

# 꼬막 (*Tegillarca granosa*) (Linnaeus)의 산란유발 및 난 발생과 초기 유생 사육

문태석 · 정민민<sup>1\*</sup> · 신윤경<sup>2</sup> · 양문호<sup>1</sup> · 고창순<sup>3</sup> · 장영진<sup>4</sup>

국립수산과학원 양식환경연구소, <sup>1</sup>국립수산과학원 제주수산연구소, <sup>2</sup>국립수산과학원 남해수산연구소,  
<sup>3</sup>국립수산과학원 내수면양식연구소, <sup>4</sup>부경대학교 양식학과

## Spawning Inducement, Egg Development and Early Larval Rearing of Ark Shell (*Tegillarca granosa*) (L.)

Tae-seok MOON, Min-min JUNG<sup>1</sup>, Yun-kyung SHIN<sup>2</sup>, Mun-ho YANG<sup>1</sup>,  
Chang-sun KO<sup>3</sup> and Young-jin CHANG<sup>4</sup>

Aquaculture Environment Institute, NFRDI, Tongyoung 650-943, Korea

<sup>1</sup>Cheju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju 699-800, Korea,

<sup>2</sup>South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-820, Korea

<sup>3</sup>Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI, Jinhae 645-806, Korea

<sup>4</sup>Department of Aquaculture Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Spawning induction, egg development and larval growth of ark shell (*Tegillarca granosa*) (L.) were investigated. The most effective method of spawning induction was steady temperature increasing from 4°C to 28°C with irradiation of sea water by UV after *T. granosa* was exposed to air at 4°C. Optimum condition for larval rearing was under the 32.4 psu and two temperature regimes: 28±1°C and 25±1°C. Fertilized eggs was demersal isolated eggs, and egg diameter was 60 μm. D-shaped larvae appear about 20 hr after hatching with 94.1 μm in shell length and 86.7 μm in shell height. Ten days were required from hatching to umbo larva stage, of a mean shell length 125.2 μm. On 25th day, the larva grew to 450 μm in shell length and began to settle on the bottom. Effect of temperature between 25°C (control group) and 28°C on larval growth was not different. Survival rate of larvae settled on the bottom was about 19% in both temperatures conditions (25°C and 28°C).

Key words: Ark shell, *Tegillarca granosa*, Egg development, Larval rearing, Spawning induction

### 서 론

천해 유용패류인 꼬막 (*Tegillarca granosa*)은 우리나라 서해안과 남해안 내만 간석지의 수심 2-3 m에서 간조시 5-6시간 노출선의 썰질에 서식한다 (Yoo, 2000).

우리나라에 보고된 꼬막에 관한 연구는 형태변이 (Kim and Choi, 1972), 생식소발달 및 생식세포 형성 (Lee, 1997) 및 생식 주기와 산란유발 (Lee, 1998), 환경내성 (Shin et al., 2002) 등 기초적인 연구만 있을 뿐 인공종묘생산을 위한 연구는 미흡한 실정이다. 한편, 중국에서는 온도조절에 의한 성 성숙 (Zheng et al., 1994)과 유생발생에 대한 적정 환경 조건에 대한 보고 (Kuang et al., 1995) 등이 있으며, 인공종묘생산은 1996년에 저면적 480 m<sup>2</sup>의 저면 썰질 수조에서 각장 1.09 mm의 종묘 165만 마리를 생산하였다 (Wang et al., 1997). 본 연구는 꼬막의 인공종묘생산을 위한 산란유발, 난 발생 및 유생발생 등을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 산란유발

실험에 사용된 모패는 산란기인 7-8월에 전남 보성군 벌교읍

연안에서 채집하였으며, 채집된 모패의 크기는 각장 30.36±2.57 mm, 전중 8.13±0.94 g이었다. 모패는 채집 즉시 실내 수조로 운반 수용하여 신선한 여과 해수를 공급하면서 24시간 안정시킨 다음 산란유발용 수조에 각각 1개체씩 수용하여 실험에 이용하였다.

자극 방법에 따른 방란 및 방정율을 조사하기 위하여 간출 자극, 간출 자극+자외선 조사 해수 자극, 간출 자극+자외선 조사 해수 자극+수온 상승 자극, 저온 간출 자극, 저온 간출 자극+자외선 조사 해수 자극, 저온 간출 자극+자외선 조사 해수 자극+수온 상승 자극 및 자외선 조사 해수 자극+수온 상승 자극의 방법으로 조사하였다. 간출은 1시간동안 공기 중에 노출하는 방법으로 하였다. 수온 자극은 25±1°C에 수용되어 있던 개체를 수온 4°C로 하강시켜 2시간 동안 노출 자극하였으며, 수온상승 자극은 저온 간출 자극으로부터 28°C까지 수온을 서서히 상승시키는 방법으로 자극하였다. 또한 자외선 조사 해수 자극에서는 자외선으로 살균 처리한 해수를 사용하였다. 자극에 사용된 해수는 1 μm 여과해수를 사용하였으며 자외선 조사 해수는 UV 살균 처리한 해수를 사용하였다. 반응 방정율은 자극 후 60분 이내에 반응한 개체의 비율로서 나타내었다. 수정율은 각각의 자극방법으로 방란 및 방정된 수정

\*Corresponding author: jungminmin@hanmail.net

란이 1시간 후 발생이 진행되는 개체의 비율을 조사하였으며, 과도한 방정으로 인한 난 발생 저해를 막기 위하여 실험을 진행하면서 방정중인 수컷 개체의 일부를 제거시켰다.

