

# 자극방법별 바윗굴, *Crassostrea nippona*의 산란효과와 난발생 및 유생사육에 미치는 수온의 영향

유성규 · 강경호\*

부경대학교 양식학과, 국립수산업진흥원 울진수산종묘배양장\*

= Abstract =

## Spawning induction according to Stimulating Treatment and Influence of Water Temperature on Egg Development and Larvae Rearing of Oyster, *Crassostrea nippona*

Sung Kyoo Yoo and Kyoung Ho Kang\*

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
\*Ulchin Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Ulchin gun, Kyungbuk,  
767-860, Korea

In order to obtain the basic data for the effective seed production of oyster, *Crassostrea nippona*, rearing experiments of the oyster larvae were conducted from July 20 to September 10, were treated for spawning induction by means of following three methods, that is temperature rise, sperm suspension and KCl addition.

Data on number of spawned eggs and larval survival until the full grown larvae in each spawned female were recorded. The maximum number of eggs spawned and the highest fertilization were obtained at sperm suspension stimulation. The relationships between the water temperature and the required time in each egg developmental stage were investigated. The highest survival rate was obtained at 24°C of water temperature.

### 서 론

우리나라에서 굴 양식은 1900년대 초부터 시작된 이후, 최근에는 연간 20만톤 이상의 생산량으로 패류 양식 생산량 중 최고를 보이고 있으나(유, 1995), 연안오염의 확산과 대규모 간척에 의한 어장의 상실, 굴 양식장의 밀식 및 연작에 의한 자가오염 등으로 생산량이 점차 감소하고 있을 뿐만 아니라 그 종류도 참굴(*Crassostrea gigas*)에 국한되어 있는 실정이다(농림부, 1996). 따라서 굴의 자원을 효율적으로 관리하고

이용하기 위해서는 참굴뿐만 아니라 양식이 가능한 대형종의 기술개발로 생산증대 및 산업적 가치를 높일 필요성이 제기된다. 굴류 중 대형종에 속하며 식용으로 가치부위가 많아 양식기술 개발이 필요하다고 생각되는 바윗굴, *Crassostrea nippona*에 관한 기존의 연구 결과들을 살펴 보면 Hirata(1987)가 자연상태에서 부착생물로서 바윗굴에 관하여 언급하였을 뿐, 다른 연구는 찾아 볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 바윗굴의 인공종묘 생산 기술개발을 위한 기초자료로 이용하고자 바윗굴 모패의 자극방법별 산란유발 효과와 난발생 및 유생사육에 미치는 수온의 영향에 관하

어 실험하였다.

재료 및 방법

재료는 경상남도 통영시 옥지면 옥지도 연안에서 채집한 바윗굴 모패로 크기와 활력이 비슷한 50개체를 이용하여 1996년 7월 20일부터 동년 9월 10일까지 실험하였다. 바윗굴 모패는 울진수산종묘배양장 사육설로 운반하여 유수식 수조에서 충분히 안정시킨 후, 각 산란유발 방법별로 10마리를 무작위 추출하여 수용하였는데, 그 크기는 각장 10.08±1.55~10.47±0.60 cm, 가고 15.89±2.67~16.23±3.05 cm, 각폭 4.90±1.32~5.15±2.15 cm, 전중 599.47±45.37~612.30±28.30 g의 범위였다(Table 1).

산란유발을 위한 예비자극으로 간출자극을 전실험구에서 음건 2시간씩 실시한 후에 바윗굴 모패의 산란을 위한 자극방법은 Table 2와 같이 수온자극은 18℃에 수용중이던 바윗굴 모패를 23℃의 사육수에 옮겨 주었고 정자현탁액은 방출된 정자를 ml당 만개가 되도록 희석한 후, 사육수의 litre당 5.0 ml를 첨가하였으며, KCl은 0.5 N 용액은 litre당 3 ml로 사육수에 첨가하였다.

바윗굴의 산란유발을 위한 수조는 30 L 원형 폴리 카보네이트 수조로 자극방법별로 1마리씩 수용하여 산란유발 및 산란량 조사를 하였고 이때 공기는 약하게 공급하였다.

