

# 가리비, *Patinopecten yessoensis* 난 발생과 유생의 성장

박영제, 이정용<sup>1</sup>, 김완기<sup>1</sup>, 이채성<sup>1</sup>

국립수산진흥원 서해수산연구소, <sup>1</sup>국립수산진흥원 강릉수산종묘시험장

## Egg Development and Larva Growth of the Scallop, *Patinopecten yessoensis*

Young-Je Park, Jeong-Yong Lee<sup>1</sup>, Wan-Ki Kim<sup>1</sup> and Chae-Sung Lee<sup>1</sup>

Department of Aquaculture, West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 400-201, Korea

<sup>1</sup>Gangneung Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Gangneung, 210-807, Korea

### ABSTRACT

In order to obtain the basic information for seedling production of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, the egg development and larva growth were investigated at different conditions such as water temperature, salinity and phytoplankton. Eggs were demersal isolated eggs, which averaged  $77.3 \pm 2.7 \mu\text{m}$  in diameter after spawning. The fertilized eggs developed to D-shaped larva of shell length  $117.5 \pm 3.8 \mu\text{m}$  after 60 hours at  $15^\circ\text{C}$ . The range of water temperature and salinity during egg development were  $10\text{-}20^\circ\text{C}$  and  $28\text{-}34 \text{ ppt}$ , respectively. The time of egg development was shorter with higher water temperature. After 10 days of spawning, D-shaped larva reached  $160 \mu\text{m}$  in shell length, and after 25 days became full-grown larva  $250 \mu\text{m}$  in shell length, in which could be observed eye spots. The relative growth formula between shell length (SL) and shell height (SH) was  $\text{SH} = 1.0425\text{SL} - 27.731$  ( $r^2 = 0.9749$ ) during the entire larva period. In regard to water temperature, growth and survival rates of larvae were good at  $16^\circ\text{C}$ . Lower growth and survival rates were observed at  $12^\circ\text{C}$  and  $20^\circ\text{C}$  than that at  $16^\circ\text{C}$ . When

larvae were fed mixed phytoplankters, such as *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* and *Chaetoceros calcitrans*, their growth and survival rates were the highest among groups.

**Keywords:** Scallop, *Patinopecten yessoensis*, Egg development, Larva growth.

### 서론

가리비 (*Patinopecten yessoensis*)는 북위 35도 이상의 고위도 해역인 한반도의 동해안을 포함하여, 일본의 북해도 연안, 러시아의 동해 및 사할린 연안에 주로 서식하며 (柳, 2000), 성장과 품질면에서 경제적 가치가 우수한 한해성 조개이다 (Park *et al.*, 2001). 우리나라에서 본 종은 1971년 경북 영일만에서 자연산으로 900 여톤이 생산되었으며, 이후 거의 생산되지 않다가 최근 강원 연안을 중심으로 양식생산이 활발히 이루어지고 있으며, 1997년에는 양식에 의해 강원연안에서만 1,250 톤 (박, 1998)이 생산되어 산업화 양식으로 정착되어가고 있다. 그러나 동해안에서 본 종의 완전한 양식산업화를 위해서는 앞으로 해결해야 할 많은 문제점이 있으며, 그 중 하나가 자연채묘 부진에 대비한 인공종묘 생산기술 개발이라 할 수 있다.

본 종에 관한 연구는 주로 일본에서 생태 (木下, 1934; 張, 1986), 생식주기 (Yamamoto, 1943; 森等, 1977), 산란유발 (浮 and 菊地, 1974; Matsutani and Nomura, 1982), 종묘생산 (佐藤, 1968; 今井 and 西川, 1969; Maru, 1985), 환경내성 (Yamanoto, 1957), 양식 (山本, 1964; Maru, 1972) 등이 수행되어져 있다. 국내에서는 You (1969)의 먹이와 성장

Received July 17, 2001; Accepted November 9, 2001

Corresponding author: Park, Young-Je

Tel: (82) 32-764-6632 e-mail: scallop@nfrda.re.kr

1225-3480/17202

© The Malacological Society of Korea

에 관한 보고 이후 Lee and Chang (1977), You *et al.* (1979) 의 자연채묘에 관한 연구와 Pyen and Rho (1978), Kang *et al.* (1982) 의 인공 종묘생산에 관한 기초연구가 있으며, 산란유발 (Kang *et al.*, 1996), 생식주기 (Chang *et al.*, 1997) 등의 번식생리학적 연구와 중간육성 (Park *et al.*, 2000), 성장 (Park, 1998; Park *et al.*, 2001) 등 양식에 관한 연구가 있다.

