

석사학위논문

통발형 해삼양성기구 개발에
관한 연구



제주대학교 대학원

어업학과

김 병 기

2005년 12월

통발형 해삼양성기구 개발에 관한 연구

지도교수 서 두 옥

김 병 기

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함



김병기의 수산학석사 학위논문을 인준함

심사위원장 김 석 종

위 원 안 장 영

위 원 서 두 옥

제주대학교 대학원

2005년 12월

A STUDY ON THE DEVELOPMENT
OF A FISH TRAP TYPE-CULTURE
APPARATUS FOR SEA CUCUMBER

Byoung-Gi Kim

(Supervised by professor Du-Ok Seo)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF FISHERIES SCIENCE

DEPARTMENT OF FISHERY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

Dec. 2005

목 차

LIST OF FIGURES	iii
LIST OF TABLES	v
SUMMARY	1
I. 서 론	3
II. 해삼의 생리생태학적 특성	7
1. 생태학적 특성	7
2. 생리학적 특성	12
3. 종묘생산	16
4. 수산식품으로서 주요성분	28
III. 재료 및 방법	29
1. 시험어	29
2. 해삼의 형태측정 방법	30
3. 해삼의 망목선택성 방법	32
4. 해상양성시험 방법	36
IV. 결 과	39
1. 해삼의 형태 측정	39
2. 해삼의 망목선택성	43

3. 해상양성시험	46
V. 고찰	50
VII. 참고문헌	57



LIST OF FIGURES

Fig. 1. Typical color of sea cucumbers.	8
Fig. 2. The photograph of sea cucumber metamorphosis.	13
Fig. 3. The bodily appearance of sea cucumber.	29
Fig. 4. Anesthetized sea cucumber (A : before B : after).	31
Fig. 5. Anesthetized sea cucumber (○ : tentacle).	31
Fig. 6. Experimental culture system.	32
Fig. 7. The photograph of culture system.	33
Fig. 8. The photograph of mould.	34
Fig. 9. Experimental net sizes.	34
Fig. 10. Map of the experimental area(□ : set net).	36
Fig. 11. Design of the anchor culture system.	37
Fig. 12. Photograph of culture net cage system.	38
Fig. 13. Changes of the length of anesthetized sea cucumbers in menthol solution at different time.	39
Fig. 14. Changes in body length of the sea cucumber anesthetized in 700ppm menthol solution at different time.	40
Fig. 15. Mean body weight, length, and height of sea cucumber.	41
Fig. 16. Daily changes of water temperature(℃) in the tank.	43
Fig. 17. Weekly survival of sea cucumber.	44
Fig. 18. Vertical changes of temperature(℃) in the study location. ..	46
Fig. 19. Temperature(℃) and topography(m) at the bottom of the study area on 25 th Aug. 2005.	47

Fig. 20. Vertical profiles of temperature(℃) of Z-Line points on 25th
Aug. 2005. 48

Fig. 21. Monthly survival of sea cucumber. 49

Fig. 22. Bimonthly variation of temperature(℃) at the 30m depth in
hamdoek(2002). 53

Fig. 23. Photograph of culture net cage system(after 4 months). 54



LIST OF TABLES

Table 1. Selecting of net size for culture system	35
Table 2. Selection of gross area for culture system	38
Table 3. Mean body weight, length, and height of sea cucumber	42
Table 4. Survival, perish and escape of sea cucumber	45
Table 5. Survival of sea cucumber	49



SUMMARY

Artificial seedlings of sea cucumber have been produced in order to increase resources of sea cucumber from 1990's. in addition, the mass production of artificial seedlings has been effected from 2000's

By the way, because the mass rearing of sea cucumber is not achieved until now, culture system to rear sea cucumber in large quantity is required keenly. Therefore, the experiments of shape measurement, mesh selectivity and culture apparatus was carried out in order to obtain the base data about developing economical and stable culture system. the results were followed

1. Menthol concentration of 700ppm was suitable for measuring the change of body length and body height according to the weight of sea cucumber.
Eight sea cucumbers showed maximum length in 40 seconds and looked settled without the ejection of visceral organ and the death of individuals
When sea cucumbers were divided into the 4 groups on the basis of the height, the average heights classified by groups were 3.6mm, 5.0mm, 6.1mm and 7.3mm. then, suitable mesh size for each height was 2mm, 3mm, 4mm and 6mm, respectively.
2. Throughout the trial of mesh selectivity and shape measurement, survival ratio showed most highly at the mesh size of 4mm.

3. Because sea cucumber was susceptible to the more influence of high temperature of the water than other culture classes, there was need to set up culture apparatus of fish trap type under the depth of 25m and temperature of 20°C in order to culture that in all seasons

4. When the trial of sea cucumber rearing was carried out with culture apparatus composed of the mesh size of 4mm, survival ratio of sea cucumber was 98.9%. in addition, there was no difference of survival ratio according to the area of apparatus.



I. 서 론

해삼(*Apostichopus japonicus*)은 바다의 인삼으로 불리어지고 있는데, 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본을 비롯한 여러 나라에서도 노화방지, 면역기능강화, 강정제 등 최고급 수산식품으로 인식되고 있으며, 최근 유행하는 사스(SARS)예방 및 치료에 효과가 있는 것으로 알려지면서 해삼수요가 점차적으로 증가하고 있다. 그러나 우리나라의 해삼 생산량은 1980년대 중반까지는 연간 4,000톤 수준까지 이르렀고 1997년 2,217톤을 정점으로 1998년 이 후부터는 3년간 1,400톤의 생산을 보였으며 2002년에는 833톤으로 급격히 감소하여 2003년에는 1,281톤으로 다소 증가를 보였지만, 여전히 생산량이 감소하는 추세를 보이고 있어 자원관리가 필요한 품종이다.

해삼에 대한 기록은 15세기 후반 세종실록지리지와 동국여지승람에 조선 8도 가운데 경기도, 평안도를 제외한 6도가 해삼의 산지로 기록되어 있다. 物譜(李, 조선후기)에 의하면 수족에 해삼이 들어 있는데, 이것을 해남자(海南子)라 하고 우리말로 뭐라고 하였다. 才物譜(李, 1798)에 의하면 토육(土肉)이라 하고, 속명을 해삼(海蔘), 우리말로 뭐라고 하면서 바다속에 살며 색은 검고 길이가 5치, 배가 있고 입과 귀는 없으며 발이 많다고 하였다. 物名攷(丁, 조선후기)에 의하면 해삼을 토육이라 하고 바다 속에 살며 빛이 검고 길이가 4.5치, 배가 있고 입과 귀는 없으며, 몸에 흑같은 것이 퍼져 있어 오이와 비슷하다라고 하였으며 우리말로 뭐, 해삼, 해남자, 흑충(黑蟲)이라 하였다. 또한 茲山魚譜(丁, 1814)에 의하면 해삼(海蔘)은 큰놈은 두 자 정도로 몸이 참외와 같고, 온몸에 잔 것꼭지 같은 것이 있으며, 양쪽머리가 미미하게 꺾여져 있다. 그 한 머리에는 입이 있고, 다른 한 머리에는 항문이 있다. 배 안에 물체가 있는 바 그 모양은 밤송이와 같으며, 장은 닭과 같고, 껍질이 아주 연하여 잡아 올리면 끊어진다. 배 밑에 발이 백개나 붙어 있어 잘 걷는다. 그러나 해삼은 못친다.

그 행동이 매우 둔하고, 빛깔은 새까맣고 색은 검푸르다. 이 해삼은 우리나라 동·서·남 바다에 거의 다 서식한다. 해삼은 잡아 말려 가지고 판다. 전복과 담채와 해삼을 삼화(三貨)라고 한다. 그러나 고금(古今)의 본초(本草)에는 이 삼화가 모두 기재되어 있지 않다. 근세에 이르러엽계(葉桂)의 임증지남약방(臨證指南藥房)속에 많이 사용하고 있다.

해삼류는 미세한 특징적 차이에 의해 몇 개의 그룹으로 나누어지는데. 같은 종이라도 체색에 따라 홍해삼(アカナマコ, Akanamako), 청해삼(アオナマコ, Aonamako), 흑해삼(クロナマコ, Kuronamako)의 3가지 종으로 구별하고 있는데, 체색에 따른 종 분류에 관한 연구(菅野와 大島, 2002), 종에 대한 분포나 서식장소에 관해서 보고하고 있다(崔, 1963).

우리나라에 분포 서식하는 해삼류는 약 24종이 있으며 세계적으로는 약 1,500여종이 분포 서식하고 있다. 해삼은 우리나라의 전 연안에 분포하며 주 분포 수역은 외해수 영향을 많이 받는 곳이다. 외국에서는 북동태평양 전역에 분포하며, 연해주, 사할린, 알래스카연안부터 북해도, 일본열도, 서해, 발해만, 중국해 등의 연안수심 0~40 m사이에 서식한다.

우리나라에서 식용으로 이용하는 종류를 보면 홍해삼, 청해삼, 흑해삼의 3종류가 있고, 대부분 날로 먹으며, 날로 먹을 때는 식초와 같이 먹는 것이 소화 흡수에 큰 도움이 된다. 그러나 중국에서는 건해삼을 이용한 건해삼 요리가 일품이고, 건해삼 무역은 18세기 초부터 시작되었다(이, 2004).

최근 국민소득과 소비수준 향상에 따른 건강과 웰빙식품으로 수산물의 수요가 급증하고 있으나 해삼 자원이 감소되고 포획방법은 재래식 노동집약적 나잠어업에 의하여 생산되고 있기 때문에 그 생산량은 수요량에 비해서 아주 적어 인위적인 양성이 요구되고 있다. 해삼양성방법에는 바다 씨뿌림양성, 축제식양성, 육상순환수조식양성 등을 들 수 있다.

양성에 적합한 홍해삼, 청해삼, 흑해삼은 연구기관 및 민간어업자들에 의해 대량 인공종묘생산은 성공 하였으나 이를 상품화하기 위한 대량생산시스템이 개발되지 않아 산업화에 많은 애로가 따르고 있다. 해삼양성에 가장 경제적인 바다

씨뿌림양성은 해삼종묘를 생산하여 자연양성을 하기 위해 마을어장에 방류하여 상품이 될 때까지 일정한 기간동안 양성시킨 후 채포하여 수확하기 때문에 경제적인 장점을 갖고 있지만, 노동집약형인 나잠어업으로 생산되고 있어 채포하는데 어려움이 많을 뿐만 아니라, 해적생물들에 의한 손실도 많은 실정이며 고수온기인 여름철에는 수심 30 m이하인 해저로 이동하여 채포하기 어려운 실정이다. 그리고 축제식 양성방법은 한정적인 해역에서 이루어지기 때문에 해수유동의 감소, 여름철 수온 상승에 따른 체중감소, 미흡수 사료에 의한 해양환경오염의 증가 및 사료비 증가, 고수온기에 체중감소 등의 어려운 문제점이 있다. 육상순환수조식 양성은 해수 저장시설비, 해수순환경상비, 미흡수 사료에 의한 해양환경오염 증가, 여름철 고수온기의 체중감소 등의 어려움이 있다.

저층 통발형 양성기구에 의한 양성방법은 바다 씨뿌림양성방법은 여름철 수심 30 m이하인 곳에서 채포의 어려움, 축제식양성방법은 여름철 체중감소, 육상순환수조식양성은 해수순환에 따른 경비증가 등을 보완할 수 있는 해삼양성 방법이다.

해삼은 넙치, 조피볼락 등 어류의 양성과는 달리 고가의 사료를 급이 하지 않아도 되고, 전복양식과 같이 생해조류를 주지 않고 물속에서 부패가 지연되는 지층이(*Sargassum thunbergii*), 툫(*Hizikia fusiforme*), 모자반(*Sargassum fulvellum*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 다시마(*Laminaria japonica*) 등의 해조류와 저질에 함유된 유기물을 섭취하고, 외부 자극을 받으면 창자를 내거나, 스스로 창자를 끊어 버리거나, 적수온시기에 체장방향으로 2등분하여도 2마리로 재생이 될 정도로 생명력이 강해 양성이 쉽다.

해삼류는 극피동물인 무척추 동물과 같이 수분이 체 구성의 대부분을 차지하고 있어 체장의 변동이 심해 체장을 측정하기 어려운 문제가 있다. 해삼의 체장 측정에 관한 연구로는 자연 상태의 체장측정에 관한 연구(崔, 1963), 해삼의 분류 목적으로 마취제 MS222, KCI 및 ethanol을 이용한 체장측정에 관한 연구(愛知縣, 1989)가 있으며, 畑中와 谷村 (1994)은 어린해삼의 체장측정을 정량화 하기위하여 menthol 마취제를 이용한 형태 측정방법에 관한 연구가 있다. 해삼의 형태, 생태

및 양식 등에 관한 연구(崔, 1963), 어린 해삼의 대량 생산을 위한 기술 연구(Ito, 1995), 해삼의 못 양식에 대한 연구(Qiao, 1988), 고밀도 사육 시스템에서의 유생과 어린 해삼의 사육 기술에 대한 연구(Sui et al., 1986), 해삼종묘의 성장에 있어서 사육밀도에 관한 연구(畑中, 1996), 연안 자원 회복과 증강을 위한 해삼의 사육에 대한 연구(구 등, 1998; 李와 박, 1999; Battaglione, 1999), 망목선택을 목적으로 어린해삼을 이용한 형태측정에 관한 연구로는 김 등(2005)에 의해 보고되고 있지만, 해상 저층에서의 해삼양성 기술개발에 관한 연구는 미비한 실정이다.

이 연구는 어린해삼을 저층에서 양성할 경우 수용규격에 있어 어린해삼의 크기별 탈출에 따른 적정망목을 규명하여 안정적이고 효율적인 통발형 해삼양성기구 개발을 위해 체중에 따른 체장 및 체고의 값을 도출하여 기초 자료를 제공하고, 통발형 해삼양성기구를 저층에 설치할 경우 어린 해삼이 양성기 밖으로 빠져 나가는 것과 그물코에 끼어 폐사하는 것을 줄임으로서 생산성을 높이고 통발형 해삼양성기구가 갖추어야 할 가장 중요한 부분인 수용규격에 따른 망목선택성 시험을 통해 적정망목을 규명하고, 해상양성시험을 통하여 통발형 해삼양성기구에 대한 효율성과 생존율을 높임으로서 통발형 해삼양성기구가 갖추어야 할 특징을 규명하여 해삼 대량양성시스템 개발에 기초적 자료를 제공하는데 이 연구의 목적을 두고 있으며 이 논문은 다음과 같이 총 5장으로 구성했다.

제 I 장에서는 연구배경과 의의, 해삼의 국내외 연구실태와 해삼양성방법의 개요, 해삼에 관한 역사 및 연구목적 등을 총괄적으로 기술하였다.

제 II 장에서는 해삼의 생리, 생태, 종묘생산 및 수산식품으로의 주요성분에 대해서 국내외 문헌을 정리하였다.

제 III 장에서는 통발형 해삼양성기구를 개발하기 위해, 마취제제조, 형태측정, 망목선택성시험 및 해상양성시험의 재료 및 방법에 대해서 기술하였다.

제 IV 장에서는 마취제제조, 형태측정, 망목선택성시험, 해상양성시험의 결과를 도출하였으며, V 장에서는 통발형 해삼양성기구개발에 관한 논의를 하였다.

II. 해삼의 생리생태학적 특성

1. 생태학적 특성

해삼은 영어권에서는 바다의 오이라 하여 sea cucumber 또는 trepang라 부른다. 중국에서는 하이선(海蔘, haishen), 일본에서는 껍질표면이 미끈거린다 하여 나마코(ナマコ, namako)로, 아주 오랜 옛날에는 바다쥐(海鼠)라 부른 적도 있다. 우리나라에서는 해남자, 뽕, 토육, 흑충, 해서(海鼠) 등으로 부른 적도 있다.

극피동물(棘皮動物)인 해삼은 몸의 표면에 가시가 있는 동물이지만 몸은 원통형으로 길고, 그 두 끝에 입과 항문이 열려있으며, 좌우대칭이다. 입은 관족이 변형한 촉수로 둘러 쌓여있고, 근육은 연하고 골격의 발달은 현저하다. 표피 밑으로 현미경적인 작은 골편이 산재하는데 그 형태는 종을 구별하는 중요한 분류기로 이용된다. 또, 몸 모양이 가늘고 길어서 꿈틀거리는 벌레와 같은 모양을 하기 때문에 성게나 불가사리류와 구별해서 극피동물 중 별도의 해삼강류에 포함시키고 있다.

해삼류는 미세한 특징적 차이에 의해 몇 개의 그룹으로 나누어진다. 그 중 해삼은 같은 종이라도 Fig. 1과 같이 홍해삼, 청해삼, 흑해삼의 3가지 종으로 구별하고 있는데, 이들은 체색뿐만 아니라 분포나 서식장소, 몸의 신축성이나 난의 형태, 변태이후 어린 해삼시기의 체색변화 패턴, 내부 및 외부기관의 구조 등에 많은 차이점이 나타나기 때문이다(崔, 1963; 菅野와 大島, 2002).

최근에는 외형적 생태적으로 차이를 보이고 있는 해삼(홍해삼, 청해삼, 흑해삼)을 같은 종류로 볼 것인가에 대한 아이소자임(Isozyme) 연구 결과(Kanno and Kijima, 2003), 이들은 유전자 그룹은 하나이지만 유전적으로 여러 형태가 존재하는 것으로 추정하고 있다. 따라서 학자들 중에는 이것을 다른 종류로 다

루는 것이 자연스럽다는 설과 분포나 서식장의 차이에서 나타나는 단순한 생태형이라는 설이 있지만 아직까지 정설은 없다. 그러나 국립수산물과학원 서해수산연구소와 전남 완도의 연안수산이 공동으로 청해삼의 대량 인공종묘생산 시험을 한 결과 약 100만 마리의 어린해삼 중에서도 홍해삼과 흑해삼은 출현하지 않았으며, 홍해삼의 인공종묘생산 시험에서도 청해삼과 흑해삼이 전혀 나타나지 않았다. 이로 미루어 홍해삼, 청해삼, 흑해삼을 다른 종류로 다루는 것이 타당하다고 생각된다.