자극방법별 산란량은 방출된 알에 충격이 가지 않도록 물을 충분히 교반시켜 알의 분산을 유도한 후, 20 ml 스포이드를 사용하여 스포이드내의 난수를 현미경 하에서 계수하였으며, 이와 같은 방법을 3회 반복하여

Table 2. Method of spawning induction by the various treatment

Treatment	Concentration	Induction method
Temperature rise	Thermal shock	18℃ ⇒ 23℃
Sperm suspension	5.0 ml/l	Addition
0.5N KCl solution	3 ml/l	Addition

어는 평균치를 해수용적에 곱하여 산정하였다.

수정란의 판정은 2세포기로 난할이 진전된 개체를 수정이 이루어진 상태로 보고 산란량 조사시와 같은 방법에 의해 수정란수를 파악하였다.

수정란의 발생 및 유생의 성장과정에 대한 조사는 산란유발시 사용했던 원형수조를 사용하여 18℃, 21℃, 24℃, 27℃ 및 30℃의 수온하에서 행하여졌는데, 이때 난의 밀도는 ml당 2개체로 하여 각 발생단계별 개체수를 헤아렸다.

유생사육시 공급한 먹이생물은 연속통기 배양법으로 순수배양된 *Isochrysis galbana*와 *Pavloba lutheri*였으며, 부화후 경과일수에 따른 먹이공급량은 사육수 1 ml 2×10<sup>4</sup>개로 유생이 성장함에 따라 1 ml당 4×10<sup>4</sup>개의 농도로 증가하여 공급하였다.

결 과

산란유발을 위한 자극방법별 바윗굴 모패의 반응은 수온 상승구에서 30.0%, 정자현탁액구에서 30.0%, KCl 첨가구에서 10.0%였던 반면, 대조구에서는 전혀 반응

Table 1. Measurement of *Crassostrea nippona* used in the experiment for spawning induction

Treatment	No. of specimens	Shell length ± SD (cm)	Shell height + SD (cm)	Shell breadth ± SD (cm)	Total weight ± SD (g)
Temperature rise	10	10.47 ± 0.60	16.00 ± 2.75	4.90 ± 1.32	610.67 ± 37.57
Sperm suspension	10	10.08 ± 1.55	15.89 ± 2.67	4.95 ± 1.50	605.20 ± 40.30
KCl	10	10.35 ± 0.85	16.23 ± 3.05	5.15 ± 2.15	612.30 ± 28.30
Control	10	10.23 ± 1.42	16.09 ± 1.75	5.06 ± 1.48	599.47 ± 45.37

자극방법별 바윗굴의 산란효과와 난발생 및 유생사육에 미치는 수온의 영향

을 보이지 않음으로서 수온 상승구와 정자현탁액 시험구에서 가장 높은 경향을 보였다(Table 3).

각 자극방법별 산란유발에 대한 바윗굴의 산란량 및 수정율은 수온 상승구에서 평균 800,000개의 산란량을 보였고, 정자현탁액구에서 1,100,000개, KCl 첨가구에서 300,000개를 나타냈다. 한편 수정율은 수온 상승구와 정자현탁액구에서 88.0%로 높았던 반면, KCl 첨가구에서 62.0%로 낮은 편이었다(Tabe 4).

수온별 초기 발생속도를 파악하기 위한 중요한 단계는 수정란, 담륜자, D형 유생, 각정기 유생 및 부착기 유생으로 구분하였다(Fig 1).

수온별 수정란에서부터 각 발생단계에 이르기까지의 소요시간을 나타낸 것으로써 D형 유생기까지의 소요시간은 18℃에서 182시간, 21℃에서 128시간, 24℃에서는 82시간, 30℃에서 56시간이 걸렸다. 또한 부착기 유

생까지의 소요시간을 보면, 18℃ 실험구에서는 실험 종료시인 30일 경과시에도 후기 각정기 유생으로 남아 있었으나, 21℃에서는 678시간, 24℃에서는 548시간이 걸렸고 27℃에서는 426시간이 소요되었다. 그리고 30℃ 실험구에서는 실험개시 3일째에 전량 폐사하였다(Table 5).

