농림수산식품부 간행물 번호

11-1541000-000830-01

해삼시범연구사업

2011. 07.

주관연구기관 : 전라남도해양수산과학원 국제갯벌연구센터

농림수산식품부

허베이스피리트피해지원단

요약문

제 1 장 국내외 해삼 중간육성 실태 및 현장기술 분석

해삼은 극피동물문(棘皮動物門 Echinodermata)의 해삼강(海蔘綱 Holothuroidea /Holothurioidea)을 이루는 1,500여 종(種)의 해산 무척추동물로 국내에서는 약 14종이 서식하는 것으로 알려지고 있는데 산업적으로 중요한 종은 해삼(*Stichopus japonicus*) 이다. 국내에서는 해삼류는 특징적 차이로 몇 개의 그룹으로 분류한다. 그 중 해삼은 같은 종이라도 해삼(청해삼), 홍해삼 흑해삼의 3가지 종으로 구별하고 있는데, 이들은 체색뿐만 아니라 분포 서식장소 등에 많은 차이점이 나타낸다.

우리나라의 자연산 해삼생산량은 1990년 2,491톤, 2000년에는 1,419톤, 2002년 833톤 으로 줄어들다가, 최근에는 인공종묘에 의한 소규모의 씨뿌림 양식이 시도되면서 약간 씩 회복되어 2005년에는 1,136톤, 2007년 2,936톤, 2010년에는 최고 3,875톤 수준을 유 지하고 있다.

표 1.국내 연도별 해삼 어획량(자연산)

(단위 : M/T, 억원)

연	별	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
생산	량	2,491	1,892	1,419	900	833	1,281	1,154	1,136	1,614	2,936	2,256	2,789	3,875
생신	산 객	65	140	102	83	80	111	114	115	158	276	207	268	333

※2010. 통계청 수산물생산 통계자료

세계적인 해삼 생산량 동향을 살펴보면 1950년도부터 FAO 통계자료에 나타나며 이 시기부터 Sea cucumbers nei, Japanese sea cucumber 두 종에 의해 생산되는 것으로 조사되었다. 총39개국에서 해삼을 생산하는 것으로 나타났으며, 이중 중국과 일본이 상 당량을 차지하고 있다. 1950년부터 2009년 까지 총생산량은 1,440,547M/T 이며, 1950~ 1959년 사이에 총생산량이 75,900M/T 이던 것이 2000~2009년에는 716,273M/T으로 10배가량 증가하였다.

해삼양식기술이 발달한 중국의 해삼종묘생산 동향을 종합해 보면 종묘생산시기는 3 월에서 11월이며 대련, 산동 두 지역 모두 조기종묘생산체제가 확립되어 있다. 종묘생 산에서 육성에 이르는 방법은 두 지역에서 차이가 있다. 산동지역은 파판 채묘 후 출 하 때 까지 파판에서 사육을 하지만, 대련지역에서는 파판 채묘 후 선별 망지 교체 관 리한다. 사육수조 청소는 산동에서 2일 간격으로 하고, 대련지역에서는 10일에 한번 한다. 모삼 관리는 두 지역에서 조기종묘생산을 위하여 실시하며, 10월 자연산을 채집하여 2~3월까지 관리하여 종묘생산 한달 전에 성성숙을 유도하여 실시한다. 두 지역모 두 배합사료를 이용하여 종묘를 양성한다.

구 분	산 동	대 련
종묘생산시기	●3월~11월 ●조기종묘생산으로 5월까지 가온	●3월~11월 ●조기종묘생산으로 5월까지 가온
종묘생산방법	 파판 채묘 후 출하 때까지 파판 에서 사육 2일 1회 사육수조청소 인건비 저렴(1,200위안/월) 	 파판 채묘 후 선별 망지 교체 관리 10일에 한번 수조청소 인건비 고가(2,000위안/월)
모 삼 관 리	 10월 자연산채집 3월까지 관리 종묘생산 한달전 가온성성숙유도 전문모삼관리업체 	 10월 자연산채집 3월까지 관리 종묘생산 한달전 가온성성숙 유도 자체모삼관리
출하크기	•50g 내외크기	•5g내외 크기

표 2. 중국 해삼종묘생산 비교

해삼양식은 두 지역 모두 11월~12월 사이에 입식하여 1~1.5년 동안 사육한다. 입식 크기는 산동지역에서는 50g 정도 크기를 입식하며, 대련지역에서는 5g 크기를 입식한 다. 생산 방법은 먹이공급은 별도 없으며, 자연해수에 의존하여 양성을 실시한다. 방류 밀도는 양식업자 경험에 의지하고 수확은 잠수부를 활용한다. 생산단지는 산동성 장도 지역에서는 연안을 따라 콘크리트구조물을 설치하여 조성하였으며, 대련 와황텐 지역 에서는 갯벌을 막아 대규모로 조성하였다. 출하크기는 두 지역 모두 150g 정도이다.

표 3. 중국 해삼양식 비교

구 분	산 동(장도)	대 련(와황텐)
생산시기	•11월~12월 입식,1년 사육 •50g 크기 입식 •수온 : 0~28 ℃	•11월~12월 입식, 1.5년 사육 •5g 크기 입식 •수온 : -2 ~ 28 ℃
생 산 방 법	 먹이공급 없음 자연적인 해수유통 방류밀도 : 양식업자 경험에 의지 수확 : 잠수부 	 먹이공급 없음 자연적인 해수유통 수질상황에 따라 환수 조치 방류밀도 : 양식업자 경험에 의지 수확 : 잠수부
생산단지조성	• 연안을 따라 조성	• 갯벌을 막아 대규모로 조성
출하크기	● 150g 내외크기	•150g내외 크기

한국과 중국 기술을 비교하면 우리나라 해삼 인공종묘 생산방식은 대부분 수십만 마 리의 종묘생산을 목표로 운영되어 왔다. 먹이에 있어서도 부착기 유생의 채묘시 먹이 공급은 자연광에 의해 파판에 부착된 규조류에만 의존하는 방식으로 부착규조류의 탈 락 등 먹이공급 조절관리가 불안정하고 종묘의 고밀도 육성이 어려워 대량생산에 한계 가 있어 왔다. 이와 반대로 중국의 종묘생산 방식은 조기종묘생산체제와 모삼 관리가 전문화 되어 있고, 특히 배합사료가 완전히 개발되어 종묘생산이 안정적이다. 또한 대 량양식에 있어서도 중국의 광활한 갯벌을 이용하여 조방적인 방식의 축제식 양식을 추 진하고 있어 대량생산이 가능하다.

구 분	중 국	국 내	개선방안
종묘생산	 3월에서 시작 하여 11월 까지 : 2달 동안 가온 (석탄보일러 사용) 조기종묘생산 : 출하크기 를 증가, 원생생물 피해 저감 모삼관리 전문화 종묘생산 인력 대량 투입 중국에서도 일부 인력난 발생 종묘생산시 기생충 발병 으로 종묘생산 효율 저하 	 6월에서 11월까지 종묘생산 자연산 모삼 이용 국내에서는 인력 확보 어려움 	 조기종묘생산 방안 연 구 필요 전문적인 모삼 관리 방안 연구 필요 인력절감할 수 있는 종묘생산시스템 개발
사 료	 종묘생산은 배합사료로 100% 해삼 양식 발효사료 개발 사용 : 해 삼 소화 흡수 효율 증대 	•일부 극히 배합사 료사용하나(2010년 3톤 수입) 종묘생 산단계에서는 주로 규조류 먹이 이용	 종묘생산 안정화를 위 한 자체사료개발 중국 선진 사료제조 기술 합작 필요
중간육성	 중간육성단계는 분업화 되어 있지 않음 (장자도에서 일부 가두리 를 이용 중간육성) 종묘생산업체에서 일괄 처리 	•종묘생산 및 중간 육성 단계가 구분 되지 않음	 종묘생산 단계에서 일 체 중간육성까지 수행 할 수 있는 기술 개발
축제식 양식 및 방류	 최하 5g ~ 최대 50g 수온 -2 ~ 28 ℃, 조방 적 양식, 저밀도 사육, 환 경오염부하 적고 양식환 경 양호, 먹이공급 무 무분별 갯벌 개발 사용 : 거대한 양식단지 조성 	 중국식 축제식 양 식장을 롤모델로 받아 들이고 있으 나, 공유수면매립 등으로 난제 중국은 수온이 28 ℃로 가능하나 국 내는 32℃ 까지 상 승 양식환경 열악 새로운 해삼 양식 방법 개발 필요 	 방류 크기를 5cm 기 준에서 최소 5g으로 전환 해양수중보설치한 양식장 조성 연구 인공독살을 이용한 양식장 조성 연구

표 4. 중국과 국내 해삼양식 비교

제 2 장 해삼 종묘생산 기술개발

가. 어미해삼 구입 및 운송

어미해삼은 2회 구입하여 산란에 사용하였다. 2010년 6월 4일 전라남도 진도군 해역 과 충청남도 태안군 해역에서 서식하는 자연산 해삼을 해녀를 이용한 잠수어업으로 채 집하였다. 구입 수량은 진도군 해역에서 당일 채취한 62kg, 태안군 해역은 100 kg을 구입하여 총 162kg을 구입하였다. 2010년 6월 14일은 태안군 해역에서 잠수어업으로 채집한 어미해삼 100kg을 추가로 구매하였다.

전라남도 진도군 해역에서 어획된 어미해삼은 20ℓ 직사각형 스티로폼 상자의 바닥에 아이스팩을 깔고, 그 위에 신문지를 10장씩을 덮어 아이스팩과 해삼이 직접적으로 접촉되지 않도록 하였다. 물기를 제거한 어미해삼은 비닐봉지에 5 - 7kg씩 수용하였고, 공기를 완전히 제거하여 밀봉한 후 연구소까지 운송시간은 2시간 50분 소요되었다.

충청남도 태안군 해역에서 어획된 어미해삼은 1차에는 1ton 활어차에 15kg 내외가 수용된 양파망을 활어수조에 수용하여 운송하였고. 2차에는 활어수조에 직접 수용하였 다. 운송 중 수온은 17℃였으며, 일정량의 에어를 공급하며 연구소까지 운송시간은 3시 간 20 내외가 소요되었다.

나. 어미해삼 사육관리

어미해삼은 가로5 × 세로5 × 높이2.3m(유효수량 45ton)의 정사각형 수조에 여과해수 를 채우고 50kg씩 3개 수조에 수용하였다. 사육기간 동안 수온은 자동온도조절기를 부 착한 히터(3kw)를 이용하여 20.0±0.5℃를 유지하였고 염분은 31.8 - 32.2‰이었다. 에어 공급은 각 수조에 16개의 에어스톤을 설치하여 DO 7.2 - 8.1을 유지하였다. 1차 구입 한 어미해삼은 2010년 6월 4일부터 2010년 6월 6일까지 3일간 배합사료를 급이하지 않 았고, 2010년 6월 7일부터 6월 13일까지 7일간 배합사료를 급이하였으며 6월 14일부터 채란일인 6월 19일까지는 내장을 비우기 위해 배합사료를 급이하지 않았다. 급이기간 중 배합사료는 1회/일 총 체중 150kg에 대한 1.5 - 3%를 급이 하였으며, 사료의 잔여 유무에 따라 급이량을 증감하였다. 2차 구입한 어미해삼은 2010년 6월 14일 구입일부 터 채란일인 2010년 6월 19일까지 배합사료를 급이하지 않았다.

다. 산란유도 관리

수정란 생산을 위한 어미해삼은 생식소 중량지수가 높았던 2010년 6월 14일 2차로

구입한 태안산 100kg 중에 표면이 매끄럽고 상처가 없으며, 돌기가 크고 가지런하게 배치된 체중이 150g 이상인 개체 327마리(총 체중 50kg)을 사용하였다. 산란유도는 일 자는 6.19일 13:00부터 간출자극, 표면자극, 수온자극 순서로 유도하였다.

1) 간출자극

어미해삼은 사육수조의 해수를 전량 배수하여 13:00분부터 13:40분까지 40분간 상온 에 노출하였다.

2) 표면자극

상온에 40분간 노출된 어미해삼을 1/3HP 수중양수기에서 나오는 수압을 이용하여 20분간 어미해삼의 표면에 살포하였다.

3) 수온자극

표면자극이 완료된 후 14:00분부터 최종 입식수온인 22±0.3℃보다 3℃ 높은 25±0.3℃ 의 해수를(유효수량 45ton) 채웠고, 자동온도조절기가 부착된 3kw 히터봉을 이용하여 산란이 종료되는 시점까지 유지시켰다. 수조가 만수위 되는 시점은 14:30분이었다.

4) 정자현탁액 살포

어미해삼이 수용된 수조에 만수위가 채워진 후 17:30분에 총 체중에 대한 생식소 중량이 8% 이상으로 육안으로 충분히 성숙한 수컷의 정소를 5마리에서 추출하여 80µm 뮬러가제에 담아 짜내어 여과해수 10ℓ에 희석한 정자현탁액을 제조하여 어미해삼이 수용된 수조에 살포하였다.

라. 수정란 생산 및 발생

2010년 6월 19일 21:30분 수컷 5마리가 방란을 시작하였고 사육수가 유백색으로 변하는 시점부터 수면근처 벽면에서 방정하는 수컷은 제거하였다.

어미해삼의 방란·방정이 완료된 2010년 6월 20일 03:30분에 수조내의 어미해삼을 쪽대(망목크기 10mm)를 이용하여 전량 수거하여 별도의 수조에 수용하였다.

1) 산 란

산란유도를 위한 간출자극, 표면자극, 수온자극 후 21:30부터 방정을 시작하였고, 방 정이 시작된 시점부터 43분 후에 방란이 시작되었다. 방란, 방정은 다음날 03:30분까지 지속되었다.

방란, 방정은 두부의 생식공를 통하여 이루어졌으며, 방란·방정 직전의 어미해삼은 수조 벽면 상층부에서 두부를 좌, 우로 흔들었다. 한번 산란시 방란·방정 시간은 4 -6초간 1 - 5번 진행되었고, 2-15분 주기로 이와 같은 방란·방정 행동을 반복하였다. 암컷에서 생식공을 통해 배출된 난은 담황색의 한줄기 선으로 되며 수류의 흐름을 따 라 흘러가다 천천히 수면 아래로 가라앉았다. 수컷에서 배출된 정액은 유백색으로 연 기가 흩어지듯이 수중에서 흩어져 수조내부의 해수를 혼탁하게 하였다.

2) 발 생

성숙된 난자는 구형이며 직경이 126 - 175µm였고, 외피막의 두께는 약 13 - 18µm였 다. 수정 후 주위로부터 한 층의 수정막이 모이고 수정란과 난 세포사이에 일정한 간 격이 형성되었다. 수정 후 10분경에 난의 동물극에서 첫 극체가 형성되고, 20분부터 두 번째 극체가 형성되는 것을 볼 수 있었다.

분열된 배체는 매우 정연하고 규칙적이며, 수온 25℃에서 44분부터 제1차 분열(2세 포기)이 시작되었다. 제2차 분열(4세포기)은 48분부터 시작되었고 제3차분열(8세포기)는 64분부터 시작되었다. 제4차분열(16세포기)는 96분부터 시작되었고, 포배기는 9시간 45 분부터 시작되었으며, 수정난 내부의 배낭이 회전하는 시점은 12시간 42분부터 시작되 었다. 낭배기는 수정 후 20시간 18분부터 시작되었고 아우리쿨라리아로 변태하는 시점 은 수정 후 22시간 8분부터였다.

마. 부유유생 사육관리

수정란에서 변태하여 부유유생이 시작되는 2010. 6. 20일 아우리쿨라리아에서 착저 유생기인 2010. 6. 30일 후기 돌라울라리아가 출현한 10일 동안 사육수온, DO 및 염분 의 측정은 수질측정기(YSI, 556MPS)로 매일 오전 9시에 조사하였다. 사육수는 30, m 섬유여과기를 통과한 여과해수를 10, m 필터백을 이용하여 2번 여과한 해수를 사용하였 다. 사육수 환수는 부유유생 밀도 조정을 위해 수조를 분조한 경우에는 분조 후 증수 하여 만수위를 채워 일일 50%의 환수량을 유지하여 주었고, 분조가 없는 경우에는 뮬 러가제 150, m를 이용하여 가로1m × 세로1m × 높이1.3m로 제작한 환수틀을 이용하여 총 사육수량의 50%를 배수하고 만수위를 채우는 방법으로 환수하였다. 환수하는 시간 은 먹이생물 급이 후 5시간이 경과한 시점에서 환수를 시작하였다. 환수틀을 이용하여 환수하는 경우에는 환수를 망목에 부착되는 유생을 떨어뜨려 주기 위해 환수를 안쪽에 서 사육수를 수시로 뿌려주었다. 사육수의 산소공급은 각 수조에 직경 3cm, 길이 10cm 의 에어스톤 16개를 설치하여 공기방울이 약하게 분산되도록 조정하여 공급하였다. 사육기간 동안의 사육실 내부 조도는 530 - 1250lux를 유지하였다.

부유유생 기간동안 가로5 × 세로5 × 높이2.3m(유효수량 45ton)의 정사각형 수조를 이용하였다. 수정란을 수용한 1개 수조에서 아우리쿨라리아로 변태한 유생은 7,200만마 리로 10ml 피펫으로 8마리가 관찰되었다. 착저기에 임박한 중기 돌리울라리아가 70%, 후기 돌리울라리아가 30% 시기까지 12개 수조로 분조하여 0.08마리/ml의 밀도로 사육 수조를 분조하였다.

1) 먹이생물 급이

아우리쿨라리아부터 초기 펜타큘라 유생까지 11일간 중국에서 수입한 1ℓ 용량의 농 축 먹이생물 3종(홍효모 100억cell/mℓ, 각모조 1억cell/mℓ, 염조 5,000만cell/mℓ, 제조사 익 삼보)을 급이하였다. 냉동된 농축 먹이생물은 흐르는 해수에 용기를 담가서 해동한 후 20ℓ들이 플라스틱 용기에 여과해수 15ℓ를 담고 희석하여 50µm 뮬러가제로 고형물을 제거한 후 급이할 수조갯수에 동일하게 분배하여 여과해수를 채운 후 1ℓ 플라스틱 바 가지를 이용하여 수면에 고르게 살포하여 급이하였다. 일일 급이량은 1 - 3회까지 수 색을 보며 급이량을 조정하였다.

2) 부유유생 발생

부유유생기인 아우리쿨라리아에서 착저유생인 펜타큘라까지는 12일이 소요되었다. 아우리쿨라리아 유생은 총 9일이 소요되었으며 초기 아우리쿨라리아는 수정란에서 변 태 후 2일, 중기는 6일, 후기는 9일이 소요되었다. 돌리울라리아는 후기 아우리쿨라리 아에서 1일만에 변태하였고, 착저기에 들어가는 펜타큘라는 돌리올라리아에서 2일만에 변태하여 착저에 들어갔다. 펜타큘라에서 2일만에 5개의 촉수를 가진 어린해삼으로 변 태하였다.

바. 착저유생 사육관리

1) 사육환경

착저기 유생인 후기 돌리올라리아와 착저가 완료된 후기 펜타큘라 유생기간 동안 사 육수 환수는 파판이 투여된 수조는 뮬러가제 200µm를 이용하여 가로1m × 세로1m × 높이1.3m로 제작한 환수틀을 이용하였고, 채묘망이 투여된 수조에는 한변이 50cm, 높 이 100cm로 제작한 삼각뿔 형태의 환수틀을 이용하여 10µm까지 여과한 자연해수를 매 일 50%를 배수하고 만수위를 채우는 방법으로 환수하였다. 사육수의 산소공급은 각 수 조에 직경 3cm, 길이 10cm의 에어스톤 16개를 설치하여 공기방울이 약하게 분산되도 록 조정하여 공급하였다. 사육기간 동안 수온은 22.1 - 22.3℃, DO는 7.3 - 7.9ppm을 유지하였고, 사육실 내부 조도는 600lux 미만을 유지하였다.

2) 배합사료 급이

후기 돌리올라리아에서 초기 펜타큘라까지는 부유하는 개체와 착저하는 개체가 동시 에 발생하기 때문에 중국에서 제조한 농축 먹이생물 3종과 유삼기 배합사료(유삼배합 사료, 제조사 교룡)를 각각 급이하였다. 배합사료 제조는 배합사료, 서미조(지층이 분 말), 활성흙(펄 분말)은 담수 또는 여과해수에 희석하여 끓인 후 상온에 식혔다. 기타 첨가제로는 복합비타민, 효모다당, 면역다당, 스피루리나를 정량 배합하여 물에 녹여 3 종의 끓인 배합사료가 식은 후 같이 첨가하여 두었다가 15시에 각각 정량을 분배하여 급이하였다. 배합사료 급이량은 파판 및 채묘망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1ton당 일일 3 - 10g을 유동적으로 급이하였다.

3) 채묘기질

부유유생기를 거쳐 착저기에 들어가는 후기 돌리울라리아가 출현한 2010년 6월 30일 총 12개 수조 중 6개 수조는 각 수조당 염화비닐 골파판(가로 50cm × 세로 30cm) 18 장이 한 세트로 구성된 홀터 86세트를 수평으로 투입하여 총 516세트 9,288장이 채묘 에 이용되었고, 6개수 수조는 각 수조당 채묘망(가로 30cm × 세로 30cm, 망목사이즈 220µm) 13장이 한 세트로 구성된 채묘틀 221세트를 수조 상단의 고정된 로프에 수평으 로 메달아 총 1,326세트 17,238장이 채묘에 이용되었다.

4) 결과 및 고찰

후기 돌리올라리아는 3일동안 전량 부착기질에 착저하였다. 2010년 6월 30일 부착기 질인 파판과 채묘망을 투여한 결과 7월 3일에는 부유하는 개체를 볼 수 없었다. 일자 별 채묘율은 2010년 7월 1일 40%, 7월2일 80%, 7월 3일 100%가 착저하였다. 부유유생 기의 먹이생물 급이량이 부족하거나 적정수온이 유지되지 못하는 등 사육환경이 적절 하지 못할 경우에는 부유유생이 착저하지 못하고 장시간 부유하는 경우가 발생한다. 따라서 양질의 먹이생물을 부족하지 않도록 충분히 급이하고, 사육수 환수를 통해 깨 끗한 사육환경을 조성하고 급격한 수온변동이 없도록 관리해야한다.

사. 어린해삼 사육관리

어린해삼으로 변태하는 2010년 7월 2일부터 배합사료를 급이하는 16시 이전인 매일

8시부터 15시까지 유수식으로 사육수량의 100%를 환수하였다. 그러나, 요각류 또는 세 균성 질병에 의한 약욕처리시에는 환수량을 200% 이상으로 증수하였다. 사육수는 30µm 섬유여과기를 통과한 여과해수를 10µm 필터백을 이용하여 2번 여과한 해수를 사용하였 다.

배합사료 제조는 부착 유생기에 급이한 방법과 동일게 제조하였다. 다만, 유삼기 전용 배합사료에서 치삼기 전용 배합사료로 전환하여 배합하였다. 치삼기 전용 배합사료(치 삼 배합사료, 제조사 교룡), 서미조(지충이 분말), 활성흙(펄 분말)은 담수 또는 여과해 수에 희석하여 끓인 후 상온에 식혔다. 기타 첨가제로는 복합비타민, 효모다당, 면역다 당, 스피루리나를 정량 배합하여 물에 녹여 3종의 끓인 배합사료가 식은 후 같이 첨가 하여 두었다가 매일 16시에 각각 정량을 분배하여 급이 하였다. 배합사료 급이량은 전 장 1cm 내외까지는 파판 및 채묘망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1ton당 일일 3 - 10g을 유동적으로 급이하였다. 1cm 이상부터는 어린해삼의 총 체중과 수온을 감안하여 3 - 10kg을 유동적으로 조정해가며 급이 하였다.

어린해삼 선별은 최하 전장이 1cm 내외인 시점에서 시작하였다. 파판에 부착된 어린 해삼은 직경 2m FRP 원형수조에 파판을 수용하고 1/3hP 수중양수기에서 나오는 압력 을 이용하여 파판을 세척하듯 박리시켰고, 바닥 또는 벽면에 남아 있는 어린해삼은 배 수구를 통해 나오는 어린해삼을 279µm 뮬러가제로 제작한 채집망을 통해 수거하였다. 채묘망에 부착한 어린해삼은 수조가 만수위된 상태에서 채묘망을 좌우로 흔들어 어린 해삼을 박리시키고 사이편을 이용해 사육수를 배수한 후 배수구를 통해 나오는 어린해 삼을 279µm 뮬러가제로 제작한 채집망을 통해 수거하였다. 어린해삼의 선별은 성장함 에 따라 망목의 크기가 0.7mm, 2.4mm, 5mm, 6mm, 10mm, 12mm인 선별기를 차례로 선별하여 크기별로 분류하여 수조에 수용하였다.

어린해삼 사육시 발생하는 요각류 및 섬모충 구제를 위해 Trichlorphon(역가 80%, 98%)제제를 수온과 기생충의 밀도를 감안하여 2 - 4ppm까지 유동적으로 사용하였다. 본 제제의 약욕시간은 대상 기생충의 폐사 및 활력 여부에 따라 6 - 12시간이었고, 여 과해수를 이용해 유수식으로 100% 환수하였다.

해삼의 체표가 하얗게 변색되거나 궤양이 발생한 경우에는 현며경 검경을 통해 기생 충에 의한 질병원인을 조사하고 기생충에 의한 질병발생이 아닌 경우에는 oxytetracycline, streptomycin을 혼합하여 3 - 5ppm 농도로 살포하여 12 - 16시간동안 약욕 후 100% 환수하였다. 또한 분조 및 선별 후에는 동일 제제와 방법으로 약욕하여 질병감염을 예방하였다. 펜타큘라에서 어린해삼으로 성장한 2010년 7월 3일에서 첫 선별을 추진했던 9월 30 일까지 착저한 유생은 4,100만마리로 조사되었으며 7월 30일은 2,000만마리로 조사되어 생존률은 50%로 나타났다. 8월 30일은 1,900만마리로 조사되어 7월 30일에 비해 95% 의 생존률을 나타내었다. 첫 선별을 추진하였던 9월 30일에는 생존개체 1,500만마리 중 전장 1cm 미만의 개체 1,000만마리를 도태시켰고 500만마리는 수조에 분산 수용하여 사육하였다. 도태의 사유는 연구소에서 적정 수용밀도가 전장 1 - 7cm, 평균 체중 0.2g의 어린해삼 500만마리를 수용할 수 있는 수조규모로 구성되어 있고, 30% 내외의 우량개체를 사육하여 당년에 체중 5g 이상의 종묘를 생산하기 위해서였다.

중국의 경우 지역에 따라 차이는 있으나 어린해삼을 수용하는 밀도는 사육수 1 ton 에 500g 밀도로 수용하여 1,000g까지 사육하고 다시 500g 밀도로 분조하여 사육하고 있다. 수조 청소를 1주일마다 할 수 있는 경우에는 다소 높은 밀도로 수용하는 경우도 있다.

본 연구소에서 사육할 수 있는 수조의 총 수량은 700ton 수준으로 이와 같은 밀도로 수용했을 경우 1ton당 중국의 최대 사육밀도와 비교하여 30% 높은 사육밀도를 나타 내었다.

2010년 10월 30일은 두 번째 선별을 하였고 9월 30일과 동일하게 0.5g 미만은 도태 시켰다. 평균체중 1g의 어린해삼 140만마리를 선별하여 재 수용하였다. 2010년 11월 24 일은 3차 선별을 추진하였고 체충 2g - 8g의 어린해삼 30만마리 1,000kg을 진도군 대 마도 해역에 방류하였다. 잔여수량 80만마리는 2010년 12월 24일 수온 6.8℃에서 월동 을 위해 전체 수조에 고르게 분산하여 수용하였다. 이 시기부터 해삼의 섭이력과 활동 력이 둔화되었다. 2011년 1월 19일 사육수온이 -0.3℃까지 낮아지면서 폐사량이 증가하 기 시작하였고, 1월 26일 최저 수온이 -0.8℃까지 하강하면서 대량폐사가 발생하였다 (그림 2-22). 파판과 채묘망을 육안으로 관찰한 결과 생존개체를 찾아보기 어려울 정도 로 폐사가 진행되었다. 체중이 5g 미만인 어린해삼의 경우 수온이 0℃ 미만으로 낮아 질 경우 대량폐사의 발생 요인으로 작용한다고 사료된다. 종묘생산에 이용하였던 어미 해삼도 가온을 하지 않은 수조는 60% 이상이 폐사하여 어린해삼과 어미해삼 모두 저 수온에 대한 저항성이 비슷하게 낮은 것으로 나타났다. 대량폐사하는 시기에는 자제 면역력이 저하된 관계로 폐사개체를 제거하기 위해 분조를 하지 않고 사이펀을 이용하 여 저면에 모여 있는 폐사개체를 제거하였다. 해삼의 경우 폐사 후 3일 전후로 완전히 분해되어 폐사 수량을 산정하기 어렵다는 단점이 있다. 2011년 2월 9일부터 수온이 점 차 상승하여 3월 30일에는 수온이 6℃ 이상으로 상승하여 생존한 개체에게 소량의 배 합사료를 급이하였다.

해삼 월동시에는 0℃ 미만으로 수온이 하강하는 경우를 대비하여 가온할 수 있는 시 스템을 마련해야 할 것으로 사료되며 2 - 10℃ 구간의 수온에서도 환수량이 적을 경우 요각류의 번식이 심하게 발생하여 어린해삼의 폐사를 발생시키므로 주기적인 환수는 필요할 것으로 여겨진다.

제 3 장 해삼양성 기술연구

가. 인공어초 예비시험

해삼은 은신처를 좋아하는 생태적 습성을 가지고 있어 은신처 형태의 인공어초를 제 공할 경우 해삼서식에도 안정화 되고, 해삼의 신규어장 확대도 가능할 것으로 보인다. 중국에서는 축제식 양식장이나 씨뿌림 양식장에 돌무더기를 이용한 은신처를 제공한 다. 그러나 해삼 수확에 있어 효율성은 떨어진다. 따라서 수확과 해삼 서식이 용이한 새로운 개념의 인공어초 개발이 필요하다. 인공어초 개발을 위한 기본 개념은 분자구 조식과 속채움이 가능한 테트라포드형을 제시하였다.



그림 2. 해삼인공어초 기본 분자구조 형태



그림 3. 내부 속이 빈 테트라포드 형태 예시

인공어초 뼈대외에 속채움이나, 연결되는 구조물을 개발하기 위한 소재 선택성 예비실

험결과 자연석 돌무더기가 합성수지 인공소재 보다는 포집력이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 합성수지로 제작한 인공돌의 경우 일정시간이 경과하면 해삼의 포집이 가 능한 것으로 나타났다.



그림 4. FRP 제작 인공돌 및 돌무더기

또한 이러한 인공어초 외에도 새로운 어장 확보를 위하여 해양수중보나 인공독살을 이용한 해삼양식장 개발 등도 향후 새롭게 연구해야할 대상으로 제시되었다.



그림 5. 인공독살 구조 및 위치 개념도

제 4 장 해삼 산업화 모델 적지조사

국내에서는 해삼산업화를 위해서는 새로운 롤모델이 필요하다. 이중 제시된 방안은 해삼양식섬을 조성하여 특화시키는 방안이다. Pilot 규모의 해삼산업화 양식섬을 조성 하기 위하여 적지조사를 실시하였다. 일차적으로 국내 냉수대 해역을 찾아 이들을 비 교 평가하였으며, 이중 선정된 냉수대 권역에 대하여 현장조사를 실시하여 적지를 선 정하였다.

경기만, 충남태안, 전남 진동 냉수대 해역을 비교 검토한 결과 모두 해삼서식에 적합 한 냉수대를 가지고 있으며, 이중 진도해역의 경우 리아스식 다도해 해역으로 해삼양 식섬 개발에 유리한 것으로 나타났다. 따라서 우선 진도권역에 대하여 현장적지조사를 실시하였다. 진도권역에 대한 적지조사 후보지는 전복양식장이 위치한 보전지구와 조 도지역의 대마도 지역을 선정하여 실시하였다. 보전지역은 여름철 수온의 경우 신안 갯벌해역보다 5℃ 내외로 저수온을 나타내었지만 잠수수중생물상 조사결과 생물상이 빈약하고, 해삼서식이 확인되지 않았다. 이는 이지역의 강한 유속으로 인해 저면에 생 물이 부착하기에는 어려운 환경으로 드러났다. 2차적으로 조도 대마도지구를 조사한 결과 섬주변에서 해삼서식이 확인되었으며, 상태 또한 양호한 것으로 조사되었다.



그림 5. 진도 대마도 지구 해삼 분포 지역



그림 6. 진도 대마도 지구 서식 해삼

해삼산업화 Pilot 모델 개발 시험어장을 35ha 조성하였으며 2010년 11월에 2~5g 어린 해삼을 방류하였다. 방류한 어린 해삼에 대한 사후 관리조사를 2011년 5월 14일 조사 실시하였다. 전문 잠수부가 현장에서 10분 동안 채취한 결과 39마리 해삼을 포획하였 으며, 이중 13마리가 방류한 개체로 확인되었다. 방류한 개체의 중량은 50~60g 내외로 성장이 양호한 것으로 나타났다



잠수어업 입수



어미해삼과 방류한 해삼



어미해삼 생식소 전무(10마리)



어획한 샘플

그림 7. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 효과조사

제 5 장 해삼가공 · 수출전략

가. 원료 및 가공해삼 수급 예측을 위한 국내외 시장 분석

국내 해삼 생산량은 2010년 최대 생산을 보인다. 총3,875 M/T으로 생산고는 333억원 에 달한다. 중국의 해삼 생산량은 FAO 자료에 보면 최근 10년 동안 합한 생산량이 476,314 M/T으로 보고되고 있지만 이는 저평가 되어 있는 것으로 생각되며 실제적으로는 20~30 만톤 내외로 보이며, 일부학자는 100만톤을 상회할 것이라고도 한다. 세계 각국에 서 채취 건조 또는 자숙된 해삼은 대부분이 홍콩의 중앙시장, 싱가포르 및 대만으로 수 출되며 이들은 다시 중국 및 전 세계 중국인들에 다시 팔려나간다. 1980년대 이래 중 국의 경제는 새로운 시대에 진입하였다. 경제적인 성장은 식당 및 가정에서 해삼의 소 비를 급격히 증가시키었다. 수산식품 중 특히 큰대합(geoduck), 가리비, 새우, 게, 능성 어 등과 아울러 해삼과 같은 기호식품의 수요가 계속 급증하고 있다. 특히 북경 올림 픽 이후 수산물 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다.

대련시를 중심으로 판매되고 있는 해삼관련제품과 가격을 살펴보면 건해삼이 제품의 대부분을 차지한다. 특히 가장 비싼 제품은 50g에 22,800위안(91,200천원/kg), 500g 8888위안(3,555천원/kg) 들이 있으나 실제적으로 가장 선호하는 제품은 200~300만원 /kg 제품이며 중산층이상을 대상으로 한다. 그리고 서민들을 위한 제품으로 건해삼 보 다는 kg 당 20~30만원 수준의 냉장, 냉동 해삼이 많이 팔린다.



그림 8. 최고가 건해삼 제품들. 좌 : 50g 22,800위안(91,200천원/kg), 우 : 500g 8888위안(3,555천원/kg)

나. 중국, 홍콩 등으로 가공품 수출을 위한 기초 전략 마련

세계 해삼의 제품별 2005년에서 2007년 동안 수출입 동향을 살펴보면 교역량은 6,599~8,008톤, 132,702~263,741천달러로 물량면에서는 건조, 염장, 염수 제품이 73.6~ 74.3%, 금액면에서는 91.7~93.3%를 차지하고 있으며, 조제품이 4%, 냉동품이 3% 정도 이었다. 2005년에서 2007년 동안 국가별 교역량은 홍콩, 중국, 대만 등 중화권이 대 부분을 차지하고 있다. 특히 홍콩 가장 많은 교역량을 보이고 있는데 수출입 물량은 4,180~ 5,296 톤으로 전체물량중 62.4~66.1%를 차지하고, 금액면에서 111,770~232,487 천달러로 84.2~88.1%를 차지하였다. 국내 2007년에서 2009년 동안 수출은 46~116톤으 로 증가추세이며 2,186~3,372천달러의 수출고를 올렸다. 제품가공형태별로는 산 것, 신 선, 냉장 제품이 대부분을 차지하고 있으며, 건조 제품은 4~15톤 정도 이었다. 국내에 서 가장 많이 수출하는 국가는 중국이며, 미국, 홍콩, 일본 등에 적게 수출하고 있다.

