Journal of Aquaculture 10 (2) : 97~103 (1997)

바윗굴, *Crassostrea nippona* 유생기의 사육조건과 성장

유성규 · 박흠기*

부경대학교 양식학과, *강릉대학교 해양생명공학부

Culture Condition and Larval Growth of the Oyster, *Crassostrea nippona*

Sung Kyoo Yoo and Heum Gi Park*

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
**Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung, 210-702, Korea*

Larval growth of the oyster, *Crassostrea nippona*, was investigated at the different conditions such as water volume, depth of culture vessel and initiative feeding time at 23℃. As a result, morphological changes were occurred during the early larval growth. That is, shell length was higher than shell height at the time of D-shaped larvae. Later, the length became equal to the height when their shell length reached 127 μm and then shell height increased rapidly. Some of pediveliger larvae with the size of 360 μm in shell length and 385 μm in shell height began to temporarily settle on the substrate after 18 days. The result also indicated that the depth of culture vessel turned out to be an important factor rather than water volume for the larval growth. The first feeding time of oyster larvae appeared to be the first day after fertilization.

Key words : Oyster, *Crassostrea nippona*

서 론

우리 나라에서 양식하고 있는 굴의 종류는 내만성으로 성장이 빠르고 번식이 왕성한 참굴(*Crassostrea gigas*)이다. 그러나 우리나라의 굴 양식고는 1987년 최고 29만 여톤이던 것이 매년 감소하여 1994년에는 17만 여톤이 생산되었다(농림수산 통계연보, 1995). 이러한 굴 양식의 생산량 감소는 도시화 및 산업화에 따른 육지로부터 생활하수와 산업폐수의 유입으로 인한 내만의 부영양화와 내만 양식의 밀식으로 인한 자가오염 등에서 그 원인을 찾을 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안은 여러 가지로 생각해 볼 수 있겠으나, 이들중 한가지는 부영양이나 오염 등의 영향이 적은 외해에서 양식하는 일이다. 외해에서 서식하는 굴류 중, 바윗굴(*Crassostrea nippona*)은 대형 종으로 산업적 가치가 높은 양식 유망종이라 할 수 있다. 따라서 바윗굴의 양식기술을 개발하기 위해서는 유생사육에 관한 기초적인 자료가 필요로 하지만, 이 종류에 관한 연구는 무척추 동물의 부착생태에 관한 연구(Hirata, 1987)뿐이다.

그러므로 본 연구는 실내 사육을 통한 바윗굴의 유생 발생과정과 유생기의 알맞은 사육조건 중에서 기본이 되는 먹이 공급시기 및 사육 용기의 크기, 특히 용량과 깊이에 따른 유생의 성장을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 바윗굴은 통영시 욕지면 서삼리 유동부락 연안산으로서 성숙한 어미굴 이었으며 그 크기는 각장 8.7± 1.0 cm, 각고 14.8± 3.9 cm 및 전 중량 502± 115 g 내외의 만 3년생 이었다.

실험기간은 1996년 7월 8일부터 9월 11일까지였으며 채집된 sample은 부경대학교 수산과학연구소 패류사육실로 수송하여 실험을 하였다. 성숙한 어미굴의 생식소를 절개하여 채란 · 채정한 후 인공 수정시켜 얻은 수정란을 10 ℓ 유리수조에 수용하여 난 발생과정을 조사하였다. 이때 사용한 해수는 크기 1 μm의 정밀여과기로서 여과한 후 멸균 처리하여 사용하였으며 수온은 23.0℃로 설정하였다.

먹이 공급시기에 따른 유생의 성장 및 생존율을 조사하기 위해 먹이 공급 시기를 수정후 만 1일, 2일, 3일, 4일 그리고 대조구인 무공급구로 나누어 10일간 조사하였다. 유생사육은 2 ℓ 유리수조에서 실시하였으며 매일 사육해수를 환수하였고 산소 공급과 사육해수의 유동을 위해 aeration해 주었다. 유생의 초기밀도는 mℓ 당 1개체로 하였고 수온은 23.0± 0.3℃로 유지하였다. 사육해수는 여과기로 여과한 후 멸균 처리한 것을 사용하였다.