수온(T)과 각 발생단계별 소요시간(h)과의 관계는  
 담륜자기 :  $1/h = 0.0069T - 0.0950$  ( $r = 0.9447$ )  
 D형 유생 :  $1/h = 0.0006T - 0.0045$  ( $r = 0.9288$ )  
 초기 각정기 유생 :  $1/h = 0.0002T - 0.0019$  ( $r = 0.9358$ )  
 후기 각정기 유생 :  $1/h = 0.0002T - 0.0022$  ( $r = 0.9868$ )  
 부착기 유생 :  $1/h = 0.0001T - 0.0013$  ( $r = 0.9897$ )

으로 수온이 높을 수록 발생 소요시간이 짧아지고 있으며, 관계식에 따르면 Y축이 0일 때의 온도치를 구하여, 바윗굴의 난발생 및 유생사육에 있어서 발생의 전전을 보이지 않는 생물학적 영도의 평균은 10.96℃였다(Fig 2).

각 발생단계에 이르는 소요시간에 대한 수온·시간 적산치의 적선회귀 관계를 발생 수온별로 보여 주는 것으로, X축은 소요시간을, 좌측의 Y축은 각 발생 수온에서 생물학적 영도를 넘어선 수온의 시간적인 적산치, 우측의 Y축은 각 발생단계의 번호를 각각 표시하였는데, 담륜자까지의 시간에 대한 적산수온은 평균 약 186℃, D형은 1,180℃, 초기 각정기 유생은 3,700℃, 부착기는 7,000℃ 정도에서 성장하였다(Fig 3).

**Table 3.** Spawning reaction of *Crassostrea nippona* in each stimulating treatment

Treatment	No. of specimens	No. of spawning	Spawning rate (%)
Temperature rise	10	3	30.0
Sperm suspension	10	3	30.0
KCl	10	1	10.0
Control	10	0	0

**Table 4.** Number of eggs spawned and fertilization rates at each stimulating treatment for spawning induction

Treatment	No. of spawned adults	No. of eggs spawned ( $\times 10^3$ , mean)	Fertilization rate (%)
Temperature rise	3	600~1,000 (800)	88.0
Sperm suspension	3	800~1,200 (1,100)	88.0
KCl	1	300	62.0
Control	0	—	—

**Table 5.** Relationships between water temperature and time (hours) required to each developmental stage from spawning

Stage	Water temperature (°C)				
	18	21	24	27	30
Trochophore	28	22	17	10	7
D-shaped	182	128	82	74	56
Early Umbo	462	389	281	252	-
Post Umbo	714	593	396	326	-
Full grown larvae	-	678	548	426	-