현재 국내 해삼의 가공 수출에 있어 걸릴돌은 생산물량을 차지하고 살펴보면 현재 생해삼 가격이 22,000~23,000원/kg 으로 가격경쟁력이 굉장히 낮다. 따라서 이를 극 복하기 위해서는 자체생산하여 가공, 수출까지 이어지는 기업화 규모화가 필요할 것으 로 보인다.

해삼산업화를 위해 국외 사례를 살펴보았다. 중국 장자도(獐子島) 그룹은 중국 제일 수산물 생산 그룹으로 이곳에서 생산되는 해삼은 중국에 최고로 판매되고 있다. 해삼 산업화의 경우 이러한 장자도를 롤모델로 하여 발전시키면 좋은 결과를 맺을 것으로 생각된다. 장자도는 대련 진스틴항으로부터 100km 떨어진 곳에 있으며 발해만을 벗어 난 북위 39°에 위치해 있다. 장자도 어업그룹은 장자도 지역의 북위 39°를 청정한 해역 으로 브랜드화하여 이곳에서 생산되는 친환경수산물을 강조한다. 장자도 어업그룹은 중국 최초로 2006년 션쩐증권거래소의 중소기업전용시장(SME Board)에 상장된 회사 로 연간매출액 20억위안(34백억), 주식시가 184억 위한(약 3조원) 규모의 회사이다. 주 식배분은 그룹총재 오후강 10%, 중국정부 50%, 주민 40%로 되어있는 국영기업체이다. 2009년 기준으로 주가수익비율(PER)은 49.5%, 투자수익율(ROI)과 자기자본이이률 (ROE)은 각각 21.6%, 26.1%를 기록하는 등 수익성과 성장성이 모두 높은 기업으로 평 가받고 있다.

다. 건해삼 가공기술 기초기술 조사

중국으로 해삼 상품 수출은 건해삼, 자숙해삼 형태로 이루어진다. 이중 건해삼이 가 장 고가로 팔리고 있다. 중국에서는 대부분 건해삼 제품형태로 소비되며, 최근에 들어 서 해삼의 가공추출물을 이용한 제품이 개발되어 시판되기도 한다. 중국에서 건해삼 제조과정은 아래 그림과 같으며 국내에서도 이와 유사하게 가공제품이 만들어 지고 있다.



그림 9. 중국 건해삼 제조 과정

국내 해삼의 건조조건에 따른 영양학적 성분변화를 살펴보았다. 제조조건별 수분상태 를 살펴보면 국내산 자연산 생해삼은 83.77%, 자숙가공 해삼은 82.45%, 천일건조 가공 해삼은 24.46%, 열풍건조 가공해삼은 8.82%, 냉풍건조 가공 해삼은 23.29%, 진공 동결 건조 가공 해삼은 5.25%, 중국 건해삼은 9.92% 이었다. 진공동결건조와 열풍건조는 중 국산 해삼의 수분조건에 도달할 수 있었으나, 냉풍건조와 천일건조의 경우는 제조과정 에 있어 수분이 쉽게 건조되지 않는 것으로 나타났다. 이는 제조공정을 좀더 시간적으 로 많이 필요할 수 있으며, 천일건조의 경우는 주위 기상여건에 의해 품질의 많은 차 기 발생될 수 있다. 회분의 경우는 생해삼의 경우 0.93%, 자숙해삼은 2.34%, 천일건조 가공 해삼은 14.88%, 열풍건조 가공해삼은 12.11%, 냉풍건조 가공 해삼은 8.74%, 진공 동결건조 가공 해삼은 12.25%, 중국 건해삼은 20.31% 으로 건조후 회분함량이 증가되 었고, 중국산 건해삼이 다소 높게 나타났다. 미네랄 성분함량을 살펴보면 전체적으로 Na 함량 비중이 높은 것으로 분석되었으며, 특히 중국산 건해삼에서 높았다. 중금속 함량은 유해물질은 검출되지 않았다. 조지방의 경우 국내산 자연산 생해삼은 0.75%, 자 숙가공 해삼은 0.76%, 천일건조 가공 해삼은 1.59%, 열풍건조 가공해삼은 1.38%, 냉풍 건조 가공 해삼은 1.63%, 진공 동결건조 가공 해삼은 1.55%, 중국 건해삼은 1.02% 이 었다. 조단백질은 국내산 자연산 생해삼은 6.80%, 자숙가공 해삼은 6.85%, 천일건조 가 공 해삼은 28.40%, 열풍건조 가공해삼은 36.49%, 냉풍건조 가공 해삼은 32.49%, 진공 동결건조 가공 해삼은 37.17%, 중국 건해삼은 11.72% 로 중국산에 비하여 국내산의 가 공해삼에서 조단백은 높게 나타났다. 탄수화물은 국내산 자연산 생해삼은 7.76%, 자숙 가공 해삼은 7.60%, 천일건조 가공 해삼은 30.68%, 열풍건조 가공해삼은 41.21%, 냉풍 건조 가공 해삼은 33.84%, 진공 동결건조 가공 해삼은 43.75%, 중국 건해삼은 57.05% 로 중국산 가공해삼에서 높게 나타났다.

모	ᅷ
_	

List of Tablesvi
List of Figuresix
제 1 장 국내외 해삼 중간육성 실태 및 현장기술 분석
1. 해삼양식 개요
2. 국내외 해삼양식 기술개발 현황
가. 한국
나. 중국
다. 일본
라. 기타
마. 중국과 국내 해삼양식기술 비교
게 이자 해상 조미생사 기수개방
제 2 경 애접 공표경선 기울개월 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
1. 어미해잠 구입 및 입직관리 ····································
가. 어미해참 구입 및 운송
1) 구입 장소 및 주량
2) 어미해삼 운송
나. 어미해삼 사육관리
1) 어미해삼 선별
2) 어미해삼 성숙도 조사
3) 어미해삼 사육환경
4) 어미해삼 배합사료 급이
다. 결과 및 고찰
2. 어미해삼 산란유도 및 수정란 생산44
가. 산란유도 관리
1) 어미해삼 선정
2) 어미해삼 입식환경
3) 채란수조 소독

1) 간출자극
2) 표면자극
3) 수온자극
4) 정자현탁액 살포
다. 산란 후 관리
1) 어미해삼 제거
라. 수정란의 부화 및 발생
1) 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사 45
2) 수정란 관리
마. 결과 및 고찰 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
1) 산 란
2) 수정률 및 부화율
3) 난 발생
3. 부유유생 사육관리
가. 사육관리
1) 사육환경
2)부유유생 사육수조 소독
나. 부유유생 사육밀도 조정
1) 사육수조 분조
다. 먹이생물 급이
1) 먹이생물 급이
라. 성장률 및 생존율 조사
1) 성장률 조사
2) 생존율 조사
마. 결과 및 고찰
4. 착저유생 사육관리
가. 사육환경
나. 배합사료 급이
다. 채묘기질
라. 채묘율 조사
마. 결과 및 고찰
5. 어린해삼 사육관리
가. 사육환경

1) 수온	² , DO, 염분 ···································	5
2) 환수	≃관리	5
3) 부츠	·기질 조정 ···································	5
나. 배합/	사료 급이 ~~~~~ 6	5
1) 배힡	하세료 제조 및 급이량	5
다. 사육=	수조 및 부착기질 소독	6
1) 사원	루수조 소독 ···································	6
2) 부츠	·기질 소독 ···································	6
라. 선별	및 분조	6
1) 선별	<u>ا</u> ······ 6	6
2) 성장	s률 및 생존율 조사 ···································	6
마. 질병기	치료 및 예방	7
1) 요그	t류 및 섬모충 치료 ···································	7
2) 세균	·성 질병 치료 및 예방 ··································	7
바. 결과	및 고찰	2
6. 해삼종!	묘 조기생산	9
가. 어미친	해삼 구입 및 운송	9
1) 구입	J 장소 및 수량 ··································	9
2) 어미	해삼 운송	9
나. 어미친	해삼 사육관리	9
1) 어미	해삼 선정	9
2) 어미	해삼 성숙도 조사	9
3) 어미	해삼 사육환경	9
4) 어미	해삼 배합사료 급이	0
다. 산란기	자극	0
1) 간출	5자극	0
2) 표면	1자극	0
3) 수돈	은자극 ~~~~~ 8	0
라. 채란	후 사육관리	0
1) 채린	· 및 어미해삼 제거 ·······8	0
2) 수정	d란 계수 및 수정률, 부화율 조사 ······8	1
3) 수정	9란 관리	1
마. 성장	단계별 사육관리	1

1) 부유유생 사육관리	81
2) 착저유생 사육관리	82
3) 어린해삼 사육관리	82
4) 성장률 및 생존율 조사	82
바. 병원성 요각류 구제 시험	82
사. 결과 및 고찰	83
1) 어미해삼 성숙도 조사	83
2) 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사	84
3) 요각류 구제를 위한 구충제 약욕 농도 규명	84
7. 축제식 사육 예비시험	85
가. 재료 및 방법	85
1) 입식용 어린해삼	85
2) 축제식 양식장 환경여건	85
3) 입식수량 산정	86
4) 생존량 및 생산량 조사	86
제 3 장 해삼양성 기술 연구	88
1. 인공어초 예비시험	88
가. 서 론	88
나. 재료 및 방법	92
다. 결 과	94
라. 인공어초 개발 문제점 분석 및 결론	95
제 4 장 해삼 산업화 모델 적지조사	101
1. 개 요	101

· 개 五	101
가. 조사목적 및 필요성	101
나. 조사내용 및 방법	101
. 조사 및 분석결과	102
가. 해삼산업화 Pilot 모델 광역 후보지 선정	102
1) 냉수대 해역	102
2) 수질환경	109
나. 진도해역의 해양학적 특성	121
1) 지역개황	121

2) 조석
3) 해수유동
4) 냉수대
다. 진도 해역 내 적지 후보지 선정
1) 개 요
2) 조사내용 및 방법
3) 조사결과

제 5 장 해삼가공·수출전략 160 1. 원료 및 가공해삼 수급 예측을 위한 국내외 시장 분석 162 2. 중국, 홍콩 등으로 가공품 수출을 위한 기초 전략 마련 169 3. 건해삼 가공기술 기초기술 조사 176

부	록		190)
---	---	--	-----	---

List of Table

표	1-1.	국내 연도별 해삼 어획량(자연산)	2
표	1-2.	세계 연도별 해삼생산량	3
표	1-3.	중국 해삼종묘생산 비교	8
표	1-4.	중국 해삼양식 비교	9
표	1-5.	중국과 국내 해삼양식 비교	1
표	2-1.	어미해삼 산지별 성숙도(2010. 6. 4)	9
표	2-2.	어미해삼 성숙도 조사 결과(2010. 6. 14)	0
표	2-3.	채란 및 유생기 일자별 관리상황 4	2
표	2-4.	수정란 수량 및 수정율, 부화율 조사4	8
표	2-5.	해삼의 난 발생 단계별 소요시간4	9
표	2-6.	부유유생 성장 단계별 밀도 조정	5
표	2-7.	해삼 유생 성장 단계별 먹이생물 급이량	6
표	2-8.	해삼의 유생 단계별 소요일자	7
표	2-9.	일별 채묘율	4
표	2-10	. 어린해삼 월별 성장률, 생존율	7
표	2-11	. 어미해삼 성숙도(2010년 12월 20)	3
표	2-12	. 수정란 수량 및 수정율, 부화율 조사8	4
표	2-13	. 어린해삼 성장률 및 생존율8	5
표	2-14	. Trichlorphon 제제의 경과시간에 따른 농도 구간별 폐사량8	5
표	4-1.	해역수질생활환경기준	9
표	4-2.	서해연안 냉수대 해역 해삼 산업화 여건 비교 분석	0
표	4-3.	진도군 수품항 조석 조화 분해 결과	3
표	4-4.	최강 창조류, 낙조류, 잔차류 분석결과	6
표	4-5.	관측유속/조류성분유속 세기 구간 누적분포	6
표	4-6.	조류 조화분해 결과	8
표	4-7.	대마도 지역 시험어장 2010년 11월 24일 저질입도 분석결과	6
표	4-8.	대마도 지역 시험어장 2010년 11월 24일 저질환경조사결과	6
표	4-9.	대마도 지역 시험어장 2011년 3월 19일 수질환경조사결과	6
표	4-10	. 대마도 지역 시험어장 2011년 3월 19일 수질환경조사결과	6
표	5-1.	전 중국 연안에 분포하고 있는 식용 가능한 해삼 종류	1
표	5-2.	해삼 제품별 세계 교역량	9

표 5-3.	해삼 국가별 교역량
표 5-4.	국내 해삼 가공형태별 수출 현황
표 5-5.	국내 해삼 국가별 수출 현황
표 5-6.	중국산 해삼 종류별 주 성분 비교표
표 5-7.	한국산 해삼(<i>Stichopus japonicus)</i> 일반성분 ······176
표 5-8.	한국산 해삼(<i>Stichopus japonicus)</i> 비타민 함량 (mg/100g)
표 5-9.	한국산 해삼(<i>Stichopus japonicus)</i> 지방산 조성(%/100g)
표 5-10). 한국산 해삼(<i>Stichopus japonicus)</i> 아미노산 함량 (mg/100g)
표 5-11	. 한국산 해삼(<i>Stichopus japonicus</i>) 무기질 함량 (mg/100g)
표 5-12	2. 한국산 건해삼(<i>Stichopus japonicus</i>) 일반성분 ····································
표 5-13	3. 한국산 건해삼(<i>Stichopus japonicus</i>) 비타민 함량 (mg/100g)
표 5-14	4. 한국산 건해삼(<i>Stichopus japonicus</i>) 무기질 함량 (mg/100g)
표 5-15	5. 제조 조건별 해삼의 수분, 회분, 미네랄, 중금속 함량 185
표 5-16	5. 제조 조건별 해삼의 조지방, 조단백, 탄수화물 함량 ···································

List of Figures

그림 1-1. 우리나라 대표적 해삼의 종류, 왼쪽부터 청해삼, 홍해삼, 흑해삼
그림 1-2. 중국 발해만 지역 해삼양식 주요 지역
그림 1-3. 연태지역 해삼종묘생산단지.(a) 복례, (b) 장도
그림 1-4. 연태 복례지역 종묘생산장
그림 1-5. 해삼종묘생산 수조
그림 1-6. 연태지역 생산된 해삼종묘(2010. 8.)
그림 1-7. 연태 복례지역에서 해삼종묘생산에 사용하는 파판
그림 1-8. 연태 장도지역 해삼 종묘배양 시설
그림 1-9. 장도지역 종묘생산된 해삼종묘
그림 1-10. 장도지역 축제식양식장 시설지역
그림 1-11. 장도지역 해삼양식장 구조시설
그림 1-12. 대련 금주지역 해삼종묘생산장
그림 1-13. 대련 금주지역 해삼종묘생산방식과 생산된 종묘
그림 1-14. 와황텐 지역 해삼종묘생산장
그림 1-15. 산동성 와황텐지역 해삼종묘생산
그림 1-16. 해삼 해적 생물
그림 1-17. 요녕성 와황텐지역 해삼축제식 양식장
그림 1-18. 해삼축제식 양식장 전경
그림 1-19. 해삼전용 파판 제조 및 제도된 청색 파판
그림 1-20. 대련 대표 해삼사료제조회사(대련교령사료중심)
그림 1-21. 장자도 양식시설 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
그림 1-22. 장자도 해측 양식어장 조성 및 운영. (a) 해삼 서식처조성, (b) 다시마양식, (c)
해삼채취, (d) 가리비채취
그림 1-23. 시험중인 해삼양식 순환여과시스템
그림 2-1. 진도산 어미해삼 구입
그림 2-2. 태안산 어미해삼 구입
그림 2-3. 어미해삼 성숙도 조사
그림 2-4. 어미해삼 사육관리
그림 2-5. 태안산 어미해삼 구입 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
그림 2-6. 방란·방정 및 수정란 관리작업
그림 2-7. 해삼 부유유생기 발달 단계

그림 2-8. 농축먹이생물 급이 과정	· 53
그림 2-9. 사육수 환수틀 구조	· 54
그림 2-10. 해삼의 유생기간 중의 수온 및 염분 변화	· 59
그림 2-11. 해삼 부유유생기의 성장 및 생존율	· 59
그림 2-12. 착저유생 채묘 기질	·61
그림 2-13. 어린해삼 성장 과정	· 62
그림 2-14. 어린해삼 성장 과정	· 63
그림 2-15. 어린해삼 부착기질	· 68
그림 2-16. 분조 및 선별을 위한 어린해삼 박리 및 채집	· 69
그림 2-17. 어린해삼 선별 작업	·70
그림 2-18. 배합사료 제조	·71
그림 2-19. 어린해삼 사육기간 동안의 수온변화	·72
그림 2-20. 어린해삼 사육수조에 대량으로 발생한 요각류	·73
그림 2-21. 어린해삼 사육기간 동안의 염분변화	·73
그림 2-22. 동해에 의한 어린해삼 대량폐사	·75
그림 2-23. 2010. 7. 3 - 9. 30일까지 사육기간의 어린해삼 생존율	·76
그림 2-24. 2010. 10. 30 - 2011. 4. 24까지 사육기간의 어린해삼 생존율	·76
그림 2-25. 자원조성 방류용 어린해삼 포장 및 상차	· 78
그림 2-26. 축제식양식장 예비실험 장소 및 투여한 인공어초	· 86
그림 2-27. 축제식양식장 어린해삼 입식	· 86
그림 3-1. 중국 축제식 양식장의 돌무더기 투석	· 89
그림 3-2. 다양한 형태의 축제식 양식장의 돌무더기	· 90
그림 3-3. 해삼인공어초	•91
그림 3-4. 국내에서 개발된 해삼인공어초와 돌무더기 투석	· 92
그림 3-5. FRP 제작 인공돌 및 돌무더기	• 93
그림 3-6. 해삼은신처 실험 조건	•93
그림 3-7. 해삼은신처별 포집결과	·94
그림 3-8. 인공소재별 포집결과	· 95
그림 3-9. 해삼인공어초 기본 분자구조 형태	· 97
그림 3-10. 분자 구조형태에 연결될 element 형태	• 97
그림 3-11. 내부 속이 빈 테트라포드 형태 예시	· 98
그림 3-12. 인공독살 구조 및 위치 개념도	· 98
그림 3-13. 인공독살 시설개념도	· 99

그림 4-1. 2009년 9월에서 2010년 8월까지 수온분포 위성사진(국립수산과학원, NOAA위성 그림 4-2. 2010년 6월 29일에서 9월 20일 까지 관측한 위성자료를 이용하여 7일 간격으로 그림 4-3. 진도권역(진도), 태안권역(안흥, 보령), 인천권역(인천) 2006~2009년 일일 수온관 그림 4-7. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 DO 변화.14 그림 4-15. 진도주변해역의 소조기 해수유동패턴. (a) 저조시조류분포 (b) 최강창조류 (c) 그림 4-16. 진도주변해역의 대조기 해수유동패턴. (a) 저조시조류분포 (b) 최강창조류 (c) 고 그림 4-17. 정점 A에서 관측된 조류 분석결과. (a) 조류타원도 (b) 조류벡터도 ………………… 127 그림 4-18. 진도주변 근해역의 1966~1995년 평균 표층, 50m층 수온 분포도 ……………… 129 그림 4-20. 해삼산업화 Pilot 모델 적지조사 후보지역.(조사정점 : 수질 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11,

그림 4-27. 진도 보전지구 엽록소 a 분포	
그림 4-28. 진도 보전지구 DIN 분포	
그림 4-29. 진도 보전지구 DIP 분포	
그림 4-30. 진도 보전지구 SS 분포	
그림 4-31. 진도 보전지구 저질 입도 분포	
그림 4-32. 진도 보전지구 저질 강열감량 분포	
그림 4-33. 진도 보전지구 저질 COD 분포	
그림 4-34. 진도 보전지구 저서생물 잠수조사	
그림 4-35. 진도 보전지구 저서생물 잠수조사 결과	
그림 4-36. 진도 보전지구 대조시 최강 낙조류(상), 창조류(하)	
그림 4-37. 진도 대마도 지구 수온 분포	
그림 4-38. 진도 대마도 지구 염분 분포	
그림 4-39. 진도 대마도 지구 DO 분포	
그림 4-40. 진도 대마도 지구 클로로필 a 분포	
그림 4-41. 진도 대마도 지구 DIN 분포	
그림 4-42. 진도 대마도 지구 DIP 분포	
그림 4-43. 진도 대마도 지구 SS 분포	
그림 4-44. 진도 대마도 지구 저질 입도 분포	
그림 4-45. 진도 대마도 지구 저질 강열감량 분포	
그림 4-46. 진도 대마도 지구 저질 COD 분포	
그림 4-47. 진도 대마도 지구 저질 산휘발성황화물 분포	150
그림 4-48. 진도 대마도 지구 저서생물상 조사	
그림 4-49. 진도 대마도 지구 잠수 저서생물상 조사 결과	
그림 4-50. 진도 대마도 지구 서식 해삼	
그림 4-51. 진도 대마도 지구 인근 대조기 낙조류(상), 창조류(하)	152
그림 4-52. 진도 대마도 지구 해삼 분포 지역	153
그림 4-53. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 가능지역	
그림 4-54. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장	
그림 4-55. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 해삼 방류	155
그림 4-56. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 효과 조사	157
그림 5-1. 중국 대련시 해삼 판매거리	
그림 5-2. 중국 대련시 전문 해삼판매상가	
그림 5-3. 중국 대련시 해삼판매 상가 내부	

그림 5-4. 공항에서 해삼광고 및 판매되는 제품. 대련공항 해삼광고(상), 연태 공항에서 판매 그림 5-5. 중국 관광지 해산품상가(상) 및 판매되고 있는 해삼제품(하) ……………………… 166 그림 5-7. 최고가 건해삼 제품들. 좌 : 50g 22,800위안(91,200천원/kg), 우 : 500g 8888위안 그림 5-11. 중국장자도 투자유치 방문단(상) 및 중국 대련시 해삼양식업체 대표단 방문(하)… 172 그림 5-13. 장자도 어업그룹. 장자도 수산물 생산기지(상), 진스틴항 물류기지(하) ……………… 174

제 1 장 국내외 해삼 중간육성 실태 및 현장기술 분석

1. 해삼양식 개요

해삼은 극피동물문(棘皮動物門 Echinodermata)의 해삼강(海蔘綱 Holothuroidea /Holothurioidea)을 이루는 1,500여 종(種)의 해산 무척추동물로 국내에서는 약 14종이 서식하는 것으로 알려지고 있는데 산업적으로 중요한 종은 해삼(*Stichopus japonicus*) 이다. 형태적으로 살펴보면 몸은 부드럽고 원통 모양이며, 길이가 2[~]200cm, 두께가 1[~]20cm이다. 대개 흐릿하고 어두운 색깔을 띠며 흔히 혹이 있어서 오이와 비슷하게 생 겼다하여 .영어권에서는 바다의 오이라 하여 sea cucumber라 부르며, 중국에서는 해삼 (海蔘)으로 일본에서는 "껍질표면이 미끌 거린다"라는 표현으로 나마코(ナマコ)로, 아주 오랜 옛날에는 바다쥐(海鼠)라 부른 적도 있다.

내부골격은 피부 속에 있는 많은 독특한 모양의 작은 조각들로 축소되어 있다. 대부 분의 종은 입에서 항문에 이르는 5개의 관족렬(管足列)을 가진다. 항문개구부는 호흡과 노폐물의 배설에 사용된다. 10개나 그 이상의 촉수는 입 주위에 있으며, 퇴축(退縮)할 수 있고 먹이(영양소나 작은 수중동물이 있는 진흙)를 섭취하거나 굴을 파는 데 사용 된다. 이동운동은 느리다. 많은 해삼은 항문을 통해 그들의 내부기관을 버리고 새로이 만드는데, 이것은 포식자로부터 도망치기 위한 장치이거나 생리학적 이유에 의해 일어 나는 현상인 것 같다. 또한 일부 종은 적을 함정에 빠뜨리거나 혼동시키기 위해 끈적 끈적하고 가는 섬유들을 내뿜는다. 해삼은 모든 대양에서 볼 수 있는데, 대부분 얕은 바다에 있으나 때로는 아주 깊은 곳에도 있다. 또 인도양과 서태평양에 가장 많이 살 고 있다. 홀로투리아속(—屬 Holothuria)에 속하는 약 80~100종의 혹이 나 있는 커다란 해삼들은 산호초에 많이 살고 있다.

해삼은 몸이 가늘고 길어서 성게나 불가사리류와 구별해서 극피동물 중 별도의 해삼 강류(海蔘綱類)에 포함시키고 있다. 해삼은 모래와 펄을 먹고 함유된 유기물을 섭취하 는 바다의 청소자로서 중요한 역할을 하며, 체중50g의 해삼이 연간 빨아들이는 펄의 양은 3.5 kg에 이른다고 한다.

국내에서는 해삼류는 특징적 차이로 몇 개의 그룹으로 분류한다. 그 중 해삼은 같은 종이라도 해삼(청해삼), 홍해삼 흑해삼의 3가지 종으로 구별하고 있는데, 이들은 체색 뿐만 아니라 분포 서식장소 등에 많은 차이점이 나타낸다.

최근에는 외형 및 생태적으로 차이를 보이고 있는 해삼(청해삼), 홍해삼, 흑해삼을 같은 종류로 볼 것인가에 대한 유전적 연구 결과, 이들은 유전자 그룹은 하나이지만 유전적으로 여러 형태가 존재하는 것으로 추정하고 있다(그림 1-1). 따라서 학자들 중 에는 이것을 다른 종류로 다루는 것이 자연스럽다는 설과 분포·서식장의 차이에서 나 타나는 단순한 생태형이라는 설이 있지만 유전학적으로는 미세한 차이를 보이고 있다.



그림 1-1. 우리나라 대표적 해삼의 종류, 왼쪽부터 청해삼, 홍해삼, 흑해삼

국내에서 해삼의 채취는 대부분 마을어장에서 잠수기 또는 해녀에 의해 자연산의 채 취에만 의존해 오고 있다. 그러나 바다환경오염과 지구 온난화, 해안 매립 등으로 인해 산란장과 서식장이 축소되고 있고 자원량이 전 세계적으로 감소하고 있는 국제적인 개체 군 보존관리 위협 종으로 보호지정 되어 있다.

우리나라의 자연산 해삼생산량은 1990년 2,491톤, 2000년에는 1,419톤, 2002년 833톤 으로 줄어들다가, 최근에는 인공종묘에 의한 소규모의 씨뿌림 양식이 시도되면서 약간 씩 회복되어 2005년에는 1,136톤, 2007년 2,936톤, 2010년에는 최고 3,875톤 수준을 유 지하고 있다(표1-1).

해삼은 개체군 보존관리 보호종이지만, 실제적으로 고부가가치 품종이다. 특히 중화 권시장에서는 고가로 판매되고 있는 판매자수요 품목으로 수출전략품종으로서 상당히 가치가 있다. 따라서 지속적인 자원회복 뿐만 아니라 수산업 경제에 활력을 불어넣기 위 해서는 인공종묘의 대량생산 및 씨뿌림 방류에 의한 자원조성과 함께 수요증가에 대응하 기 위한 대량 양식생산이 필수적이다.

표 1-1.국내 연도별 해삼 어획량(자연산)

(단위 : M/T, 억원)

연	별	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
생신	난량	2,491	1,892	1,419	900	833	1,281	1,154	1,136	1,614	2,936	2,256	2,789	3,875
생 금	산 액	65	140	102	83	80	111	114	115	158	276	207	268	333

※2010. 통계청 수산물생산 통계자료
세계적인 해삼 생산량 동향을 살펴보면 1950년도부터 FAO 통계자료에 나타나며 이 시기부터 Sea cucumbers nei, Japanese sea cucumber 두 종에 의해 생산되는 것으로 조사되었다. 총39개국에서 해삼을 생산하는 것으로 나타났으며, 이중 중국과 일본이 상 당량을 차지하고 있다. 1950년부터 2009년 까지 총생산량은 1,440,547M/T 이며, 1950~ 1959년 사이에 총생산량이 75,900M/T 이던 것이 2000~2009년에는 716,273M/T으로 10배가량 증가하였다.

Nation	Species	Area	1950-	1960-	1970-	1980-	1990-	2000-	Total
			1959	1969	1979	1989	1999	2009	
Australia	Sea cucumbers nei	Antarctic						1	1
Cambodia	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central				342	480	24	846
Chile	Sea cucumbers nei	Pacific, Southeast					614	3,480	4,094
China	Japanese sea cucumber	Pacific, Northwest						476,314	476,314
Ecuador	Sea cucumbers nei	Pacific, Southeast				13	286	135	434
Egypt	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western						3,029	3,029
Fiji, Republic of	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central			104	4,582	6,633	3,084	14,403
Iceland	Sea cucumbers nei	Atlantic, Northeast					2	2,503	2,505
	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Eastern			56	225	4,780	5,495	10,556
Indonesia	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central	1,700	2,500	2,817	4,888	20,834	38,967	71,706
Japan	Japanese sea cucumber	Pacific, Northwest	66,200	93,900	105,393	77,085	65,793	58,947	467,318
Kenya	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western		200	487	497	660	269	2,113
Kiribati	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central					1,137	4,220	5,357
Korea, Dem. People's Rep	Japanese sea cucumber	Pacific, Northwest						410	410
Korea, Republic of	Japanese sea cucumber	Pacific, Northwest	8,000	9,000	20,627	32,604	19,017	16,321	105,569
Madagasc ar	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western		5,400	3,210	1,692	29,574	8,403	48,279
	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Eastern		0	100	132		0	232
Malaysia	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central		1,000	1,200	4,972		0	7,172
Maldives	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western				2,997	6,312	4,494	13,803
Mauritius	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western						1,155	1,155
Mexico	Sea cucumbers nei	Atlantic, Western Central						152	152
Mexico	Sea cucumbers nei	Pacific, Eastern Central					505	3,798	4,303

표 1-2.세계 연도별 해삼생산량

(단위 : M/T)

*2011. FAO 해삼생산 통계자료, Sea cucumbers nei, Japanese sea cucumber 검색

표 1-2.계속

(단위 : M/T)

Nation	Species	Area	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	Total
Mozambiq ue	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western					84	37	121
New Caledonia	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central			2,282	13,750	7,915	5,896	29,843
New Zealand	Sea cucumbers nei	Pacific, Southwest					5	49	54
Nicoragua	Sea cucumbers nei	Atlantic, Western Central						1,103	1,103
	Sea cucumbers nei	Pacific, Eastern Central						427	427
Palau	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central						0	0
Papua New Guinea	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central				2,226	14,391	7,737	24,354
Philippine s	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central			80	18,555	22,898	8,632	50,165
Russian Federatio n	Japanese sea cucumber	Pacific, Northwest						2	2
Seychelle s	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western						2,034	2,034
Solomon Islands	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central			139	643	3,221	1,236	5,239
Spain	Sea cucumbers nei	Atlantic, Northeast						8	8
	Sea cucumbers nei	Mediterranean and Black Sea					13	38	51
Sri Lanka	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Eastern			276	741	1,244	15,525	17,786
Taiwan Province of China	Sea cucumbers nei	Pacific, Northwest				1		0	1
Tanzania, United Rep. of	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western		600	664	1,099	10,319	876	13,558
Tonga	Sea cucumbers nei	Pacific, Eastern Central				2	275	153	430
Ukraine	Sea cucumbers nei	Pacific, Antarctic						0	0
	Sea cucumbers nei	Atlantic, Northwest					8,706	37,138	45,844
United States of America	Sea cucumbers nei	Pacific, Eastern Central						247	247
	Sea cucumbers nei	Pacific, Northeast					3,037	2,729	5,766
Vanuatu	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central				552	1,407	417	2,376
Wallis and Futuna Is.	Sea cucumbers nei	Pacific, Western Central						0	0
Yemen	Sea cucumbers nei	Indian Ocean, Western				322	277	788	1,387
	Sum		75,900	112,600	137,435	167,920	230,419	716,273	1,440,547

*2011. FAO 해삼생산 통계자료, Sea cucumbers nei, Japanese sea cucumber 검색

우리나라의 해삼양식은 수산물의 국제적 거래가 활발해질 경우 수출전망이 매우 밝은 품종일 뿐만 아니라, 특히 중국과의 FTA 체결시에도 국내 수산물 중 거의 유일 하게 고가로 수출이 가능한 경제성을 지니고 있어 수출증대는 물론 양식 어업인의 소 득을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

본 연구는 우리나라의 해삼양식의 산업화를 위하여 해삼양식, 가공, 유통 등 전 과정 을 시범추진하고 국내외 수요를 조사 분석하여 효율적인 해삼산업모델을 개발하는 것 으로 국내외 해삼 중간육성 실태 및 현장기술 분석, 중간육성 기술개발, 해삼양성 기술 연구, 해삼산업화모델 개발, 해삼 가공, 수출 전략 등을 중점적으로 살펴보았다.

2. 국내외 해삼양식 기술개발 현황

가.한 국

해삼과 관련된 연구는 崔(1963)에 의한 해삼의 형태와 생태 및 양식 등에 관한 종합 적인 연구가 있으며, 종묘생산기술은 포항 및 주문진, 제주종묘시험장 시험연구 사업보 고, 이와 박(1999) 등에 의한 해삼 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향에 관한 연구가 이루어졌으며, 국립수산과학원(2006)에서 해삼양식기술개발을 실시 하였다. 2006년에 완료한 해삼양식기술개발은 본격적인 해삼양식에 관한 해삼산업화를 위한 기초를 다진 연구로 인공 종묘 대량생산 기술개발, 육상수조식양식 기술개발, 해 삼과 전복의 육상수조 복합양식 기술개발, 해삼 월하방안 연구, 축제식 양식 기술개발, 씨뿌림 양식 기술개발을 통하여 인공종묘 대량생산 기술 보급 및 마을어장 씨뿌림 자 원조성 기술 산업화 유도를 시도하였다. 그러나 현재까지 해삼양식의 산업화에 있어서 는 아직 정착된 상황은 아니다.

국립수산과학원 산하 포항수산종묘시험장에서 1990년에 해삼 인공종묘생산 기술개발 을 최초로 성공한 이후 포항과 강릉수산종묘시험장에서 1993년부터 2002년까지 어촌계 및 어업인의 수요에 따라 매년 10만~20만 마리의 종묘를 생산 공급해 왔다. 1997년 이후부터는 도립수산종묘시험장이 차례로 설립됨에 따라 해삼 인공종묘 생산기술을 대 량생산 설비가 갖추어진 도립수산종묘시험장에 이전하고 국립수산과학원에서는 2002년 이후부터 해삼 인공종묘생산을 전면 중단한 바 있다. 그러나 국내 각 도립수산종묘시 험장의 해삼 인공종묘은 강원도수산자원연구소에서 청해삼 인공종묘 생산을 지속적으 로 추진해고 있으며, 제주도해양수산자원연구소에서는 홍해삼에 대한 인공종묘생산기 술을 개발하여 제주도 지역에 홍해삼 자원조성에 크게 기여하고 있다. 실질적으로 해 삼양식의 산업화를 위해서는 인공종묘의 대량생산이 이루어져야하는데 아직은 미흡한 실정이다. 이에 따라 생존율이 낮은 중국산 저급 해삼 종묘수입이 급증하였으나 소득 과 연결되지 못하고 양식어업인의 손실이 증대되어 우리나라 실정에 적합한 인공종묘 의 대량생산 기술 및 양식기술 개발이 시급히 요청되고 있다.

