

한국 서해산 가무락조개, *Cyclina sinensis*의 번식생태 및 기생충에 관한 연구 1. 번식생태

김용호, 정의영, 김영길

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Reproductive Ecology and Parasite of the Venus Clam, *Cyclina sinensis* (Gmelin), on the West Coast of Korea 1. Reproductive Ecology

Yong Ho Kim, Ee-Yung Chung and Young Gill Kim

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

ABSTRACT

We investigated the gonad index (GI), gonadal development, the reproductive cycle and first sexual maturity of the venus clam, *Cyclina sinensis* by histological observations. Samples were collected from the intertidal zone of Komso Bay, Chollabuk-do, west coast of Korea, from April 1998 to March 1999.

This clam is dioecious and oviparous. Monthly changes in the gonad index (GI) showed a similar pattern to the reproductive cycle. Ripe oocytes are about 90-100 μm in diameter. The spawning period was between early July to September, and the main spawning occurred between July and August when the sea water temperature was over 20°C.

The reproductive cycle of this species can be divided into five successive stages: early active stage (February to April), late active stage (March to June), ripe stage (April to August), partially spawned stage (July to October), and spent / inactive stage (September to February).

Percentages of first sexual maturity of female and

male clams measuring 26.1-30.0 mm in shell length were 53.3% and 62.5%, respectively, and 100% for the clams > 41.0 mm.

It is assumed that both sexes begin reproduction at about two years age.

Keywords: *Cyclina sinensis*, Reproductive cycle, First sexual maturity

서 론

가무락조개, *Cyclina sinensis* (Gmelin)는 백합과에 속하는 식용 이매패로서 한국, 중국, 일본의 연안에 분포한다. 특히, 우리나라에서는 서, 남해안 해역의 니질에 서식하며(Yoo, 1976), 정확한 어획금지시기 설정을 통한 자원 관리 및 보존, 증식과 양식 기술개발이 요구되는 산업상 중요한 고가의 식용 이매패류이다. 그러나 최근 대단위 간척사업과 무분별한 채취로 인해 이들의 자원량이 날로 격감되고 있으나 이들 자원의 증식 및 관리가 제대로 되어 있지 못한 실정이다. 지금까지 가무락조개에 관한 연구조사는 일본 히로시마산 가무락조개의 초기발생과 한국산 가무락조개의 인공산란유발, 인공수정 및 성장(Choi, 1971; Choi and Song, 1973; Choi, 1975), 생식주기(Lee and Cho, 1985) 등이 보고되어 있을 뿐 정확한 어획금지시기 설정을 위한 정확한 산란기, 군성속도 등이 제대로 밝혀져 있지 않은 실정이다. 따라서 본 조사의 목적은 산란기 확인을 위해 생식소 발달에 따른 생식주기를 조사하였고, 재생산에 가담하기 시작하는 개체군의 크기를 알기 위해 조직학적 표본을 현미경하에서 검정하여 군성속도를

Received April 25, 2000; Accepted May 20, 2000
Corresponding author: Chung, Ee-Yung
Tel: (82) 63-469-4592, e-mail: eychung@ks.kunsan.ac.kr
1225-3480/16107
© The Malacological Society of Korea

조사하여 자원증식 및 관리를 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

실험 재료는 1998년 4월부터 1999년 3월까지 1년 간에 걸쳐 전라북도 고창군 부안면 상암리 앞바다(Fig. 1)에서 각장 16.2-54.3 mm의 가무락조개(*Cyclina sinensis*)를 월별로 40-50 개체씩 채집하여 사용하였다. 채집된 재료는 실험실로 옮겨 깨끗이 세척하고 개체 측정을 위해 각장, 각고, 각폭은 Vernier caliper로 측정하였고, 전중량, 각중량, 육중량은 chemical balance로 측정하였다.

생식소의 조직학적 조사를 위해 내장낭(생식소, 소화맹낭, 중장선) 부위를 절취하여 Bouin 용액에 24시간 고정 후 24 시간동안 수세하여 생식소와 소화맹낭 부위를 Paraffin 절편법으로 5-7 μ m로 연속절편을 만들어 Hansen's haematoxylin과 0.5% Eosin에 비교염색하고, 결체조직과 근조직을 식별하기 위해 Mallory triple 염색을 병행하였다.

