11**: 1-51.
- Robinson, W.E., Wehling, W.E., Morse, M.P. and McLeod, G.C. (1981) Seasonal changes in soft-body component indices and energy reserves in the Atlantic deep-sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *Fisheries Bulletin*, **79**: 449-458.
- Roe, J.H. (1955) The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent. *Journal of Biological Chemistry*, **212**: 335-343.
- 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.
- Sastry, A.N. (1979) Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: *Reproduction of Marine Invertebrates, Volume V, Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes*, (ed. by Giese, A.C. and Pearse, J.S.), pp. 113-292. Academic Press, New York.
- Shin, Y.K. Kim, Y., Chung, E.Y. and Hur, S.B. (2000) Temperature and salinity tolerance of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **33**: 213-218. [in Korean]
- Shin, Y.K. Kim, Y., Chung, E.Y. and Hur, S.B. (2001) Effects of the dissolved oxygen concentration on the physiology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **34**: 190-193. [in Korean]
- Simpson, R.D. (1982) Reproduction and lipids in the sub-Antartic limpet *Nacella (Patinigera) macquariensis* Finlay, (1927). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **56**: 33-48.
- Tanaka, Y. (1954) Spawning season of important bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*. *Bulletin of Japanese Society Science and Fisheries*, **19**: 1165-1167. [in Japanese with English summary]
- 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**: 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.
- Yoon, S.B. (1992) Population Dynamics of the Shortnecked Clam, *Tapes philippinarum* in An-Jong, Tong-Young. A thesis submitted for degree of the Master, Department of Marine Biology, Graduate School, 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 College Fisheries*, **3**: 1-106. [in Japanese with English Summary]