해삼의 자원조성 회복과 산업화 양식을 위해서는 인공종묘의 대량생산에 의한 새끼해삼 확보가 선행되어야 한다. 이와 같은 목표를 실현하기 위하여 국립수산과학원에서는 수산 특정연구과제로 인천지방해양수산청과 공동으로 2003~2006년까지 해삼양식기술개발에 대한 종합적인 연구를 추진하였으며 인공종묘 대량생산 기술개발을 통한 국내 양식용 종묘의 완전자급화를 이루고 육상수조식양식 및 축제식양식, 씨뿌림양식 등의 산업화 기초기술을 개발하고자 하였다. 연구된 주요 성과를 살펴보면 인공종묘 대량생산 기술연 구를 통해 국내 해삼 인공종묘 생산량은 20만마리에 불과하였으나 한국형 인공종묘 대

량생산 기술개발로 2006년에는 전장 3 cm 내외기준으로 약 3,000만 마리 내외의 해삼 종묘가 양식어가를 통해 생산되어 국내 양식용 종묘 수요의 완전 자급화를 이루었다. 기존의 종묘생산 기술은 암·수 혼합채란으로 다량의 어미가 사용되어 우량 유생확보 가 곤란하고 채묘비용이 과다하게 소요되었으며, 다중 수정으로 인해 채묘의 성공률이 저하되었다. 또한 자연광에 의해 파판에 부착된 규조류만을 먹이로 공급하여 먹이부족 에 의한 대량생산이 어려웠다. 개발된 한국형 인공 종묘생산 기술은 성숙된 채란용 어 미의 암컷과 수컷을 분리시킨 선별채란으로 다중 수정을 방지하면서 수정률과 부화율 을 향상시키고 적정량만을 채란하도록 하여 어미 사용량을 중국 방식에 비해 20% 수 준으로 낮추어 경제성을 실현하였다. 암컷 1마리의 평균 산란량은 약 402만 개였으며, 유생사육을 위한 먹이생물 배양은 3종의 식물플랑크톤(Chaetoceros simplex, Pavlova lutheri, Isochrysis galbana)을 유생 사육량에 따라 직접 배양하여 공급하였다. 유생사 육 이후 부착기 유생은 전복 파판(PE 30×30 cm)에 자연 부착된 규조류를 먹이로 하여 채묘한 다음, 채묘 후 6일째 까지는 인공 사육된 규조류(Chaetoceros calcitrans, Pavlova lutheri, Isochrysis galbana)를 함께 공급하면서 최적의 건강종묘로 육성시켰 다. 이후부터는 실내를 1,500~2,000Lux 내외로 유지하여 자연부착 규조류를 파판에서 적당히 육성시키면서 고밀도 사육에 따른 먹이부족을 해소하기 위해 지충이 등 해조류 의 분쇄 발효액을 해수에 녹여 먹이로 공급하여 고밀도 사육이 가능하도록 하였다. 파 판에서 전장 0.5 cm 이상 크기의 새끼 해삼 부착밀도는 기존 방법의 경우 평균 20마리 내외 수준이었으나 본 연구에서는 100마리 내외로 5배 이상 증가시켰다.

육상수조식양식 기술개발에서 해삼단독양식을 전복 쉘터로 은신처를 조성하여 100 ℓ 수 조에 6종류의 먹이별 실험을 실시하였다. 먹이별 실험에서는 미역, 다시마와 Bacillus군을 혼합하여 발효시킨 후 즙을 공급함으로써 해삼의 성장도를 증진시킬 수 있었으며, 개체 간의 변이가 적어 해삼 실내 사육에 있어 효율적인 먹이로 판명되었다. 해삼 단독양식에 서 당년산(채묘 후 5개월)의 성장은 2005년 6월에 채묘된 새끼해삼 중 고성장 그룹(채묘 된 새끼해삼 총량의 30% 이내)을 선발하여 10월부터 2006년 6월까지 성장시킨 결과 입식 (100마리/m¹)시 전장 5.6 cm, 전중량 8.6 g에서 2006년 6월에는 전장 8.6 cm, 전중량 40.2 g 으로 성장하였으며 이 기간 중 전장과 전중량은 12월 이후 2월까지는 소폭으로 감소하였 다가 3월 이후 급격히 증가하였다. 해삼은 저수온기가 끝나가는 2월 하순부터 3월까지 폐 사율이 가장 높게 나타났으며, 6월까지의 최종 생존율은 56.0%로 겨울철 저수온기의 가 온사육이 필요한 것으로 나타났다. 해삼과 1년생 전복의 복합양식에서는 해삼의 성장은 2005년 10월에 전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g이던 것이 2006년 6월에 10.1 cm, 52.9 g으로 성장 하였다. 해삼과 당년생 전복의 복합양식에서 해삼의 성장은 2006년 6월에 9.4 cm, 47.4 g으 로 성장하여 크기가 작은 당년산 전복보다는 개체가 큰 1년산 전복과의 복합양식에서 성 장이 빠른 것으로 나타났다. 해삼의 월하를 위해 냉각기를 이용한 수온조절로 고수온기인 여름철에 20 ℃ 이하를 유지할 경우 체중 감소를 최소화시키면서 월하가 가능한 것으로 나타났다. 해삼과 전복의 복합양식에서 전복 먹이인 다시마를 공급하고 해삼의 먹이는 따 로 공급하지 않았어도 해삼의 성장과 생존율이 양호한 것으로 나타났다. 축제식 양식은 축제식 양식에서 가두리 양식시험의 부착기질로 폐그물과 전복 쉘터 2가지를 사용하였다. 기질별 부착밀도는 폐그물에서 부착밀도가 높고 전복 셀터는 펄과 부니에 묻혀 부착량이 극히 적었다. 축제식 가두리 양식의 월간 성장도는 4~6월에 월평균 12g의 성장을 보이 다가 7~8월의 고수온기에는 21.7%의 체중 감량을 보인 후, 9~11월에 월평균 20g 이상 의 높은 성장도를 나타내었다. 가두리 양식에서 밀도별 시험 결과, 생존율은 50마리 시험 구가 28.0%로 가장 높게 나타났고, 밀도가 높을수록 생존율이 낮았다. 한편, 밀도가 높은 80마리 시험구에서는 시험 초기 1개월 이내에 50% 이상이 폐사되었고, 폐사에 의해 밀도 가 낮아지면서 성장도는 50마리 시험구보다 오히려 높게 나타났다. 해삼과 숭어의 복합양 식에서 6월 30일 승어 종묘(평균 전장 5.76 cm, 체중 2.9 g)를 입식한 후 시험 종료일인 12 월까지 성장은 평균 전장 17.45 cm, 평균 체중 77.3 g으로 정상적인 성장을 보였고, 해삼의 성장은 108.7 g으로 대조구에 비해 10.3 g의 높은 성장도를 보였으나. 생존율은 8.3%로 대 조구의 13.7%에 비해 크게 낮았다. 축제식 해삼양식에서 숭어와의 복합양식 먹이 경쟁관 계는 숭어가 섭취하지 못하고 남은 사료찌꺼기, 배설물 등을 해삼이 섭취한 결과 성장은 약간 높게 나타났다. 그러나 저질 환경은 강열감량 및 황화물, COD 값이 대조구에 비해 2~3배 높았고, 해수 교환이 불량한 상태에서 시간이 경과할수록 저질오염이 진행되었으 며, 해삼에 의한 저질 정화능력을 초과하면서 해삼의 생존율은 8.3%로 극히 낮았다. 따라 서 축제식 양식장에서 해수교환이 불량할 경우 발생된 오염원에 의해 해삼의 생존율이 크게 낮아지는 것으로 보아 적지선정에 세심한 주의가 필요하다. 바닥 축제식 양식에서 4 개월간의 부착기질별 성장은 돌무덤은 33.45g, 생존율 31.8%로 가장 높았고, 다음으로 폐 그물, 쌀포대, 파이프 순이었다. 먹이 투여구와 비투여구의 성장도는 사료 투여구에서 체 중은 34.08 g, 비투여구는 32.95 g으로 투여구에서 높았으나 생존율에서는 별 차이가 없는 점으로 보아 해수 교환능력과 저질조건 등이 축제식 양식장의 적지선정에 중요한 요소로 여겨졌다. 축제식 해삼양식의 성장은 2004년 1월 16일 전장 1.3~3.5 cm(0.27 g)의 종묘를 입식하여 시험종료 기간인 2006년 7월까지 2년 6개월간 양식한 결과, 평균 전장 19.9 cm, 평균 중량 245g으로 성장하였고 생존율은 4.7%로 매우 낮았다. 축제식 해삼 양식장의 먹 이공급은 해수 교환능력, 바닥 저질의 먹이생물 발생조건, 수질 및 저질의 오염여부, 질병 과 경제성 등 양식장의 환경여건을 감안하여 공급량과 시기를 조절할 필요가 있으며, 자 연적인 먹이발생이 빈약할 경우 대체로 수온이 안정된 봄과 가을의 주 성장기에 저질변 화 상태를 점검하여 적정량의 먹이를 공급해 주는 것이 성장촉진에 도움이 될 것으로 판

단된다. 또한 축제식에서 종묘크기는 대형종묘(전장 5 cm 이상)를 입식하는 것이 생존율 향상에 바람직한 것으로 나타났다. 본 축제식 양식시험에서 해삼의 생존율이 낮았던 원인 은 바다와 격리되어 해수 교환율이 낮은 기존의 소규모 새우 양식장을 활용한 적지조건 의 부적정, 바닥 양식장 조성의 부적정, 기온과 수온이 연중 최저시기인 1월 중에 입식, 축제식 양식에 적합하지 않은 어린 해삼종묘의 입식(전장 1.3~3.5 cm), 고농도의 부유물 질에 의한 광선침투의 부족으로 축제식 저층의 먹이 해조류 및 규조류 발생 빈약, 해수 교환능력 저하에 의한 저질오염 및 부니발생, 저질부패를 우려한 사료공급 부재에 의한 먹이부족 등으로 나타난 결과로 진단하였다. 연구결과를 바탕으로 축제식 양식에서 검토 해야할 사항으로 외해수가 직접 유출 가능하고 바다에 면한 10,000 ㎡ 이상(수심 2~3 m) 의 수면적 확보, 축제식 입식시기의 적정성(봄 입식 : 3~4월, 가을 입식 : 10~11월 이 내, 입식 종묘크기의 적정성(봄 입식 : 5~7 cm, 가을입식 당년생으로 4 cm 이상의 우량종 묘 선택), 부유물질 농도가 낮고 대량의 강우시 담수유입 우려가 적은 곳, 저층에서 해조 류 및 규조류의 자연번식이 가능한 곳, 저질이 모래될 및 자갈, 돌 등의 자연은신처가 확 보된 곳, 해수 교환이 용이하고 해삼의 사료 공급시 저질오염의 영향을 적게 받거나 칠전 물의 유출이 가능한 곳 등을 제시하였다.

씨뿌림 양식에서 해삼의 성장은 2004년 4월에 전장 2.9 cm, 전중량 2.0 g이던 것이 6 월에 평균 38.9 g으로 성장하였다가 수온이 상승한 8월에는 22.5 g으로 크게 감소하였 다. 이후 10월부터 점차 증가하다가 2005년 4월에는 48.5 g을 나타내었고 6월에는 95.1 g(70~130 g)으로 급격한 성장을 보였으며, 최종 생존율은 66.7%로 추정되었다. 따라서 성장이 부진하고 유전적으로 열악한 개체가 방류될 경우 생존율이 낮아지고 자연산과 의 교배에 의해 생태환경을 열성화 시킬 가능성이 있으므로 전장 4 cm 이상의 대형종 묘의 씨뿌림이 바람직할 것으로 나타났다. 밀도별 시험에서 1 ㎡당 1, 5, 10, 15, 20마리 를 씨뿌림하여 시험한 결과 1 ㎡당 1마리의 저밀도 시험구에서는 전장 13.8 cm, 103.2 g 으로 성장이 가장 빨랐고, 밀도가 높을수록 성장이 느리게 나타났으며, 적정 씨뿌림 밀 도는 평균 전장 4 cm를 기준으로 8~10마리/㎡로 제시하였다.

나. 중국

해삼산업화가 가장 발달한 나라는 중국이다. 해삼은 대중화권 seller's market 품목으 로 세계에서 중화권이 해삼의 소비가 가장 많다. 이러한 배경으로 중국은 해삼 양식에 대해 많은 관심을 가져왔으며 해삼양식에 있어 체계적인 발전을 이루어 왔으며, 지금 은 해삼양식의 최대 생산국이자, 최대 소비국이다. 해삼양식은 발해만을 중심으로 대련, 연태 등지에서 많이 이루어지고 있다(그림 1-2).

종묘생산 및 대량양식에 대해서는 지역적으로 많은 차이를 보인다. 지역별로 중국 해

삼양식기술을 해삼양식의 대표적인 지역인 산동성 연태시 지역(복례, 장도)과 요녕성 대련시지역(와황텐, 금주, 장자도)에 대해 살펴보았다.

발해만 남부에 해당하는 연태지역의 경우 해삼종묘생산시설은 영세하며(그림 1-3, 1-4), 종묘생산은 3월부터 시작한다. 가온은 무연탄 보일러를 사용한다.



그림 1-2. 중국 발해만 지역 해삼양식 주요 지역



(a)



(b) 그림 1-3. 연태지역 해삼종묘생산단지 .(a)복례 , (b)장 도



그림 1-4. 연태 복례지역 종묘생산장



그림 1-5. 해삼종묘생산 수조



그림 1-6. 연태지역 생산된 해삼종묘(2010. 8.)

상기 시설은 연태 복례에 위치한 해삼종묘생산장으로 종묘생산시설규모는 종묘생산 동 12개, 석탄보일러실(1), 모래여과시설(1), 직원기숙사(1)로 구성되어 있다. 종사원은 50명이다. 종묘생산 수면적은 7,200m² 이며, 개별 사육수조는 5m×2m×1.5m 규격이다 (그림 1-6). 종묘생산 4개월 후로 한 수조 내에는 파판에 종묘를 부착하여 양식하고 있 으며 수조당 약 2만 마리가 수용되어 있다(그림 1-6, 1-7).

최종 생산량은 약15톤에 달하며 소요되는 인건비는 1,200위안/월/인이다. 종묘생산 시기는 3월말부터 시작 ~11월말까지이며 특이 한 것은 국내와 달리 조기종묘생산(5월 말까지 가온)체제가 이루어지고 있다는 것이다. 특히 조기종묘생산을 위해서 어미해삼 관리를 하는데 연태지역에는 어미해삼관리만 전문으로 하는 업체가 별도 있으며 사용 할 어미해삼은 10월 채집(해녀)하여 2월까지 15~16 ℃ 내외관리한 후 채란 한달 전 에 20~21 ℃ 로 가온 성성숙유도 사용하며 2차 산란에는 사용하지 않는다. 종묘생산시 기동안에는 전부 배합사료에 의존하여 종묘생산을 추진하고 있으며, 당년에 약50g 크 기까지 우량종묘를 선발하여 생산한다.



그림 1-7. 연태 복례지역에서 해삼종묘생산에 사용하는 파판

산동성 장도의 경우도 연태 복례와 같이 종묘생산시설은 아주 영세하다(그림 1-8). 기본 시설은 생산수조, 보일러실, 모래여과시설로 이루어져 있으며, 종묘생산 수조는 6m×1.8m×1.3m로 2010년 8월 방문시 양성중인 해삼량은 1개수조당 3만 마리 이었다.

종묘양성은 파판을 이용하고 있으며, 이곳도 조기종묘생산체제가 정착되어 3월말에 시작(조기종묘생산)하여 5월말까지 가온한다. 어미해삼관리는 전문업체에서 관리하며 사용할 어미해삼은 연태지역과 비슷하게 10월 채집하여 2월까지 수온 관리하며 종묘생 산 한달전 20℃ 로 유지하여 성성숙을 유도 채란해 사용한다. 이곳도 종묘생산 후 종 묘양성관리 먹이는 모두 배합사료로 이루어지고 있다.

최종 생산 중량은 50g 내외이고 판매단위는 110위안/500g이다. 해삼종묘는 장도지역 축제식 양식용 자원방류용으로 사용되고 있으며 생존율은 95%에 달한다고 한다(그림 1-9).



그림 1-8. 연태 장도지역 해삼 종묘배양 시설



그림 1-9. 장도지역 종묘생산된 해삼종묘

연태 장도지역 해삼 양성하는 양식은 축제식 양식장을 이용한다. 이 지역은 다른 지 역의 축제식 양식장과 다른점은 갯벌을 이용하는 것이 아니다. 섬지역으로 갯벌이 많 지 않아 연안을 따라 콘크리트 구조물을 이용하여 축제식 양식장을 시설하여 물이 밀 물시 월류 되도록 한다(그림 1-10).



그림 1-10. 장도지역 축제식양식장 시설지역



그림 1-11. 장도지역 해삼양식장 구조 시설

시설규모는 200m×50m 크기로 조성되어 있으며 1999년 : 500g 당 천마리 크기를 입 식하였으나 물고기밥 등으로 수확이 크지 않았다. 2000년부터 입식 크기 증가하여 현 재는 50g 선호를 선호하며, 1년후 150g 크기로 수확한다. 참고적으로 장도지역 수산업 은 과거 다시마, 가리비 가 섬전체의 소득중 70~80%를 차지하였으나 현재는 해삼이 85% 소득비중 차지하고 있다(그림 1-11).

중국 대련지역은 해삼 종묘생산 및 양식이 크게 이루어지고 있는 지역으로 연태지역 과는 시설면과 양식면에서 많이 차이를 보이고 있다.

대련지역에서 해삼종묘생산실태는 금주와 와황텐지역을 살펴보았다. 금주지역의 해삼 종묘생산장은 시설이 규모화, 현대화 되어 있었다.



그림 1-12. 대련 금주지역 해삼종묘생산장

위와 같은 곳은 수면적 9,000m²으로 종업원수는 약 36명이다. 6개 생산동, 본관, 보일 러실, 모래여과시설을 갖추고 있다(그림 1-12). 수조크기는 7m×3m×1.5m로 보유 수조 수는 336개이며 8년전 종묘배양장 건설시 소요된 건설비는 1,500만위안이었다. 이지역 에서 생산하는 해삼종묘는 망지를 이용하며, 먹이는 배합사료를 사용한다. 종묘생산시 기는 3월 ~ 11월이며 종묘생산방법은 파판채묘 후 선별 망지 육성하는 것으로 조사되 었다. 조기종묘생산체제로 어미해삼관리는 연태지역에서는 어미해삼관리 전문업체가 있었지만 이곳에서는 자체관리를 하며 관리방법은 산동과 동일하다(그림 1-13).



그림 1-13. 대련 금주지역 해삼종묘생산방식과 생산된 종묘

위시설에서는 연생산량은 5톤이며, 출하크기는 5g 중량(200~240위안/100미)이다. 가온을 위한 석탄연료사용량 1,000톤(980위안/톤)이며, 배합사료량은 3.5톤 정도 소요되는 것으로 조사되었으며 인건비는 2,000위안/월/인이었다.

대련 인접지역인 해삼종묘생산 및 축제식 양식장이 대단위로 분포해 있는 와황텐지 역을 조사하였다. 이지역 또한 산동성 연태지역과 달리 규모화 및 현대화 되어 있는 종묘생산 시설을 갖추고 있다.



그림 1-14. 와황텐 지역 해삼종묘생산장

수면적은 10,000m²로 종업원수 30명이며, 종묘 생산동, 본관, 보일러실, 모래여과시설 을 갖추고 있다(그림 1-14). 수조크기는 7m×3m×1.5m로 시설된 수조는 400개 이며 건 설비는 10년전에 1,500만위안 소요되었다. 이곳에도 금주지역과 마찬가지고 망지선발 육성을 하고 있다(그림 1-15).

연생산량은 5g크기10톤(300위안/100미/500g)이며, 석탄연료사용량은 300톤, 배합사료 는 4톤, 인건비는 2,000위안수준/월/인 이었다. 이 지역에서도 장기사육시간 확보와 원 생동물 방제를 위하여 해삼종묘를 조기생산하는 체제를 유지하고 있었다.

그러나 이곳에서 종묘 생산중에 생산량을 감소시키는 해적생물이 출현하는 것으로 나타났다. 이 생물은 일일이 수작업으로 걸려낼 수밖에 없으며, 아직까지 구제할 수 있 는 약품은 개발되지 않았다(그림 1-15,1-16).

해삼양식에 대해서는 와황텐 지역을 살펴보았다. 이 지역은 해삼 거대 양식단지가 조성되어 있다(그림 1-17). 산동성 장도와 달리 갯벌에 축제식 양식장을 시설하여 해삼 을 양성한다. 시설 내에는 돌무더기를 쌓아 해삼 은신처를 제공하고 있으며, 특별히 사 료를 공급하지 않고 자연에서 들어오는 바닷물과 유기물에 의해 해삼양식을 유지하고 있다(그림 1-18).



그림 1-15. 산동성 와황텐지역 해삼종묘생산



그림 1-16. 해삼 해적 생물



그림 1-17. 요녕성 와황텐지역 해삼축제식 양식장



그림 1-18. 해삼축제식 양식장 전경

중국은 해삼산업은 해삼양식을 위한 기반이 확보되어 있다. 해삼 종묘가 부착하는 파 판의 경우도 투명파판에서 다년간 경험에 의해 도출된 청색파판으로 대체되고 있는 실정 이다(그림 1-19). 특히 중국 해삼 산업이 크게 발전할 수 있었던 계기는 산업화 실용화를 할 수 있는 해삼 전용 배합사료 개발에 큰 무게를 둘 수 있다. 국내에서는 아직도 규조 에 의한 먹이공급을 주로하고 있지만 중국의 경우는 산란하여 부유유생시기부터 식물성 먹이생물을 농축하여 충분히 공급하고, 유삼, 치삼, 종묘단계에서는 이들의 성장과 생리 를 고려한 해삼 전용 배합사료를 제조하여 양식이 안정화 될 수 있도록 공급하고 있다 (그림 1-20). 해삼사료에는 해조류가 많이 사용되는데 특히 이곳에서는 해삼의 소화를 도울 수 있도록 해조류를 발효하여 가공처리해서 사료원으로 사용하는 것으로 나타났다.



그림 1-19. 해삼전용 파판 제조 및 제도된 청색 파판



그림 1-20. 대련 대표 해삼사료제조회사(대련교령사료중심)

중국 대련에서 약 100km 떨어져 있는 장자도는 중국 대표적인 수산물 생산지역으로 장자도어업그룹이 위치해 있다(그림 1-21). 이곳에서는 전복, 가리비, 해삼이 주요품목 으로 생산되며, 해삼의 경우 중국에서 최고의 품질로 평가 받고 있다(그림 1-22). 이곳 에서는 종묘생산은 산동, 요녕성 지역과 동일하지만 중간육성을 가두리를 이용하여 실 시한다. 그리고 해삼 양성은 축제식 양식을 하지 않고 씨뿌림 방식으로 하고 수확은 잠수부들이 한다.



그림 1-21. 장자도 양식시설



그림 1-22. 장자도 해측 양식어장 조성 및 운영. (a) 해삼 서식처조성, (b) 다시마양식, (c) 해삼채취, (d) 가리비채취

현재 중국은 노지 방식의 조방적 양식에서 인건비를 절감할 수 있는 양식방법을 개 발하여 시도중이다. 중국의 개방화와 더불어 중국에서도 현재 인건비 상승으로 인해 10년 전에 비해 양식 생산성에서 인건비에 의한 비용발생증가 비중이 커지고 있는 실 정이다. 일부 지역에서는 순환여과방식을 이용한 해삼양식을 개발하여 시험양식중이나 아직까지는 실용화되지는 않았으며, 가능성은 확보한 상태이다. 이러한 시설에서 좀더 경제성이 확보되면 실용화가 가능할 것으로 보인다(그림 1-23).



그림 1-23. 시험중인 해삼양식 순환여과시스템

중국의 해삼종묘생산 동향을 종합해 보면 종묘생산시기는 3월에서 11월이며 대련, 산동 두지역 모두 조기종묘생산체제가 확립되어 있다. 종묘생산에서 육성에 이르는 방 법은 두 지역에서 차이가 있다. 산동지역은 파판 채묘 후 출하 때 까지 파판에서 사육 을 하지만, 대련지역에서는 파판 채묘 후 선별 망지 교체 관리한다. 사육수조 청소는 산동에서 2일 간격으로 하고, 대련지역에서는 10일에 한번 한다. 어미해삼관리는 두지 역에서 조기종묘생산을 위하여 실시하며, 10월 자연산 채집하여 2~3월까지 관리하여 종묘생산 한달전에 성 성숙을 유도하여 실시한다. 두 지역모두 배합사료를 이용하여 종묘를 양성한다(표1-3).

구 분	산 동	대 련
종묘생산시기	●3월~11월 ●조기종묘생산으로 5월까지 가온	●3월~11월 ●조기종묘생산으로 5월까지 가온
종묘생산방법	 파판 채묘 후 출하 때까지 파판 에서 사육 2일 1회 사육수조청소 인건비 저렴(1,200위안/월) 	 파판 채묘 후 선별 망지 교체 관리 10일에 한번 수조청소 인건비 고가(2,000위안/월)
모 삼 관 리	 10월 자연산채집 3월까지 관리 종묘생산 한달전 가온성성숙유도 전문어미해삼관리업체 	 10월 자연산채집 3월까지 관리 종묘생산 한달전 가온성성숙 유도 자체어미해삼관리
출 하 크 기	•50g 내외크기	•5g 내외 크기

표 1-3. 중국 해삼종묘생산 비교

해삼양식은 두 지역 모두 11월~12월 사이에 입식하여 1~1.5년동안 사육한다. 입식 크기는 산동지역에서는 50g 정도 크기를 입식하며, 대련지역에서는 5g 크기를 입식한 다. 생산 방법은 먹이공급은 별도 없으며, 자연해수에 의존하여 양성을 실시한다. 방류 밀도는 양식업자 경험에 의지하고 수확은 잠수부를 활용한다. 생산단지는 산동성 장도 지역에서는 연안을 따라 콘크리트구조물을 설치하여 조성하였으며, 대련 와황텐 지역 에서는 갯벌을 막아 대규모로 조성하였다. 출하크기는 두 지역 모두 150g 정도이다(표 1-4).

표 1-4. 중국 해삼양식 비교

구 분	산 동(장도)	대 련(와황텐)
생 산 시 기	•11월~12월 입식, 1년 사육 •50g 크기 입식 •수온 : 0~28 ℃	•11월~12월 입식, 1.5년 사육 •5g 크기 입식 •수온 : -2 ~ 28 ℃
생 산 방 법	•먹이공급 없음 •자연적인 해수유통 •방류밀도 : 양식업자 경험에 의지 •수확 : 잠수부	 먹이공급 없음 자연적인 해수유통 수질상황에 따라 환수 조치 방류밀도 : 양식업자 경험에 의지 수확 : 잠수부
생산단지조성	• 연안을 따라 조성	• 갯벌을 막아 대규모로 조성
출하크기	• 150g 내외크기	•150g 내외 크기

다. 일본

일본의 해삼관련 연구는 1940년대부터 해삼의 일반적인 생리생태에 관한 연구가 이 루어졌고, 1970년대에는 해삼의 채란법에 대한 연구(石田, 1979)와 인공종묘 대량생산 을 위한 유생의 초기사육시험(山本 · 渡邊, 1978) 등이 추진되었다. 최근 중국에서는 해삼 인공종묘 대량생산 기술 및 중간육성, 축제식 양식, 바다 씨뿌림 양식과 함께 복 합양식, 해삼의 가공에 관한 연구(張群采, 1998; 王如才 等, 2001; 王春生 · 張建東 · 等. 2005; 翊忠明. 2000; 翊忠明 等. 2005) 등 여러 가지 산업화 양식기술이 소개되고 있다. 인공종묘생산 기술은 정착단계에 있으며, 자원조성 및 회복을 위하여 씨뿌림양식이 주 를 이룬다. 일부 산업체에서는 순환여과방식을 이용한 시설양식에 대한 연구가 진행중 으로 있다.

라. 기타

베트남에서는 해삼의 일종으로 일명 sandfish로 알려진 Holothuria scabra의 양식과 방류를 위한 대량 종묘 생산과 양식법을 개발하고 있다. 토양으로 축조된 호지나 해저 에 설치한 가두리(pen)에 넣은 상태에서 온도 충격, 건조(emersion) 충격, 자외선으로 처리한 해수 그리고 건조시킨 식품플랑크톤 첨가에 의하여 인위적으로 산란을 유발시 키었다. 부화장에서 매우 단순한 방법을 활용하여 여러 차례 유생을 착지 단계 및 큰 크기까지 키웠다. 실내 부화장에서 만든 체장이 3 mm 이하의 어린 해삼을 야외에서 2 단계 또는 3 단계의 양육을 통하여 수 g에서 수십 g까지 키웠다. 단종양식과 홍다리얼 룩새우(*Penaeus monodon*) 및 복족류의 일종인 *Babylonia areolata* 등과의 복합양식에 대한 실험도 수행하였다. 상업적인 양식으로 발전하는 데 문제점은 구매자들이 저가로 구입 키를 원하며, 양육 및 양식을 하는 데는 대단위 면적이 필요하며, 단계별로 성장 률에 차이가 심하고, 포식의 압력, 도난으로부터 가두리의 보호와 관리의 문제점들이 있는 것으로 나타났다.

1990년대 중반까지만 하여도 해삼은 홍해의 이집트 측 연안에 매우 풍부하게 자생하 고 있었으나, 현재 해삼 개체군의 크기는 현저하게 감소되었으며, 일부 종은 거의 멸종 상태에 처하여 있는 상황에서 "Darwin Initiative" 사업의 일환으로 이집트의 Suez Canal University에서 해삼 자원의 증대와 복원의 일환으로 어린 해삼의 방류를 검토 하고 있다. 홍해 연안 서식종으로써 가장 중요한 종은 Actinopyga mauritana으로 세계 적으로 상업적인 가치가 있어 수요가 매우 높아 대량으로 어획되고 있다. 산란 방법에 대한 연구, 해부학적 및 생물학적 특성을 검토한 결과 산란기간 외 자원량을 증대시키 는데 무성생식법의 도입이 실제적인 방안으로 대두되었으나 무성생식에 의한 방안도 생성된 두 부분 조각의 생존율이 높아야 하며, 또한 양 조각이 모두 생식소를 재생할 수 있어야 한다. 만일 성공을 한다 면 최소의 경비로 부화장에서 무성생식법에 의한 대량 생산 잠재력을 가지고 있을 것으로 판단하고 있다.

마. 중국과 국내 해삼양식기술 비교

한국과 중국 기술을 비교하면 아래와 같다. 우리나라 해삼 인공종묘 생산방식은 대 부분 수십만 마리의 종묘생산을 목표로 운영되어 왔다. 먹이에 있어서도 부착기 유생 의 채묘시 먹이공급은 자연광에 의해 파판에 부착된 규조류에만 의존하는 방식으로 부 착규조류의 탈락 등 먹이공급 조절관리가 불안정하고 종묘의 고밀도 육성이 어려워 대 량생산에 한계가 있어 왔다. 최근에 들어서는 중국에서 해삼양식전문가들이 국내로 들 어와 배합사료를 이용한 인공종묘생산이 소수 이루어지고 있는 실정이다. 이와 반대로 중국의 종묘생산 방식은 조기종묘생산체제와 어미해삼관리가 전문화 되어 있고, 특히 배합사료가 완전히 개발되어 종묘생산이 안정적이다. 또한 대량양식에 있어서도 중국 의 광활한 갯벌을 이용하여 조방적인 방식의 축제식양식을 추진하고 있어 대량생산이 가능하다. 그러나 국내뿐만 아니라 중국에서도 최근에는 인력난에 힘들어하고 있다. 특 히 해삼종묘생산은 수조청소 및 기생충 선별제거 등 많은 노동력이 필요하다. 따라서 향후 양국 모두 인력을 최소화 할 수 있는 새로운 양식기술 개발이 필요하다.

구 분	중 국	국내	개선방안
종묘생산	 3월에서 시작 하여 11월 까지 : 2달 동안 가온 (석탄보일러 사용) 조기종묘생산 : 출하크기 를 증가, 원생생물 피해 저감 어미해삼관리 전문화 종묘생산 인력 대량 투입 중국에서도 일부 인력난 발생 종묘생산시 기생충 발병 으로 종묘생산 효율 저하 	 6월에서 11월까지 종묘생산 자연산 어미해삼을 이용 국내에서는 인력 확보 어려움 	 조기종묘생산 방안 연 구 필요 전문적인 어미해삼 관리 방안 연구 필요 인력절감할 수 있는 종묘생산시스템 개발
사 료	 종묘생산은 배합사료로 100% 해삼 양식 발효사료 개발 사용 : 해 삼 소화 흡수 효율 증대 	 일부 극히 배합사 료사용하나(2010년 3톤 수입) 종묘생 산단계에서는 주로 규조류 먹이 이용 	 종묘생산 안정화를 위 한 자체사료개발 중국 선진 사료제조 기술 합작 필요
중간육성	 중간육성단계는 분업화 되어 있지 않음 (장자도에서 일부 가두리 를 이용 중간육성) 종묘생산업체에서 일괄 처리 	•종묘생산 및 중간 육성 단계가 구분 되지 않음	 종묘생산 단계에서 일 체 중간육성까지 수행 할 수 있는 기술 개발
축제식 양식 및 방류	 최하 5g ~ 최대 50g 수온 -2 ~ 28 ℃, 조방 적 양식, 저밀도 사육, 환 경오염부하 적고 양식환 경 양호, 먹이공급 무 무분별 갯벌 개발 사용 : 거대한 양식단지 조성 	 중국식 축제식 양 식장을 롤모델로 받아 들이고 있으 나, 공유수면매립 등으로 난제 중국은 수온이 28 ℃로 가능하나 국 내는 32℃ 까지 상 승 양식환경 열악 새로운 해삼 양식 방법 개발 필요 	 방류 크기를 5cm 기 준에서 최소 5g으로 전환 해양수중보설치한 양식장 조성 연구 인공독살을 이용한 양식장 조성 연구

표 1-5. 중국과 국내 해삼양식 비교

제 2 장 해삼 종묘생산 기술개발

1. 어미해삼 구입 및 입식관리

가. 어미해삼 구입 및 운송

1) 구입 장소 및 수량

어미해삼은 2회 구입하여 산란에 사용하였다. 2010년 6월 4일 전라남도 진도군 해역 과 충청남도 태안군 해역에서 서식하는 자연산 해삼을 해녀를 이용한 잠수어업으로 채 집하였다. 구입 수량은 진도군 해역에서 당일 채취한 62kg, 태안군 해역은 100 kg을 구입하여 총 162kg을 구입하였다. 2010년 6월 14일은 태안군 해역에서 잠수어업으로 채집한 어미해삼 100kg을 추가로 구매하였다.

2010년 6월 4일 전라남도 진도군 해역의 채집 장소는 수심이 평균 5m 내외였으며 채집 당시의 수온은 표층수온이 17.8 - 18.2℃ 내외, 저층수온은 17.5 - 17.8℃내외였다. 어획된 해삼은 선상에 올라오는 즉시 가로 45 × 세로 60 × 높이 25cm의 직사각형 플 라스틱 통에 담아 선박에 매달아 보관하였다. 충청남도 태안군 해역의 채집 장소는 수 심이 평균 5m 내외였으며 채집 당시의 수온은 표층수온이 19.6 - 19.8℃ 내외였으며, 저층수온은 18.7 - 19.3℃내외였다. 어획된 해삼은 선상에 올라오는 즉시 양파망에 25kg 내외를 수용하여 선박내의 활어 보관용 수조에 보관하였다.

2010년 6월 14일 충청남도 태안군 해역의 채집 장소는 2010년 6월 4일과 동일 장소 였으며 채집 당시의 수온은 표층수온이 20.9 - 21.7℃ 내외였으며, 저층수온은 20.6 -21.6℃내외였다.

2) 어미해삼 운송

전라남도 진도군 해역에서 어획된 어미해삼은 20ℓ 직사각형 스티로폼 상자의 바닥에 아이스팩을 깔고, 그 위에 신문지를 10장씩을 덮어 아이스팩과 해삼이 직접적으로 접촉되지 않도록 하였다. 물기를 제거한 어미해삼은 비닐봉지에 5 - 7kg씩 수용하였고, 공기를 완전히 제거하여 밀봉한 후 연구소까지 운송시간은 2시간 50분 소요되었다.

충청남도 태안군 해역에서 어획된 어미해삼은 1차에는 1ton 활어차에 15kg 내외가 수용된 양파망을 활어수조에 수용하여 운송하였고. 2차에는 활어수조에 직접 수용하였 다. 운송 중 수온은 17℃였으며, 일정량의 에어를 공급하며 연구소까지 운송시간은 3시 간 20 내외가 소요되었다.