사육용기의 크기, 특히 용량과 깊이에 따른 유생의 성장실험은 Table 1과 같이 3가지 사육용기에서 10일간(10 ℓ 사육용기는 22일간) 조사하였다.

Table 1. Dimension of culture vessel

Volume (ml)	Depth (cm)	Diameter (cm)	Remark
300	9	9	Globular form
2,000	9	20	Cylinder form
10,000	20	28	Cylinder form

사육용기의 크기가 0.3 ℓ, 2 ℓ인 것은 수심이 9 cm이였으며 10 ℓ인 것은 수심이 20 cm이였다.

이때의 유생사육조건은 먹이공급시기에 따른 실험과 동일하였다.

유생의 먹이는 부경대학교 한국해양미세조류은행에서 분양 받은 *Isochrysis galbana*를 부경대학교 수산과학연구소 먹이 생물 배양실에서 f/2 배지를 사용하여 배양하였다.

먹이 공급 횟수와 양은 매일 5,000 cells/mℓ 였으나, 10 ℓ사육용기에서는 유생사육 10일 이후부터 2일 간격으로 환수한 다음 공급하였고, 10일부터 16일까지는 10,000 cells/mℓ, 18일 이후부터는 20,000 cells/mℓ씩 공급하였다.

모든 실험은 2회 반복 실시하였다. 유생의 발생 및 성장에 따른 발달과정은 microphotography (Olympus-BX40)를 사용하여 사진 촬영하여 비교하였으며, 유생의 성장과 생존율은 매 2일 간격으로 유생 20마리(단 0.3 ℓ용기의 유생은 10마리)를 기준으로 하여 현미경하에서 micrometer로 각장과 각고를 측정하였다. 생존율은 현미경하에서 유생의 생사를 구분하여 판정하였다. 실험결과는 SPSS for window를 사용하여 One-way ANOVA를 실시하였으며 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

바윗굴 유생의 발생경과에 따른 형태변화는 수온이 23.0℃일 때 산란한 다음 수정하여 30분이 지나면 구형으로 되었다(Fig. 1-A). 이 때의 난경은 52.0 μm내외였고, 만 하루가 지나면 패각이 형성되기 시작하였고 2일째 모두 D형 유생으로 되었으며 이 때의 크기는 각장이 56.1 μm, 각고는 46.6 μm (Fig. 1-F)로 나타났다. 7일경까지는 각장이 89.0 μm, 각고가 78.6 μm (Fig. 1-I)로서 각장이 각고보다 훨씬 큰 D형 유생으로 나타났지만 이 이후부터 각정이 발달하기 시작하였고 11일경이 되면 각장이 119.4 μm, 각고는 124.4 μm (Fig. 1-L)로서 이미 각장보다 각고의 크기가 큰 전형적인 각정기 유생으로 되었다.

