

김제산 가무락조개 *Cyclina sinensis*의 난소 성숙과 인공산란 및 산란빈도

정의영, 허영백¹, 곽오열², 최기호²

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부, ¹국립수산과학원 남해수산종묘시험장

²군산대학교 대학원 수산과학과

Ovarian Maturation, Artificial Spawning and Spawning Frequency of the Venus Clam, *Cyclina sinensis*, in the Gimje Coastal Waters of Korea

Ee-Yung Chung, Young-Baek Hur¹, Oh-Yeol Kwak² and Ki-Ho Choi²

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

¹Namhae Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae 668-820, Korea

²Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

Reproductive cycle with the ovarian developmental phases, first sexual maturity of the female venus clam, *Cyclina sinensis*, was investigated by a histological study, and the number of spawned eggs and spawning frequency by artificial spawning induction of the clams were estimated. Samples were collected from the intertidal zone of Simpo, Gimje city, Korea between January and December, 2001.

The reproductive cycle of this species can be classified into five successive stages; early active (February to April), late active (March to June), ripe (May to August), spent (July to September), and spent and inactive (September to February).

The spawning period was once a year between July and August, a spawning peak was seen in July and August.

Percentages of first sexual maturity of female clams of 25.1-30.0 mm in shell length were 64.3%, and 100% for the clams > 40.1 mm.

The number of the eggs released from each clam by spawning induction increased as the size of clam in

terms of shell length increased.

The mean number of the eggs released from the second induction of spawning was 76.87% of the number of the eggs released in the first spawning.

Our data indicated that the interval of each spawning was estimated to be approximately 15-17 (average 16.5) days.

Keywords: *Cyclina sinensis*, Ovarian Maturation, Artificial Spawning, Spawning Frequency.

서 론

가무락조개 [*Cyclina sinensis* (Gmelin)] 는 백합과에 속하는 식용 이매패로서 한국, 중국, 일본의 연안에 분포한다. (Kwon *et al.*, 1993). 특히, 우리나라에서는 서남해안 해역의 니질에 서식하며 (Yoo, 1976), 정확한 어획금지시기 설정을 통한 자원 관리 및 보존, 증양식 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 초기발생 (Haragaki, 1966) 과 한국산 가무락조개의 인공산란유발, 인공수정 및 성장 (Choi, 1971; Choi and Song, 1973; Choi, 1975), 생식주기 (Lee and Cho, 1985; Chung *et al.*, 1991) 등이 보고되어 있을 뿐, 자원보

Received October 22, 2003; Accepted December 6, 2003

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr
1225-3480/19210

© The Malacological Society of Korea

존과 양식을 위한 기초자료가 되는 지역개체군의 산란기와 생식주기, 그리고 이들 개체군 중 어린개체를 무리하게 채취함으로써 발생할 수 있는 자원량 감소를 막기 위한 군성속도 50%에 해당하는 개체의 크기 (생물학적최소형) 를 알 필요가 있으나 이에 관한 기초 정보자료가 제대로 밝혀져 있지 않은 실정이다. 설령, 단편적으로 어획금지 크기에 대한 기초자료인 군성속도가 보고되어 있을지라도, 성숙에 도달하는 크기에 이른 개체라 할지라도 이들 모든 개체들이 실제로 산란하여 재생산에 모두 가담하는 것이 아니므로 이를 확인하기 위해 실제로 인공산란을 유도하여 개체의 크기별 산란량 (포란수) 을 확인할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 김제산 가무락조개 개체군의 정확한 산란기를 확인하기 위해 조직학적 방법으로 생식주기를 조사하였고, 재생산에 가담하기 시작하는 개체군의 크기 (연령) 를 알기 위해 조직학적 방법에 의해 정성분석을 하였으며, 증양 및 자원관리를 위한 기초정보를 얻고자 개체 크기별 산란량과 산란빈도 (산란간격 일수) 를 인위적으로 산란유도하여 개체군의 생식 잠재능력을 조사하였던바 및 가지 유용한 기초자료를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

2001년 1월부터 12월까지 전라북도 김제시 심포 앞바다에서 각장 25.1-52.7 mm의 가무락조개 (*Cyclina sinensis*) 를 월별로 40-50 개체씩 채집하여 실험에 사용하였다. 채집된 재료를 실험실로 즉시 옮겨 깨끗이 세척한 후 Vernier caliper 로 각장, 각고, 각폭을 측정하였고, 전중량은 전자저울로 측정하였다.