생식소지수(gonad index)는 Mann의 방법을 사용하여 구하였다. 즉 산란기 추정을 위해 제작한 조직표본을 이용하여 생식소 발달단계를 확인한 후, 각 개체별로 발달 단계별 가중치를 곱하였다. 월별로 생식소 발달 단계별로 가중치를 준 총합을 총 개체수로 나누어 월별 생식소지수(GI) 값을 얻었다. 생식소 발달단계별 가중치는 0=inactive stage (SO); 1=spent stage (S1); 2= early active stage (S2); 3=late active stage (S3); 4=partially spawned stage(S4); 5=ripe stage (S5)의 6 단계로 구분하였다.

가무락조개가 산란하여 재생산에 가담할 수 있는 크기(또는 연령)를 추정하기 위한 군성숙도 조사는 산란시기 이전인 4월부터 산란을 완전히 마친 10월까지 각장 16.2-54.3 mm의 암컷 121개체, 수컷 120개체를 대상으

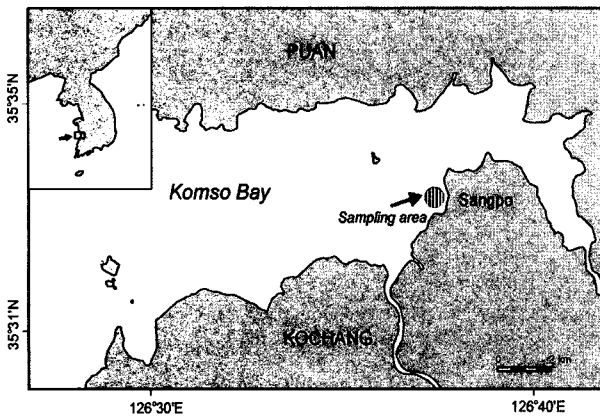


Fig. 1. Map showing the sampling area.

로 생식소의 조직절편을 만들어 재생산에 가담 여부를 광학현미경하에서 조사하였다.

결 과

1. 가무락조개의 생식소 위치 및 형태

가무락조개는 자웅이체로 생식소는 아가미 기저부에서 족부의 만곡부까지 분포하며, 내장낭의 외층에 분포되어 있다. 생식소의 크기나 색채는 생식소의 발달에 따라 다른데 미성숙한 시기의 난소나 정소는 극히 위축되어 빈약하며 외관상 색채로서는 자웅식별을 할 수 없다. 그러나 점차 성장, 성숙하게 되면 내장낭의 대부분을 차지하고 족부의 상단부까지 확장, 비후되는데 암컷은 연분홍색, 수컷은 유백색(또는 황백색)을 띠었다.

2. 생식소 발달단계와 생식소지수

생식소지수(GI) 값은 3월부터 서서히 증가하여 6월에 최대에 이른 후 7월부터 점차 감소하기 시작하여 1월에 최저를 나타내었다(Fig. 2).

난소 및 정소의 생식세포 발달 정도를 조직학적으로 관찰한 결과 생식소의 변화를 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5 단계의 발달단계로 구분할 수 있었으며, 이들 발달단계들은 주기성을 나타내었다(Fig. 3).

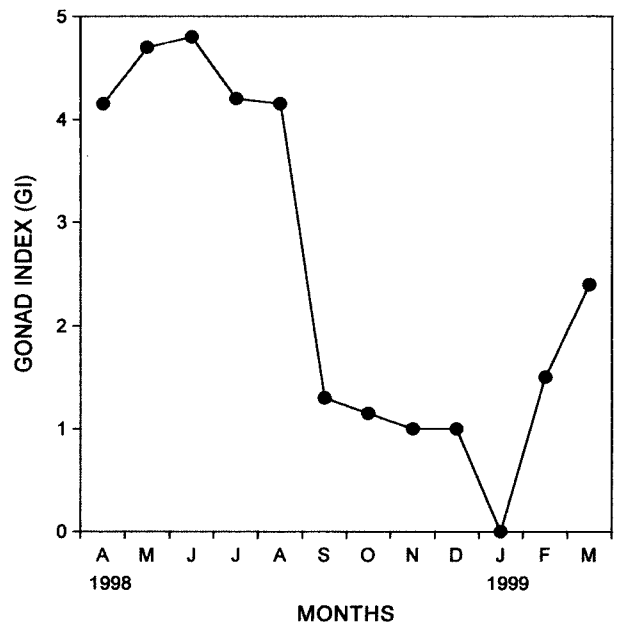


Fig. 2. Monthly changes in the gonad index (GI) by Mann's method.