이후 이와 같은 성장경향이 지속되어 20일경

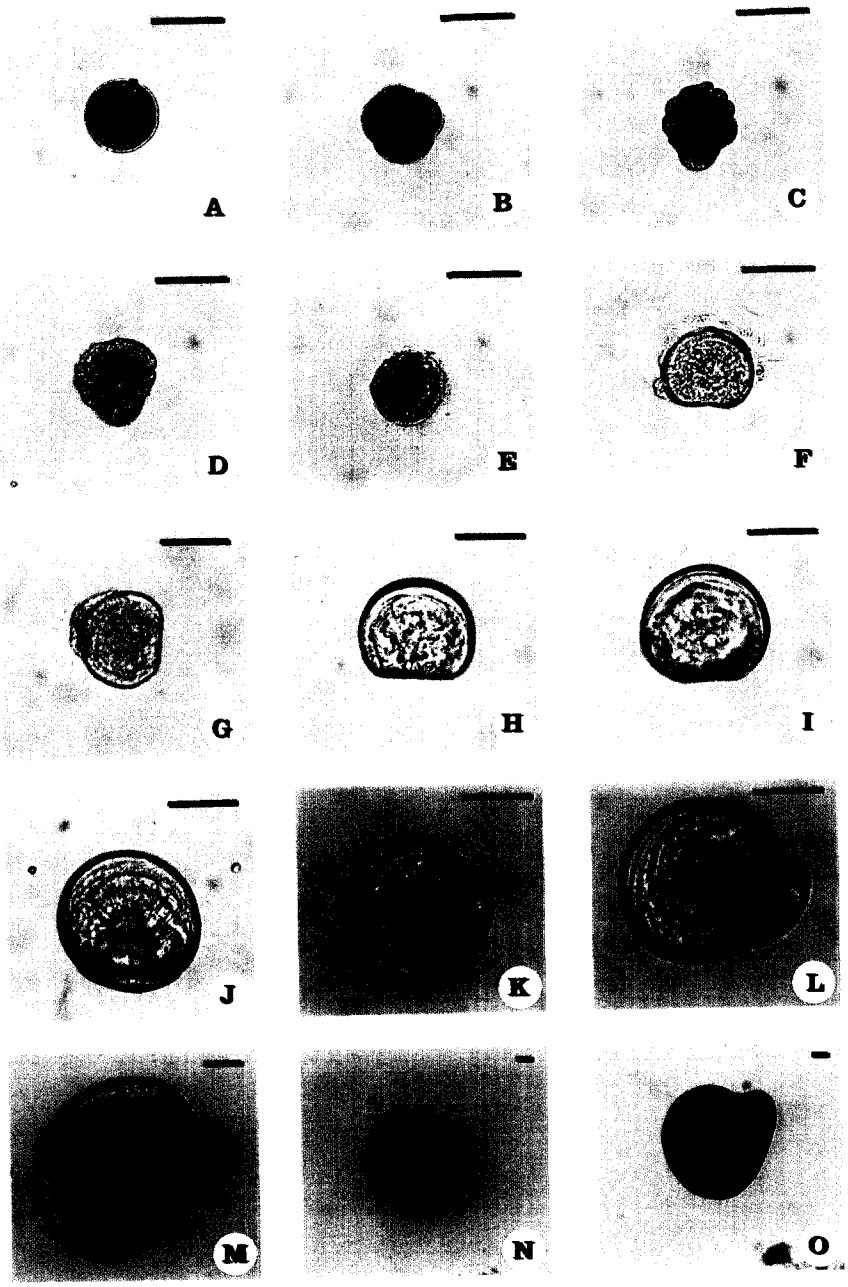

Fig. 1. Early developmental stages of the oyster, *Crassostrea nippona*.
A : An fertilized egg 30 minutes after spawning ; B : Four-cell stage ; C : 32-cell stage ; D : 64-cell stage ; E : Trochophore larva 1 day after spawning ; F~I : D-shaped larva 3, 4, 5 and 7 days after spawing respectively ; J~M : Umbo-stage larva 9, 10, 11 and 16 days after spawning respectively ; N : Full growth larva 20 days after spawning ; O : Settling stage larva 22 days after spawning (Scale bar=50 μm).

에는 각장이 350 μm, 각고가 375 μm (Fig. 1-N)되는 성숙부유유생이 나타났으며, 발생경과가 빠른 것은 이미 발이 아주 발달하여 부착하는 것을 볼 수 있었다. 부착기 유생의 크기는 각장이 360 μm, 각고가 385 μm (Fig. 1-O)이였다.

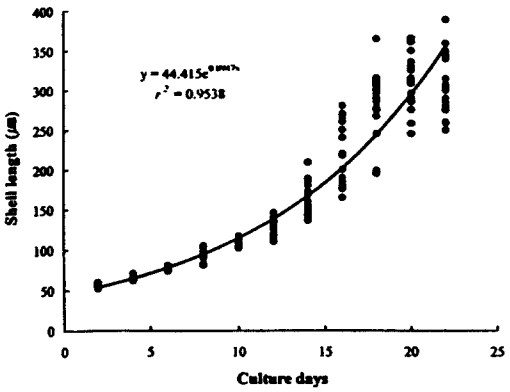

Fig. 2. The growth of shell length (Y) with culture days (X) of the oyster, *Crassostrea nippona*.