1. 생식소 발달 단계에 따른 생식주기의 정성분석

생식소의 조직학적 조사를 위해 총 483 개체의 내장낭 (생식소, 소화맹낭, 중장선) 부위를 절취하여 Bouin 용액에 24시간 고정한 후 24 시간동안 수세하여 생식소와 소화맹낭 부위

를 Paraffin 절편법으로 5-7 μm로 연속절편을 만들어 Hansen's haematoxylin과 0.5% Eosin에 비교염색하였고, 결체조직과 근육조직을 식별하기 위해 Mallory triple 염색을 병행하였다. 제작된 생식소 조직표본을 현미경하에서 검경하여 월별로 개체들의 생식소 발달 단계를 정성분석하였다.

2. 군성속도

암컷 가무락조개가 산란하여 재생산에 가담할 수 있는 크기 (또는 연령) 를 추정하기 위해 군성속도 조사는 산란시기 이전인 5월부터 산란을 완전히 마친 9월까지 각장 18.6-52.7 mm의 암컷 113 개체를 대상으로 생식소의 조직절편을 만들어 성적 성숙 및 재생산에 가담 여부를 광학현미경하에서 조사하였다.

3. 인공산란 유도실험

표본채집은 전북 김제시 심포 앞바다에서 총 600 개체의 가무락조개를 2001년 6월 30일 채집하여 그 중 건강한 300 개체의 표본을 5.0 mm 단위로 나누어 산란유도 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 표본 크기는 각장 25.8-47.2 mm이었다 (연령 2-4년생으로 추정). 채집된 표본을 국립수산물시험원 남해수산 종묘시험장으로 옮겨 200L 사각 FRP사육탱크내에 10 cm 깊이의 모래를 넣은 폴리에틸렌 Box를 집어넣은 후, 모래 저질 속에 어미조개 (군성속도 50% 이상)인 개체를 집어넣고 3일간 환경 순응시켰으며, 실험 전까지는 먹이를 공급하지 않았다. 산란유도를 위해 20 ml 비이커 300 개를 자동온도 조절장치가 부착된 사육수조 내에 넣고 기포장치를 설치하였고, 먹이공급은 인공산란실험 직전에 남해수산종묘시험장의 해수 속에서 배양한 6 종의 식물플랑크톤 (대략 4-6 × 10⁸ cells/day)을 공급하였다. 먹이로 공급된 배양 해산식물플랑크톤은 *Tetraselmis tetrathele*, *Isochrysis galbana*, *Nitzschia sp.*, *Chaetoceros gracilis*, *Chlorella ellipsoidea*, *Nannochloris culata*이었으며, 식물성플랑크톤

Table 1. Number of individuals by gonadal stage and shell length of the female venus clam, *Cyclina sinensis*.

Shell length (cm)	Number of individuals by gonadal stage*					Total	Mature (%)
	EA	LA	RI	PS	SP-IA		
18.6-20.0	16					16	0.0
20.1-25.0	15	3				18	16.7
25.1-30.0	5	2	4	3		14	64.3
30.1-35.0	3		3	8	2	16	81.3
35.1-40.0	1		5	8	3	17	94.1
40.1-45.0			3	7	3	13	100.0
45.1-50.0			2	7	2	11	100.0
50.1-52.7			2	5	1	8	100.0

*EA, early active stage; LA, late active stage; RI, ripe stage; PS, partially spawned stage; SP-IA, spent-inactive stage.

밀도는 particle counter (TA-II, Coulter Electronics Ltd) 로 측정하였다. 여과해수의 염분농도와 수온은 31.5 psu와 25 ± 0.5℃이었고, 수조내 해수는 실험 중 매일 환수시켜 주었다.