### 난 발생

발생 및 부화실험에 사용된 수정란은 저온 간출+자외선 조사 해수+수온 상승 자극으로 채란된 알을 사용하였으며, 수정란은 망목 20  $\mu\text{m}$ 의 거름망을 사용하여 자외선 조사 처리한 해수로 수차례에 걸쳐 세란하였으며, 세란이 완료된 수정란은 자외선조사 처리 후 수온 28 $\pm$ 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 로 조절된 해수에 수용하여 난 발생과정을 관찰하였다.

각 발생단계에 이르기까지의 소요시간은 15분 간격으로 입체현미경을 사용하여 관찰하였으며, 발생단계별 소요시간은 관찰된 알의 50% 이상이 점유하는 발생단계에 이르는 시간으로 하였다.

수온별 난 발생 과정은 염분 32.4의 해수에서 수온을 각각 20, 25, 30 및 35 $^{\circ}\text{C}$ 로 조절하여 부화까지의 소요시간과 부화율을 조사하였으며, 염분별 난 발생 과정은 수온 28 $^{\circ}\text{C}$ 에서 염분 0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 그리고 자연해수 (32.4)의 조건에서 부화 소요 시간과 부화율을 조사하였다.

### 유생성장

유생사육 실험에 사용된 부화유생은 저온 간출+자외선 조사 해수+수온 상승 자극으로 얻어진 수정란을 자연수온에서 부화시킨 D형 유생으로, 부화 직후 자연수온 25 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ 의 200 L FRP사각 수조에 5-10 개체/mL로 수용하여 사육하였다. 유생사육은 지수식으로 사육수는 2일마다 전량 환수하였으며, 사육수는 1  $\mu\text{m}$  filter bag으로 여과한 후 자외선으로 처리하여 사용하였다. 조도는 10 lx 이하가 되도록 하였으며, 먹이공급은 부화 후 25일까지는 Conwy 배지 (Walne, 1979)로 실내 배양한 *Chaetoceros calcitrans*를 공급하였고 이후 *Pavlova lutheri*와 *Tetraselmis* sp.를 순차적으로 매일 2회씩 공급하였다.

유생의 생존율 및 성장에 미치는 수온의 영향을 조사하기

위하여 가온해수구 (수온 28 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ , 염분 32.4)와 자연해수구 (수온 25 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ , 염분 32.4)에서 유생을 사육하며 생존율과 성장을 조사하였다. 유생의 성장과 발생과정은 매일 측정하였으며, 성장은 micrometer가 부착된 현미경하에서 각장과 각고를 측정하였다.

수온별 유생의 성장과 생존율에 관한 유의차는 ANOVA test의 Duncan's multiple range test (SPSS Inc., 1997)로 평균간의 유의성을 p<0.05 수준으로 검정하였다.

## 결 과

### 산란유발

꼬막의 효과적인 산란유발 조건을 구명하기 위하여 자극 방법에 따른 산란 유발 결과는 Table 1과 같다. 저온 (4 $\pm$ 0.5 $^{\circ}\text{C}$ )에서 1시간 간출 후 자외선 여과 해수를 사용하여 28 $^{\circ}\text{C}$ 까지 수온을 서서히 상승시킨 경우, 시험용 꼬막 수컷 5개체 중 4개체, 암컷 15개체 중 14개체가 자극에 반응하였으며 이때, 산란 반응율은 90%로 다른 자극 조건에 비교하여 가장 높았으며, 수정율도 90.2%로 다른 자극 조건에 비교하여 가장 좋았다. 그리고 간출을 기본으로 조합한 자극법보다는 저온 1시간 간출을 기본으로 조합한 자극 조건에서 비교적 좋은 반응율과 수정율이 관찰되었다. 한편, 저온 1시간 간출 후 자외선 여과 해수로 자극한 조건에서 반응율 55% 그리고 수정율 80%가 관찰되었으며, 간출 자극 조건만의 단일 조건에서는 수컷 개체 5개체 중 1개체만, 그리고 암컷 개체 10개체 중 3개체만이 반응하여 반응율 26.7%와 수정율 50%로 가장 저조한 결과를 보였다. 한편 간출 자극에 자외선 조사 해수 자극을 조합한 경우에는 간출 단일 자극에 비교하여 반응율 26.7%, 수정율 52.7%로 효율적인 산란 자극을 유도할 수 없었으나, 간출 자극 또는 자외선 조사 자극에 수온 상승 자극을 조합한 경우 반응율과 수정율 모두 상승하는 결과가 관찰되었다. 그 결과 간출 자극에 자외선 조사와 수온 상승 자극을 조합한 경우에는 반응율이 55%와 수정율이 80.0%였으며, 자외선 조사 자극에