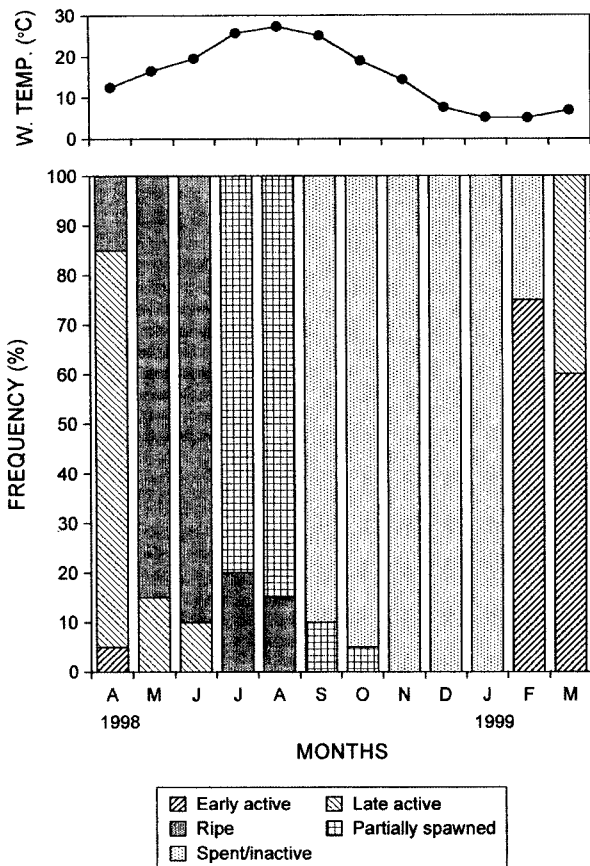


Fig. 3. Frequency of gonadal phases of the venus clam, *Cyclina sinensis*, and monthly changes in the mean seawater temperature.

1) 초기활성기(early active stage)

암컷의 경우, 난소는 다수의 난소소낭으로 이루어졌으며, 이들 난소소낭의 생식상피 내에는 난원세포가 분열증식하였으며, 또한 다수의 초기발달중인 난모세포들이 출현하였다(Fig. 4A). 수컷의 경우, 정소는 수많은 정소세관으로 이루어져 있는데, 정소세관의 생식상피상에 소수의 정원세포들이 나타나고 또한 수많은 정모세포들이 출현하였다(Fig. 4G). 이 시기에는 간충조각과 호산성과립세포들이 난소소낭 및 정소세관의 생식상피 주변에서 나타났다. 초기활성기의 개체들은 2-4월에 출현하였다.

2) 후기활성기(late active stage)

암컷의 경우, 생식상피 내에 분포한 난원세포들이 호산성과립세포들 사이에서 성장하여 발달 중인 초기 난모세포로 발달한 후, 난소소낭의 내강 쪽으로 이들 초기 난모세포들이 좀더 성장, 발달하여 후기발달 중인 난모세포들로 되어 난소소낭을 채웠다(Fig. 4B).

수컷의 경우, 정소세관 상피상에 있던 정원세포들이 정모세포로 된 후, 이들 정모세포들이 정세포로 성장 발달하여 마치 층상배열을 이루는데, 이들 중 일부 정자로 변태 중인 정세포도 나타났다(Fig. 4H). 후기활성기의 개체들은 3-6월에 출현하였다.

3) 완숙기(ripe stage)

암컷의 경우, 수온이 상승하는 5월부터 8월까지 성숙난들로 가득 채워진 생식소를 가진 개체가 출현하였다. 이 시기에 난소는 성장 중인 생식세포들이 성숙하게 되어, 난소소낭의 내강은 90-100 μm의 성숙 및 완숙 난모세포들로 가득 채워졌다(Figs. 4C, D). 수컷의 경우, 정소세관 내에는 정원세포와 정모세포가 현저히 감소되는 반면, 변태중인 정세포와 변태를 마친 수많은 완숙정자들로 가득 채워져 이 때에 생식소는 최대로 비대되었다. 이 시기에는 수많은 정자들의 꼬리로 인해 마치 물결 흐르는 모양을 나타내었다(Figs. 4I, J). 완숙한 암, 수 개체들은 4-8월 사이에 출현하였다.