부유유생기의 성장은 Fig. 2에서 보는 것과 같이 사육일수(X)에 따른 각장(Y)의 성장 관계식은 $Y=44.415e^{0.0947X}$ ($r^2=0.9538$)로 나타났다. 이와 같이 바윗굴의 부유유생은 D형 유생기까지는 완만한 성장을 보이다가 10여일이 지나 각장의 크기가 100 μm 내외의 각정기로 되면서부터 성장은 급격히 빨라지는 것으로 나타났다.

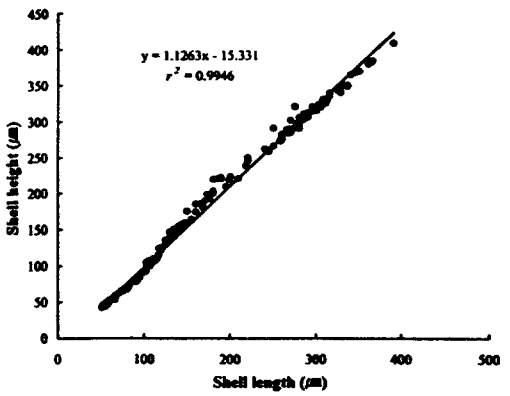

Fig. 3. Relationship between shell length (X) and shell height (Y) of the oyster, *Crassostrea nippona*.

부유 유생기의 각장(X)에 대한 각고(Y)의 상대성장은 Fig. 3에서 나타낸 바와 같이, 그 관계식은 회귀직선인 $Y=1.126X-15.331$ ($r^2=0.9946$)로 표시할 수 있다. 이식에서 각장과 각고의 크기가 같은 것은 121.7 μm로 나타났다.

각장(X)에 따른 각고(Y)의 비가 각장이 성장함에 따른 변화는 Fig. 4에 나타내었다.

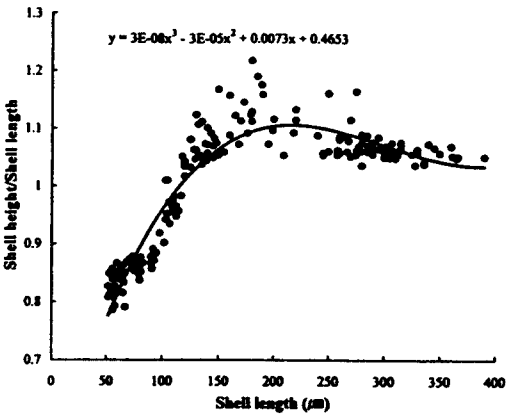

Fig. 4. Relationship between shell length (X) and ratio of shell height/shell length (Y) of the oyster, *Crassostrea nippona*.

즉 부유유생기간 사이의 형태변화는 성장이 완만한 D형 유생기까지는 각장이 각고보다 크지만 성장이 빨라지는 각정기 이후 크기가 121.7 μm을 지나면 언제나 각고가 각장보다 크게 나타났다.

사육용기의 용량과 깊이에 따른 유생의 성장은 Fig. 5와 같다. 사육 4일째까지는 사육 용기의 용량이나 깊이에 관계없이 각장의 성장은 차이가 나타나지 않았다. 그러나 6일째부터는 용량이 10 ℓ이고 깊이가 20 cm인 실험구가 성장이 빠르게 나타나기 시작하여 사육 10일째는 유생의 평균 각장이 108.9 μm로 용량이 2 ℓ와 0.3 ℓ, 깊이가 똑같은 9 cm인 실험구의 평균 각장이 각각 103.7 μm와 102.1 μm보다 높게 나타났다($p<0.05$). 그러나 사육용기의 용량이 2 ℓ와 0.3 ℓ간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

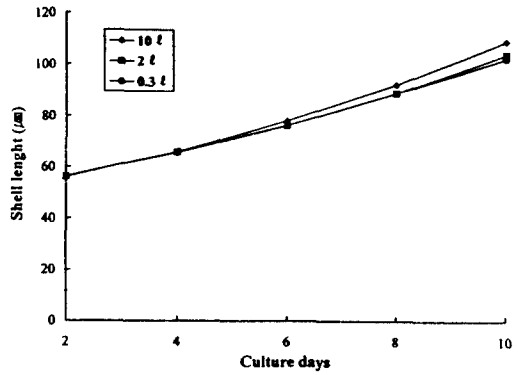

Fig. 5. Larval growth of the oyster, *Crassostrea nippona*, with different water volume of culture vessel.

