

## 해삼, *Stichopus japonicus* 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향

李彩成 · 박영제\*

국립수산진흥원 양양내수면연구소

\*강릉수산종묘배양장

## Influence of Food and Density on the Growth and Survival of Sea Cucumber, *Stichopus japonicus*

Chae Sung Lee and Young Je Park\*

Yangyang Inland Fisheries Research Laboratory, National Fisheries Research and  
Development Institute, Kangwon-do 215-820, Korea

\*Kangnung hatchery, NFRDI, Kangnung 210-800, Korea

In order to obtain the basic biological data for artificial seedling production of sea cucumber, *Stichopus japonicus*, the influence of water temperature and air dry for spawning induction, egg development and larvae rearing was investigated during the period from April, 1995 through September, 1995.

Spawning induction rate by the water temperature was 6.0~17.5% and air dry was responded 1.4~4.0%. Number of eggs spawned of *Stichopus japonicus* were  $50\sim500\times10^4$  individuals, the fertilization and hatching rate were ranged 84.0~96.0%, 71.4~84.6%, respectively.

The fertilized egg of *Stichopus japonicus* appeared mean diameter of 154  $\mu\text{m}$ . At a constant water temperature of 23°C, it become 4 cell stage from fertilization after 2 hours 10 minutes, hatching larvae after 14 hours half, auricularia larvae after 3 days, doliolaria larvae after 11 days and pentactula larvae after 15 days ready for settlement.

The suitable food in the larvae reared for 17 days after fertilization were shown the best growth and survival in the larvae food of *Chaetoceros calcitrans*. Optimum density for larvae rearing were maintained of the larval density lower than 2 individuals/ml.

Key words : Sea cucumber, Spawning induction, Egg development, Larvae

### 서 론

해삼(*Stichopus japonicus*)은 오래 전부터 수산식품으로서 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있으며, 우리나라의 전 연안에서 년중 어획되고 있지만 연안어장의 환경오염과 해안매립 등으로 인하여 해삼의 산란장과 서식처가 점차 축소되고 있다.

우리나라에서 해삼의 어업 생산량은 1983년에

3,966톤을 정점으로 계속 감소하여 1990년에는 2,025톤, 1996년에는 1,979톤의 생산량을 보였다(해양수산부, 1997). 그러므로 연안어장의 자원증강을 위해서는 지속적인 자원관리와 인공종묘생산 기술개발이 시급한 실정이다.

해삼에 관한 연구로는 일본의 경우, 형태, 생태 및 양식 등에 관한 종합적인 연구(崔, 1963)와 해삼의 채란법에 대한 연구(石田, 1979), 인공종묘

생산을 위한 유생 사육실험(山本·渡邊, 1981) 및 새끼해삼 사육에 관한 연구(小林·石田, 1984; 山本, 1985) 등 많은 연구가 보고되었으나 우리나라에서는 아직까지 연구보고된 바 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 해삼의 인공종묘생산 기술 개발을 위한 생물학적 기초자료로 이용하고자 산란유발, 유생발달 과정, 유생 사육시 먹이와 수용 밀도에 관한 시험을 실시하였다.

### 재료 및 방법

재료는 1995년 4월부터 동년 9월까지 강원도 강릉시 주문진 앞바다에서 채집한 개체당 평균중량  $156.3 \pm 36.2$  g이었다.

산란기 조사는 매월 30마리씩 무작위로 추출하여 총중량, 연체부 중량, 생식소 중량을 전자저울로 0.1 g 단위까지 측정하였고, 생식소 속도지수(GSI)는 二島(1986)의 방법에 따랐다.

산란유발에 사용된 해삼은 24시간 동안 깨끗한 콘크리트 수조에 수용하여 배설물을 배출시킨 후, 수온자극과 간출자극을 하였는데 수온자극은 폴리카보네이트 수조(0.5 ton)에 흑색 비닐로 차광시킨 후, 히터를 이용하여 사육 수온보다 4~5℃ 높게 자극하였으며, 간출자극은 공기중에 30~40분간 노출시킨 후 해수에 옮겨 방란·방정을 유도하였다. 자극방법에 따라 방란·방정이 이루어지면 즉시 수정시킨 후 수정란을 30 μm 물러가제로 수거하여 깨끗한 여과해수로 3~4회 세란한 뒤 20 l 부화통에 수용하였다.