나. 어미해삼 사육관리

1) 어미해삼 선별

어미해삼은 구입한 자연산 해삼에서 체중 150g 이상의 개체 중 외부에 이상이 없는 건강한 개체를 선별하여 어미해삼으로 이용하였다. 총 구입한 수량은 진도산이 1회 62kg, 태안산이 2회에 200kg이었고, 체표에 상처가 없고 내장을 배출하지 않은 건강한 개체를 선별한 결과, 진도산 50kg, 태안산이 100kg으로 총 150kg을 선별하였고, 개체당 중량은 평균 210g내외, 수량은 714마리였다.

2) 어미해삼 성숙도 조사

구입한 어미해삼은 연구소에 운송하여 수조에 수용하기 직전에 진도산, 태안산을 각 각 10마리씩 무작위 추출하여 암·수의 총 체중에 대한 생식소 중량을 측정하였다.

3) 어미해삼 사육환경

어미해삼은 가로5 × 세로5 × 높이2.3m(유효수량 45ton)의 정사각형 수조에 여과해수 를 채우고 50kg씩 3개 수조에 수용하였다. 여과해수는 30µm까지 여과할 수 있는 자동 여과기를 통과한 해수를 10µm 여과능력의 필터백을 이용하여 2차 여과시켰고, 배합사 료가 급이되기 전까지 매일 20%를 환수하였고, 배합사료가 급이되는 시점부터 바닥을 청소한 후 만수위를 채워 관리하였다. 사육기간 동안 수온은 자동온도조절기를 부착한 히터(3kw)를 이용하여 20.0±0.5℃를 유지하였고 염분은 31.8 - 32.2‰이었다. 에어공급 은 각 수조에 16개의 에어스톤을 설치하여 DO 7.2 - 8.1을 유지하였다.

4) 어미해삼 배합사료 급이

1차 구입한 어미해삼은 2010년 6월 4일부터 2010년 6월 6일까지 3일간 배합사료를 급이하지 않았고, 2010년 6월 7일부터 6월 13일까지 7일간 배합사료를 급이하였으며 6 월 14일부터 채란일인 6월 19일까지는 내장을 비우기 위해 배합사료를 급이하지 않았 다. 급이기간 중 배합사료는 1회/일 총 체중 150kg에 대한 1.5 - 3%를 급이 하였으며, 사료의 잔여 유무에 따라 급이량을 증감하였다. 2차 구입한 어미해삼은 2010년 6월 14 일 구입일부터 채란일인 2010년 6월 19일까지 배합사료를 급이하지 않았다.

배합사료 제조는 해삼 전용 배합사료(배합사료, 제조사 교룡), 서미조(지층이 분말), 활성흙(펄 분말) 및 첨가제로는 복합비타민, 효모다당, 면역다당, 스피루리나를 정량 배 합하여 물에 녹여 희석한 후 일정량의 모래를 혼합하여 매일 16시에 급이 하였다. 배 합사료 급이량은 어미해삼 총 체중의 1.5 - 3%를 섭이량을 감안하여 유동적으로 조정 하였다.



해삼 어획

선상 보관



아이스팩 포장

그림 2-1. 진도산 어미해삼 구입





수조 수용

어미해삼

그림 2-2. 태안산 어미해삼 구입



어미해삼 해부



난소 두께 측정



성숙한 암컷

성숙한 수컷

그림 2-3. 어미해삼 성숙도 조사



어미해삼 배합사료 제조

배합사료 급이



사육수조

매일 1회 수조 청소

그림 2-4. 어미해삼 사육관리
다. 결과 및 고찰

1차 구입한 어미해삼의 평균체중은 진도산이 267.6g, 태안산이 201.5g으로 진도산이 태안산에 비해 큰 것으로 나타났다. 성숙도의 경우 진도산이 1.54%, 태안산이 3.16%로 태안산이 높게 나타났다. 진도산, 태안산은 내장을 체외로 배출하여 내장 및 생식소가 전혀 보이지 않는 개체가 각각 1마리, 내장은 있으나 생식소가 미성숙하여 구분이 안 되는 개체가 진도산은 3마리, 태안산은 2마리로 나타났다(표 2-1).

	진도산				태안산			
十 七	체중 (g)	성별	생식소 중량(g)	GSI(%)	체중 (g)	성별	생식소 중량(g)	GSI(%)
1	383.8	Ŷ	10.9	2.84	255.0	4	16.6	6.50
2	107.8	4	1.3	1.2	279.0	-	미성숙	_
3	300.6	Ŷ	5.3	1.76	320.8	4	30.7	9.56
4	333.5	_	토장	_	178.5	4	13.2	7.39
5	306.2	_	미성숙	_	251.9	¢	11.9	4.72
6	440.9	Ŷ	12.2	2.76	194.0	4	1.1	0.56
7	260.9	Ŷ	6.3	2.41	112.9	_	미성숙	_
8	144.5	Ŷ	6.38	4.41	120.7	_	토장	-
9	256.9	-	미성숙	_	159.0	4	2.5	1.57
10	140.5	_	미성숙	_	143.5	4	1.8	1.25
총계	2,675.6			15.38	2,015.5			31.55
평균	267.6			1.54	201.5			3.16

표 2-1. 어미해삼 산지별 성숙도(2010. 6. 4)

2차 구입한 태안산 어미해삼의 평균체중은 225.3g으로 1차 구입한 태안산에 비해 큰 것으로 나타났다. 성숙도의 경우 1차 구입한 어미해삼의 성숙도가 3.16%인 것에 비해 5.30%로 높게 나타났다. 내장을 체외로 배출하여 내장 및 생식소가 전혀 보이지 않는 개체가 1마리, 내장은 있으나 생식소가 미성숙하여 외형상 구분하지 못하는 개체가 3 마리로 나타났다(표 2-2).

	태안산					
구분	체중 (g)	성별	생식소중량(g)	GSI(%)		
1	263.0	♦	13.7	5.20		
2	317.1	4	26.1	8.23		
3	206.3	Ŷ	18.6	9.01		
4	137.7	_	미성숙	_		
5	148.4	_	미성숙	_		
6	275.0	_	토장	_		
7	237.1	₿	14.7	6.19		
8	255.0	₿	26.4	10.03		
9	135.6	_	미성숙	_		
10	277.3	Ŷ	32.3	11.64		
총계	2,252.5			50.30		
평균	225.3			5.30		

표 2-2. 어미해삼 성숙도 조사 결과(2010. 6. 14)

우리나라의 경우 해삼 종묘생산을 위한 어미해삼은 대부분 성숙이 임박한 산란시기 에 구입하여 사용하고 있다. 그러나 어획과 보관 및 운송과정에서 발생하는 스트레스 는 생식소와 내장을 체외로 배출하는 경우가 발생한다. 따라서 어미해삼을 구입하여 채란을 시도해도 건강한 수정란을 생산하지 못하거나 채란 자체가 불가능한 경우가 발 생하여 어미해삼 구입비에 많은 자본을 투자하는 경우가 발생하기도 한다. 본 연구과 제를 수행하기 위해 어획장소까지 직접 승선하여 어획된 해삼을 안정적으로 관리한 상 태에서 연구소까지 운송하여도 내장과 생식소를 배출하는 개체가 발생하였다. 또한 구 입한 후 대부분 수컷인 경우 산란량이 적어 실패하는 경우도 있기 때문에 구입시 암· 수의 비율을 조사하여 이와 같은 현상이 발생하지 않도록 조치해야 한다.

중국의 경우 지역에 따라 어미해삼을 11월 또는 2월 중에 육상에서 배합사료를 급이 하며 가온 사육하여 어미로 활용하고 있어 우리나라보다 3개월 빠른 3월경부터 안정적 인 조기 종묘생산을 통해 11월에는 5g의 해삼종묘를 생산할 수 있는 기반을 마련하고 있다. 따라서 우리나라도 안정적으로 조기 종묘생산을 위해 어미해삼의 사육관리 기술 은 조속히 확보할 필요가 있다.

표 2-3. 채란 및 유생기 일자별 관리상황

일 자	관리상황	비고
	○ 태안산 어미해삼 100kg 구입	
6월 14일	○ 수조에 수용 후 수온 20℃ 관리	
	○ 어미해삼 절식	
6월 17일	○ 차염소산나트륨을 이용하여 채란 수조 소독	
	○ 어미해삼 채란 수조에 327마리, 50kg 수용	
	- 수조규격 : 가로5×세로5×높이2.5m(유효수량 45ton)	
	○ 산란자극 유도	
6월 19일	- 13:00 간출자극	
	- 13:40 표면자극	
	- 14:30 수온자극(22 → 25℃, 3℃ 상승)	
	- 21:30 산란 시작	
	○ 03:30 산란 종료(30마리 내외로 추정)	
6.2) 20.0	- 어미해삼 제거	분조 후
0월 20월	- 사이펀을 이용하여 2개 수조로 분조	증 수
	- 1시간 간격으로 뜸틀을 이용하여 난을 부상	
	○ 부화 완료	
	○ 2종 농축 먹이생물 급이(수정후 약 40시간)	
C (2) 91 (2)	- 각모조, 염조, 1회/일 15:00	분조 후
0 년 21 일	○ 급이 상태 확인 ⇒ 위장 만복 관찰	증 수
	○ 사이펀을 이용하여 3개 수조로 분조	
	- 유생 사육밀도 0.5마리/ml	
	○ 2종 농축 먹이생물 급이	
േളി റാറ്	- 각모조, 홍효모, 1회/일 15:00	분조 후
0 년 22 원	○ 사이펀을 이용하여 4개 수조로 분조	증 수
	- 유생 사육밀도 0.3마리/ml	
	○ 2종 농축 먹이생물 급이	
6월 930	- 각모조, 홍효모, 2회/일 15:00	분조 후
0펄 23될	○ 사이펀을 이용하여 6개 수조로 분조	중 수
	- 유생 사육밀도 0.2마리/ml	
	○ 3종 농축 먹이생물 급이	
6원 940	- 각모조, 홍효모, 염조, 2회/일 15:00	분조 후
0 년 24 월	○ 사이펀을 이용하여 8개 수조로 분조	증 수
	- 유생 사육밀도 0.15마리/ml	

표 2-3. 계속

일 자	관리상황	비고
6월 25일	 ○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 2회/일 15:00 ○ 사이펀을 이용하여 12개 수조로 분조 - 유생 사육밀도 0.1마리/ml 	분조 후 중 수
6월 26일	○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 2회/일 15:00	무환수
6월 26일	○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 2회/일 15:00	무환수
6월 27일	○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 2회/일 15:00	50%환수
6월 28일	○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 3회/일 15:00	50%환수
6월 30일	 각 수조에 파판 및 채묘망 투여 - 파판 9,288장, 채묘망 17,238장 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 3회/일 15:00 	50%환수
7월 1일	○ 펜타큘라 유생으로 착저 시작, 착저율 40% ○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 3회/일 15:00	50%환수
7월 2일	○ 펜타큘라 유생 착저율(80%) ○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 3회/일 15:00	50%환수
7월 3일	 ○ 펜타큘라 유생 착저율(100%) ○ 3종 농축 먹이생물 급이 - 각모조, 홍효모, 염조, 3회/일 15:00 	50%환수

2. 어미해삼 산란유도 및 수정란 생산

가. 산란유도 관리

1) 어미해삼 선정

수정란 생산을 위한 어미해삼은 생식소 중량지수가 높았던 2010년 6월 14일 2차로 구입한 태안산 100kg 중에 표면이 매끄럽고 상처가 없으며, 돌기가 크고 가지런하게 배치된 체중이 150g 이상인 개체 327마리(총 체중 50kg)을 사용하였다. 산란유도는 일 자는 6.19일 13:00부터 간출자극, 표면자극, 수온자극 순서로 유도하였다.

2) 어미해삼 입식환경

산란을 위한 어미해삼은 가로5 × 세로5 × 높이2.5m(유효수량 45ton)의 정사각형 수 조에 에어공급을 위해 에어스톤을 16개 설치하였고, DO는 7.5 - 8.3ppm, 수온은 22±0.3℃을 유지하였다.

3) 채란수조 소독

어미해삼을 수용할 수조는 차아염소산나트륨(유효염소 5%, NaClO)을 100배 희석하 여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독하였고, 담수를 이용하여 충분히 세척하여 차아염 소산나트륨이 잔류하여 나타나는 독성을 제거하였다.

나. 산란자극

1) 간출자극

어미해삼은 사육수조의 해수를 전량 배수하여 13:00분부터 13:40분까지 40분간 상온 에 노출하였다.

2) 표면자극

상온에 40분간 노출된 어미해삼을 1/3HP 수중양수기에서 나오는 수압을 이용하여 20분간 어미해삼의 표면에 살포하였다.

3) 수온자극

표면자극이 완료된 후 14:00분부터 최종 입식수온인 22±0.3℃보다 3℃ 높은 25±0.3℃ 의 해수를(유효수량 45ton) 채웠고, 자동온도조절기가 부착된 3kw 히터봉을 이용하여 산란이 종료되는 시점까지 유지시켰다. 수조가 만수위 되는 시점은 14:30분이었다.

4) 정자현탁액 살포

어미해삼이 수용된 수조에 만수위가 채워진 후 17:30분에 총 체중에 대한 생식소 중량이 8% 이상으로 육안으로 충분히 성숙한 수컷의 정소를 5마리에서 추출하여 80µm 뮬러가제에 담아 짜내어 여과해수 10ℓ에 희석한 정자현탁액을 제조하여 어미해삼이 수용된 수조에 살포하였다.

다. 산란 후 관리

1) 어미해삼 제거

2010년 6월 19일 21:30분 수컷 5마리가 방란을 시작하였고 사육수가 유백색으로 변 하는 시점부터 수면근처 벽면에서 방정하는 수컷은 제거하였다.

어미해삼의 방란·방정이 완료된 2010년 6월 20일 03:30분에 수조내의 어미해삼을 쪽대(망목크기 10mm)를 이용하여 전량 수거하여 별도의 수조에 수용하였다.

라. 수정란의 부화 및 발생

1) 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사

어미해삼의 방란·방정이 완료된 2010년 6월 20일 03:30분에 수조내의 해삼을 전량 수거한 후 평판 PVC재질로 제작한 가로50cm×세로25cm의 뜸판을 이용해 수조 저면에 서 수정란을 부상시킨 후 10㎡ 피펫을 이용하여 수정란을 계수하여 총 입식수량 45ton 에 대한 개체수를 산정하였다. 수정율은 만능투영기(NICON, V-12B)를 이용하여 100개 체의 수정란을 검정하여 정상적으로 분열하는 개체를 계수하였다. 부화율은 부화가 완 료된 2010년 6월21일 10㎡ 피펫을 이용하여 부화개체를 계수하여 총 입식수량 45ton에 대한 수정율 대비 부화율을 산정하였다.

2) 수정란 관리

수정란이 수용된 수조에는 에어를 공급하지 않고 부화 완료 시점까지 1시간 간격으 로 뜸판을 이용해 수정란을 부상시켜주었다. 수정란부터 부화시까지 사육수 수온은 24.6 - 25.1℃, 염분은 31.9‰, DO는 7.3 - 8.1ppm이었고, 입식실 내부조도는 530 -1250lux였다. 수정 후 난 발생 과정은 만능투영기(NICON, V-12B)로 관찰하였다.



간출자극 40분

표면자극 20분



수온상승 22 → 25℃



정자현탁액 제조를 위한 정소 추출



정자 현탁액 살포

뮬러가제를 이용한 정액 추출

그림 2-5. 태안산 어미해삼 구입



수컷의 방정

암컷의 방란



어미해삼 제거

그림 2-6. 방란·방정 및 수정란 관리작업

마. 결과 및 고찰

1) 산 란

산란유도를 위한 간출자극, 표면자극, 수온자극 후 21:30부터 방정을 시작하였고, 방 정이 시작된 시점부터 43분 후에 방란이 시작되었다. 방란, 방정은 다음날 03:30분까지 지속되었다.

방란, 방정은 두부의 생식공를 통하여 이루어졌으며, 방란·방정 직전의 어미해삼은 수조 벽면 상층부에서 두부를 좌, 우로 흔들었다. 한번 산란시 방란·방정 시간은 4 -6초간 1 - 5번 진행되었고, 2-15분 주기로 이와 같은 방란·방정 행동을 반복하였다. 암컷에서 생식공을 통해 배출된 난은 담황색의 한줄기 선으로 되며 수류의 흐름을 따 라 흘러가다 천천히 수면 아래로 가라앉았다. 수컷에서 배출된 정액은 유백색으로 연 기가 흩어지듯이 수중에서 흩어져 수조내부의 해수를 혼탁하게 하였다.

2) 수정율 및 부화율

성숙된 난자는 구형이며 직경이 126 - 175µm였고, 외피막의 두께는 약 13 - 18µm였 다. 수정 후 주위로부터 한 층의 수정막이 모이고 수정란과 난 세포사이에 일정한 간 격이 형성되었다. 수정 후 10분경에 난의 동물극에서 첫 극체가 형성되고, 20분부터 두 번째 극체가 형성되는 것을 볼 수 있었다.

분열된 배체는 매우 정연하고 규칙적이며, 수온 25℃에서 44분부터 제1차 분열(2세 포기)이 시작되었다. 제2차 분열(4세포기)은 48분부터 시작되었고 제3차분열(8세포기)는 64분부터 시작되었다. 제4차분열(16세포기)는 96분부터 시작되었고, 포배기는 9시간 45 분부터 시작되었으며, 수정난 내부의 배낭이 회전하는 시점은 12시간 42분부터 시작되 었다. 낭배기는 수정 후 20시간 18분부터 시작되었고 아우리쿨라리아로 변태하는 시점 은 수정 후 22시간 8분부터였다. 수정란수량 및 수정률, 부화율은 표 2-4에 나타낸 바 와 같다.

표 2-4. 수정란 수량 및 수정율, 부화율 조사

일 자	수정란(만마리)	수정률(%)	부화율(%)	비고	
2010. 6. 20	8,100	98	93.8		
※ 수정란 100개체 중 98개체 정상 발생					
※ 수정란 8,100만마리 중 7,600만마리 부화					

3) 난 발생

해삼의 수정란의 난 발생과정은 표 2-5에 나타내었다. 수온 24℃에서 수정 후 44분 만에 2세포기로 변화하였고, 58분부터 대부분의 난들이 4세포기가 되었으며 수정 후 1 시간 25분이 경과한 시점에서 8세포기로 변화하였으며, 2시간 7분에 16세포기, 9시간 45분에 포배기로 변화하였고 아우리쿨라리아로 변태하기 전단계인 낭배기는 20신 18분 에 변화하였다. 난 발생과정에서는 수조내에 에어 공급을 중단하고 1시간 간격으로 저 면에 가라앉은 수정란을 부상시켜 주었다. 수정란이 발생하는 수조가 수심이 낮은 경 우에는 난이 가라앉는 시간이 빠르기 때문에 수정란을 부상시키는 작업은 자주 수행하 여 원활하게 산소공급이 될 수 있도록 해야한다. 특히 에어스톤을 사용하여 산소를 공 급하는 경우에는 난이 가라앉는 속도를 높이고 에어스톤 주위에 난이 집중적으로 모이 므로 낭배기로 변태하는 시기까지는 에어스톤의 가동을 중단하는 것이 좋다고 사료된 다.

발생단계	수정 후 소요시간	비고		
수정란	0			
2 세포기	44분			
4 세포기	58분			
8 세포기	1시간 25분			
16 세포기	2시간 7분			
포배기	9시간 45분			
낭배기	20시간 18분			
아우리쿨라리아	22시간 8분			
※ 수정란 내부의 배낭이 회전하는 시간은 수정 후 12시간 42분				

표 2-5. 해삼의 난 발생 단계별 소요시간

3. 부유유생 사육관리

가. 사육관리

1) 사육환경

수정란에서 변태하여 부유유생이 시작되는 2010. 6. 20일 아우리쿨라리아에서 착저 유생기인 2010. 6. 30일 후기 돌라울라리아가 출현한 10일 동안 사육수온, DO 및 염분 의 측정은 수질측정기(YSI, 556MPS)로 매일 오전 9시에 조사하였다. 사육수는 30,4m 섬유여과기를 통과한 여과해수를 10,4m 필터백을 이용하여 2번 여과한 해수를 사용하였 다. 사육수 환수는 부유유생 밀도 조정을 위해 수조를 분조한 경우에는 분조 후 증수 하여 만수위를 채워 일일 50%의 환수량을 유지하여 주었고, 분조가 없는 경우에는 뮬 러가제 150,4m를 이용하여 가로1m × 세로1m × 높이1.3m로 제작한 환수틀을 이용하여 총 사육수량의 50%를 배수하고 만수위를 채우는 방법으로 환수하였다. 환수하는 시간 은 먹이생물 급이 후 5시간이 경과한 시점에서 환수를 시작하였다. 환수들을 이용하여 환수하는 경우에는 환수틀 망목에 부착되는 유생을 떨어뜨려 주기 위해 환수틀 안쪽에 서 사육수를 수시로 뿌려주었다. 사육수의 산소공급은 각 수조에 직경 3cm, 길이 10cm 의 에어스톤 16개를 설치하여 공기방울이 약하게 분산되도록 조정하여 공급하였다. 사 육기간 동안의 사육실 내부 조도는 530 - 12501x로 유지하였다.

2) 부유유생 사육수조 소독

부유유생을 분조할 수조는 차아염소산나트륨(유효염소 5%, NaClO)을 100배 희석하 여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독하였고, 담수를 이용하여 충분히 세척하여 차아염 소산나트륨이 잔류하여 나타나는 독성을 제거하였다.

나. 부유유생 사육밀도 조정

1) 사육수조 분조

부유유생 기간동안 가로5 × 세로5 × 높이2.3m(유효수량 45ton)의 정사각형 수조를 이용하였다. 수정란을 수용한 1개 수조에서 아우리쿨라리아로 변태한 유생은 7,200만마 리로 10ml 피펫으로 8마리가 관찰되었다. 착저기에 임박한 중기 돌리울라리아가 70%, 후기 돌리울라리아가 30% 시기까지 12개 수조로 분조하여 0.08마리/ml의 밀도로 사육 수조를 분조하였다(표2-6). 부유유생의 밀도는 10ml 피펫을 이용하여 계수하였다. 분조 에 사용한 호스는 직경 50mm 투명호스를 이용하였고, 분조할 수조에 미리 15cm 내외 의 사육수를 받아 사이펀시 유생이 입을 수 있는 피해를 최소화 하였다.

다. 먹이생물 급이

1) 먹이생물 급이

아우리쿨라리아부터 초기 펜타큘라 유생까지 11일간 중국에서 수입한 1ℓ 용량의 농 축 먹이생물 3종(홍효모 100억cell/ml, 각모조 1억cell/ml, 염조 5,000만cell/ml, 제조사 익 삼보)을 급이하였다. 냉동된 농축 먹이생물은 흐르는 해수에 용기를 담가서 해동한 후 20ℓ들이 플라스틱 용기에 여과해수 15ℓ를 담고 회석하여 50µm 뮬러가제로 고형물을 제거한 후 급이할 수조갯수에 동일하게 분배하여 여과해수를 채운 후 1ℓ 플라스틱 바 가지를 이용하여 수면에 고르게 살포하여 급이하였다. 일일 급이량은 1 - 3회까지 수 색을 보며 급이량을 조정하였다. 11일간의 먹이생물 급이량은 표 2-7에 나타낸 바와 같다.

라. 성장률 및 생존율 조사

1) 성장률 조사

부유유생기인 아우리쿨라리아부터 부착기 유생인 초기 펜타큘라까지 단계별로 10마 리씩 무작위로 추출하였고, 만능투영기(NICON, V-12B)를 이용하여 전장을 측정였다.

2) 생존율 조사

부유유생기인 아우리쿨라리아부터 부착기 유생인 초기 펜타큘라까지 단계별로 10ml 피펫을 이용하여 각 수조당 5 - 6개소를 관찰하여 평균치로 나타내었다.



중기 아우리쿨라리아



초기 아우리쿨라리아



후기 돌리올라리아



후기 아우리쿨라리아

그림 2-7. 해삼 부유유생기 발달 단계



농축 먹이생물 해동



초기 농축 먹이생물 3종



먹이생물 분배



먹이생물 배합

그림 2-8. 농축먹이생물 급이 과정



삼각뿔형 환수를 외부



정사각형 환수를 내부



정사각형 환수를 외부

그림 2-9. 사육수 환수틀 구조

일 자 (2010년)	발생단계	사육밀도(마리/ml)	사육수조(45ton)	비고	
6. 19		1.80	1개	_	
6. 20	-	0.80	2개	50% 증수	
6. 21	-	0.50	374	40% 증수	
6. 22		0.30	4개	30% 증수	
6. 23	아우리쿡라리아	0.20	6개	40% 증수	
6. 24	1 1 1 2 1 1 1	0.15	8개	20% 증수	
6. 25		0.10	12개	40% 증수	
6. 26		0.10	12개	_	
6. 27		0.10	12개	-	
6. 28		0.10	12개	50% 환수	
6. 29	도리오라리아	0.08	12개	50% 증수	
6. 30	코너코너너아	0.08	12개	50% 환수	
7.1	메티크리	0.04	12개	50% 환수	
7.2	친다표다	0.01	12개		
※ 7. 1부터 2일까지 2일동안 착저 유생으로 인해 부유유생 밀도 급감됨					

표 2-6. 부유유생 성장 단계별 밀도 조정

丑	2-7.	해삼	유생	성장	단계별	먹이생물	급이량	
---	------	----	----	----	-----	------	-----	--

일 자 (2010년)	발생단계	유생수량 (만마리)	사육수조 (45ton)	총 급이량 (ℓ/일)	급이횟수 (회/일)		
6. 19	수정란	8,100	_	_	_		
6. 20		7,200	2개 수조	_	_		
6. 21		6,750	3개 수조	각모조 6.0 홍효모 1.2	1		
6. 22		5,400	4개 수조	각모조 8.0 홍효모 0.8	1		
6. 23		5,400	6개 수조	각모조 12.0 홍효모 2.0	2		
6. 24	아우리쿨라리아	5,400	8개 수조	각모조 16.0 홍효모 4.8 염 조 6.0	2		
6. 25	-		12개 수조	각모조 16.0 홍효모 6.0 염 조 8.0	2		
6. 26		5 400	12개 수조	각모조 16.0 홍효모 6.0 염 조 9.0	2		
6. 27	-	5,400	12개 수조	각모조 20.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	2		
6. 28			12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3		
6. 29		1.000	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3		
6. 30	· 돌리올라리아	4,320	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3		
7.1	쾨티크기	4,100	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3		
7. 2	1 벤다팔다	4,100	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3		
※ 7.1일	 ※ 7. 1일 채묘율 40%, 2일 채묘율 80%로 부유유생의 밀도가 급감됨 						

마. 결과 및 고찰

부유유생기인 아우리쿨라리아에서 착저유생인 펜타큘라까지는 12일이 소요되었다. 아우리쿨라리아 유생은 총 9일이 소요되었으며 초기 아우리쿨라리아는 수정란에서 변 태 후 2일, 중기는 6일, 후기는 9일이 소요되었다. 돌리울라리아는 후기 아우리쿨라리 아에서 1일만에 변태하였고, 착저기에 들어가는 펜타큘라는 돌리올라리아에서 2일만에 변태하여 착저에 들어갔다. 펜타큘라에서 2일만에 5개의 촉수를 가진 어린해삼으로 변 태하였다(표 2-8).

부유유생 단계	소요일자	비고		
초기 아우리쿨라리아	1 - 2일			
중기 아우리쿨라리아	5 - 6일			
후기 아우리쿨라리아	9일			
돌리울라리아	10일			
펜타큘라	11 - 12일			
어린해삼	12 - 13일			
※ 수정란 내부의 배낭이 회전하는 시간은 수정 후 12시간 42분				

표 2-8. 해삼의 유생 단계별 소요일자

해삼의 부유유생 및 착저기 유생기간동안의 수온 및 염분변화는 그림 2-10과 나타낸 바와 같다.

사육수온은 산란자극을 위해 25.1℃까지 높였던 수온을 점차 낮추어 2010년 7월 25일 부터는 22.3 - 22.7℃를 유지하였다. 이는 후기 돌리올라리아가 정상적으로 착저하는 비율이 높은 수온으로 중국에서는 이 시기의 사육온도를 22℃ 내외로 유지하고 있다. 우리나라의 경우 해삼 유생시기때에 수온은 20℃ 미만이 적수온으로 기록된 자료가 있 으나 중국의 경우 적수온은 22℃ 내외로 유지하고 있으며 본 실험에서도 안정적으로 착저기를 거쳐 어린해삼으로 변태하였다. 따라서, 사육수온을 22℃로 유지할 경우 10일 전후로 착저에 들어가야 정상이며 13일 이후에도 착저하지 않는 경우에는 어린해삼의 기형발생과 생존율에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

염분은 31.4 - 31.7ppm 범위로 해삼 유생이 성장할 수 있는 적정염분 범위를 벗어나 지 않았다.

돌리올라리아기부터 펜타큘라까지 사육기간중의 유생 성장률과 생존율은 그림 2-11 에 나타낸 바와 같다. 초기 아우리쿨라리아는 전장이 420µm 내외였으며 후기에는 750 µm까지 성장하였다. 이후 돌리올라리아 시기에는 전장이 급격히 줄어들어 350µm를 나 타내었다. 유생시기의 생존율은 초기 아우리쿨라리아 시기에는 7,200만마리에서 착저기 유생인 후기 돌리올라리아 시기에는 4,100만마리로 57%의 생존률을 나타내었다.





그림 2-11. 해삼 부유유생기의 성장 및 생존율

4. 착저유생 사육관리

가. 사육환경

착저기 유생인 후기 돌리올라리아와 착저가 완료된 후기 펜타큘라 유생기간 동안 사 육수 환수는 파판이 투여된 수조는 뮬러가제 200µm를 이용하여 가로1m × 세로1m × 높이1.3m로 제작한 환수틀을 이용하였고, 채묘망이 투여된 수조에는 한변이 50cm, 높 이 100cm로 제작한 삼각뿔 형태의 환수틀을 이용하여 10µm까지 여과한 자연해수를 매 일 50%를 배수하고 만수위를 채우는 방법으로 환수하였다. 사육수의 산소공급은 각 수 조에 직경 3cm, 길이 10cm의 에어스톤 16개를 설치하여 공기방울이 약하게 분산되도 록 조정하여 공급하였다. 사육기간 동안 수온은 22.1 - 22.3℃, DO는 7.3 - 7.9ppm을 유지하였고, 사육실 내부 조도는 600lux 미만을 유지하였다.

나. 배합사료 급이

후기 돌리올라리아에서 초기 펜타큘라까지는 부유하는 개체와 착저하는 개체가 동시 에 발생하기 때문에 중국에서 제조한 농축 먹이생물 3종과 유삼기 배합사료(유삼배합 사료, 제조사 교룡)를 각각 급이하였다. 배합사료 제조는 배합사료, 서미조(지층이 분 말), 활성흙(펄 분말)은 담수 또는 여과해수에 희석하여 끓인 후 상온에 식혔다. 기타 첨가제로는 복합비타민, 효모다당, 면역다당, 스피루리나를 정량 배합하여 물에 녹여 3 종의 끓인 배합사료가 식은 후 같이 첨가하여 두었다가 15시에 각각 정량을 분배하여 급이하였다. 배합사료 급이량은 파판 및 채묘망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1ton당 일일 3 - 10g을 유동적으로 급이하였다.

다. 채묘기질

부유유생기를 거쳐 착저기에 들어가는 후기 돌리울라리아가 출현한 2010년 6월 30일 총 12개 수조 중 6개 수조는 각 수조당 염화비닐 골파판(가로 50cm × 세로 30cm) 18 장이 한 세트로 구성된 홀터 86세트를 수평으로 투입하여 총 516세트 9,288장이 채묘 에 이용되었고, 6개수 수조는 각 수조당 채묘망(가로 30cm × 세로 30cm, 망목사이즈 220µm) 13장이 한 세트로 구성된 채묘틀 221세트를 수조 상단의 고정된 로프에 수평으 로 메달아 총 1,326세트 17,238장이 채묘에 이용되었다.

라. 채묘율 조사

채묘율은 착저기 전단계의 유생인 2010년 6월 30일 후기 돌리올라리아 4,320만마리

를 100%로 산정하고 2010년 7월 1일부터 착저가 완료되는 2010년 7월 3일까지 매일 15시에 부유유생을 계수하여 역산으로 착저한 유생을 조사하였다.



해삼 전용 채묘망



펜타큘라 유생이 착저한 파판



해삼 전용 파판 및 홀더

그림 2-12. 착저유생 채묘 기질



어린해삼(2010.7.6)



어린해삼(2010.7.9)



...MIC-D\Lib\Def

어린해삼(2010.7.7)



어린해삼(2010.7.13)



어린해삼(2010.7.10)

그림 2-13. 어린해삼 성장 과정

MIC-D 640x480



어린해삼(2010. 7. 15)



어린해삼(2010. 7. 19)

그림 2-14. 어린해삼 성장 과정

마. 결과 및 고찰

후기 돌리올라리아는 3일동안 전량 부착기질에 착저하였다. 2010년 6월 30일 부착기 질인 파판과 채묘망을 투여한 결과 7월 3일에는 부유하는 개체를 볼 수 없었다. 일자 별 채묘율은 표 2-9에 나타낸 바와 같이 2010년 7월 1일 40%, 7월2일 80%, 7월 3일 100%가 착저하였다. 부유유생기의 먹이생물 급이량이 부족하거나 적정수온이 유지되지 못하는 등 사육환경이 적절하지 못할 경우에는 부유유생이 착저하지 못하고 장시간 부 유하는 경우가 발생한다. 따라서 양질의 먹이생물을 부족하지 않도록 충분히 급이하고, 사육수 환수를 통해 깨끗한 사육환경을 조성하고 급격한 수온변동이 없도록 관리해야 한다.

일 자 (2010년)	채묘율	착저 유생수 (만마리)	착저밀도 (마리/장)	비고	
7.1	40%	1,720	_		
7. 2	80%	3,456	_		
7. 3	100%	4,100	파 판 : 2,000 채묘망 : 1,300	과 판 : 9,288장 채묘망 : 17,238장	
※ 2010년 6월 30일 후기 돌리올라리아 유생 4,320만마리를 100%로 산정					

표 2-9. 일별 채묘율

어린해삼의 기준은 펜타큘라 유생에서 5개의 촉수를 가지는 시점으로 보며 일반적으 로 착저기부터 사육수온과 먹이생물의 공급량 등 다양한 환경조건에 따라 15 - 25일 정도 소요되는 것으로 기존 연구에서 보고되고 있다. 본 실험기간동안 수온 22℃ 내외 에서 2010년 7월 2일에 착저를 완료하였고, 7월 6일 5개의 촉수를 가진 어린해삼으로 성장하였으며 외관상 어미해삼과 비슷한 형태를 갖춘 모습으로 성장하는 시점은 7월 19일로 착저 후 17일이 소요되었다.

5. 어린해삼 사육관리

가. 사육환경

1) 수온, DO, 염분

어린해삼 사육기간 동안 수조의 수온과 염분을 매주 수요일 조사하였다. 사육수 DO 는 사육기간 동안 6.3 - 7.8ppm을 유지하여주었다

2) 환수관리

어린해삼으로 변태하는 2010년 7월 2일부터 배합사료를 급이하는 16시 이전인 매일 8시부터 15시까지 유수식으로 사육수량의 100%를 환수하였다. 그러나, 요각류 또는 세 균성 질병에 의한 약욕처리시에는 환수량을 200% 이상으로 증수하였다. 사육수는 30µm 섬유여과기를 통과한 여과해수를 10µm 필터백을 이용하여 2번 여과한 해수를 사용하였 다.

3) 부착기질 조정

어린해삼의 착저기 부착기질로 파판과 채묘망을 사용하여 성장률을 비교한 결과 전 장 1cm 내외까지는 파판이 우수하였으나 이후로는 채묘망이 성장이 높아 2010년 10월 30일 선별 후에 부착기질을 전체 채묘망으로 교체하였다.