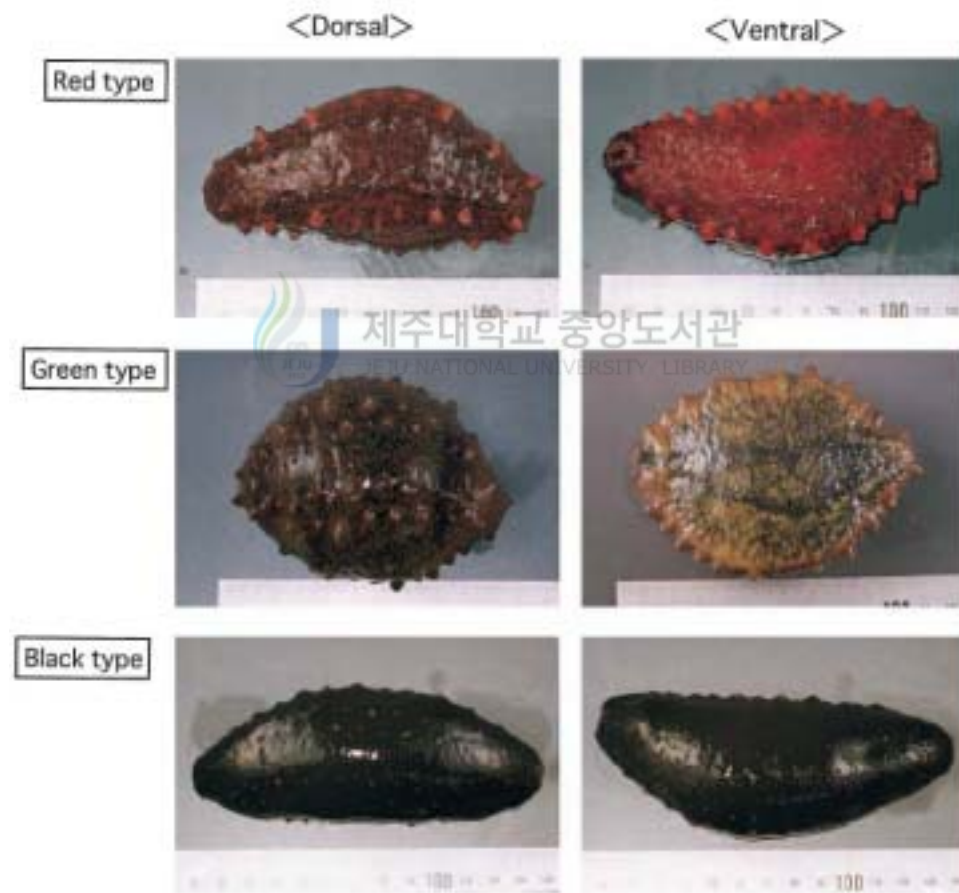


Fig. 1. Typical color of sea cucumbers.

전 세계적으로 분포 서식하는 해삼류는 약 1,500 종이 있으며 우리나라에는 약 24종이 있다. 우리나라에 분포하는 해삼류는 수수목 비늘해삼과 비늘해삼, 잎사귀해삼과 화문해삼, 높은탑해삼, 가시탑해삼, 소신해삼, 흰꼬리해삼과 다족 환꼬리해삼, 보라해삼붙이, 광삼과 쿠쿠멜라광삼, 와타세신광삼, 이원촉수해삼, 오각광삼, 타원광삼, 소광삼, 성계광삼, 오각해삼, 수수해삼, 의광삼, 순수목 해삼과, 개해삼, 점해삼, 돌기해삼과 돌기해삼(청해삼, 홍해삼, 흑해삼), 무족목 닷해삼과 아기닷해삼, 둥근닷해삼, 가시닷해삼 주걱닷해삼, 바퀴해삼과 보라바퀴해삼, 은종목 은족해삼과 은족해삼, 꼬리해삼과 흰해삼, 은족민꼬리해삼, 꼬리해삼이 있다.

청해삼은 순수한 펄 지역을 제외한 암반, 작은 돌, 조약돌과 연결된 모래 또는 사니질 지역에 홍해삼보다 넓게 분포하며, 조류소통이 좋아 용존산소가 풍부한 해역에 많다. 특히 어릴 때는 내만의 해조류가 많은 곳 또는 암초지대에서 홍해삼과 섞여 생활하지만, 성장과 함께 외해의 사니질이 있는 깊은 곳으로 이동하기도 한다. 일반적으로 청해삼은 얕은 장소에는 소형이 많고, 깊은 장소에는 대형이 많이 분포하는 경향이 있으며 이 반대의 현상은 볼 수 없다. 이것은 저질의 구성과도 밀접하게 관련이 있으며, 수심이 깊어지면서 펄 성분이 많아지고 해삼의 먹이가 되는 유기탄소나 유기질소를 많이 함유하기 때문이다. 따라서 수심에 의한 해삼의 층별 분포는 생리적 또는 생태적인 현상이라 할 수 있다.

흑해삼은 육지에서 빗물 및 생활오폐수와 같이 유기물이 유입되는 내만이나 연안해역에 서식하고, 특히 부니가 많은 저층해역에서 자주 볼 수 있다.

홍해삼은 어린시기에는 연안의 해조류가 풍부한 곳에서 성장하여 외해수의 영향을 강하게 받는 암초지대나 그 주변의 여울과 같은 작은 돌 또는 조약돌로 된 저질이 비교적 외해까지 발달된 해역으로 이동하고, 산란기에는 다시 연안의 해조류가 풍부한 곳으로 이동해 산란한다.

해삼은 수온이나 계절의 변화에 따라 매년 정해진 생활을 반복한다. 해삼의 서식수온은 5~28℃ 이하이고, 최적서식수온은 8~18℃, 여름잠(夏眠)전기는 2

0℃ 이상, 여름잠기는 25℃ 이상, 회복기는 19℃ 이하, 활동성기는 8~10℃, 산란 수온은 13~16℃에 방정, 방란을 시작하여 18~22℃에 종료 한다. 해삼은 이러한 형태로 정해진 생활을 반복하지만 해역적인 차이가 있다.

해삼은 다른 일반적인 어류 및 극피동물과는 달리 특이하게 여름잠을 잔다. 특히 홍해삼은 예외 없이 여름잠을 자지만 청해삼의 어리고 작은 개체는 여름잠을 자지 않는다.

해삼은 초여름부터 장마기에 걸쳐 수온이 20℃ 이상이 되면 운동이 활발하지 못하고 식욕이 감퇴하여 소화관이 위축되기도 하는데 이때가 여름잠전기(夏眠前期)로 여름잠에 돌입하는 시기이다. 이후 수온이 25℃ 이상이 되면 단식상태에 들어가 소화관은 퇴축하고 운동을 전혀 하지 않게 되는데, 이 때가 완전히 여름잠에 빠지는 여름잠성기(夏眠盛期)이다.

해삼은 이렇게 수온이 상승하면 여름잠을 자지만 일본 북해도에서는 여름잠(夏眠)을 자지 않고 연중 활동상태에 있다고 알려져 있으며, 그 이유는 저수온 때문으로 추정되고 있다.

가을이 되면서 수온이 19℃ 이하로 내려가면 활동기가 되고 이때가 회복기이다. 그리고 수온이 10℃ 이하가 되면 소화관은 최대로 발달하는데 이 때가 활동성기이다.

홍해삼이나 청해삼 모두 거의 유사한 생활주기를 매년 반복하고 있지만 여름잠에 들어가는 수온은 홍해삼이 좀 낮은 것으로 알려져 있다.

수온에 대한 적응범위는 청해삼이 홍해삼에 비해 넓은데 동일 조건에서 사육한 경우 홍해삼은 8~24℃의 범위에서만 성장하지만, 청해삼은 5~28℃의 범위에서 성장한다. 또 해삼의 적수온 상한은 17.5℃~19℃라고 되어 있지만 그 하한 수온에 대해서는 잘 알려져 있지 않다.

일반적으로 수온에 대한 성장은 온도 변화폭이 좁은 협온성(狹溫性)적 성격이 강하며 봄부터 여름에 이르는 수온상승기에는 안정된 수온을 찾아 깊은 곳으로 이동하거나 바위틈에 들어가기 때문에 여름에는 해삼을 잡기가 쉽지 않은 것도 수온 상승의 원인으로 생각된다.

그러므로 여름철에는 생산량이 적어 가격도 매우 비싸지게 되지만, 왕성한 활동을 하는 봄철에는 수온이 하강함으로 수심이 얇고 유기물이 많은 연안 역으로 이동하기 때문에 채포가 쉬어 해삼가격이 연중 가장 낮아진다.

해삼의 성장은 수온 20℃이하에서만 볼 수 있어서, 연간 실질적인 성장을 볼 수 있는 기간은 11월부터 이듬해 5월까지의 7개월에 지나지 않으며, 20℃ 이상의 수온에서 체중은 반대로 줄어들 수도 있다.

극피동물은 일반적으로 체액 중의 수분이나 염분의 출입을 조절하는 기능을 가지고 있지 않기 때문에 서식범위가 해수 역으로 한정되며, 기수 역에는 극히 일부만이 서식한다. 해삼을 담수가 섞인 바닷물에 적시면 몸이 비정상적으로 팽창하거나 비틀어지는 것은 이 때문이다.

염분에 대한 저항성은 홍해삼이 청해삼에 비해 저염분에 약한다. 염분적응 범위는 청해삼이 22.77~32.34‰(평균 30.71‰), 홍해삼이 24.58~34.69‰(평균 31.98‰) 정도이며, 염분이 낮은 내만의 사니질에서의 성장도 홍해삼보다 청해삼이 빠르다.



2. 생리학적 특성

해삼의 생물학적 최소형은 각중이 대체로 58~60 gw정도인 것으로 알려져 있다. 생식소는 구분석회환 뒤에서 발달하고 입 부분 바로 위의 중앙에 있는 생식공에 이어져 있다. 생식소의 모양은 나뭇가지 모양으로 발달하며, 성숙된 개체는 각중 비 20%이상 생식소가 체강에 가득 차게 된다.

해삼류는 거의가 암수딴몸이지만 자웅동체인 종도 있다. 해삼은 외관상으로는 암수의 구별을 할 수 없고 복부를 절개하여 생식소의 색으로 구분할 수 있다. 생식소의 중량이 5 gw이하 일 때까지는 암수 모두 다홍색을 띠고 있으나 성숙함에 따라 정소는 유백색으로 되고, 난소는 선명한 홍색을 띠어 완전히 구분된다. 생식소는 3월경부터 급격히 발달하며 수온이 13~16℃인 시기에 방정, 방란이 시작되고 18~22℃인 시기에 종료되는 것으로 알려져 있다(崔, 1963).

우리나라에서의 돌기해삼 산란기는 4월 중순에서 7월 중순으로서 수온의 영향으로 서식지역에 따라 다소 산란시기의 차이를 보이고 있다. 성숙된 난소 1 gw에는 약 20만개의 난을 가진다. 외양에 사는 해삼은 내만성에 비해 생식소가 가는 편이고 그 양도 적다. 성숙된 미수정난은 원형 또는 타원형으로 150~180 μm 의 크기이며, 수정난은 난막을 포함 200 μm 내외의 크기를 보인다. 해삼류는 간접발생을 하여 분화한 부유성 유생기를 지나는 것과 직접 발생을 하는 종도 있다. 간접발생 과정은 Auricularia기, Doliolaria기, Pentactula 유생기를 거쳐 어린해삼이 된다(Fig. 2).

돌기해삼의 Auricularia 유생은 수정후 약 12~14일째에 최대 체장 1 mm내외로 성장하였다가 그 이후에는 체장이 축소되기 시작하여 Doliolaria 및 Pentactula 유생기에는 200~300 μm 내외의 크기를 보인다(朴 등, 1995).

식성은 각중 2.0~2.5 gw까지의 어린해삼은 부착성 미세조류 등을 주로 섭이하고 성체는 해저의 사니질을 섭취하여 그 속에 함유되어 있는 유기질과 원생동물, 갑각류, 연체동물의 유생, 어류의 사체 등 미세한 동물을 섭취한다. 섭취량은 개체의 크기와 계절에 따라 다르며, 섭이율은 개체의 크기보다 계절에

따라 크게 변동한다(崔, 1963).

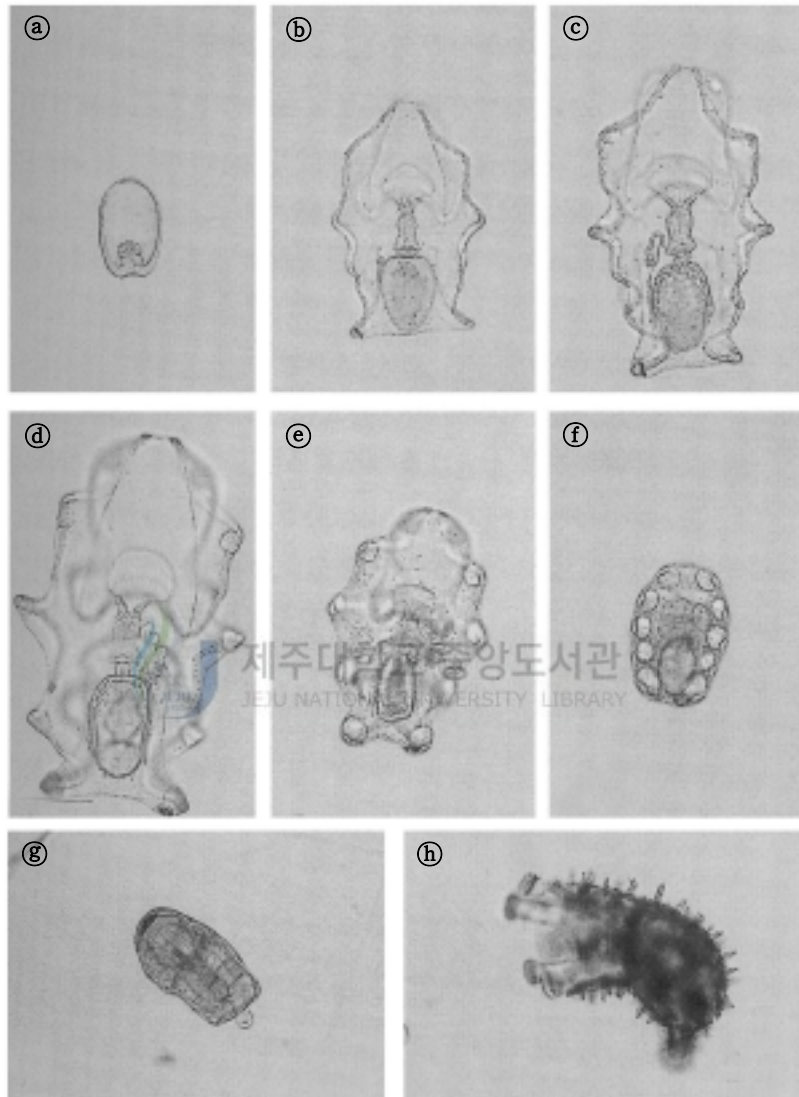


Fig. 2. The photograph of sea cucumber metamorphosis.

- (a) Egg (b)~(e) Auricularia (f) Doliolaria
(g) Pentactula (h) Juvenile sea cucumber

해삼은 일반적으로 재생력이 강하다. 소화관을 배출한 개체를 12월에 바다에 방류하면 다음해 3월 하순경에는 자연 해삼과 거의 동일한 소화관을 재생한다. 해삼의 재생력은 종에 따라 차이가 있으며 은족류와 관족류에 속하는 심해산에서는 재생에 관한 보고가 없으나 대부분의 해삼류는 재생을 하며 수수류와 순수류에 속하는 것은 재생력이 강하고 특히 수수류에서 뚜렷하다. 닻해삼과에 속하는 종은 자질이 강하다. 닻해삼을 만지게 되면 손이 닿은 부분이 하얀색으로 변하면서 단단한 근육형태로 되어 잘라진다. 심지어 한 마리의 닻해삼에 자극을 주면 5개조각 이상으로 잘라지기도 한다. 몸이 여러 개로 나누어진 닻해삼은 가장자리의 두 부분만 재생하여 두 마리가 되는데, 이때 한쪽에 위치한 항문 부분이 입으로 바뀐다고 한다.

해삼은 적으로부터 공격을 받거나, 외부로부터 자극을 받으면 내장을 항문 밖으로 배출하여 내장을 먹이로 제공하고 그 사이 도피하거나, 큐비엘기관을 가진 순수류에 속하는 대형종은 큐비엘기관을 방출하여 그것으로 적의 몸을 엮어매는 방법으로 위험을 피한다. 점착성을 가진 큐비엘기관에 엮힌 어류는 결국 질식되거나 큐비엘기관에 포함되어 있는 독성에 의해 폐사한다고 한다. 또한 해삼류는 대부분 홀로수리(Holothurin)이라는 독소를 가지고 있는데 이 성분을 어류에 주사하면 죽는다고 한다. 사람이 식용으로 하는 종은 이 성분이 아주 적게 들어 있어서 인체에는 영향을 주지 않는다.

해삼의 골격계는 피부 골편으로 되어 있으며, 골편의 모양과 크기는 다양하다. 보통 손잡이모양, 초롱모양, 다공판모양, 차바퀴모양, 막대모양, 칩모양, 곤봉모양 등의 변화가 심하다. 이 골편의 모양과 분포는 종에 따라 일정하기 때문에 종의 분류학상 중요한 특징이 된다. 해삼의 골편은 *Auricularia* 유생기 이후부터 만들어 진다(本川 등, 2003).