Table 1. Effect of various stimuli on the spawning of ark shell (*Tegillarca granosa*)

| Stimuli   | Response numbers <sup>1</sup> |         | Response rates (%) | Fertilization rates (%) |
|---|-------------------------------|---------|--------------------|-------------------------|
|   | Males                         | Females |                    |                         |
| 1hr. exposure in air  | 1/5                           | 3/10    | 26.7               | 50.0                    |
| 1hr. exposure in air + UV sea water   | 1/5                           | 3/10    | 26.7               | 52.7                    |
| 1hr. exposure in air + UV sea water + temperature increase (28 $^{\circ}\text{C}$ )                                     | 3/5                           | 8/15    | 56.6               | 90.2                    |
| exposure of low temperature 1hr. (4 $^{\circ}\text{C}$ )  | 2/5                           | 5/10    | 46.7               | 62.5                    |
| exposure of low temperature 1hr. (4 $^{\circ}\text{C}$ ) + UV sea water   | 2/5                           | 9/15    | 55.0               | 80.0                    |
| exposure of low temperature 1hr. (4 $^{\circ}\text{C}$ ) + UV sea water + temperature increase (28 $^{\circ}\text{C}$ ) | 4/5                           | 14/15   | 90.0               | 90.2                    |
| UV sea water + temperature increase (28 $^{\circ}\text{C}$ )  | 1/5                           | 7/10    | 53.3               | 62.1                    |

<sup>1</sup>Number of the spawning clam/total number of the clam treated.

수온 상승 자극을 조합한 경우에는 반응율 53.3% 그리고 수정율 62.1%로 수온 자극 효과를 조합함으로써 수정율과 반응율의 상승효과를 관찰할 수 있었다.

**난 발생**

저온 간출+자외선 조사 해수+수온 상승 자극으로 방란·방정된 알과 정자를 수정시킨 수정란은 크기 60 $\mu\text{m}$  전후의 구형으로 분리침성란이었다. 수온 28 $^{\circ}\text{C}$ 에서 수정 30분만에 제 1극체가 출현 한 후 수정 45분 후에 부등 분열하여 2세포기로 발생하였다. 이후 4세포기, 8세포기를 거쳐 수정 5시간 후에는 상실기 (morula) 단계였으며, 수정 6.5시간 후에는 운동을 시작하는 낭배기 (gastrula)로서 서서히 수면 상층부로 이동하였다. 수정 10시간 후에는 담륜자기로 발달하였으며, 수정 20시간 후에는 패각을 형성한 D형 유생으로 발달하였다 (Table 2 and Fig. 1).

Table 2. Changes of developmental stage from fertilized egg to immersion larva of ark shell (*Tegillarca granosa*) under 28 $\pm$ 0.5 $^{\circ}\text{C}$

| Stage           | Elapsed time<br>(day, hour, minute) | Size ( $\mu\text{m}$ ) |              |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------|--------------|
|                 |                                     | Shell length           | Shell height |
| Fertilized egg  |                                     | ∅ 60                   |              |
| 2 Cell          | 0:30                                | -                      | -            |
| 4 Cell          | 1:00                                | -                      | -            |
| 8 Cell          | 2:00                                | -                      | -            |
| 16 Cell         | 3:00                                | -                      | -            |
| Multi-cell      | 5:00                                | -                      | -            |
| Morula          | 6:30                                | -                      | -            |
| Trochophore     | 10:00                               | -                      | -            |
| D-shaped larva  | 20:00                               | 94.1                   | 86.7         |
| Early umbone    | 10 days                             | 125.2                  | 113.9        |
| Middle umbone   | 15 days                             | 161.0                  | 143.1        |
| Post umbone     | 19 days                             | 180.0                  | 168.3        |
| Immersion larva | 25 days                             | 450.0                  | 396.0        |

수온에 따른 부화시간과 부화율을 파악하기 위하여 염분 32.4의 조건에서 수온을 20, 25, 30, 35 $^{\circ}\text{C}$ 로 난 발생 실험을 실시한 결과, 수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 수정 후 부화까지 16.5시간이 소요되었으며, 25 $^{\circ}\text{C}$ , 30 $^{\circ}\text{C}$  및 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 각각 15.5시간, 9.5시간 및 9.5시간이 소요되었다 (Table 3). 부화율은 수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서 35 $^{\circ}\text{C}$ 까지 상승시킨 결과 62.7-67.9%의 범위였으며, 수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서 62.7%로 가장 낮았으나 수온간의 차이는 뚜렷하지 않았다.

염분에 따른 부화시간과 부화율을 파악하기 위하여 수온 28 $^{\circ}\text{C}$ 의 조건에서 염분 0, 10, 15, 20, 25, 30, 35 그리고 자연해수 (32 전후)의 조건에서 부화 소요 시간과 부화율을 조사한 결과, 15 이하의 염분 조건하에서는 난 발생 과정을 전혀 관찰할 수 없었으며, 염분 20 이상에서 부화가 이루어졌으나, 염분 30, 35 그리고 자연해수의 염분 조건하에서 부화에 소요되는 시간이 9.5시간으로 비교적 짧았으며, 부화율도 90-95%로서 가장 좋은 것으로 나타났다 (Table 3).