그러나 최근에도 인공 종묘생산이 원활히 이루어지지 않고 있으며, 특히 난발생 및 초기사육에 많은 문제점을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 안정적인 인공 종묘생산을 위한 수온과 염분에 따른 난 발생과 유생사육 방법을 검토하였다.

### 재료 및 방법

실험에 사용된 가리비는 1998년 1월 22일에 강원도 고성연안

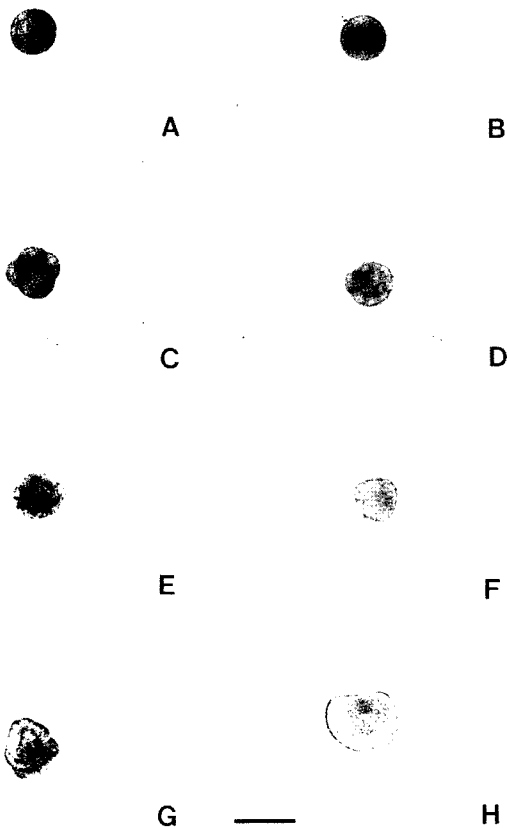


Fig. 1. The egg developmental stage of the scallop, *Patinopecten yessoensis*. A, fertilized egg; B, 1st polar body stage; C, 4-cell stage; D, 8-cell stage; E, morula stage; F, trochophore stage; G, veliger stage; H, early D-shaped larva. Scale bar = 100  $\mu$ m.

양식장에서 수하양식 사육중인 3년산 어미를 실내수조로 옮겨와 사용하였다. 실내수조에 옮겨진 가리비는 유수식으로 사육되었으며, 먹이는 실내 배양실에서 연속 배양된 식물플랑크톤인 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* 및 *Pavlova lutheri*를 1일 2회 혼합 공급하였다. 채란을 위한 산란유발은 4월 20일 자연수온 (12 $^{\circ}$ C)으로 사육중인 모패를 간출 (1 시간) 후 수온상승 (18 $^{\circ}$ C) 자극으로 실시하였다. 산란 후 수정된 알은 50  $\mu$ m 물러가제로 수거하여 세란한 후 15  $\pm$  1 $^{\circ}$ C로 조절된 1 ton 폴리에틸렌 수조에 수용하여 부화시켰다. 수온에 따른 난발생 실험은 수정 30분 후 세란한 알을 5, 10, 15, 20 및 25 $^{\circ}$ C로 조절된 1 liter 유리비이커에 100 개체/ml로 수용하여 실시하였으며, 염분별 난발생 실험은 자연해수(34 ppt), 31, 28, 25 및 22 ppt 해수에서 실시하였다. 실험에 사용한 해수는 1  $\mu$ m 필터로 여과한 후 자외선 살균하여 사용하였다.

수온에 따른 유생의 성장과 생존율을 알아보기 위하여, 세란 후 1 ton 폴리에틸렌 수조에서 부화시킨 D형 유생을 8, 12, 16 및 20 $^{\circ}$ C의 수온으로 조절된 10 liter 아크릴 수조에서 10 개체/ml의 밀도로 수용하여 실시하였다. 먹이로는 *I. galbana*, *P. lutheri* 및 *C. calcitrans*를 혼합 공급하였으며, 수질관리를 위하여 2일 1회 전량 환수하였다. 성장과 생존율은 5일 간격으로 생존 개체수를 계수하고, 이중 30 개체의 유생을 채집하여 식물투영기로 각장을 측정하였다.