나. 배합사료 급이

1) 배합사료 제조 및 급이량

배합사료 제조는 부착 유생기에 급이한 방법과 동일게 제조하였다. 다만, 유삼기 전 용 배합사료에서 치삼기 전용 배합사료로 전환하여 배합하였다. 치삼기 전용 배합사료 (치삼 배합사료, 제조사 교룡), 서미조(지층이 분말), 활성홁(펄 분말)은 담수 또는 여과 해수에 희석하여 끓인 후 상온에 식혔다. 기타 첨가제로는 복합비타민, 효모다당, 면역 다당, 스피루리나를 정량 배합하여 물에 녹여 3종의 끓인 배합사료가 식은 후 같이 첨 가하여 두었다가 매일 16시에 각각 정량을 분배하여 급이 하였다. 배합사료 급이량은 전장 1cm 내외까지는 파판 및 채묘망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1ton당 일일 3 - 10g을 유동적으로 급이하였다. 1cm 이상부터는 어린해삼의 총 체중과 수온을 감안하여 3 - 10kg을 유동적으로 조정해가며 급이 하였다.

다. 사육수조 및 부착기질 소독

1) 사육수조 소독

어린해삼을 수용할 수조는 차아염소산나트륨(유효염소 5%, NaClO)을 100배 희석하 여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독하거나, 이산화염소제제(Chroline Dioxide, ClO2 3%)를 소량의 해수에 희석하여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독한 후 담수를 이용하 여 충분히 세척하여 소독제에 의한 잔류독성을 제거하였다.

2) 부착기질 소독

처음 사용하는 파판과 홀더 및 채묘망은 제품생산에서 부착하는 기름성분을 제거하 기 위하여 <u>담수를</u> 채운 수조에 수산화나트륨(NaOH, 98%)을 500ppm 농도로 녹여 24시 간 침지한 후 <u>담수를</u> 이용하여 충분히 세척하여 사용하였다. 이후 파판 및 채묘망은 담수를 이용하여 충분히 세척한 후 재사용하였다.

라. 선별 및 분조

1) 선별

어린해삼 선별은 최하 전장이 1cm 내외인 시점에서 시작하였다. 파판에 부착된 어린 해삼은 직경 2m FRP 원형수조에 파판을 수용하고 1/3hP 수중양수기에서 나오는 압력 을 이용하여 파판을 세척하듯 박리시켰고, 바닥 또는 벽면에 남아 있는 어린해삼은 배 수구를 통해 나오는 어린해삼을 279µm 뮬러가제로 제작한 채집망을 통해 수거하였다. 채묘망에 부착한 어린해삼은 수조가 만수위된 상태에서 채묘망을 좌우로 흔들어 어린 해삼을 박리시키고 사이펀을 이용해 사육수를 배수한 후 배수구를 통해 나오는 어린해 삼을 279µm 뮬러가제로 제작한 채집망을 통해 수거하였다. 어린해삼의 선별은 성장함 에 따라 망목의 크기가 0.7mm, 2.4mm, 5mm, 6mm, 10mm, 12mm인 선별기를 차례로 선별하여 크기별로 분류하여 수조에 수용하였다.

2) 성장률 및 생존율 조사

어린해삼의 사육기간 중 2010년 7월 30일은 파판과 채묘망에 부착된 어린해삼을 무 작위로 계수하여 파판 및 채묘망에 부착된 어린해삼의 평균 전장과 마릿수를 산정하고 총 파판과 채묘망에 대비하여 성장률과 총 생존량을 조사하였다. 2010년 9월 30일부터 2011년 4월 24일까지 매월 1회 분조 또는 선별시에 개체당 체중을 측정하여 성장률을 조사하였고, 생존율은 총 중량에 대한 개체당 평균 체중을 대비하여 조사하였다.

마. 질병치료 및 예방

1) 요각류 및 섬모충 치료

어린해삼 사육시 발생하는 요각류 및 섬모충 구제를 위해 Trichlorphon(역가 80%, 98%)제제를 수온과 기생충의 밀도를 감안하여 2 - 4ppm까지 유동적으로 사용하였다. 본 제제의 약욕시간은 대상 기생충의 폐사 및 활력 여부에 따라 6 - 12시간이었고, 여 과해수를 이용해 유수식으로 100% 환수하였다.

2) 세균성 질병 치료 및 예방

해삼의 체표가 하얗게 변색되거나 궤양이 발생한 경우에는 현며경 검경을 통해 기생 충에 의한 질병원인을 조사하고 기생충에 의한 질병발생이 아닌 경우에는 oxytetracycline, streptomycin을 혼합하여 3 - 5ppm 농도로 살포하여 12 - 16시간동안 약욕 후 100% 환수하였다. 또한 분조 및 선별 후에는 동일 제제와 방법으로 약욕하여 질병감염을 예방하였다.



분조를 위한 파판 배열

파판에 부착된 어린해삼



분조를 위한 채묘망 설치 작업



채묘망에 부착된 어린해삼

그림 2-15. 어린해삼 부착기질



파판에서 박리된 어린해삼 채집망



파판에 부착된 어린해삼 박리



수조내부 어린해삼 수거 채집망



채묘망에 부착된 어린해삼 박리

그림 2-16. 분조 및 선별을 위한 어린해삼 박리 및 채집



해삼 선별기



선별에 의해 균일한 크기의 어린해삼



선별된 어린해삼의 크기 분류

그림 2-17. 어린해삼 선별 작업





바. 결과 및 고찰

어린해삼 사육기간동안의 수온변화는 그림 2-19에 나타낸 바와 같다. 채란 시기인 2010년 6월 23일은 21.7℃였으며 8월 28일은 사육기간 중 최고 수온인 28.2℃로 조사되 었다. 이후 점차 낮아져 12월 22일에는 6.8℃ 미만으로 하강하였다. 2011년 1월 19일 사육수온이 -0.3℃까지 낮아졌고, 1월 26일 최저 수온이 -0.8℃까지 하강하였다. 2011년 2월 9일부터 수온이 점차 상승하여 3월 30일에는 수온이 6℃ 이상으로 상승하였다. 특 히, 본 연구소 주변 해역은 겨울철에 1℃ 미만을 나타낸 경우는 있으나 0℃ 이하를 기 록하는 경우는 연구소가 개소된 이래로 없었다.

해삼 월동시에는 0℃ 미만으로 수온이 하강하는 경우를 대비하여 가온할 수 있는 시 스템을 마련해야 할 것으로 사료되며 2 - 10℃ 구간의 수온에서도 환수량이 적을 경우 요각류의 번식이 심하게 발생하여 어린해삼의 폐사를 발생시키므로 주기적인 환수는 필요할 것으로 여겨진다.



그림 2-19. 어린해삼 사육기간 동안의 수온변화



그림 2-20. 어린해삼 사육수조에 대량으로 발생한 요각류

사육기간중의 염분변화는 그림 2-21에 나타낸 바와 같이 2010년 9월 8일은 호우의 영향으로 최저 염분인 28.9‰을 나타내었고 2010년 6월 30일 최고 염분인 32.3‰을 나 타내어 해삼의 성장과 생존에는 영향을 미치지 않는 염분 범위를 나타내었다.



그림 2-21. 어린해삼 사육기간동안의 염분변화

펜타큘라에서 어린해삼으로 성장한 2010년 7월 3일에서 첫 선별을 추진했던 9월 30 일까지의 생존률을 그림 2-23에 나타내었다. 착저한 유생은 4,100만마리로 조사되었으 며 7월 30일은 2,000만마리로 조사되어 생존률은 50%로 나타났다. 8월 30일은 1,900만 마리로 조사되어 7월 30일에 비해 95%의 생존률을 나타내었다. 첫 선별을 추진하였던 9월 30일에는 생존개체 1,500만마리 중 전장 1cm 미만의 개체 1,000만마리를 도태시켰 고 500만마리는 수조에 분산 수용하여 사육하였다. 도태의 사유는 연구소에서 적정 수 용밀도가 전장 1 - 7cm, 평균 체중 0.2g의 어린해삼 500만마리를 수용할 수 있는 수조 규모로 구성되어 있고, 30% 내외의 우량개체를 사육하여 당년에 체중 5g 이상의 종묘 를 생산하기 위해서였다.

중국의 경우 지역에 따라 차이는 있으나 어린해삼을 수용하는 밀도는 사육수 1 ton 에 500g 밀도로 수용하여 1,000g까지 사육하고 다시 500g 밀도로 분조하여 사육하고 있다. 수조 청소를 1주일마다 할 수 있는 경우에는 다소 높은 밀도로 수용하는 경우도 있다.

본 연구소에서 사육할 수 있는 수조의 총 수량은 700ton 수준으로 이와 같은 밀도로 수용했을 경우 1ton당 중국의 최대 사육밀도와 비교하여 30% 높은 사육밀도를 나타 내었다.

2010년 10월 30일은 두 번째 선별을 하였고 9월 30일과 동일하게 0.5g 미만은 도태 시켰다. 평균체중 1g의 어린해삼 140만마리를 선별하여 재 수용하였다. 2010년 11월 24 일은 3차 선별을 추진하였고 체충 2g - 8g의 어린해삼 30만마리 1,000kg을 진도군 대 마도 해역에 방류하였다. 잔여수량 80만마리는 2010년 12월 24일 수온 6.8℃에서 월동 을 위해 전체 수조에 고르게 분산하여 수용하였다. 이 시기부터 해삼의 섭이력과 활동 력이 둔화되었다. 2011년 1월 19일 사육수온이 -0.3℃까지 낮아지면서 폐사량이 증가하 기 시작하였고, 1월 26일 최저 수온이 -0.8℃까지 하강하면서 대량폐사가 발생하였다 (그림 2-22). 파판과 채묘망을 육안으로 관찰한 결과 생존개체를 찾아보기 어려울 정도 로 폐사가 진행되었다. 체중이 5g 미만인 어린해삼의 경우 수온이 0℃ 미만으로 낮아 질 경우 대량폐사의 발생 요인으로 작용한다고 사료된다. 종묘생산에 이용하였던 어미 해삼도 가온을 하지 않은 수조는 60% 이상이 폐사하여 어린해삼과 어미해삼 모두 저 수온에 대한 저항성이 비슷하게 낮은 것으로 나타났다. 대량폐사하는 시기에는 자제 면역력이 저하된 관계로 폐사개체를 제거하기 위해 분조를 하지 않고 사이펀을 이용하 여 저면에 모여 있는 폐사개체를 제거하였다. 해삼의 경우 폐사 후 3일 전후로 완전히 분해되어 폐사 수량을 산정하기 어렵다는 단점이 있다. 2011년 2월 9일부터 수온이 점 차 상승하여 3월 30일에는 수온이 6℃ 이상으로 상승하여 생존한 개체에게 소량의 배 합사료를 급이하였다.


그림 2-22. 동해에 의한 어린해삼 대량폐사



그림 2-23. 2010. 7. 3 - 9. 30일까지 사육기간의 어린해삼 생존율



표 2-10. 어린해삼 월별 성장률, 생존율

일 자	부착기질	성장률	생존률 (만마리)	특이사항	비고
2010 . 7. 1	파 판	0.5.0.0	1 100		
	채묘망	0.5-0.9mm	4,100		
_	파 판	1-16mm	900		
7. 30	채묘망	0.9-8mm	1,100		
0.00	파 판	4-28mm	900	기 스코 비코	
8. 30	채묘망	3-32mm	1,000	· 신 구소 군소	
	파 판	5-62mm	200	전 수조 선별	
9.30	채묘망	3-73mm	300	전장 1cm 미만 도태	
	파 판	0.3-4g	50	전 수조 선별	
10. 50	채묘망	0.3-7g	90	체중 0.5g 미만 도태	
11. 24	채묘망	0.5 - 8	120	2g 이상 30만마리 방류	
12. 24	채묘망	0.8 - 4	80	전 수조 분조	
2011. 1. 24	채묘망	_	10	저수온기 대량폐사	최저수온 -0.8℃
2. 24	채묘망	_	8	월동관리	배합사료 소량급이
3. 24	채묘망	_	8	월동관리	배합사료 소량급이
4. 24	채묘망	_	8	월동관리	배합사료 정상급이





선별된 방류용 어린해삼

포장전 어린해삼



10kg 단위로 포장



방류용 어린해삼 상차

그림 2-25. 자원조성 방류용 어린해삼 포장 및 상차

6. 해삼종묘 조기생산

가. 어미해삼 구입 및 운송

1) 구입 장소 및 수량

조기 종묘생산에 이용한 어미해삼은 2010년 12월 20일 전라남도 완도군 해역에서 잠 수어업으로 어획한 자연산 해삼중에 외관상 이상이 없고 체중이 150g 이상인 개체를 선별하여 30kg을 구입하였다. 구입당시 채집 장소의 평균수심은 5m 내외였으며 수온 은 표층수온이 8.1 - 8.5℃, 저층수온은 10.1 - 10.8℃였다. 어획된 해삼은 양파망을 이 용하여 선박에 매달아 보관하였다.

2) 어미해삼 운송

어미해삼은 20ℓ 직사각형 스티로폼 상자의 바닥에 아이스팩을 깔고, 그 위에 신문 지를 10장씩을 덮어 아이스팩과 해삼이 직접적으로 접촉되지 않도록 하였다. 물기를 제거한 어미해삼은 비닐봉지에 5kg씩 수용하였고, 공기를 완전히 제거하여 밀봉한 후 연구소까지 2시간 10분간 운송하였다.

나. 어미해삼 사육관리

1) 어미해삼 선정

어미해삼은 2010년 12월 20일 구입한 자연산 해삼에서 체중 210g 이상의 외부에 이 상이 없고 건강한 개체 80마리, 17kg을 선별하여 2010년 6월 종묘생산 이후 사육관리 하고 있는 어미해삼 중에 체중이 150g 이상인 80마리, 13kg을 합하여 160마리, 30kg을 어미해삼으로 이용하였다.

2) 어미해삼 성숙도 조사

완도에서 구입한 어미해삼은 연구소에 도착하여 수조에 수용하고 10마리를 무작위 추출하여 암·수의 총 체중에 대한 생식소 중량을 측정하였으며, 2010년 6월 21일 종 묘생산에 이용하고 관리해온 어미해삼에서 선별한 개체를 무작위로 10마리 추출하여 암·수의 총 체중에 대한 생식소 중량을 측정하였다.

3) 어미해삼 사육환경

어미해삼은 가로5 × 세로5 × 높이2.3m(유효수량 45ton)의 정사각형 수조에 여과해수

를 채우고 수용하였다. 여과해수는 30µm까지 여과할 수 있는 자동여과기를 통과한 해 수를 10µm 여과능력의 필터백을 이용하여 2차 여과시켰고, 배합사료가 급이되기 전까 지 매일 50%를 환수하였고, 배합사료가 급이되는 시점부터 100% 환수하였다. 사육기 간 동안 적산수온 750℃(성숙유효 하한수온 8℃)를 채우기 위해 자동온도조절기를 부 착한 히터(3kw)를 이용하여 2010년 12월 30일부터 8.0±0.5℃에서 2011년 1월 24일 20.0±0.5℃까지 26일간 수온을 상승시켰고 2011년 3월 21일 채란시기까지 57일간 20.0±0.5℃를 유지하였다. 사육기간 중의 염분은 31.8 - 32.2‰이었다. 에어공급은 수조 에 16개의 에어스톤을 설치하여 DO 7.6 - 8.1을 유지하였다.

4) 어미해삼 배합사료 급이

어미해삼은 2010년 12월 20일부터 2011년 1월 11일까지 사육수온 10℃까지는 배합사 료를 급이하지 않았고, 사육수온이 10℃ 이상되는 시점인 2011년 1월 11일부터 배합사 료는 1회/일 총 체중 30kg에 대한 1.5 - 5%를 동일량의 모래와 혼합하여 급이하였고, 수조내 사료의 잔여 유무에 따라 급이량을 증감하였다. 2011년 3월 18일부터 채란일인 3월 21일까지는 내장의 내용물을 비우기 위해 배합사료를 급이하지 않았다.

다. 산란자극

1) 간출자극

어미해삼을 수용한 사육수조의 해수를 전량 배수하여 16:15분부터 17:15분까지 60분 간 상온에 노출하였다.

2) 표면자극

상온에 60분간 노출된 어미해삼을 1/3HP 수중양수기에서 나오는 수압을 이용하여 60분간 어미해삼의 표면에 살포하였다.

3) 수온자극

표면자극이 완료된 후 18:20분부터 최종 사육수온인 20±0.3℃보다 4℃ 높은 24±0.3℃ 의 해수를(유효수량 45ton) 채웠고, 자동온도조절기가 부착된 3kw 히터봉을 이용하여 산란이 종료되는 시점까지 유지시켰다. 수조가 만수위 되는 시점은 20:55분이었다.

라. 채란 후 사육관리

1) 채란 및 어미해삼 제거

2011년 12월 22일 4시 30분 암·수 1마리가 산란을 하였고 6시에 산란을 마친 어미 해삼을 쪽대(망목크기 10mm)를 이용하여 전량 수거하여 별도의 수조에 수용하였다.

2) 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사

어미해삼의 방란·방정이 완료된 2011년 3월 22일 04:30분부터 평판 PVC재질로 제 작한 가로50cm×세로25cm의 뜸판을 이용해 수조 저면에서 수정란을 부상시킨 후 10ml 피펫을 이용하여 수정란을 계수하여 총 사육수량 45ton에 대한 개체수를 산정하였다. 수정율은 만능투영기(NICON, V-12B)를 이용하여 100개체의 수정란을 검경하여 정상 적으로 분열하는 개체를 계수하였다. 부화율은 부화가 완료된 2010년 6월21일 50ml 비 이커를 이용하여 부화개체를 계수하여 총 사육수량 45ton에 대한 수정율 대비 부화율 을 산정하였다.

3) 수정란 관리

수정란이 수용된 수조에는 에어를 공급하지 않고 부화 완료 시점까지 1시간 간격으 로 뜸판을 이용해 수정란을 부상시켜주었다. 수정란부터 부화시까지 수온은 23.8 -24.1℃, 염분은 31.7‰, DO는 7.3 - 7.4ppm이었고, 사육실 내부조도는 50 -860lux였다. 수정 후 난 발생 과정은 만능투영기(NICON, V-12B)로 관찰하였다.

마. 성장 단계별 사육관리

1) 부유유생 사육관리

환수는 낭배기에 사육수의 50%를 배수하고 만수위가 되는 시점까지 일일 10 -20cm씩 증수시켰다. 만수위가 되는 시점부터는 일일 50%를 배수하고 만수위를 채우 는 방법으로 환수하였다. 환수하는 시간은 먹이생물 급이 후 5시간이 경과한 시점에서 환수를 시작하였다. 환수틀을 이용하여 환수하는 경우에는 환수틀 망목에 부착되는 유 생을 떨어뜨려 주기 위해 환수틀 안쪽에서 사육수를 수시로 뿌려주었다. 사육수의 산 소공급은 각 수조에 직경 3cm, 길이 10cm의 에어스톤 16개를 설치하여 공기방울이 약 하게 분산되도록 조정하여 공급하였다. 사육기간 동안의 사육실 내부 조도는 1,000lux 간 넘지 않도록 하였다.

아우리쿨라리아부터 초기 펜타큘라 유생까지 11일간 중국에서 수입한 1ℓ 용량의 농 축 먹이생물 3종(홍효모 100억cell/mℓ, 각모조 1억cell/mℓ, 염조 5,000만cell/mℓ, 제조사 익 삼보)을 급이하였다. 냉동된 농축 먹이생물은 흐르는 해수에 용기를 담가서 해동한 후 20ℓ들이 플라스틱 용기에 여과해수 15ℓ를 담고 희석하여 50µm 뮬러가제로 고형물을 제거한 후 여과해수에 희석하여 수면에 고르게 살포하여 급이하였다. 일일 급이량은 1 - 3회까지 수색을 보며 급이량을 조정하였다.

2) 착저유생 사육관리

착저기에 들어가는 후기 돌리올라리아가 출현한 2011년 4월 1일 염화비닐 골파판(가 로 50cm × 세로 30cm) 18장이 한 세트로 구성된 홀더 86세트를 수평으로 투입하였다.

사육수 환수는 착저기 유생인 후기 돌리올라리아와 착저가 완료된 후기 펜타큘라 유생기간 동안 뮬러가제 200µm를 이용하여 가로1m × 세로1m × 높이1.3m로 제작한 환 수틀을 이용하여 10µm까지 여과한 자연해수를 매일 50%를 배수하고 만수위를 채우는 방법으로 환수하였다.

이 시기의 먹이사료는 2010년도와 유사하게 급이하였다. 부유유생과 착저유생이 공 존하는 초기에는 농축 먹이생물 3종과 유삼기 배합사료를 각각 급이하였다. 급이량 산 저은 파판 및 채묘망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1ton당 일일 1 -3g을 유동적으로 급이하였다.

사육기간중 발생하는 병원성 요각류 구제를 위해 파판 또는 벽면에 요각류가 발견될 경우에는 Trichlorphon(역가 80%) 제제를 5ppm 농도로 살포하고 5시간 후부터 100% 환수하였다.

3) 어린해삼 사육관리

어린해삼으로 변태하는 2011년 4월 5일부터 배합사료를 급이하는 16시 이전인 매일 8시부터 15시까지 유수식으로 사육수량의 50%를 환수하였다. 그러나, 요각류 또는 세 균성 질병에 의한 약욕처리시에는 환수량을 200% 이상으로 증수하였다. 사육수는 30µm 섬유여과기를 통과한 여과해수를 10µm 필터백을 이용하여 2번 여과한 해수를 사용하였 다. 배합사료 제조는 부착 유생기에 급이한 방법과 동일게 제조하여 급이하였다.

4) 성장률 및 생존율 조사

어린해삼의 사육기간 중 2011년 4월 13일부터 2주 간격으로 파판에 부착된 어린해삼 을 무작위로 계수하여 평균 전장과 마릿수를 산정하고 총 파판 수량에 대비하여 성장 률과 총 생존량을 조사하였다.

바. 병원성 요각류 구제 시험

어린해삼 사육시 발생하는 요각류에 대한 Trichlorphon(역가 80%)의 적정 농도를 규명하 고자 실험을 실시하였다. 실험 대상 유생의 전장은 1.2mm 내외였다. Trichlorphon(역가 80%) 의 실험구별 농도는 1,000ml 비이커에 여과해수 1,000ml를 채우고 각각 5, 7, 10, 20ppm 농도를 4구간과 대조구를 설정하였다. 요각류가 다량 부착된 파판을 5 × 7cm 규격으로 잘라 시험구에 투여하고 펜타큘라 유생을 각각 20마리 수용하였다.

약욕농도 구간별 폐사량은 1시간 간격으로 조사하여 요각류의 움직임이 전혀 없는 시간을 시점을 100% 폐사한 것으로 간주하여 환수하였고 5일간 펜타큘라 유생의 생존 여부와 요각류의 재 발생 여부를 조사하였다.

사. 결과 및 고찰

1) 어미해삼 성숙도 조사

어미해삼의 평균체중은 완도산이 233g, 본 연구소에서 관리한 어미해삼이 156g으로 나타났다. 성숙도의 경우 완도산이 최고 4.82%, 연구소에서 관리한 어미해삼이 2.22% 로 완도산이 높게 나타났다. 내장을 체외로 배출하여 내장 및 생식소가 전혀 보이지 않는 개체가 1마리, 내장은 있으나 생식소가 미성숙하여 구분이 되지 않는 개체가 진 도산은 13마리로 나타났다(표 2-11).

	완도산			연구소 관리 해삼				
구분	체중 (g)	성별	생식소 중량(g)	GSI(%)	체중 (g)	성별	생식소 중량(g)	GSI(%)
1	213	—	토장	-	153	_	미성숙	-
2	222	₿	7.5	3.37	157	4	3.5	2.22
3	275	4	3.2	1.16	154	4	2.8	1.81
4	232	4	11.2	4.82	153	_	미성숙	-
5	241	4	2.6	1.07	161	_	미성숙	-
6	273	_	미성숙	-	155	_	미성숙	-
7	207	-	미성숙	-	159	-	미성숙	-
8	210	_	미성숙	_	160	_	미성숙	_
9	225	_	미성숙	-	163	_	미성숙	-
10	240	4	미성숙	_	153	4	미성숙	-
총계	2,338				1,568			
평균	233				156			

표 2-11. 어미해삼 성숙도(2010년 12월 20)

2) 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사

조기 종묘생산에 따른 수정란 생산량 및 수정률 및 부화율은 표 2-12에 나타낸 바와 같다. 수정란 생산량은 200백만 개체로 정상적인 어미해삼 1마리의 산란량이 150 -200만 개체임을 감안할 경우 1마리의 암컷에서 산란한 것으로 추정된다. 수정란 100개 체를 검경한 결과 정상 발생하는 난이 95개로 조사되었으며, 50ml 비이커로 부화 개체 를 계수한 결과 평균 1.8마리 내외가 조사되어 부화율은 84%를 나타내었다.

표 2-12. 수정란 계수 및 수정률, 부화율 조사

일 자	수정란(만마리)	수정률(%)	부화율(%)	비고			
2011. 3. 21	200	95	84				
※ 수정란 100개체 중 95개체 정상 발생 ※ 수정란 200만마리 중 160만마리 부화							

3) 요각류 구제를 위한 구충제 약욕 농도 규명

조기에 생산한 어린해삼의 성장률 및 생존율은 표 2-13에 나타낸 바와 같다. 착저 유생기의 생존율은 160만마리로 조사되었다. 2011년 4월 5일 처음으로 발생한 병원성 요각류는 4월 16일부터 대량으로 번식되면서 어린해삼의 폐사량이 증가하였다. 중국의 경우 요각류가 발생할 경우 4 - 5일 간격으로 Trichlorphon(역가 98%, 제품명 적벽충) 제제를 약욕하여 요각류를 구제하고 있다. 대부분 이 제제는 갑각류를 비롯한 무척추 동물에 독성을 나타내고 있어 어류의 기생충 구제에 이용하고 있는 실정이다. 따라서 해삼 종묘생산에는 독성을 우려하여 약욕제로 이용하지 않고 있기 때문에 해삼에 대한 본 제제의 독성시험을 본 연구소에서 추진하게 되었고 그 결과를 표 2-14에 나타내었 다. 실험 결과 5ppm 농도에서 6시간만에 병원성 요각류가 완전히 사멸하고 어린해삼 에는 독성을 나타내지 않는 것으로 판단하여 대량으로 사육하고 있는 종묘생산 수조에 약욕처리를 실시한 결과 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 최대 20ppm 농도에서도 어린해삼은 폐사가 발생하지 않았으나 추가적인 실험을 통해 안정성 여부를 규명해야 할것으로 사료된다.

표 2-13. 어린해삼 성장률 및 생존율

일 자	성장률	생존률 (만마리)	특이사항	비고
2011. 4. 4	0.4-0.6mm	160		
4. 18	0.5-1.1mm	60	병원성 요각류 대량발생 폐사율 증가	
5. 2	0.8-16mm	50		

표 2-14. Trichlorphon 제제의 약욕 경과시간에 따른 농도구간별 요각류 폐사량

격과시가	농도구간(ppm)						
10 M M	control	5	7	10	20		
실험개시	_	-	-	-	-		
1hr	-	20%	20%	70%	95%		
2hr	-	70%	90%	98%	100%		
3hr	-	98%	100%	100%	_		
5hr	-	100%	_	_	_		

7. 축제식 사육 예비시험

가. 재료 및 방법

1) 입식용 어린해삼

본 시험에 이용한 해삼은 2010년 6월 21일부터 본 연구소에서 생산한 어린해삼을 대 상으로 선별하여 체중 5g 내외의 개체를 대상으로 2010년 12월 15일 입식하였다.

2) 축제식 양식장 환경여건

어린해삼이 입식된 축제식양식장은 연구소 내의 침전조 3개소를 이용하였다. 침전 조의 규격은 가로 12 × 세로 26 × 높이 4m(유효수량 1,248ton)이며 콘크리트수조로 구 성되어 있다. 환수량은 매일 200%의 자연해수를 주수하여 환수하였다. 주수시 유입되 는 펄의 수량은 매일 500kg 정도로 조사되었다. 시험수조에는 각각 플라스틱 제질로 제작한 인공어초를 각 개소당 100개 투여하여 해삼의 은신처를 제공해 주었다(그림 2-26). 사육기간 동안의 수온과 염분 및 DO는 매주 1회 조사하였다.

3) 입식수량 산정

중국 축제식양식장 입식 밀도를 기준으로 3개소(각 개소당 312㎡)의 시험수조에 1㎡ 당 5마리, 10마리, 20마리를 기준으로 입식하여 각각 1,560마리, 3,120마리, 6,240마리를 입식하였다.



그림 2-26. 축제식양식장 예비실험 장소 및 투여한 인공어초



그림 2-27. 축제식양식장 어린해삼 입식

4) 생존량 및 생산량 조사

최초 입식일자인 2010년 12월 15일부터 1년의 기간동안 성장시켜 2011년 12월 15일 침전조를 배수시켜 입식한 종묘의 성장률과 생존량을 조사할 계획이다.

제 3 장 해삼양성 기술연구

1. 인공어초 예비시험

가.서 론

해삼 산업화를 위해서는 우량종묘를 생산할 수 있는 기술이 뒷받침 되어야 한다. 그 러나 우량종묘 공급이 안정화 된다고 하더라도 이에 대한 공급을 감당할 수 있는 수요 가 뒷받침되어야 하는데 이것은 해삼양식이라 할 수 있다. 실질적으로 해삼양식은 국 내에서는 거의 씨뿌림 양식에 의존하고 있다. 그렇지만 중국에서는 해삼의 대량생산은 축제식을 이용한 양식에 의해 많은 양이 생산되고 있다. 따라서 해삼산업화가 성공하 기 위해서는 해삼양식이 본격화 되어야 한다. 중국에서도 장자도에서는 축제식 보다는 자연 방류에 의한 씨뿌림에 의해 양질의 해삼을 생산하고 있다. 이러한 해삼은 중국에 서 최상품으로 판매되고 있기도 한다. 국내에서는 축제식을 이용한 양식은 충남 태안 에서 일부 이루어지고 있고, 기존연구에서도 아직 국내실정에 적합한 기술은 정립되지 는 않았다. 그렇지만 해삼의 산업화를 위해서는 축제식 뿐만 아니라 씨뿌림 양식도 성 공해야만 한다.

해삼은 은신처를 좋아하는 생태적 습성을 가지고 있다. 흔히 연안에서 해조류가 번 무한 바위틈이나, 해저에서는 펄질과 모래지대 경계부에서 해삼이 흔히 발견된다.

자연산 해삼이 서식하는 곳은 수온이 5 ~ 28℃, 염분 25 ~ 34‰, 수심은 연안의 조간 대 ~ 20m 사이이고 저질은 사락질 또는 사질로 알려져 있으며 어린 해삼은 연안의 암 초나 해조장 지대, 어미 해삼은 바깥쪽의 암반, 모래자갈, 개흙질이 섞인 모래질에 서식 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 생태적 습성을 이용하여 중국 축제식 양식장에서도 돌무더기를 쌓아 은신처를 만들어 주어 해삼양식에 도움이 되도록 하고 있다(그림 3-1). 은신처는 해삼을 잡아먹는 생물로부터 은신할 수 있는 서식장소 제공과 하면 및 월동에 유리하다. 중국에서 축제식 양식장에서 사용하는 투석은 넓이 0.5~1.0m, 높이 30~50cm, 3~4m간격의 투석과 1~2m'크기의 돌을 거리 2~3m, 행거리 3~4m의 무더 기식 투석, 하늘별 모양 투석을 한다(그림 3-2). 국내에서는 돌무더기 투석 이외에도 플라스틱을 이용한 인공어초를 개발하여 사용하기도 한다(그림 3-3, 3-4). 또한 국내 충남 태안지역에서는 새로운 해삼양식장 조성을 위하여 전복양식단지 아래에 1톤 정도 크기의 호박돌을 투석하기도 한다.

실제적으로 투석에 의한 돌무더기 조성은 해삼 은신처로서 가장 자연스러운 방식이 으로 효과가 큰 것으로 보고되고 있다. 해삼은 대부분 20m 수심 까지 주로 분포한다고 되어 있으나, 중국 장자도 같은 경우는 수심 40~50m 까지 양식장을 조성하여 씨뿌림 양식을 하고 있다. 국내에서는 대부분 수심 5m 정도에서 채취를 많이 하고 있다.



그림 3-1. 중국 축제식 양식장의 돌무더기 투석



그림 3-2. 다양한 형태의 축제식 양식장의 돌무더기



그림 3-3. 해삼인공어초



그림 3-4. 국내에서 개발된 해삼인공어초와 돌무더기 투석

그러나 상대적으로 해삼인공어초를 개발하여 수심 40~50m까지 시설을 한다면 해삼 양식장이 늘어나고 생산량은 크게 증가할 것이다. 따라서 새로운 어장 개발을 위한 해 삼인공어초는 개발은 해삼산업화의 탄력을 줄 수 있는 새로운 해결과제라 할 수 있다. 본 연구에서는 해삼인공어초 개발을 위한 기초작업으로 해삼인공어초 사례와 해삼 생 태적 특성을 살린 해삼인공어초 개발 방향을 위한 기초실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

해삼의 생태적 습성을 이용하여 인공어초 개발의 기초자료로 삼기위하여 해삼 은신 처 1차 선택성 시험을 실시하였다. 30톤 장방형 사각 수조에 자연석을 이용한 투석식 돌무더기, 벽돌을 이용한 돌무더기, 현재 개발되어 시판되고 있는 해삼인공어초를 일정 하게 나열한 다음 해삼 100마리를 방류한 후 3일 경과 후 선택성 결과를 살펴보았다. 돌무더기는 지름 1m로 하여 돌을 쌓아올렸으며 해삼인공어초는 그림 3-3에 제시된 제 품을 이용하였다. 2차적으로는 FRP를 이용하여 인공석을 제작하여 다층형 전복쉘타와 인공석(그림 3-5)을 이용한 돌무더기를 제작하여 각각 2톤 수소에 투하하여 해삼 30마 리 씩 방류하여 7주일 후 3개월 후 선택성을 살펴보았다. 인공석과 쉘터는 15일 동안 해수에 담가둔 후 사용하였다. 이러한 결과를 바탕으로 향후 인공어초 개발에 대한 방 항성을 살펴보았다(그림 3-6).



그림 3-5. FRP 제작 인공돌 및 돌무더기



그림 3-6. 해삼은신처 실험 조건

다.결 과

1차적으로 자연석 돌무더기, 벽돌 돌무더기, 플라스틱 해삼인공어초의 포집 효과를 살 펴보았다. 실험수조내의 수온은 21℃, 염분은 30.8 psu를 유지하였으며, 실험에 사용된 해 삼은 중량이 96~221g 이었다. 3일 후 포집결과를 살펴보면 자연석 돌무더기 72마리, 벽 돌돌무더기 10마리, 플라스틱 인공어초는 1마리가 포집되었다(그림 3-7). 그리고 미포집 된 무리는 13마리이었다. 실제적으로 자연석 돌물더기가 자연친화적이라 포집능력이 뛰 어난 것으로 생각되며, 플라스틱 인공어초는 사용자들의 의견을 청취했을 때 축제식 양 식장에서는 사용시 6개월 이상 동안은 포집능력이 떨어진 것으로 나타났다. 2차적으로 실시한 포집실험은 겨울철 1월 14일부터 4월13일까지 실시하였으며 실험기간 동안 수온 은 1~12.8℃, 염분은 31.3~31.8 psu, 실험에 사용된 해삼은 중량이 112~191g 이었다. 인공돌을 이용한 돌무더기와 다층식 쉘타에서 초기에는 거의 포집이 되지 않고, 원형 수 조 벽면에 붙는 서식행동을 보였다. 15일 경과 후에도 포집은 되지 않았으며, 실험 개시 한달 후 관찰시에 인공돌 무더기에서 2마리, 다층식 쉘터 1마리 모이기 시작하였으며, 60 일 후에는 각각 6마리, 3마리, 90일 후에는 8마리, 6마리 포집된 결과를 보였다(그림 3-8).



그림 3-7. 해삼은신처별 포집결과



그림 3-8. 인공소재별 포집결과

초기 포집능력이 떨어지는 것은 수온이 너무 저온인 관계로 해삼의 운동능력이 저하 되어 나타난 결과로 사료되며, 수온이 서서히 상승하면서 포집된 개체수도 증가하는 것으로 나타났다. 해삼 인공어초 개발에 있어 고려해야 할 사항은 해삼의 포집능력이 라 할 수 있을 것이다. 재질에 있어서는 자연적인 것이 가장 선호하는 것으로 나타났 으며, 합성수지를 이용한 재질에서는 어느 정도 시간이 경과되어야 만이 포집이 나타 나지만 자연석에 비해서는 많이 떨어지는 것으로 나타났다.