**유생성장**

부화 후 패각을 형성한 D형 유생은 각장 94.1 $\mu\text{m}$ , 각고 86.7 $\mu\text{m}$ 였으며, 부화 후 10일째에는 각장 125.2 $\mu\text{m}$ , 각고 113.9 $\mu\text{m}$ 로 초기 각정기 유생으로 성장하였다. 부화 후 15일째에는 각장 161.0 $\mu\text{m}$ , 각고 143.1 $\mu\text{m}$ 로 중기 각정기였으며, 부화 후 19일째에 각장 180 $\mu\text{m}$  이상, 각고 168.3 $\mu\text{m}$  이상으로 후기 각정기로 발달하였다. 부화 후 25일째에는 각장 450 $\mu\text{m}$  이상, 각고 396 $\mu\text{m}$  이상의 크기로 성장하였는데, 이때 패각에는 방사늑이 형성되었고 족사 운동을 하는 것이 관찰되었으며 (Fig. 1), 사육 수조 내에 인위적으로 켈질을 조성한 경우 꼬막 유생은 켈 속으로 잠입 가능하였다.

유생의 생존율 및 성장에 미치는 수온의 영향을 조사하기 위하여 D형 유생기부터 저질 내 침착기까지 가온해수 (28 $^{\circ}\text{C}$ )와 자연해수 (25 $^{\circ}\text{C}$ )에서 사육시킨 결과, 생존율은 가온해수와 자연해수간에 차이가 없었으며 ( $p < 0.05$ ), 침착기 유생의 생존율은 약 19%였다 (Fig. 2). 그러나 각장과 각고의 성장을 조사한 결과, 20일째까지는 가온해수와 자연해수에서 큰 차이를 보이지 않았으나 20일 이후 가온해수에서 다소 빠른 성장을 보였다 (Fig. 3).

**고 찰**

산란유발은 일시에 다량의 수정란을 확보함으로써 경제적 사육 관리가 가능하게 하는 중요한 과정이다. 조개류의 산란유발 방법으로는 온도 자극과 간출 자극 (Loosanoff and Davis, 1963; Kanno, 1962; Lee et al., 1996), 전기 자극 (Kanno, 1962) 등의 물리적 자극과  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_4\text{Cl}$  등의 첨가에 의한 화학적 자극 (Sagara, 1958; Choi, 1975; Crawford, 1986), 자외선 조사 해수법 (Kang et al., 1996), 신경전달물질 주사법 (Lee et al., 1996), 신경절 현탁액 자극 (Matsutani and Nomura, 1982; Osada et al., 1992) 등이 시도되고 있다. 그러나 Sagara (1958)는 동족에  $\text{NH}_4\text{OH}$  첨가의 경우, 8/1,000 N 이하에서 방란 방정이 일어난다고 보고하였으나 키조개 (Cheong et al., 1986)에서는 이 자극으로 산란유발 효과를 보지 못하였다고 보고하여 종에 따라 상이함을 알 수 있다.

수온자극에 의한 조개류의 산란유발은 단일 자극보다는 여러 자극을 조합한 복합자극에 의해 효과가 높으며, 온도변화 폭의 크기에 따라 산란 유발률이 좌우된다 (Kanno, 1962). 꼬막의 산란유발에 대한 연구로는 Lee (1998)의 보고가 국내에서 유일하게 꼬막의 산란유발 실험에서 3가지 혼합 유발법인 간출 4시간 후 수조에 꼬막을 수용한 다음 사육수온을 3 $^{\circ}\text{C}$  상승시키고 동시에 자외선 조사해수를 주입하는 방법 (방정율 100%, 방란률 90%)이 가장 효과적이라고 하였으나, 이 방법을 도입한 이 번 연구에서는 반응율이 각각 53.3%와 60%로 낮았고, 수온을 3 $^{\circ}\text{C}$  상승시킨 후 자외선 조사해수를 주입하는 방법 (방정율 91%, 방란률 50%)도 20%, 33.3%로 저조하였으며, 간출을 1-4시간 정도 시킨 것도 반응율이 저조하였다.