식물 먹이생물에 따른 유생의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 *I. galbana*, *P. lutheri* 및 *C. calcitrans*를 각각 단독 및 혼합 공급하여 조사하였다.

### 결 과

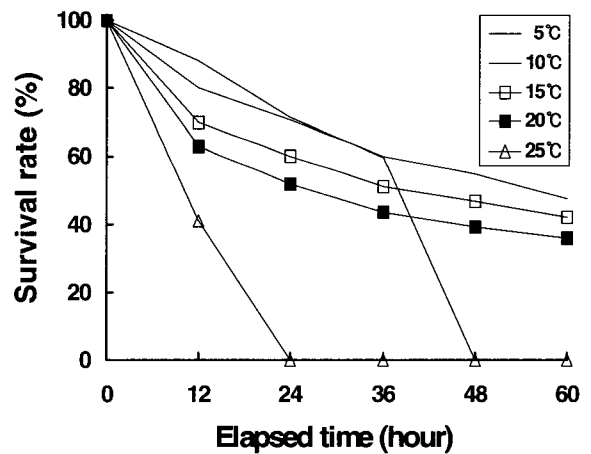


Fig. 2. Survival rates of fertilized eggs of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, at various water temperatures.

가리비의 수정란은 난경  $77.3 \pm 2.7 \mu\text{m}$ 의 분리침성란으로서 난핵포를 확인할 수 없었다 (Fig. 1-A). 수정된 알은 제 1극체와 제 2극체를 방출 후 2세포기로 발달하였으며, 수온  $15 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 산란 6시간 후에 4세포기로 발달하였다 (Fig. 1-C). 이후 8세포기를 거쳐 상실기로 발생하여 회전운동을 시작하였다 (Fig. 1-E). 수정 24시간 후에 회전운동으로 부상한 발생 배 (胚)는 섬모가 출현하는 담륜자 유생기를 거쳐 수정 48시간 후에는 패각을 형성하는 벨리저 유생기로 변태하였으며, 수정 60시간 후에는 각장  $117 \pm 3 \mu\text{m}$ 의 D형 유생으로 발달하였다 (Fig. 1-H).

수온에 따른 D형 유생까지의 생존율을 조사한 결과,  $5^\circ\text{C}$ 에서는 난발생이 확인되지 않았으며,  $25^\circ\text{C}$ 에서는 D형 유생까지 이르지 못하고 폐사하였으나,  $10, 15$  및  $20^\circ\text{C}$ 에서는 40% 전후의 개체가 정상 발생하였다. D형 유생까지의 소요시간은  $10^\circ\text{C}$ 와  $15^\circ\text{C}$ 에서는 60시간이 요구되었으나  $20^\circ\text{C}$ 에서는 48시간 후에 D형 유생이 관찰됨으로써, 수온이 높을수록 난발생 속도가 빨라졌다 (Fig. 2).

염분 34, 31, 28, 25 및 22 ppt의 실험구에서 난 발생을 조사한 결과, 28 ppt 이상에서는 40% 이상이 정상 발생하였으나, 25 ppt 이하에서는 낮은 발생률을 보였다 (Fig. 3).

유생의 발달과정은 Fig. 4와 같다. 각장  $117 \mu\text{m}$ 의 D형 유생은  $16^\circ\text{C}$ 에서 사육한 결과, 수정 10일 후에 각장  $160 \mu\text{m}$  전후의 각정기유생 (Fig. 4-B)으로, 수정 25일 후에는 각장  $250 \mu\text{m}$ 로 성장하여 안점이 관찰되는 성숙유생 (Fig. 4-D)으로 발달하였다. 이후 채묘기에 부착된 치패는 빠르게 성장하여 수정 45일 후에는  $500 \mu\text{m}$ 로 성장하였다 (Fig. 4-F).

유생의 성장과정 동안 각장 (SL)에 대한 각고 (SH)의 성장은 직선적이었으며, 상대 성장식은  $\text{SH} = 1.0425\text{SL} - 27.731$  ( $r^2 = 0.9749$ )였다 (Fig. 5).

