

# 한국 기수산 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 의 생식소 발달단계에 따른 폐각근, 내장낭 및 족부 근육의 생화학적 성분의 계절적 변화

정의영, 김종배<sup>1</sup>, 곽오열<sup>2</sup>, 이창훈<sup>3</sup>

군산대학교 해양생명과학부, <sup>1</sup>군산대학교 해양응용공학부, <sup>2</sup>군산대학교 대학원 수산과학과, <sup>3</sup>한국해양연구원 남해연구소

## Seasonal Changes in Biochemical Component of the Adductor Muscle, Visceral Mass and Foot Muscle of *Corbicula japonica*, in Relation to Gonad Developmental Phases

Ee-Yung Chung, Jong Bae Kim<sup>1</sup>, Oh-Yeol Kwak<sup>2</sup> and Chang-Hoon Lee<sup>3</sup>

*School of Marine life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea*

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

<sup>2</sup>*Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea*

<sup>3</sup>*South Sea Institute, Korea Ocean Research and Development Institute, Geoje, 656-830, Korea*

### ABSTRACT

We investigated the reproductive cycle of *Corbicula japonica* with its gonadal development by histological observations, and the seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle, visceral mass and foot muscle of the clam by biochemical analysis, from January to December, 2003. The reproductive cycle of this species can be classified into five successive stages: early active stage (February to April), late active stage (April to July), ripe stage (June to August), partially spawned stage (July to September) and spent/inactive stage (September to March).

According to ANOVA test, there were significant differences ( $p < 0.05$ ) in total protein, total lipid and glycogen contents among months for all of the visceral mass, adductor muscle and foot muscle. Total protein content was highest in adductor muscle, while lowest in visceral mass. There was no correlation in total

protein content between visceral mass and adductor muscle ( $p = 0.208$ ). However, strong positive correlation was found between adductor muscle and foot muscle ( $r = 0.769$ ,  $p < 0.001$ ). In visceral mass, total lipid content was the highest; it was 2 or 3-fold higher than that in adductor muscle or foot muscle. The monthly change was also most dynamic in visceral mass. It decreased from January to March (early active stage), and reached maximum in April (late active stage). From May to August (ripe and partially spawned stage), it gradually decreased and then increased again until October (spent/inactive stage). Multiple comparisons showed that total lipid content in visceral mass between all of the adjacent two months was significantly different ( $p < 0.05$ ). There were strong negative correlations in total lipid content between visceral mass and adductor muscle ( $r = 0.687$ ,  $p < 0.001$ ), and between visceral mass and foot muscle ( $r = 0.473$ ,  $p = 0.008$ ). Changes of glycogen content were more or less similar to the changes of lipid contents in visceral mass, adductor muscle and foot muscle, except for April. In April, glycogen content in visceral mass was over four times higher than that in adductor muscle or foot muscle. There was a positive correlation in glycogen content between adductor muscle and foot muscle ( $r = 0.686$ ,  $p <$

Received September 14, 2004; Accepted December 8, 2004

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr  
1225-3480/20202

© The Malacological Society of Korea

0.001).

Especially, total lipid content showed a negative correlation between the adductor muscle and visceral mass. Therefore, these results indicate that the nutrient content of the adductor muscle, visceral muscle and foot muscle changed in response to gonadal energy needs.

**Keywords:** *Corbicula japonica*, Reproductive cycle, Biochemical Component.

## 서 론

일본재첩 (*Corbicula japonica*) 은 이매패 강 (Bivalvia), 이치 아강 (Heterodonta), 백합 목 (Veneroida) 재첩 과 (Corbiculidae)에 속하는 식용이매패로서 한국, 중국, 일본의 연안에 분포하는데 (Kwon *et al.*, 1993), 특히 우리나라에서는 서남해안의 기수역의 사니질에 서식한다 (Yoo, 1976). 최근 여러 가지 요리법 개발과 재첩 잡이 체험축제, 일본으로의 수출 등으로 인한 소비의 증가로 인해 본 종의 무분별한 남획과 채취도구의 발달 및 어획강도의 강화 등으로 이들 자원이 현저히 격감되고 있는 실정이다. 또한 최근 재첩 채취권을 둘러싸고 심각한 분쟁까지 초래하고 있어 앞으로 본 종은 적절한 자연자원 관리가 요망될 뿐만 아니라 양식대상 종으로 주목되는 산업상 중요한 생물자원이다.

일본재첩에 관하여는 일본 북해도산 기수성 재첩의 산란, 생식, 인공수정에 관한보고 (朝比, 1941) 와 생식주기 (丸, 1981) 등이 있다. 한국 기수산 일본재첩 에 관하여는 자원학적 조사 (趙等, 1999) 와 생태 (丁, 1977) 에 관한 보고가 있다.

본 종의 자원증식을 위한 생식생물학적 기초연구인 생식기구를 연구하기 위해서는 우선 생식소 발달과 관련된 영양공급 기관인 폐각근과 내장낭 부위 조직사이의 영양물질의 성분변화와 이동관계를 연구할 필요가 있으나 이에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구의 목적은 본 종의 생식소 발달단계에 따른 생식주기를 밝힌 후, 생식소 발달과 관련된 영양공급 기관인 폐각근과 내장낭 부위 조직사이의 생화학적 영양성분의 계절적 함량변화 및 이동 관계를 생식소 발달단계와 관련지어, 다른 이매패류와 비교하여 이들의 생식기구를 밝히는데 있다.

## 재료 및 방법

본 실험에 사용한 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 은 2003년 8월부터 2004년 7월까지 1년간에 걸쳐 경남 하동군 섬진강 하구역 (Fig. 1) 에서 형망에 의해 채집하였다. 채집된 재료 중 각장 20.0-35.0 mm 크기의 개체를 무작위로 240-250 개

체씩 사용하여 생식주기를 조직학적으로 조사하였고, 생화학적 영양성분의 함량 분석을 위해 사용하였다.

## 1. 생식소 발달단계에 따른 생식주기의 조직학적 조사

### 1) 조직학적 표본제작

내장낭에서 족부까지 분포하는 생식소 부위를 적출하여 Bouin용액에 24시간 고정하였다. 고정된 생식소 부위는 일반적인 paraffin 절편법에 의해 5-7  $\mu$ m로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교 염색하였고, 조직의 세구분을 위하여 Mallory triple 염색을 병행하였다.

### 2) 생식소 발달단계의 기준

난소 및 정소의 발달 과정과 이들의 주기적 변화를 조직학적으로 조사한 결과 (Chung *et al.* (2000) 의 분류 방법을 따라 생식주기를 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 부분산란기 (partially spawned stage), 퇴화 및 비활성기 (spent/inactive stage) 등의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었다.