라. 인공어초 개발 문제점 분석 및 결론

해삼 인공어초는 해삼의 은신처를 제공하는 것으로 이에 대한 구조 형태 또한 중요할 것으로 보인다. 은신할 수 있는 공간이 많이 확보되면 해삼의 은신처로써 좋은 역할 할 것이다. 따라서 해삼 인공어초에 어느 정도 빈공간이 확보되어야 할 것으로 보인다. 본 연구에서 검토된 구조는 아래 그림과 같은 분자구조 형태이다(그림 3-8). 이러한 분 자구조형태에 내부공간이 확보된 element를 연결하면 다중공간이 확보되어 해삼이 은 신하기에는 좋을 것으로 판단된다(그림 3-9). 이러한 형태의 구조를 가질 시에는 element와 element를 연결하는 node가 견고해야 하며 또한 element 소재 또한 내구성 이 뛰어나야 할 것으로 판단된다. 앞 포집 시험에서 살펴본 FRP인공돌도 이러한 형태 로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 두 번째 구조는 내부 속이 빈 뼈대에 속채움을 할 수 있는 구조이다(그림 3-10). 이러한 구조에 빈 공간에 자연석 돌이나 인공돌을 불

규칙하게 채워 넣어 해삼이 은신할 수 있는 공간을 만들어 줄 수 있다. 이러한 해삼인 공어초는 해삼의 연안서식처 조성뿐만 아니라 수확이 가능하도록 해야 한다. 점점 어 촌은 노령화 되고 어업을 할 수 있는 인구가 줄어들고 있다. 특히 해삼은 해저에 서식 하는 것으로 잠수에 의한 채취 외에는 특별한 어업도구가 없다. 현재 잠수를 할 수 있 는 해녀는 그 수가 많이 줄고 노령화 되어 앞으로 해삼산업이 활성화 될 경우 연안 씨 뿌림을 할 경우 해삼 채취를 어떻게 할 것인가도 고민해보아야 할 문제이다. 따라서 이와 같은 인공어초 구조에 수중위치 탐색이 가능한 수중통신 신호 탐지기를 탑재하여 인공어초를 수면위로 들어올려 해삼만 채취할 수 있는 기능을 가지고 있어야할 것으로 보인다. 따라서 가벼운 소재이면서 어떻게 조류 등에 움직이지 않고 해저면에 버틸 수 있을 것인가도 검토해야할 항목이다. 또 다른 해삼양식 구조물을 수중에 설치해볼 필 요가 있다. 즉 국내에서 축제식 양식장은 수온상승으로 인해 해삼양식에 있어 많은 문 제점을 내포하고 있으며, 새로운 축제식 양식장을 신규로 만들기에는 공유수면 매립으 로 어려운 실정이다. 따라서 새로운 형태의 해삼목장을 제시할 필요가 있다. 과거 선조 들은 독살을 이용하여 바다에서 고기를 잡아 왔다. 조단대지역이나, 조간대와 조하대 경계 등지에 인공독살을 시설하여(그림3-11, 3-12), 해삼을 방류하여 양식하면 이러한 문제점을 쉽게 필할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 조류가 다소 강하고 냉수대를 형성하 고 있는 곳에 수중보를 설치하여 해삼이 양식될 수 있도록 바다목장을 조성해주는 것도 좋은 방안으로 생각된다(그림 3-13).



그림 3-9. 해삼인공어초 기본 분자구조 형태



그림 3-10. 분자 구조형태에 연결될 element 형태



그림 3-11. 내부 속이 빈 테트라포드 형태 예시



그림 3-12. 인공독살 구조 및 위치 개념도



그림 3-13. 인공독살 시설개념도



그림 3-14. 해삼 주중보 설치

제 4 장 해삼 산업화 모델 적지조사

1. 개 요

가. 조사목적 및 필요성

해삼산업 육성을 위해서는 해삼의 대량양식 기술이 확립되어야 한다. 국내에서는 현 재 씨뿌림 형태에 의한 해역을 이용한 양식이 주를 이루고 있으며, 축제식양식장을 이 용한 대량 양성은 연구단계이며 아직까지 실용화는 안 된 상태이다. 국내에서는 해삼 산업화를 위해서는 새로운 롤모델이 필요하다. 이중 제시된 방안은 해삼양식섬을 조성 하여 특화시키는 방안이다. 양식섬 주위에 씨뿌림에 의한 양식장을 조성하고, 갯벌이 존재하면 인공독살이나, 축제식양식장을 조성하여 대량양성장을 만들 수 가 있다. 이러 한 해삼산업화 양식섬을 개발하기 위해서는 개발 적지가 필요하다. 본 연구에서는 이 러한 산업화 Pilot 모델 개발을 위한 적지를 조사하고 분석하여 제시하고 향후 운영기 본계획을 마련하고자 한다. 해삼산업화 Pilot 모델 적지를 선정하기 위해서는 대상해 역에 대한 해양환경학적 조사 및 분석이 요구되며, 이러한 자료를 바탕으로 기본계획 이 수립되어져야 한다. 우선 고려하여야 할 사항은 해삼의 생태에 적합한 지역을 찾아 야 할 것이다. 해삼의 생태에서 가장 중요한 환경인자는 수온이다. 해삼은 17℃에서 섭 식이 왕성하며, 17℃ 이상부터 섭식이 줄어들기 시작하고, 25℃ 이상이면 하면을 한다. 따라서 수온조건이 적합한 해역에서 해삼 대량양식에 유리하다 할 수 있다. 지구온난 화로 우리나라 주변해역은 평균적으로 현재 수온이 상승중이다. 그러나 주변 여건상 상승률이 평균이하이거나, 아니면 수온이 감소하는 지역이 있다. 이러한 곳이 보통 다 른 지역과 차별화되는 냉수대 지역으로 해삼서식 환경에 기본적인 조건을 갖추고 있 어, 이에 대한 정밀한 비교분석이 필요하다. 우리나라 주변해역에서 해삼산업화에 대한 환경여건을 파악하기 위하여 아래와 같이 우리나라 주변 해양환경의 중장기 변동을 분 석하였으며, 특히 서해연안에서 냉수대로 알려져 있는 지역과 비교분석을 통하여 고유 의 해양환경의 특이점 및 차별성을 살펴보았으며, 해삼 대단위 산업화 지구를 조성하 기 적합한 해역인지 진단하였다.

나. 조사내용 및 방법

1차적으로 해삼은 차가운 수온에서 유리하므로 지구온난화에 영향을 덜 받는 지역을 위성사진 분석을 통하여 살펴보았다. 위성사진 수온관측자료는 국립수산과학원에서 제 공하는 자료를 이용하였다. 인공위성 수온관측자료를 통하여 이중 해삼산업화 Pilot 모 델 개발 후보복수지역을 선정하여 이 지역에 대한 환경학적 특성을 살펴보고 최종적으 로 비교분석을 통해 선정하였다. 선정된 지역에 대해서는 지역개황, 해수유동, 조석특 성, 기후특성을 분석하였으며, 후보지역에서 세밀히 복수지역을 선정하여 서식생물, 수 온, 염분 현장조사와 수질환경, 저질환경 분석을 실시하여 최종적인 해삼산업화 Pilot 모델 지역을 선정하였다. 수질환경 및 저질환경은 해양환경공정시험법(2005)에 준하여 분석하였으며, 해저서식생물조사는 잠수조사를 통해 실시하였다. 수온, 염분, DO 현장 관측은 RBR-CTD를 이용하였다.

2. 조사 및 분석결과

가. 해삼산업화 Pilot 모델 광역 후보지 선정

1) 냉수대 해역

국내 연안의 저수온역, 냉수대 지역을 살펴보기 위하여 2009년 9월에서 2010년 10월 까지 월합성 인공위성수온분포자료를 이용하여 분석하였다(그림 4-1). 2009년 9월 부터 는 수온이 하강하는 시기로 크게 뚜렷한 저수온역은 구별되지 않는다. 10월에 접어들 어서는 한반도 서해연안이 빨리 냉각되기 시작하여 2010년 2월까지 수온이 낮은 상태 를 보인다. 6월에 접어들면서 외해에서부터 연안과 수온이 뚜렷이 구별되며 7, 8월에 높은 수온을 보이다. 그러나 이중 경기만, 태안반도, 진도~흑산도 권역에서 주변지역보 다 수온이 낮은 상태가 여름철에도 유지되는 것을 알 수 있다. 이에 대한 정밀분석을 위하여 2010년 6월 29일에서 9월 20일 까지 관측한 위성자료를 이용하여 7일 간격으로 평균한 인공위성 수온 분포(국립수산과학원)자료를 분석하였다(그림 4-2). 경기만과 황 해도 연안은 여름철에 외해수보다 1~3℃ 낮은 해수가 지속적으로 존재한다. 흑산도 및 진도연안에서는 5℃까지 낮은 수온이 여름철 지속적으로 유지된다. 태안반도 지역 에서도 주변해수보다 1~3℃ 정도 수온이 낮은 물이 존재하나 간헐적으로 저수온역이 소멸되는 형태를 보이고 있다.

앞에서 살펴본 수온자료는 계절조사자료 이므로 수온변동에 대한 정밀분석을 위하여 냉수역에 위치하고 있는 진도권역, 태안권역(안흥, 보령), 인천권역의 2006년에서 2009 년까지 매일 관측한 4개년 간 연안정지관측 수온자료를 살펴보았다. 냉수대해역이 명 확히 구별되지 시작한 6월에서 9월 사이의 평균 수온은 진도권역은 20.5℃, 태안권역 22.1℃(안흥 20.1℃, 보령 24.1℃), 인천권역은 22.5℃로 진도권역에서 냉수대 영향으로 수온이 낮은 것으로 나타났다(그림 4-3). 위의 결과를 볼 때 진도지역에서 타 지역에 비해 냉수대가 강도가 상대적으로 큰 것으로 사료된다.

서해 연안에서 여름철에 발견되는 냉수대 형성기작은 조석전선에 의해 명확히 구별 되며 이것은 조석마찰에 의해 연안에서 수직혼합이 잘되어 상대적으로 수온약층이 형 성된 외해수와 조석전선에 의해 구별된다.



그림 4-1. 2009년 9월에서 2010년 8월까지 수온분포 위성사진(국립수산과학원, NOAA위성 해수면온도 월합성 분석자료)





그림 4-1. 계속





그림 4-1. 계속



그림 4-2. 2010년 6월 29일에서 9월 20일 까지 관측한 위성자료를 이용하여 7일 간격으로 평균한 수온 분포(국립수산과학원)



그림 4-2. 계속



그림 4-2. 계속



그림 4-3. 진도권역(진도), 태안권역(안흥, 보령), 인천권역 (인천) 2006~2009년 일일 수온관측자료를 이용한 월별평균 수온 변동

수산생물에서 수온변화는 생리작용에 민감하다 할 수 있다. 특히 해삼은 고수온에 생장이 약화되고 하면하는 생물로 냉수대에서 양식하는 것은 유리한 조건이라 할 수 있다. 위의 분석결과를 종합해 볼 때 진도권역은 1차적으로 수온에 관한한 해삼 산업 화 양식에 유리한 조건을 갖추고 있다고 할 수 있다.

2) 수질환경

일차적으로 국내 서해연안에서는 경기만권역, 태안반도권역, 진도 권역의 저수온 냉 수대가 여름철에 형성되는 것으로 파악되었다. 이 세 권역에 대한 해양환경오염관측망 자료를 이용하여 5개년 동안 환경학적 특성을 살펴보았다.

진도군 주변 해역의 평균수온은 표층 15.5℃, 저층 15.0℃이며, 비교지역인 태안은 표 층 14.0℃, 저층 13.3℃, 인천은 표층 14.0℃, 저층 13.5℃이었다. 조사 기간동안 최고 수 온은 진도의 경우 표층에서 24.8℃, 저층에서 23.5℃, 태안에서는 표층에서 23.9℃, 저층 에서 23.0℃, 인천에서는 표층에서 24.9℃, 저층에서 24.1℃이었다(그림 4-4).

진도군 주변 해역의 평균염분은 표층 32.2psu, 저층 33.1psu이며, 비교지역인 태안은 표층 30.9psu, 저층 31.5psu, 인천은 표층 29.2psu, 저층 29.7psu이었다(그림 4-5). 특히 한강에 영향을 받는 경기만 인천지역은 담수방출로 인하여 다른 비교 지역에 비해 다 소 염분이 낮았다. 조사기간동안 pH는 평균적으로 진도해역은 표층 8.1, 저층 8.0, 태 안과 인천지역은 표, 저층 모두 8.0으로 지역 간 큰 차이는 없었으며(그림 4-6), 해역수 질생활환경 기준 I 등급에 해당하였다(표 4-1). 계절적으로는 겨울철에 낮고, 봄철에 다소 증가하는 경향을 보였다. 용존산소는 평균적으로 진도군 주변 해역에서 표층 8.5mg/ℓ, 저층 8.2mg/ℓ, 태안해 역은 표층 8.8mg/ℓ, 저층 8.5mg/ℓ, 인천지역은 표층 8.6mg/ℓ, 저층 8.4mg/ℓ으로 지역 별 큰 차이를 보이지 않았으며, 해역수질생활환경 기준 I 등급에 해당하였다. 수온에 영향을 많이 받는 용존산소는 계절적으로는 수온이 낮은 겨울철에 높고, 수온이 높은 여름철에 낮았다(그림 4-7). 여름철 최저값은 저층에서 6.5~6.8mg/ℓ 이었다.

화학적산소요구량은 평균적으로 진도군 주변 해역에서 표층 1.06mg/ℓ, 저층 0.98mg/ ℓ, 태안해역은 표층 1.15mg/ℓ, 저층 1.22mg/ℓ, 인천지역은 표층 1.54mg/ℓ, 저층 1.54mg /ℓ으로 지역별로 태안과 인천지역에서 상대적으로 오염도 값은 증가하였다(그림 4-8). 진도지역은 해역수질생활환경기준 I 등급 수준에 해당하고, 인천과 태안지역은 해역수 질생활환경기준 II 등급 수준을 보였다. 계절적 변동은 표층에서 인천지역은 겨울철에 높았으며, 진도와 태안지역은 여름철에 다소 높은 경향을 보였다. 저층에서는 인천지역 과 태안지역은 겨울철에 높은 특성을 보였으며, 진도지역은 큰 계절변동은 없었다.

총절소는 평균적으로 진도군 주변 해역에서 표층 0.473mg/ℓ, 저층 0.452mg/ℓ, 태안 해역은 표층 0.390mg/ℓ, 저층 0.409mg/ℓ, 인천지역은 표층 0.926mg/ℓ, 저층 0.843mg/ℓ 으로 지역별로 진도해역과 태안지역은 평균적으로 해역수질생활환경기준 Ⅱ등급 수준 으로 지역 간 큰 차이가 없었으나, 인천지역은 해역수질생활환경기준 Ⅲ등급 수준으로 오염도가 높았다(그림 4-9). 계절적 변동은 여름철에 높고, 가을철에 감소하여 다시 겨 울철부터 증가추세를 보이는 특성을 나타내었다.

총인은 평균적으로 진도군 주변 해역에서 표층 0.047mg/ℓ, 저층 0.049mg/ℓ, 태안해 역은 표층 0.039mg/ℓ, 저층 0.042mg/ℓ, 인천지역은 표층 0.066mg/ℓ, 저층 0.069mg/ℓ으 로 지역별로 진도해역과 태안지역은 평균적으로 해역수질생활환경기준 Ⅱ등급 수준으 로 지역 간 큰 차이가 없었으나, 인천지역은 해역수질생활환경기준 Ⅲ등급수준으로 오 염도가 높았고 계절적 변동은 인천지역은 가을철에 높고, 진도와 태안지역은 다소 겨 울철에 높은 특징을 보였다(그림 4-10).

엽록소 a(chl -a)는 평균적으로 진도군 주변 해역에서 표층 2.67µg/ℓ, 저층 2.54µg/ℓ, 태안해역은 표층 2.18µg/ℓ, 저층 2.33µg/ℓ, 인천지역은 표층 4.58µg/ℓ, 저층 4.33µg /ℓ으로 지역별로 진도해역과 태안지역은 큰 차이가 없었으나, 인천지역은 높게 나타났 으며, 계절적 변동은 인천지역은 겨울철에 높고, 진도는 봄철, 태안지역은 다소 여름철 에 높은 특징을 보였다(그림 4-11).


그림 4-4. 진도, 태안, 인천 지역 수온 변동



그림 4-5. 진도, 태안, 인천 지역 염분 변동





그림 4-6. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 pH 변화





그림 4-7. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 DO 변화





그림 4-8. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 COD 변화



그림 4-9. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 TN 변화



그림 4-10. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 TP 변화





그림 4-11. 진도군, 태안군, 인천지역 해역의 Chl-a 변화

표 4-1. 해역수질생활환경기준

	기 준										
등급	수소이온 농 도 (pH)	화학적산 소요구량 (COD) (mg/L)	용 존 산소량 (DO) (mg/L)	총대장균군 (총대장균군쉬 100mL)	용매추출유 분 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총 인 (mg/L)				
Ι	7.8-8.3	1 이하	7.5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하				
П	6.5-8.5	2 이하	5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하				
Ш	6.5-8.5	4 이하	2 이상			1.0 이하	0.09 이하				

비고

1. 등급 I 은 참돔·방어 및 미역 등 수산생물의 서식·양식 및 해수욕에 적합한 수질을 말한다.

 등급Ⅱ는 해양에서의 관광 및 여가선용과 숭어 및 김 등 등급Ⅰ의 해역에서 서식·양식에 적합한 수산생물 외의 수산생물의 서식·양식에 적합한 수질을 말한다.

3. 등급Ⅲ은 공업용 냉각수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.

지금까지 해역의 해삼 산업화를 위하여 냉수대해역의 해양환경 특성을 살펴보았다. 서해연안에는 대표적으로 진도군권역, 태안반도, 경기만에서 냉수대 형성지역으로 알려 져 있다. 서해연안 냉수대 3개소에 대한 냉수대지속성 및 강도를 비교해 보았을 때 냉 수대 강도는 진도군권역 및 태안권역에서 우수한 것으로 나타났으며 특히 경기만은 넓 은 조간대 발달로 여름철 갯벌에 유입된 열로 인해 다소 강도가 낮게 나타났다. 냉수 대지속성은 진도권역과 경기만 권역에서 여름철 동안 지속적으로 유지되었지만, 태안 권역에서는 일시적으로 저수온역이 사라져, 상대적으로 두 지역에 비해 지속성은 떨어 지는 것으로 분석되었다. 진도군 해역은 조류 세기가 강하며, 이러한 강한 조류 마찰 에너지로 인하여 진도를 중심으로 6월부터 조석전선이 형성되며, 섬 주변 전 해역에서 외해역에 비해 여름철에도 2~3℃ 낮은 저수온역이 분포하며, 수온이 22℃내외로 이러 한 조건은 여름철 고수온시 하면에 들어가 성장이 낮은 해삼서식에 적합하며, 대량 양 식에 유리한 조건을 제공해준다. 해삼은 담수 유입이 적은 곳이 서식에 유리한 것으로 알려져 있다. 저수온역이 발달한 세지역의 염분을 비교해 볼 때, 경기만 지역은 한강하 구에서 담수방류로 인하여 염분이 크게 떨어지는 것으로 나타났고 태안 권역은 보령, 천수만내 서산A, B 지구 간척지와 홍보지구 등 많은 간척지가 축조되어 있어, 여름철 집중 강우시 담수대량 방류로 인해 일시적으로 염분이 하강할 수 있는 잠재적 가능성 을 가지고 있다. 또한 금강하구의 담수 방류는 북쪽으로 이동하여 태안 지역에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 진도의 경우 외해에 떨어져 있는 곳으로 염분은 항상 고염상태 를 유지하고 있으며, 빠른 유속으로 인해 일부 간척지에서 방류된 담수는 바로 해수와 혼합되어 이동되므로 큰 피해를 줄 수 있는 기회는 적은 것으로 나타났다. 환경상태를 비교해 보았을 경우, 상대적인 오염원이 적은 진도해역이 가장 좋은 여건을 가지고 있 는 것으로 나타났다. 특히 세계적으로 LOHAS개념의 생활 패턴과 웰빙수산식품의 선 호도가 높아지고 있는 상황에서 유류오염이 심각한 태안권역과 한강방류에 의한 오염 원 유입 가능성이 큰 경기만 지역에 비해 진도권역에서 해삼 생산은 향후 수출에 있어 서도 좋은 여건을 갖추고 있다고 할 수 있다. 특히 단조로운 해안선을 가지고 있는 태 안 권역에 비해 진도권역은 많은 섬들이 있고 리아스식 해안을 이루고 있어 해삼 산업 화 대량양식을 할 수 있는 적지가 많다. 표 4-2에 제시한 해역별 비교 조건을 살펴보았 을 때 진도지역은 청정한 환경상태를 유지하고 있는 저수온 해역으로 긴 리아스식 해안 을 가지고 있어 해삼 산업화 대량양식에 가장 적합하다고 할 수 있다.

구 분	진도권역	태안권역	경기만
여름철 냉수대 강도	강	강	NS S
여름철 냉수대 지속성	지속성유지	일시적으로 소멸	지속성유지
염분변화	거의 없음	거의 없으나 주변 간척지 및 금강하구로부터 담수대량방류로 인해 염분 하강 가능	한강하구 담수 대량방류로 저염분
환경상태	양호	유류오염으로 환경악화	한강으로부터 영향 및 간척개발
어장개발 잠재적 여건	섬이 많고, 해안선이 길고, 리아스식 해안으로 해삼양식장 개발 조건 좋음	해안선이 단조로움	리아스식 해안이나 냉수역은 북한쪽에 인접하여 발달
접근성	본도로부터 접근이 좋음	수도권과 가까움	백령도 지역으로 접근성이 좋지 않음

표 4-2. 서해연안 냉수대 해역 해삼 산업화 여건 비교 분석

나. 진도해역의 해양학적 특성

1) 지역개황

진도는 대한민국 최서남단 해역 동경 125°37 '~126°28 ', 북위 34°08 '~34°35 ' 위 치에 있으며, 우리나라에서 세 번째로 큰 섬이다. 동쪽은 명량해협을 사이에 두고 해남 반도로 이어지고 서쪽은 황해, 남해은 제주해협으로 틔어 있으며, 해남군 화원반도 및 신 안군의 여러 섬들과 마주한다. 본도의 면적은 360km²이며, 총면적은 430.7km²이다. 하천 으로는 석교천, 인지천, 이십오천, 진도천, 의신천 등이 있으나, 대부분 3~6km로 짧고, 의신천만이 10km정도로 바다로 흘러들어가며, 대부분 하천경사가 급하다. 진도군은 진 도, 상조도, 하조도, 가사도 등 45개의 유인도와 185개의 무인도 등 230개의 섬으로 이 루어져 있다. 계절에 따라 여름에는 태풍, 겨울에는 북서계절풍의 영향으로 파도가 많 으며, 진도 본도의 만입지에는 간석지가 발달해 있으며, 파도의 영향을 많이 받는 동거 차도, 서거차도, 대마도, 관매도, 외병도, 내병도의 해안을 따라 해식애와 파식대가 발달 해 있다. 전체 해안선은 583.1km이며, 리아스식 다도해 연안으로 그 수심이 50m 내외로 얕은 천해역을 이루고 있으며, 수심분포는 등수심선들이 연안선을 따라 평행하게 분포 하고 있다(그림 4-11). 특히 울돌목으로 불리는 명량해협은 시속 79km의 빠른 조류가 흐르고 있으며 이곳에서는 시범적인 조류발전이 이루어지고 있다.

2) 조석

그림 4-12는 진도 수품 조위관측소에서 2009년 1년간 관측한 해수면 변화임. 반일주 조 및 일조부등의 전형적인 서남해안 조석 특성을 보여주고 있다. 표 4-3은 진도 수품 에서 관측된 2009년 1년간 해수면 자료를 이용하여 조화분해한 결과로 M₂ Amp. 105.13cm 로 전체중 50%에 해당하며 전형적인 반일주조 특성이 우세한 해역임 보여 주고 있다.

1월부터 12월 까지 월별평균 해면은 평균해면 200.9 cm 이며, 1월에 182.8 cm로 가 장 낮았으며, 8월에 221.1cm로 가장 높았다. 동계에 평균해수면은 낮고, 하계에 평균해 수면이 상승하는 경향을 보였다(그림 4-13).

3) 해수유동

진도주변해역에 대한 진도 권역 해역의 해수유동패턴을 국립해양조사원 수치조류도 를 이용하여 대조기, 소조기로 나누어 살펴보았다. 소조기 진도 주변해역의 해수유동은 그림 4-15와 같이 장죽수도와 시아해 영등수로로 향하는 지역에서 최강 창, 낙조류가 형성되는 것으로 나타났으며, 진도 남서쪽 남단을 지나면서 유속은 강화되고, 사아해 영등수로를 거쳐 유속은 강하게 형성된다. 낙조류에 비해 창조류는 다소 감소하는 형 태를 보였다. 그림 4-16는 진도주변해역의 대조기 해수유동분포이다. 소조기에 비해 유 속은 강화되었으며, 장죽수도 등 수로에서 강한 유속이 소조기와 같은 경향을 보이지 만, 그 외 주변해역에서도 강한 유속 패턴을 보이고 있다.



그림 4-12. 진도주변지역개황 및 해저지형



그림 4-13. 2009년 진도 수품항 조위관측소에서 조사된 해수면변화

표 4-3. 진도군 수품항 조석 조화 분해 결과

구 분	Amp.(cm)	Phase(°)
\mathbf{M}_2	105.13	329.14
S_2	40.72	2.90
K 1	28.96	219.60
O 1	21.87	185.53



그림 4-14. 2009년 진도 조위관측소에서 분석된 평균해수면변화



(a)

(b)



그림 4-15. 진도주변해역의 소조기 해수유동패턴. (a) 저조시조류분포 (b) 최강창조류 (c) 고조시조류분포 (d) 최강낙조류(국립해양조사원)



(a)

(b)



그림 4-16. 진도주변해역의 대조기 해수유동패턴. (a) 저조시조류분포 (b) 최강창조류 (c) 고조시조류분포 (d) 최강낙조류(국립해양조사원)

국립해양조사원에서 진도 장죽수도에서 표층하 5m에서 RCM9 유속계로 한달 간 관 측한 정점 A에서 해수유동 자료를 이용하여 조류특성을 정밀 분석하였다. 최강 창조류, 최강 낙조류, 평균 창·낙조류, 평균 조류속, 잔차료에 대한 분석 결과는 아래 표 및 그 림 4-17과 같다. 최강 창조류는 2.327 m/s, 최강 낙조류는 1.965 m/s이었으며, 평균 창·낙조류는 각각 0.881 m/s, 0.848 m/s 이었다. 잔차류는 0.051 m/s 이며, 유향은 151° 이었다. 유속의 누적 분포를 살펴보면 1m/sec 이하 유속이 56.8%를 차지하고 있다(표 4-5).

최강 치	황조류	최강 닉	조류	평 창・낙조	권 류(m/s)	평균 조류속	잔치	ŀ 류
유속(m/s)	유향(°)	유속(m/s)	유향(°)	창조류속	낙조류속	(m/s)	유속(m/s)	유향(°)
2.327	116.6	1.965	299.2	0.881	0.848	0.864	0.051	151

표 4-4. 최강 창조류, 낙조류, 잔차류 분석결과

표 4-5. 관측유속/조류성분유속 세기 구간 누적분포

세기 구간(m/s)		<0.33	0.33~0.67	0.67~1	1~1.33	1.33~1.67	1.67~2	2<
관측 유속 (m/s)	비 율(%)	12.0	22.9	21.9	19.5	14.7	8.1	0.9
	누적률(%)	12.0	34.9	56.8	76.3	91.0	99.1	100.0
예측 조류 (m/s)	비 율(%)	17.8	20.6	22.3	20.2	12.8	5.2	1.1
	누적률(%)	17.8	38.4	60.7	80.9	93.7	98.9	100.0



07/19

07/26

그림 4-17. 정점 A에서 관측된 조류 분석결과. (a) 조류타원도 (b) 조류벡터도

07/12

(b)

07/05

06/28

T_tide 를 이용하여 조류조화분해 결과는 아래와 표와 같다. 조류조화분해 살펴보면 가장 큰 성분인 M₂ 분조에 대한 반장축의 길이는 1.37 m/s, 이고 반단축의 길이는 -0.007 m/s이다. 반장축의 길이에 대한 반단축의 길이의 비가 0.005이므로 왕복성 조류 우세 해역이라는 것을 알 수 있다.

tide	freq	major	emaj	minor	emin	inc	einc	pha	epha
*MSF	0.0028219	0.026	0.020	0.004	0.03	112.17	80.24	136.51	70.39
*2Q1	0.0357064	0.026	0.025	0.017	0.02	32.26	94.50	226.60	94.02
Q1	0.0372185	0.025	0.031	-0.005	0.03	133.53	55.26	64.53	79.08
*01	0.0387307	0.141	0.041	0.009	0.03	124.19	11.36	100.48	14.92
NO1	0.0402686	0.009	0.021	0.005	0.01	93.98	57.65	139.79	186.22
*K1	0.0417807	0.216	0.039	0.026	0.03	124.03	7.11	160.74	10.65
J1	0.0432929	0.015	0.027	-0.010	0.02	150.14	78.62	355.87	174.33
001	0.0448308	0.014	0.019	-0.001	0.01	127.43	40.05	235.56	90.02
UPS1	0.0463430	0.011	0.018	0.000	0.01	61.65	52.11	345.25	136.32
*N2	0.0789992	0.212	0.071	0.006	0.04	113.77	11.94	249.41	20.52
*M2	0.0805114	1.370	0.073	-0.007	0.05	117.38	2.12	271.86	3.23
*s2	0.0833333	0.338	0.072	0.004	0.05	117.35	7.07	352.03	11.89
ETA2	0.0850736	0.023	0.034	0.013	0.03	121.44	55.95	13.32	133.89
*M03	0.1192421	0.034	0.022	-0.011	0.03	140.79	60.34	238.34	59.46
*M3	0.1207671	0.033	0.033	-0.016	0.03	121.46	70.05	48.42	82.65
*мкЗ	0.1222921	0.072	0.040	-0.035	0.02	95.77	28.33	352.97	39.03
*sK3	0.1251141	0.031	0.030	0.012	0.02	80.27	54.30	302.33	86.55
MN4	0.1595106	0.007	0.030	-0.004	0.03	131.94	124.50	77.77	202.97
*M4	0.1610228	0.075	0.038	-0.055	0.03	38.68	79.83	165.24	75.13
*MS4	0.1638447	0.043	0.029	-0.021	0.03	129.33	72.73	136.45	79.18
s4	0.1666667	0.017	0.026	0.001	0.03	85.92	110.38	217.51	143.12
*2MK5	0.2028035	0.058	0.040	-0.010	0.02	109.53	24.64	271.41	42.19
2sk5	0.2084474	0.009	0.026	0.003	0.02	112.69	60.55	233.24	175.79
2MN6	0.2400221	0.024	0.035	-0.001	0.02	90.00	48.71	6.08	115.84
*M6	0.2415342	0.101	0.042	-0.012	0.03	117.69	17.67	41.91	24.11
*2MS6	0.2443561	0.067	0.037	0.003	0.04	130.52	31.64	115.06	37.91
2SM6	0.2471781	0.018	0.030	0.003	0.02	104.78	61.05	160.34	136.08
*3MK7	0.2833149	0.040	0.028	0.008	0.03	49.45	38.96	128.97	53.35
*M8	0.3220456	0.039	0.024	0.010	0.03	22.09	58.15	223.60	48.04

표 4-6. 조류 조화분해 결과

4) 냉수대

그림 4-18은 전남 서남해안 표층과 저층 수온 분포도이다. 이 그림에서 조석전선에 의한 냉수대 경계가 여름철에 뚜렷이 구별되는 것을 알 수 있다. 이러한 냉수대는 서 해지역은 조류가 강하고 연안쪽의 강한 조류마찰에너지에 의한 수직혼합과 외해역의 성층 지역 경계되는 조석전선에 의해 구별됨. 특히 진도연안은 조류에너지가 강한 지 역으로 조석전선이 강하게 여름철에 형성된다. 진도군 근해해역에서 표층 수온 분포를 살펴보면 조석전선은 수온이 상승한 6월부터 대흑산도와 진도군을 중심으로 형성되기 시작하며, 여름철인 8월까지 강하게 유지되며 주변해역 보다 2~3℃ 낮은 저수온역이 형성되었다. 50m 층을 살펴보면 동계에는 표, 저층간 수직혼합이 활발한 특성을 보여 주고 있으며, 하계에는 전남 북서쪽 해역이 11℃이하였고 흑산도 주변해역에서는 16℃ 내외로 동서방향의 수온전석이 형성되어 있으며, 추계에는 이러한 구조는 지속되는 것으로 나타났다.



그림 4-18. 진도주변 근해역의 1966~1995년 평균 표층, 50m층 수온 분포도 (정 등, 2009)

다. 진도 해역내 적지 후보지 선정

1) 개 요

진도는 230개 섬으로 이루어져 있으며, 전체 해안선은 583.1km이며, 리아스식 다도해 연안으로 해삼양식을 위한 바다공간이 풍부하다. 특히 앞에서 살펴본 바와 같이 서해연 안 3개 지역 저수온역 중 진도는 해양학적으로 우수성이 가장 좋은 것으로 나타났다. 지형학적인 특성을 고려한 선행조사결과 진도군 지산면, 조도면, 의신면 지역이 해삼양 식단지 조성에 적지후보지로 분석되었다. 선행 검토 결과를 살펴보면 지산면 보전해역 일원은 전복양식단지가 위치해 있어 이곳에 해삼산업화 Pilot 모델을 추진할 경우 전복 단지로부터 해삼 먹이 공급원이 될 수 있는 유기물이 많이 공급될 수 있을 것으로 판 다되며, 진도군 조도면 일원은 많은 섬이 산재해 있어 해삼산업화 양식섬으로서 개발 이 유리할 것으로 사료된다. 그리고 진도군 의신면 모도 해역은 이미 소규모 바다목장 화 사업이 진행중으로 최종 검토 결과 진도군 지산면 보전해역과 진도군 조도면 해역 으로 압축하여 두 지역에 대한 적지조사를 실시하였다(그림 4-19).



그림 4-19. 해삼산업화 Pilot 모델 적지조사 후보지역

2) 조사내용 및 방법

두 해역에 대하여 해삼 산업화 Pilot 모델 적지조사를 실시하였다. 조사해역은 진도 지산면 보전지구(그림 4-20)와 진도 조도면 대마도 지구(그림 4-21)이었으며, 조사일시 는 보전지구는 2010년 8월18일, 대마도 지구는 10월19일 이었다. 조사내용은 해역에 대 한 수질, 저질환경 및 서식생물상 현장 조사를 실시하였으며, 해수유동 조사는 국립해 양조사원 수치조류도를 이용하여 분석하였다. 해저생물상 조사는 잠수부가 직접 조사 지역에 잠수하여 서식하는 생물을 무작위로 채취하여 해삼서식 여부 및 다른 저서생물 서식여부를 살펴보았다. 수질 및 저질 분석은 해양환경공정시험법(해양수산부, 2005)에 따라 분석하였으며, 현장 수온, 염분 관측은 RBR-CTD를 이용하여 측정하였다.



그림 4-20. 해삼산업화 Pilot 모델 적지조사 후보지역.(조사정점 : 수질 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 저질 6, 9, 10, 11, 잠수조사 2, 4, 6 7, 8, 9)



그림 4-21. 해삼산업화 Pilot 모델 적지조사 후보지역

수질분석은 다음과 같이 실시하였다.

① 부유물질(SS)

미리 무게를 측정한 유리섬유여과지(GF/C)로 해수시료를 여과 후, 103~105℃에서 항 량으로 건조하여 여과 전후의 무게차이로부터 계산하며, 여과 마지막 단계에서 초순수 로 탈염하여 염분에 의한 무게오차를 방지하였다.