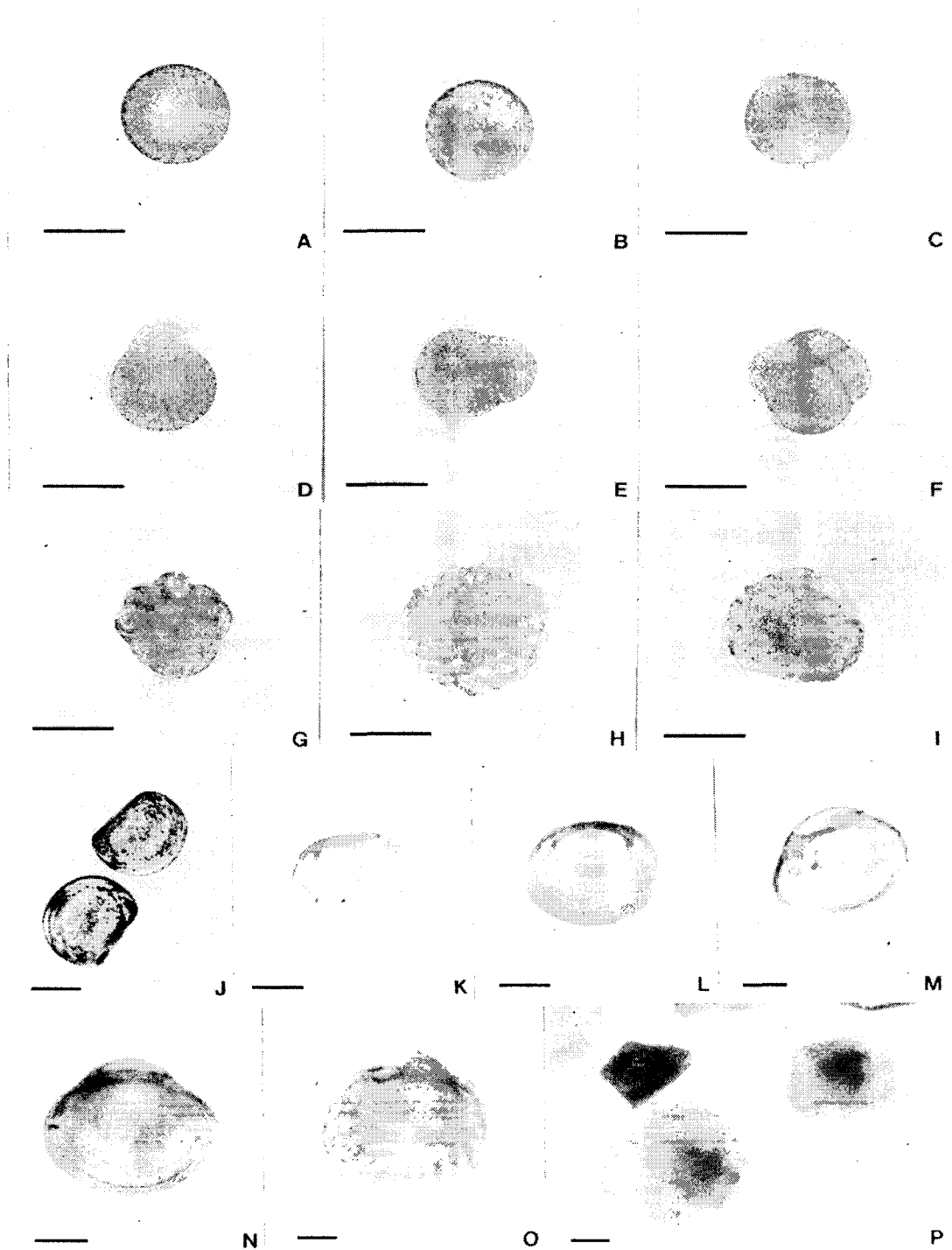


Fig. 1. Developmental stage from unfertilized egg to immersion larvae in ark shell (*T. granosa*). A: unfertilized egg, B: fertilized egg, C: appearance of first polar body, D: cleavage, E: 2 cell, F: 4 cell, G: 8 cell, H: morula, I: trochophore, J: D-shaped larva, K, L: early umbone, M: middle umbone, N: post umbone, O: immersion larvae, P: young shell. (Scale bars A-N: 50  $\mu$ m, O-P: 100  $\mu$ m).

이와 같은 이유로 본 연구에서는 효과적인 산란 유발 방법을 모색하던 중 자연의 꼬막이 서식하는 조건대의 높은 수온조건에 적응된 꼬막은 오히려 노출과 고온자극 보다는 저온자극이

더 효과적 일 것으로 생각하여  $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 냉장시설에 1시간 노출시킨 후 일반해수에 수용한 그룹에서 40%와 50%의 반응율과 62.5%의 수정율을 보임으로서 저온자극의 효과를 인

Table 3. Elapsed times after fertilization and hatching percent of ark shell (*Tegillarca granosa*) in different temperature and salinity

| Culture condition |     | Elapsed times after fertilization (hours) | Hatching rate (%) |                   |
|-------------------|-----|---|-------------------|-------------------|
| Temperature (°C)  | 20  | 16.5                                      | 62.7              | Salinity 32.4 psu |
|                   | 25  | 15.5                                      | 66.8              |                   |
|                   | 30  | 9.5                                       | 65.2              |                   |
|                   | 35  | 9.5                                       | 67.9              |                   |
| Salinity (psu)    | 0   | -   | 0                 | Temperature 28°C  |
|                   | 10  | -   | 0                 |                   |
|                   | 15  | -   | 0                 |                   |
|                   | 20  | 11.5                                      | 25.0              |                   |
|                   | 25  | 9.5                                       | 37.6              |                   |
|                   | 30  | 9.5                                       | 95                |                   |
| 35                | 9.5 | 90  |                   |                   |
| 32.4 (control)    | 9.5 | 95  |                   |                   |

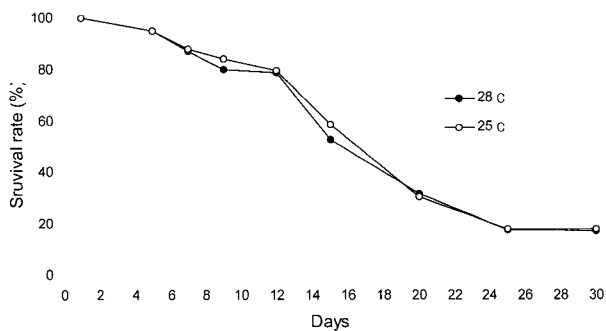


Fig. 2. Survival (%) of larvae of ark shell (*Tegillarca granosa*).