## 2. 생식소 발달단계에 따른 생화학적 성분변화 조사

### 1) 생화학적 성분분석

실험에 사용한 기수산 일본재첩은 2004년 1월부터 10월까지 섬진강 하구역에서 형망으로 채집한 것을 사용하였다. 일본재첩의 일반성분 분석은 AOAC법에 의하여 수분함량은 105°C 상압건조법으로 측정하였고, 조단백질은 Kjeldahl법으

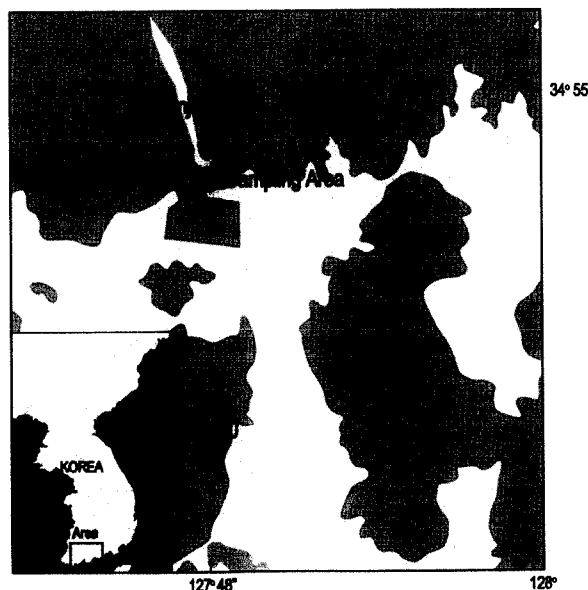


Fig. 1. Map showing the sampling area.

로, 조지방은 Soxhelt 추출법으로 측정하였다. Glycogen의 정량은 anthrone 황산법을 이용하여 측정하였다. 부위별로 떼어 낸 시료를 균질화하여 일정량을 취한 후 30% 수산화칼륨 용액을 가하고, water bath 상에서 100°C에서 2시간 교반하였다. 그리고 냉각 후 3 배 양의 알코올을 가하여 교반한 후 4°C 상태에서 하룻밤 방치하여 glycogen을 침전시켰다. 침전된 glycogen을 원심분리 (500 g, 10 min) 하여 침전물을 1 N 황산용액 6 ml를 가하여 용해시킨 후 원심 분리하여 상층액을 가지고 anthrone 황산법으로 측정하였다. 측정된 모든 자료는 dry base로 환산하여 나타내었다.

## 2) 통계처리

내장낭, 폐각근, 족부 근육 내 수분, 총단백질, 총지질 및 글리코겐 함량의 월별 변화와 각 월별로 내장낭, 폐각근 및 족부 근육 사이에 이들 함량이 통계적으로 차이가 있는 지를 알아보기 위하여 분산분석 (analysis of variance, ANOVA)을 실시하였고, 월별 평균값의 다중비교 (multiple comparison)를 위하여 Tukey test를 실시하였다. 그리고, 내장낭, 폐각근, 족부 근육내 총단백질, 총지질 및 글리코겐 함량 간의 상관관계를 알아보기 위하여 피어슨 상관계수 (Pearson's correlation coefficient)를 구하였다. 모든 통계처리는 SPSS 프로그램을 이용하여 유의수준 0.05에서 실시하였다.

## 결 과

### 1. 생식소발달에 따른 생식주기

#### 1) 초기활성기 (Early active stage)

암컷의 경우, 난소는 수많은 난소소낭들로 이루어져 있고 비교적 두터운 생식소 상피상에서는 크기가 10  $\mu\text{m}$  정도인 난원세포들이 호산성 과립세포들과 불분화 간충직 사이에서 분열 증식이 일어나고 있고 또한 초기 발달 중인 난모세포들이 출현하였다. 이들 난모세포의 난경은 20  $\mu\text{m}$  전후로 뚜렷한 핵을 가지며 핵 내에는 뚜렷한 한 개의 인을 가졌다. 이 시기에 난소소낭 내 내강은 텅 비어있었다 (Fig. 2A).

수컷의 경우, 정소는 여러 개의 정소소낭들로 이루어져 있고, 소낭상피상에는 약 9-10  $\mu\text{m}$ 인 정원세포들이 불분화 간충직들과 호산성 과립세포들 사이에서 분열 증식이 활발히 일어나고 있고, 또한 크기가 7-8  $\mu\text{m}$ 인 정모세포들이 나타나 증적으로 배열되었다. 이 시기에 정소 내강은 텅 빈 것으로 나타났다. 초기활성기의 생식소를 갖는 섬진강 하구역 일본재첩의 암, 수 개체들은 2-4월 사이에 나타났다 (Fig. 3A).

#### 2) 후기활성기 (Late active stage)

암컷의 경우, 난소소낭 내에 발달 중인 난모세포들은 난병 (egg-stalk)을 소낭 상피상에 부착한 채 중앙 내강을 향해 발

달하여 서양배 모양을 이루었다. 그러나 난모세포들의 난경이 내략 50-60  $\mu\text{m}$ 가 되면 모양이 다각형 또는 타원형으로 발달하여 난소 소낭의 약 70-80%를 채웠다. 이 때 난모 세포들은 배포상의 핵과 핵 내에 한 개의 뚜렷한 인이 나타났다 (Fig. 2B).

수컷의 경우, 정소소낭이 좀 더 발달하면 소낭 내에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 정세포들이 중앙 내강을 향해 층상 배열을 하였고 소낭 중앙에는 일부 변태중인 정자들이 환상 정자숙 (sperm ball)을 형성하였다. 후기 활성기의 생식소를 가지는 섬진강 하구역 일본재첩의 암수 개체들은 4-7월 사이에 나타났다 (Fig. 3B).

### 3) 완숙기 (Ripe stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 중앙내강 내에는 크기가 70-90  $\mu\text{m}$ 인 완숙 난모세포가 70% 이상 차지하였다. 난소소낭들은 그 수가 증가하여 족부의 망상 결체 조직층까지 차지하게 되는데 타원형 내지 원형인 완숙난모 세포들은 커다란 배포상의 핵을 가지며, 핵 내에 1-3 개의 인이 뚜렷하게 나타났다. 그리고 난황막 주변은 젤라틴성 물질에 의해 둘러 싸여 있었다. 이 시기에 난소소낭 상피는 아주 얇아지고 호산성 과립세포들과 불분화 간충직들의 수도 극감되었다 (Fig. 2C, 2D).

