

## 갈색띠매물고둥, *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*의 번식생태

김연호 · 정의영<sup>1,\*</sup> · 신문섭<sup>2</sup>

군산대학교 대학원 수산과학과, <sup>1</sup>군산대학교 해양생명과학부, <sup>2</sup>군산대학교 토목환경공학부

### Reproductive Ecology of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*

Yeon-Ho Kim, Ee-Yung Chung<sup>1,\*</sup> and Moon-Seup Shin<sup>2</sup>

Dept. of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

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

<sup>2</sup>School of Civil & Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

**ABSTRACT** : Gonad index (GI), condition index, the reproductive cycle with gonadal development of the *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*, were investigated histologically, based on the samples which have been collected from the subtidal zone of Oeyeondo, Boryeong, Korea from January to December, 2006. *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* is dioecious and oviparous. Monthly changes in the gonad index (GI), studied for determination of spawning period, were closely associated with gonad developmental phases. The GI reached a maximum in April, and gradually decreased from May to August due to spawning. The gonadosomatic index and condition index showed similar patterns to gonad developmental phases and the spawning period. The reproductive cycle according to gonad developmental phases of this species can be classified into five successive stages in females and males: in females, early active stage (September to October), late active stage (November to February), ripe stage (February to June), partially spawned stage (May to August) and recovery stage (June to August); in males, the early active stage (September to October), late active stage (November to February), ripe stage (February to June), copulation (April to July), and recovery stage (July to August). Spawning occurred between May to August in females and April to July in males, and spawning peak in females was observed between June and July when the seawater temperature rose to above 19°C.

Percentages of first sexual maturity of female and male snails ranging from 50.1~60.0 mm in shell height were over 50%, and 100% for snails over 60.1 mm in shell height. The sex ratios of females to males were not significantly different from a 1:1 sex ratio.

**Key words** : *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*, Reproductive cycle, First sexual maturity, Sex ratio.

요 약 : 2006년 1월부터 12월까지 충남 보령시 외연도 앞바다에서 형망으로 채집된 갈색띠매물고둥(*Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*)을 대상으로 번식생태를 조사하기 위하여 생식소지수, 비만도지수, 생식주기, 군성숙도 및 성비를 조사하였다. 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 조사한 생식소지수(GI)의 변화는 생식소 발달 단계와 밀접한 관련을 보였다. 생식소지수(GI)는 암, 수 모두 2월부터 증가하기 시작하여 4월에 최대값에 이른 후 5~8월까지 계속 감소하였으며, 9~12월까지 점차 다시 증가하는 경향을 보였다. 암, 수의 생식소지수 및 비만도지수(CI)의 월별 변화는 생식소 발달 단계 및 산란기와 유사한 경향을 보였다. 생식소 발달 단계에 따른 생식주기는 암컷의 경우, 초기활성기(9~10월), 후기활성기(11~2월), 완숙기(2~6월), 부분산란기(5~8월), 회복기(6~8월)의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었고, 수컷의 경우도 초기활성기(9~10월), 후기활성기(11~2월), 완숙기(2~6월), 교미기(4~7월), 회복기(7~8월)의 연속적인 5단계로 구분되었다. 산란은 암컷의 경우 5~8월 사이에 일어나며, 수컷은 4~7월에 교미가 일어난다. 암컷의 산란 성기는 6~7월이었다. 각각 50.1~60.0 mm

인 암, 수 개체들의 군성숙도(%)는 각각 54.8%와 57.1%를 나타내어 군성숙도 50% 이상이었으며, 각각 60.1 mm 이상인 암, 수 개체들의 군성숙도는 100%이었다. 암, 수의 성비는 1:1로 나타났으며, 유의한 차를 보이지 않았다.

\* 교신저자: 전북 군산시 미룡동 산 68번지, 군산대학교 해양생명과학부, (우) 573-701, (전) +82-63-469-4592, (팩) +82-63-465-3917, E-mail: eychung@kunsan.ac.kr

## 서론

갈색띠매물고둥(*Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*)은 흡강목(Sorbeoconcha), 물레고둥과(Buccinidae)에 속하는 산업상 중요한 식용 복족류로서 조하대 수심 50 m까지 주로 암초지대에 군집하여 서식한다. 최근 대간척 사업과 해양오염 및 무분별한 남획 등으로 인하여 본 종의 자원량이 날로 고갈되고 있어, 이들 자원 생물의 자원량 증대 및 번식을 위한 대책이 요망되는 산업상 중요한 식용 복족류 중 하나이다. 지금까지 물레고둥과(Buccinidae)에 속하는 복족류에 관하여 국내외에서 보고된 것으로는 일본산 관절매물고둥(*Neptunea (Barbitonia) arthritica*)에 관하여 경제학적 기여도(Ito & Tachizawa, 1981; Ito, 1982), 성장(MacIntosh & Paul, 1977; Fujinaga, 1987; Suzuki et al., 1996), 식성(Pearce & Thorson, 1967) 등이 조사되어 있고, 갈색띠매물고둥(*N. arthritica cumingii*)에 관해 보고된 것으로는 분류 및 분포(Kwon et al., 1993)와 암컷의 생식세포 분화 및 성숙속(Chung et al., 2006)이 보고되어 있을 뿐, 갈색띠매물고둥의 번식생태에 관한 연구·보고는 거의 없는 실정이다.