먹이생물의 종류별 해삼 유생의 성장과 생존을 실험에서는 20 l 부화유생을 2개체/ml씩 수용하였으며, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*의 3종에 대한 먹이효과를 보았다. 유생 사육기간 동안의 먹이공급량은 유생의 성장에 따라  $0.5 \sim 3 \times 10^4$  cells/ml 농도로 점차 증가시켜 주었다.

해삼유생의 성장과 생존에 미치는 수용밀도의 영향을 알기 위하여 20 l 부화유생을 1, 2, 4 및 8개체/ml 밀도로 구분하여 시험하였으며, 먹이

로는 *Chaetoceros calcitrans*를 공급하였다.

사육수의 환수는 매일 1/3정도로 하였고 주기적으로 바닥청소를 하였으며, 유생의 성장과 생존율은 2일 간격으로 만능투영기(Nikon V-12A)로 측정하였다.

## 결 과

### 생식소 속도

해삼의 산란기를 알기 위하여 생식소 속도지수(GSI)를 조사한 결과는 Fig. 1에서와 같이 암컷은 5월에 9.8이었으나, 6월에는 급격히 발달하여 18.9로 최고치에 달하였다. 또한 7월에는 14.1로 약간 감소하다가 8월에는 3.8로 급격히 감소하였으며, 9월에는 1.2로서 생식소가 거의 소실되었다. 수컷은 4월부터 증가하기 시작하여 6월에 7.4로 최고치를 보인 후 7월에는 2.8로 급격히 감소하였고 9월에는 0.8로 거의 소실됨으로써 주문진 앞바다에서 채집한 해삼의 주산란기는 6~7월이었다.

### 산란유발

온도자극과 간출자극 방법에 의한 산란유발 결과는 Table 1에서와 같이 5월 18일에서 8월 11일까지 온도자극을 4회 실시한 결과, 5월에는 반

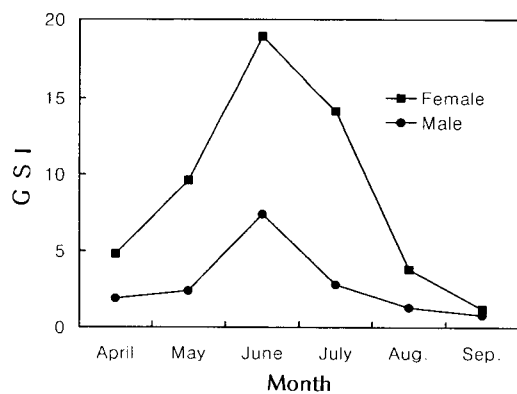


Fig. 1. Monthly changes of gonadosomatic (GSI) of *Stichopus japonica* in 1995.

**Table 1. Results of spawning induction experiments with *Stichopus japonicus* by stimulation methods in 1995**

Stimulation methods	Date	Process of stimulation (°C)	No. of adults	No. of spawning		Rate of responses (%)	No. of eggs spawning ( $\times 10^4$ )	Fertilization rate (%)	Hatching rate (%)
				♀	♂				
W · T (°C)	May 18	13.1→18.5 : 5.4°C (3h <sup>**</sup> )	30	0	0	-	-	-	-
	June 15	19.2→24.3 : 5.1°C (2h)	50	1	2	6.0	50	84.6	91.6
	July 12	23.1→27.5 : 4.4°C (1h)	50	3	5	16.0	400	87.5	74.3
	July 15	23.2→27.9 : 4.7°C (1h)	80	6	2	17.5	500	84.0	71.4
	Aug.11	24.8→28.3 : 3.5°C (1h)	20	0	0	-	-	-	-
Air dry	July 12	23.1→28.6 : 5.5°C (1/2h)	50	0	1	4.0	-	-	-
	July 15	23.2→29.2 : 2.6°C (2/3h)	70	0	8	1.4	-	-	-

\* Water temperature

\*\* Time of stimulation

응이 없었으나 6월에는 6.0%, 7월에는 16.0~17.5%의 반응을 보였다. 이중 7월 15일이 가장 양호하였는데 수온 23.2°C로 사육하던 어미를 27.9°C에서 1시간 자극시킨 후 자연수로 유지시키던 중 암컷 6마리, 수컷 2마리에서 반응을 보여 약 500만개의 수정란을 얻을 수 있었다.