1차 인공산란 유도자극의 과정 및 순서 (Hur, 1994) 는 다음과 같다: 1) 노출자극 (3-4 시간동안 노출시키는 동안 개체의 각장, 각고, 각폭, 전중량을 측정함), 2) 먹이공급 자극 (12 시간동안 6종류의 식물플랑크톤을 최대로 먹임), 3) 온도자극 (실험 수온 25℃부터 29℃까지 매 10분마다 1℃씩 증가시켜 줌), 그리고 4) 생물학적 자극 (온도 자극으로 수컷이 방정한 정자의 현탁액에 산란 자극을 받음)에 의해 암컷을 산란 유발시켰다. 인공산란 간격은 Toba and Miyama (1994) 방법에 따라 1차 인공산란 유도실험, 후 다시 14-17일의 간격을 두고 2차 인공산란 유도실험을 실시하였다. 2차 인위적 산란유도는 1차 인공산란 유도과정과 동일하게 실시하였다.

4. 산란빈도 및 산란량 측정 조사

1) 산란빈도 조사

실험실 내에서 인공산란을 위해, 군성숙도 50% 이상인 각장 범위 25.8-47.2 mm인 가무락조개 300 개체를 대상으로, 매 5.0 mm의 크기별로 구분하여 1차 산란에 반응한 수컷의 개체 수와 개체들의 산란반응율 (%) 을 측정함 다음 (Table 1), 다시 사육수조에서 먹이를 충분히 공급한 후, 2차 산란을 위해 14-17일 간격으로 산란자극을 주어 산란을 유도하였다.

2) 산란량 측정

개체당 총 산란된 난들 중 1 ml를 취한 후, cell counter로 운반하여 산란된 난들을 light project (Nikon V12) 를 사용하여 5회 반복하여 산란량을 측정함 다음, 여기에 산란된 총량에 대한 비율을 곱하여 총산란량을 환산하였다.

결 과

1. 가무락조개의 생식소 위치 및 형태

가무락조개는 자용이체로 생식소는 아가미 기저부에서 족부의 만곡부까지 분포하며, 내장낭의 외층에 분포되어 있다. 생식소의 크기나 색채는 생식소의 발달에 따라 다른데 미성숙한 시기의 난소나 정소는 위축되어 빈약하였으며 외관상 색채로서는 자용식별을 할 수 없었다. 그러나 점차 성장, 성숙하게 되면 내장낭의 대부분을 차지하고 족부의 상단부까지 확장, 비후되었다. 이때 생식소의 색깔은 암컷은 연분홍색, 수컷은 유백색 (또는 황백색)을 나타내어 암, 수의 성을 쉽게 구분할 수 있었다.

2. 생식소 발달단계에 따른 생식주기

난소의 생식세포 발달 정도를 조직학적으로 관찰한 결과 생식소의 변화를 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기,

퇴화 및 비활성기의 연속적인 5단계의 발달단계로 구분할 수 있었으며, 이들 발달 단계들은 연속적인 주기성을 나타내었다.

1) 초기활성기 (early active stage)

난소는 다수의 난소소낭으로 이루어져 있으며, 이들 난소소낭의 생식상피 상에는 분열증식 중인 난원세포가 출현하였고, 또한 소낭 내에는 다수의 초기 발달 중인 난모세포들이 출현하였다 (Fig. 1A). 초기활성기의 개체들은 2-4월에 출현하였다.

2) 후기활성기 (late active stage)

난소 내 생식상피 상에는 소수의 난원세포들이 호산성 과립 막세포들 사이에서 출현하였으며, 이들이 배포를 갖는 난모세포로 발달한 후, 소낭 내강에는 난병을 갖는 발달중인 다수의 난모세포들이 소낭을 채우는 시기이다 (Fig. 1B). 후기활성기의 개체들은 3-6월에 나타났다.

3) 완숙기 (ripe stage)

수온이 상승하는 5월부터 8월까지 난소소낭은 난병을 갖는 소수의 발달 중인 난모세포들이 출현하였으며, 난소소낭 내강의 중앙부에는 90-100 μm의 성숙 및 완숙 난모세포들로 가득 채워지는 특징을 보였다 (Fig. 1C, D). 완숙기의 개체들은 5-8월에 출현하였다.

4) 부분산란기 (partially spawned stage)

난소 내 난소소낭은 산란으로 인해 소낭의 내강은 텅 비게 된다. 난소소낭 내에는 미방란된 잔존 난모세포들이 출현하였다. 그리고 난소소낭 구조도 일부 흐트러졌다 (Fig. 1E). 부분산란기의 개체들은 7-9월 사이에 나타났다.

