

## 강굴, *Crassostrea rivularis*의 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향

유 성 규 · 강 경 호\*

부산수산대학교 양식학과, \*농림수산진흥원 포항수산종묘배양장

### Influence of Water Temperature and Salinity on Egg Development and Larvae Rearing of Oyster, *Crassostrea rivularis*

Sung Kyoo Yoo and Kyoung Ho Kang\*

Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea  
\*Pohang Hatchery, National Fisheries Development and Research Agency, Pohang Kyongbuk  
795-920, Korea

#### -Abstract-

In order to obtain the basic data for the effective seed production in oyster, *Crassostrea rivularis*, rearing experiments of the oyster larvae were conducted from July 15 to August 25.

Effects of environmental factors such as water temperature and salinity on egg development and larvae rearing were investigated.

The relationships between the water temperature (T, °C) and the required time (h, hour) in each egg developmental stage were given as follows :

Up to D shaped stage :  $1/h = 0.0017T - 0.0033$  (r=0.9882)

Up to early umbo stage :  $1/h = 0.0003T - 0.0044$  (r=0.9496)

Up to post umbo stage :  $1/h = 0.0002T - 0.0028$  (r=0.9918)

Up to full grown stage :  $1/h = 0.0001T - 0.0011$  (r=0.9997)

The highest survival rate was obtained at 24°C of water temperature.

In case of salinity their tolerance range was from 10‰ to 37‰ and the highest survival rate was showed at 20‰ salinity.

#### 서 론

굴은 글리코겐, 베타민, 탄백질 등 각종 영양소를 함유하고 있어 옛날부터 기호식품으로 많이 애용되어 왔으며 최근에는 수출품으로 각광을 받고 있는 수산물로

서 중요한 위치를 차지하고 있다(柳, 1988).

우리나라의 굴양식 생산량은 연간 20만톤 이상으로 패류양식 생산량중 최고를 보이고 있으나 연안 오염의 확산과 대규모 간척에 의한 어장의 상실, 굴양식장의 밀식 및 연작에 의한 자가오염 등으로 생산량이 점차 감소하고 있어 1994년의 경우 17만톤 정도의 생산을 보였을 뿐이다(Fig. 1, 농림수산부, 1995). 따라서 굴의

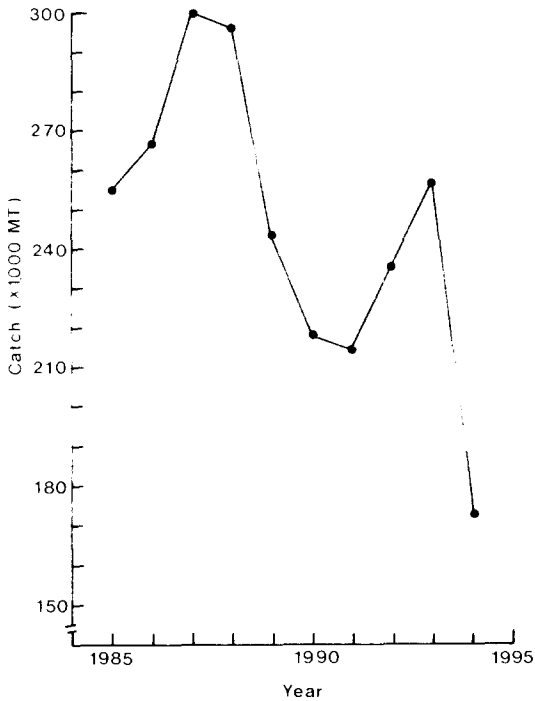


Fig. 1. Annual variation of quantity in catches of oyster from 1985 to 1994 in Korea.

자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위해서는 자원 동태의 파악과 기초생물학적인 연구가 뒤따라야 하며, 더 나아가서는 인공종묘 생산 기술을 개발하여 본종의 생산증대 및 산업적 가치를 높일 필요성이 제기된다.