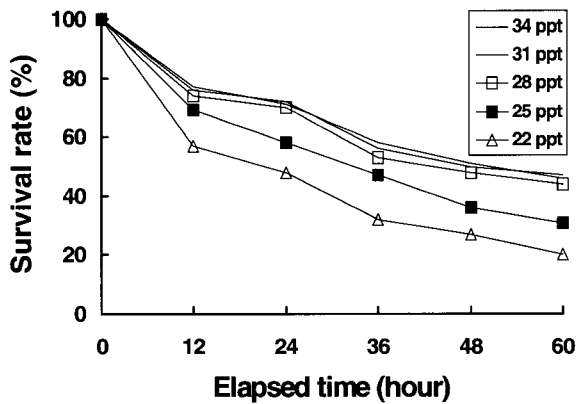


Fig. 3. Survival rates of fertilized eggs of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, at various salinities.

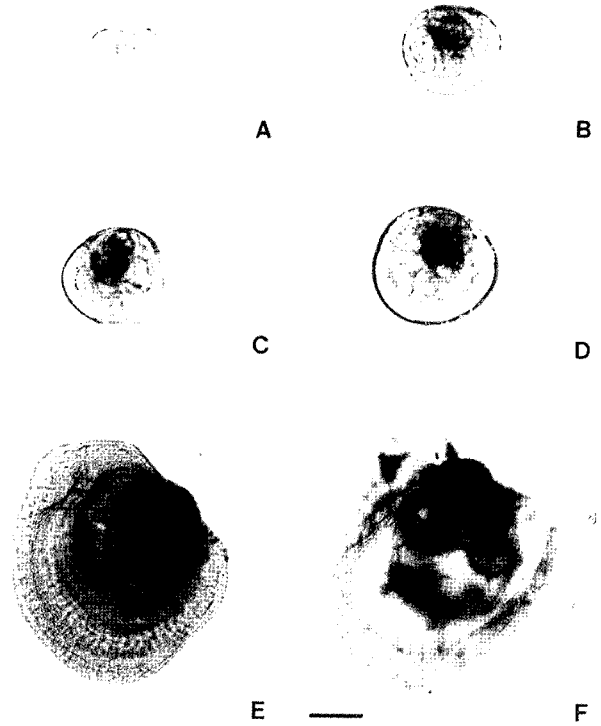


Fig. 4. The larval stages of the scallop, *Patinopecten yessoensis*. A, D-shaped larva; B, early umbo stage larva; C, umbo stage larva; D, full-grown stage larva; E, attached larva; F, late attached spat. Scale bar =  $100 \mu\text{m}$ .

수온 8, 12, 16 및  $20^\circ\text{C}$ 로 유생 사육한 결과,  $16^\circ\text{C}$ 에서 성장과 생존율이 양호하였으며, 25일 후 각장  $250 \mu\text{m}$ 의 성숙 유생으로 성장하였다. 반면,  $8^\circ\text{C}$ 와  $12^\circ\text{C}$ 에서는 낮은 성장률을 보였으며,  $20^\circ\text{C}$ 에서는 빠른 성장률을 보였으나 생존율이 낮았다 (Fig. 6).

식물 먹이생물에 따른 유생 사육한 결과는 Fig. 7과 같다. 각장 성장은 혼합 공급구가 가장 빠른 성장을 보였으며, 단일 공급구에서는 *I. galbana*와 *P. lutheri*가 비슷한 성장을 보였으나 *C. calcitrans*는 가장 늦은 성장을 보였다. 생존율에 있어서도 혼합 공급구에서 가장 높은 생존율을 보였으며, 단독 공급구 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

### 고 찰

가리비는 동해안에서 산업화된 양식품종으로 성장과 품질면에서 경제적 가치가 우수한 패류이나 최근 자연채묘의 감소로 인하여 생산성이 매우 불안정한 실정이다. 안정적인 종묘의 확보를 위해서는 인공종묘가 효과적이나 가리비의 인공 종묘생산을 위한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 수온