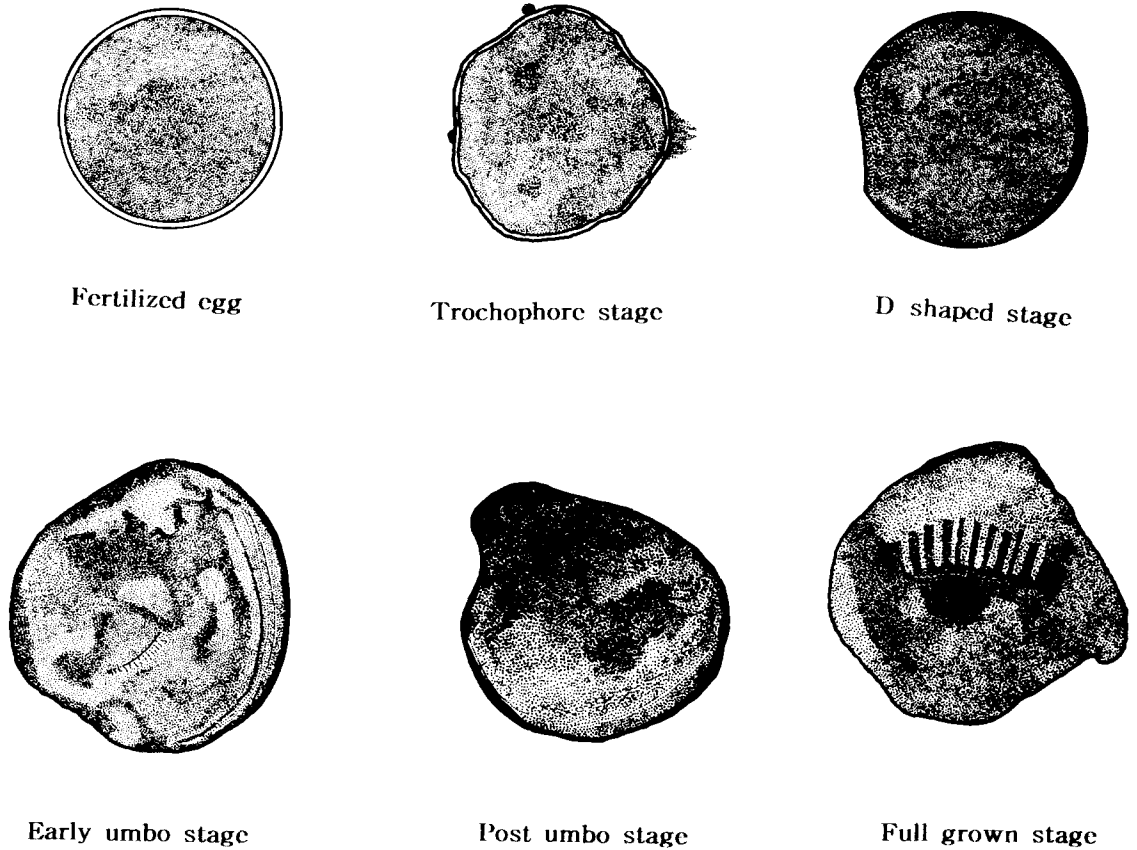


Fig. 1. Developmental stages of *Crassostrea nippona*.

수온별 유생사육시 각 발생단계에 대한 생존율로서 D형 유생의 경우 24℃를 정점으로 수온이 높을수록 생존율이 떨어졌다(Table 6).

고 찰

Loosanoff and Davis(1963)는 굴의 산란유발이 정자 현탁액의 첨가로 쉽게 이루어 진다고 하였고, 강 등(1993)은 KCl를 이용하여 성체의 산란유발에 이용한 결과, 좋은 효과가 있었다고 하였으며, Iwata(1949)도 패류의 산란유발에 KCl이 유효하다고 하였다. 본실험에서는 바닷굴의 산란유발을 위한 자극으로 수온상승, 정자현탁액 및 KCl를 이용하여 산란유발을 한 결과, 수온상승구와 정자 현탁액 첨가구에서 가장 좋은 반응을 나타냄으로서 전술한 연구자들의 보고와 일치되는 결과를 얻었다. 그러나 본실험에서 생식소가 완전히

성숙한 모패는 간출자극만으로도 산란이 가능한 점으

Table 6. Variations of survival rate (%) of *Crassostrea nippona* larvae reared at various water temperature

Stage	Water temperature (℃)				
	18	21	24	27	30
Fertilized egg	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Trochophore	76.4	82.6	96.2	94.8	64.0
D-shaped	8.0	18.6	30.8	26.0	0
Early umbo	2.2	10.8	21.4	18.8	—
Post umbo	0.8	4.6	12.8	11.8	—
Full grown	—	0.6	6.8	6.0	—

로 미루어, 인공산란 유발은 모패의 숙도에 따라서 크게 좌우되는 것으로 판단되어, 종묘생산시 숙도가 양호한 모패의 선별에 의한 채란이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Loosanoff(1951)와 Walne(1974)은 패류의 유생사육시 가장 중요한 환경요인은 수온이라 하였고, Kinoshita(1989)도 유생의 부유기간이 수온에 의해 영향을 가장 많이 받는다고 하였다. 굴류의 유생사육과 수온에 관한 지금까지의 연구 결과를 보면 유·강(1995)은 강굴의 경우 최적사육 수온은 24~28℃의 범위라 하였고, His *et al.*(1989)은 참굴의 최적 유생사육