굴의 양식기술을 개발하기 위해서는 우선적으로 어미의 확보 및 산란유발, 난발생 및 유생사육 등에 관한 기초적인 자료가 필요하게 된다. 이와 관련하여 굴류 중 산업적인 가치가 높아 양식기술 개발이 필요하다고 생각되는 장굴, *Crassostrea rivularis*에 관한 기존의 연구 결과들을 살펴보면 Lee(1988)가 장굴의 분류학적 특징에 관하여 언급하였고 Allen 등(1993)과 Allen 및 Gaffney (1993)가 유전학적인 교차수정의 가능성에 대해, 또 Breese 및 Malouf(1977)가 유생의 최적염분 등에 관하여 연구한 바 있다. 그러나 이상과 같은 연구는 장굴의 난발생 및 유생사육에 있어 환경요인이 미치는 영향에 대해서는 구체적인 언급이 뒤따르지 못하고 있다. 즉 장굴의 수온별 발생속도 및 유생사육에 대해서는 체계적으로 연구되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 점들을 구명하

여 장굴 종묘생산에 관한 과학적이고도 효율적인 기초 자료를 얻었기에 보고한다.

### 재 료 및 방 법

채란용 어미는 경상남도 사천시 곤양면 가산리에 위치한 가화천 하구에서 채집한 장굴 모패로 크기와 활력이 비슷한 개체를 포항수산종묘배양장 사육실로 운반하여 1995년 7월 15일부터 동년 8월 25일까지 실험하였다.

산란유발은 생식소 절개에 의한 인공수정 방법으로 하였고 산란량의 조사는 채취된 난에 충격이 가지 않도록 물을 충분히 교반시켜 난의 분산을 유도한 후 300 ml 비이커를 이용하여 난수를 계수하였으며 이와 같은 방법을 3회 반복하여 얻은 평균치를 수조내 해수 용적에 곱하여 산정하였다.

수정란의 난발생 및 유생사육 과정에 대한 조사는 각 수온구별로 1 ml 당 1개의 밀도로 수용한 뒤 한시간 간격으로 광학현미경하에서 관찰하였다.

수온별 실험은 20, 24, 28 및 30℃의 4단계 수온구로 설정하였고 염분농도별 실험은 5, 10, 20, 30, 33, 37 및 40‰의 7단계 실험구로 나누어 실시하였다.

유생사육시 공급할 먹이생물은 연속 통기배양법으로 순수배양된 *Pavlova lutheri*였으며, 사용시의 접종일시는 접종후 7일이 경과한 것으로 부화후 경과일수에 따른 먹이공급량은 후기 각정기 유생에 달하기 전까지 매일 3,000세포씩 증가하였고, 성숙 부유유생기에서는 ml당 50,000세포로 공급하였다.

### 결 과

장굴의 수온별 초기 발생 속도를 파악하기 위한 중요한 단계는 Fig. 2와 같이 수정란(58 μm), D형 유생(평균 각장 80.0 x 75.0 μm) 초기 각정기 유생(평균 각장 156.2 x 170.5 μm), 후기 각정기 유생(평균 각장 210.3 x 225.0 μm) 및 성숙유생(평균 각장 300.2 x 317.2 μm)으로 구분하였는데 하루정도 지나면 면반의 발달과 함께 자유유영을 하면서 먹이 섭취를 활발히 하였다.

Table 1은 각 수온구별로 수정란에서부터 각 발생단계에 이르기까지의 소요시간을 나타낸 것으로써 D형 유생까지의 소요시간은 20℃에서 30시간, 30분정도 걸