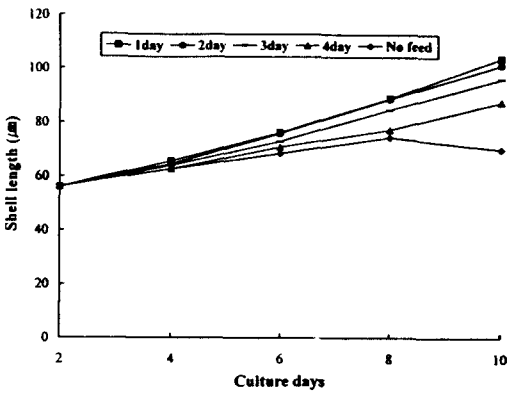

Fig. 6. Larval growth of the oyster, *Crassostrea nippona*, with initiative feeding time after fertilization.

먹이 공급 시기에 따른 유생의 성장은 Fig. 6과 같다. 유생사육 10일째까지의 성장결과는 수정후 만 1일과 2일째 먹이를 공급한 실험구의 각장이 각각 103.8 μm, 101.1 μm로서 전자가 후자보다 약간 크게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다. 수정후 만 3일과 4일 및 먹이를 공급하지 않은 경우 유생의 각장은 96.0 μm, 87.5 μm 및 70.0 μm로 수정후 만 1일과 2일째 먹이를 공급한 실험구와 비교하여 유생의 성장이 낮게 나타났다.

먹이공급시기에 따른 유생의 생존율은 Fig. 7에서 보는 바와 같다. 모든 실험구에서 유생의

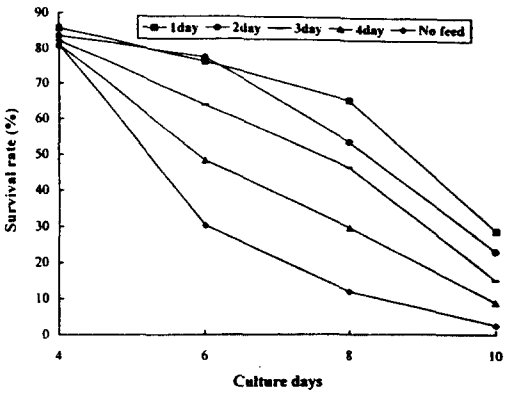

Fig. 7. Survival rate of oyster larvae, *Crassostrea nippona*, with initiative feeding time after fertilization.

생존율은 사육일이 경과하면서 점차 낮아지고 있다. 한편 유생사육 10일째의 생존율은 수정후 만 1일째 먹이를 공급한 것은 28.7%였으나, 만 2일째 먹이를 공급한 것은 23.1%, 만 3일째 먹이를 공급한 것은 15.3%, 만 4일째 먹이를 공급한 것은 9.0% 및 먹이를 공급하지 않은 것은 2.6%로 매우 낮게 나타났다. 이와 같이 수정후 만 1일째 먹이를 공급한 것이 생존율이 가장 높게 나타났고 먹이 공급 시기가 늦을수록 생존율도 급격히 낮게 나타났다.

고 찰

바윗굴 부유유생의 성장에 따른 형태 변화는 D형 유생기까지는 각장이 각고보다 크고, 각정기를 조금 지나면서 부터 언제나 각고가 각장보다 크게 나타났다(Fig. 4)

이와 같은 변화는 같은 속에 속하는 참굴의 발생에 따른 형태변화(鴨脚 · 大島, 1931)와 유사하게 나타났지만 크기에서는 차이가 있었다. 각장과 각고의 크기가 같은 때의 크기는 바윗굴의 경우 121.7 μm인데 비해 참굴은 95.0 μm이였으며(許, 1993), 처음 부착하기 시작하는 유생의 크기는 바윗굴의 경우 각장이 360.0 μm인데 비해 참굴은 300.0 μm로 나타났다(堀, 1926).