수온은 30℃라 하였으며 Helm and Millican(1977)은 28℃라 보고하였다. 본 실험의 경우 21℃ 실험구에서는 부착기 유생까지의 생존율이 0.6%, 24℃구에서는 6.8%, 27℃구에서는 6.0%였으나 고수온구인 30℃구에서는 실험개시 3일째에 전량 폐사하였다(Table 5). 고수온에서 굴유생이 폐사하는 것에 관하여 Helm and Millican(1977)은 고수온에서 유생의 먹이인 식물성 플랑크톤의 폐사에 의한 사육수의 수질 악화 및 이로 인한 박테리아의 번식에 그 원인이 있다고 하였으나, 본 실험에서는 먹이생물의 폐사에 의한 수질악화는 관찰되지 않았으므로 고수온 자체가 유생의 성장에 저해요

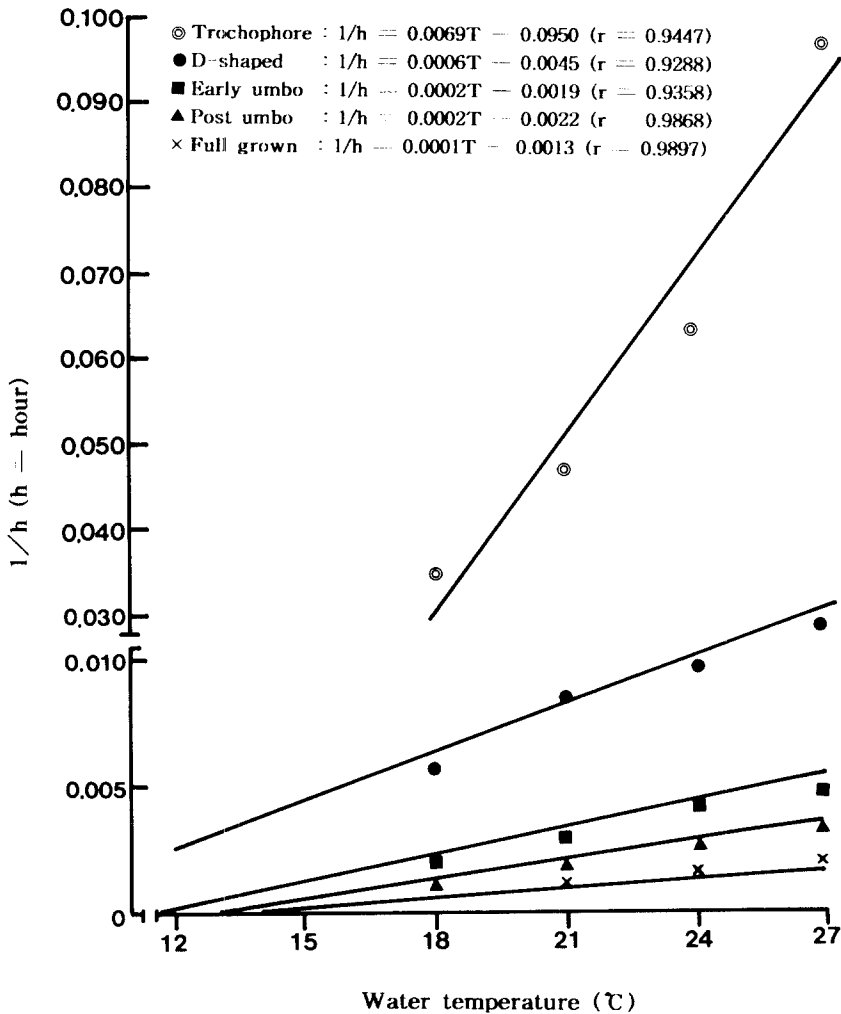


Fig. 2. Relationships between water temperature and time required to each developmental stage after spawning

인이 되었던 것으로 추정된다. 따라서 본연구의 결과, 바윗굴 유생 사육시 적정 사육수온은 24°C 내외가 적당하다고 판단된다.