본 종은 식용으로 각광을 받고 있어 수산업상 매우 중요한 위치를 차지하고 있어 본 종의 번식생태에 관한 연구는 자원 보존 및 자원량 증강을 위해서 매우 중요하다. 본 종의 자원 증식을 위해서는 무엇보다도 정확한 생식주기가 밝혀져야 한다. 본 종의 생식주기가 밝혀지게 되면 정확한 산란기를 알 수 있게 되어 연령을 산정할 수 있으며, 자원량의 가입시기, 어획금지 시기를 결정할 수 있는 수산업상 귀중한 정보를 얻을 수 있다. 또한, 개체군의 성비 조사는 미래의 자원량 증감 예측을 위한 중요한 기초 자료를 얻을 수 있어 이에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 갈색띠매물고둥의 자원증식 및 자원증강을 위한 기초자료 및 정보를 얻고자 생식소지수, 비만도지수를 조사하여 간접적으로 산란기를 추정하며, 조직학적 조사에 의해 생식주기와 정확한 산란기를 밝히는데 있다. 그리고 군성속도 50%(생물학적 최소형)의 크기를 조사하여 어획금지 크기 설정을 위한 기본 자료로 제공하며, 암·수의 성비를 조직학적으로 분석하여 자원증식 및 자원 관리 예측을 위한 기초 자료로 제공하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 채집 및 측정

본 연구에 사용한 시료는 2006년 1~12월까지 충남 보령시 외연도 조하대(Fig. 1)에서 월별로 형망에 의해 채집된 개체 중 각고 31.7~89.3 mm 크기의 개체를 무작위로 매월 30~40개체씩 채집하여 사용하였다. 채집한 시료를 개체별로 각장, 각고, 각폭 및 생식소 중량, 육중량, 전중량을 측정 후 생식소지수, 비만도지수, 생식주기, 군성속도 및 성비를 아래 방법에 의해 조사하였다.

### 2. 수온과 염분

채집지인 충청남도 보령시 외연도 연안역의 월별 수온은 국립수산물과학원에서 매일 오후 2~3시 사이에 측정된 발표 자료를 인용하였다.

### 3. 생식소지수(gonad index, GI)

산란시기를 추정하기 위해 생식소지수(GI)를 계산하였다. 먼저 생식소의 조직 표본을 조직학적으로 제작하여 개체별 생식소 조직 발달상을 광학현미경 하에서 검경하여 Mann (1979)의 방법에 따라 5등급(1~5단계)으로 분류하였다. 생식소의 발달에 따른 일정한 특징 및 생식세포의 형태 등에 의해 성숙도를 판정하였으며, 한 개체 내에서 복수의 성숙도가 나타날 경우에는 조직상의 면적이 넓은 쪽을 택하였다.

$$GI = \frac{(RE \text{ 개체수} \times 1) + (EA \text{ 개체수} \times 2) + (LA \text{ 개체수} \times 3) + (PS \text{ 개체수} \times 4) + (RP \text{ 개체수} \times 5)}{\text{월별 전 조사 개체수}}$$

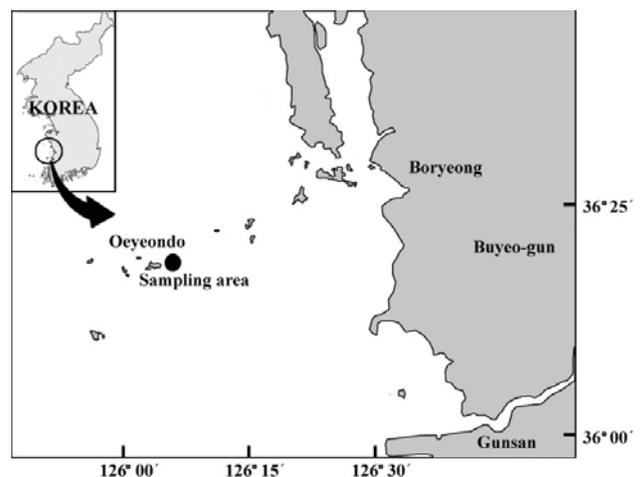


Fig. 1. Map showing the sampling area.

생식소의 등급 판정에 따라 점수를 차등 부여하여 생식소 발달지수를 구하였다. 즉, 1=회복기(recovery stage, RE), 2=초기활성기(early active stage, EA), 3=후기활성기(late active stage), 4=부분산란기(partially spawned stage, PS) 또는 교미기(copulation stage, CO), 5=완숙기(ripe stage, RP)로 구분하여 개체수와 곱한 값에 월별 실험 총 조사 개체수로 나누어 월별 평균지수로 나타내었다.

4. 비만도지수(condition index, CI)

Condition index=육중량(g)×1000/(각경, mm)<sup>3</sup>의 식에 의해 비만도를 계산하였다.

5. 생식소 발달 단계에 따른 생식주기

1) 조직학적 표본 제작

내장낭에서 족부 근육까지 분포하는 생식소 부위를 적출하여 Bouin 용액에 24시간 고정된 후 고정된 생식소 부위를 paraffin 절편법에 의해 5~7 μm로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교염색하였다.

2) 생식소 발달 단계의 기준

난소 및 정소의 발달과정과 이들의 주기적 변화를 조직학적으로 조사한 결과, Chung et al. (2000)의 분류 방법에 따라 생식주기를 난소는 초기활성기(early active stage), 후기활성기(late active stage), 완숙기(ripe stage), 부분산란기(partially spawned stage), 회복기(recovery stage)의 5단계로 구분하였고, 정소 또한 초기활성기(early active stage), 후기활성기(late active stage), 완숙기(ripe stage), 교미기(copulation stage), 회복기(recovery stage)의 연속적인 5단계로 구분하였다.

6. 균성속도

균성속도 조사를 위해 각각 31.7~89.3 mm인 총 410 개체(암컷 217개체, 수컷 193개체)를 대상으로 성숙에 도달하여 재생산에 가담하는 개체들의 크기를 조사하였다.

7. 성비

갈색띠매물고둥의 개체 간 크기가 각각 31.7~89.3 mm

사이인 개체를 대상으로 조직학적 표본을 제작하였다. 성비 조사는 조직표본을 광학현미경 하에서 검경하여 암, 수의 성을 판정하였고, 이것을 토대로 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가정 아래  $\chi^2$ (Chi squared) test를 하여 개체군 성비의 유의성 여부를 판정하였다.

결 과

1. 환경 요인

갈색띠매물고둥의 채집 기간 중 외연도 지역의 월별 평균 수온은 2006년 8월에 25.41°C로 가장 높았으며, 2006년 1~2월에는 3.62°C로 가장 낮았다. 염분은 2006년 1월에 31.09 psu로 가장 높았으며, 7월에는 집중된 호우로 24.11 psu를 나타내어 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 2).