간출자극에서는 7월 12일과 15일에 2회 실시하였으나 암컷은 반응이 없었으며, 수컷에서만 1.4~4.0%의 방정이 있었다.

이러한 산란자극 결과 50~500만개의 알이 방란되어 84.0~96.0%의 수정률을 보였고, 부화율은 71.4~84.6%의 범위였다.

#### 난 발생 및 유생의 발달

해삼의 난발생 단계 및 소요시간은 Table 2에 서와 같다. 수정란의 크기는 154  $\mu\text{m}$ 였으며, 수온 23°C에서 수정 후 1시간 20분만에 2세포기가 되었다. 2시간 10분 후에 4세포기가 되었으며, 포배기까지는 14시간 30분이 소요되었다.

이후 3일이 지나면 458  $\mu\text{m}$  크기의 auricularia 유생이 되어 먹이를 섭취하기 시작하며, 11일째에는 doliolaria 유생으로 변태한 후 15일째에 pe-

**Table 2. Development of *Stichopus japonicus* under water temperature of 23°C**

Stages	Elapsed time after fertilization	Size (Egg and length)
Fertilized egg	0	154 $\mu\text{m}$
2 cells	1 hr. 20 min.	
4 cells	2 hr. 10 min.	
8 cells	2 hr. 50 min.	
16 cells	3 hr. 40 min.	
Blastula	14 hr. 30 min.	223 $\mu\text{m}$
Gastrula	23 hr.	
Auricularia	3 day	458 $\mu\text{m}$
Auricularia	6 day	617 $\mu\text{m}$
Auricularia	9 day	812 $\mu\text{m}$
Doliolaria	11 day	652 $\mu\text{m}$
Doliolaria	13 day	465 $\mu\text{m}$
Pentactula	15 day	376 $\mu\text{m}$

ntactula 유생으로 변태되었다.

#### 먹이생물 및 수용밀도에 따른 유생 사육실험

##### 먹이별 유생사육

해삼의 유생사육에 미치는 먹이생물의 영향을 알기 위하여 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*,

*Isochrysis galbana*의 3종류를 각각 단독으로 공급하여 사육한 결과는 Fig. 2, 3 및 Table 3과 같다.

유생의 성장은 *Chaetoceros calcitrans* 공급구는 평균 체장이 수정 후 9일째에 812  $\mu\text{m}$ 로서 최대를 보였으며, 이후 변태에 따라 축소되어 15일째에는 376  $\mu\text{m}$ 로 되었다. *Pavlova lutheri* 공급구는 사육초기에는 비교적 빠른 성장을 보였으나, 9일째

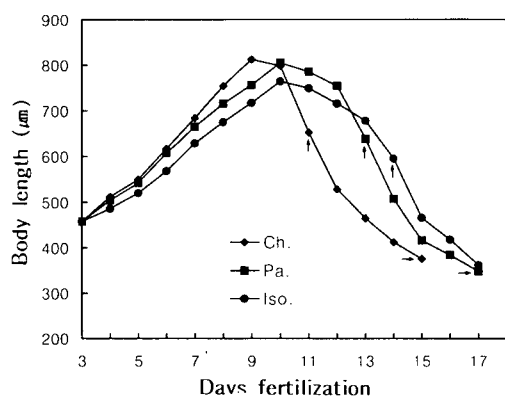


Fig. 2. Comparison of body length growth of *Stichopus japonica* larvae reared with various food organisms. Ch.: *Chaetoceros calcitrans*; Pa.: *Pavlova lutheri*; Iso.: *Isochrysis galbana*, ↑: *Doliolaria* metamorphosis point; →: *Pentactula* metamorphosis point.