4) 부분산란기(partially spawned stage)

암컷의 경우, 난소소낭내의 완숙 난모세포가 대부분 방출되어 소낭의 내강은 거의 비어 있게 된다(Fig. 4E). 수컷의 경우도 정소세관내의 대부분의 정자가 방출되어 소수의 정자들이 정소세관에 잔존하여 있을 뿐 내강이 비어 있었다(Fig. 4K). 암, 수 개체들의 방란, 방정은 20°C 전후로 상승하는 7-10월 사이에 나타났으며, 주산란기는 7, 8월이었다.

5) 퇴화 및 비활성기(spent / inactive stage)

암컷의 경우, 방란이 끝난 후 세포질 붕괴가 일어나 생식소가 급격히 퇴화, 위축되었으며, 퇴화된 생식소 내에는

Table 1. Shell lengths of first sexual maturity of the venus clam, *Cyclina sinensis*.

Shell length (mm)	Female		Male	
	No.	Mature (%)	No.	Mature (%)
16.2-20.0	14	0	16	0
21.1-25.0	14	35.7	17	41.1
26.1-30.0	15	53.3	16	62.5
31.1-35.0	16	75.0	14	85.7
36.1-40.0	18	94.4	17	94.1
41.1-45.0	18	100	14	100
46.1-50.0	15	100	16	100
51.1-54.9	11	100	16	100

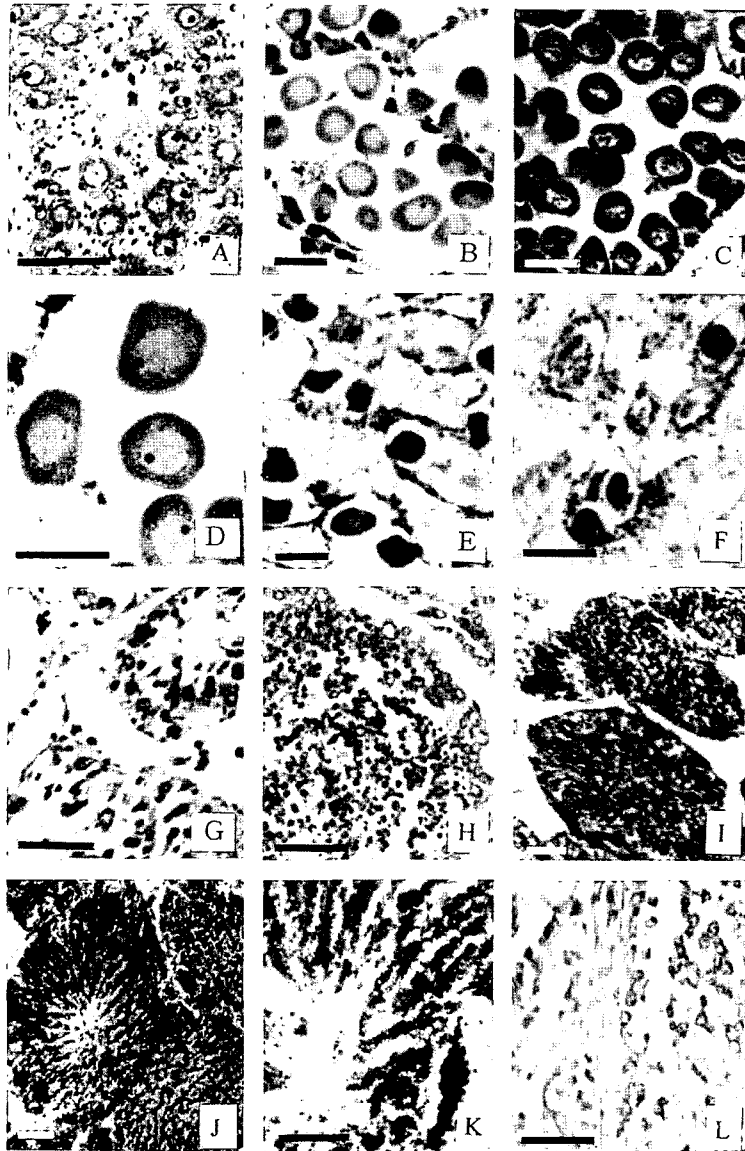


Fig. 4. Gonadal phases of *Cyclina sinensis* observed under the light microscope (A-L).