일부 해삼류는 숨이고기라는 어류가 항문을 통해 드나들면서 공생을 하는데 숨이고기는 큰 어류로부터 공격을 피하고 이로 인해 해삼은 깨끗한 물과 공기를 공급받는 등 대부분 편리공생 관계를 가지지만, 일부 종은 해삼의 생식소와 내장기관을 먹는 기생 생활을 하는 경우도 있다고 한다. 또한 해삼 입의 촉수

주변에서 공생하는 비늘갯지렁이도 있으며, 이 외에도 속살이게, 일부 새우류, 흰해삼속살이게 등이 공생을 이룬다.

해삼류는 체벽 중주근, 환상근, 인두 견인근이 잘 발달되어 있으며, 모두 평활근이다. 해삼의 호흡은 체벽과 항문쪽에 있는 호흡수라는 기관으로 하게 되는데, 몸의 근육을 수축시켜 항문으로 해수를 출입시켜 하게 된다. 체벽의 호흡량은 조건에 따라 전체호흡량의 40~90%에 달한다. 호흡수를 가지지 않는 무족류, 판족류에서는 체표면이 유일한 호흡기관이다.

호흡에 의한 산소소비량은 해수속의 산소분압과 PH에 의해서 변한다. 흰해삼은 $0.72 \sim 0.057 \text{ ml O}_2/\ell$ 로서 호흡량은 산소분압에 비례한다. 일반적으로 온도의 상승에 따라 호흡량 및 여기에 관련된 생리활동은 높아진다.

음식물 섭취 후 배설까지의 경과시간은 종에 따라 3시간에서 20시간까지 소요된다. 일반적으로 해삼류는 성계와 같이 카로틴과 산조필 색소를 가지며 흙갈색의 색소는 대부분 멜라닌으로 추정된다.

해삼의 이동속력은 1분간 약 10 cm정도이며, 일직선으로 계속 이동을 한다면 하루에 약 150 m 정도 이동할 수 있는 속력이다. 그러나 해삼은 유영을 할 수가 없어 서식지를 크게 벗어나지 않으며, 직선으로만 이동하지 않으므로 이동거리는 극히 미미한 정도이다.

해삼은 수온이 20°C 이상 상승하면 이 후 먹이 섭취를 거의 하지 않거나, 극히 소량만 섭취하여 체중이 오히려 줄어들게 된다. 하면 기간 중에는 장의 길이가 체장보다 짧아지고 체중에 대한 장의 중량비는 0.3% 정도로 위축된다. 이 후 다시 수온이 하강하여 10°C 이하가 되면 소화관은 최대로 발달하게 되며, 이 때의 장 길이는 체장의 5.7~6.4배에 달한다고 한다. 소화관은 부분에 따라 형태적, 기능적으로 분화되어 있고 각 부분은 인두, 식도, 위, 장, 및 총배설장으로 나뉜다. 그리고 장은 소장, 대장, 직장 또는 하생부, 상행부로 나눈다. 소화관의 발달정도는 종에 따라 다르며 때로는 위가 없는 종도 있다.

3. 종묘생산

3.1 종묘생산 시설

돌기해삼 종묘생산을 위한 시설로는 크게 해삼 유생기의 먹이 생물을 대량 배양 할 수 있는 먹이생물 배양실, 채란 후 부유생물 사육을 위한 유생사육 시설과 채묘 및 어린해삼 사육을 위한 사육동이 필요하다.

1) 먹이생물 배양실

종묘생산에 사용되는 먹이생물은 야외에서는 배양할 수 없기 때문에 최적의 조건을 구비한 실내 배양실을 갖추어야 한다. 배양실의 크기는 필요한 먹이생물 배양규모에 따라 넉넉한 공간을 제공할 수 있는 것이 좋다. 배양실은 외부 기온에 영향을 받지 않도록 단열 되어야 한다. 배양실에 갖추어야 할 시설로는 계절에 관계없이 일정한 실내 온도 조절을 위한 냉난방 장치와 먹이생물 번식에 적당한 밝은 조명시설(3,000~5,000 Lux)이 되어야 하고 다량의 깨끗한 에어공급 시설이 갖추어져야 한다. 또한 먹이생물 배양을 위한 기자재로서 자외선 살균기, 증류수 제조기, 고압멸균기, 배양병과 수조, 각종 초자기기구 및 먹이생물 영양배지 제조를 위한 각종 시약이 구비되어야 한다(구, 2004).

2) 유생사육시설

유생 사육시설 역시 기온에 따라 유생사육 수조의 수온 변화를 막기 위해 단열이 될 수 있는 실내가 좋다. 여과된 해수를 충분히 공급할 수 있는 주수 시설이 되어야하며, 유생 사육수조는 일정하게 정해진 규격은 없으나 유생 사육관리의 편리성을 위하여 3~4 ton 용량의 FRP 직사각 수조를 이용하는 것이 좋다. 콘크리트수조를 이용할 수도 있으나 콘크리트의 수조 내부의 거친 면은 유생 사육관리 및 채묘 시에 어려움이 있으므로 바닥과 벽면을 매끈하게 처리한 후 사용해야 한다(구, 2004).

3) 어린해삼 사육시설

채묘 후 어린해삼 사육은 채묘 파관에 부착규조류가 잘 번식할 수 있게 자연광이 잘 투과될 수 있도록 벽면과 지붕이 투명재질이어야 하며, 햇빛의 투과율을 임의적으로 조절할 수 있는 차광시설이 있어야한다. 주간에는 바람이 잘 통할 수 있도록 환풍 장치와 창문이 많은 것이 좋다. 어린해삼 사육수조는 콘크리트 순환수조를 이용하며, 수심 80 cm 정도의 수조가 어린해삼 사육관리에 편리하다(구, 2004).

3.2 먹이생물 배양

해삼의 효율적인 종묘생산을 위해서는 적절한 먹이생물의 선택과 대량 배양이 가능하여야 한다. 해삼은 수정 후 어린해삼이 되기까지 약 20~30일정도 부유생활을 거치는 동안 매일 계속해서 먹이를 공급해 주어야 한다. 소요되는 먹이생물의 필요량을 확보하기 위해서는 예비 배양을 포함하여 유생사육개시 약 1개월 전부터 배양을 시작하여 유생사육에 충분히 공급 할 수 있는 먹이량을 확보하여야 한다.



먹이생물 배양 및 관리가 해삼종묘생산 과정의 절반을 차지할 정도로 중요하며, 먹이생물 배양성적에 따라 종묘생산 성패를 가릴 수 있으므로 각별히 신경 써야 한다.

해삼의 부유 유생기의 먹이로 주로 사용하는 먹이생물 종은 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*의 3종류이며, 종 보존 및 대량 배양 방법은 다음과 같다(구, 2004).

1) 배양해수 처리 및 배지 조제

먹이생물 배양에 사용되는 해수는 무엇보다도 배양원종에 대한 오염 및 다른 미생물의 혼입을 방지하여야 한다. 배양 해수에 타 세균 및 원생동물 등이 번식되어 있으면 먹이생물의 번식 및 고밀도 배양에 큰 지장을 가져오고, 먹이생물 부족에 따라 유생사육에 큰 지장을 초래하게 된다. 또한 오염된 먹이생물

의 공급으로 인한 유생사육 환경 악화로 유생 생존율의 저하 등의 악영향을 끼칠 수 있다. 그러므로 해수에 포함된 미세 불순물을 제거하기 위해서는 모래 여과를 거친 해수를 자외선 멸균기를 거치게 한 다음 다시 1 μm 의 카트리지 필터 등으로 여과한 것을 먹이생물 배양해수로 사용한다. 그러나 여러번에 걸친 여과를 하여도 미생물이 잔존할 수 있으므로 이를 다시 살균 및 멸균처리를 하여야 하는데 해수의 멸균처리는 고압멸균, 약품멸균 방법이 있다.

통상적으로 원종보존 및 중간배양에 쓰이는 소형용기(300~3,000 ml 플라스크)는 고압멸균기를 사용하여 121°C, 1.5기압에서 15분간 고온고압 멸균처리하고, 대형용기(20 l 이상)에서 배양할 때에는 보일러를 이용하여 해수를 80~90°C 가까이 가열한 다음 식혀서 사용하거나, 차아염소산나트륨(Sodium Hypochloride, NaClO)용액을 사용하여 멸균한다. 약품 소독할 경우 배양원종을 접종하기 전날 100 ppm 농도로 배양 해수에 첨가하여 정체 시켜준다. 그리고 먹이생물 접종하기 1~2시간 전에 중화제인 티오황산나트륨(Sodium thiosulfate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)을 200 ppm 농도로 첨가하여 강하게 폭기를 시켜 중화처리를 한 다음 배양 원종을 접종하여야 한다. 먹이생물을 고밀도로 빠른 시간 내에 배양하기 위해서는 영양성분을 첨가해 주어야 한다. 식물성 플랑크톤 배양에 사용하는 영양배지로는 Conwy배지, F/2배지, Miquel배지 등 여러 가지의 방법이 있으며 여기에는 Provasoli ES배지를 일부 개량한 배지이다(구, 2004).

2) 배양 방법

(1) 원종 보존

분리배양 및 원종배양 된 것을 300~500 ml 삼각플라스크에 1×10^4 cells/ml 농도로 접종 후 알루미늄 호일로 밀봉하여 20°C내의 항온실에서 정지한 후 세포수가 $1 \sim 10 \times 10^5$ cells/ml 농도로 증식되면 실내온도 10°C의 전기저온 항온기에 정체 보존한다. 항온기 내의 조도는 500~1,000 Lux 정도 유지되게 하고 매일 1회 인위적으로 교반시켜준다. 접종 후 원종의 보존기간은 6개월 정도 가

능하나 1~2개월에 1회씩 재접종, 계대보존하는 것이 좋다. 매년 먹이생물의 원활한 배양을 위해 원종보존에 각별한 주의를 기울여야 한다(구, 2004).

(2) 대량배양

대량배양 하기 위해서는 원종 보존 하던 것을 3 ℓ 크기의 유리 플라스크에 접종하여 중간배양에 들어간다. 이 후 7~10일 정도 경과하면 고밀도로 번식하게 되는데, 이것을 20 ℓ 용량의 배양병에 접종한다. 다시 배양먹이 생물이 고밀도 번식이 이루어지면 500 ℓ 이상의 대형 배양수조에 접종하여 대량배양에 들어가게 된다. 배양실의 실내 온도는 20℃ 내외로 항상 유지 되게 하고, 접종 시 $40\sim 80\times 10^4$ cells/ml의 농도로 하고, 계속 통기하여야 한다. 조도는 3,000~4,000 Lux 정도로 형광등 및 나트륨등으로 연속조명 한다. 영양배지의 첨가농도는 *Pavlova lutheri* 및 *Isochrysis galbana*의 배양 시에는 A액(NaNO₃ 100 gw, Na₂ 17 gw, Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O 7 gw, Na₂ EDTA 3 gw, thiamine 100 mg, Vitamin B₁₂ 1 mg, biotin 2 mg, H₃BO₃ 2 gw, 증류수 1 ℓ, B액(MnCl₂ 40 gw, CoCl₂ 1 gw, ZnCl₃ 4 gw, FeCl₃ 10 gw, 증류수 1 ℓ) 1 ℓ)만 1 ml/ℓ 비율로 첨가하고, *Chaetoceros calcitrans* 배양 할 때에는 A액 및 C(Na₂SiO₃)액을 각각 1 ml/ℓ 비율로 첨가한다.

먹이 생물의 배양밀도가 $500\sim 800\times 10^4$ cells/ml 농도로 증식되면 이것을 해삼 유생의 먹이로 공급한다(구, 2004).

3.3 종묘생산 방법

1) 산란유발 및 채란

해삼 수정란을 채란하기 위해서는 시기적으로 산란성기에 접어들어 충분히 성숙된 어미해삼을 다량 확보하여야 하며, 채취와 수송 도중 가해지는 외부 자극으로 인해 생식소와 내장을 배출하지 않도록 최대한 주의 깊게 취급하여야 한다.

해삼의 채란은 수온자극에 의한 산란유발 방법으로 이루어진다. 수온자극법은 비교적 쉽게 다량의 난을 얻을 수 있는 방법이지만 어미해삼의 상태에 따라 간혹 산란이 이루어지지 않을 경우도 있으며 채란량을 예측할 수 없는 단점이 있다. 그러나 지금까지 알려진 채란 방법 중 가장 효과적이다.

수온자극 방법은 해삼의 적수온 8~18℃ 수온보다 5~6℃ 높게 전기히터로 가온된 채란 수조에 어미해삼을 일시에 수용한다. 수용할 때 산란이 끝난 후 어미해삼을 신속히 들어낼 수 있도록 수조내의 해수 유동이 쉽게 될 수 있는 플라스틱 상자에 넣어 채란수조 수면에 고정시키는 것이 효과적이다.

해삼의 산란습성은 수컷이 방정이 먼저 이루어져야 방란을 하게 되고, 야간에 방정, 방란이 이루어지므로 주간에 채란할 때에는 채란 수조에 빛이 들어가지 않게 흑색비닐 선팅지 등으로 차광시켜 준다. 자극중인 해삼은 상자 벽면을 타고 수면 가까이로 올라와 하반부는 벽면에 부착시키고 상반부를 수면에서 좌우로 흔들면서 입 부분 바로 위의 생식공을 통해 방정, 방란이 이루어진다.

수온자극 시작 후 대부분의 경우 2~3시간 정도 경과하면 방정, 방란이 이루어지며 산란 직후 수정이 된다. 산란 후 3~4시간 뒤에는 거의 산란이 끝나지만 방정, 방란이 상당히 늦게 시작되거나 전혀 반응이 없을 경우도 있다. 전혀 반응이 없는 경우 다시 자연해수 사육수조에 옮긴 뒤 3~4일 후 다시 산란 자극을 주면 산란이 이루어지는 경우도 있다. 해삼의 채란량은 어미해삼의 생태와 수량에 따라 다르지만 대략 50~70개체를 자극하면 약 500~1,000만개의 수정란을 얻을 수 있다.

자극을 위한 어미해삼의 선정은 암, 수를 구분할 수 없으므로 무작위로 선정할 수밖에 없으나 특별한 경우가 아니면 암, 수비율이 1:1을 크게 벗어나지 않는다.

산란유발 자극을 받은 어미해삼의 모든 개체가 방정, 방란이 이루어지는 것이 아니고 일부 또는 상당수의 어미가 산란이 이루어지지 않으므로 채란 시기에 주의하여야 한다. 산란이 완료된 후 수정란의 난경은 수정막을 포함하여 200 μm 내외이므로 80~100 μm 망목의 물러망으로 수거하여 이물질 제거 및

가벼운 세란을 실시한다. 너무 과도하게 세란하게 되면 수정란의 난막 등이 손상 될 수 있으므로 주의 하여야 한다. 세란이 끝나면 20 ℓ 용량 정도의 저면이 넓은 플라스틱 용기에 수정란을 ml당 20개 이하의 밀도로 수정란을 수용하여 부화 시까지 정채하여 둔다(구, 2004).

2) 난 발생

해삼의 수정란은 분리 침성란으로서 산란 즉시 수조 저면에 가라앉아 난할을 진행하게 된다. 난할은 전등할 이며, 수온에 따라 난 발생 진행속도에 차이가 있다. 수온 20℃일 경우 8세포기까지는 3.5시간, 16세포기는 4.5시간, 32세포기는 5.5시간이 걸렸으며, 포배기 11시간, 낭배기까지는 24시간이 소요된다. 이 후 48시간 정도 경과하면 *Auricularia* 초기유생에 다다르게 된다(구, 2004).

3) 유생사육

(1) 먹이공급



산란유발에 의해 산란된 난은 부화를 거쳐 수정 후 만 2일째에 이르면 체장 450~500 μm 크기의 몸체 내부에 소화기관이 형성된 *Auricularia* 초기 유생으로 되므로 이 시기부터 매일 먹이를 공급해 주어야 한다.

돌기해삼 먹이 생물로서 주로 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana* 의 3종을 이용하고 있다. 이 3종류 먹이생물을 단독 또는 혼합하여 공급하는데, 각각 단독 공급하는 것 보다 3종을 혼합하여 공급하는 것이 유생의 성장에 더욱 효과적이다.

먹이별 단독 공급으로 인한 사육 특징을 보면 *Chaetoceros calcitrans*종은 반드시 포함시켜 *Chaetoceros calcitrans* + *Pavlova lutheri* + *Chaetoceros calcitrans* + *Isochrysis galbana* 의 형태로 혼합 공급하는 것이 좋다. 이때 3종을 같은 비율로 공급한다. *Chaetoceros calcitrans*는 유생의 변태를 빨리 진행시키는 요인으로 작용함으로 해삼종묘 생산 시 꼭 필요한 먹이생물 종으로 생

각된다.

먹이 공급은 매일 1~2회 공급하는데 오전, 오후로 나누어 공급하는 것이 좋다. 유생사육의 환수 시에는 환수 후 공급한다. 공급 밀도는 $1\sim 3\times 10^4$ cells/ml 밀도로서 유생의 성장에 따라 차츰 먹이량을 증가 시켜 공급한다. 먹이 생물을 공급하기 전에 10 μm 정도 망목의 물러망으로 먹이생물중의 이물질이나 찌꺼기를 걸러내고 공급하는 것이 좋다.

배양 경과일수가 너무 오래 지난 먹이생물은 그 속에 먹이생물의 사체와 원생동물 등이 아주 많이 번식되어 있으므로 먹이로 사용하지 않아야 한다.

유생사육을 지수식으로 할 경우 먹이생물의 과다한 공급은 유생사육조의 바닥과 벽면에 먹이생물 찌꺼기 등이 쌓이고, 여기에 유해한 원생동물이 번식되어 수질을 악화시키게 된다. 이로 인해 유생들의 생존율이 급격히 떨어지게 되어 결국 유생사육에 실패하게 되므로 적정량 공급에 주의하여야 한다(구, 2004).