2. 생식소지수(gonad index, GI)

산란기 추정을 위해 Mann의 방법(Mann, 1979)에 의해 2006년 1~12월까지 생식소지수(GI)를 조사하였다. 월별 GI 값은 조직학적 표본을 현미경하에서 검경하여 생식소 발달 단계별 값(1~5단계)으로 계산하여 Fig. 3에 나타내었다. 생식소지수(GI)는 암컷의 경우, 2월부터 증가하기 시작하여 4월에 최대값(5.0)에 이른 후 5~8월까지 계속 감소하였으며, 9~12월까지 점차 다시 증가하는 양상을 보였다.

수컷의 경우도 암컷과 같이 2월부터 증가하기 시작하여 4월에 최대값(4.9)에 이른 다음, 5~8월까지 계속 감소한 후, 9~12월까지 점차 증가하는 경향을 보였다.

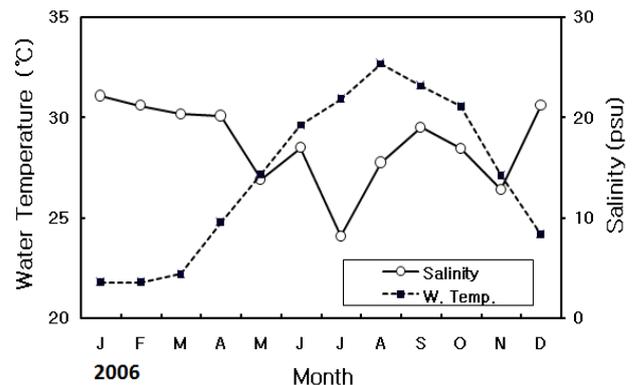


Fig. 2. Monthly variations of water temperature and salinity at the sampling area.

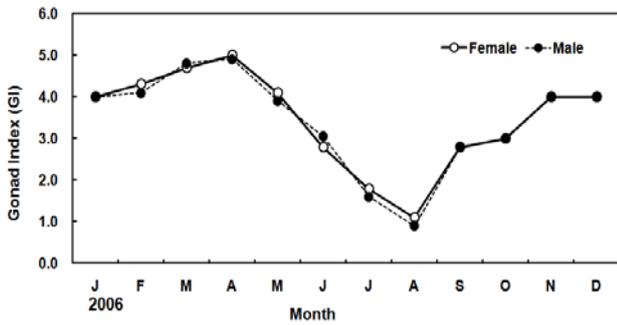


Fig. 3. Monthly changes in the mean gonad index from January to December, 2006.

3. 비만도지수(condition index, CI)

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 비만도지수(CI)를 조사하였다. CI는 생식소 발달과 체중 변화 사이의 관계를 나타낸 것으로, 암, 수 비만도지수(CI) 값의 월별 변화는 Fig. 4에 나타내었다. CI는 암, 수 모두 1~4월까지 서서히 증가하여 5월에 최대값을 나타내었고, 그 후 6월부터 감소하기 시작하여 8월에 최소값을 나타내었다. 그 후 9~12월까지 다시 증가하는 경향을 보였다. 따라서 암·수의 비만도지수 값의 변화를 볼 때 산란기는 5~8월까지로 추정되었다.

4. 생식소 발달에 따른 생식주기

갈색띠매물고둥 생식소의 월별 발달 단계를 조직학적으로 조사한 결과, 암컷은 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 회복기의 연속적인 5단계의 생식주기를 나타내었고, 수컷 또한 암컷과 마찬가지로 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 교미기, 회복기의 연속적인 5단계로 구분할 수 있

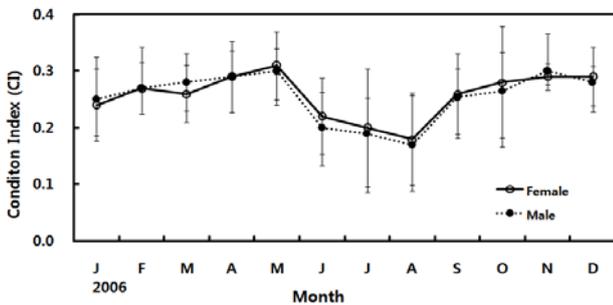


Fig. 4. Monthly changes in the condition index of the *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* from January to December, 2006.

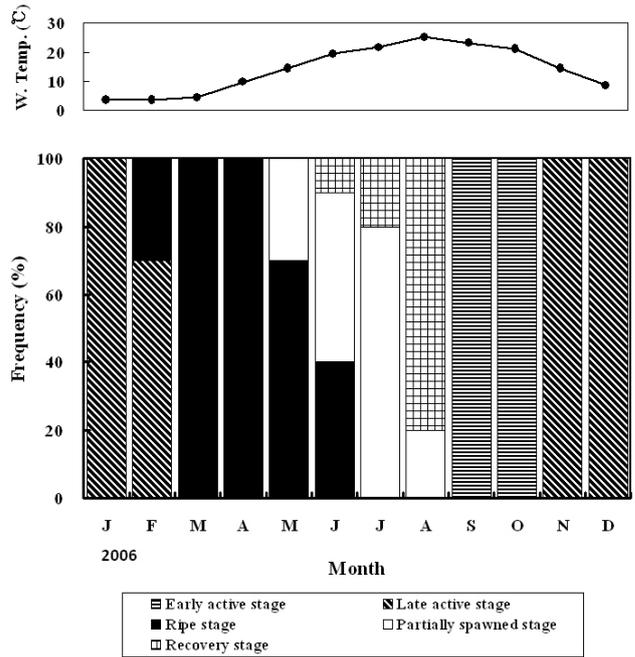


Fig. 5. Frequency of the gonad development phases in female *Neptunea arthritica cumingii* and the mean seawater temperature from January through December, 2006.