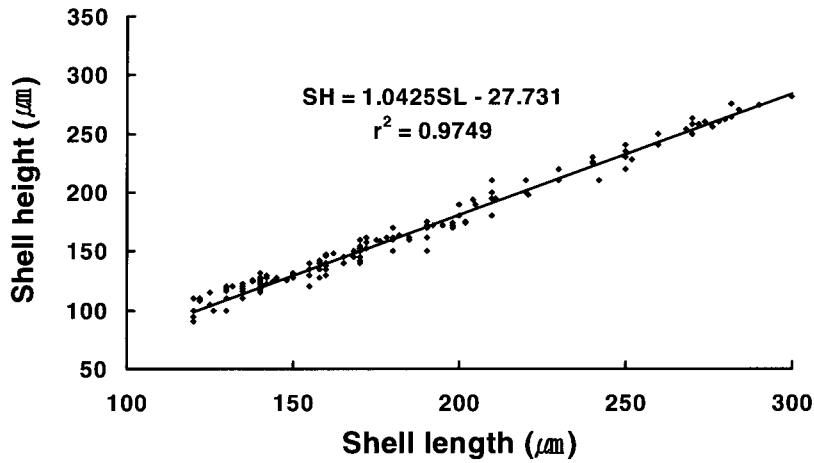


Fig. 5. Relative growth between shell length and shell height of the larva of the scallop, *Patinopecten yessoensis*.

과 염분에 따른 난 발생과 유생사육 방법을 조사하였다.

조개류의 알은 형태적으로 유사한 발생과정을 거쳐 부화한다. 가리비의 수정란은 평균 난경  $77.3 \pm 2.7 \mu\text{m}$ 의 분리 침성란으로, 비슷한 서식분포를 보이는 북방대합, *Spisula*

*sachalinensis*의  $76.2 \mu\text{m}$  (Lee *et al.*, 1996), 코끼리조개, *Panopea japonica*의  $70 \mu\text{m}$  (Lee and Rho, 1997)보다 큰 것으로 나타났다.

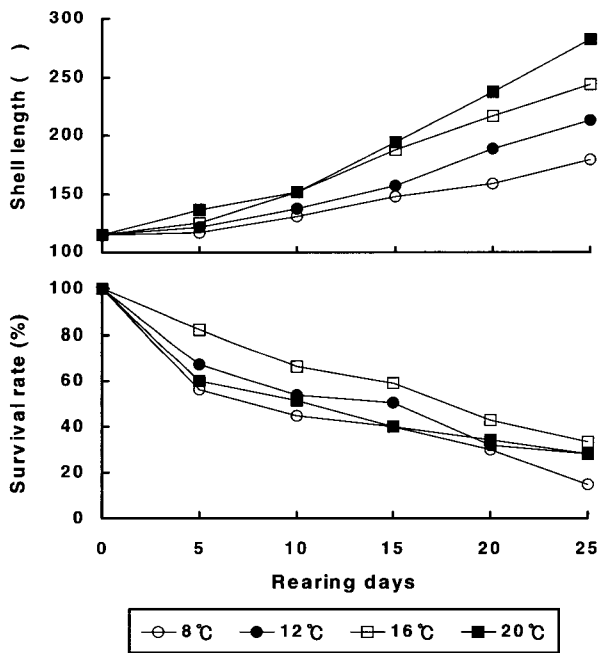


Fig. 6. Growth and survival rates of the larva of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, at various water temperatures.

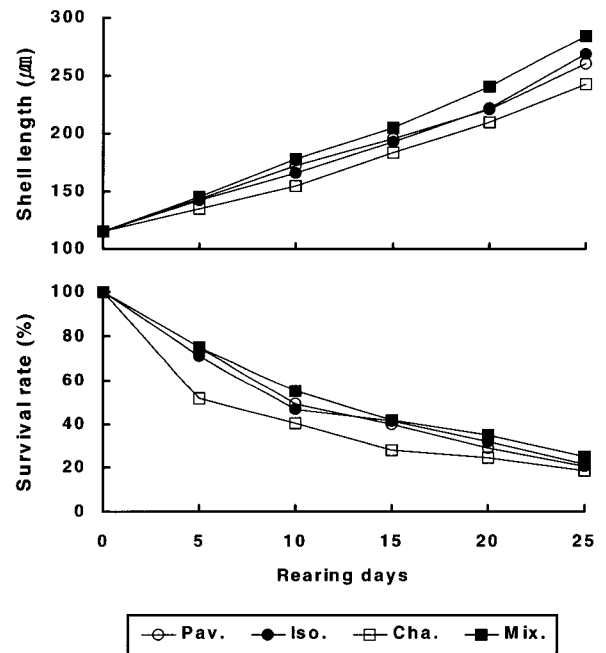


Fig. 7. Growth and survival rates of the larva of the scallop, *Patinopecten yessoensis*, fed three different or mixed phytoplankters.