5) 퇴화 및 비활성기 (spent-inactive stage)

산란이 끝난 후 세포질 붕괴가 일어나 난소는 급격히 퇴화 위축되었으며, 퇴화된 생식소 내에는 결체조직이 빈 공간을 채워 결체조직 상태로 장기간에 걸쳐 지속되나, 그 후 생식상피 상에는 새로이 형성된 소수의 난원세포가 다시 출현하였다 (Fig. 1F). 퇴화 및 비활성기 개체들은 9-2월까지 출현하였다.

3. 군성숙도

5월부터 산란 중인 9월까지의 개체는 각장 18.6-52.7 mm의 암컷 113개를 대상으로 성숙하여 산란에 참여하는 개체의 크기를 확인하기 위하여 조직학적 표본을 검정하였다.

군성숙도 각장 20.0 mm 미만의 크기에서는 방란하는 개체가 나타나지 않았는데, 이때의 난소발달단계는 모두 초기활성기였다. 각장 21.1-25.0 mm인 개체에서는 군성숙도 16.7%이었고, 각장 26.1-30.0 mm인 개체에서는 군성숙도 64.3%를 나타내었다. 각장 40.1 mm 이상인 개체들에서는 군성숙도

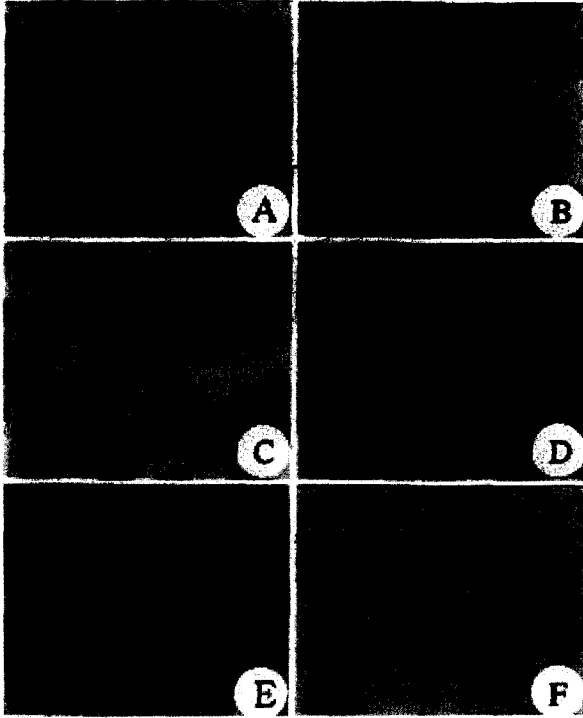


Fig. 1. Photomicrographs of ovarian phases of the female venus clam, *Cyclina sinensis* (A-F). A, Section of oogenic follicles in the early active stage. Note oogonia and early developing oocytes attaching to follicular walls (germinal epithelium); B, section of follicles in the late active stage. Note a number of developing oocytes in the follicle; C, section of the follicles in the ripe stage. Note mature and ripe oocytes in the lumen of the follicle; D, fully mature oocytes in the same stage. Note the germinal vesicle and a number of granules in the cytoplasm; E, section of the follicles in the partially spawned stage. Note undischarged oocytes in the lumen of the follicle after spawning; F, section of the follicles in the spent/inactive stage. Note newly formed oogonia on follicles walls and the connective tissues in the follicles after degeneration of the follicles. Scale bars = 100 μ m.

100%를 나타내었는데 이들 개체들은 완숙기 및 부분산란기의 상태를 보였다.

4. 인공산란반응률 및 산란량

가무락조개를 인공산란유도에 의해서 얻어진 각장 크기별 및 산란빈도별 산란량 결과는 Table 2와 같다. 총 300개체 (암컷 143 개체, 수컷 157 개체) 를 대상으로 인공산란유도 실험을 한 결과, 1차 산란 실험 결과에서 암컷의 산란반응률은 67.83%이었고, 수컷들의 방정반응률은 75.80%를 나타내었

다. 2차 산란실험 결과에서는 암컷 개체들의 산란반응률은 71.13%를 나타내었으나 수컷의 방정반응률은 79.83%를 보였다. 따라서 다른 이매패에서와 같이 1차 산란반응률 (67.83%) 보다 2차 산란반응률 (71.13%) 이 좀더 높게 나타나는 경향을 보였다. 개체 크기별 산란량은 1차와 2차 산란량 모두에서 각장 40.1-45.0 mm까지는 개체 크기가 증가함에 따라 산란량이 증가하였으나, 각장 54.1-47.2 mm인 개체는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 전반적으로 2차 산란량은 1차 산란량의 평균 76.87%에 해당되었다.