(2) 유생사육 관리

수정란을 부화 용기에 수용하여 정체 시킨 후 약 24시간이 지나면 부화수조 표층에 부상하게 되고, 48시간 정도 경과하면 *Auricularia* 초기유생이 된다. 이때 부화 용기에서 유생사육 수조로 부유하는 유생들을 부어주고 바닥에 가라앉아있는 부화되지 않은 난이나 찌꺼기들은 분리하여야 한다.

유생이 수용된 사육 수조에는 2~3개의 에어스톤으로 적정량의 통기를 시키고, 사육해수는 모래여과 해수를 다시 1 μm 카트리지 필터 등으로 여과한 해수를 사용한다.

해삼 유생사육은 예전에는 지수식으로 주로 사육하였는데, 지수식은 먹이 공급 및 사육수의 오랜 정체 등으로 수질이 쉽게 악화되는 경향이 있다. 또 매일 바닥 청소와 환수를 하여도 바닥과 벽면에는 먹이 찌꺼기와 이물질이 항상 남아있기 때문에 원생동물들이 다량 번식되는 등 수질의 악화가 누적되어 유생의 생존율이 급격히 낮아지며, 결국 유생사육에 실패하는 경우가 빈번하다. 이러한 사육 방법의 개선책으로 반유수식 사육과 2~3일마다 사육수를 전량 환

수하는 방법으로 채묘 시까지 유생 생존율을 40~50% 정도까지 높일 수 있는 효과적인 유생사육이 가능해 졌다.

PVC 파이프를 이용하여 유동이 쉽게 될 수 있도록 가능한 많은 면적에 흠을 내고 겉면에 100~200 μm 망목의 물러망으로 둘러싸 유생이 끼이거나 빠져나가지 못하도록 빈틈없이 단단히 접착시킨다. 배수망 하단부 끝 부분에는 소형의 원형 에어스톤을 고정시키고 약간 강한 에어가 뿜어져 나오도록 하여 유생들이 망에 엉겨 붙지 않게 한다. 제작된 배수망은 수조 배수관과 연결, 설치하여 유수에 따라 배수되게 한다.

배수망의 규격은 현지 사정에 맞게 제작 할 수 있으나, 보통 직경 250 mm PVC 위생 파이프를 이용하는 것이 적당하다. 배수관의 높이에 따라 수심이 조절되므로 적당한 수심을 유지하도록 한다.

배수 망을 제작 설치한 다음 주간에는 먹이를 공급하고 지수식으로 사육하다가 야간에는 소량의 유수를 실시한다. 유수량은 수조 수량의 약 40~50% 정도 환수 될 수 있도록 한다. 야간의 유수로 인하여 일간 급격한 수온 차이가 일어나지 않으므로 사육수의 환수 시에도 수온의 안정을 유지 할 수 있는 이점도 있다.

수조내의 오염 상태에 따라 2~3일마다 환수를 하는데, 환수를 할 때에는 배수망과 에어스톤을 모두 제거 하고 약 10분간 정체하여 둔다. 시간이 지남에 따라 해삼 유생들은 표층에 거의 부유하게 되는데, 이때 물러망기구를 이용하여 한쪽 끝에서 천천히 이동하여 유생들을 수조 반대편 구석으로 모은 뒤, 바로 옆의 깨끗한 수조에 사이폰으로 옮기면 유생의 60~70%를 쉽게 이동 시킬 수 있다. 그 후 수조에 잔존하는 유생들은 호스 등으로 사이폰하여 내부면적을 넓게 만든 150 μm 망목의 물러망으로 수집하여 새 수조로 수용시키고 깨끗한 사육수를 채워준다. 유생을 사육했던 수조는 깨끗이 청소하여 말려두고 다음 환수 시에 다시 사용한다.

유생의 일시적인 공기 노출은 생존에 지장이 없다. 이러한 방법으로 환수하면 거의 95% 이상의 유생들을 회수함과 동시에 새 사육수로 거의 전량 환수

할 수 있다.

유생사육에 있어서 사육수의 수온은 유생의 성장에 중요한 요인으로 작용한다. *Auricularia* 유생의 수온별 유생사육 시험결과 10℃에서는 29일째, 25℃구는 13일 째에 전량 폐사 되었다. *Auricularia* 유생의 적온 하한은 15℃로 추정하고 있으며 유생사육 적수온은 17~19℃로 알려져 있다.

Doliolaria 유생은 *Auricularia* 유생보다 비교적 고수온에 강해 20℃를 약간 넘어도 지장은 없다(구, 2004).

(3) 유생의 성장

수온에 따른 유생의 성장시험결과 수온 10℃에서의 평균체장은 수정 후 5일째에 521.9 μm 크기로서 수온별 시험구중 가장 낮은 성장을 보였으며, 이 후에도 아주 완만한 저성장을 보이다가 17일째 606.0 μm , 27일째에는 665.4 μm 의 극히 저조한 성장을 보이다가 29일째에 전량 폐사하였다. 25℃ 시험구는 초기부터 아주 빠른 성장을 보이다가 9일째에 753.9 μm 의 크기로서 최대정점을 보인 후 유생의 상태 이상을 보이면서 11일째에 전량 폐사하였다. 18℃ 시험구는 5일째 641.9 μm , 9일째 829.3 μm , 13일째에 920.0 μm 로서 최대 성장을 보이고 15일째에 채묘시기에 도달하였다. 18℃까지는 수온이 높을수록 성장이 빠른 경향을 보였다.

수정 후 3일째에 613.1 μm 의 평균체장을 보였으며, 13일째에 *Dolioaria* 기 유생으로 변태되기 시작하였으며, 18일째에 이르러 *Pentactula* 기의 유생이 출현하였다.

해삼 유생은 사육 수온과 먹이생물, 환경의 요건에 따라 성장의 속도와 변태시기가 다양하게 나타나기 때문에 사육 기간동안 세심한 관찰이 필요하다(구, 2004).

(4) 채묘 및 어린해삼 사육

해삼은 수정 후 약 15~20일 정도 지나면 *Doliolaria*와 *Pentactula* 유생으로 변태되어 수조바닥에 착저하게 된다.

*Doliolaria*기 이후에는 유생의 착저에 먹이생물의 일부 종이 착저 촉진 유도에 관여된다. 특히 부착 규조류인 *Navicula sp.*를 투여하면 부유성 규조류를 투입하였을 때 보다 훨씬 많이 착저 유도 한다고 한다.

*Doliolaria*기에서 *Pentactula*기로 변태하기 까지는 2~3일 정도 밖에 걸리지 않기 때문에 사육 유생 중 *Doliolaria*기 유생으로 변태된 개체가 보이게 되면 수조 저면을 채취해서 *Pentactula* 유생의 유무를 확인하여야 한다.

해삼의 유생은 일시에 모든 개체가 변태하는 것이 아니고 일부 개체씩 점차적으로 변태가 이루어져 선발개체와 후발개체 간에는 10일 이상의 기간 차이가 나타난다. 따라서 채묘 역시 한꺼번에 하면 변태가 이루어지지 못한 유생들은 유실되거나 폐사될 경우가 많으므로 채묘시기를 잘 선택하고, 변태되어 착저한 유생들만 채취하여 여러 차례에 걸쳐 채묘 하는 것이 효율적이다.

채묘 시기가 다가오면 어린해삼을 채묘 할 수 있는 채묘기를 준비 하여야 하는데, 채묘기는 전북의 종묘생산에 널리 쓰이는 염화비닐 파판을 사용한다. 채묘 5~6일전에 채묘기를 채묘수조에 설치하여 유수하여 부착규조류를 번식시킨다. 규조류는 파판이 연한 갈색 정도의 상태를 띠도록 하는 것이 좋다. 너무 과다하게 번식되면 착저 및 부착, 이동에 지장이 있어 좋지 않다.

채묘시기에 이른 착저유생들은 유생 사육에서의 환수 방법과 같이 하여 부유하는 유생은 다른 수조로 이동시키고, 바닥에 착저된 *Pentactula* 유생과 어린해삼들은 해수를 조금씩 흘려주면서 부드러운 붓으로 벽면과 바닥을 훑어 배수구로 모아 물러망으로 수거한다. 수거된 유생들을 준비된 채묘수조에 골고루 부어준다. 이때 유생을 옮길 때 사용한 용기 표면에도 많은 량의 *Pentactula* 유생 및 어린해삼이 붙어 있을 수 있으므로 손실이 없도록 용기를 잘 씻어 채묘수조에 부어준다.

해삼은 단위 면적당 비교적 고밀도 채묘 및 사육이 가능하므로 채묘 후, 다

시 반복 채묘 하여도 무방하다.

채묘 유생을 채묘수조에 넣기 전에 채묘기를 가볍게 한번 해수를 뿌려 씻어 주어 파판에 붙어있는 큰 이물질 등을 제거한 다음 채묘하는 것이 좋다. 채묘 시 파판을 수평으로 하여 채묘 하는 것이 수직 채묘보다 높은 채묘율을 보인다.

채묘 후에도 *Pentactula* 유생은 곧바로 착저하여 새끼해삼이 되지만 아직 착저기가 되지 않은 유생들은 채묘 수조의 수면에 계속 부유하게 된다. 이러한 유생들이 유실되지 않게 지수상태로 1~2일간 약한 공기를 공급하면서 정체시켜둔다. 정체 기간동안 수온변화에 주의하여 고수온이 되지 않도록 한다.

이 후 부유 유생의 유무를 비이커 등으로 확인하여 유생들이 보이지 않을 때부터 조금씩 유수를 시작하여 시일이 경과함에 따라 차츰 유수량을 늘려준다.

채묘 후 채묘기에 착저한 어린해삼은 파판에 번식하는 부착 규조류 등을 섭취하면서 자라므로 먹이문제 등에 대해서는 크게 관리할 일은 없으나, 어린해삼 사육수조 내에는 가능한 타 생물이 유입되지 않는 것이 좋으므로 약 2개월 정도 사육해수를 10 μ m 내외의 카트리지 필터로 여과하여 공급하는 것이 좋다. 파도 등의 영향으로 찌꺼기가 많이 올라오는 시기에는 항상 필터의 상태를 살펴 단수가 되지 않도록 제때 필터를 교체해 주어야 한다. 또 수조의 누수 등을 잘 살펴 단수시 사육수의 누출로 인해 채묘 파판의 공기노출 등의 피해를 방지하도록 한다.

채묘가 끝난 후 약 2주 후 수평으로 둔 채묘기를 다시 수직으로 세우고, 규조류의 지속적인 적정한 번식이 되도록 차광율을 조절하면서 어린해삼 사육에 들어간다.

채묘 후 약 1개월 정도 경과 후 파판을 살펴보면 약 1~2 mm 크기의 백색으로 보이는 어린해삼을 확인할 수 있다.

5월에 채란하여 6월에 채묘한 어린해삼을 파판 규조류를 먹이로 사육한 결과 4개월 후, 평균체장 15.8 mm의 성장을 보였고, 개체간의 성장 차이가 아주

심하게 나타나는 경향을 보였다.

어린해삼의 먹이로서 냉동규조를 공급하였을 때, 수정 후 71일째에 평균체장이 11.26 mm에 달하였다는 보고가 있다(柳橋 등, 1984).

채묘 후 초기 2~3개월 동안 어린해삼의 감모가 심하게 일어날 경우가 있으므로 항상 주의 깊게 관찰하여야 한다. 감모요인으로는 수온과 해적생물 등이 고려된다.

수온에 대한 시험결과 어린해삼은 30℃에서 24시간 후에 활력저하와 폐사개체가 있었으며, 48시간 후에는 65%가 폐사하였다고 한다. 또한 초기 어린해삼은 급격한 수온의 변화에도 주의하여야 한다.

해적생물인 Tigriopus에 의한 식해 및 감모도 확인되고 있다. Tigriopus는 어린해삼의 크기가 작을수록 피해가 크며, 어린해삼의 체장이 5 mm 이상 크기에서는 식해현상을 볼 수 없지만 채표 등에 부착하여 간접적인 피해를 입힌다(구, 2004).



4. 수산식품으로서 주요성분

일반적으로 해삼의 근육이라 부르는 체벽부분은 실제로는 근육은 없고 주로 콘드로이틴(chondroitin) 유산이라고 부르는 결합조직으로 되어 있어 다른 동물의 근육과는 본질적으로 다르다. 계절에 따라 변화는 있지만 수분함량이 상당히 높다. 해삼의 몸체는 식욕이 왕성하고 운동이 활발한 겨울철에는 수분함량이 85% 이하로 약간 낮고 여름잠중인 여름에는 91% 이상이 된다. 칼로리는 큰가리비나 게류의 1/6로 이상할 정도의 낮은 값을 나타내고 있다. 이것은 수분 함량이 높은 탓만은 아니고 지방함량이 다른 어패류와 비교해 매우 낮기 때문인 것도 있다. 그리고 생선육의 소화율도 고기의 98%에 비해 해삼에서는 63%로 상당히 낮은 값을 나타내고 있다. 하지만 이것을 삶거나 식초에 담그는 등 조리를 하면 소화율도 80~86%정도로 된다. 그리고 육상 및 해상 동물의 식품은 산성인데 해삼은 동물성식품 중에 보기 드문 알칼리성 식품으로 강정 식품, 노화억제식품, 보양식품으로 알려져 있다.

해삼의 영양분은 여름잠기에는 체벽에 영양분을 축적하여 자가소비를 함으로 체벽에 수분함유량이 높게 된다. 따라서 해삼의 영양성분 조성은 계절에 따라 현저한 차이가 있다. 해삼의 체벽은 단백질이라고 할 수는 없지만 트립토판, 시스틴, 아르기닌, 히스티딘, 리신 등의 아미노산을 함유하고 있고 특히 아르기닌이 많이 포함되어 있다. 비타민류는 A, B1, B2, 니코틴산등을 함유하고 있고 C 및 D는 함유하고 있지 않다. 해삼의 주성분은 단백질, 지방, 탄수화물, 회분, 칼슘, 인, 철, 나트륨, 칼륨, 레티놀, 카로틴 등을 함유하고 있다.

해삼내장은 옛날부터 귀한 음식으로 여겨왔고 실로 놀라운 성분을 함유한 고단백 식품으로 특히 병약자나 노인들이 즐겨먹던 기호 식품이다. 그 성분은 칼슘, 철분, 나트륨, 단백질, 비타민, A, B1, B2, C, D, 콜라겐 등을 많이 함유하고 있고, 생해삼은 단백질이 2.5% 뿐이지만, 건조하거나 내장젓에서는 단백질이 32.5%나 들어있고 칼로리는 146 Cal 정도이며, 기능성을 보면 성질은 무독하고 신장을 보호하고, 피를 생산하고, 소변이 가볍고, 장을 깨끗이 하고, 허한 체질을 개선한다고 하여 일본에서는 유명한 식품이기도 하다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 시험어

통발형 해삼양성기구 개발을 위하여 해삼의 형태측정시험, 망목선택성시험 및 해상양성시험에 사용한 어린해삼은 2004년 6월에 전남 완도군 금당면 (주)카스코 종묘배양장에서 배양한 것을 육상순환수조에서 해조분말 사료를 급이 하여 다음 해 1월까지 약 7개월 동안 양성한 어린해삼 500마리(0.4~18.4 gw)를 2005년 2월 9일에 20 ℓ 물통에 해수 1 ℓ, 모자반 500 gw을 넣어 제주대학교 해양과환경연구소로 수송한 후, 총 5개의 육상순환 원형아크릴수조(Ø300×H300 mm)에 각 100마리씩 분리하여 인공사료를 주지 않고 자연해수에 포함된 부유생물을 먹이로 하여 순응·사육시켜 시험에 사용하였다(Fig. 3).

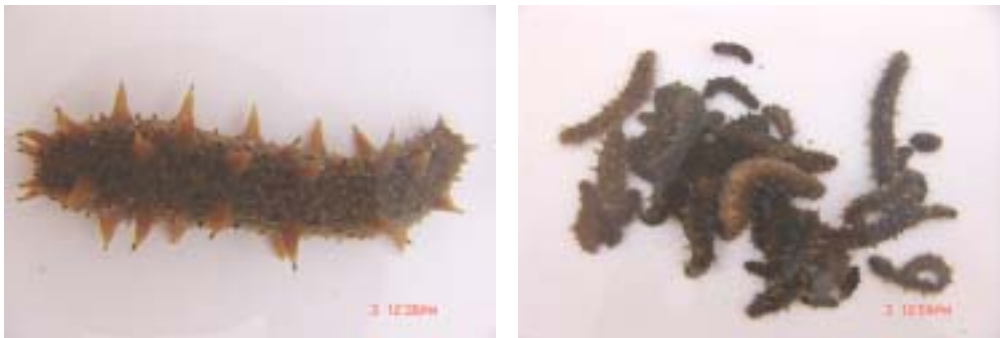


Fig. 3. The bodily appearance of sea cucumber.

2. 해삼의 형태측정 방법

어린해삼의 형태측정 시험은 2005년 2월 17일에 제주대학교 해양과환경연구소에서 실시하였고, 시험에 사용한 어린해삼은 체중이 0.4~18.4 gw에서 무작위 150마리를 추출하여 사용하였다.

해삼류는 극피동물인 무척추동물과 같이 체 구성 요소의 대부분을 수분이 차지고 있기 때문에 일반적인 측정 기구를 사용할 경우 외부의 자극에 매우 민감하게 반응하여 체장 및 체고의 변동이 심해 형태를 측정하는데 어려운 문제가 있다. 그러므로 측정기기 등의 외부 자극에 의한 체장 및 체고의 변동을 억제하여 측정할 수 있는 방법을 사용했다.

마취제는 畑中와 谷村(1994)이 사용한 방법을 이용하였으며, 마취제는 자연해수 1 ℓ에 마취제(1R,2S,5R)-(-)-menthol (99%)를 각각 0.4 mg(400 ppm), 0.5 mg(500 ppm), 0.6 mg(600 ppm), 0.7 mg(700 ppm)을 농도별 4종류로 희석 시켜 마취제를 만든 다음 각각 1 ℓ 시험 멸균병에 넣어 밀봉해 실온에서 36시간 경과 후 사용하였다.