조개류의 발달, 성장, 생존은 생태학적으로 수온, 염분 등의 환경요인에 의해 영향을 받으며 (Kinne, 1964), 수온은 가리비류의 대사율과 생존에 직접적으로 영향을 준다 (Wallace and Reinsnes, 1985). 또한 염분은 서식분포를 제한하는 요인으로, 많은 종의 가리비가 고염분에 분포한다 (O'Connor and Heasman, 1998). 따라서 건강한 인공종묘의 대량생산을 위해서는 발생초기의 수온과 염분 등 환경조건을 파악하는 일이 매우 중요하다.

가리비 난 발생에 있어서 小川等 (1968) 은 수온 15-17°C 범위에서 12시간 후에 섬모를 내어 선회운동을 시작하여 16시간 후에 담륜자로 부상하고 60 시간 경과후 초기 D형 유생으로 성장한다고 하였다. 또한 佐藤 (1968) 는 수온 12-16°C 범위에서 약 20 시간 후에 과반수 이상이 수면에 부상하고 40 시간 경과 후 거의 모든 개체가 D형 유생이 되었다고 보고하였으며, 今井 and 西川 (1969) 은 수온 11-15°C 범위에서 약 90 시간 후에 D형 유생으로 발생한다고 하였다. 그러나 山本 (1964) 는 수온 8.5-14.2°C 범위에서 5일 정도 경과 후 D형 유생이 된다고 보고하였다.

한편 본 연구에서는 사육 수조 내 수온이 평균 15.5°C에서 3일 후 D형 유생으로 발생이 진전됨으로써, 小川等 (1968) 의 연구결과와 거의 일치하고 있다. 그러나 이러한 연구자들간의 차이는 주로 수온에 따른 차이로 판단되며, 동일수온에서의 차이는 수온 이외에 다른 사육환경에서 기인한 것으로 생각된다.

수온별 난발생을 조사한 결과, 가리비는 10-20°C 범위내에서는 D형 유생까지 정상 발생이 가능하였으며, 수온이 높을수록 D형 유생까지의 소요시간이 빨라졌다. 이는 수온상승에 따라 생화학 반응 및 생리학적 대사 속도가 빨라진다고 하는  $Q_{10}$ 의 법칙에 부합되는 결과이다. 그러나 본 연구에서 참가리비의 부화율이 40% 전후로 낮게 나타나, 적수온에서 북방대합의 80% (Lee et al., 1996), 꼬끼리조개의 74% (Lee and Rho, 1997) 와는 차이를 보였으며, Kang et al. (1996) 은 정자현탁액을 첨가하여 얻어진 가리비의 수정란에서 86.7%의 부화율을 보였다는 보고와도 차이를 보였다. 이는 북방대합과 꼬끼리조개는 절개법으로 채란된 난핵포 붕괴 이전의 알이라도 수정이 가능한 종이나 가리비는 난핵포 붕괴 이후에야 수정이 가능한 종으로 종 특이적이라 할 수 있다. 또한 Kang et al. (1996) 이 정자현탁액 첨가 자극으로 얻어진 가리비 알을 사용하여 높은 부화율을 관찰하였으나 본 연구에서는 수온자극에 의해 산란된 알을 사용함으로써, 산란방법 및 난질에 따라 부화율이 차이가 나는 것으로 판단된다.

염분에 따른 부화율은 28 ppt 이상에서는 염분변화에 따라 차이를 보이지 않았으나 25 ppt 이하에서는 낮은 값을 보였다. 이는 25-34 ppt의 염분범위에서 50% 이상의 부화율을 보이는 북방대합 (Lee et al., 1996) 보다는 염분에 민감한 것으로,

특히 저염분에서 약한 내성을 보임으로써 가리비가 고염분에 분포한다는 보고 (O'Connor and Heasman, 1998) 와도 관련이 있는 것으로 판단된다.