1차 산란을 마친 97 개체를 대상으로 14일 후부터 17일 째까지 2차 산란을 유도하여본 바, 14일 째에 10 개체를 대상으로 산란 유도를 시행하였으나 전혀 산란이 되지 않았다. 15일 째에는 10 개체 중 2개체에서 2차 산란이 성공하였다. 16일 째에 2차 산란 시도 결과 90 개체 중 37 개체에서 2차 산란이 이루어졌으며, 17일 째에서는 51 개체 중 28개체에서 2차 산란이 이루어졌다.

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 (식물성플랑크톤) 이 풍부하고, 소화낭 속에 영양물질이 축적·저장되는 시기였다. 반면, 수온이 낮고 먹이가 불충분한 시기에는 생식소의 발달이 매우 미숙한 상태를 보였다 (Chung *et al.*, 2001).

이매패류의 생식소발달과 성숙에 관하여는 외적요인으로는 수온 (Sastry, 1966) 먹이이용 (Sastry, 1963, 1966, 1968, 1970, 1979), 일장 (Simpson, 1982) 등을 들 수 있으며, 내적요인으로는 영양물질의 저장 (Baber, 1984), 신경조절 (Blake and Sastry, 1979) 등이 거론되어 왔는데 이들 요인이 배우자형성과 산란의 시작 및 기간을 결정하는 것으로 보고 되어 있다 (Chung *et al.*, 1997, 2001). 본 연구에서 가무락조개의 생식소 발달 및 성숙 시기는 다른 백합과 조개류와 유사하게 3-8월로 호적 수온 및 먹이가 풍부하고 영양물질이 저장 되는 시기와 거의 일치하고 있다 (Kim, 1999; Chung *et al.*, 2001). 따라서 생식소 발달과 성숙은 외적 및 내적 요인들과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

해산 연체동물들은 대부분이 체외수정 종들이며, 그들의 생식은 계절적이라고 보고되어 있다 (Giese, 1959). Boolootian *et al.* (1962) 에 의하면, 대부분의 해양의 연체동물들은 각기 고유의 번식습성을 나타내고 있는데, 이들의 번식습성은 번식

Table 2. The number of spawned eggs by artificial induction of *Cyclina sinensis* from Gimje, Korea

Shell length (mm)	Number of spawned eggs at the first spawning					Number of spawned eggs at second spawning					
	N ₀	N ₁	Range of spawned eggs	Mean ± SE	N ₁ /N ₀ (%)	N ₁	N ₂	Range of spawned eggs	Mean ± SE	N ₂ /N ₁ (%)	R(%)=SS X 100/FS
25.8-30.0	30	18	100,600-148,500	128,323 ± 19,231	60.00	18	12	82,400-106,200	96,124 ± 10,116	66.67	74.91
30.1-35.0	26	17	218,100-392,300	314,521 ± 45,164	65.38	17	13	156,300-296,600	591,483 ± 52,312	76.47	79.05
35.1-40.0	32	24	568,400-976,200	756,784 ± 64,326	75.00	24	17	436,200-748,600	591,483 ± 52,312	70.83	78.16
40.1-45.0	31	22	1,648,500-2,244,300	1,876,583 ± 84,986	70.97	22	16	1,204,300-1,924,400	1,417,454 ± 74,121	72.73	75.53
45.1-47.2	24	16	1,404,600-1,624,800	1,496,782 ± 61,213	66.67	16	11	1024,800-1,456,500	1,148,369 ± 51,413	68.75	76.72

N₀: Number of individuals for experiment, N₁: Number of individuals which were spawned primarily. N₂: Number of individuals which were spawned secondarily.. FS and SS mean the first spawning and second spawning.

시기에 따라 (1) 연중산란자 (year-round breeders), (2) 동계산란자 (winter breeders), (3) 하계산란자 (summer breeders)의 3가지로 구분된다고 하였다. 본 연구에서 가무락조개는 7월부터 9월에 걸쳐 산란이 일어나고 있어 본 종은 하계산란자에 속한다.