② 화학적 산소요구량(COD)

해수시료를 알카리성으로 하여 강산화제인 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 100℃ 수욕 상에서 60분간 가열반응 시킨 후, 요오드화칼륨과 황산을 넣어 소비되고 남은 산화제 에 의하여 유리된 요오드의 양을 측정하여 산소량으로 나타냈다.

③ 총질소(TN), 총인(TP)

총 질소(TN)와 총 인(TP)은 영양염류자동분석기(AACS-V)를 이용하여 정량하였다.

④ 용존무기 영양염류(Dissolved inorganic nutrients)

영양염(NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, NH4⁺-N, HPO4²⁻-P)은 채수된 시료를 25 mm GF/F filter를 통과시켜, 여액을 20 ml plastic병에 담아 dry ice에 냉동 운반하여 분석시까지 냉동 보 관 후, Parsons *et al.*(1984) 방법에 준하여 Autoanalyzer (AACS-V, Bran-Luebbe)를 이용하여 측정하였다.

질산염(NO₃⁻): 시료를 Cu-Cd 컴럽에 통과시켜서 아질산염으로 환원시킨 다음, 아질산 이온 분석방법과 같은 방법으로 발색시킴.

암모니염(NH4⁺): 시료에 phenol과 sodium nitroprusside 혼합용액 및 sodium citrate와 sodium dichlorophenol indophenol 혼합용액을 가하여 발색시킴.

인산염(PO₄³⁻): 시료에 ammonium molybdate, potassium antimonyl tartrate와 황산의 혼합시약을 가하고, ascorbic acid로 환원시켜 발색시킴.

⑤ 엽록소 a (Chlorophyll a)

엽록소 *a* 농도측정은 해수 2ℓ를 25mm GF/F filter로 여과하여 90% acetone 용액에 -20℃의 냉암소에서 24시간 동안 추출한 후, UV-Vis spectrophotometer(Unicam 4-100)를 이용하여 750, 663, 645, 630 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다(Parsons et al., 1984).

퇴적물 시료분석은 다음과 같이 실시하였다.

① 함수율(water content)

해저퇴적물은 항상 해수와 접촉하고 있어 공극에는 해수로 채워져 있다. 따라서 습 시료를 이용하여 분석하는 항목에 있어서는 보정이 필요하며, 대부분 함수율을 이용하 므로 반드시 분석해야할 항목이다. 함수율의 측정은 해저퇴적물의 건조 전 후의 무게 차로 측정한다. ② 산휘발성황화물(Acid Volatile Sulfide : AVS)

산휘발성황화물(AVS)은 해저퇴적물 내 산소 결핍 및 고갈과 같은 환경을 평가하는 데 있어 중요한 의미를 가지는 인자로 황검지관을 사용하여 검지관에 흡수되는 황의 양을 읽어 정량하는 황화물 정량법으로 하였다.

③ 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand : COD)

퇴적물 내 유기물을 강한 산화제로 산화시킬때 소모되는 산소량으로 과망간산 칼륨 일정과량을 넣은 다음 수산화나트륨을 첨가하여 알칼리화한 다음, 일정시간 가열반응 시키고 요오드화칼륨 및 황산을 넣어 남아있는 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드 를 녹말지시약을 사용하여 0.1N 티오황산나트륨용액으로 적정하여 산소의 양을 측정하 였다.

④ 강열감량 (Ignition loss : IL)

퇴적물 중 유기물량을 측정하는데 있어 가장 간편한 탄소량 측정방법 중 퇴적물을 고온으로 가열한 후 그 무게 차이를 알아내는 방법으로 냉동 건조된 시료를 곱게 연마 (230mesh 크기의 체 통과) 한 후 도가니를 이용하여 550℃ 전기로에 2시간 동안 가열 하여 가열전후의 시료차로 정량하였다.

⑥ 입도분석

표충퇴적물 시료를 채집하여 실험실로 운반 후, 전 처리한 시료 약 20~30 g를 채 취, 용량 500ml 유리 비커에 담아 과산화수소(H₂O₂)를 서서히 가하면서 유기물을 제거 하고, 과산화수소와 유기물의 반응이 더 이상 일어나지 않으면 시료를 hot plate에서 가열하여 남아있는 과산화수소를 제거하였다. 과산화수소를 제거한 시료는 염산(10% HCl)으로 CaCO₃를 제거한 후 증류수를 이용하여 세척하고, 4Φ(62.5 µm) 체로 걸러, 사 질과 니질 퇴적물을 분리함. 분리된 사질 퇴적물은 오븐에서 건조하여 각 크기별로 체 질(dry sieving)한 후 무게를 측정하고, 니질은 2% 칼곤(Calgon; Hexasodium metaphosphate) 용액을 첨가한 후 자동입도분석기(SALD_2201, SHIMAZU)를 이용하 여 분석하였다.

해삼산업화 Pilot 모델 적지를 조사하기 위해서 다음과 같은 기준에 따라 조사결과를 분석하였다(표 4-7).

3) 조사결과

그림 4-22~25까지는 진도 지산면 보전지구에서 조사한 수질환경 분석 결과 이다. 항 목별 분포 특성을 살펴보면 다음과 같다.

수온의 경우 표층은 20.28~22.37℃, 저층은 19.88~21.07℃로 동일시기에 갯벌이 넓게 분포하는 신안지도 지역 보다 약 5℃ 낮은 저수온 역으로 나타났다(그림 4-22). 염분은 표층이 31.53~31.68 psu, 저층이 31.30~31.59 psu로 연안지역과 비슷한 값을 보였다(그림 4-23). pH는 표층이 8.10~8.14, 저층이 8.09~8.12로 해역의 약알칼리성 특성을 보였다(그림 4-24). 용존산소(DO)는 표층이 7.80~7.99 mg/ℓ, 저층이 7.41~7.73 mg/ℓ로 양호하였다(그림 4-25). 화학적산소요구량(COD)은 표층이 0.82~2.49 mg/ℓ, 저층이 0.9 5~1.71 mg/ℓ로 해역수질생활환경기준 I~Ⅲ 등급 수준을 보였다(그림 4-26).

표	4-7.	해삼산업화	Pilot	모델	적지	조사	フ	군
---	------	-------	-------	----	----	----	---	---

구	분	내 용	비	고
서식	상태	자연산 해삼이 서식하는 곳		
수	온	5 ~ 28°C		
염	뷴	25 ~ 34‰		
수	심	연안의 조간대 ~ 20m 사이		
저	질	사락질 또는 사질		
서스	니처	어린 해삼 : 연안의 암초나 해조장 자대 어미 해삼 : 바깥쪽의 암반, 모래자갈, 개흙질이 섞인 모래질		
해적	생물	게류, 어류, 불가사리 등		
7]	타	적조발생이 없고 조류 소통이 좋으며 대형 해조류가 분포하는 해역		

클로로필_a는 표층이 0.36~0.82 μg/ℓ, 저층이 0.35~0.95 μg/ℓ이었다(그림 4-27). 용 존무기질소(DIN)는 표층이 0.095~0.124 mg/ℓ, 저층이 0.105~0.151 mg/ℓ이었으며(그 림 4-28), 용존무기인(DIP)은 표층이 0.008~0.014 mg/ℓ, 저층이 0.007~0.014 mg/ℓ이었 다(그림 4-29). 부유물질은 표층이 6~34 mg/ℓ, 저층이 7~58 mg/ℓ이었다(그림 4-30).

저질입도에 대한 분석결과는 그림 4-31과 같다. 표층평균입도 5.50~6.53phi 으로 퇴적 상은 (g)sM:slightly gravelly sandy mud 로 자갈이 조금 포함된 니사질 퇴적상을 보 였다. 장도지역 정점 6에서는 Gravel 4.58%, Sand 14.13%, Mud 81.29%, 전복단지가 위치한 정점 9에서는 Gravel 1.35%, Sand 25.41%, Mud 73.25%, 정점 10에서는 Gravel 6.30%, Sand 33.87%, Mud 59.83%, 정점 11에서는 Gravel 0.03%, Sand 21.49%, Mud 78.03%,의 조성비를 보였다. 저질의 전체적인 함수율은 38.14~43.87%로 저질 강열감량 (IL)은 7.27~8.42%로 높게 나타났다(그림 4-32). 이것은 주변에 전복양식단지가 있어 이곳에 부하된 사료나 배설물의 영향으로 생각된다. 저질화학적산소요구량(COD)은 5.97~9.49mg/g으로 분석되었다(그림 4-33). 장도와 보전지구 중심으로 잠수조사를 통한 저서생물 조사결과 민꽃게 및 불가사리, 성게 등 극피동물과 전복, 산호류, 홍조류 및 잘피 일부 서식하였으며 생물상이 빈약하였고, 해삼의 하면시기 이지만 연안주변을 정 밀잠수조사를 실시하였지만 해삼 서식은 확인할 수 없었다(그림 4-34, 4-35).

진도 보전지구는 여름철 같은 시기에 갯벌지역보다 약 수온이 5℃ 정도 낮은 냉수대 해역으로 전복단지 저층은 유기물 풍부하여 복합 해삼양식에 적합하나, 강한 유속이 걸 림돌이다(그림 4-36). 강한 유속으로 인해 양식단지 저층과 장도 등 섬주변에는 저서생 물상이 빈약하였으며, 특별한 부착기질이나, 강한 유속을 저층에서 감쇠할 수 있는 해중 수중보 등을 설치해야만 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 조성이 가능한 것으로 나타났 다(그림 3-14). 따라서 이번 적지조사에서는 현 단계에서는 부접한 것으로 분석되었다.



그림 4-23. 진도 보전지구 염분 분포



그림 4-25. 진도 보전지구 DO 분포



그림 4-26. 진도 보전지구 COD 분포



그림 4-27. 진도 보전지구 엽록소 a 분포



그림 4-28. 진도 보전지구 DIN 분포



그림 4-29. 진도 보전지구 DIP 분포



그림 4-30. 진도 보전지구 SS 분포



그림 4-31. 진도 보전지구 저질 입도 분포



그림 4-33. 진도 보전지구 저질 COD 분포



그림 4-34. 진도 보전지구 저서생물 잠수조사



그림 4-35. 진도 보전지구 저서생물 잠수조사 결과



그림 4-36. 진도 보전지구 대조시 최강 낙조류(상), 창조류(하)

그림 4-37~4-43까지는 진도 조도면 대마도 지구에서 조사한 수질환경 분석 결과 이 다. 항목별 분포 특성을 살펴보면 다음과 같다.

수온은 16.13~16.92℃(그림 4-37) 염분은 32.42~32.67psu로 고염상태를 보였다(그림 4-38). 용존산소(DO)는 7.53~7.69 mg/ℓ로 양호하였다(그림 4-39). 클로로필_a는 0.35~0.90 μg/ℓ이었다(그림 4-40). 용존무기질소(DIN)는 0.126~0.139 mg/ℓ이었으며(그림 4-41), 용존무기인(DIP)은 0.029~0.032 mg/ℓ이었다(그림 4-42). 부유물질은 표층이 6~23 mg /ℓ이었다(그림 4-43).

저질입도에 대한 분석결과는 그림 4-44과 같다. 표층평균입도는 6.47~8.05phi으로 퇴 적상은 sM(Sandy mud)나 M(mud)로 니사질 또는 니질의 퇴적상을 보였다. 정점별 입도조성비를 살펴보면 정점 1에서는 Gravel 4.92%, Sand 24.04%, Mud 71.04%, 정점 2에서는 Gravel은 없고 Sand 14.35%, Mud 73.25%, 정점 3에서도 Gravel은 없고 Sand 1.71%, Mud 98.29%, 정점 4에서도 Gravel은 0%, Sand 9.32%, Mud 90.68%의 조성비 를 보였다. 저질의 전체적인 함수율은 43.22~50.23%로 저질 강열감량(IL)은 6.80~ 9.48%로 다소 높게 나타났다(그림 4-45). 저질화학적산소요구량(COD)은 12.23~16.40 mg/g으로 분석되었다(그림 4-46). 산휘발성황화물은 0.002~0.308 mg/g으로 분석되었다 (그림 4-47). 대마도 지구 중심으로 잠수조사를 통한 저서생물 조사결과 불가사리, 보 라성게 등 극피동물과 전복, 산호류, 홍조류 및 잘피가 다량 서식하였으며 해삼서식을 확인할 수 있었다(그림 4-48, 4-49). 서식하는 해삼은 55.35~218.56g 중량을 보였다(그 림 4-50).

대마도 인근 해역에서는 대조기에 빠른 유속을 보이지만 대마도 지형상 요철이 지역 에서는 안정된 해수면을 유지하고 있어 해삼 및 다른 저서생물이 서식하기에는 적합하 다(그림 4-51).

진도 조도면 대마도지구는 지형학적 구조상 요칠 형태로 되어 있고 주변에 전복 및 해삼 등이 많이 서식하는 것으로 조사되었다(그림 4-52). 대마도 지구에서 해삼 산업화 Pilot 모델 시험어장으로는 두 지역이 선발되었다(그림 4-53). 그러나 안쪽으로 정체된 해역에 대해서는 지속적인 저질 모니터링이 요구된다. 이중 35ha에 대해서 우선적지로 선정하고 시험어장으로 지정하여 공고하였으며(그림 4-54), 시험어장에 대한 주민설명 회를 가졌다. 선정된 해삼 산업화 Pilot 모델 시험어장에 대해서는 2010년 11월 24일 해삼 2~5g 크기의 30만 마리 종묘를 잠수부가 직접 수중으로 들어가 해삼 서식에 적 합지역을 선별하여 방류하였다(그림 4-55). 방류시기의 저질환경 조사결과를 살펴보면 저질입도는 7.92phi 니사질 퇴적상으로 Gravel 0.09%, Sand 23.09%, Mud 76.82%로 나타났다(표 4-7). 저질의 전체적인 함수율은 43.12%로 저질 강열감량(IL)은 6.63% 저 질화학적산소요구량(COD)은 7.46 mg/g, 산휘발성황화물은 0.036 mg/g이었다(표 4-8).



그림 4-37. 진도 대마도 지구 수온 분포



그림 4-38. 진도 대마도 지구 염분 분포



그림 4-39. 진도 대마도 지구 DO 분포



그림 4-40. 진도 대마도 지구 클로로필 a 분포


그림 4-41. 진도 대마도 지구 DIN 분포



그림 4-42. 진도 대마도 지구 DIP 분포



그림 4-43. 진도 대마도 지구 SS 분포



그림 4-44. 진도 대마도 지구 저질 입도 분포



 25

 20

 15

 10

 5

 0

 1

 2

 3

 4

 -1

 2

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1

 -1



그림 4-47. 진도 대마도 지구 저질 산휘발성황화물 분포



그림 4-48. 진도 대마도 지구 저서생물상 조사



그림 4-49. 진도 대마도 지구 잠수 저서생물상 조사 결과



그림 4-50. 진도 대마도 지구 서식 해삼



그림 4-51. 진도 대마도 지구 인근 대조기 낙조류(상), 창조류(하)



그림 4-52. 진도 대마도 지구 해삼 분포 지역



그림 4-53. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 가능지역



그림 4-54. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 지정 공고문



그림 4-55. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 해삼 방류

표 4-7. 대마도 지역 시험어장 2010년 11월 24일 저질입도 분석결과

지 역	Mz (phi)	Gravel(%)	Sand(%)	Mud(%)
대마도 지구	7.94	0.09	23.09	76.82

표 4-8. 대마도 지역 시험어장 2010년 11월 24일 저질환경조사결과

지 역	IL	water content	COD	AVS
	(%)	(%)	(mg/g)	(mg/g)
대마도 지구	6.63	43.12	7.46	0.036

대마도 지역 시험어장 관리를 위하여 2011년 3월 19일 수질환경/저질환경 및 서식생 물 조사를 실하였다. 조사당일 기상악화로 인하여 잠수조사가 불가능하였다. 수질환경 분석결과 수온은 8.01~8.16℃, 염분은 33.52~33.53 psu, 용존산소는 11.10~11.15 mg/ℓ, 화학적산소요구량은 0.88~1.00 mg/ℓ, TN 0.232~0.239 mg/ℓ, TP 0.020~0.042 mg/ℓ 으로 양호한 수질상태를 보여주었다(표 4-9). 저질환경은 산휘발성황화물은 0.024 mg/g, 강열감량은 9.28%, 저질화학적산소요구량은 10.92 mg/g으로 해삼 서식환경에는 적합한 것으로 나타났다(표 4-10).

표 4-9. 대마도 지역 시험어장 2011년 3월 19일 수질환경조사결과

구 분	수온 (℃)	염분 (psu)	용존산소 (ாg/ l)	부유물질 (ாg/ l)	COD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
표 충	8.16	33.52	11.15	64.63	0.88	0.232	0.042
저 층	8.01	33.53	11.10	74.74	1.00	0.239	0.020

표 4-10. 대마도 지역 시험어장 2011년 3월 19일 저질환경조사결과

구 분	산휘발성황황물(mg/g)	강열감량(%)	저질화학적산소요구량 (mg/g)
저서환경	0.074	9.28	10.92

2010년 11월 24일에 방류한 어린 해삼에 대한 사후 관리조사를 2011년 5월 14일 조사 실시하였다. 전문 잠수부가 현장에서 10분 동안 채취한 결과 39마리 해삼을 포획하였 으며, 이중 13마리가 방류한 개체로 확인되었다. 방류한 개체의 중량은 50~60g 내외로 성장이 양호한 것으로 나타났다(그림 4-56).



어미해삼 생식소 전무(10마리)



전문 잠수부 입수



어획한 샘플



어미해삼과 방류한 해삼

그림 4-56. 진도 대마도 지구 해삼산업화 Pilot 모델 시험어장 효과 조사

해삼산업화 모델을 개발하기 위해서는 Pilot 규모를 넘어서야 할 것이다. 1,000톤의 해삼을 생산 계획으로 잡을 경우, 5g 종묘를 m² 당 5~7마리를 방류하여 약60% 생존 율을 가지고 150g으로 수확할 경우 200ha의 면적이 필요하며 약11,000,000마리 종묘가 필요하다. 11,000,000마리 종묘를 생산하기 위해서는 중국대련에서 생산하는 망지방식 을 도입할 경우 2,000톤 규모의 11개 종묘생산장이 필요하다. 2,000톤 규모는 소규모 이므로 이를 중앙집중식으로 대형화 할 경우 10,000톤 규모 종묘생산장 2개소가 적합 할 것으로 판단된다. 해삼산업화 Pilot 모델에서 직접적으로 1차적인 수익은 현재 해삼 1kg이 22,000원에서 23,000원에 거래되므로 20,000원을 적용할 경우 약200억의 1차적인 수익을 올릴 수 있을 것으로 기대된다. 해삼산업화 모델을 개발하기 위해서는 대단위 종묘생산장 및 해삼서식장이 필요하다. 이것은 대규모 투자자본이 유입되어야하고, 투 자비용 외에 해삼을 씨뿌림할 수 있는 어장이 필요하다. 이것은 대규모 기업자본과 어 촌계와의 협력이 필요할 것으로 보인다. 그러나 현제도에서는 아직 까지 어장의 임대 는 어려우므로 어촌경제 산업화를 위한 투자유치에 대한 새로운 법안이 마련되어야 할 것으로 보인다. 이러한 기업화에 대한 성공사례는 중국장자도 어업그룹에서 그 좋은 예를 찾아 볼 수 있으며 이에 대한 내용은 5장에 제시하였다.

제 5 장 해삼가공 · 수출전략

해양생물중 극피동물(棘皮動物)중 해삼과(海蓼科)에 속하는 해삼(학명, Stichopus japonicus)은 예로부터 바다의 인삼으로 불리거나 최고의 스태미나 식품으로 그 인기가 날로 높아지고 있다. 특히 중국을 비롯한 화교권에서의 수요가 크게 증가하는 추세에 있지만, 소비량의 증가에도 불구하고 공급생산량이 매년 크게 감소하고 있어 신규수요 에 대응하기 위해서는 인공종묘의 대량생산과 양식이 시급하다.

해삼 산업은 Seller's Market 품목으로 해삼종묘 및 대량 양성 시스템이 적립된다면 수출산업 창출에 유리한 고지를 점할 수 있을 것으로 본다. 해삼의 최종적인 소비 형 태는 가공제품이라 할 수 있다. 중화권에서 소비되는 제품 형태는 약용자원 외에 건해 삼, 해삼정제식품, 해삼의 성분을 추출하여 첨가한 우유, 소스, 술 종류 등이 있다. 이중 가장 선호되고 소비량이 큰 것은 건해삼이라 할 수 있다. 중국에서 대부분 해삼수요가 발생하므로 중국에서 대부분 해삼 종묘생산, 양식, 사료 및 질병예방 연구 외에 해삼 가공기술 등이 발달하였다.

전 중국의 연안에 분포되어 있는 해삼은 134 종으로 알려져 있으며(Liao, 1997) 이들 중 20여 종은 식용이 가능 하거나 (Zhang, 1954, 1958) 약재로서의 특성이 있는 것으로 알려져 있다(Fan, 1979)(표 5-1). 대부분 종들이 아열대에서 열대해역에 분포하고 있으 며 높은 가치를 가지는 Apostohopus japonicus와 같은 몇 종은 온대해역에 분포하고 있다. 식용 가능한 종들은 모두가 Aspidochirotida 목에 속하여 있음에 비하여 Dendrochirotida목 에도 식용 가능한 몇 종이 있다. Moldavia 목에서는 유일하게 Acaudina leucoprocta가 식용 가능하며 중국 에서는 해삼을 "바다의 감자(sea potato)" 라고도 한다(Fu, 1994). 중국인들은 해삼을 과거부터 전통 의약품으로 사용하고 있다. 해삼은 명조(1368~1644 BC) 때의 Gencao Gangmu(Li, 1596, 1994년 재출판)에 처음으 로 강장제로 기록되어 있다. 중국 전통의학의 이론과 원칙에 의하면 해삼은 혈액에 영 양을 보강하며, 기(氣)를 주며, 신장의 이상을 치료하며 생식기관이 재생되게 하고 특 히 장이 건조되지 않게 하는 역할이 있은 것으로 되어 있다. 해삼은 소금과 같은 성분 을 가지고 있으며 아울러 몸을 덥게 하는 특징이 있는 것으로 되어 있다. 해삼은 허약 체질, 성기능 불능, 노년의 무기력증, 장의 건조에 기인한 변비증 및 잦은 배뇨 치료용 으로 사용되고 있다. 따라서 중국인들은 해삼을 식품으로서 보다는 강장제로 간주하고 있다. 중국어로 해삼을 "haishen"이라고 하는데 이는 바다의 인삼이란 뜻으로 국내 우 리나라 사람이 인삼을 중히 여기듯이 중국에서는 해삼을 고가 식품으로 생각한다. 1980년대 중국의 경제적인 발달은 사람들의 삶의 질을 향상시키었고 강장식품과 해삼 을 포함하는 고급 해산식품의 소비를 촉진시키었다.

표 5-1. 전 중국 연안에 분포하고 있는 식용 가능한 해삼 종류

분류 및 학명	일반명	상업적 가치	분포 지역
Order Aspidochirotida			
Family Holothuniidae			
Genus Actinopyga			
A. echinites	Deep-water redfish	++	Taiwan, Guangdong, Xisha Archipelago, Hainan island
A. lecanora	Stonefish	++	Xisha Archipelago, Hainan island
A. mauritiana	Surf redfish	++	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
A. miliaris	Blackfish	++	Hainan island and Xisha Archipelago
Genus <i>Bohadschia</i>			
B. argus	Tigerfish	++	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
B. marmorata		++	Hainan island and Xisha Archipelago
Genus <i>Holothuna</i>			
H. (Halodeima) atra	Lollyfish	+	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Halodeima) edulis	Pinkfish	+	Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Lessonothuria) pardalis		+	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Mertensiothuria) fuscocinerea		+	Taiwan, Guangdong, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Mertensiothuria) leucospilota		+	Fujian, Taiwan, Guangdong, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Mertensiothuria) pervicax		+	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Metriatyla) scabra	Sandfish	+++	Guangdong, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Microthele) fuscogilva	White teatfish	+++	Xisha Archipelago
H. (Microthele) nobilis	Black teatfish	+++	Archipelago
H. (Selenkothuria) moebii		+	Fujian, Guangdong, Hainan island
H. (Semperothuria) cinerascens		+	Taiwan, Guangdong, Hainan island and Xisha Archipelago
H. (Thymiosycia) arenicola		+	Taiwan and Xisha Archipelago
H. (Thymiosycia) impatiens			Taiwan, Hainan and Xisha Archipelago
Family Stichopodidae			
Genus Aposticnopus	Prickly sea		
A. japonicus	cucumber	++++	Liaoning, Shandong, Hebei, Jiangsu
S. chloronotus	Greenfish	++	Hainan island and Xisha Archipelago
S. horrens	Dragonfish	+	Taiwan, Hainan island and Xisha Archipelago
S. hermanni		++	Taiwan, Guangxi, Guangdong, Hainan island Xisha Archipelago
Genus Thelenote			
T. ananas	Prickly redfish	++	Xisha Archipelago
T. anax	Amberfish	+ +	Xisha Archipelago
Order Dendrochirotide			
Family Cucumariidae			
Mensamaria intercedens		+	Fujian, Guangdong, Hainan island
Order Moldavia			
Family Caudinidae			
Acaudina leucoprocte		+	Zhejiang, Fujian, Guangdong, Hainan island

해삼의 소비량도 괄목할만하게 높아지었다. 계속적으로 급성장하는 해삼의 수요에 대처하기 위하여 해삼의 종묘생산, 양식과 자원양 증대에 관한 연구 개발업무가 1980 년대 이래 우선과제로 대두되었으며, 양식기술의 지속적인 개발에 힘입어 지금은 명실 상부 해삼의 최대 생산국가로 자리매김하고 있다. 그러나 과도한 양식면적 개발과 연 안환경오염, 기후변화, 기상이변 등으로 해삼의 생산은 감소추세이며 이와 더불어 중국 산업발달은 역으로 인건비 상승을 부추겨 해삼 양식에 있어 인건비의 비중이 커져 양 식업자의 수익창출에 부담이 되어 생산성이 저하되고 있다. 따라서 중국의 해삼의 수 요를 충당하기 위해 수입부분이 점점 커질 것으로 판단되며 향후 국내에서 생산되는 해삼은 국내 수요보다는 중국 수요가 크고 공급이 모자라므로 대부분 중국을 대상으로 수출할 전략 품목이다. 본 장에서는 중국을 대상으로 건해삼 가공기술과 시장분석, 수 출전략을 살펴보고자 한다.

1. 원료 및 가공해삼 수급 예측을 위한 국내외 시장 분석

국내 해삼 생산량은 2010년 최대 생산을 보인다. 총3,875 M/T으로 생산고는 333억원 에 달한다. 중국의 해삼 생산량은 FAO 자료에 보면 최근 10년 동안 합한 생산량이 476,314 M/T으로 보고되고 있지만 이는 저평가 되어 있는 것으로 생각되며 실제적으로는 20~30 만톤 내외로 보이며, 일부학자는 100만톤을 상회할 것이라고도 한다. 세계 각국에 서 채취 건조 또는 자숙된 해삼은 대부분이 홍콩의 중앙시장, 싱가포르 및 대만으로 수 출되며 이들은 다시 중국 및 전 세계 중국인들에 다시 팔려나간다. 1980년대 이래 중 국의 경제는 새로운 시대에 진입하였다. 경제적인 성장은 식당 및 가정에서 해삼의 소 비를 급격히 증가시키었다. 수산식품 중 특히 큰대합(geoduck), 가리비, 새우, 게, 능성 어 등과 아울러 해삼과 같은 기호식품의 수요가 계속 급증하고 있다. 특히 북경 올림 픽 이후 수산물 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다.

중국에서 해삼은 전해삼이 판매에 주를 이루고 있으나, 전해삼 외에도 정체추출제품 이 새로이 개발 되어 출시되고 있다. 이는 점점 기능성 식품에 대한 선호가 증가하는 추세로 볼 수 있다. 그리고 이들 외에 자숙, 생해삼을 진공 포장하여 판매하기도 한다. 이들에 대한 중국에서 해삼시장으로 가장 큰 상권을 형성하고 있는 대련시와 연태시의 시장조사결과를 자세히 살펴보면 다음과 같다.

중국 대련에는 고급해삼을 전문적으로 판매하는 거리가 형성되어 있다(그림 5-1). 이 들 중 일부는 자체적인 양식장을 운영하고 있고 거기에서 생산되는 해삼을 이용해 자 체 건해삼을 제조하여 판매하고 있으며, 브랜드화를 하고 있다(그림 5-2). 매장내부는 건해삼 가격이 상당하기 때문인지 상당히 고급스러운 인테리어를 하고 있고, 고가의 제품부터 저가의 제품까지 선택할 수 있도록 매장에 진열을 해놓고 있으며(그림 5-3), 공항에서는 면세점에서도 고급선물로 판매하고 있다(그림 5-4). 관광지에서는 해산물 판매점이 많은데 이곳에서는 대부분 저가의 품질이 낮은 상품들이 판매되고 있으며(그 림 5-5), 식당에서는 쉽게 해삼요리를 찾아볼 수 있다(그림 5-6)

대련시를 중심으로 판매되고 있는 해삼관련제품과 가격을 살펴보면 건해삼이 제품의 대부분을 차지한다. 특히 가장 비싼 제품은 50g에 22,800위안(91,200천원/kg), 500g 8888위안(3,555천원/kg) 들이 있으나 실제적으로 가장 선호하는 제품은 200~300만원 /kg 제품이며 중산층이상을 대상으로 한다(그림 5-7). 그리고 서민들을 위한 제품으로 건해삼 보다는 kg 당 20~30만원 수준의 냉장, 냉동 해삼이 많이 팔린다(그림 5-8).

대련시 대형마트에서는 해삼의 추출액을 이용한 술, 우유, 간장 등 편의식품이 만들 어져 팔리고 있으며(그림 5-9), 일부에서는 기능성 성분을 정제한 캡슐제품이 판매되고 있다(그림 5-10). 중국현지에서는 청취조사결과 축제식 양식장의 해삼보다는 씨뿌림으 로 생산된 해삼을 최고로 쳐주고 있다. 중국에서는 특히 대련시에서 약 100km 떨어진 장자도에서 생산된 장자도 해삼을 최고 해삼이라 한다. 다음절에서 장자도에 대한 내 용을 해삼산업화 전략 마련과 함께 살펴보고자 한다.



그림 5-1. 중국 대련시 해삼 판매거리



그림 5-2. 중국 대련시 전문 해삼판매상가



그림 5-3. 중국 대련시 해삼판매 상가 내부



그림 5-4. 공항에서 해삼광고 및 판매되는 제품. 대련공항 해삼광고(상), 연태 공항에서 판매점(중) 및 건해삼 제품(하)



그림 5-5. 중국 관광지 해산품상가(상) 및 판매되고 있는 해삼제품(하)



그림 5-6. 해삼 요리



그림 5-7. 최고가 건해삼 제품들. 좌 : 50g 22,800위안(91,200천원/kg), 우 : 500g 8888위안(3,555천원/kg)



그림 5-8. 해삼 냉동, 냉장 제품



그림 5-9. 해삼 추출 유제품



그림 5-10. 해삼 추출 기능성 제품

2. 중국, 홍콩 등으로 가공품 수출을 위한 기초 전략 마련

세계 해삼의 제품별 2005년에서 2007년 동안 수출입 동향을 살펴보면 교역량은 6,599~8,008톤, 132,702~263,741천달러로 물량면에서는 건조, 염장, 염수 제품이 73.6~ 74.3%, 금액면에서는 91.7~93.3%를 차지하고 있으며, 조제품이 4%, 냉동품이 3% 정도 이었다(표5-2).

표5-2. 해삼 제품별 세계 교역량

(단위 : 톤, 천달러,%)

л н	2005		2006		2007		
구 분 합 계 건조, 염장 염수 내 독	물량	금액	물량	금액	물량	금액	
합 계	7,171	132,702	6,599	184,350	8,008	263,741	
건조, 염장 염수	5,330	121,644	4,854	172,050	5,927	243,600	
냉 동	662	3,594	681	4,205	1,191	9,140	
활, 신선·냉장	203	1,019	159	1,140	133	735	
조제품	976	6,445	905	6,955	757	10,266	

*자료 : FAO

2005년에서 2007년 동안 국가별 교역량은 홍콩, 중국, 대만 등 중화권이 대부분을 차 지하고 있다. 특히 홍콩 가장 많은 교역량을 보이고 있는데 수출입 물량은 4,180~ 5,296 톤으로 전체물량중 62.4~66.1%를 차지하고, 금액면에서 111,770~232,487천달러 로 84.2~88.1%를 차지하였다(표5-3).

표5-3. 해삼 국가별 교역량

(단위 : 톤, 천달러,%)

-7. H	2005		2006		2007		
T 亚	물량	금액	물량	금액	물량	금액	
합 계	7,171	132,702	6,599	184,350	8,008	263,741	
ষ্ঠ স্থ	4,474	111,770	4,180	164,230	5,296	232,487	
중 국	281	2,249	485	3,276	789	7,389	
한 국	1,328	8,208	1,131	9,051	957	12,257	
대 만	946	10,034	706	7,098	747	10,235	
기 타	142	441	97	695	219	1,373	

*자료 : FAO

국내 2007년에서 2009년 동안 수출은 46~116톤으로 증가추세이며 2,186~3,372천달 러의 수출고를 올렸다. 제품가공형태별로는 산 것, 신선, 냉장 제품이 대부분을 차지하 고 있으며, 건조 제품은 4~15톤 정도 이었다(표5-4).

표5-4. 국내 해삼 가공형태별 수출 현황

(단위 : 톤, 천달러,%)

-7. 1	20	07	2008		2009	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합 계	46	2,311	65	2,186	116	3,372
산것/신선, 냉장	31	296	28	339	20	302
냉 동	1	63	7	33	39	680
건 조	0	84	15	95	4	983
염장, 염수장	0	11	1	86	5	349
조 제	14	1,857	13	1,633	47	1,058

*자료 : KATI

국내에서 가장 많이 수출하는 국가는 중국이며, 미국, 홍콩, 일본 등에 적게 수출하고 있다(표5-5).

	표5-5.	국내	해삼	국가별	수출	현황
--	-------	----	----	-----	----	----

(단위 : 톤, 천달러,%)

-7. Н	2007		2008		2009	
下正	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합 계	46	2,311	65	2,186	116	3,372
হঁ হ	2	203	4	443	16	1,144
중 국	38	1,671	45	1,504	46	1,726
미 국	4	110	15	212	23	333
일본	2	322	0.4	25	1	57
기타	_	5	0.6	2	30	112

*자료 : KATI

국내 해삼 가공 및 제품의 현황을 살펴보면 태안2011년도 현지 해삼가격은 22,000~ 23,000원으로 거래되고 있다. 자숙해삼으로 가공할 경우 수율은 7~9%로 내려가고, kg 당 가격은 19~25만원선으로 거래되고 있는 실정이다. 실질적으로 이것을 생물가격으 로 환산하면 자숙해삼이나, 생물해삼이나 거의 차이가 없다. 그러나 인건비, 가공비를 감안한다면 이것은 오히려 손해보는 편이다. 이것은 현재 산지 해삼 생물가격이 너무 나 높게 책정되어 거래되고 있는 이유이다. 해삼을 가공하여 제품수출을 하여 이익을 창출하기 위해서는 직접 해삼양식을 통해 가공까지 하여 수출하는 방안이 적합할 것으 로 판단된다. 이는 직접적인 해삼 산지의 높은 가격을 피할 수 있고 안정적인 원료수 급이 유리하다. 이러한 대처 방안으로 중국장자도 어업그룹 사례를 제시하였다. 지금해 삼 최대 소비처인 중국에서는 해삼공급이 수요를 따라가지 못하고 있다. 특히 국내 해 삼에 대한 선호도를 점점 증가하고 있는 추세로 수출시장을 확대하기 위해서는 해삼 생산량의 양적인 증가가 있어야 한다. 그리고 앞에서 언급한 바와 같이 해삼의 산지 가 격이 너무 고가로 거래되기 때문에 이에 대한 문제를 해소하기 위해서는 생산부터, 가 공, 수출까지 전담할 수 있는 기업화 및 규모화가 이루어져야 할 것으로 보인다. 기업화 가 이루어진다면 외부투자유치를 통한 방법이 있을 수 있는데 현재 기업이나 외부투자 가들에게 어장의 개방은 허락되지 않고 있으므로 이에 대한 제도 개선이 필요할 것으로 보인다. 또한 관세가 중국에서 23%까지 지워지므로 이를 방어하기 위해 중국현지에 가 공공장을 설치도 가능하리라 보여지며, 홍콩, 대만 등 화교권의 수출 하는 것도 좋을 것 으로 보인다. 또한 건제품 가공에 있어서도 중국에서 선호하는 해삼 크기(중량)를 파악 하여 맞춤형 제품을 생산하는 것도 좋은 방안으로 판단된다. 중국에서는 해삼의 크기

가 클수록 좋은 해삼으로 선호하지만 실제적으로 해삼을 1년 내외 양식 하여 출하하므 로 실질적인 해삼은 150~300g 크기 내외가 대부분 가공 선별하여 판매되고 있다. 건 제품으로 가공할 경우 수율이 3% 이므로 이들을 가공한 건제품은 5~10g 수준이다.