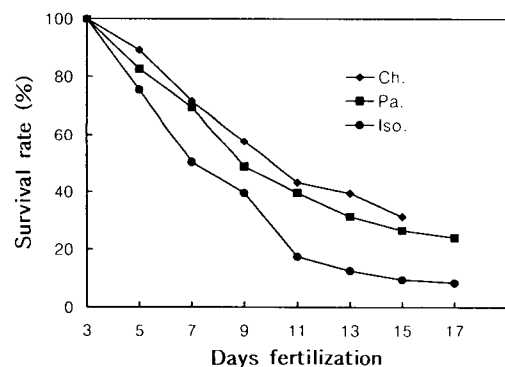


Fig. 3. Comparison of survival rate of *Stichopus japonica* larvae reared with various food organisms. Ch.: *Chaetoceros calcitrans*; Pa.: *Pavlova lutheri*; Iso.: *Isochrysis galbana*.

Table 3. Relationship between feeds and required time (days) to each developmental stage after fertilization

Stages	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	<i>Pavlova lutheri</i>	<i>Isochrysis galbana</i>
Auricularia	3	3	3
Doliolaria	11	13	14
Pentactula	15	17	-

부터 완만한 성장을 보여 10일째에는 평균체장 805  $\mu\text{m}$ 로서 최대에 달하였고, 시험 종료기인 17일째에는 *pentactula*로 변태하여 348  $\mu\text{m}$ 로 축소되었다. *Isochrysis galbana* 공급구는 사육초기부터 완만한 성장을하여 10일째에 764  $\mu\text{m}$ 로 최대에 달하였으나 17일째에는 362  $\mu\text{m}$ 로 축소되었다(Fig. 2).

생존율은 *Chaetoceros calcitrans* 공급구는 5일째까지는 89.2%로 높은 생존율을 보인 후 폐사가 증가하여 부착기인 15일째에는 31.4%의 생존율을 나타내었다. *Pavlova lutheri* 공급구는 5일째에 82.6%의 생존율을 보였고, 실험 종료기인 17일째에는 24.1%였으며, *Isochrysis galbana* 공급구는 5일째에 75.4%의 생존율을 보였으나 이후 심한 감모를 보여 17일째에는 8.4%의 생존율을 나타내었다(Fig. 3).

유생의 변태시기는 Table 3에서 보는 바와 같이 *Chaetoceros calcitrans* 공급구는 변태가 가장 빠르게 이루어져 수정 후 11일째 *doliolaria* 유생으로 변태하였고, 15일째에 *pentactula* 유생으로 되었다. *Pavlova lutheri* 공급구는 13일째에 *doliolaria* 유생기, 17일째에 *pentactula* 유생으로 변태하였으며, *Isochrysis galbana* 공급구는 14일째에 *doliolaria* 유생기로 변태하였으나 실험 종료기인 17일째까지 *pentactula*로 변태하지 못하였다.

수용밀도별 유생사육

유생의 수용밀도에 따른 성장 및 생존율은 Fig. 4, 5와 같다. 유생의 체장은 1~2개체 밀도에서는 최대 평균체장이 812~836  $\mu\text{m}$ 에 달하였으나, 4~8개체 밀도에서는 636~785  $\mu\text{m}$ 로서 밀도가 낮을 수록 성장이 좋았다. 특히 8개체 시험구는 완만한

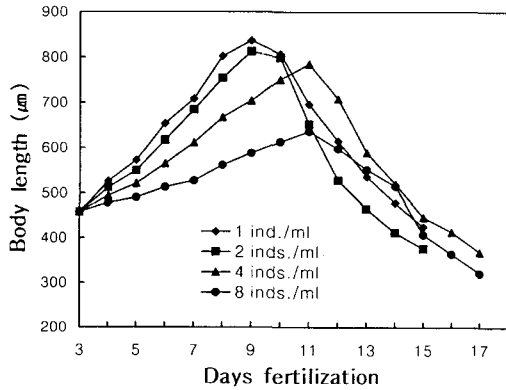


Fig. 4. Comparison of body length growth of *Stichopus japonica* larvae reared with various densities.