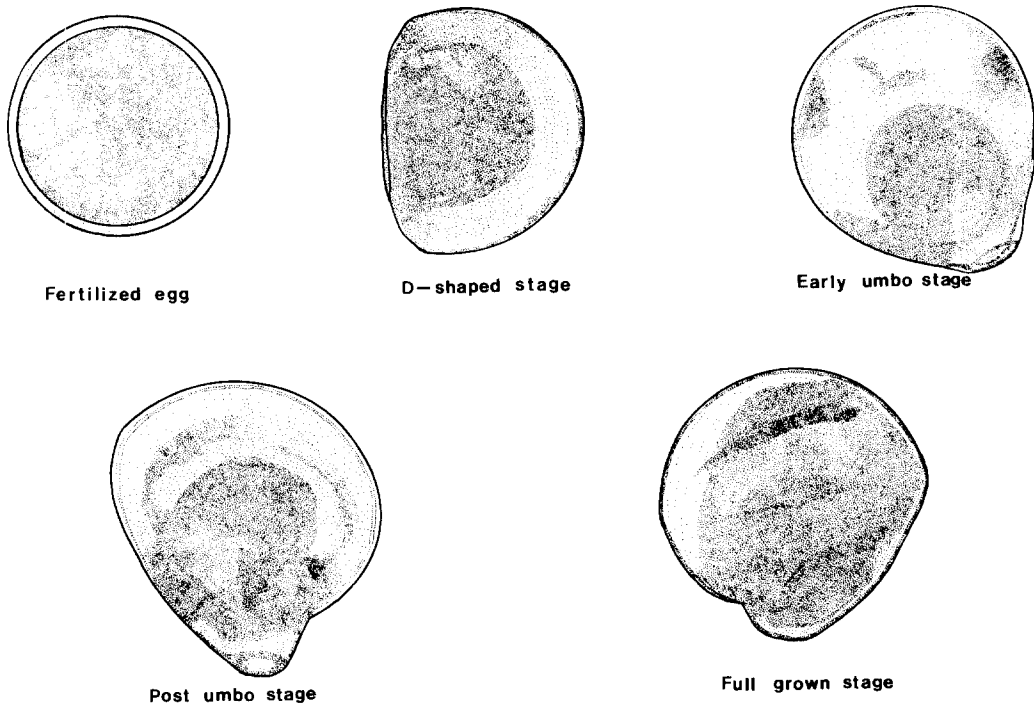


Fig. 2. Developmental stages of *Crassostrea rivularis*.

린 반면, 24℃에서 25시간, 30℃에서는 20시간이 소요되었다. 성숙유생까지의 소요시간은 20℃일 때 약 31일, 24℃일 때 22일, 28℃일 때 18일이 걸렸으나 30℃에서는 11일 이후에 전량 폐사하였다. 이를 도식화하여 나타내 보면 Fig. 3과 같은데 각 발생단계별 소요시간(h)과 수온(T)에 대한 관계식으로 표시할 수 있다. 즉 y축은 시간의 역수이며 x축은 수온으로서, 부화까지의 각 수온별 경과시간은

$$\text{D형 유생} : 1/h = 0.0017T - 0.0033 \quad (r = 0.9882)$$

$$\text{초기 각정기 유생} : 1/h = 0.0003T - 0.0044 \quad (r = 0.9496)$$

$$\text{후기 각정기 유생} : 1/h = 0.0002T - 0.0028 \quad (r = 0.9918)$$

$$\text{성숙유생} : 1/h = 0.0001T - 0.0011 \quad (r = 0.9997)$$

인 식으로 나타냈다. 이를 보아 수온이 높을수록 발생 소요시간이 짧아지고 있으며, 이 관계식에 의해 y축이 0일 때의 온도를 구하여 본 강굴의 난발생에 있어서 발생의 전선을 보이지 않는 생물학적 영도의 평균은 10.4℃였다

Fig. 4는 각 발생단계에 이르는 소요시간에 대한 수

온, 시간적산치의 직선회귀 관계를 발생 수온별로 보여주는 것으로 x축은 시간온, 좌측의 y축은 각 발생수온에서 생물학적 영도를 넘어선 수온의 시간적산치이고, 우측의 y축은 각 발생단계의 범위를 표시하였다.

Table 1. Relationships between water temperature and time (hours) required to each developmental stage from spawning

Stage	WT (°C)			
	20	24	28	30
D shaped	30.50	24.75	22.25	19.58
Early umbo	430.75	242.92	245.01	161.42
Post umbo	605.75	333.58	290.12	269.66
Full grown	761.25	550.66	437.50	

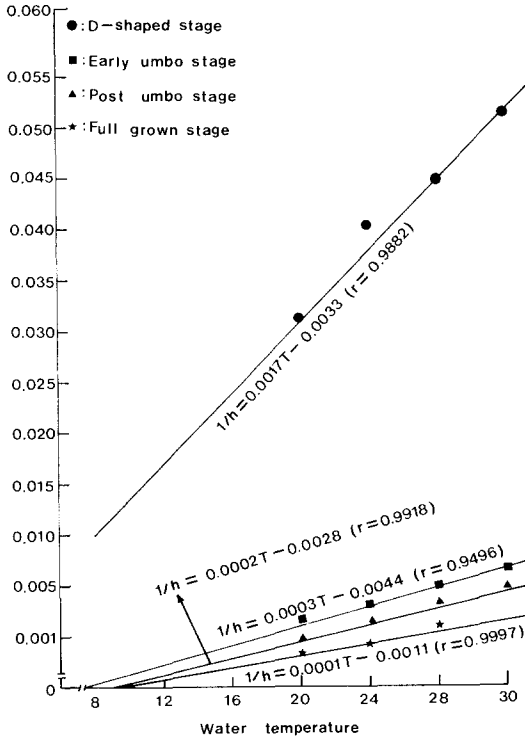


Fig. 3. Relationships between water temperature and time required to each developmental stage after spawning.