수컷의 경우, 완숙 정소의 소낭 상피의 두께는 아주 얇아지며, 정모세포들과 정세포들이 층상 배열을 하고 있었고 소낭의 중앙 내강에는 변태된 정자들이 밀집되어 정자의 미부가 생식상피 쪽을 향한 채 다수의 가락지 모양의 환상정자 속을 형성하여 내강을 가득 채웠다. 이 시기에 호산성 과립세포들과 불분화 간충직들은 찾아보기 어려웠다. 섬진강 하구역 일본재첩의 완숙 난소 및 정소를 갖는 개체들은 6월에 시작되어 8월까지 출현하였다 (Fig. 3C).

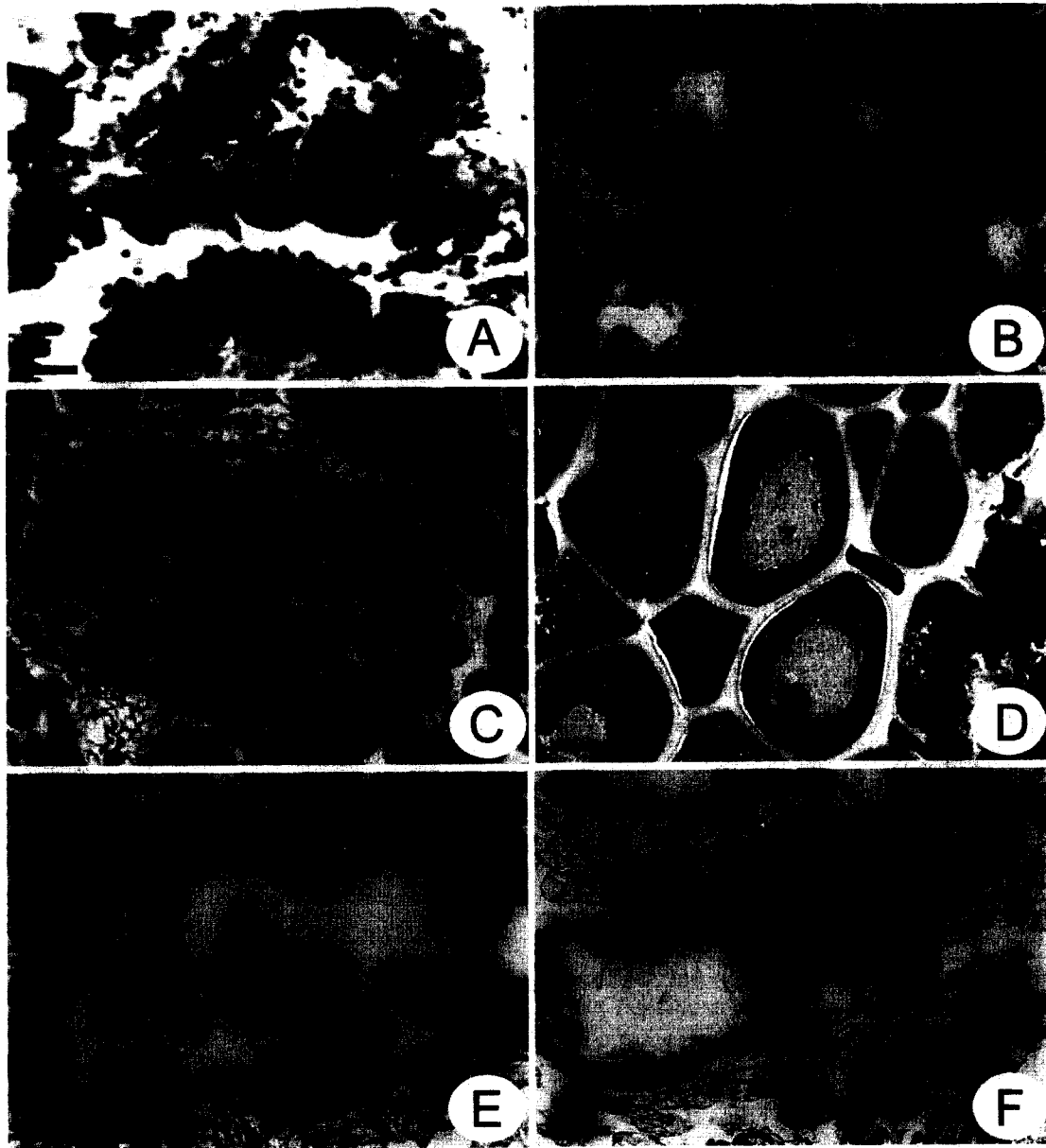
### 4) 부분산란기 (Partially spawned stage)

암컷의 경우, 난소소낭의 중앙 내강에 자리 잡고 있던 완숙란들은 방란되어 소낭의 중앙부는 텅 비어 있게 되며, 미방출된 난모세포들이 소수 잔존하나 이 시기에는 소낭벽이 부분적으로 파괴되었다 (Fig. 2D).

수컷의 경우, 정소소낭의 중앙 내강을 가득 채웠던 환상 정자숙들이 방정되어 내강은 텅비게 되었으나 일부 미방출된 정자들이 정세포와 함께 잔존하였다. 섬진강 하구역 일본재첩의 암, 수 개체들의 방란, 방정은 7월에서 9월 사이였고, 주산란은 수온이 25.0°C 전, 후인 8월이었다 (Fig. 3D).

### 5) 퇴화 및 비활성기 (Spent/Inactive stage)

암컷의 경우, 방란을 마친 후 퇴화, 붕괴 중인 난소낭 내에는 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화, 흡수되었다. 그 후 소실되었던 망상결체 조직들이 빈 공간을 다시 채우고