Choi (1971)의 보고에 의하면, 가무락조개는 1년 후, 각장 12-13 mm로 성장하며, 각장 20 mm로 성장하는데 2년이 걸린다고 보고하였다. Kim *et al.* (1986)의 보고에 의하면 von Bertalanffy의 방정식에 적용하여 얻어진 성장곡선으로부터 구한 연령별 평균 각장의 크기를 구하여 본 바 2년생은 평균 각장이 31.2 mm로 나타났다.

따라서 군성숙도 50% 이상이었던 각장 25.1-30.0 mm에 해당하는 개체들은 약 2년생인 것으로 간주되어, 가무락조개 암컷개체들은 약 2년 만에 성숙, 산란하여 재생산에 가담하기 시작하는 것으로 추정되었다. 따라서 각장 25.1 mm 이하인 개체를 무분별하게 어획하게 되면, 이들 자원량은 급감될 우려가 있다.

이매패류의 번식전략은 위도 구배에 따라 다른데, 같은 종이 라 할지라도 서로 다른 위도에 서식하는 경우, 북쪽의 한대성 기후에 서식하는 경우는 1년에 한번의 산란기를 가지며, 온대성 기후에서는 2번, 열대성 기후에서는 연중산란기를 가지는 특징을 나타낸다고 Rand (1973)는 언급하였다. 같은 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, 1973)에서 서식하는 바지락은 연중 1번의 산란기를 가지나 반면, 일본 남부

에서는 2번의 산란기를 가지는 것으로 보고되어 있다 (Tanaka, 1954). 따라서 비록 같은 종이라 해도 위도의 구배에 따라 연중 산란기의 수가 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 한국산 가무락조개의 경우, 인천산 가무락조개는 7-10월 사이에 1번의 산란기를 가지며 (Choi, 1971), 서해 중부 김제산 가무락조개도 본 조사에서 7-9월 사이에 1번의 산란기를 가지는 것으로 나타났다. 또한 일본산 가무락조개의 경우도 히로시마산 가무락조개의 산란기가 7월 하순-8월 상순이라고 보고되어 있다 (Hragaki, 1966). 따라서 가무락조개의 산란기는 우리나라산과 일본산 모두 거의 유사한 시기에 산란이 일어나고 있으며, 1년에 산란기는 한번일지라도 산란횟수는 한 산란기중 2-3회 이상 산란이 일어나는 것으로 추정된다. 따라서 가무락조개의 자원관리를 위하여 산란기보다 1개월 앞선 6월부터 9월까지 어획금지 시기로 선정하는 것이 자원증식을 위해 바람직하다고 생각한다.

가무락조개의 산란 반응율은 1, 2차 산란 유도에서 산란 반응율은 암컷 개체들 보다 수컷 개체들의 산란 반응율이 높게 나타났는데, 이 현상은 같은 백합과에 속하는 바지락 (Chung *et al.*, 2001)에서도 유사하게 나타나는 경향을 보였다. 개체 크기별 1, 2차 산란량을 보면, 개체의 크기가 증가함에 따라 산란량이 증가하나 크기 (연령)가 어느 한계를 넘어 고연령 개체의 크기로 되면 오히려 감소하는 경향을 보였는데, 이러한 현상은 바지락에서도 유사한 현상을 보이고 있다 (Chung *et al.*, 2001). 가무락조개의 산란빈도는 Toba and Miyama (1994)의 방법에 따라 14-17일의 간격으로 인공산란유도실험을 실시한 결과, 1차 산란 후 15-17일 (평균 16.5일) 후 2차 산란이 일어났다. 이러한 산란간격 실험에서 얻어진 결과는 바지락을 대상으로 산란유도를 실시하여 얻어진 결과와 유사하게

나타나고 있어 (Chung *et al.*, 2001), 이매패류의 산란빈도는 평균 16.5일 정도로 추정되어 산란 후 대략 16.5일이 지나면 자연에서 다시 생식소가 성숙하여져 다시 산란할 수 있을 것으로 추정된다.