이와 같이 부유 유생의 크기는 참굴보다 바윗

굴이 현저하게 크다는 것을 알 수 있다. 바윗굴 부유 유생의 성장에 따른 형태 변화는 D형 유생기까지는 각장이 각고보다 크지만, 각정기 이후 그 크기가 121.7 μm일 때 각장과 각고의 크기가 같고 이 이후부터는 언제나 각고가 각장보다 크게 나타났다. 참굴의 부유유생기간은 23.1℃인 경우 22일(今井 · 畑中, 1949), 21.0℃인 경우 22일(許, 1993)이 소요되었다고 하였으나 수온 23.0℃에서 사육한 본 실험의 바윗굴은 18일로서 짧은 편이었다.

전자와 본 실험은 사육수온이 비슷하나 부유유생기간이 크게 다른 것은 종류가 다르다는 것도 고려되나, 유생의 사육밀도, 먹이의 종류 및 먹이 공급량 등과 같은 사육조건이 다르기 때문(柳, 1969a)이라고 생각된다. 후자와 본 실험은 사육수온이 다르나 수온 이외의 사육조건은 유사하였다. 그러나 부유유생기간이 다르게 나타난 것은 부유유생의 부유기간이 수온의 영향을 많이 받기 때문(吉田, 1953 ; Kennedy et al., 1974 ; Beaumont and Budd, 1982)이라고 생각된다.

부유유생기의 성장은 D형 유생기까지는 완만한 성장을 보이다가 각정기 이후 즉 각정 팽출이 시작한 다음부터 급격히 빨라지는 경향을 보였다(Fig. 2). 이와 같은 이유는 유생들의 소화관 완성과 그 기능의 발달 및 각정 팽출과 시기적으로 일치하기 때문에 유생의 생활기능향상의 결과(柳, 1969b)라고 생각된다.

사육용기의 용량과 깊이(Table 1)에 따른 유생의 성장은 사육초기인 4일경까지 사육용기의 크기나 깊이에 관계없이 큰 차이가 없는 것(Fig. 5)은 초기 D형 유생기까지의 성장이 완만하게 늦다는 사실(Fig. 2)과 관계가 크다고 생각되어진다.

사육초기를 지나 그 다음부터는 사육용기의 용량이 20 ℓ이고 깊이가 20 cm인 용기에서 사육한 유생의 성장은 빠르지만, 용량이 2 ℓ와 0.3 ℓ이고 깊이는 똑같은 9 cm인 용기에서 사육한 유생의 성장은 거의 비슷하게 늦게 나타났다(Fig. 5).

이와 같이 사육용기에 따른 바윗굴 유생의 성장은 사육용기의 용량보다도 사육용기의 깊이에 따라 그 영향이 크다고 생각할 수 있다.

이와 같은 사실은 조개류 부유유생의 좋은 사육조건 중 하나는 사육 용기 안의 사육수가 고르고 알맞게 유동해야 한다는 것을 고려한다면 이 조건을 효과적으로 충족시키는 것이 사육용기의 깊이가 얕은 것보다 깊은 것이기 때문이라고 생각되어진다.

먹이를 공급한 시기에 따른 10일째까지의 유생의 성장은 수정후 만 1일과 2일째 먹이를 공급한 것은 전자가 다소 크지만 유의적인 차이는 없었다. 그러나 만 3일째 이후 먹이를 공급한 것과 먹이를 공급하지 않은 것은 모두 만 1일째 먹이를 공급한 것에 비교하여 성장이 늦게 나타났고, 먹이 공급이 늦을수록 성장은 늦어지며, 특히 먹이를 공급하지 않은 것은 초기 D상 유생기의 크기와 비슷하여 거의 성장하지 않았다(Fig. 6). 먹이공급시기에 따른 10일째까지 유생의 생존율은 수정후 만 1일째 먹이를 공급한 것이 28.7%로 가장 높고, 2일째 23.1%, 3일째 15.3%, 4일째 9.0%로 먹이 공급 시기가 늦어질수록 그 생존율이 낮아졌으며, 특히 먹이를 공급하지 않은 것은 생존율이 2.6%로 현저히 낮았다(Fig. 7).

이와 같은 결과는 참굴, 버지니아굴(*Crassostrea virginica*) 및 강굴(*Crassostrea rivularis*)의 유생사육결과(Standish et al., 1993)와 비교할 경우 참굴과 버지니아굴 유생의 생존율보다 다소 낮고 강굴보다는 다소 높았다.