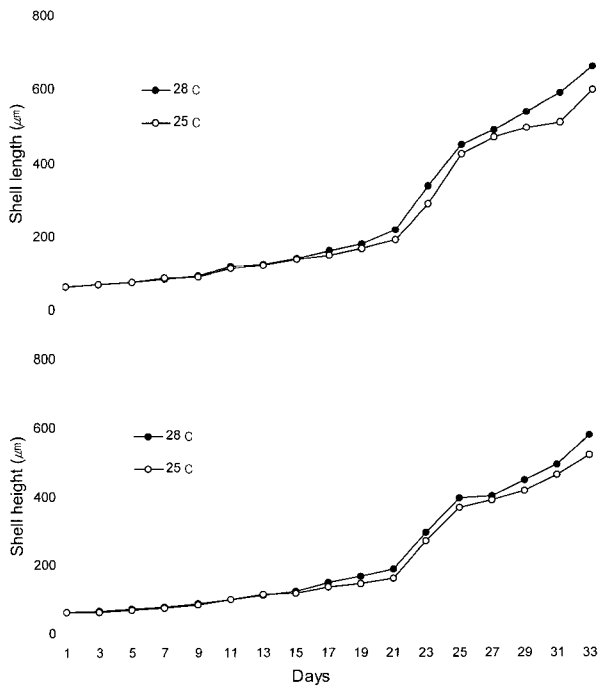


Fig. 3. Growth of larvae of ark shell (*Tegillarca granosa*) in 25°C and 28°C.

정할 수 있었고, 저온 1시간과 수온 3°C 상승, 그리고 자외선 조사 해수 주입의 3가지 복합 처리 효과가 방정율 80%, 방란율 93.3%, 수정율 90.2%로 매우 효과적이었다. 본 연구에서는 간척자극에서는 효과가 낮았으나, 낮은 온도의 저온 자극에서 높은 효과를 보인 것은 계절에 따라 기온의 변화가 심하며 혹서로 인한 서식지의 간척로 높은 온도에 적응된 개체들은 간척에 의한 자극보다 저온자극에 더 민감한 반응을 보인 것으로 추측된다.

조개류의 생존과 성장은 생태적으로 수온과 염분 등 물리적 요인에 영향을 받으며 (Kinne, 1964), 수온은 대사율과 생존에 직접적으로 (Nakanishi, 1977; reviewed by Dame, 1996), 영양 섭취를 할 수 있는 환경에 간접적으로 영향 (Wallace and Reinsnes, 1985; Ito, 1991)을 준다. 또한 염분은 서식분포를 제한하는 요인으로 알은 좁은 온도와 염분 범위에서 발생 가능하며, 유생성장과 생존은 넓은 범위에서 가능하였다 (Tettelbach and Rhodes, 1981). 따라서 계절적 온도조건은 생물의 사육 장소나 사육시기를 조절하는 데 중요한 요인이 된다. 일반적으로 수온은 유생사육의 중요한 요인으로 낮은 온도에서는 성장과 발달이 늦으나 높은 온도에서는 폐사율이 증가한다 (O'Connor and Heasman, 1998).

산란된 알이 해수 중에 나오면 곧 둥글게 되는데, Lee (1998)는 꼬막의 수정란은 지름 60 µm의 원형 분리침성란이라 하였고, 같은 돌조개과인 새꼬막은 50-60 µm, 피조개는 54.9 µm 보다는 다소 큰 편이고 왕우럭 65 µm, 바지락 70 µm, 대합 70 µm, 키조개 70 µm 보다는 작다 (Yoo, 1969).

수온별 난 발생 실험에서 수정 후 부화까지 수온 20°C에서는 16.5시간이 소요된 반면 25°C에서는 15.5시간, 수온 28°C에서는 10시간, 30°C와 35°C에서는 9.5시간이 소요되었다 이것은 수온이 높을수록 난 발생이 빨라지는 것으로 수온 상승에 따라 생화학 반응 및 생물학적 대사 속도가 빨라진다고 하는 Q<sub>10</sub>의 법칙에 부합되는 결과이다. 한편, Lee (1998)는 수온 26°C에서 수정 후 2.5시간 후에 담륜자기 유생으로 부화하고, 24시간만에 완전한 D상 유생이 된다고 하여 본 연구의 수온 28°C에서 수정 후 10시간과는 부화시간에 다소 차이를 보이고 있으나, D상 유생이 되는 시간은 20시간으로 본 연구결과가 빨랐다. 간척지에 서식하는 바지락은 수온 22°C에서 10시간만에 담륜자기유생으로 부화하고, 22시간 경과 후 패각이 완성된 D형 유생으로 발달하며, 대합은 24-30°C에서 수정 후 4-5시간 뒤에는 포배기가 되며, 담륜자기를 지나 1일 만에 D상 유생으로 되는데, 이 결과는 꼬막의 발생속도와 비슷한 경향을 보였다.

우리나라에서의 조개류 유생사육에 관한 연구는 Yoo (1969)의 중요 조개류 유생기 먹이와 성장에 관한 연구 이후, 피조개 (Kim et al., 1980), 굴류 (Kim et al., 1995; Min et al., 1995)를 대상으로 많은 연구가 있었으나 다양한 조개류의 종 특이성을 고려한다면 더욱 많은 연구가 요구된다.