A, section of the oogenic follicles in the early active stage. scale bar = 50 μ m; B, section of the follicles in the late active stage. scale bar = 100 μ m; C, section of the follicle in the ripe stage. scale bar = 100 μ m; D, ripe oocytes magnified in the same stage. scale bar = 100 μ m; E, section of the follicles in the partially spawned stage. scale bar = 100 μ m; F, section of the follicles in the spent/inactive stage. scale bar = 50 μ m; G, section of the follicles of the testis in the early active stage. scale bar = 50 μ m; H, section of the testis in the late active stage. scale bar = 50 μ m; I, section of the follicles in the ripe stage. scale bar = 50 μ m; J, section of the testis in the same stage. scale bar = 50 μ m; K, section of the testis in the partially spawned stage. scale bar = 50 μ m; L, section of the follicles in the spent/inactive stage. scale bar = 50 μ m.

결체조직이 빈 공간을 채워 결체조직 상태로 장기간 지속되나, 그 후 생식상피상에는 새로이 형성된 소수의 난원세포가 다시 출현하였다(Fig. 4F).

수컷의 경우도 방정이 끝난 후에는 정소세관은 퇴화, 위축되었고 위축된 정소세관은 결체조직이 가득 채워진 상태로 장기간 지속되었다. 그 후 새로이 형성된 정소세관 상피상에 소수의 정원세포가 다시 출현하였다(Fig. 4L). 퇴화 및 비활성기 개체들은 9월부터 2월까지 출현하였다.

3. 군성속도

가무락조개가 어느 크기부터 산란하여 재생산에 참여하게 되는가를 알기 위하여 조사한 결과는 Table 1과 같다. 산란기가 시작되기 전인 4월부터 산란이 완전히 끝난 후인 10월까지의 개체 중에서 각장 16.2-20.0 mm의 암컷 121개체와 수컷 120개체의 생식소를 대상으로 방란·방정하여 생식에 참여한 개체를 조직학적 표본을 검경하여 각장별로 구분하고, 이들 개체군의 군성속도를 조사하였다. 각장 20.0 mm 미만의 크기에서는 방란, 방정하는 개체가 나타나지 않았다. 그러나 각장 21.1-25.0 mm의 개체에서는 암컷이 35.7%, 수컷이 41.1%가 재생산에 참여하였고, 각장 26.0-30.0 mm의 개체에서는 암, 수 공히 50% 이상이 재생산에 참여하였으며, 각장 41.1 mm 이상의 크기에서는 모두 재생산에 참여하였다. 대체로 암, 수 개체가 비슷한 크기에서 재생산에 참여하고 있으나 수컷이 약간 먼저 성숙에 도달하는 옹성선속의 현상을 보였다.

고 찰

대부분의 이매패류에서, 배우자형성 또는 성숙이 시작되어 진행되는 그 기간은 뚜렷한 시공간적 변이를 나타내고 있어, 자연에서 생식주기의 연구는 매우 중요한 일이라고 생각된다. 지금까지 대부분의 백합과 조개류의 생식소를 조직학적으로 조사한 결과에 의하면 생식소가 발달하고 성숙해지는 시기는 수온이 높아지기 시작하는 봄철에서 여름철에 걸쳐 일어나고 있는데, 이 시기에는 먹이생물(식물플랑크톤)이 풍부하고, 소화낭속에서 영양물질이 축적, 저장되는 시기였다. 반면, 수온이 낮고 먹이가 불충분한 시기에는 생식소의 발달이 매우 미숙한 상태를 보였다(Chung *et al.*, 1994).