조개류 유생기의 성장에 미치는 중요한 요인으로 수온, 먹이 생물, 유생밀도 및 조도 등을 들 수 있으며, 그 중에서도 수온은 성장을 지배하는 가장 중요한 요인으로 수온에 따라 먹이생물의 섭취량이 달라진다 (Loosanoff and Davis, 1963). 또한, 일반적으로 낮은 수온에서는 성장과 발달이 늦으나 높은 수온에서는 폐사율이 증가한다 (O'Connor and Heasman, 1998). 본 연구에서도 8-20°C 범위내에서 유생사육이 가능하였는데, 20°C에서는 빠른 성장과 낮은 생존율을 보인 반면 12°C에서는 높은 생존율에 느린 성장을 보였다.

조개류의 인공 종묘생산을 위해서는 식물 먹이생물의 확보가 중요하며 (Epifanio, 1979), 조개류의 먹이로는 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri* 및 *Isochrysis galbana*가 많이 이용되고 있다 (Marty et al., 1992). 참굴, *Crassostrea gigas* 및 *C. rhizophorae* 등은 *I. galbana*를 먹이로 사용했을 경우 양호한 결과를 얻었으며 (Helm and Laing, 1987), Enright et al. (1986)도 조개류 유생사육시 *P. lutheri* 및 *I. galbana*는 초기먹이로서 우수한 먹이라고 보고하였다. 본 연구에서도 단일 공급구에서는 *I. galbana*와 *P. lutheri*가 비슷한 성장을 보였으며, *C. calcitrans*는 가장 낮은 성장을 보였다. 그러나 혼합 공급구가 가장 빠른 성장을 보임으로서, 단일종보다는 혼합하여 공급하는 것이 성장과 생존에 효과적인 것으로 판단된다.

## 요 약

동해안 가리비 (*Patinopecten yessoensis*)의 안정적인 인공 종묘생산을 위한 기초 연구로서 수온과 염분에 따른 난 발생, 수온과 먹이생물에 따른 유생의 성장과 생존율을 조사하였다. 수정란은 난경  $77.3 \pm 2.7 \mu\text{m}$ 의 분리침성란으로서 산란 6시간 후에 4세포기로 발달하였으며, 수정 60시간 후에 각장  $117 \pm 3 \mu\text{m}$ 의 D형 유생으로 발달하였다. 수온 10-20°C, 염분 28-34 ppt에서 정상 발생이 가능하였으며, 수온이 높을수록 난 발생 속도가 빨라졌다. D형 유생은 수정 10일 후에 각장  $160 \mu\text{m}$  전후의 각정기 유생으로 발달하였으며, 수정 25일 후에 각장  $250 \mu\text{m}$ 로 성장하여 안점이 관찰되는 성숙유생으로 발달하였다. 유생기 동안 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 상대 성장식은  $SH = 1.0425SL - 27.731$  ( $r^2 = 0.9749$ ) 였다. 수온별 유생사육에서는 8°C와 12°C에서 낮은 성장률을 보였으며, 20°C에서 낮은 생존율을 보였으나 16°C에서 성장과 생존을 모두 양호하였다. 식물 먹이생물에 따른 성장과 생존율은 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 및 *Chaetoceros calcitrans*를 혼합 공급하는 것이 가장 효과적이었다.