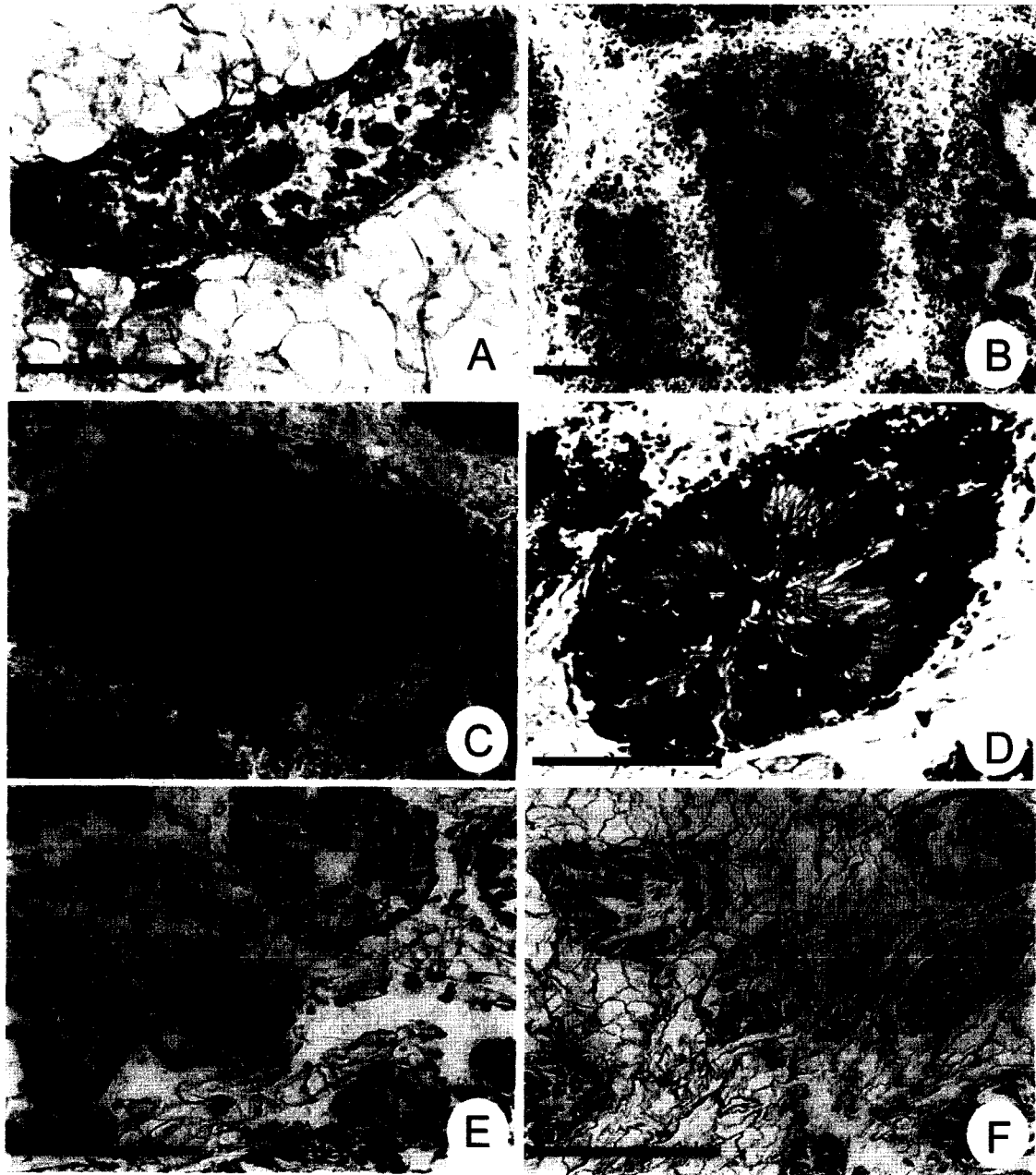


**Fig. 2.** Photomicrographs of the gonadal phase of the female marsh clam, *Corbicula japonica* (A-F). **A:** transverse section of the oogenic follicles in the early active stage; **B:** section of the oocytes in the late active stage; **C:** section of the follicles in the ripe stage; **D:** section of the follicles in the partially spawned stage; **E and F,** sections of the follicles in the spent/inactive resting stage. Scale bars = 50  $\mu$  m.

세포 분화가 시작되어 새로이 형성된 난소소낭 상피상에 난원 세포들이 일부 출현하여 장기간 잔존하였다. 퇴화 및 비활성기의 암수 개체들은 9월부터 3월 사이에 출현하였다 (Fig. 2E, 2F).

수컷의 경우, 방정 후 퇴화, 붕괴 중인 정소소낭 내에는 일부

잔존하는 정모세포들, 정세포들 그리고 퇴화흡수 중인 정자들이 출현하였다. 그 후 망상결체 조직들이 빈 공간을 채우고 새로이 세포 분화가 일어나 다시 형성된 정소소낭 상피상에 일부 소수의 정원세포가 출현하여 장기간 잔존하였다 (Fig. 3E, 3F). 섬진강 하구역 일본재첩의 암수 개체 모두에서 퇴화 및



**Fig. 3.** Photomicrographs of the gonadal phase of the male marsh clam, *Corbicula japonica* (A-F). **A:** transverse section of the spermatogenic follicles in the early active stage; **B:** section of the follicles in the late active stage; **C:** section of the follicles in the ripe stage; **D:** section of the follicles in the partially spawned stage; **E and F:** sections of the follicles in the spent/inactive stage. Scale bars = 50  $\mu$ m.

비활성기가 9월부터 3월 사이에 출현하였다.

## 2. 생식소발달에 따른 생화학적 성분분석

### 1) ANOVA 결과

#### (1) 수분함량

분산분석 결과 수분함량의 월 변화는 내장낭 ( $F = 25.97, p$

$< 0.001$ ), 폐각근 ( $F = 15.24, p < 0.001$ ), 족부 근육 ( $F = 5.76, p = 0.001$ ) 모두에서 통계적 유의성을 나타내었다. 내장낭의 경우, 수분함량이 1-3월에 87-88% 정도이었고, 후기 활성기인 4월에 77%로 크게 감소하였다 (Fig. 4). 5-9월에는 80-88%로 다시 증가하였고, 퇴화 및 비활성기인 10월에는

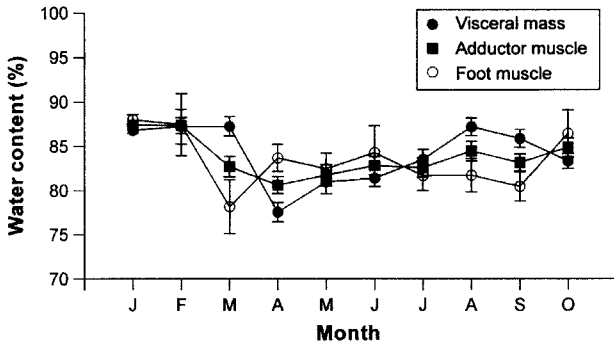


Fig. 4. Monthly changes in water content in the visceral mass, adductor muscle, and foot muscle of *Corbicula japonica* from January to October, 2004.

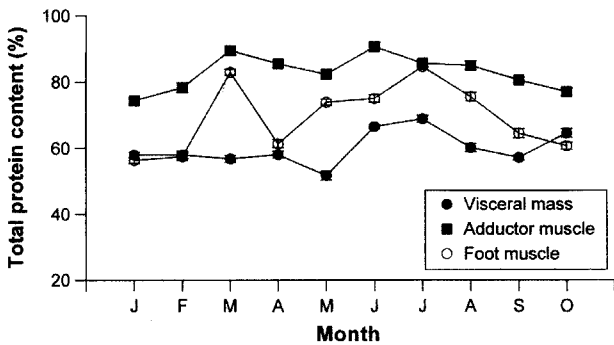


Fig. 5. Monthly changes in total protein content in the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica* from January to October, 2004.