꼬막의 D형 유생은 각장 94.1 µm로서 피조개 (Kim et al., 1980)의 94.3 µm와 비슷하였고, 코끼리조개 (Lee and Rho,

1997)의 110  $\mu\text{m}$  및 북방대합 (Lee et al., 1996)의 99.8  $\mu\text{m}$ 보다 작았다. 본 연구에서는 28°C에서 D상 유생을 사육하여 25일만에 침착기 치패로 성장하였다. You et al. (2001)은 유생발생 적수온 25-33°C (최적 28-30°C), 염분 16.54-30.02 psu (최적 16.54-23.38 psu)이고, 치패의 성장에 적합한 염분은 10.01-30.02 psu (최적 10.01-23.38 psu)라 하여 중국에서도 우리나라와 위도가 비슷한 산동성에 서식하는 종은 우리나라 꼬막과 비슷한 고수온, 고염분에 적응되어 있으나, 중국에서도 비교적 남쪽에 위치한 저장성과 푸젠성에 서식하는 꼬막은 고수온, 저염분에 적응력이 강한 것으로 알려져 있다.

조개류의 초기 부유유생은 일정기간 부유생활을 한 후 고착생활을 하는 부착성종과 일시적인 부착 후 저서생활을 하는 일시 부착성종, 부착하지 않고 저서생활을 하는 비 부착성종이 있다 (Yoo, 2000). 본 연구에서 꼬막은 비 부착성종으로 일정기간을 부유한 후 저서생활을 시작하는 종으로 유생과 치패의 성장은 28°C에서 10시간 만에 담륜자로 부화하여 20시간 만에 각장 94.1  $\mu\text{m}$  크기의 D상 유생으로 발달하며, 10일째에 각장 125.2  $\mu\text{m}$ 의 초기 각정기, 15일째에 161.0  $\mu\text{m}$ 의 중기 각정기, 19일째에 180  $\mu\text{m}$ 의 후기 각정기로 되고, 25일째에 각장 450  $\mu\text{m}$  전후에서 착저가 관찰되었다. 이러한 부유 기간은 참가리비의 40일 (Park, 1998), 코끼리조개의 36일 (Lee and Rho, 1997)보다는 짧았으나 피조개의 28일 (Yoo, 1969), 대합, 바지락의 20일, 북방대합의 17일 (Lee, 2001) 보다는 긴 것으로 나타났다. 또한 저질 침착기의 유생크기에 있어서 꼬막은 각장 450  $\mu\text{m}$ 로 키조개 각장 522  $\mu\text{m}$ , 참가리비 각장 300  $\mu\text{m}$ , 북방대합의 각장 245  $\mu\text{m}$  전후와 비교하면 그 크기가 큰 것으로 나타나, 종간의 차이를 보였다.

결론적으로 꼬막의 유생은 고수온과 고염분에서 부화율이 높아지며 부착성 유생기를 가지는 같은 돌조개과에 속하는 피조개와는 달리 비 부착성으로 수정 25일 이후 각장 450  $\mu\text{m}$  전후에서 착저 생활을 시작하는 것을 알 수 있었다. 비부착성 조개류는 부유생활을 마치고 직접 바닥의 모래위에 침착하여 처음에는 족사를 이용하여 모래에 붙어 몸을 지지하고 있지만 성장함에 따라 곧 저질 중에 잠입하게 된다 (Yoo, 2000). 따라서 인공 종묘생산시 저질 바닥은 비부착성 조개류의 초기 성장과 생존에 매우 중요한 요인이다. Wang et al. (1997)은 빨을 체에 쳐서 걸러 기질로 사용하여 매일 못 바닥을 건조하고 주기적으로 빨을 교환하면서 유생을 세척하는 방법으로 각장 1.09 mm 치패를 대량 생산하였다고 하여 침착기 치패사육 및 양성시에는 사육수조의 바닥에 적당한 양의 빨을 첨가하여 사육하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물학원에서 수행한 연구과제 ‘꼬막 양식 기술 개발 연구’ 결과입니다.

## 참 고 문 헌

- Cheong, S.C., J.S. Hue, Y.B. Moon, J.K. Lee, C.H. Song and K.K. Kim. 1986. Experimental study on the seedling production of the pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve). Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., 39, 143-150. (in Korean)
- Choi, S.S. 1975. Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. Bull. Kor. Fish. Soc., 8(3), 185-195. (in Korean)
- Crawford, C.M. 1986. Spawning induction and larval and juvenile rearing of the giant clam, *Tridacna gigas*. Aquaculture, 58, 281-295.
- Dame, R.F. 1996. Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach. CRC Press, Boca Raton, FL. 254 pp.
- Ito, H. 1991. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 21. In: Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture, Elsevier. Shumway, S.E., ed. Amsterdam, pp. 517-569. (in Japanese)
- Kang, K.H., K.K. Baik, Y.J. Chang and S.K. Yoo. 1996. Spawning induction according to stimulating treatment and spat rearing of scallop, *Patinopecten yessoensis*. Kor. J. Malacol., 12, 99-104. (in Korean)
- Kanno, H. 1962. Artificial discharge of reproductive substance of mollusca caused by repeatedly stimulation of temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 20, 114-120.
- Kim, B.H., Y.B. Moon, H.Y. Ryu and S.J. Han. 1995. The artificial seedling production of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Bull. Natl. Fish. Dev. Inst., 50, 103-114. (in Korean)
- Kim, C.M. and K.J. Choi. 1972. Morphological variations of the ark-shell *Anadara granosa bisenensis* Schenck et Reinhart. Thesis Collet. Yeosu Fish. Tech. Coll., 6(2), 19-25.
- Kim, J.D., S.C. Cheong and H.W. Kang. 1980. Studies on the artificial mass seed production of the ark shell *Anadara broughtonii* (Schrenck) - II. On the intermediate culture of the artificial seed. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., 25, 45-53. (in Korean)
- Kinne, O. 1964. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature-salinity combinations. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 2, 281-339.
- Kuang, S., J. Fang, S. Huiling, N. Xiduan and L. Feng. 1995. Preliminary study on suitable environmental conditions for embryonic and larval development of blood clam *Tegillarca granosa*. In: Annual Report (1995) of National Clim B Plan ‘Fundamental Studies on