본 연구 결과인 바윗굴 유생의 생존율과 이들 유생의 생존율에 있어서 차이는 종류가 다르다는 점과 아울러, 본 연구에서는 *Isochrysis galbana*를 ml당 5,000세포씩 먹이로 공급했으나, Standish et al. (1993)의 연구에서는 이 먹이 외에 *Chaetoceros calcitrans*를 함께 섞어서 ml 당 30,000세포씩 먹이로 공급했다는 등 사육조건이 서로 달랐기 때문이라고 생각된다.

한편 본 연구 결과는 참굴 유생을 대상으로 하여 일시적인 기아상태와 수정후 만 1일이 지난 다음 매 1일 간격으로 먹이를 공급했을 때의

생존율을 조사한 결과(His and Seaman, 1992)와 거의 유사한 경향을 보였다.

이와 같이 먹이를 공급하는 시기는 대체적으로 수정후 만 1일째 공급하는 것이 좋고 늦더라도 만 2일 이전에 공급해야 한다고 생각되어진다.

요 약

바윗굴 유생 사육의 기본문제가 되는 먹이 공급시기 및 사육용기의 용량과 깊이에 따른 유생 사육을 수온 23℃ 조건하에서 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

바윗굴 유생의 성장에 따른 형태변화는 D형 유생기에는 각장이 각고보다 크게 나타났다. 그러나 각장의 크기가 121.7 μm일 때 각고의 크기가 같게 나타났으며 이 이후 각고가 각장보다 큰것으로 나타났다.

각장 360 μm, 각고 385 μm 내외인 성숙 부유유생은 18일경부터 일시적으로 부착하는 개체가 나타났다.

사육용기에 따른 바윗굴 유생의 성장은 사육용기의 용량보다도 사육용기의 깊이에 많은 영향을 받았다.

유생에게 먹이를 공급하는 시기는 수정후 만 1일에 공급하는 것이 좋은 성장을 보였다.

참 고 문 헌

Beaumont, A. R. and M. D. Budd, 1982. Delayed growth of mussel (*Mytilus edulis*) and scallop (*Pecten maximus*) veligers at low temperature. Mar. Biol., 71 : 79－100.

Hirata, T., 1987. Sucession of sessile organisms on experimental plates immersed in Nabeta Bay, Izu Peninsula, Japan. 2. Succesion of invertebrates. Univ. Tsukuba, Inst. Biol. Sci., 38 : 25－35.

His, E. and M. N. L. Seaman, 1992. Effects of temporary starvation in the survival, and on subsequent feeding and growth of oyster (*Crassostrea gigas*) larvae. Mar. Biol., 114 : 277－279.

Kennedy, V. S., W. H. Roosenburg, M. Castagna and J. A. Mihursky, 1974. Temperature-time relationships for survival of embryos and larvae of *Mulinia lateralis*. Mar. Biol., 24 : 137－145.

Standish K. A., P. M. Gaffney, S. John and B. David, 1993. Inviable hybrids of *Crassostrea virginica* with *C. rivularis* and *C. gigas*. Aquaculture, 113 : 269－289.

堀 重藏, 1926. 附着時期に達せるマガキ仔虫及び其稚仔について. 水講試報, 22 : 28－35.

今井丈夫・畑中正吉, 1949. 無色鞭毛篦に依るマガキ(*Ostrea gigas*)の人工飼育. 東北大農研報, 1 : 39－46.

鴨脚土郎・大鳥養布, 1931. 養貝讀本. 水產社, 東京. pp. 130.

吉田裕, 1953. 淺海產有用二枚貝の稚仔の研究. 水講研究業績, 3 : 1－105.

농림수산부, 1995. 농림수산통계연보. 동양문화인쇄주식회사. 서울, pp. 367.

柳晟奎, 1969a. 홍합의 飼育條件과 成長. 韓海誌, 4 : 36－48.

柳晟奎, 1969b. 重要조개류 幼生期의 먹이와 成長. 釜山水大研報, 9 : 65－87.

許永白, 1993. 二枚貝類 8種 幼生의 發生 및 成長에 관한 比較研究. 부산수산대학교 碩士學位論文. 부산, pp. 56.