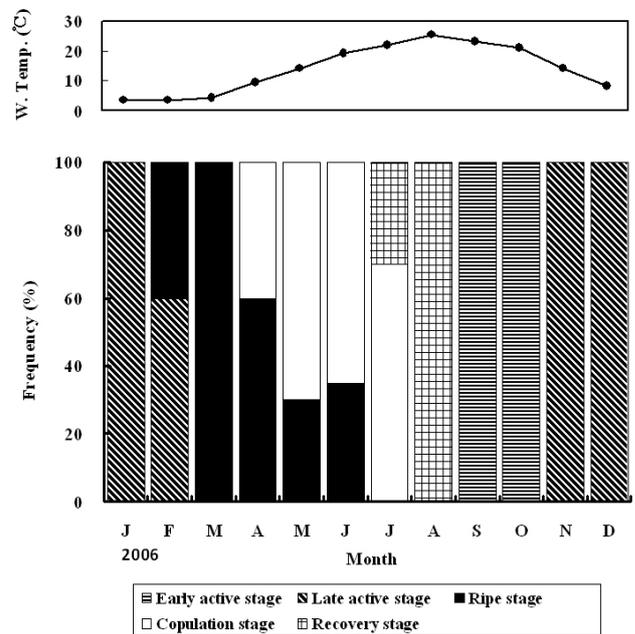


Fig. 6. Frequency of the gonad development phases in male *Neptunea arthritica cumingii* and the mean seawater temperature from January through December, 2006.

었다(Figs. 5, 6).

5. 암컷의 생식소 발달에 따른 생식주기

1) 초기활성기(early active stage)

난소는 수많은 난소 소엽(oogenic follicle)들로 이루어져 있으며, 이 시기의 난소 소엽벽(follicular wall)은 비교적 두텁다. 다수의 난원세포가 소엽벽을 따라 출현하였고, 초기 발달 난모세포들 함께 출현하였다. 난원세포의 난경은 약 15  $\mu\text{m}$  정도이었고, 초기 발달 중인 난모세포의 난경은 25~50  $\mu\text{m}$  정도이었다(Fig. 7A). 초기활성기 개체들은 해수 수온이 점차 하강하기 시작하는 9~10월에 출현하였다.

2) 후기활성기(late active stage)

이 시기에 초기 발달 중인 난모세포들이 성장, 발달하여 발달 중인 난모세포로 되는데, 이때 생식상피는 점차 얇아지고, 난소 소엽 내강의 중앙부는 아직 비어 있다. 이때 난모세포들은 난황 형성이 시작되어 난경이 100~140  $\mu\text{m}$  정도로 성장하는데, 이들은 난소 소엽의 생식상피에 부착된 난병을 갖는다. 그 후 난황 형성 시작과 함께, 발달 중인 난모세포들(150~200×250~300  $\mu\text{m}$  정도)의 세포질 내에는 다수의 난황과립들이 나타났다(Figs. 7B, C). 후기활성기의 개체들은 해수 수온이 낮은 11~2월에 사이에 출현하였다.

3) 완숙기(ripe stage)

난소의 발달과 더불어 난소 소엽 내에는 성숙란과 완숙란들로 가득 채워지게 된다. 난모세포들의 크기가 160~180  $\mu\text{m}$  정도로 되면, 생식상피는 매우 얇아진다. 그 후 내강의 중앙부에는 180~250×300~450  $\mu\text{m}$ 의 크기로 성숙한 난모세포들로 가득 채워진다. 이 시기에 난모세포 세포질 내에는 수많은 성숙한 난황 과립들로 가득 채워진다(Fig. 7D). 성숙 또는 완숙한 난소를 가지는 개체들은 2~6월 사이에 나타났다.

4) 부분산란기(partially spawned stage)

난소 소엽 내의 난모세포들이 약 50~70% 정도가 방란되면, 소엽 내강은 텅 비게 된다. 산란된 난소들은 난소 소엽 내에 일부 발달 중인 난모세포와 소수의 미방출된 성숙 난모세포들이 출현하는 특징을 나타내었다(Fig. 7E). 부분산란기

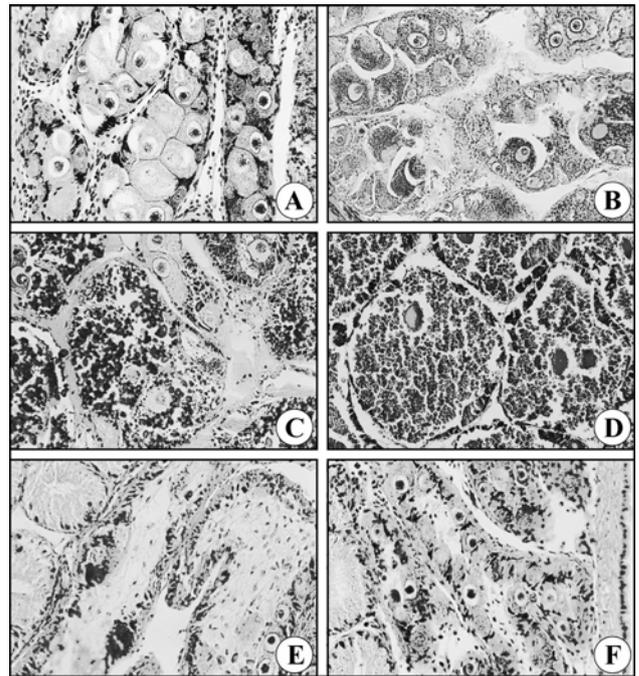


Fig. 7. Photomicrographs of gonadal phases in female *Neptunea arthritica cumingii* as seen with light microscopy(A~F). A, Section of oogenic follicles in the early active stage; B, C, sections of the follicles in the late active stage; D, section of the follicles in the ripe stage; E, section of the follicles in the partially spawned stage; F, section of the follicles in the recovery stage.

의 개체들은 5~8월 사이에 출현하였으며, 주산란기는 해수 수온이 16~23℃로 상승하는 6월과 7월 사이에 나타났다.