적정마취농도 값을 구하기 위해 각 농도별 어린해삼 8마리(총 32마리, 0.4~18.4 gw)를 이용하였고, 적정 마취농도 값을 이용하여 형태측정 시 체장 및 체고를 측정하기 위한 기준 시간대의 값을 구하기 위해 어린해삼을 체중별로 8마리(체중 1.2, 2.1, 3.2, 4.1, 5.2, 6.3, 7.5, 8.1 gw)를 선정해 시간에 따른 체장변화를 측정하였다. 여기에서 얻어진 값을 이용하여 어린해삼의 형태측정 시험은 체중을 그룹별 A 0.4~0.9 gw, B 1.0~1.9 gw, C 2.0~2.9 gw, D 3.0~3.9 gw, E 4.0~4.9 gw, F 5.0~5.9 gw, G 6.0~6.9 gw, H 7.0~7.9 gw, I 8.0~8.9 gw, J 9.0~9.9 gw, K 10.0~10.9 gw, L 11.0~11.9 gw, M 12.0~12.9 gw, N 13.0~13.9 gw, O 14.0~14.9 gw, P 15.0~15.9 gw, Q 16.0~16.9 gw, R 17.0~18.4 gw 18개의 그룹으로 구분하여 체장, 체고를 측정 하였다.

체장측정은 투명 아크릴원형수조(Ø250×H200 mm)에 눈금자를 제작·설치하여, 디지털 스틸 카메라(SONY, DSC-F828)로 촬영하여 소프트웨어 Photoshop 6.0에

서 분석한 후, 전자 버니어캘리퍼스로 형태를 측정해 비교분석 하였다. 이때 체장은 10초마다 변화량을 측정하여 체장이 최대로 늘어난 길이를 측정하였으며, 측정 오차는 ± 0.02 mm이었다. 그 후 전자저울을 이용하여 소수점 둘째자리까지 체중을 측정하였으며, 시험시의 수온은 어린해삼을 사육하고 있는 육상순환수조의 수온과 동일한 13°C가 되도록 하였다.

형태측정은 투명 아크릴원형수조에 마취제를 넣은 뒤 해삼을 수조에 수용한 후 마취전 상태는 Fig. 4의 A, 마취제에 반응 상태는 Fig. 4의 B와 같다. 마취상태의 판단 기준은 Fig. 5와 같이 어린해삼이 입의 촉수를 펼쳤을 때의 상태를 마취된 것으로 판단하여 측정하였으며, 체장의 측정 기준은 어린해삼이 최대로 늘어났을 때 촉수를 제외한 최대장을 측정하였고, 체고의 측정은 머리 뒤쪽의 가장 가는 부분을 측정하였는데 최고 측정시 돌기를 제외한 길이를 측정하였다(Fig. 5).

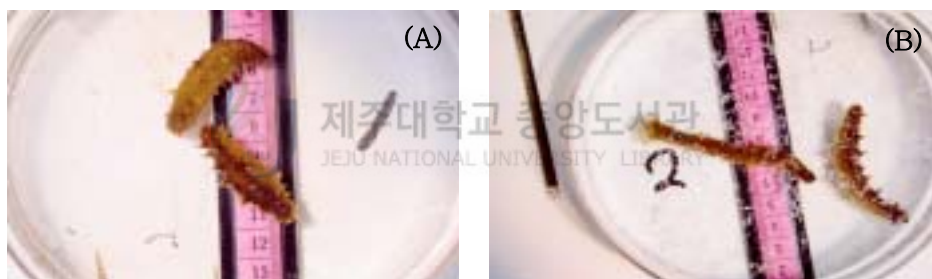


Fig. 4. Anesthetized sea cucumber (A : before B : after).

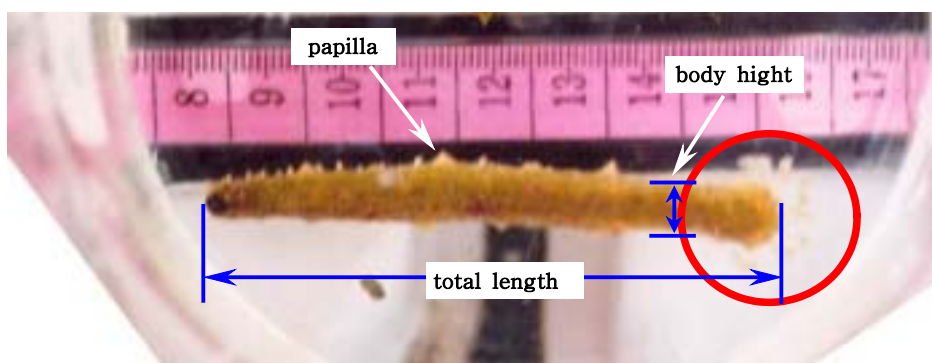


Fig. 5. Anesthetized sea cucumber (○ : tentacle).

3. 해삼의 망목선택성 방법

망목선택성시험에 사용한 어린해삼은 무작위 200마리(0.4~18.4 gw)를 추출하여 사용하였고, 시험은 2005년 2월 22일~4월 10일까지 약 8주 동안 제주대학교 해양과환경연구소 육상수조FRP(Ø1,200×H900 mm) 4개를 이용하여 설치 시험하였으며 시험장치의 모식도는 Fig. 6과 같다.

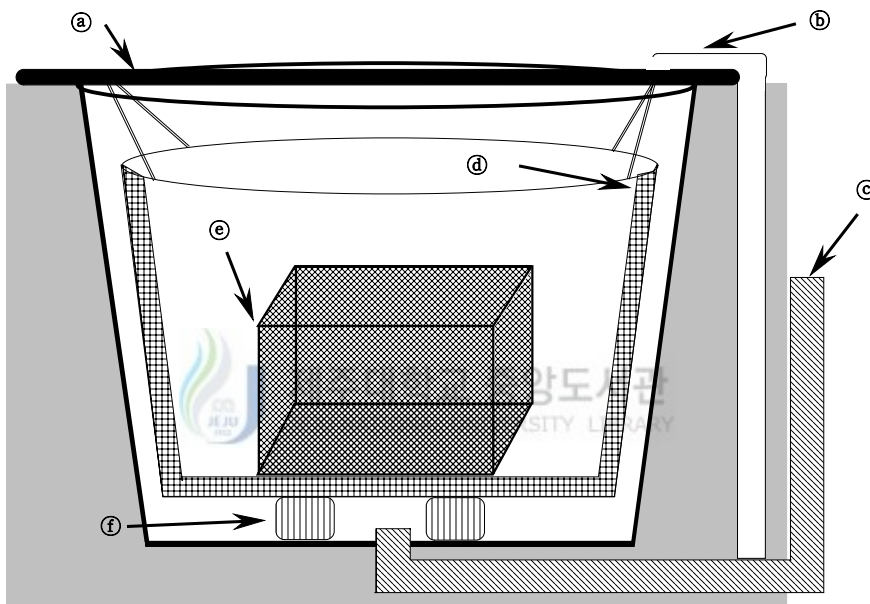


Fig. 6. Experimental culture system.

- (a) : Bamboo (b) : Water inlet pipe (c) : Water outlet pipe
 (d) : Net (e) : Mould (f) : Brick

Fig. 6의 (a)는 보호망 설치시 망을 고정하기 위한 장치(대나무 Ø50×L2,000 mm), (b)는 시험수조에 해수를 공급하는 장치, (c)는 시험수조에 공급된 해수를 배출하는 장치, (d)는 어린해삼이 시험 기구를 탈출 하였을 때 개체수를 확인하기 위해 설치한 장치로, 보호망기구(PP계 망지, 망목 1.5 mm, Ø1,200×H500 mm)는 수면으로부터

약 10cm를 노출시켜 어린해삼이 탈출하였을 때 탈출개수를 확인하기 위해서 유실되는 일이 없도록 설치하였다(Fig. 7).

㉔는 망목선택성 시험 시에 어린해삼을 수용하기 위한 길이 400 mm인 정육면체 시험기구, ㉕는 시험 시에 보호망 및 시험기구가 바닥에 붙는 것을 방지하고 해수의 흐름을 원활히 하기 위해서 설치한 장치이다.

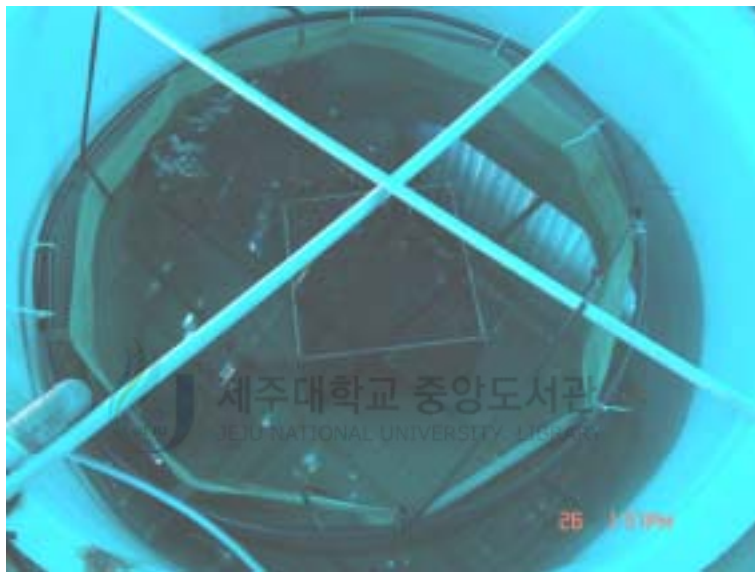


Fig. 7. The photograph of culture system.

해삼은 해저에 서식하고 야행성이므로 사육환경을 어느 정도 자연 상태와 동일한 조건을 유지하기 위해 검정색 차광 망을 수조상방에 설치하여 수조에 들어오는 빛을 차단하였고, 주 1회 이 차광 망을 제거하여 개체수 확인을 한 후 다시 설치하였다.

망목선택성 시험에 사용한 망목선택 기준은 형태측정에서 도출된 값을 기준으로 하여 평균체고가 3.6 mm에 대한 적정망목은 2 mm, 평균체고 5.0 mm에 대한 적정망목 3 mm, 평균체고 6.0 mm에 대한 적정망목 4 mm, 평균체고 7.3 mm에 대한 적정망목

6mm의 체고 값을 이용하였다.

망목선택성 시험기구는 스테인레스 봉 직경 10 mm를 이용해서 직사각형 틀 (L400× B400×D400 mm) 4개를 제작하고(Fig. 8), 이 틀에 PA계 망지, 망목2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm를 붙이고(Fig. 9), 각각 A, B, C, D type이라고 이름을 붙였다.

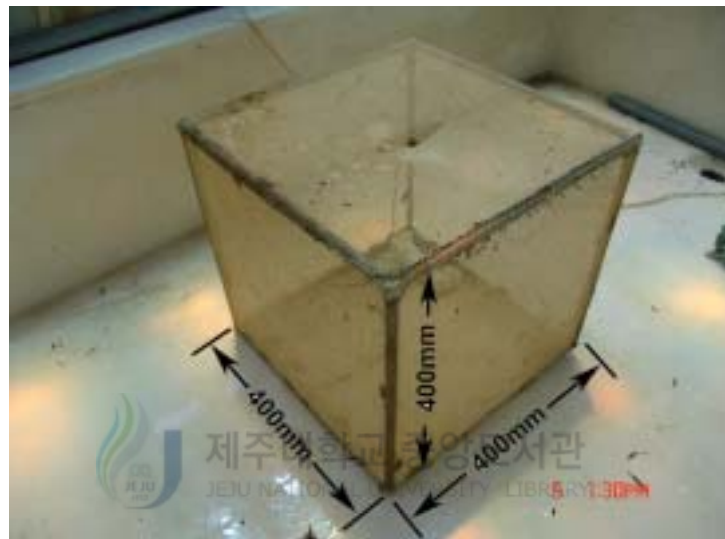


Fig. 8. The photograph of mould.

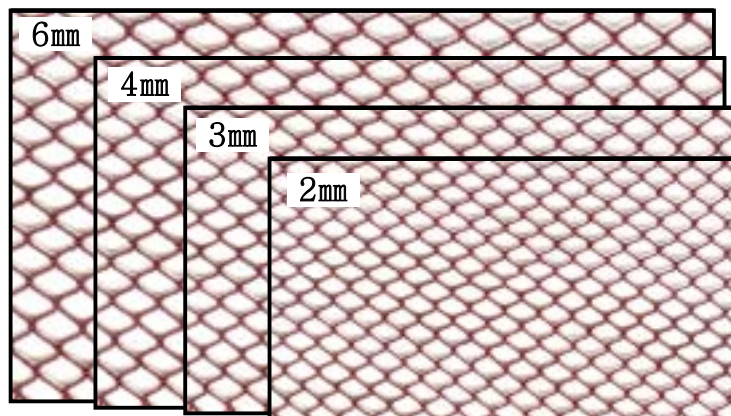


Fig. 9. Experimental net sizes.

제작된 시험기구에 무작위 추출한 어린해삼(0.4~18.4 gw)을 망목 크기별로 각 50마리씩 넣어 어린해삼의 탈출에 대한 망목선택성을 규명하였고, 망목 크기별 해삼의 수용 규격은 Table 1과 같다. 시험기구에서 탈출하여 보호망기구에 있는 개체 및 폐사개체 수의 확인은 주 1회 조사하였으며, 개체가 확인 되지 않은 것은 폐사개체로 산정하고, 탈출한 어린해삼은 전자저울을 이용하여 체중을 측정 하였다. 수온은 일일 1회 전도온도계를 이용해 측정하였다.

Table 1. Selecting of net size for culture system

Net sizes	A type 2 mm	B type 3 mm	C type 4 mm	D type 6 mm
Surface area (m ²)	0.96	0.96	0.96	0.96
Total body weight (gw)	100.92	99.00	101.80	103.70
No. of sea cucumber	50	50	50	50

4. 해상양성시험 방법

해상양성시험은 제주도 북제주군 조천읍 함덕리 연안 해역에서 2005년 4월 16일~2005년 9월 30일까지 약 5개월 동안 실시하였다. 시험기간 동안의 환경 조사는 제주대학교 해양과환경연구소 조사선 아라2호(16톤, 315마력)를 이용하였다. 그리고 통발형 양성기구 설치장소의 환경조사는 6~9월까지 총 4회 표층에서 저층까지의 수온을 조사하였고, 특히, 제주연안의 가장 고수온기인 2005년 8월 25일을 택하여 시험기구의 설치 지역(함덕리 정치망)을 중심으로 관측 정점 총 16개 정점을 설정하여 CTD(SEB-19)관측 자료에서 얻어진 저층수온에 대한 수평분포를 분석하였다.

또한, 시험기구의 설치 지역에 저층수의 분포를 알아보기 위해 9~12정점 4개의 정점을 택하여 남북으로 가로지르는 수직단면을 A-Line이라하고 이 Line에 대한 수온수직단면을 분석하였으며, 환경조사 정점 및 위치는 Fig. 10과 같다.

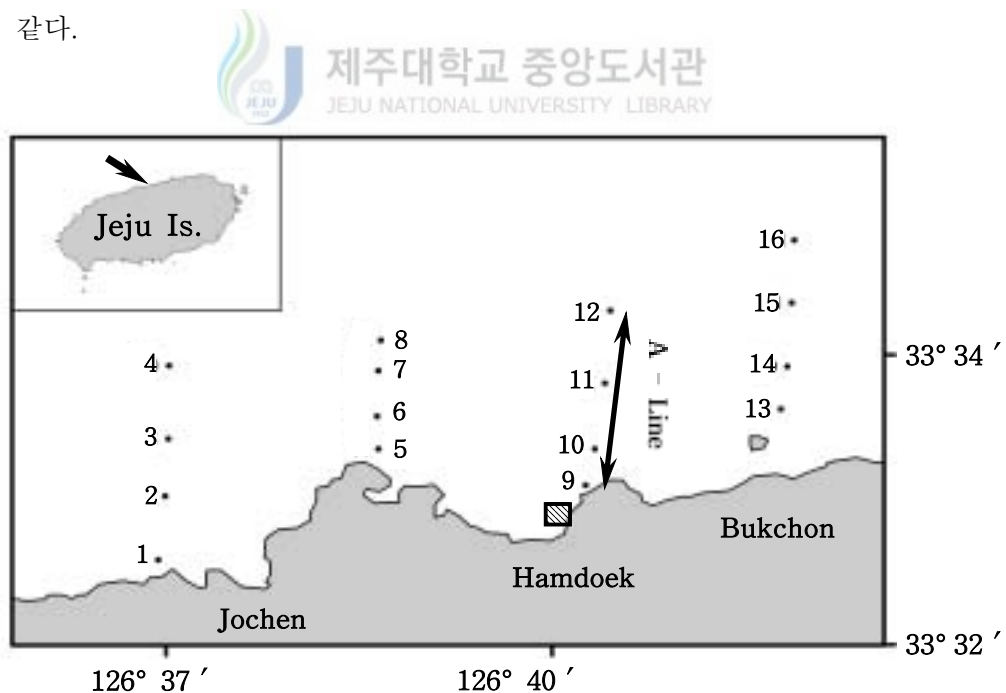


Fig. 10. Map of the experimental area(□ : set net).

통발형 해삼양성용 시험기구 설치 수심은 약 15 m로서 저질은 모래로 이루어져 있는 외해 쪽의 정치망 사개 부이의 고정닻줄에 통발형 해삼양성기구 4개를 약 5 m 간격으로 설치하였으며, 그 모식도는 Fig. 11과 같다.