바윗굴 초기발생의 생물학적 영도를 Fig. 2에 의해 산출한 결과 10.96°C였는데, 이러한 점으로 보아 바윗굴의 유생은 저수온에 강한 반면 고수온에 약한 종이라고 판단된다. 또한 난발생이 가능한 상한과 하한수온 범위내에서는 발생속도가 수온과 밀접한 정상관계를 보이고 있어(Fig. 2), 수온상승에 비례하여 난발생

속도는 빨라지는 것으로 판단된다. 이는 생체반응의 온도 의존성에 관한 지표로서의  $Q_{10}$ 의 법칙에 부합되는 결과로 인정된다. 한편 난발생 속도에 대한 관계식과 생물학적 영도를 이용하여 도출된 담류자기, D형 유생, 초기 각정기 유생, 후기 각정기 유생 및 성숙 유생에 대한 각각의 적산수온으로서 각 발생 수온별 채묘까지의 소요시간을 Fig. 3에 의해 손쉽게 조건함으로써, 양식현장에서 종묘생산시 예정 채묘시간을 산출할 수 있어 종묘생산의 공정화를 기할 수 있는 자료로

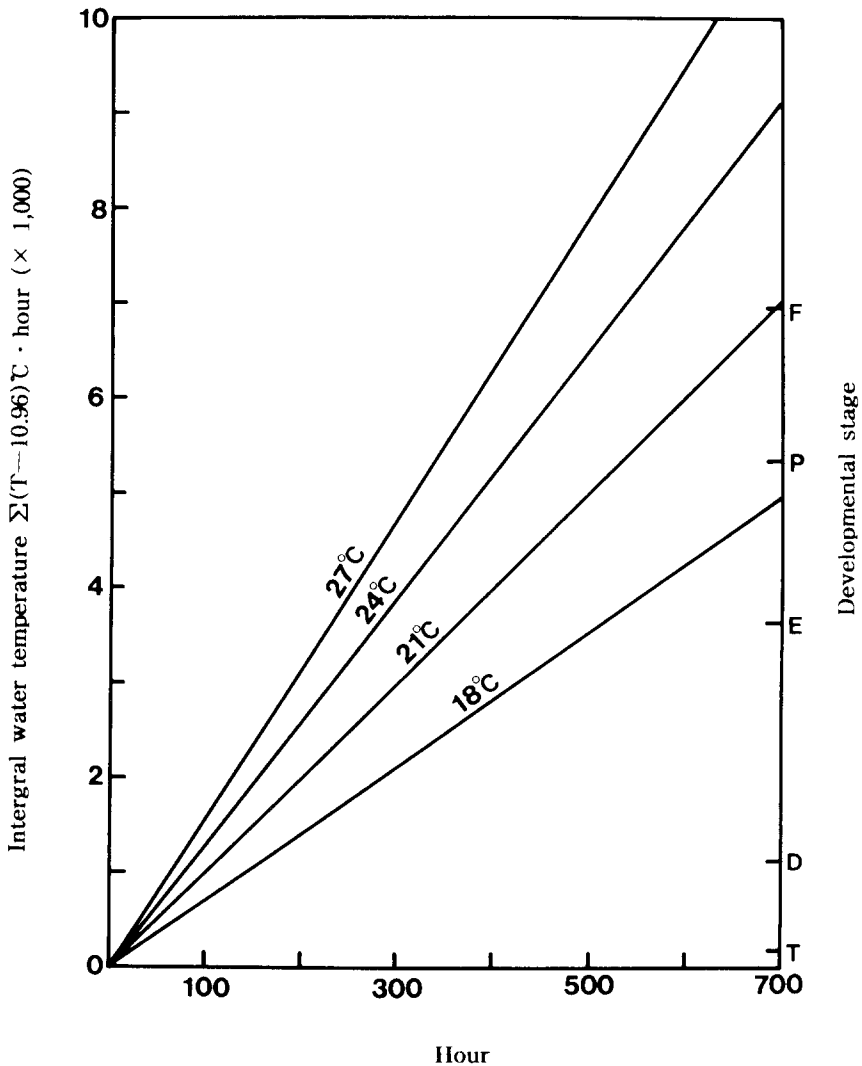


Fig. 3. Relationships between time required to developmental stage and integral water temperature. T : Trochophore, D : D-shaped, E : Early umbo, P : Post umbo, F : Full grown

이용할 수 있다고 생각된다.