요 약

2001년 1월부터 2001년 12월까지 전라북도 김제시 심포 앞바다에서 각장 18.6-52.7 mm의 가무락조개 (*Cyclina sinensis*) 를 대상으로 자원증식 및 적정 관리를 위해 조직학적 방법에 의해 생식소발달단계에 따른 생식주기와 군성숙도를 조사하였고 인공산란 유도에 의해 산란량과 산란빈도를 조사하였다. 생식소 발달단계에 따른 생식주기를 조직학적으로 조사한 결과 가무락조개의 생식주기는 초기활성기 (2-4월), 후기활성기 (3-6월), 완숙기 (5-8월), 부분산란기 (7-9월), 퇴화 및 비활성기 (9-2월) 의 연속적인 5단계로 구분할 수 있었다. 7월부터 산란하기 시작하여 9월 중순까지 일어났고 산란성기는 7-8월이었다.

각장 25.1-30.0 mm인 암컷 개체들의 군성숙도는 64.3%이었고, 각장 40.1 mm 이상인 개체들의 군성숙도는 100%이었다. 인공산란 유도에 의해 각 개체들로부터 방란된 난수는 개체들의 각장이 증가됨에 따라 증가되었다. 2차 산란유도에 의해 방란된 평균 난수는 1차 산란수의 평균 76.87%이었다. 가무락조개의 각 산란 간격은 대략 15-17일 (평균 16.5) 이었고, 한 산란기 중 2회 이상의 산란이 일어날 것으로 추정되었다.

감사의 말씀

이 논문은 군산대학교 해양개발연구소 학술연구비 지원에 의해 연구된 것입니다. 본 논문의 원고정리에 도움을 준 군산대학교 해양생명과학부 김은중 군에게 감사드립니다.

REFERENCES

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.

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.

Booltian, R.A., Farmanfarmana, A. and Giese, A.C. (1962) on the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biological Bulletin*, **122**: 183-192.

Choi, K.C. (1971) Ecological studies of the clams, *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis* for increasing

seed clam yield. *Korean Journal Limnology*, **4**(1-2): 9-19.

Choi, S.S and Song, Y.K. (1973) Studies on the artificail fertilization and development of *Cyclina sinensis*. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **6**(1, 2): 76-80.

Choi, S.S. (1975) Comparative studies on the early embryonic development of *Cyclina sinensis*. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **8**(3): 185-195.

Chung, E.Y. Lee and An, C.M. (1991) Sexual Maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *Jouranal 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, *Macra chinensis* on the west coast of Korea. *Developmet and Reproduction*, **1**: 141-156.

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 Komsu Bay, Korea. *Journal of Fishery Science and Technolgy*, **4**(4): 208-218.

Goshima, S., Fujuiyoshi, N., Ide, Y., Noda, T. and Nakao, S. (1996) Reproductive cycle and shell growth of transplanted Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Saroma lagoon. *Nippon Suipon Suisan Gakkaishi*, **62**: 195-200 [in Japanese with English summary]

Haragaki, H. (1966) A study of intertidal organism in Hiroshima. VII. Development of *Cyclina sinensis* (Gmelin). *Bulletin of Natural Science, Hiroshima Universtiy*, **5**: 29-30.

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. 82 pp. M.S. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan. [in Korean with English summary].

Kim, J.Y. (1999) Seasonal variation of the primary productivityin the vicinity of Chulpo Sea area. *Fishery Science Research, Kunsan National University*, **14**: 177-122. [in Korean with English summary]

Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured shells of Korea. 288 pp. Academy Publish. Co. [in Korean]

Lee, J.J. and Cho, W.S. (1985). Histological study on the reproductive cycle of the clam, *Cyclina sinensis*, in Cheju Island. *Bulletin of Marine Resources Reserach Institute, Cheju National University*, **9**: 51-70.

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 Theoretical Biology*, **40**: 337-351.
- 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, *Argopecten irradians* Lamarck. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, **138**: 56-65.
- Sastry, A.N. (1979) Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. V. Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes. (ed. by Giese, A.C. and Pearse, J.S.). pp. 113-292. Academic Press, New York.
- Simpson, R.D. (1982) Reproduction and lipids in the subantarctic limpet *Nacella (Patinigera) macquensis* 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 Fisheries*, **19**: 1165-1167. [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]
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. pp. 129-130. Ilgisa. Seoul. [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]