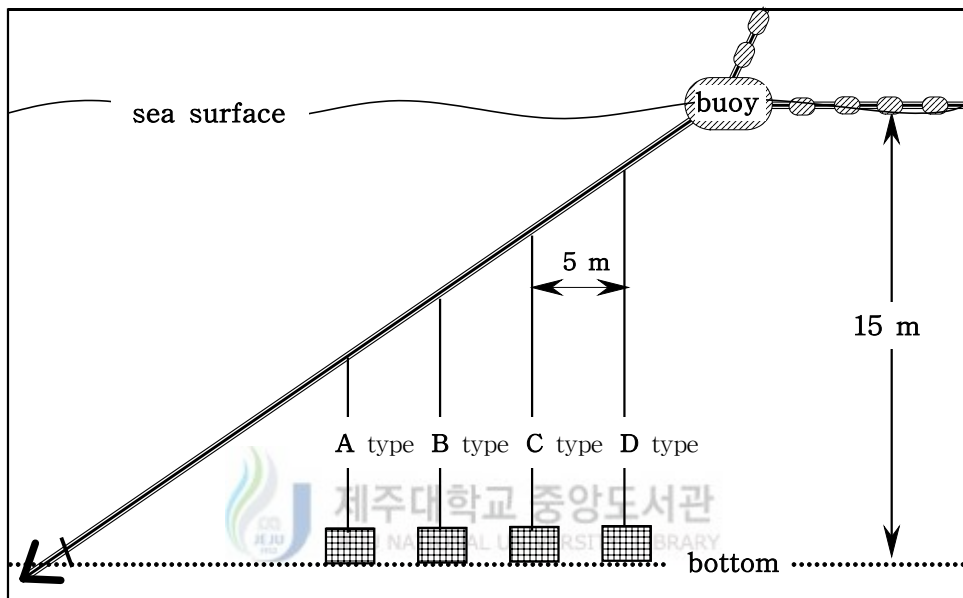


Fig. 11. Design of the anchor culture system.

통발형 해삼양성기구는 시판되고 있는 수하식 채롱형 양성기 중 치패용 양성기(L400×B400×D400 mm)를 이용하여 안쪽에 망목선택성시험에서 도출된 결과를 이용해 망목 4mm인 그물을 부착한 후 Fig. 12의 B와 같이 전복치패 양성용 폴리카보네이트 파판(L300×B380 mm)을 이용하여 면적이 각각 다른 통발형 해삼양성기구를 제작하였다.

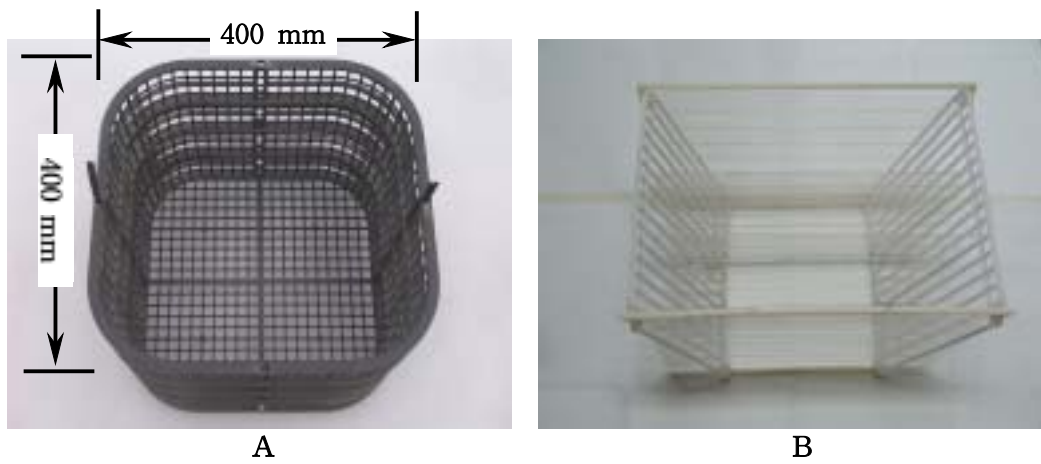


Fig. 12. Photograph of culture net cage system.

A : shellfish culture system

B : polycarbonate collectors

어린해삼은 내 표면적이 각각 다른 통발형 해삼양성기구의 표면적별 체중은 A형 6.95 m², 98.7 gw, B형 5.95 m², 114.2 gw, C형 4.95 m², 118.5 gw, D형 2.95 m², 104.3 gw이고, 각 기구별 30마리를 수용하여 해삼의 생존율을 비교·분석하였다(Table 2).

통발형 해삼양성기구의 개체수의 확인은 제주대학교 해양과환경연구소 조사선 아라2호를 이용하여 월 1회 총 5회 실시하였다.

Table 2. Selection of gross area for culture system

Fish trap type	A	B	C	D
Gross area (m ²)	6.95	5.95	4.95	2.95
Total body weight (gw)	98.7	114.2	108.5	104.3
No. of sea cucumber	30	30	30	30

IV. 결 과

1. 해삼의 형태 측정

어린해삼 형태측정에 있어서 적정마취농도의 값을 구하기 위해 자연해수 1 ℓ에 menthol을 각각 0.4 mg(400 ppm), 0.5 mg(500 ppm), 0.6 mg(600 ppm), 0.7 mg(700 ppm)에 각 농도별 8마리(총 32마리)를 이용하였으며, 어린해삼의 마취농도별 마취시간 변화에 대한 결과는 Fig. 13에 나타냈다.

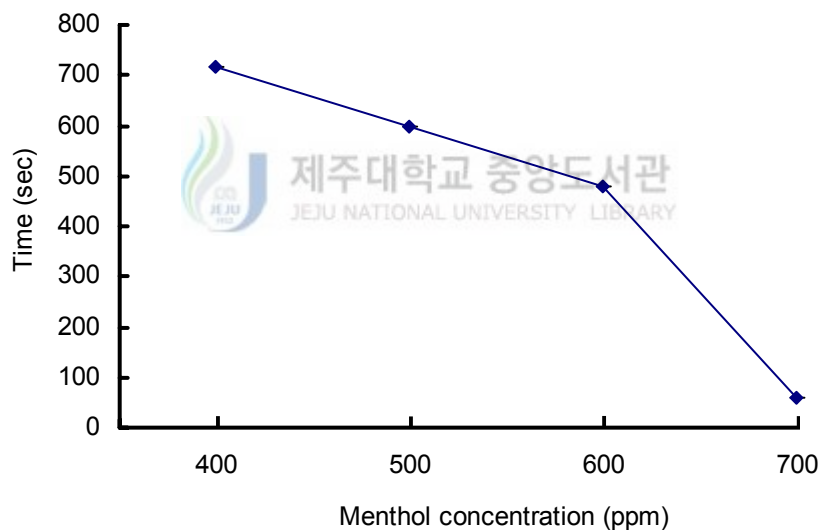


Fig. 13. Changes of the length of anesthetized sea cucumbers in menthol solution at different time.

menthol의 농도에 따른 어린해삼이 마취되는 시간 경향을 보면 농도 700 ppm에서 60초 이내에서 가장 빠른 반응을 보였으며 농도 600 ppm에서는 480초, 농도

500 ppm에서는 600초의 순으로 나타났고, 농도 400 ppm에서는 718초로 가장 낮은 반응 값을 보였다. 그리고 어린해삼은 마취에서 깨어난 후 내장을 방출하는 경우도 없었으며 폐사개체도 없는 것으로 보아 어린해삼의 형태를 측정하기 위한 적정 마취농도의 시간대는 700 ppm(60초)에서 가장 효과적으로 나타났다.

Fig. 14는 적정마취농도 700 ppm을 이용하여 형태측정 시 체장 및 체고측정 기준 시간 값을 구하기 위해 체중별 각 8마리를 추출하여 어린해삼이 최대로 늘어났을 때까지의 시간에 대한 체장 범위를 나타내었다.

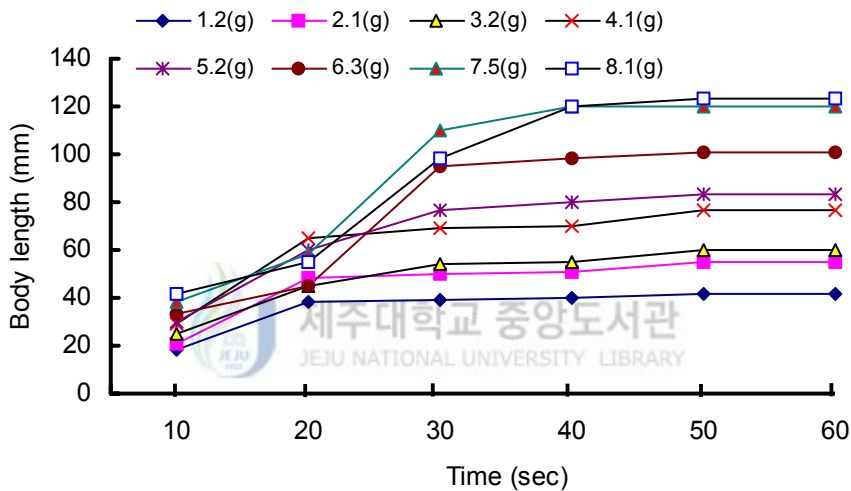


Fig. 14. Changes in body length of the sea cucumber anesthetized in 700ppm menthol solution at different time.

어린해삼 8마리를 마취제에 침지 시 초기에는 물리적 자극에 의해서 잠시 수축하는 현상을 보였으나, 10초 시간대에서의 체장은 20(체중 1.2 gw)~42 mm(8.1 gw), 20초 시간대에서의 체장은 38(1.2 gw)~65 mm(8.1 gw)의 범위에서 큰 격차 없이 서서히 늘어나기 시작하였다. 30초 시간대에서의 체장은 39(1.2 gw)~110 mm(8.1 gw)로 어린해삼 8마리의 체중별 체장은 각 개체별 약 10 mm간격차로 완만한 상승곡선의 형태를 보이다가 40초 시간대에서의 체장은 40(1.2 gw)~120 mm(8.1 gw)로 값을 보

여 이 후 시간대부터는 안정적으로 일정한 체장 값을 나타내었으며, 60초 시간대에 서의 체장은 42(1.2 gw)~123 mm(8.1 gw)로 값을 나타내어 어린해삼 형태측정 시 체장 및 체고를 측정하는데 있어서는 마취 후 50~60초대에 측정하는 것이 적당하 다.

Fig. 15는 어린해삼의 체중을 18개의 그룹으로 분리하여 체중에 따른 체장 및 체고의 측정 결과를 나타내었으며 어린해삼의 그룹별 체중, 체장 및 체고의 범위 는 Table 3에 나타내었다.

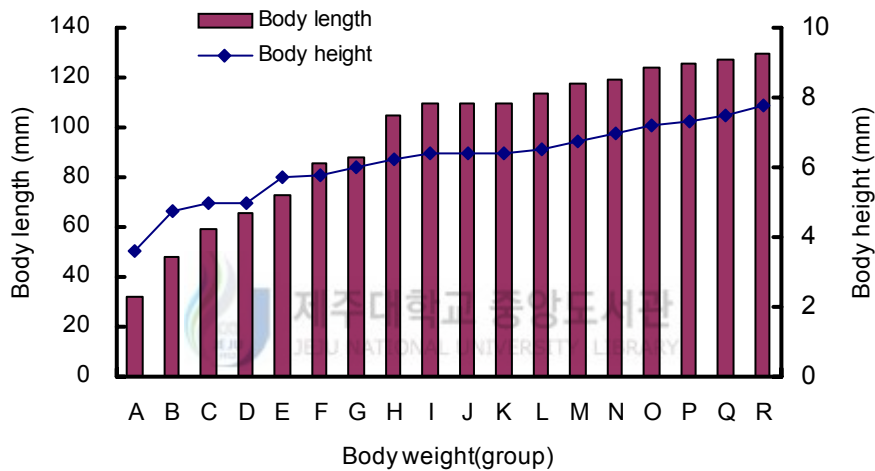


Fig. 15. Mean body weight, length and height of sea cucumber.

마취제를 사용한 체중에 따른 체장조성 관계를 보면 체중 A범위에서의 체장은 32 mm, B~E범위에서의 체장은 37~75 mm(평균 61 mm)로 약 10 mm로 일정한 간격 으로 증가 하였고, F~L범위의 체장은 70~122 mm(평균 103 mm)로 약 3 mm로 일정 한 간격으로 증가 하였으며, M~R범위의 체장은 105~135 mm(평균 124 mm)로 약 2 mm로 일정한 간격으로 증가 하였다. 체중범위 A에서는 체고가 3.6 mm의 값을 기 준으로 체중 범위 B~E에서는 평균체고 5.0 mm, F~L범위에서는 평균체고 6.0 mm, M~R범위에서는 평균체고 73 mm의 값을 나타내었다.

망목선택성 시험을 하기 위한 적정 시험 망목은 형태측정의 체중에 대한 체고 값을 기준으로 하여 4개의 그룹으로 분류하여 볼 때 체중범위 A에 대한 체고가 3.6 mm이므로 체중범위 A에서는 어린해삼 양성을 감안하였을 때 적정망목은 2 mm, 체중범위 B~E대한 평균체고 5.0 mm의 적정망목 3 mm, F~L대한 평균체고 6.0 mm의 적정망목 4 mm, M~R에 대한 평균체고 7.3 mm의 적정망목 6 mm로 나타났다.

Table 3. Mean body weight, length, and height of sea cucumber

Group	Sample	Body weight (gw)	Body length (mm)	Body height (mm)	Mean		
					Body weight (gw)	Body length (mm)	Body height (mm)
A	6	0.4~0.9	27~37	3.0~4.2	0.6	32.0	3.6
B	8	1.0~1.9	37~55	4.2~4.9	1.5	47.7	4.7
C	8	2.0~2.9	53~62	4.9~5.5	2.5	58.9	5.0
D	8	3.0~3.9	65~67	5.2~6.4	3.6	65.6	5.0
E	6	4.0~4.9	71~75	5.3~6.4	4.5	73.0	5.0
F	5	5.0~5.9	70~88	5.0~6.5	5.7	85.0	5.7
G	6	6.0~6.9	82~93	5.0~6.5	6.4	88.0	5.8
H	6	7.0~7.9	100~109	5.5~6.5	7.7	104.5	5.7
I	7	8.0~8.9	98~110	5.0~7.0	8.5	109.4	6.0
J	5	9.0~9.9	95~122	5.0~7.0	9.6	109.8	6.2
K	4	10.0~10.9	102~122	6.0~7.0	10.7	110.0	6.4
L	4	11.0~11.9	105~122	6.0~7.0	11.6	113.3	6.4
M	5	12.0~12.9	105~128	6.6~7.2	12.7	117.5	7.0
N	5	13.0~13.9	112~128	6.7~7.2	13.5	119.0	7.0
O	5	14.0~14.9	118~128	6.8~7.3	14.6	124.0	7.2
P	4	15.0~15.9	120~135	6.5~7.5	15.4	126.0	7.3
Q	4	16.0~16.9	121~135	7.0~8.0	16.7	127.0	7.5
R	4	17.0~18.4	123~135	7.0~8.3	17.8	130.0	7.8

2. 해삼의 망목선택성

해삼은 최적서식 수온이 8~18℃이므로 시험기간 동안 육상순환시험 수조는 11.0~14.5℃이었고, 평균수온은 12.8℃로서 그 변화는 Fig. 16과 같다. 시험시 시간이 지남에 따라 수온이 점차 상승의 변화를 보여, 李 등(1999); 구(1998); 崔 (1963)등의 보고에 의한 해삼의 서식수온인 20℃이하의 수온에서 정상적인 섭이 활동을 하기 때문에 수온수조의 수온변화에 의한 오차는 없었다.

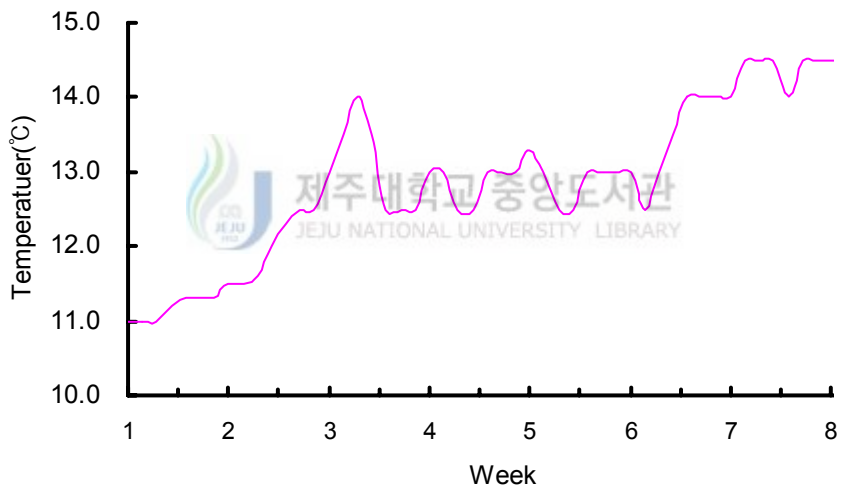


Fig. 16. Daily changes of water temperature(°C) in the tank.

어린해삼이 양성기구 밖으로 빠져나가는 것과 그물코에 끼어 폐사하는 것을 줄려 생산성이 높은 통발형 해삼양성기구 개발을 하기 위하여 각기 다른 망목 (2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm)을 부착한 시험기구에 무작위 추출한 어린해삼 50마리를 넣어 생존율에 대한 망목선택성 시험결과는 Fig. 17과 같다.