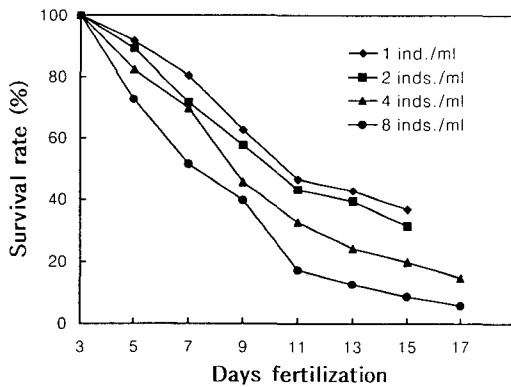


Fig. 5. Comparison of survival rate of *Stichopus japonica* larvae reared with various densities.

성장을 보여 13일째에 doliolaria 유생으로 변태 되었으나 대부분 기형유생이 출현하였다.

실험종료시 각 실험구의 생존율은 1개체구가 36.9%로 가장 양호하였고, 2개체구는 31.4%, 4개체구는 14.7%, 8개체구는 5.8%의 생존율을 보였다.

## 고 찰

해삼의 산란기에 관하여 일본의 愛知縣과 三重縣에서는 5월 하순에서 7월 상순(崔, 1963), 宮崎縣의 方石浦에서는 6월 하순에서 7월 상순이라

하였고(今井 等, 1950), 女川灣에서는 7월 하순에서 8월 하순(今井 等, 1950)이라 보고 함으로써 주 산란시기가 6~7월인 본 연구의 결과와 일치하고 있다.

산란유발 방법으로는 절개법(稻葉, 1937), KCl 자극법(石田, 1979), 온도자극법(石田, 1979; 山本·渡邊, 1981; 河合, 1985) 등이 있으나 절개법은 완숙난을 가진 어미의 선별이 곤란하여 채란량이 적고 수정이 되어도 발생의 진전이 잘 되지 않는 결점이 있으며, KCl 자극법은 강한 자극에 의해 항문에서 내장이 방출되어 수질 혼탁으로 채란에 큰 장애를 주므로 농도별 실험 등 세부적인 검토가 필요하다고 하였다(石田, 1979).

石田(1979)는 사육수온 20~21℃인 것을 25~26℃로 5~6℃로 상승시킴으로써 양호한 난을 채란하였으며, 또한 사육수온 24.5~25.0℃인 것을 28.0~28.4℃로 온도자극을 준 경우에도 소량의 난을 얻었다고 하였다.

본 연구에서는 수온 24.4~25.2℃로 사육하던 어미를 28.5~28.9℃로 상승시켜 500만개의 수정난을 얻을수 있었으며, 간출자극법의 경우에는 방정이 약간 있었으나 방란은 전혀되지 않았다. 이러한 결과 온도자극법이 효과가 큰 것으로 나타났다.

해삼의 난은 분리침성란으로 수정난의 크기는 154 µm로서 稻葉(1937)의 165.6 µm, 石田(1979)의 156 µm에 비해 작았으나 山本·渡邊(1981)의 150 µm보다는 큰 것으로 나타났다.

난 발생에 대해 石田(1979)는 수온 24℃에서는 수정후 1시간 40분에 2세포기가 된 후 14시간이 지나면 포배기(200~210 µm)로 되어 회전운동을 시작한다고 하였으며, 山本·渡邊(1981)은 수온 22~23℃에서 수정 2시간 뒤에는 난할이 진전되어 크기는 200 µm로 되고, 15시간 후에는 246 µm의 포배기로 되며, 18시간 후에는 크기가 256 µm의 낭배기로 된다고 보고하였다.

본 연구에서는 수온 23℃에서 수정 후 1시간 20분만에 2세포기가 되었고, 2시간 50분 후에 8세포기가 되었으며, 14시간 30분후에는 포배기로

되면서 부유생활을 시작하였는데, 이러한 결과는 石田(1979)와 山本·渡邊(1981)의 보고와 비슷하였다.