- Improving the Germplasm and Disease Resistance of Mariculture Species', pp. 127-134.
- Lee, C.S. and S. Rho. 1997. Studies of the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica*. II. Development of egg and larvae. J. Aquacult., 10(1), 25-32. (in Korean)
- Lee, J.H. 1997. Histological studies on the gametogenesis and reproductive cycle of the hard clam, *Tegillarca granosa* (Linne). Kor. J. Malacol., 13, 131-141. (in Korean)
- Lee, J.Y., Y.J. Chang and Y.J. Park. 1996. Spawning induction and egg development of surf clam, *Spisula shalinensis*. J. Aquacult., 9, 419-427. (in Korean)
- Lee, J.Y. 2001. Reproductive cycle and seedling production of surf clam, *Spisula sachalinensis*. Ph.D. Thesis, Pukyong Natl. Univ., Busan, Korea, pp. 142. (in Korean)
- Lee, N.J. 1998. Annual reproductive cycle and spawning induction of the cockle shell, *Anadara granosa bisenensis*. MS Thesis, Pukyong Natl. Univ., Busan, Korea, pp. 35. (in Korean)
- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve molluscs. In: Advances in Marine Biology, Vol. 1. Russell, F.S. ed. Academic Press. New York, pp. 14-26.
- Matsutani, T. and T. Nomura. 1982. Induction of spawning by serotonin in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Mar. Biol. Lett., 3, 353-358.
- Min, K.S., Y.J. Chang, D.W. Park, C.G. Jung, D.H. Kim and G.H. Kim. 1995. Studies on rearing conditions for mass seedling production in Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., 49, 91-111. (in Korean)
- Nakanishi, I. 1977. Studies of the effect of the environment on the heart rate of shellfishes. I. Effect of temperature, salinity and hypoxia on the heart rate of scallops. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 42, 65-73. (in Japanese)
- O'Connor, W.A. and M.P. Heasman. 1998. Ontogenetic changes in salinity and temperature tolerance in the doughboy scallop, *Mimachlamys asperrima*. J. Shellfish Res., 17, 89-95.
- Osada, M., K. Mori and T. Nomura. 1992. In vitro effects of estrogen and serotonin on release of eggs from the ovary of the scallop. Nippom Suisan Gakkaishi, 58, 223-227. (in Japanese)
- Park, Y.J. 1998. Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Ph.D. Thesis, Cheju Natl. Uni., 187pp. (in Korean).
- Sagara, J. 1958. Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalves caused by treatment of seawater and by injection with NH<sub>4</sub>OH. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23 (9), 505-510. (in Japanese)
- Shin, Y.K., T.S. Moon and C.H. Wi. 2002. Effects of the dissolved oxygen consumption on the physiology of *Tegillarca granosa* (Linnaeus). J. Kor. Fish. Soc., 35(5), 485-489. (in Korean)
- SPSS Inc. 1997. SPSS base 7.5 for window, SPSS Inc., Michigan Avenue Chicago, IL., 60611.
- Tettelbach, S.T. and E.W. Rhodes. 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop *Argopecten irradians*. Mar. Biol., 63, 249-256.
- Wallace, J.C. and T.G. Reinsnes. 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (Pectinidae), in hanging culture. Aquaculture, 44, 229-242.
- Walne, P.R. 1979. Culture of bivalve molluscs, 50 year's experience at Conwy. The Whitefriars Press Ltd., London, pp. 189.
- Wang, H., C. Sun, M. Hou, G. Wang and H. Wang. 1997. On technique for industrial seed-rearing of *Arca granosa*. Shandong Fish. Qilu. Yuye., 14(4), 13-15. (in Chinese)
- Yoo, S.K. 1969. Food and growth of the larvae of certain important bivalves. Bull. Pusan Fish. Coll., 9, 65-87. (in Korean)
- Yoo, S.K. 2000. Shallow Sea Aquaculture. Kudeok Pub. Co. Busan, pp. 639. (in Korean)
- You, Z., S. Xu, P. Bian and J. Chen. 2001. The effects of sea water temperature and salinity on the growth and survival of *Tegillarca granosa* larvae and juveniles. Acta Oceanol. Sinca, 23 (6), 108-113.
- Zheng, Y., X. Zhang, H. Luan and Z. Wang. 1994. On promoting maturity of ark shell by controlling water temperature. Shandong Fish. Quil. Yuye, 11(5), 7-9. (in Chinese)

---

2004년 6월 9일 접수  
2004년 12월 18일 수리