이매패류의 생식소발달과 성숙에 관여하는 외적 요인으로는 수온(Sastry, 1966, 1968), 먹이 이용(Sastry, 1966, 1968), 일장(Simpson, 1982) 등을 들 수 있으며, 내적 요인으로는 영양물질의 저장, 호르몬 주기 및 유전성이 거론되어 왔는데, 이들 요인이 배우자형성과 산란의 시작 및 기간을 결정하는 것으로 보고되어 있다(Newell *et al.*, 1982). 본 연구에서 가무락조개의 생식소 발달 및 성숙시기는 다른 백합과 조개류와 유사하게 3-8월로 호적 수

온 및 먹이가 풍부하고 영양물질이 저장되는 시기와 거의 일치하고 있다. 따라서 생식소 발달과 성숙은 외적 및 내적 요인들과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

해산 연체동물들은 대부분이 생식세포를 체외로 방출하여 수정하는 종들이며, 그들의 특정 계절에 생식이 이루어진다고 보고되어 있다(Giese, 1959). Boolootian *et al.*(1962)에 의하면, 대부분의 해양 연체 동물들은 각기 고유한 번식습성을 나타내고 있다. 즉 번식시기에 따라 (1) 연중산란종(year-round breeders), (2) 동계산란종(winter breeders), (3) 하계산란종(summer breeders)의 3가지 범주로 구분된다고 하였다. 본 연구에서 가무락조개는 6월에서 9월에 걸쳐 산란이 일어나고 있어 본 종은 하계 산란종에 속한다.

이매패류의 번식전략은 위도 구배에 따라 다른데, 같은 종이라도 할지라도 서로 다른 위도에 서식하는 경우, 북쪽의 한대성 기후에 서식하는 경우는 1년에 한번의 산란기를 가지며, 온대성 기후에서는 2번, 열대성 기후에서는 연중산란기를 가지는 특징을 나타낸다고 한다(Rand, 1973). 가무락조개와 같이 백합과에 속하는 바지락(*Ruditapes philippinarum*)의 산란기에 관하여 최근에 여러 연구자들이 위도에 따라 비교하였는데, 우리나라 서해안(Chung *et al.*, 1994), 캐나다의 부리티쉬 콜롬비아(Quayle and Bourne, 1972), 미국의 워싱턴(Holland and Chew, 1974), 그리고 일본 북부(Yoshida, 1953)에 서식하는 바지락은 연중 1번의 산란기를 가지는 반면, 일본 남부에서는 2번의 산란기를 가지는 것으로 보고되어 있다(Tanaka, 1954). 그러나 스페인 남서부의 Adriatic Sea에서는 3번의 산란기를 가진다고 보고되어 있어(Sarasgust *et al.*, 1990), 비록 같은 종이라 해도 위도의 구배에 따라 연중산란기의 수가 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 한국산 가무락조개의 경우, 인천산 가무락조개는 7월-10월 사이에 1번의 산란기를 가지며(Choi, 1971), 서해 중부해역 가무락조개도 7-10월 사이에 1번의 산란기를 가진다. 일본산 가무락조개의 경우, 히로시마산 가무락조개의 산란기도 7월 하순-8월 상순이라고 보고되어 있다. 가무락조개의 산란기는 우리나라산과 일본산 모두 같은 시기에 산란이 시작되고 있으나 산란이 지속되는 기간은 지역별로 약간의 차이가 있었는데, 이는 지역마다 산란에 관련된 호적수온의 지속기간이 다른 것에 관련이 있는 것으로 사료된다. 산란기는 1년에 한번일지라도 산란 횟수는 한 산란기 중 2-3회 산란이 일어나는 것으로 추정된다. 따라서 가무락조개의 자원관리를 위하여 산란기보다 1개월 앞선 6월부터 10월까지를 어획금지 시기로 설정하는 것이 자원증식을 위해 바람직하다고 생각된다. 또한 가무락조개의 산란가능도 수를 확인하기 위해서는 인공산란 실험이 요구되므로 추후 이의 실험이 요구된다.

가무락조개의 군성속도가 암, 수 공히 50%이상인 개체의 전장의 크기는 26.1-30.0 mm로 나타나고 있는데

Choi(1971)는 가무락조개(*C. sinensis*)는 1년이 지나면 각장 12-13 mm까지 성장하며, 각장 20 mm에 도달하는데 2년 걸렸다고 보고하였다. 이러한 결과로부터 본 연구에서 취급한 각장 26.1-30.0 mm의 가무락조개는 약 2년 생인 것으로 추정되며, 고창산 가무락조개의 암, 수 개체는 약 2년생부터 재생산에 가담하는 것으로 생각된다. 따라서 각장 26.1 m이하인 개체들을 어획하게 되면 가무락조개의 자원량이 극감하게 되므로 유의하지 않으면 안된다. 따라서 어획금지 크기는 각장 26.1 mm 이하라 할 수 있다.