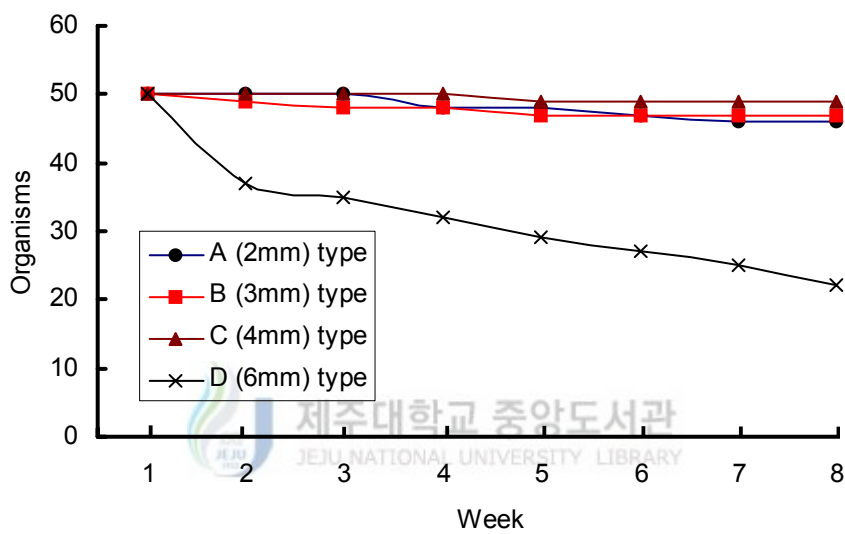


Fig. 17. Weekly survival of sea cucumber.

각각의 망목에 따른 어린해삼(0.4~18.4 gw)의 생존 및 폐사, 탈출 개체를 보면, A형(망목:2 mm)에서는 50마리 중 탈출은 없었으며 폐사는 4마리를 보였고, B형(망목:3 mm)에서는 50마리 중 탈출은 없었지만 폐사는 3마리로 A형 보다 1마리 적게 나타났다.

C형(망목:4 mm)에서는 50마리 중 탈출은 없었으며 폐사는 A, B형에서보다 적은 1마리로 나타났다. 그러나 D형(망목:6 mm)에서는 50마리 중 탈출이 22마리, 폐사가 6마리로 A, B, C형의 망목에서 보다 탈출과 폐사 개체수가 가장

많이 나타났다(Table 4).

시험기구별 망목에 따른 탈출의 개체수를 비교해보면, 탈출에 있어서 A, B, C형에서의 탈출 개체는 없었고, D형에서는 22마리로 가장 많은 개체수의 탈출을 보였다. 또한 기구별 망목에 따른 폐사의 개체수를 비교해보면, 폐사는 D형 6, A형 4, B형 3, C형 1마리 순으로 나타나 C형이 가장 좋은 잔류 수치를 보였고, D형에서의 망목이 6 mm로 제일 큰 망목임에도 폐사 개체수가 많은 것은 어린해삼이 망목 탈출과정에서 망목에 끼어 폐사된 것임을 알 수 있었다.

망목선택성 시험에 사용한 4종류(2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm) 망목에서는 C형(망목:4mm)에서의 잔존율과 생존율이 가장 높게 나타나 체중 0.4~18.4 gw 사이의 어린해삼을 통발형 해삼양성기구에서 양성하기 위한 가장 적합한 적정망목은 4 mm 이었다.

Table 4. Survival, perish and escape of sea cucumber

Net size	A type (2 mm)	B type (3 mm)	C type (4 mm)	D type (6 mm)
No. of survival	46	47	49	22
No. of escape	0	0	0	22
No. of perish	4	3	1	6
No. of sea cucumber	50	50	50	50

3. 해상양성시험

제주도 함덕연안에 시험기구가 설치된 장소의 환경조사를 6~9월까지 총 4회 실시하여 연직수온분포를 분석한 결과는 Fig. 18과 같다. 6월의 수온은 표층과 저층이 비슷하게 나타났으며, 최저수온은 16.1℃를 보였다. 7월 수온은 표층에서 최고수온 24.4℃, 최저 수온은 저층에서 20.5℃, 표층과 저층의 수온차이는 3.8℃, 8월의 표층 최고 수온 28.3℃, 최저수온은 저층에서 22.6℃, 표층과 저층의 수온차이는 5.6℃, 9월의 표층에서 최고 수온 24.6℃, 최저수온은 저층에서 22.4℃, 표층과 저층의 수온차이는 2.2℃를 나타냈다.

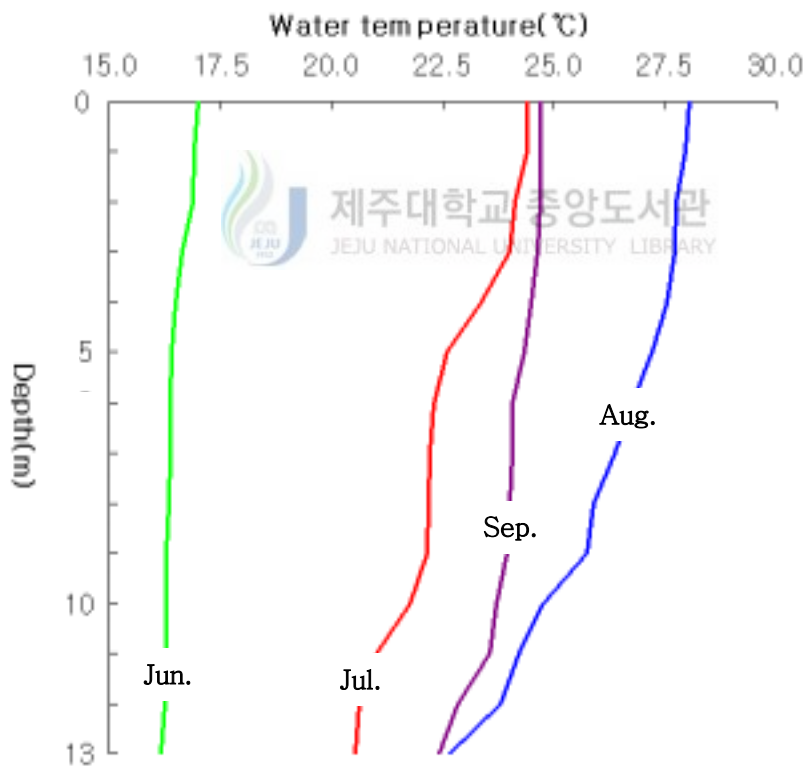


Fig. 18. Vertical changes of temperature(°C) in the study location.

Fig. 19는 북제주군 조천읍 함덕연안에 시험기구가 설치된 장소를 중심으로 가장 고수온기인 2005년 8월 25일에 총 16개의 정점에 대한 저층수온의 수평 분포를 나타내었다. 그 결과 해저지형은 해안선과 평행하게 완만한 형태를 나타내었으며 수온분포도 등수심선과 비슷한 분포를 보였다. 이 시기에 출현수온은 22~14℃이었으며, 최고수온은 수심 10 m부근에서 22.0℃를 나타내었고 외해쪽으로 갈수록 점차적으로 수심이 낮아져 수심 60 m부근에서 최저수온인 14.0℃가 나타났다. 조사해역의 연안과 외양의 수온차이는 8℃로 명확하게 성층구조가 나타나 연안에서 조석에 의한 강제혼합은 나타나지 않았다. 따라서 해삼 양성이 연중 가능한 한계수온인 20.0℃이하의 수온은 수심 25 m부근에서 분포하고 있는 것으로 나타났다.

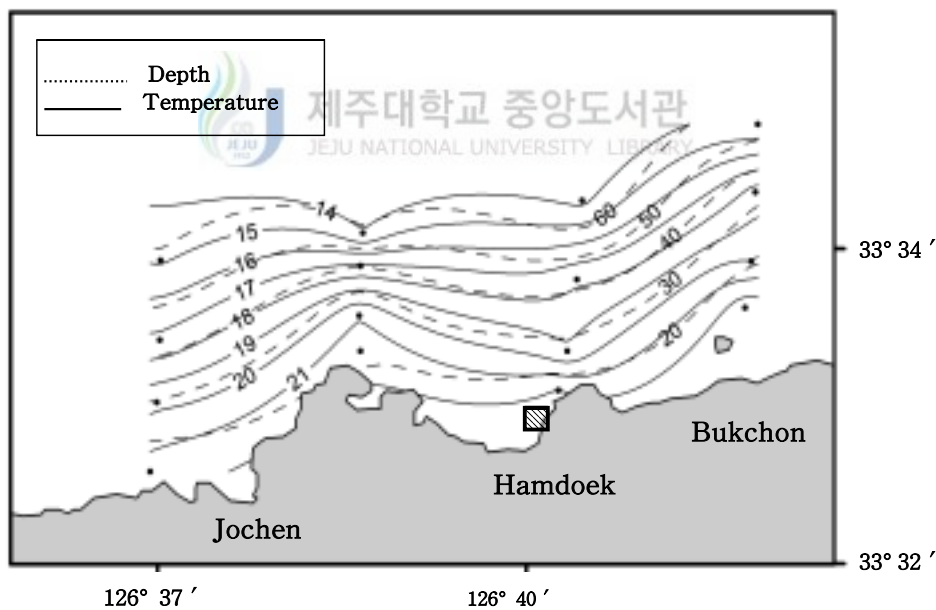


Fig. 19. Temperature(°C) and topography(m) at the bottom of the study area on 25th Aug. 2005.

Fig. 20은 시험기구가 설치된 함덕 연안에 저층수온의 분포세력을 알아보기 위해 4개의 정점인 A-Line(9, 10, 11, 12)의 연직 단면도를 나타내었다. 정점 9에서는 표층 및 저층 수온은 24.5, 22.5℃ 수온차이는 2℃, 10에서는 24.5, 19.0℃ 수온차이는 5.5℃, 11에서는 24.5, 17.0℃ 수온차이는 7.5℃, 12에서는 24.5, 14.5℃ 수온차이는 10.0℃를 보였고, 정점 11 및 12에서도 Fig. 19와 같이 25 m이하의 수심에서 20.0℃이하의 수온을 보였다.

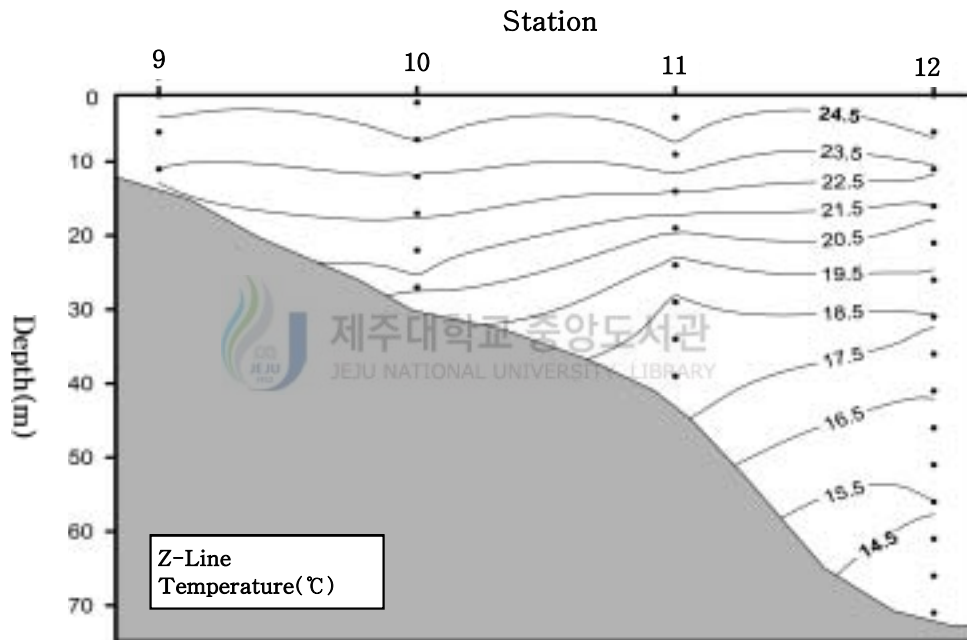


Fig. 20. Vertical profiles of temperature(°C) of A-Line points on 25th Aug. 2005.

통발형 해삼양성기구개발을 위한 해삼양성시험에서의 시험기구별 생존율의 결과는 5~6월에는 4개의 시험기구 모두 폐사율이 없었지만 7월에는 C, D시험기구에 서 각 1개체의 폐사를 나타내었다(Table 5).

시험기간 동안 생존율은 C, D에서 각 1개체가 폐사한 것으로 보아 면적에 대한 생존율의 차이는 없었으며, 해상에서의 생존율은 98.9%의 높은 결과를 나타내었다 (Fig. 21).

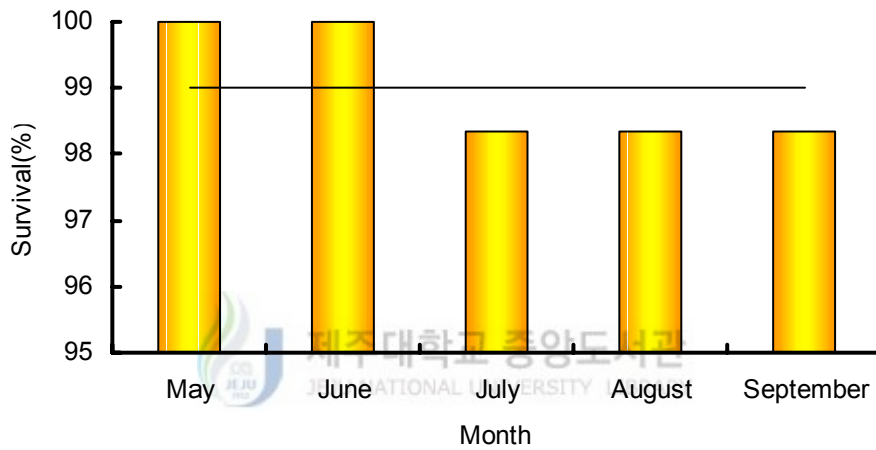


Fig. 21. Monthly survival of sea cucumber.

Table 5. Survival of sea cucumber

Month Type	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Total
A	30	30	30	30	30	30
B	30	30	30	30	30	30
C	30	30	29	29	29	29
D	30	30	29	29	29	29

V. 고 찰

세계 어류생산량은 FAO통계에 따르면 2003년에 1억 3천만톤이고, 1인당 소비량은 20 kg 정도이며, 2025년까지 어류의 생산량은 1억6천만 톤이 생산되어야 한다고 밝혔다. 그러나 육상 가축의 공급은 한계에 달하고, 최근 동물에 의한 질병 발생 양상이 다양해지면서 공급의 한계를 더욱 실감케 하고 있다. 또한, 어업에 의한 공급도 지난 1994년을 정점으로 감소 혹은 정체 상태이므로 나머지 부분을 양식으로 공급해야 하는 실정인데, 우리나라 양식사업의 대부분이 어류, 패류, 해조류 등을 대상으로 종묘생산 및 사육기술 개발을 중심으로 양적확대에만 치중되어, 무척추 동물인 해삼, 성게, 등의 다양한 환경친화적인 양성기술이 요구하고 있는 실정이다.

우리나라 국민의 으뜸 기호수산물인 하나로 각광받고 있는 해삼은 바다의 인삼으로 불리어지고 있을 만큼 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본을 비롯한 여러 나라에서도 최고급 건강식품으로 인식되어 꾸준한 소비가 이루어지고 있으며 해삼 수요가 폭발적으로 늘어 아주 고가의 가격이 형성되고 있다.

최근 우리나라 연안해역 특성에 적합한 홍해삼, 청해삼, 흑해삼의 대량 인공 종묘생산은 연구기관 및 민간어업자들에 의해 성공하였으나 이를 상품화하기 위한 경제적 안정적인 양성기술이 개발되지 않아 산업화에 많은 애로가 따르고 있다. 해삼종묘를 생산하여 자연양성을 하기 위해 마을어장에 방류하여 상품이 될 때까지 일정한 기간동안 양성시킨 후 채포해 수확하는 방법인데, 이러한 양성방법은 노력과 경비가 전혀 들지 않는 장점은 있지만, 나잠어업인의 노동집약형으로 생산되어지고 있어 채포율도 낮고, 해적생물들에 의해 생존율도 낮아서 식환경에 따라 연안의 고수온인 여름철에는 수심 30 m이하인 해저로 이동하기 때문에 나잠어업인에 의해 채포를 할 수가 없어 해삼수요가 급증하는 고수온기에는 수요를 충족하기 어려운 실정이다.

해삼의 분포수역은 수평적으로 우리나라 전 연안과 일본, 쿠릴열도, 사할린 등 온대해역에서 한대해역까지 북동태평양 전역에 분포하고 수직적으로는 0~40 m 사이에 서식한다. 서식 특성은 저질이 사질, 니질, 자갈, 암초지대 어디에나 서식하며, 특히 어린해삼은 전자의 서식 층을 포함한 해조류어장이 잘 조성 되어 있고, 용존산소를 많이 함유하고 있는 조류소통이 좋은 해역에 많이 분포한다. 생태적 특징으로는 여름잠(夏眠)과 재생력을 들 수 있는데, 생식소는 3월경부터 급격히 발달하며 수온이 13~16℃인 시기에 방정, 방란이 시작되어 18~22℃인 시기에 종료되는 것으로 알려져 있으며, 여름철 수온이 25℃이상이 되면 해삼은 여름잠에 들어가 소화기관은 오프라들고 거의 움직이지 않는다. 그리고 몸통을 절단하는 경우 종(縱)방향으로 반을 절단하면 재생하지 않으나, 횡(橫)방향으로 반을 절단했을 때에는 재생력이 강하여 몸의 앞부분보다는 뒷부분의 재생력이 강하고, 소화기관이나 호흡수를 제거한 다음 2~3개월이 지나면 거의 원상태로 재생하는 특징이 있다(崔, 1963; 구, 2004).

통발형 해삼양성기구를 저층에 설치할 경우 어린해삼이 양성기구 밖으로 빠져나가는 것과 그물코에 끼어 폐사하는 것을 줄여 생산성을 높이고 통발형 해삼양성기구가 갖추어야 할 가장 중요한 부분인 적정망목을 규명하기 위해서는 해삼의 체장, 체고를 측정하여 해당 망목과의 상관관계를 규명하는 것이 무엇보다 중요하다.