Table 2는 수온별 유생사육시 각 발생단계에 대한 생존율로서 D형 유생의 경우 24℃를 정점으로 수온이 높을수록 생존율이 떨어졌으며, 30℃의 경우 후기 각장기 유생 초기에 전량 폐사하였다.

Table 2. Variations of survival rate (%) of *Crassostrea rivularis* larvae reared at various water temperature

Stage	WT (°C)			
	20	24	28	30
D shaped	8.6	21.4	18.6	2.8
Early umbo	5.0	16.4	10.6	1.0
Post umbo	3.8	10.6	8.8	0.1
Full grown	0.1	4.8	2.7	

Table 3은 상굴의 난발생시 상한 및 하한 임분농도

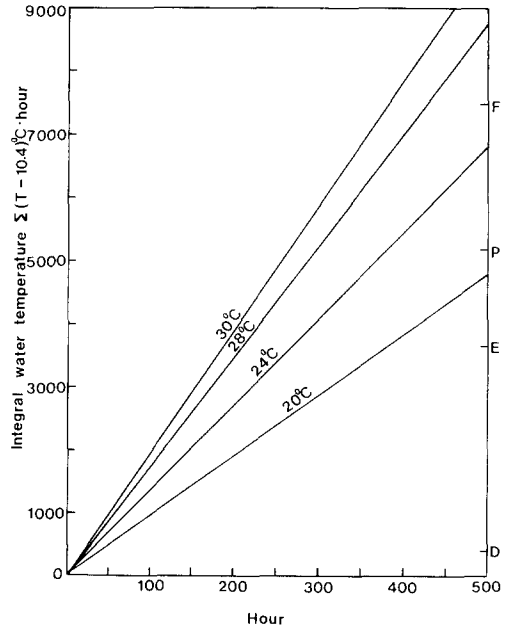


Fig. 4. Relationships between time required to developmental stage and integral water temperature. D : D-shaped stage, E : Early umbo stage, P : Post umbo stage, F : Full grown stage.

에 대한 생존율을 나타냈는데, 10~37% 범위의 시험구에서는 정상적으로 발생을 하였으나, 5%와 10%구에서는 실험개시 12시간 이전에 모든 개체가 폐사하였다.

## 고찰

Loosanoff(1951)와 Walne(1974)은 패류의 유생사육시 가장 중요한 환경요인은 수온이라고 하였고 Kinoshita(1989)도 유생의 부유기간이 수온에 의해 영향을 가장 많이 받는다고 하였다. 또한 Breese 및 Malouf(1977)는 강굴의 유생사육시 최적수온은 28℃라 하였고 His 등(1989)은 참굴의 경우 30℃가 가장 좋다고 하였으며 Helm 및 Millicial(1977)은 28℃라 하여 연구자에 따라 차이를 보이고 있다. 본 연구의 경우 30℃구에서는 후기 각장기 유생기에 전량 폐사하였고 28℃에서는 성숙유생 단계까지의 소요시간과 생존율은 18일과 2.7%였던 반면 24℃에서는 22일, 4.8%, 20℃구

**Table 3.** Development performance of D shaped larvae with time elapsed at various salinities

Time elapsed Salinity (‰)	0		12		24		36	
	Stage developed	No. of larvae	Stage developed	No. of larvae	Stage developed	No. of larvae	Stage developed	No. of larvae
5	FE	30	2 Cell					
10	FE	30	Veliger	12	D shaped	9	D shaped	5
20	FE	30	Veliger	26	D shaped	22	D shaped	19
25	FE	30	Veliger	26	D shaped	22	D shaped	18
32	FE	30	Veliger	23	D shaped	18	D shaped	14
37	FE	30	Veliger	16	D shaped	12	D shaped	10
40	FE	30	8 Cell					

FE : Fertilized egg.