유생의 발달에 관하여 石田(1979)는 수정후 45시간이 되면 auricularia로 변태하고 10일째는 750  $\mu\text{m}$ 로 최대 성장을 한후 12일째는 doliolaria로 변태하는데, 이때 몸은 수축하여 460  $\mu\text{m}$ 로 되고 15일째는 섬모가 소실되어 촉수를 가지는 320  $\mu\text{m}$ 의 pentactula로 변태한 후 저서생활로 들어간다고 하였다.

山本·渡邊(1981)는 수정후 42시간 후에는 444  $\mu\text{m}$ 의 auricularia로 되고, 6일째에는 체장이 급성장하여 800  $\mu\text{m}$ 에 달한 후 9일째에는 doliolaria로 변태하며, 이 시기를 정점으로 이후, 형태가 급격히 축소되어 평균체장 654  $\mu\text{m}$ 로 작아지고 13일째에는 체장이 300~400  $\mu\text{m}$ 의 pentactula기로 변태했다고 보고하였다.

본 연구에서는 3일이 지나면 458  $\mu\text{m}$  크기의 auricularia 유생이 되어 먹이를 섭취하기 시작하였으며, 9일째에는 812  $\mu\text{m}$ 로 최대 성장을 한뒤 11일째에는 652  $\mu\text{m}$ 의 doliolaria 유생으로 변태한후 15일째에 376  $\mu\text{m}$ 의 pentactula 유생으로 변태되므로써 山本·渡邊(1981)에 비해 변태가 늦었으나 石田(1979)의 보고와는 비슷하였다.

해삼의 부유유생 사육시 먹이생물로서 *Pavlova*, *Chaetoceros*, *Chlorella*, *Dunaliella* 등이 사용되며, 이에 대한 많은 연구가 있었다. 石田(1979)에 의하면 *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros gracilis*의 단독구 및 *Pavlova lutheri*와 *Chlorella* sp.의 혼합구는 정상적으로 변태를 하였으나 *Chlorella* sp.의 단독구에서는 16일째까지도 doliolaria기로 변태되지 못하였다고 보고했으며, 河合(1985)은 먹이 종류에 의한 성장시험에서 단독투여의 경우 *Chaetoceros* 시험구가 가장 좋았고 혼합투여의 경우에서도 *Chaetoceros*를 주체로한 *Pavlova*를 혼합한 시험구에서 성적이 좋았다고 하였다.

본 연구에서는 *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*의 3종류로 시험한 결과

*Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans* 시험구는 9~10일째에 최대체장으로 성장한 후 15~17일째에 pentactula기로 변태하였으나, *Isochrysis galbana* 시험구는 17일째까지도 pentactula기로 변태하지 못하였다. 생존율에서도 *Chaetoceros calcitrans* 시험구는 15일째에 31.4%, *Pavlova lutheri* 시험구는 17일째에 24.1%로 비교적 높은 생존을 보였으나, *Isochrysis galbana* 시험구는 17일째에 8.4%로 아주 저조하여 石田(1979)과 河合(1985)의 보고와 같이 *Pavlova*와 *Chaetoceros*가 해삼유생의 먹이로 유효한 것으로 나타났다.

여기에서 *Isochrysis galbana*는 성장 및 생존이 가장 좋지 못한 것으로 나타났으나 꼬끼리조개(李, 1995)와 북쪽말뚝성게(李·白, 1995)에서는 양호한 성장을 보인 바가 있어 먹이의 영양조성이 성장 및 생존에 큰 영향을 미칠 수 있으므로(Wikfors et al., 1984) 먹이생물의 생화학적 조성을 분석하여 사육 대상 종의 성장 및 생존을 높일 수 있는 적정먹이의 선택성 등의 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

유생의 사육밀도에 관해서 河合(1985)은 0.5개체/ml의 밀도가 성장이 양호하였으며, 山本·渡邊(1981)은 0.5~5개체/ml에서는 auricularia기의 성장은 산란후 7일째에 체장이 600  $\mu\text{m}$  이상으로 밀도별 차이는 없었으나 7개체/ml에서는 468.4  $\mu\text{m}$ 로 현저한 성장이 늦었다고 보고하였지만 본 연구에서는 2개체/ml 이하에서 800  $\mu\text{m}$  이상으로 성장하였으나, 4개체/ml 이상의 밀도에서는 성장이 좋지 못하였으며, 특히 8개체/ml 시험구는 대부분 기형으로 출현하였다.