83%로 다시 감소하였다. Tukey test에 의한 다중비교 결과, 내장낭에서의 수분함량은, 비활성기-초기활성기인 1-3월 ( $p = 0.870$ ), 5-7월 ( $p = 0.231$ ), 8, 9월 ( $p = 0.870$ ), 9, 10월 ( $p = 0.218$ ) 사이에 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다. 폐각근의 경우, 수분함량이 1, 2월에 87-88% 정도이었고, 3-5월에 80-82%로 감소하였고, 6-10월에 다시 82-85%로 증가하였다. 1-2월 ( $p = 0.109$ ), 3-7월 ( $p = 0.112$ ), 그리고 6-10월 ( $p = 0.209$ ) 사이에는 통계적 차이가 없었다. 족부 근육의 경우, 수분함량이 1, 2월에 87-88% 정도이었고, 3-9월 동안은 78-84%로 감소하였다가 다시 퇴화 및 휴지기인 10월에 86%까지 증가하였다. 3-9월 사이에는 통계적 차이가 없었다 ( $p = 0.088$ ).

(2) 총단백질 함량

분산분석 결과 총단백질 함량의 월 별화는 내장낭 ( $F = 70.06, p < 0.001$ ), 폐각근 ( $F = 62.67, p < 0.001$ ), 족부 근육 ( $F = 271.1, p < 0.001$ ) 모두에서 통계적 유의성을 나

타내었다. 내장낭의 경우, 총단백질 함량이 1-4월에 56-58% 정도이었고, 5월에 52%로 크게 감소하였다 (Fig. 5). 6, 7월에 66-68%로 최대값을 보였다가 8, 9월에 57-60%로 감소하였다. 10월에는 다시 65%로 증가하였다. Tukey test에 의한 다중비교 결과, 내장낭에서의 총단백질 함량은 1-4월 ( $p = 0.890$ ), 6, 7월 ( $p = 0.231$ ), 8-9월 ( $p = 0.065$ ) 사이에 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다. 폐각근의 경우, 비활성기-초기활성기인 1-3월에 74-89%로 증가하였고, 4, 5월에는 82%까지 감소하였다. 완숙기인 6월에 90%로 최대를 나타내었다가, 산란기인 7월 이후부터 서서히 감소하여 10월에는 77%이었다. 월별 변화가 심하여 대부분 인접한 달끼리의 함량은 통계적 유의성이 있었고, 4, 5월 및 7, 8월 사이에서만 통계적 차이가 없었다 ( $p = 0.058$ ). 족부 근육의 경우 비활성기-초기활성기인 1-3월 동안 총단백질 함량이 83%까지 증가하였고, 후기활성기인 4월에 61%까지 낮아졌다가 다시 증가하여 부분산란기인 7월에는 85%에 이르렀다. 이후 8-10월 동안에는 감소하여 10월에는 60% 정도로 낮아졌다. 족부 근육 또한 월별 변화가 심하여 대부분 인접한 달끼리는 통계적 유의성이 있었고, 1, 2월 ( $p = 0.945$ ) 및 5, 6월 ( $p = 0.684$ ) 사이에서만 통계적 차이가 없었다.

(3) 총지질 함량

분산분석 결과 총지질 함량의 월 별화는 내장낭 ( $F = 515.9, p < 0.001$ ), 폐각근 ( $F = 228.5, p < 0.001$ ), 족부 근육 ( $F = 1684.9, p < 0.001$ ) 모두에서 통계적 유의성을 나타내었다. 내장낭의 경우, 총지질 함량이 1-3월 사이에는 9.8%에서 8.2% 낮은 값을 보였고, 후기활성기인 4월에 11.6%로 최대를 이룬 후, 5-7월에는 7.6-8.7% 범위로 감소된 후, 8월에 4.6%로 가장 낮았다. 이후, 다시 증가하여 10월에는 8.1%이었다 (Fig. 6). Tukey test에 의한 다중비교 결과, 내

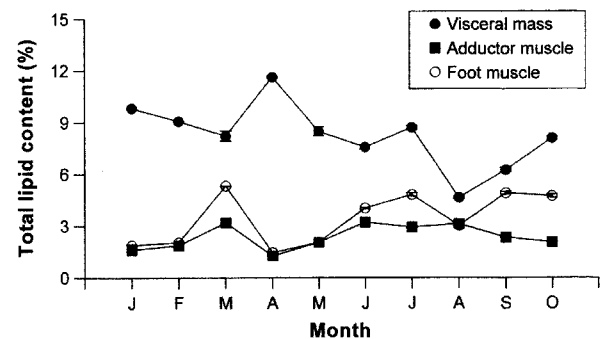
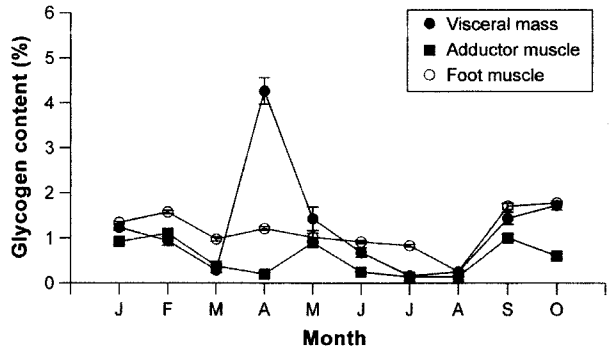


Fig. 6. Monthly changes in total lipid content in the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica* from January to October, 2004.

장낭에서 총지질 함량은 인접한 모든 달 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 내장낭 내의 총지질 함량 변화는 초기활성기인 2-3월에 서서히 감소된 후, 후기활성기인 4월에 최대에 이른 다음 5, 6월에 감소된 후 완숙기인 7월에 증가하고 산란기인 8, 9월에 아주 낮은 값을 보였다. 폐각근의 경우, 비활성기-초기활성기인 1-3월 사이에는 1.6%에서 3.2%로 2배 가량 증가하였고, 후기활성기인 4월에 1.3%로 가장 낮아졌다가, 5-8월 (완숙기) 사이에 2.0-3.1%로 최대로 증가되었으나 산란기인 7-10월 에는 다시 감소하여 2.1-2.4% 범위를 나타내었다. 폐각근에서 총지질 함량은 7, 8월 ( $p = 0.166$ ) 사이에서만 통계적 유의성이 없었고, 나머지 달 사이에서는 모두 유의성이 있었다. 족부 근육의 경우, 비활성기-초기활성기인 1-3월 사이에 1.9%에서 5.3%로 크게 증가하였다. 그러나 후기활성기인 4월에는 1.5%로 최저값을 나타내었고, 5월부터 다시 증가하기 시작하여 완숙기인 6, 7월에 4.8%에 이르렀고, 산란기인 8월에는 다시 3%로 약간 감소한 후, 9, 10월에는 4.7-4.9%의 가장 높은 값을 보였다. 족부 근육 내 총지질 함량 또한 월별 변화가 심하여 대부분 인접한 달끼리는 통계적 유의성이 있었고, 1, 2월 ( $p = 0.070$ ) 및 9, 10월 ( $p = 0.090$ ) 사이에서만 통계적 차이가 없었다.