요 약

1999년 4월부터 2000년 3월까지 서해 금강 하구인 내 초도에 서식하고 있는 가무락조개를 대상으로 자원증식 및 적정 관리를 위해 조직학적 방법에 의해 생식소지수, 생식소발단단계에 따른 생식주기, 군성숙도를 조사하였다.

가무락조개는 자웅이체로서 난생이다. 가무락조개의 생식주기는 초기활성기(2-4월), 후기활성기(3-6월), 완숙기(4-8월), 부분산란기(7-10월초), 퇴화 및 비활성기(9-2월)의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다.

가무락조개의 산란기는 수온과 밀접한 관계를 가지며 수온이 24°C 이상인 7월부터 산란하기 시작하여 9월 중순까지로 산란성기는 7, 8월이었다.

고창산 가무락조개의 군성숙도는 각장 26.0-30.0 mm 사이에서 암, 수 공히 50% 이상이 재생산에 가담하였고, 각장 41.0 mm 이상에서는 100%가 산란에 참여하고 있다. 전 개체의 50%가 재생산에 가담하기 시작하는 개체들의 연령은 만 2세로 추정된다.

감사의 글

본 연구를 위해 표본채집 및 연구에 도움을 준 해양생명과 학부 김용민 선생, 한정조 선생과 최기호 군에게 깊은 감사를 드립니다. 또한 본 연구는 1998년도 군산대학교 학술연구과제 연구비 지원에 의해 연구된 것입니다. 연구 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Booolootian, R.A., Farmanfarmaina, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, **122**(2): 183-192.
- Choi, K.C. (1971) Ecological studies of the clams *Meretrix tinsoria* and *Cyclina sinensis* for increasing seed clam yield. *Korean J. of Limnol.*, **4**(1-2): 9-19.
- Choi, S.S. (1975) Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **8**(3): 185-195.
- Choi, S.S and Song, Y.K. (1973) Studies on the artificial fertilization and development of *Cyclina sinensis*. *Bull. Korean Fish., Soc.*, **6**(1, 2): 76-80.
- 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. J. Malacol.*, **10**(1): 38-54.
- Giese, A.C. (1959) Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Annu. Rev. Physiol.*, **21**: 547-576.
- Holland, D.A. and Chew, K.K. (1974) Reproductive cycle of the manila clam washington. *Proceedings Nat. Shellfish Res.*, **64**: 58-58.
- Lee, J.J. and Cho, W.S. (1985) Histological studies on the reproductive cycle of the clam, *Turbo cornutus*. Annual Report of Marine Research Institute, Cheju National University, 9: 51-70.
- Mann R. (1979) Some Biochemical and physiological aspect of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **59**: 95-110.
- Quayle, D.B. and Bourne, N. (1972) The clam fisheries of British Columbia. *Fish. Res. Board Can. Bull.*, **179**: 70.
- Rand W.M. (1973) A stochastic model of the temporal aspect of breeding strategies. *J. Theor. Biol.*, **40**: 337-351.
- Sarasquest, M.C., Gimeno, S and Gozalez, M.L de Canales. (1990) Cycle reproducteur de la palourde *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, (1850) de la cote sudouest atlantique (Espagne). *Rev. Int. Oceanogr. Med.*, **82**: 90-99.
- Sastry, A.N. (1966) Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.*, **130**: 118-134.
- Sastry, A.N. (1968) Relationship among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Physiol. Zool.*, **41**: 44-53.
- Simpson, R.D. (1982) Reproduction and lipids in the sub-Antartic limpet *Nacella (Patinigera) macquariensis* Finlay, 1927. *J. Exp. Biol. Ecol.*, **56**: 33-48.
- Tanaka, Y. (1954) Spawning season of important

bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **19**(12): 1165-1167.

Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. Ilgisa, pp.
129-130. (in Korean)

Yoshida, H. (1953) Studies on larvae and young
shells of industrial bivalves in Japan. *J.*
shimonoseki Coll. Fish., **3**(1): 1-106. [in Japanese]