5) 회복기(recovery stage)

산란 후 퇴화 붕괴 중인 난소 소엽 내에는 잔여물질들과 잔존 난모세포들이 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화, 흡수되어, 회복기에 접어든 조직 절편들은 광학현미경 검경 하에서도 암, 수의 구별이 어렵게 되며, 퇴화된 난소는 결체조직들로 가득 채워진다. 이윽고 새로 형성된 난소의 생식상피 상에는 소수 난원세포가 출현하며, 일부 초기 발달 중인 난모세포들이 다시 출현한다(Fig. 7F). 회복기의 개체들은 수온이 비교적 높은 6~8월 사이에 출현하였다.

6. 수컷의 생식소 발달에 따른 생식주기

1) 초기활성기(early active stage)

정소는 수많은 정소 소엽(acinus)들로 구성되어 있다. 소엽 내의 생식상피 상에는 정원세포가 출현하고, 수 많은 정모세포들이 출현한다. 정소가 점차 발달하면서, 정원세포, 다수의 정모세포가 나타난다(Fig. 8A). 초기활성기의 개체들은 수온이 하강하기 시작하는 9~10월 사이에 출현하였다.

### 2) 후기활성기(late active stage)

이 시기에는 소수의 정원세포들과 정모세포들, 내강 중앙부에 다수의 정세포가 가득 채워지며, 그리고 일부 변태 중인 정자가 출현한다(Fig. 8B). 후기활성기의 개체들은 해수 수온이 낮은 11~2월 사이에 출현하였다.

### 3) 완숙기(ripe stage)

정소 소엽의 두께는 아주 얇아진다. 정소 소엽 내에는 소수의 정모세포와 다수의 정세포 및 수많은 정자들이 내강을 가득 채운다(Fig. 8C). 성숙 및 완숙기의 개체들은 수온이 상승

하는 2~6월 사이에 출현하였다.

### 4) 교미기(copulation stage)

정소 소엽 내강의 중앙부를 가득 채웠던 정자들이 저정장으로 이동하여 정소 소엽은 텅 비게 되며, 소엽의 일부에는 정세포와 정자들이 잔존한다. 그 후 수컷과 암컷들은 교미를 하게 된다(Fig. 8D). 교미 시기는 해수의 수온이 점차 상승하는 4~7월 사이에 교미하는 개체가 출현하였다.

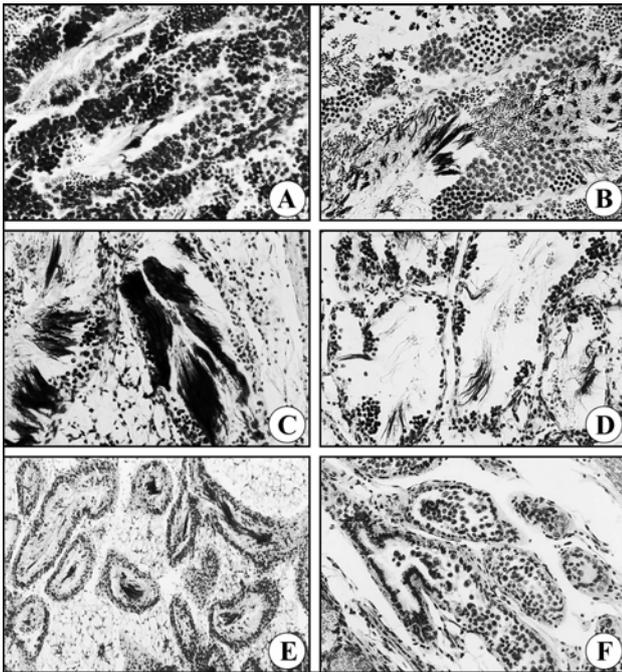
### 5) 회복기(recovery stage)

교미기 이후, 정소 소엽 내에 잔존하던 미방정된 정자들이 퇴화 붕괴되어 흡수된다. 그 후 망상결체조직들이 빈 공간을 채우고, 새로이 형성된 정원세포들과 일부 정모세포들이 출현하였다(Figs. 8E, F). 회복기의 개체들은 7~8월 사이에 출현하였다.

### 7. 군성숙도

군성숙도 조사를 위해 각고 31.7~90.3 mm인 총 410 개체(암컷 217개체, 수컷 193개체)를 대상으로 성숙에 도달하여 재생산에 가담하는 개체들의 크기를 조사하였다. 암, 수의 크기별 군성숙도(%)는 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 조직학적 조사 결과, 본 종의 번식시기는 5~8월이었다. 암컷의 경우, 각고 31.7~40.0 mm인 암컷 개체들의 경우는 개체들이 번식시기 임에도 불구하고 모두 초기활성기를 나타내고 있어 성숙하여 산란에 가담할 수 없는 개체들로 판단되므로 이들 크기의 군성숙도는 0%이었다. 그리고 각고 40.1~50.0 mm인 암컷 개체의 군성숙도(%)는 13.3%이었다. 각고 50.1~60.0 mm인 암컷 개체들의 군성숙도(%)는 생식소 발달 단계가 일부는 초기활성기를 나타내었고, 대부분 개체들은 후기활성기, 완숙기, 부분산란기를 나타내어 군성숙도 54.8%를 나타내어 군성숙도 50% 이상을 나타내었다. 그리고 각고 60.1 mm 이상인 암컷 개체들의 군성숙도는 100%를 나타내었다.

수컷의 경우는 각고 31.7~40.0 mm인 개체들은 번식시기 임에도 불구하고, 모두 생식소가 미성숙한 정원세포와 정모세포들로 이루어져 재생산에 가담할 수 없는 개체들로 판단되므로 이들 크기의 군성숙도는 0%로 간주되었다. 그리고 각고 40.1~50.0 mm인 수컷 개체의 군성숙도(%)는 14.2%를 나타내었다. 각고 50.1~60.0 mm인 암컷 개체들의 군성



**Fig. 8.** Photomicrographs of gonadal phases in male *Neptunea arthritica cumingii* as seen with light microscopy(A~F). A, Section of acini in the early active stage; B, Section of the acini in the late active stage; C, section of the acini in the ripe stage; D, Section of the acini in the copulation stage; E, F, Sections of the acini in the recovery stage.