또한 생존율은 二島(1986)에 의하면 0.5개체/ml로 사육하여 15일째에 24.3%의 생존을 보였다고 하였으며, 山本·渡邊(1981)은 auricularia까지는 고밀도의 경우도 감도가 적었지만 산란후 17일째의 pentactula기는 1개체/ml에서 47%로 높았으나 3개체/ml 이상에서는 3.9~12.0%로 극히 저조하였다고 보고하였는데 본 연구에서는 2개체/ml 이하에서는 생존율이 31.4~36.9%로 높았

으나 4개체/ml에서는 14.7%, 8개체/ml에서는 5.8%로 나타나 山本·渡邊(1981)의 보고와 비슷하므로 유생의 사육밀도는 2개체/ml 이하로 사육하는 것이 바람직하다고 생각된다.

## 요 약

해삼의 인공종묘생산 기술개발을 위한 생물학적 기초자료로 이용하고자 산란유발, 유생발달 과정, 유생 사육시 먹이와 수용밀도에 관한 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

산란유발은 수온자극에서 6.0~17.5%의 반응이 있었으며, 간출자극에서는 1.4~4.0%로 낮은 반응을 보였다. 산란량은 50~500만개였고, 수정률은 84.0~96.0%였으며, 부화율은 71.4~84.6%로 나타났다.

해삼의 수정란은 154  $\mu$ m이며, 난발생은 수온 23℃에서 수정후 2시간 10분만에 4세포기, 3시간 40분이 지나면 16세포기로 되며, 14시간 30분 후에는 포배기로 되면서 부화하였다. 그 이후 3일째에는 auricularia 유생으로 되었고, 11일째에는 doliolaria 유생, 15일째에 pentactula 유생으로 변태하였다.

유생의 먹이로는 *Chaetoceros calcitrans*와 *Pavlova lutheri*가 적당한 것으로 나타났으나, 이 중 *Chaetoceros calcitrans*는 변태가 빠르고 생존율도 높아 해삼 유생의 먹이로 가장 좋았으며, 유생 사육을 위한 최적 밀도는 2개체/ml 이하를 유지하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- Wikfors. G. H., J. W. Twarog and R. Ukele, 1984. Influence of chemical composition of algal food sources on growth of juvenile oysters, *Crassostrea virginica*. Biol. Bull., 167 : 251-263.
- 李彩成, 1995. 꼬끼리조개, *Panope japonica*의 繁殖生物學的 研究. 濟州大學校 大學院 博士學位 論文. 109pp.
- 李彩成·白國基, 1995. 북쪽말뚝성게, *Strongylocentrotus intermedius* 幼生에 대한 3種의 먹이 效果. 한국양식학회 8 : 317-326.
- 해양수산부, 1997. 해양수산통계연보, 1315pp.
- 崔 相, 1963. ナマコの研究. 海文堂. 東京, 57-60.
- 河合博, 1985. マナマコの種苗生産-V. 1983年度 三重縣浜島水産試験場事業報告, 7-13.
- 今井丈夫·稻葉伝三郎·左藤隆平·田中正吉, 1950. 無色鞭毛虫に依るナマコ(*Stichopus japonica*)의 人工飼育. 東北大學農學研究所彙報 2 : 269-277.
- 稻葉伝三郎, 1937. ナマコの人工受精について. 水産研究誌. 32 : 241-246.
- 山本千裕, 1985. マナマコの養殖に關する基礎的研究-III. 福岡縣福岡水試研報, 113-116.
- 山本 翠·渡邊 憲一郎, 1981. ナマコ幼生の初期飼育について. 山口縣内海水産試験場事業報告 8 號, 51-62.
- 石田雅俊, 1979. マナマコの種苗生産. 福岡縣福岡水試研報 8 : 63-75.
- 小林 信·石田雅俊, 1984. 稚ナマコの減耗要因に關する二, 三の實驗. 栽培漁業技術開發研究 13, 41-48.
- 二島賢二, 1986. アカナマコの種苗生産基礎研究. 福岡縣福岡水試研報, 163-168.