**(4) 글리코겐 함량**

분산분석 결과 글리코겐 함량의 월 변화는 내장낭 ( $F = 201.5, p < 0.001$ ), 폐각근 ( $F = 182.2, p < 0.001$ ), 족부 근육 ( $F = 305.8, p < 0.001$ ) 모두에서 통계적 유의성을 나타내었다. 내장낭의 경우 1-3월 사이에는 1.2%에서 0.3%로 감소하였고, 4월에는 4.3%로 크게 증가하였다 (Fig. 7). 5-7월 사이에는 1.4%에서 0.2%로 감소하였다가, 8-10월 사이에는 다시 증가하기 시작하였다. Tukey test에 의한 다중비교 결과, 내장낭에서의 글리코겐 함량은 1, 2월 ( $p = 0.331$ ), 7, 8월 ( $p = 0.986$ ), 9, 10월 ( $p = 0.345$ ) 사이에 통계적 차이가



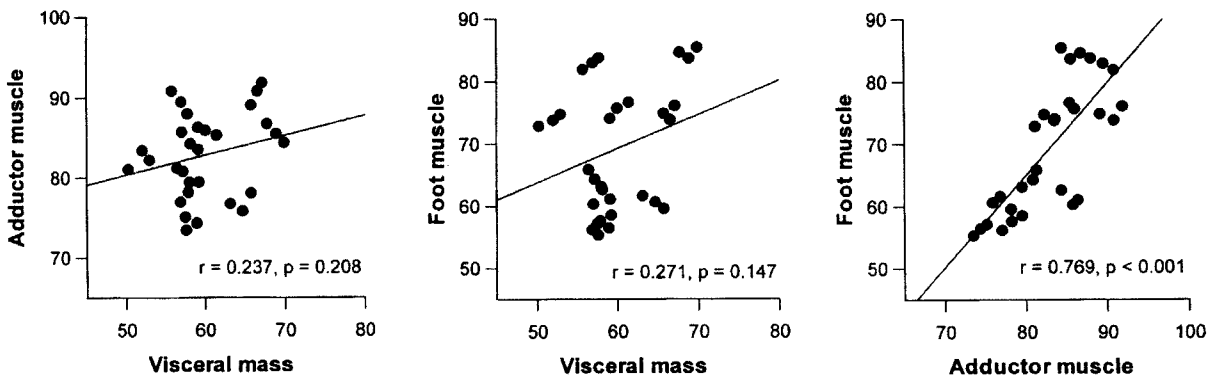
**Fig. 7.** Monthly changes in glycogen content in the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica* from January to October, 2004.

없는 것으로 나타났다. 폐각근의 경우, 비활성기-초기활성기인 1, 2월에는 0.9-1.1% 정도로 최대에 이른 후, 3, 4월 동안 0.2%까지 감소하였다. 5월에 다시 0.9%로 약간 증가하였다가 완숙 및 부분산란기인 6-8월 사이에는 0.2-0.3% 범위로 감소하였다. 9월에는 다시 1% 이상으로 증가하였고, 퇴화 및 비활성기인 10월에는 0.6%로 감소하였다. 6-8월 사이에는 폐각근 내 글리코겐 함량이 통계적으로 차이가 없었다 ( $p = 0.265$ ). 족부 근육의 경우, 비활성기-초기활성기인 1, 2월에 1.3-1.6%의 높은 값을 보이다가, 산란기인 7, 8월까지 꾸준히 감소하여 최저 0.3%에 이르렀고, 퇴화 및 비활성기인 9, 10월에는 다시 증가하여 1.7-1.8%로 최대값을 나타내었다. 5, 6월 ( $p = 0.248$ )과 6, 7월 ( $p = 0.419$ ) 및 9, 10월 ( $p = 0.632$ ) 사이에 통계적 차이가 없었다.

**2) 상관분석 결과**

**(1) 총단백질 함량**

상관분석 결과, 총단백질 함량의 조직간 상관관계는 한 가지



**Fig. 8.** Correlations of total protein content among the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica*.

경우에서만 유의한 것으로 나타났다 (Fig. 8). 즉, 폐각근과 족부 근육간 유의한 양의 상관관계가 나타났고 ( $r = 0.769, p < 0.001$ ), 내장낭과 폐각근 사이 ( $r = 0.237, p = 0.208$ ) 및 내장낭과 족부 근육 사이 ( $r = 0.271, p = 0.147$ )에서는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

(2) 총지질 함량

총지질 함량의 조직간 상관관계는 모든 경우에서 유의한 것으로 나타났다 (Fig. 9). 그러나, 내장낭과 폐각근 사이 ( $r = -0.687, p < 0.001$ ) 및 내장낭과 족부 근육 사이 ( $r = -0.473, p = 0.008$ ) 에서는 음의 상관관계가 나타난 반면, 폐각근과 족부 근육 사이에서는 양의 상관관계가 나타났다 ( $r = 0.687, p < 0.001$ ).

(3) 글리코겐 함량

글리코겐 함량의 조직간 상관관계는 두 가지 경우에서 유의한 것으로 나타났다 (Fig. 10). 즉, 내장낭과 폐각근 사이에서는 유의한 상관관계를 나타내지 못하였고 ( $r = 0.031, p =$

$0.869$ ), 내장낭과 족부 근육 사이 ( $r = 0.396, p = 0.030$ ) 및 폐각근과 족부 근육 사이 ( $r = 0.686, p < 0.001$ )에서는 유의한 양의 상관관계를 나타내었다.

고 찰

해산 연체동물의 생식주기 (또는 산란주기) 의 연구는 연령 사정 및 가입시기 등의 개체군 역학 연구뿐만 아니라 생물지질학의 이해에 필수적이다. 생식주기는 생식소의 발달, 산란, 생식소의 퇴화에 이르는 전 과정이다 (Chung, 1997). 이때폐류의 생식주기는 해에 따라 그리고 위도구배에 따라 산란 시기와 생식세포 발달의 종내 변이가 일어나는데, 이들 현상은 환경조건의 변화와 관련되어 있는 것으로 보고되어 있다 (Chung, 1997).