속도(%)는 생식소 발달 단계가 일부는 초기활성기를 나타내었고, 개체들은 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 회복기를 나타내어 군성숙도 57.1%로 군성숙도 50% 이상을 나타내었다. 그리고 각고 60.1 mm 이상인 수컷 개체들의 군성숙도는 100%로 나타났다. 따라서 암, 수의 군성숙도 50% 이상인 각고의 크기는 50.1~60.0 mm이었고, 각고 60.1 mm 이상인 개체들은 군성숙도 100%로 나타났다.

8. 성비

2006년 1~12월까지 채집된 갈색띠매물고둥 총 424개체(암컷 222개체, 수컷 202개체)를 대상으로 암·수 개체들의 생식세포들이 뚜렷이 관찰되는 시기에 암·수의 성비를 조사한 결과를 Table 1에 나타냈었다. 암·수의 성비가 1:1이라는 가설 아래 Chi square ( $\chi^2$ ) test에 의해 통계분석을 실시한 결과, 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $\chi^2=1.39$ ,  $p>0.05$ ).

고찰

1. 생식소 발달 및 성숙

산란기를 간접적으로 추정하기 위하여 조사한 생식소지수(GI)와 비만도지수(CI)의 월별 변화는 조직학적 방법에 의해 조사된 생식소 발달 단계와 유사한 경향을 보였다. GI와 CI에 있어서 지수 값이 상승하는 시기에는 생식소가 성장, 성숙하였고, 이들 지수 값이 감소하는 시기에는 생식소가 산란 또는 교미하는 시기와 일치하는 경향을 보였다.

복족류 중 전새아류의 배우자 발달 및 성숙은 일반적으로 수온, 먹이 이용, 조도(일장) 및 내분비 호르몬 등의 몇 가지

요인들에 의해 영향을 받는 것으로 잘 알려져 있다(Booolo-tian et al., 1962; Fretter et al., 1984).

갈색띠매물고둥(*N. arthritica cumingii*)의 배우자형성은 대략 수온 3℃ 정도에서 시작되어 수온이 상승하고 식물플랑크톤 먹이가 풍부한 4월에 생식소의 성숙이 일어난다. Segal (1956)과 Sutherland(1970)에 의하면 온대지방의 전새아류는 생식소의 성숙과 산란이 하계 중에 빠르게 일어난다고 보고하였다. 삿갓조개류인 *Acmaea* spp.에서는 먹이 이용이 매우 중요한데, 먹이 이용이 낮은 연안 상부 개체군의 배우자형성 활성은 연안 하부에 서식하는 같은 종의 개체군 보다 좀 더 제한을 받는다고 보고하였다. Sastry(1966)에 의하면, 해만가리비의 경우는 수온이 생식소 발달의 유지를 위해 가장 중요한 parameter라고 하였다. 한국 연안에서 갈색띠매물고둥에 의해 섭식되는 이매패류의 성장과 생산은 식물플랑크톤이 풍부한 춘계에서 초여름까지 비교적 높았다(Kim et al., 1977; Chung et al., 1994; Lee, 1995). 이와 같이 풍부한 먹이(이매패류)의 공급은 갈색띠매물고둥의 생식소 발달 및 성숙 기간 중에 매우 중요하다. 그러므로 이것은 갈색띠매물고둥의 생식소 발달 및 성숙이 수온과 먹이 이용에 밀접하게 관련이 있는 것으로 판단된다. Fretter et al. (1984)은 온대지역에서 계절적 수온의 변동이 조도의 변화와 관련되고 있어, 배우자형성에 영향을 미치는 억제요인으로 작용한다고 보고하였다. 따라서 Chung et al. (2006)은 낮은 조도하에서는 식물플랑크톤의 기초생산이 감소되므로써 먹이 이용이 감소되어 갈색띠매물고둥의 생식소 발달 및 성숙이 지연되는 것으로 추정하였다.

먹이가 풍부한 시기와 생식소 발달은 거의 일치하고 있다. 한국 연안역에서 백합(*Meretrix lusoria*)과 바지락(*Ruditapes*

Table 1. Shell height and first sexual maturity in female *Neptunea arthritica cumingii* from May to August, 2006

Shell height (mm)	Gonadal developmental stage						Total	Mature(%)
	EA	LA	RI	PS	RE			
31.7~40.0	36						36	0.0
40.1~50.0	28	3	3				34	14.7
50.1~60.0	17	4	12	7	2		42	54.8
60.1~70.0		5	23	9	2		39	100.0
70.1~80.0		4	24	6	3		37	100.0
80.1~89.3		3	18	4	4		29	100.0
Total							217	

Abbreviations: EA, early active stage; LA, late active stage; RI, ripe stage; PS, partially spawned stage; RE, recovery stage.

*philippinarum*)은 수온 상승과 더불어 식물플랑크톤 종들이 풍부하게 생성되기 때문에 봄과 초여름의 계절에 아주 높게 나타나고 있다(Kim et al., 1977; Chung et al., 1994; Lee, 1995).

백합과 바지락 등의 이매패류들은 갈색띠매물고등의 먹이 생물이다. 이들이 풍부한 경우에는 갈색띠매물고등의 생식소 발달 및 성숙시기 중에 먹이로 제공될 수 있다. 그러므로 갈색띠매물고등의 생식소 발달 및 성숙은 수온 및 먹이 이용과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

## 2. 번식 양상

대부분의 패류는 특정 계절에 산란기를 가지며, 생식주기는 외적 요인과 내적 요인에 의해 성립된다. 복족류들은 이들 두 가지 요인들에 의해 지배를 받고 있다(Chung & Ryou, 2000; Chung, 1997; Chung et al., 2002). 연체동물의 산란 습성은 크게 3가지로 구분되는데, 첫째, 연중산란형(year-around breeders), 둘째, 동계산란형(winter breeders), 마지막으로 하계산란형(summer breeders)으로 구분된다(Booolootian et al., 1962). 한국 서해산 피빨고등의 산란(Chung et al., 1993)은 5~8월, 일본산 피빨고등의 산란(Amio, 1963)은 6~8월 사이에 산란이 일어나고 있어 하계산란형이다. 갈색띠매물고등의 산란시기도 5~8월로 일치하므로 본 종도 하계산란종에 속한다.