패류의 유생사육시 *Isochrysis galbana*와 *Pavlova lutheri*는 초기 먹이생물로서 크기 및 영양가치면에서 우수한 먹이로 알려져 있다(Enright *et al.*, 1986). 또한 Helm and Laing(1987)은 *Isochrysis* sp.와 *Chaetoceros* sp.의 먹이 공급에 따른 유생의 성장에 관한 비교 연구에서 단일종보다 2종을 혼합하여 공급한 경우가 양호한 결과를 얻었으며, 단일종을 공급할 경우 성장 및 생존율이 감소하는 원인이 영양적 측면에서 중요한 요소의 결핍이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 *P. lutheri*와 *I. galbana* 2종을 혼합 공급하여 사육한 결과, 부착기 유생까지의 생존율이 24℃와 27℃ 실험구에서 6% 이상을 보임으로서 Enright *et al.*(1986)의 결과와 일치하는 경향을 보이고 있을 뿐만 아니라 급후 종묘생산시 보다 높은 생산성을 높일 수 있을 것이라고 기대된다.

## 요 약

바윗굴의 산란유발 및 종묘생산을 위한 생물학적 기초자료를 얻고자 자극방법별 효과와 난발생 및 유생사육에 미치는 수온의 영향에 관하여 실험한 결과, 자극방법별 산란유발은 정자현탁액 첨가구에서 가장 많은 산란량과 높은 수정율을 나타냈고, 난발생 및 유생사육의 각 단계에 이르기까지의 수온(T, ℃)에 따른 발생 속도(h, 시간)는 수온이 높을 수록 빨랐으며, 그 관계식은 다음과 같다.

담류자기 :  $1/h = 0.0069T - 0.0950$  ( $r = 0.9447$ )  
 D형 유생 :  $1/h = 0.0006T - 0.0045$  ( $r = 0.9288$ )  
 초기 각정기 유생 :  $1/h = 0.0002T - 0.0019$  ( $r = 0.9358$ )  
 후기 각정기 유생 :  $1/h = 0.0002T - 0.0022$  ( $r = 0.9868$ )  
 부착기 유생 :  $1/h = 0.0001T - 0.0013$  ( $r = 0.9897$ )

또한 바윗굴의 수온과 난발생 속도와의 관계에서 추정된 난발생의 생물학적 영도는 평균 10.96℃였으며, 수온별 유생사육시 바윗굴의 생존율은 24℃에서 6.8%로 가장 좋았다.

## 참고문헌

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. Ecol.*, **96**: 1-13.

Helm, M.M. and Millican, P.F. (1977) Experiment in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*, **11**: 1-12.

Helm, M.M. and Laing, I. (1987) Preliminary observations on the nutritional value of Tahiti Isochrysis to bivalve larvae. *Aquaculture* **62**: 281-288.

Hirata, T. (1987) Succession of sessile organisms on experimental plates immersed in Maveta Bay, Izu Peninsula, Japan. II. Succession of invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **38**: 25-35.

His, E., Robert, R. and Dinet, A. (1989) Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Biology*, **100**: 455-463.

Iwata, K. S. (1949) Artificial discharge of reproductive substances by 490 K-salts injection in *Macraa veneriformis*. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish* **13**: 188-192.

Kinoshita, C. (1989) Thermal tolerance of eggs and larvae of Japanese surf clam, *Pseudocardium sachalinensis* (Schrenck). *Suisanzoshoku*, **37**(1): 9-14.

Loosanoff, V.L. (1951) Culturing phytoplankton on a large scale. *Ecology*, **32**: 748-750.

Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve mollusks. *Adv. Mar. Biol.*, **1**: 1-136.

Walne, P.R. (1974) Shell fish culture. In: *Sea Fisheries Research*. (ed. by Jones, F.R.H.). 426 pp. Elek, London.

강경호, 방극순, 이좌형, 유성규 (1993) 보라성게, *Anthocardia crassispina*의 산란유발, 유생사육 및 채묘에 미치는 수온과 염분의 영향. *수전연보* **48**: 157-166.

농림부 (1996) 농림수산통계연보. 478 pp. 삼정인쇄, 서울

유성규 (1995) 전해양식. 626 pp. 신흥출판사, 부산.

유성규, 강경호 (1995) 김굴, *Crassostrea rivularis*의 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향. *한국패류학회지*, **11**(2): 165-170.