Barber (1984) 는 해만가리비 (*Argopecten irradians*) 의 생식소에 영양물질을 공급하는 소화맹낭과 폐각근 내의 영양성분들의 조성 관계를 방사성 동위원소로 추적하여 조사하였던바, 영양기관인 소화맹낭 조직 내의 지방산이 생식소로 이동되고 단백질과 글리코겐은 폐각근으로 보내지며 폐각근 내에서는

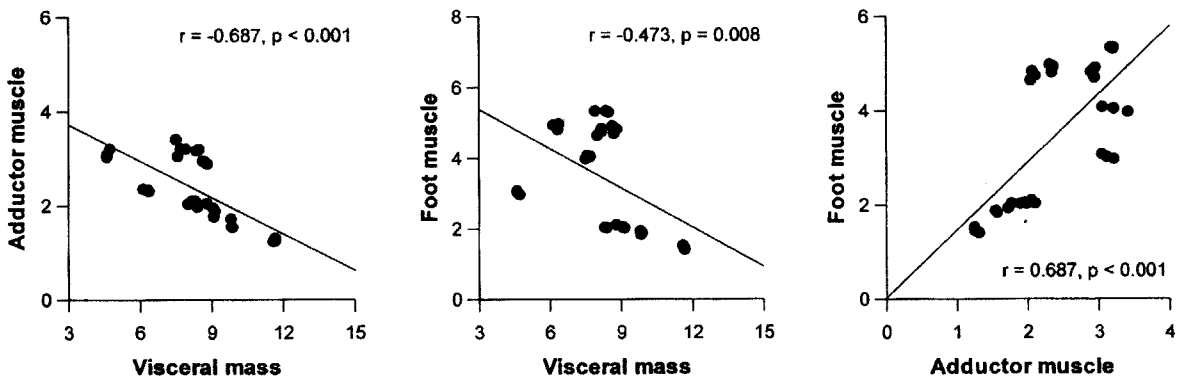


Fig. 9. Correlations of total lipid content among the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica*.

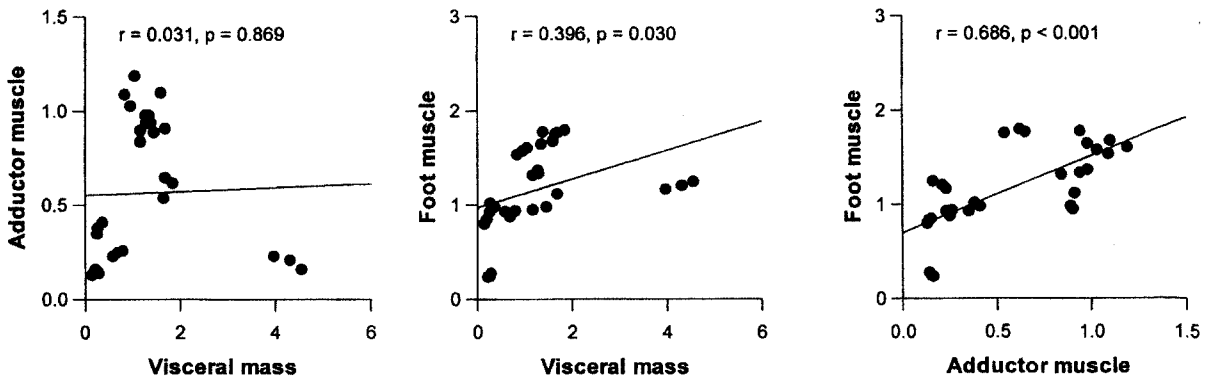


Fig. 10. Correlations of glycogen content among the visceral mass, adductor muscle and foot muscle of *Corbicula japonica*.



글리코젠이 지방산으로 전환된 후 생식소로 이동되어 지방산이 생식소 내에 축적되고, 단백질은 각 기관의 에너지원이 된다고 하였다. 또한 Chang (1991) 은 큰가리비 (*Patinopecten yessoensis*) 소화맹낭의 계절변화에서 소화맹낭 내의 지방은 생식소의 발달과 함께 생식소로 이전되는 계절적 변동이 일어나고 있음을 보고하였다. Kang *et al.* (2000) 은 생식소 발달 및 성숙이 일어나는 시기에 총단백질 함량과 총지질 함량이 최대에 이르게 되는데 이들 영양성분이 생식소 발달에 관여하는 것으로 추정되며, 산란이 시작되는 달에는 이들의 함량이 감소되는 양상을 보였다고 하였다.

내장낭의 경우, 총단백질 함량은 초기 활성기인 2월부터 감소되기 시작하여 후기활성기인 5월에 최소로 되며, 완숙기인 7월에 최대를 이룬 후, 부분산란기인 8, 9월까지 계속 감소된 후 10월부터 증가되는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 다른 연구자들의 결과 (Kang *et al.*, 2000; Chung *et al.*, 2003; Baik *et al.*, 2001) 와 유사한 경향을 보였다. 외관상 월별 변화를 보면, 폐각근과 내장낭 내의 총단백질 함량 사이의 월별 변화는 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내지 않은 것으로 나타났다 ( $r = 0.237$ ,  $p = 0.208$ ). 폐각근과 내장낭과의 상호간에도 유의한 차를 보이지 않은 것으로 검증되어 이 결과는 바지락의 결과 (Chung *et al.*, 2003) 와 유사한 경향을 보였다. 총단백질의 경우는 족부 근육과 내장낭 사이에 통계적으로 상관관계 값이 유의한 차를 보이지 않은 것으로 검증되었다 ( $r = 0.271$ ,  $p = 0.147$ ).

폐각근과 내장낭내의 총지질 함량들 사이의 월별 변화는 통계적으로 음 (negative) 의 상관관계 ( $r = -0.687$ ,  $p < 0.001$ ) 를 나타내었다. 내장낭과 폐각근 사이에도 유의한 차를 보였다. 따라서 폐각근내의 총지질 성분이 생식소 발달을 위해 내장낭으로 이동함으로써 내장낭 내의 총지질 성분이 최대에 이르게 되어 생식소가 성숙에 이르게 되는 것으로 추정된다. 그러나 산란기에는 그 함량이 감소되었다. 이러한 현상은 이때패류의 키조개 (Baik *et al.*, 2001) 의 내장낭에서도 일어나고 있어 본 연구 결과는 이들 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

Baik *et al.* (2001) 에 의하면, 폐각근 내의 글리코젠 함량 변화는 완숙기 및 산란시기에 폐각근 내 글리코젠 물질이 내장낭 쪽으로 이동함으로써 이 시기에는 폐각근 내 글리코젠 함량이 감소되는 반면, 내장낭 내로 이들 성분이 들어와 양적 증가가 일어나 이들 성분이 생식소 성숙에 관여하는 것으로 추정하였다. 본 연구에서 폐각근 내 글리코젠 함량은 초기활성기인 2월에 최대에 이룬 후, 산란기인 7, 8월에 감소된 후 9월에 일시 증가된 후 퇴화 및 비활성기인 10월에 다시 감소되는 경향을 보였다. 따라서 이러한 경향은 Baik *et al.* (2001) 이 보고한 경향과 매우 유사하였다.