崔 (1963)는 자연 상태에서 해삼의 자연장, 수축장, 최대장을 측정한 연구보고가 있지만, 해삼류는 극피동물인 무척추 동물과 같이 체 구성 요소의 대부분을 수분이 차지하기 때문에 체장 변동이 심하여 자연 상태에서 형태를 측정하였을 경우 이를 정량화 하는 데 어려운 문제가 있다. 그러므로 어린해삼의 체장 및 체고를 정량화 하기 위하여 畑中와 谷村 (1994)은 마취제를 이용한 형태측정 결과 menthol 수용액 80%(400 ppm)에서 해삼을 마취시켜 체장 및 체고를 측정하는 것이 적당하다고 하였고, 100%(500 ppm) 수용액에서는 용출현상이 일어남으로 100%수용액은 마취제로 적당하지 않다고 보고하고 있으나, 이 연구에서는 자연해수 1 ℓ에 마취제(1R,2S,5R)-(-)-menthol(99%)를 각각 0.4 mg(400 ppm), 0.5 mg

(500 ppm), 0.6 mg(600ppm), 0.7 mg(700 ppm)을 농도별 4종류로 희석 시켜 마취제를 만들어 형태측정시험에 사용한 결과 마취농도에 따라 어린해삼이 마취되는 시간의 경향을 보면 농도 700 ppm에서 60초 이내로 가장 빠른 반응을 보인 반면, 400 ppm 에서는 718초로 가장 낮은 값의 반응을 보였다. 이 실험에서는 체중 0.4~18.4gw의 어린 해삼을 이용하였으므로 모든 해삼에 마취농도를 적용하는 것은 무리라고 보여지며, 어린해삼에서 어미해삼까지의 체중별 마취농도의 적용 값이 정량화되어 연령사정이 이루어질 경우 연안어장에 서식하는 해삼의 자원량 추정 및 자원관리가 가능할 것으로 판단된다.

최근 망목선택성에 관한연구는 대부분 어류와 갑각류 등을 대상으로 치어를 탈출 시키고 성어만을 선택적으로 어획하는 자원관리형어업을 하기위해 많은 연구가 이루어지고 있지만, 극피동물인 해삼의 자원증강 및 양성을 위한 적정망목시험에 관한 연구는 전무한 실정이다.

망목선택성 시험을 하기 위한 적정 시험 망목은 해삼의 체고 값이 중요한데, 형태측정시험에서의 체중에 대한 체고 값은 크게 4개의 그룹으로 분류하여 어린해삼의 양성을 감안하였을 때 평균체고 3.6 mm에 대한 적정망목은 2 mm, 평균체고 5.0 mm의 적정망목 3 mm, 평균체고 6.0 mm의 적정망목 4 mm, 평균체고 7.3 mm의 적정망목 6 mm로 시험망목을 도출하여, 각기 다른 망목(2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm)을 부착한 시험기구에 무작위 추출한 어린해삼 50마리를 넣어 탈출에 대한 망목선택성시험결과는 망목 4 mm에서 가장 높은 생존율이 나타났으며 체중 0.4~18.4 gw 사이의 어린해삼을 통발형 해삼양성기구에 양성하기 위한 적정망목은 4 mm로 선택 되었다.

형태측정 결과로 보아 어린해삼을 양성하기 위한 망목의 크기는 형태측정 체고의 2/3정도의 망목을 사용하면 가능할 것으로 보여 지며, 또한, 어린해삼 체중 3.0 gw이하의 개체가 망목 6 mm에서 가장 많은 탈출과 폐사를 보였지만 체중 3.0 gw이상의 어린해삼은 6 mm 망목을 사용하여 시험해본 결과 탈출 및 폐사는 없었다.

해삼을 양성하는데 있어서의 서식수온은 [崔 \(1963\)](#)와 [구\(2004\)](#)등의 보고에서

는 20℃이하의 수온이 유지되어야 하는데, 제주연안의 고수온기인 8월에 시험 기구가 설치된 지역의 저층수온은 22.6℃가 유지되어 해삼을 연중 양성하기에는 적합하지 않는 장소로 나타났지만, 해삼을 연중양성하기 위해 시험기구가 설치된 장소를 중심으로 총 16개의 정점에 대한 저층수온을 조사한 결과 수심 25 m이하에서 20℃이하의 수온을 보였다. 따라서 해삼을 연중 양성하기 위해서는 해삼 양성기구를 수심 25 m이하에 설치하면 양성이 가능하며, 저층에 양 성기구를 시설함으로써 태풍 및 기상이변 등의 발생에 대한 피해를 최소화 하여 경제적 손실을 줄일 수 있을 것이다.

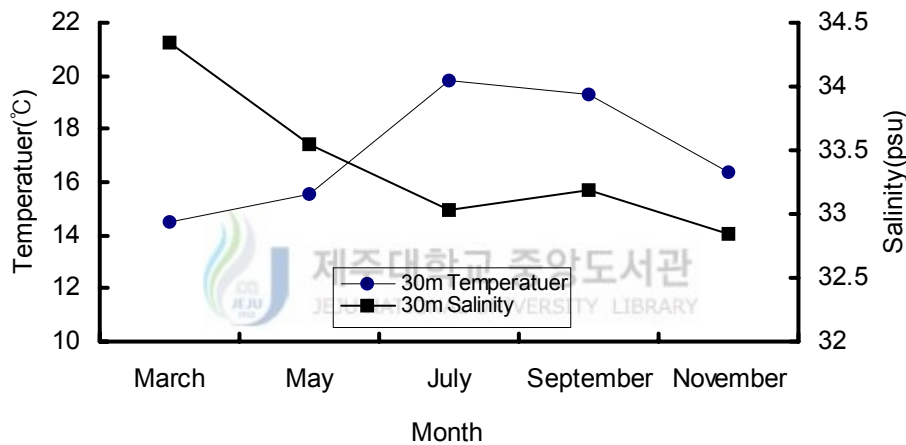


Fig. 22. Bimonthly variation of temperature(°C) at the 30m depth in hamdoek(2002).

2002년 제주도 함덕연안에서 관측한 30 m층의 격월 수온, 염분변화는 관측 기간 중 최고수온은 7월과 9월에 19.8℃, 19.3℃로 나타났고 최저수온은 3월에 14.4℃를 나타내어 2005년 8월에 관측한 함덕연안의 수심 25 m의 수온과 비슷한 값을 나타내고 있으므로 제주도 함덕연안의 천해역에서 해삼을 양성하기 위해서는 7~9월까지의 약 3개월 동안은 수온이 20℃이하가 유지되는 25 m이하의 수심으로 이동해야할 필요가 있다고 판단된다. 또한, 염분변화는 3월에

34.35(psu)의 고염분을 보였고, 11월에 32.85(psu)의 저염분수가 나타났는데, 崔 (1963)의 보고에 의하면 해삼의 염분에 대한 서식범위는 청해삼이 22.77~32.34‰(평균 30.71‰), 홍해삼이 24.58~34.69‰(평균 31.98‰)이므로 제주도 함덕연안은 해삼을 양성하는데 있어서 염분에 대한 연관성이 없다고 판단된다 (Fig. 22).

해삼양성시험 시 4개의 통발형 해삼양성 시험기구의 표면적을 각기 달리하여 Fig. 23의 A와 같이 폴리카보네이트 파판을 넣어 해삼의 부착서식 생태와 생존율에 대한 유의차를 조사한 결과 폴리카보네이트 파판에 해삼의 부착은 없었고, 대부분이 Fig. 23의 B와 같이 어린해삼이 통발형 해삼양성기구의 가장 자리에 부착 서식하는 것을 확인할 수 있었고, 98.9%의 높은 생존율을 보였다.



Fig. 23. Photograph of culture net cage system(after 4 months).

육상 순환수조의 전복양성에서 폴리카보네이트 파판이 많이 사용 되어지고 있지만, 해상에서는 외부의 환경요인으로 인해 어린해삼이 안정적으로 부착서식 할 수 있는 환경이 조성되지 않았을 것으로 보여 지며, 통발형 해삼양성 시험기구 밑바닥 망지부분에 많이 부착되어진 것은 어린해삼의 먹이가 되는 유기물과 부착서식이 용이 하기 때문으로 보여져 양성기구의 공간 면적활용은 합성수지나 면사 재질 등을 활용할 필요성이 있다고 판단된다.

VI. 요약

우리나라에서는 1990년대부터 해삼의 자원증강을 위하여 인공종묘 생산을 시작하여 2000년대에 들어서 대량 인공종묘생산은 성공하였으나 이를 양성하기 위한 양성시스템 개발이 절실히 요구되고 있다.

그러므로 경제적, 안정적인 대량양성시스템을 개발하는데 기초적 자료를 제공할 목적으로 해삼의 형태측정시험, 망목선택성시험 및 해상양성기초시험을 실시하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

1. 해삼의 체중에 따른 체장 및 체고를 측정하기 위한 적정 마취농도의 결과는 700 ppm에서 가장 빠른 반응을 보였으며 내장방출 및 폐사 개체 또한 나타나지 않았다.
마취농도 700 ppm을 이용하여 총 8마리를 선정하여 마취시간대의 반응결과는 40초 이후에 최대장을 나타내면서 안정적인 상태를 유지하였다.
망목선택성 시험을 하기 위한 형태측정의 체중에 대한 체고 값을 기준으로 하여 4개의 그룹으로 분류하였을 때 평균체고가 3.6 mm인 경우 적정망목은 2 mm, 평균체고 5.0 mm는 적정망목 3 mm, 평균체고 6.0 mm는 적정망목 4 mm, 평균체고 7.3 mm는 적정망목 6 mm로 나타났다.
2. 해삼의 형태측정에서 도출된 결과를 이용하여 망목 2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm의 망목선택성 시험을 실시한 결과 망목 4 mm에서 가장 높은 생존율을 보여 적정망목으로 선정 되었다.

3. 해삼은 다른 양식 대상종과 달리 고수온에 대한 영향이 많으므로 연중 양성하기 위해서 제주도 함덕연안에 통발형 해삼양성기구를 해삼의 연중 양성 가능수온인 20℃이하의 수온이 유지되는 25 m이하에 양성기구를 설치해야 된다.

4. 망목선택성 시험에서 도출한 적정망목 4 mm를 이용해 통발형 해삼양성기구를 제작하여 해상양성시험을 한 결과는 98.9%의 높은 생존율을 보였고, 표면적에 대한 생존율의 차이는 나타나지 않았다.



Ⅶ. 참고문헌

- 구학동 · 이승주 · 이병철 · 이종문. 1998. 해삼 종묘생산방법. 동해수산연구보고, 319~322.
- 김병기 · 안젼마 · 김병엽 · 서두옥. 2005. 해삼 양성용 저층 통발어구 개발에 관한 연구 III 해삼의 생존율. 한국어업기술학회 추계학술대회 연구논문집, 55-61.
- 김병기 · 안젼마 · 김병엽 · 서두옥. 2005a. 해삼 양성용 저층 통발어구 개발에 관한 연구 I 해삼의 형태측정. 한국어업기술학회 춘계학술대회 연구논문집, 98-101.
- 김병기 · 안젼마 · 김병엽 · 서두옥. 2005b. 해삼 양성용 저층 통발어구 개발에 관한 연구 II 해삼의 망목선택성. 한국어업기술학회 춘계학술대회 연구논문집, 102-105.
- 이채성 · 박영제. 1999. 해삼 *Stichopus japonicus* 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향. Journal of Aquaculture, 12(1), 39~45.
- 菅野愛美 · 大島泰雄. 2002. マナマコにおける色彩變異の定量的定性的評價. 水産増殖, 50(1), 63-69.
- 柳橋茂昭 · 柳澤豊重 · 河崎憲. 1984. マナマコ種苗生産における浮游幼生着底および着底後の幼若個體の飼料と飼育方法について. 水産増殖, 32(1), 6~14.
- 浜野龍夫 · 近藤正和 · 大橋裕 · 立石健 · 藤村治夫 · 末吉隆. 1996. 放流したマナマコ種苗の行方. 水産増殖, 44卷3号 249-254.
- 愛知縣. 1989. 棘皮類. 昭和63年度地域特産種増殖開發事業報告書, 36-39.
- 畑中宏之. 1994. ナマコこぎ網の漁獲効率の推定について. 水産増殖, 42卷2号, 221-225.

- 畑中宏之. 1996. マナマコ種苗の成長におよぼす飼育密度の影響. 水産増殖, 44(2), 141-146.
- 畑中宏之・谷村健一. 1994. 稚ナマコの体長測定用麻酔剤としてのmentholの利用について. 水産増殖, 42(2), 221-225.
- 畑中宏之・上奥秀樹・安田徹. 1994. マナマコのイトマキヒデによる食害に関する実験的研究. 水産増殖, 42巻4号, 563-566.
- 池田善平・草加耕司・植木範. 1988. マナマコ中間育成について. 岡山水試報, 3, 47-54.
- 崔相・大島泰雄. 1961. ナマコにみられる「アオ」と「アカ」の形態および生態的差異について. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Vol. 27, No.2 97-106.
- Battaglione, S. C.. 1999. Culture of tropical sea cucumbers for stock restoration and enhancement. Naga. Manila, 22(4), 4-11.
- Ito, S. 1995. Studies on the Technological Development of the Mass Production of Sea Cucumber Juvenile, *Stichopus japonicus*. Bull. Saga Prefect. Sea Farming Cent., 4, 1-87.
- Manami Kanno AND Akihiro Kijima. 2003. Genetic differentiation among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. Fisheries Science. 69, 806-812.
- Qiao, J.. 1988. Pond cultural study of the sea cucumber *Stichopus japonicus* Selenka. Mar. Sci./Haiyang Kexue., 4, 1-5.
- Stephen C. Battaglione, J. Evizel Seymour, Christain Ramofatia. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. Aquaculture, 178, 293-322.
- Sui, X. L., Q. M. Hu and Y. A. Chen. 1986. A study on technology for rearing of post larvae and juveniles of sea-cucumber in high density tanks. Oceanol. Liminol. Sin./Haiyang Yu Huzhao, 17(6),

513-520.

유성규. 2003. 천해양식, 도서출판 구덕, pp. 362~369.

이경덕 역. 2004. 해삼의 눈, 뿌리와 이파리, pp. 338~359.

해양수산부. 2004. 수산기술지 15호, 해삼종묘생산, pp. 15~35.

해양수산부. 2005. 어업생산량 통계연보.

本川達雄・今岡亨・岨山いさむ. 2003. ナマコガイドブック. 株式會社阪急コミュニケーションズ. pp. 22~25.

崔相. 1963. ナマコ研究. 海文堂, pp. 2~114

荒天 好滿. 1990. なまこ讀本. 綠書房, pp. 53~60.



감사의 글

학문을 계속할 수 있도록 길을 열어주시고, 이 논문이 완성되기까지 언제나 자상함과 용기를 주신 서두욱 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 바쁘신 중에도 논문의 체제를 바로 잡아주시고 정성껏 다듬어주신 김석중 교수님, 안장영 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 그리고 늘 관심과 조언으로 격려와 조언을 아끼지 않으신 노홍길 교수님, 안영화 교수님, 정용진 교수님, 최찬문 교수님, 문일주 교수님, 조일형 교수님, 팽동국 교수님, 배진호 교수님, 김준영 교수님, 해양과학환경연구소 이영돈 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

짧지 않은 연구 기간동안 무사히 하나의 결실을 맺기까지 정성껏 도움을 주신 (주)카스코 정한섭 사장님, 제주대학교 해양과학환경연구소 송영보 박사님, 강태연 선생님의 직원, 아라2호 박명호, 김원균, 송영호 선생님과 수산생물학과 치훈형에게 감사드립니다.

대학원 생활을 하는 동안 친 형처럼 항상 기댈 수 있는 버팀목이 되어 주신 김인욱 연구사님, 김병엽 선배님, 이창현 박사님, 김준택 박사님, 이유철, 문종욱, 양영진 선배님, 대학 생활을 함께한 홍수, 세훈, 태협형과 남태평양에서 거친 파도와 싸우면서 참치를 잡고 있는 성실형, 대학원 생활을 함께한 고희준, 구명성, 안철편, 변승우, 강경범, 서대범 후배님 지칠 때 나의 얼굴에 웃음을 담아준 사랑스런 임종철, 오승호, 김성삼 후배님, 나의 영원한 친구 득재, 성진, 명재, 상훈, 동준, 진서, 종철 그리고 지금은 고인이 되어 하늘에서 늘 바다를 바라보고 있는 두수에게 고마운 마음을 전합니다.

그리고 바쁜 직장 생활가운데서도 논문을 쓸 수 있도록 조언과 힘을 북돋워준 해양과학대학 최기혁 선박사무관님, 김승필 선생님의 직원들, 해양과학부 조교 임세진, 이봉주, 고지연 선생에게 고맙다고 이 자리를 빌어 감사의 마음을 전합니다.

오랜 시간동안 바다건너 작은 섬에서 좌절하지 않고 한 길로 매진할 수 있도록 노심초사 뒷바라지 해 주신 부모님의 은혜에 작은 위안이 되었으면 합니다. 그리고 언제나 염려와 각별한 관심으로 후원자가 되어주신 큰형, 작은형, 형수님, 큰누나, 작은누나 매부, 우리집안의 보스 김송민 형님 그리고 나의 사랑스러운 조카 원석, 원우, 현영, 혜경, 희연, 희진, 단영, 도희에게 가슴속 깊이 감사를 드립니다.

논문을 탈고하면서 끝냈구나하는 안도감보다는 많은 미련과 아쉬움으로 형언할 수 없는 허전함과 공허함을 느끼는 것은 다 익은 열매를 수확 한 후 다음해까지 다시 가꾸어 열매를 얻듯 이 논문이 배움의 끝이 아니라 다시 새롭게 시작하여 더 크고 실한 열매를 얻도록 인내와 끈기, 성실함을 갖고 열심히 노력하려합니다.



올해는 유난히 많은 눈이 오는 겨울이네요. 항상 건강하세요.

새로운 출발을 위해 어느 겨울밤 실험실에서 병기로부터...