REFERENCES

- Chang, Y.J., Lim, H.K. and Park, Y.J. (1997) Reproductive cycle of the cultured scallop, *Patinopecten yessoensis*, in eastern waters of Korea. *J. Aquaculture*, **10**: 133-141. [in Korean]
- Enright, C.T. Newkirk, G.F. and Castell, J.D. (1986) Comparison of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol.*, **96**: 1-13.
- Epifanio, C.E. (1979) Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscs. *Aquaculture*, **16**: 187-192.
- Helm, M.M. and Laing, I. (1987) Preliminary observations on the nutritional value of *Tahiti Isochrysis* to bivalve larvae. *Aquaculture*, **62**: 281-288.
- Kang, K.H., Baik, K.K., Chang, Y.J. and Yoo, S.K. (1996) Spawning induction according to stimulating treatment and spat rearing of scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Malacol.*, **12**: 99-104. [in Korean]
- Kang, H.W., Cheong, S.C., Lee, J.K., Jo, Y.J. and Chang, J.W. (1982) The study on the Artificial seed production of scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in the Hatchery. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **30**: 111-118. [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.
- Lee, B.H. and Chang, S.I. (1977) A study on the culture of scallop (*Patinopecten yessoensis* Jay). *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **16**: 165-178. [in Korean]
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Park, Y.J. (1996) Spawning Induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Aquaculture*, **9**: 419-427. [in Korean]
- Lee, C.S. and Rho, S. (1997) Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica* II. Development of egg and larvae. *J. Aquaculture*, **10**: 25-32. [in Korean]
- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis, 1963. Rearing of bivalve molluscs. *Adv. Mar. Biol.*, **1**: 1-136.
- Marty, Y., Delaunay, F., Moal, J. and Samain, J.F. (1992) Changes in the fatty acid composition of *Pecten maximus* (L) during larval development. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 221-234.
- Maru, K. (1972) Morphological observations on the veliger larvae of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Sci. Rept. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **14**: 55-62.
- Maru, K. (1985) Ecological studies on the seed production of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Sci. Rept. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **27**: 1-53.
- Matsutani, T. and Nomura, T. (1982) Induction of spawning by serotonin in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Mar. Biol. Lett.*, **3**: 353-358.
- O'Connor, W.A. and Heasman, M.P. (1998) Ontogenetic changes in salinity and temperature tolerance in the doughboy scallop, *Mimachlamys asperrima*. *J. Shellfish Res.*, **17**: 89-95.
- Park, Y.J. (1998) Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Doctor thesis, Jeju Nat. Uni. 187 pp. [in Korean]
- Park, Y.J., Rho, S. and Lee, J.Y. (2000) Intermediate culture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in the east coast of Korea. *J. Aquaculture*, **13**(4): 339-351. [in Korean]
- Park, Y.J., Rho, S. and Lee, C.S. (2001) Growth of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in the east coast of Korea. *J. Aquaculture*, **14**(3): 181-195. [in Korean]
- Pyen, C.K. and Rho, Y.G. (1978) Studies on the early development and spat collection of *Patinopecten yessoensis* (Jay) under laboratory conditions. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **20**: 141-155. [in Korean]
- Wallace, J.C. and Reinsnes, T.G. (1985) The significance of various environmental parameters for growth of the icelandic scallop, *Chlamys islandica* (Pectinidae), in hanging culture. *Aquaculture*, **44**: 229-242.
- Yamamoto, G. (1943) Gametogenesis and the breeding of the Japanese common scallop, *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAY. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **12**: 21-26.
- Yamamoto, G. (1957) Tolerance of the scallop spats to suspended silt, low salinity and sudden temperatures changes. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser.*, **23**: 78-82
- 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., Kim, Y.U. and Park, K.Y. (1979) Improvement of the method of seed Scallop production. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **19**: 55-62. [in Korean]
- 今井丈夫, 西川信郎. (1969) ホタテガイ・アガイの種苗生産. 水産増殖, **16**: 309-316.
- 木下虎一郎. (1934) ホタテ貝の産卵と温度の関係. 北水試旬報, **233**: 311-316
- 浮永久, 菊地省吾. (1974) 紫外線照射海水のホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) に對する産卵誘發效果. 東北區水研報, **34**: 87-92.
- 山本護太郎. (1964) 陸奥灣におけるホタテガイ増殖. 日本水産資源保護協會, 水産増養殖業書 **6**: 1-43.
- 森 勝義, 長内健治, 佐藤隆平. (1977) 岩手縣唐舟灣における養殖ホタテガイ生殖巣の周年變化に関する組織學的研究. 日水誌 **43**: 1-8.
- 小川弘, 横山勝辛, 佐藤 敦, 伊藤 進. (1968) ホタテガイの種苗生産. I. 人工採苗. 青森縣水産増殖 事業概要第1號, **145**-155.
- 張榮振. (1986) 外海放流ホタテガイに関する生理生態學的研究, 特に生殖關聯器官の細胞組織化學的動態について. 東北大學大学院 博士學位論文, **218** pp.
- 柳晟奎. (2000) 淺海養殖. 구덕출판사. 부산, **639** pp.
- 佐藤 敦. (1968) 青森縣におけるホタテガイ人工採苗. 養殖, **68**: 81-85.