내장낭 내 생식소의 발달에 영양분을 공급하는 폐각근과 족부 근육간의 사이에는 몇 가지 특징을 발견할 수 있었는데 특히, 내장낭과 폐각근 내의 총지질 함량 사이에는 통계적으로 음의 상관관계를 나타내었고 또한, 내장낭과 족부 근육 사이에서도 음의 상관관계를 나타내어 생식소 발달이 일어나는 시기에는 폐각근과 족부 근육에서 지질성분이 내장낭 내의 생식소로 영양성분이 이동되는 것으로 추정되었다. 반면, 폐각근과 족부 근육 사이에는 양 (positive) 의 상관관계를 나타내었고, 폐각근과 족부 근육 사이의 총단백질 함량도 양의 상관관계를 나타내었으며, 내장낭과 족부 근육 사이의 글리코젠 함량과 폐각근과 족부 근육 사이에서도 양의 상관관계를 보여 이들 조직들내의 총단백질 성분은 내장낭 내의 생식소로 이동되지 않는 것으로 추정되었다.

가무락조개 (Chung *et al.*, 2004)의 경우에도 폐각근, 내장낭, 족부 근육내의 총단백질, 총지질, 그리고 글리코젠 함량 간의 월별 변화에서 특히, 총지질 성분만이 내장낭과 폐각근 사이에 음의 상관관계를 보여, 생식소 발달이 일어나는 시기에 폐각근 내의 총지질 성분이 내장낭의 생식소로 이동되는 것으로 보고되어, 본 연구 결과와 일치하는 경향을 보였다.

## 요 약

2003년 1월부터 12월까지 일본재첩의 생식소 발달단계에 따른 생식주기를 조직학적 관찰에 의해 조사하였고, 폐각근과 내장낭 및 족부 근육의 생화학적 성분의 계절적 변화를 조사하였다. 본 종의 생식주기는 초기활성기 (2-4월), 후기활성기 (4-7월), 완숙기 (6-8월), 부분산란기 (7-9월), 퇴화 및 비활성기 (9-3월) 의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었다.

ANOVA test 결과, 내장낭 조직과 폐각근 및 족부 근육 모두에서 월 중 총단백질, 총 지질 및 글리코젠 함량들 사이에는 유의한 차이가 있었음을 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 총단백질 함량은 폐각근 내에서 최대였으나 내장낭에서는 최소로 나타났다. 내장낭과 폐각근내의 총단백질 함량은 아무런 상관관계를 보이지 않았으나 ( $p = 0.208$ ), 폐각근과 족부 근육 사이에서는 강한 양의 상관관계 ( $r = 0.769$ ,  $p < 0.001$ ) 를 보였다. 총 지질 함량은 내장낭 내에서 가장 높았다 그 함량은 폐각근 또는 족부 근육의 함량 보다 2, 3배 더 높았으며, 월별 변화도 내장낭 내에서 가장 크게 변화하였다. 총지질 함량은 1월부터 3월까지 감소되었으나 4월에 증가 되어 최대를 이루었으며, 그 후 5월부터 8월까지 점차 감소된 다음 10월까지 다시 증가되었다. 다중비교 결과, 인접하고 있는 두 달 모두에서 내장낭 내 총지질 함량들 사이에는 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 내장낭과 폐각근 사이의 총지질 함량 간에는 강한 음의 상관관계 ( $r = 0.678$ ,  $p < 0.001$ ) 를 나타내었고, 내장낭과 족부 근육 사이에도 음의 상관관계 ( $r = 0.473$ ,  $p < 0.008$ ) 를 보였

다.

글리코겐 함량 변화는 4월을 제외하고, 내장낭, 폐각근 및 족부 근육 사이에 다소 유사하게 나타났다. 4월에 내장낭 내 글리코겐 함량은 폐각근이나 족부 근육내 함량들 보다 4 배나 더 높았다. 폐각근과 족부 근육 내의 글리코겐 함량 사이에는 양의 상관관계 ( $r = 0.686$ ,  $p < 0.001$ ) 를 보였다.

특히, 총 지질 함량은 폐각근과 내장낭 사이에 음의상관관계를 보였다. 따라서 이들 결과는 폐각근과 내장낭의 영양물질 함량이 생식소의 에너지요구에 반응하여 변하고 있음을 시사한다.

## REFERENCES

- Baik, S.H., Kim, K.J., Chung, E.Y., Choo, J.J. and Park, K.H. (2001) Seasonal variation 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. (1984) Reproductive energy metabolism in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). 122 pp. Ph.D. Thesis, University of South Florida, Tampa.
- Byun, K.S. and Chung, E.Y. (2001) Distribution and ecology of marsh clam in Gyeongsangbuk-do. II. Reproductive cycle and larval development of the *Corbicula japonica*. *Korean Journal of Malacology*, 17(1): 45-55. [in Korean]
- Chang, Y.J. (1991) Seasonal variations of digestive diverticular in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Journal of Aquaculture*, 4(1): 19-30. [in Korean]
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Macrta chinensis* on the west coast of Korea. *Development & Reproduction*, 1: 141-156.
- Chung, E.Y., Kim, J.B., Moon, J.H. and Hur, S.B. (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. *Korean Journal of Malacology*, 17(1): 41-51. [in Korean]
- Chung, E.Y., Park, K.H., Kim, J.B. and Lee, C.H. (2004) Seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle and visceral mass tissues in the female *Cyclina sinensis*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, 20(1): 85-92. [in Korean]
- 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, W.K., Lee, J.Y., An, C.M., Kim, H.S., Choi, C.Y., Kim, J.W., Chung, E.Y. and Kim, B.S. (2003) Reproductive cycle and the sex ratio of *Corbicula japonica* from Namdae stream in Gangwon-do, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 19: 117-124. [in Korean]
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured shells of Korea. 288 pp. Academy Publishing Co., Seoul. [in Korean]
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. pp. 129-130. Ilgisa, Seoul. [in Korean]
- 朝比奈英三 (1941) 北海道に於ける蜆の生態學的研究. 日本水産學會誌, 10: 143-152.
- 丸邦義 (1981) 網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME 生殖週期. 北海道水産試験場研究報告, 23: 83-85.