또한 해산 연체동물의 생식주기 연구는 연령사정 및 가입시기 등의 개체군 역학 연구뿐만 아니라 생물지질학의 이해에 필수적이다. 생식주기는 생식소의 발달, 산란, 생식소의 퇴화에 이르는 전 과정이다. 복족류의 생식주기는 위도 구배에 따라 산란 시기와 생식세포 발달의 종내 변이가 일어나

는데, 이들 현상은 환경조건의 변화와 관련되어 있는 것으로 보고되어 있다(Chung et al., 2004, 2005). 갈색띠매물고등의 성은 자웅이체로 생식소의 색깔로 명확히 구분할 수 있으며, 생식소는 난소와 정소 모두 다수의 소엽 구조로 형성되어 있기 때문에 성과 생식소의 구조는 다른 복족류와 유사하였다.

Table 2에 나타난 바와 같이, 한국 서해산 암컷 갈색띠매물고등의 산란은 해수 수온이 높은 5월 하순부터 8월까지 일어난다. 동지나해에서 저인망에 의해 채집된 갈색띠매물고등의 산란기는 6~8월 사이에 일어나는 것으로 보고되어 있어(Amio, 1963), 한국 서해산 갈색띠매물고등의 산란기는 동지나해에서 일어나는 것보다는 산란이 약간 일찍 시작되나 산란 종료는 같은 시기에 끝나는 것으로 보고되어 산란 시기는 두 지역간 유사한 경향을 보였다. 그러나 일본산 관절매물고등, *N. arthritica*는 일본 우수만에서는 5~6월 사이에 산란하며(Fujinaga, 1985), 일본 북해도 사로마에서는 5~8월에 산란하는 것으로 보고되어 있어(Kawai et al., 1994), 한국산 갈색띠매물고등의 산란기는 일본산 관절매물고등과 거의 유사한 시기에 산란하고 있음을 알 수 있다. 따라서 해산 연체동물의 산란형에 관해 보고한 Booolootian et al. (1962)의 기준을 근거로 하였을 때, 한국산 갈색띠매물고등은 하계산란종에 속한다. 일반적으로 몰레고등과(Buccinidae)에 속하는 일본산 관절매물고등과 한국산 갈색띠매물고등의 산란은 5~8월 사이에 일어나고 있다. 반면, 명주매물고등, *N. constricta*의 산란은 동계산란종으로 12월 중에 일어나는 것으로 보고되어 있다(Son, 2003). 그러므로 이들 중간 산란기의 차이는 수온과 먹이 이용 등 외적 환경 요인이 지질학적으로 다르게 나타나는 것과 관련이 있는 것으로 추정된다

**Table 2. Shell height and first sexual maturity in male *Neptunea arthritica cumingii* from May to August, 2006**

Shell height (mm)	Gonadal developmental stage						Total	Mature(%)
	EA	LA	RI	PS	RE			
31.7~40.0	28						28	0.0
40.1~50.0	32	2	1				35	14.2
50.1~60.0	18	3	14	5	2		42	57.1
60.1~70.0			23	14	2		39	100.0
70.1~80.0			18	6	3		27	100.0
80.1~89.3			14	4	4		22	100.0
Total							193	

Abbreviations: EA, early active stage; LA, late active stage; RI, ripe stage; CP, copulation stage; RE, recovery stage.

(Chung et al., 2002).

### 3. 생식소 발달 단계에 따른 군성숙도

조직학적 관찰 결과에 의하면 암컷의 경우, 번식시기 중에 채집된 각고 31.7~40.0 mm인 작은 개체들의 표본에서 생식소 발달은 소수의 난원세포들과 초기발달 중인 난모세포가 난소 소낭 내에 출현하고 있어 초기활성기를 나타내었다. 따라서 이들 초기 발달 중인 난모세포들의 크기는 산란이 끝나는 8월 말에도 성숙에 도달할 수 없는 것으로 간주되었다. 각고 50.1~60.0 mm인 개체들은 후기활성기, 완숙기 및 부분산란기를 나타내어 군성숙도 50% 이상에 도달하였다. 그러나 개체의 크기가 각고 60.1 mm 이상이 되면 후기활성기, 완숙기 또는 부분산란기를 나타내어 이들 개체들은 재생산에 가담하는 것으로 추정되었다. 이것은 큰 개체들이 좀 더 작은 개체들보다 일찍 성숙에 도달할 수 있다는 것을 의미한다. 자원 관리에 있어서 본 연구 결과는 50.1 mm 보다 작은 개체를 어획한다면, 잠정적으로 가입량이 급격하게 감소될 우려가 있으므로 본 종의 적절한 자원 관리를 위해 어획금지 크기를 50.1 mm 정도의 크기에서 결정되어야 할 것으로 사료된다.

수컷의 경우, 번식시기 중에 채집된 각고 31.7~40.0 mm인 작은 개체들의 표본에서 생식소 발달은 소수의 정원세포

들과 정모세포들만이 정소소엽 내에 출현하고 있어 생식소 발달이 미약한 초기활성기 상태를 나타내었다. 따라서 이들 소수의 정원세포들과 정모세포들은 산란이 끝나는 8월 말에도 성숙에 도달할 수 없는 것으로 간주되었다. 각고 50.1~60.0 mm인 개체들은 정세포들과 성숙 정자를 갖는 후기활성기와 완숙기, 부분산란기, 회복기를 나타내어 군성숙도 50% 이상에 도달하였다. 그러나 개체의 크기가 각고 60.1 mm 이상이 되면 완숙기, 교미기, 회복기를 나타내어 이들 개체들은 재생산(산란)에 가담하는 것으로 추정되었다. 또한, 이것은 큰 개체들이 좀 더 작은 개체들보다 일찍 성숙에 도달할 수 있다는 것을 의미한다.