에서는 30일과 0.4‰를 모임으로서 강굴 유생사육시 적정수온은 24~28°C 범위가 적당하다고 생각된다.

강굴 초기발생의 생물학적 영도를 Fig. 3에 의해 산출한 결과 10.4°C였는데, 이러한 점으로 보아 강굴의 유생은 저수온에 강한 반면 고수온에는 약한 종이라고 판단된다. 그리고 난발생이 가능한 상한과 하한 수온 범위 내에서는 발생속도가 수온과 밀접한 정상관계를 보이고 있어(Fig. 3), 수온상승에 비례하여 난발생 속도는 빨라지는 것으로 판단된다. 이는 생체반응의 온도 의존성에 관한 지표로서의  $Q_{10}$ 의 법칙에 부합되는 결과로 인정된다. 한편 난발생속도에 대한 관계식과 생물학적 영도를 이용하여 도출된 D형 유생, 초기 각정기 유생, 후기 각정기 유생 및 성숙유생에 대한 각각의 적산수온으로써 각 발생수온별 채묘까지의 소요 시간을 손쉽게 알아 볼 수 있음으로서(Fig. 4), 양식현장에서 중요생산시 예정 채묘시각을 산출할 수 있어 중요생산의 공식화를 기할 수 있는 자료로 이용할 수 있다고 생각된다.

수온별 유생사육시 염분농도는 모래를 채집한 가화천 하구의 염분도 20‰와 같게 하였는데, 이와 병행하여 강굴 유생의 염분내성 실험결과(Table 3) 20~25‰ 사이의 염분농도에서 가장 좋은 생존을 보였다. 이러한 결과는 Breese and Malouf(1979)가 보고한 17~20‰와도 비슷한 범위로서 강굴 유생사육시 적정 사육염분도는 20‰ 내외라고 판단된다.

## 요 약

강굴의 효율적인 중요생산을 위한 생물학적 기초자료를 얻고자 난발생 및 유생사육에 미치는 환경요인으로서 수온과 염분의 영향에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 유생사육의 각 단계에 이르러까지의 수온(T, °C)에 따른 발생속도(h, 시간)는 수온이 높을수록 빨랐으며 그 관계식은 다음과 같다.

$$D\text{형 유생} : 1\text{h} = 0.0017T - 0.0033 \quad (r = 0.9882)$$

$$\text{초기 각정기 유생} : 1\text{h} = 0.0003T - 0.0041 \quad (r = 0.9496)$$

$$\text{후기 각정기 유생} : 1\text{h} = 0.0002T - 0.0028 \quad (r = 0.9918)$$

$$\text{성숙유생} : 1\text{h} = 0.0001T - 0.0011 \quad (r = 0.9997)$$

2. 유생사육시 수온과 난발생속도와의 관계에서 추정된 난발생의 생물학적 영도는 평균 10.4°C였다.

3. 강굴의 난발생이 가능한 하한 및 상한 염분농도는 10‰와 37‰였다.

## 참 고 문 헌

- Allen, Jr., S.K., Gaffney, P.M., Scarpa, J. and Bushek, D. (1983) Inviabile hybrids of *Crassostrea virginica* (Gmelin) with *C. rivularis* (Gould) and *C. gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, 113: 269-289.

- Allen, Jr., S.K. and Gaffney, P.M. (1993) Genetic confirmation of hybridization between *Crassostrea gigas* (Thunberg) and *Crassostrea rivularis* (Gould). *Aquaculture*, **113**: 291-300.
- Breese, W.P. and Malouf, R.E. (1977) Hatchery rearing techniques for the oyster *Crassostrea rivularis* Gould. *Aquaculture*, **12**: 123-126.
- Helm, M.M. and Millican, P.F. (1977) Experiment in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*, **11**: 1-12.
- 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.
- Kinoshiita, 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.
- Walne, P.R. (1974) Shellfish culture. In: Sea fisheries research. (ed. by Jones, F.R.H.), pp. 379-398. *Elek, London*.
- 농림수산부 (1995) 1994년 12월 어업생산량통계. 111 pp. 통양문화, 서울.
- 柳晟範 (1988) 천해양식. pp. 86-162. 새로출판사, 부산.