### 4. 성비

총 424개체(암컷 222개체, 수컷 202개체)의 갈색띠매물고둥을 대상으로 암·수의 성비가 1:1이라는 가설 아래 Chi squared ( $\chi^2$ ) test에 의해 통계분석을 실시한 결과, 12개월 중 7월 중에는 암, 수의 성비가 1:1이 아니고 암, 수의 성비에 유의한 차를 보였다( $\chi^2=5.44, p<0.05$ ). 그러나 나머지 11개월은 월별로 암, 수의 성비가 모두 1:1을 나타내었다. 12개월 전체를 통계분석하여 보면, 암, 수 성비에 유의한 차를 보이지 않았다( $\chi^2=1.39, p>0.05$ ).

**Table 3. Monthly variations in sex ratios of the adult *Neptunea arthritica cumingii***

Date	Female (inds.)	Male (inds.)	Total (inds.)	Sex ratio (F/(F+M))	Chi Squared
Jan. 2006	11	17	28	0.39	1.29
Feb. 2006	13	19	32	0.41	1.13
Mar. 2006	13	18	31	0.42	0.81
Apr. 2006	13	21	34	0.38	1.88
May 2006	17	12	29	0.59	0.86
Jun. 2006	26	14	40	0.65	3.60
Jul. 2006	25	11	36	0.69	5.44
Aug. 2006	20	16	36	0.56	0.44
Sep. 2006	23	15	38	0.61	1.68
Oct. 2006	15	8	23	0.65	2.13
Nov. 2006	18	24	42	0.43	0.86
Dec. 2006	8	4	12	0.67	1.33
Total	202	179	381	0.53	1.39

The critical value for  $\chi^2$  goodness of the test of equal numbers of female and males (1 df), at 95% significance is 3.84.

Inds means number of individuals.

### 감사의 글

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구 지원기금 (2007년도)의 일부에 의해 연구된 것입니다.

### 인용문헌

- Amio M (1963) A comparative embryology of marine gastropods, with ecological emphasis. J Shimonoseki Coll Fish 12:229-253.
- Booolootian RA, Farmanfarmaina A, Giese AC (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of Haliotis. Biol Bull 122:183-192.
- Chung EY, Kim SY, Kim YG (1993) *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. Korean J Malacol 9:1-15.
- Chung EY, Ryou DK, Lee JH (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. Korean J Malacol 10:38-54.
- Chung EY (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Macrarchinensis* on the west coast of Korea. Devel & Reprod 1(2):141-156.
- Chung EY, Ryou DK (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam *Macrarchinensis* on the west coast of Korea. Malacologia 42:149-163.
- Chung EY, Kim SY, Park KH, Park GM (2002) Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). Malacologia 44:241-257.
- Chung EY, Kim SY, Park GM, Yoon JM (2006) Germ cell differentiation and sexual maturation of the female *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* (Crosse, 1882) (Gastropoda: Buccinidae). Malacologia 48(1-2):65-76.
- Fretter V, Tompa AS, Verdonk NH, Vanden Biggelaar JAM (1984) The Mollusca, vol. 7 Academic Press New York.
- Fujinaga K (1985) The reproductive ecology of the neptune whelk (*Neptunea arthritica* Bernardi) population, with special reference to the reproductive cycles, depositions of egg masses and hatchings of juveniles. Bull Fac Fish Hokkaido Univ 36:87-98. [in Japanese]
- Fujinaga K (1987) On the growth pattern of the neptune whelk, *Neptunea arthritica* Bernardi. Bull Fac Fish Hokkaido Univ 38:191-202.
- Ito H, Tachizawa S (1981) An estimation of the density of the available stock of a sea snail, *Neptunea arthritica*, by trap fishing. Bull Hokkaido Reg Fish Res Lab 46: 113-119.
- Ito H (1982) Distribution of a sea snail, *Neptunea arthritica*, and its surroundings in the Lagoon Furen-ko. Reports of the Engineering Research on all-round Constructions of Fishing Grounds in the Region of Nemuro Bay 107-114. [In Japanese]
- Kawai K, Yamaguchi S, Ide N, Goshima S, Nakao S (1994) Reproductive cycle and parasites infection in the neptune whelk *Neptunea arthritica* in Lagoon Saroma. Venus 53:105-112.
- Kim BA, Kim BK, Kim SU (1977) Studies on the growth of hard clam, *Meretrix lusoria*. Bull Fish Res Devel Agency 17:77-85.
- Kwon OK, Park GM, Lee JS (1993) Colored shells of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 285 pp.
- Lee YH (1995) Growth and maturation of shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* by different seeding production areas. Masters thesis, National Fisheries University of Pusan 51 pp.
- MacIntosh RA, Paul AJ (1977) The relation of shell length to total weight, edible-meat weight, and reproductive organ weight of the gastropods *Neptunea heros*, *N. lyrata*, *N. pribiloffensis*, and *N. ventricosa* of the eastern Bering Sea. Proc Natl Shellfish Assoc 67:103-112.
- Mann R (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. J Mar Biol Assoc UK 59:95-110.
- Pearce J, Thorson G (1967) The feeding and reproductive

- biology of the red whelk, *Neptunea antiqua* (L). (Gastropoda, Prosobranchia). *Ophelia* 4:277-314.
- Sastry AN (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aquiptecten irradians* Lamark. *Biol Bull* 130:118-134.
- Segal F (1956) Microgeographic variation as thermal acclimation in an intertidal mollusc. *Biol Bull* 111:129- 152.
- Son MH (2003) Eggs and egg capsule morphology of the neptune whelk, *Neptunea constricta* (Dall, 1907) (Gastropoda: Buccinidae). *Korean J Malacol* 19:111-115.
- Sutherland J (1970) Dynamics of high and low populations of the limpet *Acmaea scabra* (Gould). *Ecol Monograph* 40:169-188.
- Suzuki K, Hiraishi T, Yamamoto K, Nashimoto K (1996) Age determination and growth analysis based on size-frequency histograms of whelk *Neptunea arthritica* in Shiriuchi, Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi* 62:225-229.