중국으로 들어가는 해삼은 건해삼, 자숙해삼이 일반적이다. 특히 홍콩을 거쳐 중국으 로 들어가는 것으로 알려져 있다. 실질적으로 국내에도 해삼을 매입하기 위하여 중국 현지 바이어들이 많이 내방하기도 한다. 본 연구가 추진하는 동안 해삼 매입보다는 해 삼을 직접 국내에서 생산하여 중국으로 들어가기 위해 투자유치차 방문하기도 하였다.

2010년 10월과 11월 사이에 중국 장자도어업그굽과 대련시 해삼양식대표단 일행이 전라남도 진도와 영광을 방문하여 투자유치 조건들을 살펴보고 현지답사하고 갔으며 중국 장자도 어업그룹은 한국에 1억불 투자의향을 밝혔으며, 대련시 해삼양식대표단 일행은 15명의 대표가 최대 3,000억 투자의향을 밝혔다. 이와 같이 현재 상황에서는 공 급이 수요에 못 미치기 때문에 좋은 양질의 해삼을 생산한다면 충분히 판로가 개척되 는 블루오션 시장이라고 할 수 있다.



그림 5-11. 중국장자도 투자유치 방문단(상) 및 중국 대련시 해삼양식업체 대표단 방문(하)

중국 장자도(獐子島) 그룹은 중국 제일 수산물 생산 그룹으로 이곳에서 생산되는 해 삼은 중국에 최고로 판매되고 있다. 해삼 산업화의 경우 이러한 장자도를 롤모델로 하 여 발전시키면 좋은 결과를 맺을 것으로 생각된다. 장자도 어업그룹의 사례를 자세히 살펴보면 다음과 같다. 장자도는 대련 진스틴항으로부터 100km 떨어진 곳에 있으며 발 해만을 벗어난 북위 39°에 위치해 있다(그림 5-11). 장자도 어업그룹은 장자도 지역의 북위 39°를 청정한 해역으로 브랜드화하여 이곳에서 생산되는 친환경수산물을 강조한 다. 장자도 어업그룹은 중국 최초로 2006년 션쩐증권거래소의 중소기업전용시장(SME Board)에 상장된 회사로 연간매출액 20억위안(34백억), 주식시가 184억 위한(약 3조원) 규모의 회사이다. 주식배분은 그룹총재 오후강 10%, 중국정부 50%, 주민 40%로 되어 있는 국영기업체이다. 2009년 기준으로 주가수익비율(PER)은 49.5%, 투자수익율(ROI) 과 자기자본이이률(ROE)은 각각 21.6%, 26.1%를 기록하는 등 수익성과 성장성이 모두 높은 기업으로 평가받고 있다.



그림 5-12. 장자도 어업그룹 주식회사 위치

조직은 본사가 대련에 있으며 종묘생산시설과 수산물 생산단지는 장자도 주변에 위 치해 있으며, 물류 및 가공시설은 진스틴항에 위치해 있다(그림 5-13).

1958년 설립한 이래 어촌계와 원만한 관계를 유지하고 협력하여, 이익금의 합리적인 분배를 통해 성장(주식배분)하고 있으며, 중국 경제성장에 따른 수산물 소비량의 폭발 적 증가와 청정 먹거리에 대한 소비자의 욕구를 만족시킬 수 있는 성장동력을 가지고 있다. 또한 장자도 어업그룹은 가리비(그룹내 총생산량 70%), 전복(10%), 해삼(10%), 배합, 새우 등을 생산하여 미국, 일본, 호주, 캐나다, 남미, 아시아 등에 수산물을 수출 하고 있으며 연간매출액은 20억위안(34백억원), 총 종업원수는 5천명에 달한다.

이 회사는 중국 내 최대 규모의 해면양식장(1,533km²)를 보유하고 있으며 어장에 다 양한 종묘를 살포하고, 3~4년 뒤에 수확한다고 하고 어장 휴식년제를 실시하고 있으 며 어장 환경관리를 위한 모니터링 시스템을 운영중에 있다(그림 5-14). 중국 내 300억 위안의 해삼시장에서는 해삼전문판매점 200여개를 통해 총 해삼시장 규모의 1%에 해 당하는 연간 3억위안의 매출을 올리고 있으며, 중국내 수산물가공식품의 브랜드 인지 도에서 1위를 차지하고 있다.





그림 5-13. 장자도 어업그룹. 장자도 수산물 생산기지(상), 진스틴항 물류기지(하)



그림 5-14. 장자도 어업그룹 어장구역도

중국 대련 장자도 어업그룹과 같이 수산분야에서 어업인과 주민 주도로 주식회사를 설 립하여 주식시가총액 3조원 가량의 수산회사로 발전시킨 예는 세계적으로 찾아보기 드 물다. 해삼산업화에 있어 이러한 장자도어업그룹 주식회사 성공사례를 벤치마킹의 좋 은 사례가 될 수 있다. 따라서 소규모의 산업화 Pilot 해삼양식섬을 조성하여 이곳에서 1차적으로 성공사례를 제시하고 이것을 어업인들에게 파급하면 실패의 가능성을 낮추 고 성공의 가능성을 높일 수 있을 것으로 보인다.

3. 건해삼 가공기술 기초기술 조사

중국으로 해삼 상품 수출은 건해삼, 자숙해삼 형태로 이루어진다. 이중 건해삼이 가 장 고가로 팔리고 있다. 중국에서는 대부분 건해삼 제품형태로 소비되며, 최근에 들어 서 해삼의 가공추출물을 이용한 제품이 개발되어 시판되기도 한다.

중국에 서식하는 해삼 종류별로 영학적 성분을 살펴보면 생해삼일 경우 단백질은 11.52~16.64%, 지방은 0.03~0.27%, 회분은 0.99~1.60%, 탄수화물은 0.38~2.47%, 수분 은 76.97~87.83%이지만 건조할 경우 단백질은 55.51~69.72%, 지방은 0.55~3.70%, 회 분은 7.56~21.09%, 수분은 8.25~21.55%로 단백질 함량이 높고, 지방함량이 다소 낮 은 것으로 나타났다(표 5-6).

구 분	단백질(%)	지방(%)	수분(%)	탄수화물(%)	회분(%)
AM ¹⁾ 의 신선한 체벽	11.52	0.03	87.83	0.38	0.99
건조시킨 AM	68.53	0.55	8.25	_	7.56
TA ²⁾ 의 신선한 체벽	16.64	0.27	76.97	2.47	1.60
건조시킨 TA	69.72	3.70	8.55	-	9.51
건조시킨 AJ ³⁾	55.51	1.85	21.55	_	21.09

표 5-6. 중국산 해삼 종류별 주 성분 비교표

Source: Wang F.G, 1997: modified by Chen J.X. 1=Acaudina molpadioides; 2-Thelemota ananas; 3=Apostichopus japonicus

한국산 해삼(*Stichopus japonicus*)의 경우 식품열량은 25 kcal, 103 kj, 수분은 91.2 %, 단백질 4.4 %, 지방 0.3 %, 회분 3.3 %, 탄수화물 당질 0.8 %이며 가식부는 77.1 % 로 나타났다(표 5-3). 비타민 함량은 티아민0.01 mg/100g, 리보플라민 0.03 mg/100g, 니 아신 1.2 mg/100g 함유된 것으로 조사되었다(표 5-8). 지방산 조성은 포화지방산이 29.6 %, 1가불포화지방산은 19.3 %, 다가불포화지방산은 51.1 %를 차지하였다(표 5-9). 아 미노산중 아스파르트산(320 mg/100g), 글루탐산(638 mg/100g), 글리신(532 mg/100g)이 성분함량이 높은 것으로 나타났다(표 5-10). 무기질 함량은 칼슘 83 mg/100g, 인 62 mg /100g, 철 1.3 mg/100g 이었다(표 5-11).

丑	5-7.	한국산	해삼(<i>Stichopus</i>	japonicus)] 빈	난성	분
---	------	-----	----------------------	------------	-----	----	---

	가식부 100g당(Per 100g edible portion)									
구 분	식품열량		스타 린페키		নামা	्राम	탄수화물		가식부	비고
	kcal	kj	ተቲ	년백설	시방	외순	당질	섬유	(%)	
해삼	25	103	91.2	4.4	0.3	3.3	0.8	0.0	77.1	5월 부산

*자료 : 국립수산과학원

구 분	티아민 Thiamine(B1)	리보플라빈 Riboflavin(B ₂)	니아신 Niacin	비고	
해삼	0.01	0.03	1.2	5월 부산	

표 5-8. 한국산 해삼(Stichopus japonicus) 비타민 함량 (mg/100g)

*자료 : 국립수산과학원

표 5-9. 한국산 해삼(Stichopus japonicus) 지방산 조성(%/100g)

								S	М	Р	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	20:1	22:1	18:2	18:3	20:4	20:5	22:5	22:6	
구분	지 방 (g)	합계	포하지바이산	1가불포화지 방산	다가불포화지방산	미리스트산	팔피트산	스테아르산	팔피돌레산	올레산	가돌레산	에루크산	리놀레산	리놀렌산	아라키돈산	아이코사펜타엔산	콜로그파니노도사	도코사혜사엔산	비고					
해삼	0.3	100	29.6	19.3	51.1	1.5	12.9	10.8	2.5	8.2	4.4	1.4	0.7	0.5	0.1	18.9	2.5	21.0	5월 부산					

*자료 : 국립수산과학원

표 5-10. 한국산 해삼(Stichopus japonicus) 아미노산 함량 (mg/100g)

	단백질 (g)	이소로	로이지	리시	함유아미노산			ų	낭향족아미	트레오너		E	리트파	
구분		이신 Ile	Leu	Lys	페티 오닌 Met	시스틴 Cys	합 계 Tot	페닐잌 라닌 Phe	발] 5 태로신 Tyr	합 계 Tot	Thr		Trp	
	4.7	142	221	172	82	45	127.0	144	125	269.0	223			39
해 삼	발 린 Val	히스티 His	딘 이 S	⊦르기닌 Arg	알라닌 Ala	아스파 트산 Asp	고 고 고	복탐산 Glu	글리신 Gly	프롤린 Pro	세 린 Ser	타우 Ta	노린 au	비고
	168	52		292	231	320		538	532	273	185	18	8	6월 부산

*자료 : 국립수산과학원

표 5-11. 한국산 해삼(Stichopus japonicus) 무기질 함량 (mg/100g)

구 분	가식부 100g당(Per 100g edible portion)							
	무기질(mg)							
	칼슘	인	철					
	Calcium	Phosphorus	Iron					
해삼 -건제품	83	62	1.3					

*자료 : 국립수산과학원

건해삼의 경우 식품열량은 348 kcal/100g, 1,457 kj/100g 이었으며, 일반성분은 수분은 1.5%로 감소하였고, 단백질은 77.6%, 지방 0.9%, 회분은 17.0%, 탄수화물 당질은 3.0% 이었다(표 5-12). 비타민 함량은 티아민 0.06 mg/100g, 리보플라민 0.08 mg/100g, 니아신 4.0 mg/100g 이었다(표 5-13). 무기질 함량은 칼슘 1,384 mg/100g, 인 72 mg/100g, 철 53.0 mg/100g 함유된 것으로 나타났다(표 5-14).

표	5-12.	한국산	건해삼(Stichopus	japonicus)	일반성분
---	-------	-----	---------------	------------	------

구 분	가식부 100g당(Per 100g edible portion)										
	식품	열량	人日	ो भी - टो	⊸ીપો	- अ म	탄수	화물	가식부	ы	고
	kcal	kj	수문	난백실	시방	외군	당질	섬유	(%)		
해삼 -건제품	348	1,457	1.5	77.6	0.9	17.0	3.0	0.0	100.0		

*자료 : 국립수산과학원

표 5-13. 한국산 건해삼(Stichopus japonicus) 비타민 함량 (mg/100g)

구 분	티아민 Thiamine(B ₁)	리보플라빈 Riboflavin(B ₂)	니아신 Niacin	비고
해삼 -건제품	0.06	0.08	4.0	

*자료 : 국립수산과학원

표 5-14. 한국산 건해삼(Stichopus japonicus) 무기질 함량 (mg/100g)

구 분	가식부 100g당(Per 100g edible portion)							
	무기질(mg)							
	칼슘 Calcium	인 Phosphorus	철 Iron					
해삼 -건제품	1,384	72	53.0					

지금까지 한국과 중국해삼의 영양학적 성분에 대한 것을 살펴보았다. 중국에서 가장 선호하는 제품인 건제품에 대한 제조 방법을 조사한 결과 건해삼 제조 과정은 다음과 같은 공정을 통해 제조 된다(그림 5-15). 이와 같은 제조 과정은 북부지역에서 행해지 는 것이고 남부지역은 대상종이 북부의 *A. japonicus*와는 다르며 크기도 훨씬 크다. 크 기가 크기 때문에 품질을 고려한 건조에 어려움이 있어 데친 해삼을 완전히 건조시키 는데 숫불을 이용한다.



그림 5-15. 중국 건해삼 제조 과정

국내에서도 일부 태안, 완도 지역에서 해삼을 자숙하여 판매하며, 이러한 기술은 모 두 중국 기술에 의존하고 있다. 국내 건해삼 제조 과정를 위한 자숙해삼 제조공정을 살펴보면 다음과 같다.

 ① 운송된 해삼은 당일 채집된 해삼을 가공하는 방법과 1일정도 유수식 육상수조식저 장조에 해금을 하여 가공하는 방식이 있다. 각각 장단점은 있다. 사업자가 해삼의 내장 을 가공하길 원할 경우 1일 정도 유수식으로 해금을 시키게 되면 장내에 있는 이물질 이 소화기관을 통하여 장 밖으로 배출이 되어 깨끗한 내장을 생산할 수 있으며 가공 시 깨끗한 해삼을 생산할 수 있다. 반면에 1일 순치시키면서 해삼 상태에 따라 약 5~ 15%의 감량이 발생할 수 있다. 당일 가공 시에는 생산자의 경우 바다에서 채집하여 가공 시까지 신속성을 유지할 수 있어 해삼의 신선도를 맞출 수 있으며 감모율, 수율 (중증률)을 높일 수 있어 좋다. 가공만을 전문으로 할 경우 후자를 선택한다.

② 해삼 내장 제거시 항문에서 중앙으로 3cm위쪽으로 배면 중앙으로 절개한다. 절개는 복부 1/3지점을 하며 2~3cm가 적당하다. 일직선으로 깨끗하게 절개를 하되 작을수록 해삼 삶기 할 때 깨끗하게 나올 수 있다. 항문쪽으로 근접해서 절개하여 삶을 경우 해 삼이 벌어져 못쓰게 된다(그림 5-16).

③ 해삼 내장 제거 작업이 끝난 해삼은 해수 또는 담수를 이용하여 깨끗하게 닦아주도록 한다(그림 5-17).

④ 해삼 삶기용 용기에 물을 1/10 바닥에서 한 뼘 정도로 적은 량의 민물을 넣고 불을

불인다(그림 5-18). 물이 펄펄 끓게 되면 해삼 50kg정도를 넣어 주걱 등의 넓적한 도 구를 이용하여 솥 저면에 퍼지도록 눌러주고 그대로 둔다. 해삼이 끓어오르면 주걱으 로 휘휘저어 바닥면에 타지 않도록 계속 저어준다. 해삼이 숨이 죽기 시작하여 처음 넣은 상태보다 완연히 줄어들기 시작하면 다음 내장제거 해삼을 넣게 된다. 해삼을 삶 고 있으면서 반복적으로 이 행위를 계속 유지한다(그림 5-19). 해삼을 넣고 10~15분 삶고 숨이 죽어 작게 탱글 해지면 내장제거 해삼을 또 넣는다. 이때 넣는 양은 솥의 해삼 삶아지는 상태에 따라 50kg 내외로 넣으며 삶는 도중 익은 해삼이 고무풍선처럼 부풀어 오르면 꺼내어 칼로 절개를 해주도록 한다. 복부절개가 안된 해삼이거나 복부 의 물이 빠져나가지 못하는 경우 해삼 표피가 터져 볼품이 없어진다. 해삼을 삶다보면 많은 물 70~80% 발생하게 된다. 이때 물을 계속 제거하여 해삼이 자박자박하게 끓여 주어야 한다. 해삼 몸에 있는 수분이 빠져나와 솥에 계속발생이 되는 관계로 인위적으 로 물을 보충할 필요는 없다.



그림 5-16. 해삼전처리 과정



그림 5-17. 해삼 담수 세척과정



그림 5-18. 해삼 삶기 준비





그림 5-19. 해삼 삶기

새롭게 해삼을 넣고 주걱으로 안쪽으로 눌러준 후 숨이 죽은 후 주걱으로 젖기 시작한다. 위와 같은 행위를 반복적으로 행하면서 작업자는 주걱(넓은 나무 또는 유사도구)을 이용하여 계속 저어주어야 한다. 바닥 저면에는 뜨거운 열이 닿아 해삼이 바닥면에 붙어 타버릴 요지가 크며 처음 해삼을 넣을 때마다 생 해삼을 솥 중앙부위에 골고루 주걱으로 눌러 밀어준 후 수 분이 지난 후 해삼이 숨이 죽어 삶아 진 것을 확인 후 다시 골고루 저어주길 반복한다.

이 행위를 하게 되면 1개의 솥으로 1톤의 해삼을 삶을 수 있으며 가장 주목해야할 사항은 경험이 없는 상태에서 위와 같은 가공을 할 경우 일괄적으로 적량 가공하는 것이 유리하다. 물이 끓으면 300kg정도의 해삼을 넣고 장시간 저어주면서 손으로 만졌을 때 단단하게 감이 올 때까지 저어주도록 한다.

위와 같은 반복행위를 2시간30분에서 3시간 가량 행하면 800kg에서 1톤가량의 해삼을 처리 할 수 있다.



그림 5-20. 삶기가 끝난 해삼의 물기제거

④ 염장(보온통에서 12시간 염장후 자연적으로 뚜껑열어 외부온도로 식힘)방법은 다음과 같다. 삶기가 끝난 해삼은 물을 제거한 후 보온 통에 넣어 염장을 하도록 한다(그림 5-20). 보온통에 는 100kg정도의 삶은 해삼에 33kg의 천일염 소금을 넣어 소금을 상하로 골고루 저어 섞여 주 도록 하며 물은 첨가하지 않는다. 12시간 염장한다. 이때 주의 할 점은 열기가 상당히 높아 조 심하며 염장 보온통에서 스스로 열기를 자연적으로 식혀주어야 한다. 보온통 뚜껑을 열어 놓 아주며 보온통 내부에는 소금이 녹으며 발생한 물과 해삼에서 나온 물로 가득차있다. 이 물과 해삼의 온도를 서서히 자연적으로 낮춘 후 저장고로 보관할 수 있다. 갑자기 뜨거운 상태에서 건져내어 보관을 하면 해삼 표면이 달라붙어 손상이 오는 관계로 조심하여야 하므로 뚜껑을 열어 식히고 염장에서 냉동고에 들어가기까지 24시간정도 소요된다(그림 5-21).

⑤ 해삼저장은 해삼표면의 수분이 제거된 후 냉동시설(-20℃), 냉장시설(2~5℃ 전후)에 보관 하도록 한다. 보관 시에는 15~20kg의 아이스박스 또는 통을 이용하도록 하며 내부에는 큰 비
닐을 이용하여 해삼을 비닐에 넣고 아이스박스 또는 통에 넣어 보관한다. 가공된 해삼이 수북 하게 많이 쌓아놓으면 해삼표피가 손상이 갈수 있으며 염장이 잘된 해삼은 뽀동뽀동할 정도로 상태가 단단하고 좋아진다(그림 5-22).



그림 5-21. 자숙 후 염장이 끝남 해삼을 채반에 펼쳐 물기를 제거



그림 5-22. 자숙가공 된 해삼

위와 같은 기술을 접목하여 실험실에서 건해삼을 제조시 건조조건별 해삼 상태를 살펴보았 다. 내장을 제거한 후 담수 세척 후 끊는 물에 삶아 살이 단단해 질 때까지 기다렸으며 이것 을 자숙한 후 담수에 다시 염기를 제거한 후 천일건조, 열풍건조(60℃), 냉풍건조(4℃)로 제조 하였다. 제품별 형태를 보면 천일건조 제품이 가장 해삼 원형을 보존하는 것으로 나타났으며, 열풍건조와 냉풍건조는 해삼의 모형이 크게 나쁜 것으로 나타났다(그림 5-23, 5-24). 이것은 제품제조 공정에서 천일건조는 서서히 건조되면서 육안관찰을 통해 제품의 원형을 유지하도록 할 수 있으나 기계화를 통한 건조방식은 제품 원형유지에 좀더 다른 방법이 필요한 것으로 나 타났다.



그림 5-23. 건조해삼 제조 예비실험 전처리



그림 5-24. 조건별 해삼 건조 상태. 천일건조(상), 열풍건조(중), 냉풍건조(하)

제조조건별 수분상태를 살펴보면 국내산 자연산 생해삼은 83.77%, 자숙가공 해삼은 82.45%, 천일건조 가공 해삼은 24.46%, 열풍건조 가공해삼은 8.82%, 냉풍건조 가공 해 삼은 23.29%, 진공 동결건조 가공 해삼은 5.25%, 중국 건해삼은 9.92% 이었다. 진공동 결건조와 열풍건조는 중국산 해삼의 수분조건에 도달할 수 있었으나, 냉풍건조와 천일 건조의 경우는 제조과정에 있어 수분이 쉽게 건조되지 않는 것으로 나타났다. 이는 제 조공정을 좀더 시간적으로 많이 필요할 수 있으며, 천일건조의 경우는 주위 기상여건 에 의해 품질의 많은 차기 발생될 수 있다. 회분의 경우는 생해삼의 경우 0.93%, 자숙 해삼은 2.34%, 천일건조 가공 해삼은 14.88%, 열풍건조 가공해삼은 12.11%, 냉풍건조 가공 해삼은 8.74%, 진공동결건조 가공 해삼은 12.25%, 중국 건해삼은 20.31% 으로 건 조후 회분함량이 증가되었고, 중국산 건해삼이 다소 높게 나타났다. 미네랄 성분함량을 살펴보면 전체적으로 Na 함량 비중이 높은 것으로 분석되었으며, 특히 중국산 건해삼 에서 높았다. 중금속 함량은 유해물질은 검출되지 않았다(표 5-15).

시 료 명	수분 (%)	회분 (%)	K (mg/100g)	Na (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Se (mg/100g)
국내 자연산 건해삼 (천일건조)	24.46±0.11	14.88±0.28	783.30±1.10	3,898.50±44.50	389.00±2.00	918.80±1.20	ND
국내 자연산 건해삼 (열풍건조)	8.82±0.48	12.11±0.19	523.10±13.10	2,029.50±6.50	848.10±8.50	606.40±0.20	ND
국내 자연산 건해삼 (냉풍건조)	23.29±0.52	8.74±0.12	414.40±1.60	1,705.50±2.50	532.40±2.40	511.30±2.10	ND
국내 자연산 건해삼 (동결건조)	5.25±0.19	12.29±0.51	748.40±3.40	2,208.00±35.00	951.50±0.10	664.00±1.00	ND
중국 양식산 건해삼	9.92±0.22	20.31±0.42	493.40±1.20	6,113.50±57.50	793.70±3.50	332.80±0.60	ND
국내 자연산 자숙해삼	82.45±0.04	2.34±0.16	117.43±1.59	369.00±6.00	213.20±0.20	135.87±0.63	ND
국내 자연산 생해삼	83.77±0.01	0.93±0.07	33.08±0.60	26.00±2.00	155.41±0.23	81.38±0.12	ND

표 5-15. 제조 조건별 해삼의 수분, 회분, 미네랄, 중금속 함량

≫ ND : Not detected

제조조건별 영양학적 성분을 살펴보면 조지방의 경우 국내산 자연산 생해삼은 0.75%, 자숙가공 해삼은 0.76%, 천일건조 가공 해삼은 1.59%, 열풍건조 가공해삼은 1.38%, 냉풍건조 가공 해삼은 1.63%, 진공 동결건조 가공 해삼은 1.55%, 중국 건해삼은 1.02% 이었다. 조단백질은 국내산 자연산 생해삼은 6.80%, 자숙가공 해삼은 6.85%, 천 일건조 가공 해삼은 28.40%, 열풍건조 가공해삼은 36.49%, 냉풍건조 가공 해삼은 32.49%, 진공 동결건조 가공 해삼은 37.17%, 중국 건해삼은 11.72% 로 중국산에 비하 여 국내산의 가공해삼에서 조단백은 높게 나타났다. 탄수화물은 국내산 자연산 생해삼 은 7.76%, 자숙가공 해삼은 7.60%, 천일건조 가공 해삼은 30.68%, 열풍건조 가공해삼은 41.21%, 냉풍건조 가공 해삼은 33.84%, 진공 동결건조 가공 해삼은 43.75%, 중국 건해 삼은 57.05%로 중국산 가공해삼에서 높게 나타났다(표5-16).

표 5-15. 기	계속
-----------	----

시 료 명	Cd (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Cr (mg/100g)	Ni (mg/100g)	Pb (mg/100g)	Hg (mg/100g)
국내 자연산 건해삼 (천일건조)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
국내 자연산 건해삼 (열풍건조)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
국내 자연산 건해삼 (냉풍건조)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
국내 자연산 건해삼 (동결건조)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
중국 양식산 건해삼	ND	ND	ND	ND	ND	ND
국내 자연산 자숙해삼	ND	ND	ND	ND	ND	ND
국내 자연산 생해삼	ND	ND	ND	ND	ND	ND

 $\ensuremath{\,\times\,}$ ND : Not detected

	표	5-16. 제조	조건별	해삼의	조지방,	조단백,	탄수화물	함
--	---	----------	-----	-----	------	------	------	---

시 료 명	조지방(%)	조단백(%)	탄수화물(%)
국내 자연산 건해삼 (천일건조)	1.59±0.07	28.40±0.07	30.68±0.54
국내 자연산 건해삼 (열풍건조)	1.38±0.03	36.49±0.05	41.21±0.26
국내 자연산 건해삼 (냉풍건조)	1.63±0.10	32.49±0.02	33.84±0.31
국내 자연산 건해삼 (동결건조)	1.55 ± 0.14	37.17±0.32	43.75±0.52
중국 양식산 건해삼	1.02±0.00	11.72±0.28	57.05±0.47
국내 자연산 자숙해삼	0.76±0.01	6.85±0.12	7.60±0.23
국내 자연산 생해삼	0.75±0.02	6.80±0.09	7.76±0.13

참 고 문 헌

이채성, 박영제. 1999. 해삼, Stichopus japonicus 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도 의 영향. 한국양식학회지. 12(1): 39-45. 정회동, 권철휘, 김상우, 조규대. 2009. 한국 남서해역에서 조석전선의 변동과 저수온역 확장기 작. 한국해양안전학회지. 15(4): 289-296

해양수산부. 2004. 해삼종묘생산. pp. 41

해양수산부. 2006. 해삼 양식 기술. pp. 151

해양수산부. 2005. 해양환경공정시험법.

張群采. 1998. 海蔘 海潭 增養殖技術。青島海洋大學出版社. pp. 157.

王如才 等. 2001. 海水養殖。上海科學技術出版社。

王春生, 張建東 等. 2005. 无公害刺參, 鮑 養殖技術.山東科學技術出版社。pp. 281.

谢忠明 等. 2002. 海水経濟蟹類. 中國農業出版社. pp. 304.

谢忠明 等. 2005. 海蔘海胆 增養殖技術. 金盾出版社. pp. 1-175.

崔 等. 1963. ナマコの研究. 海文堂. 東京、pp. 57-60.

山本 翠, 渡邊 憲 郎. 1981. ナマコ幼生の初期飼育について. 山口縣内海水生試驗場事業報告 8號, pp. 51-62.

右田雅俊. 1979. マナマコの種苗生産. 福岡縣福岡水試研報 8: 63-75.

Fan, H.Z. 1979. Study on the physical, chemical toxin and anti-tumor characteristics of mucopolysacccharide. Communication on Ocean Medicune. 1:61-67

Li, S.Z. 1956. Bencao Gangmu. Reprinted in 1994. Chongqing University Press, Chongqing. pp. 392.

Liao, Y.L. 1997. Fauna Sinica, Phylum Echinodermata, Class Holothuroidea. Science Press, Beijing. pp. 334.

Zhang, F.Y. 1954. Edible Sea cucumber in Xisha Archipelago. Biology Bulletin. 6:21-22.

Zhang, F.Y. 1958. The preliminary report of aquaculture and sea ranching of sea cucumber(Apostichopus japonicus). Journal of Zoology. 2(2):65-73.

부 록

1. 중국과 우리나라 종묘생산의 차이점 및 개선할 사항

가. 중국의 어린해삼 대량생산 기술현황

구 분	중 국
종묘생산	 3월에서 시작 하여 11월까지 : 2달 동안 가온(석탄보일러 사용) 조기종묘생산 : 출하크기를 증가, 원생생물 피해 저감 어미해삼관리 전문화 낮은 인건비로 인해 종묘생산에 노동력 대량 투입 그러나, 중국의 인건비 상승으로 일부 인력난 발생 근래에 들어 종묘생산시 기생층 발병으로 종묘생산 효율 저하 생산량 : 476 ~ 2,136/m³ -> 한수조당 15,000 ~ 30,000마리
사 료	 종묘생산은 배합사료로 100% 해삼 양식 발효사료 개발 사용 : 해삼 소화 흡수 효율 증대 (중국 1,000가지 발효효소개발 전문기관 보유)
중간육성	1. 중간육성단계는 분업화 되어 있지 않음 2. 종묘생산업체에서 일괄처리(대련, 연태) 3. 장자도에서는 1.5g 크기부터 가두리에서 5g까지 중간양성
축제식 양식 및 방류	 최하 5g ~ 최대 50g 수온 -2 ~ 28℃, 조방적 양식, 저밀도 사육, 환경오염부하 적고 양식환경 양호, 먹이공급 무 무분별 갯벌 개발 사용 : 거대한 양식단지 조성
중국해삼양식 경쟁력	 저인금의 노동력이 풍부, 저가의 석탄연료를 활용한 낮은 가온비로 조기 종묘생산체제 구축 본 양성은 조방적이며, 주로 대규모 축제식 양식장을 이용

3. 해삼 성장 단계별 전문사료 개발

나. 우리나라와 중국의 종묘생산 차이점

1) 채란시기 및 어미해삼 관리



그림 1 : 우리나라와 중국의 채란시기

우리나라는 지역별로 자연산란기에 어미해삼을 구입하여 채란에 이용하고 있으나, 중 국의 경우 대련지역은 당년 2월에 어미해삼을 구입하여 20℃로 양성관리 하고 있으며, 연태지역은 전년도 11월에 구입하여 15℃로 양성관리하여 적산온도 750 ~ 800℃에서 채란에 이용하고 있다. 어미해삼의 크기는 체중 300g, 체장 20cm 이상의 개체를 어미 해삼으로 이용하고 있다. 중국의 조기 종묘생산은 당년에 50g의 중간종묘를 생산할 수 있고, 저수온기에 생산하여 요각류 등 원생동물에 의한 질병발생의 요인을 저감시키는 효과를 볼 수 있다.

산란용 어미해삼을 수집하고 운송하는 데는 세심한 주의를 필요로 한다. 수집과 운 반에 주의해야할 사항은 첫째, 청해삼, 홍해삼, 흑해삼 등 종묘생산에 이용하고자 하는 품종을 개체별로 선택하여 수집해야 하며, 둘째, 해삼은 기름 등 유류성분에 노출될 경 우 폐사하게 되므로 용기나 수용하는 수조에 기름성분이 없도록 해야한다. 셋째, 수집 된 어미해삼은 급격한 수온 상승을 피하여야 하며, 운송 중에 충격을 가하여 산란을 유발하는 요인을 주지 않아야 한다. 넷째, 수집 과정 중에 해삼 외에 다른 품종의 어· 패류가 혼합되어 표피에 상처를 주지 않도록 한다. 일반적으로 활어 수송차에 양파망 을 이용해 해삼을 운송하거나 20ℓ 스티로폼박스에 아이스팩 또는 얼음을 깔고 신문지 또는 비닐을 일정 두께로 깔아 그 위에 해삼을 2~ 3kg 수용하여 운송하기도 한다. 산 란시기에 구입한 어미해삼은 서식지역보다 3℃ 내외로 낮게 유지하여 4~ 5일간 산란 을 억제한다. 그 이유는 어미해삼의 내장을 비워 채란시 사육수가 오염되는 것을 방지 하기 위해서이다. 내장이 비워져 배설물이 없을 때 수온, 간출, 표면자극 등 산란을 유 발하여 채란한다. 중국의 경우 어미해삼의 양성밀도는 30마리/㎡ 정도이며, 사료는 주 지 않는다. 어미해삼 수조에 7~ 9일 정도 수집지역의 수온과 동일하게 관리하며 채란 시점에 맞추어 산란을 유발하고 있다.

산란유발은 다음과 같은 방법을 사용하고 있다.

- 1) 어미해삼의 양성수조에 사육수를 배수하여 30~60분 정도 음건한다.
- 2) 소형 양수기를 이용해 나오는 수압을 이용하여 해삼의 표면을 20 내외로 뿌려준다.
- 3) 관리했던 수온보다 3 ~ 5℃높은 사육수를 주수하여 수온 자극을 준다.
- 4) 수컷 해삼의 정소를 채취하여 뮬러가제로 짜낸 정자현탁액을 뿌려준다.

산란은 일반적으로 20:00 ~ 02:00 사이에 일어난다. 산란장소는 소음이 없어야 하며, 어두운 상태가 좋다. 보통 수컷이 먼저 방정을 하면 암컷이 방란을 하게 된다. 수컷의 과도한 방정은 사육수의 오염뿐만 아니라 난막을 무리하게 공격하여 수정율에도 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 건강하게 방정하는 개체를 일부 제외하고 수컷은 제거해 준는 것이 좋다.

2) 채란 및 부유유생 양성관리

우리나라는 대부분 전복과 유사한 방법으로 채란을 하고 있다. 소형 플라스틱 수조 에 어미해삼을 수용하고, 방란, 방정에 의해 생산된 수정란을 수집하여 소형 플라스틱 수조에 적정 수량을 수용하여 아우리쿨라리아로 변태한 부유유생을 각각의 사육수조에 적정밀도로 수용하여 초기부터 밀도를 유지하는 방법을 사용하고 있다. 중국은 대형수 조에 30마리/m² 어미해삼을 수용하고 성숙도에 따라 간출자극, 표면자극의 시간을 증감 하여 1차 자극을 주고 수온자극도 3 ~ 5℃의 범위에서 성숙도가 낮을수록 높게 주어 어미해삼의 산란을 유발하고 있다. 수정란에서 약 1일만에 아우리쿨라리아로 변태하게 되는데 부유유생기 수온은 대부분 22℃를 유지하여 9 ~ 12일 후 안정적으로 부착기질 에 착저할 수 있는 여건을 조성해 주고 있다. 수정란의 수용밀도는 2개체/cc이며 사이 편을 이용해 양성수조를 늘려가는 방식으로 착저기에 도달한 돌리올라리아 후기 유생 기에는 0.1개체/cc를 유지하고 있다. 유생 양성 밀도가 높을 경우 또는 좋지 않은 먹이 생물을 급이한 경우 위에 이상이 생겨 폐사하게 되므로 적정 유생 양성밀도를 유지해 야 한다.



그림 2 : 우리나라와 중국의 부유유생 사육관리 차이점

3) 부유유생기 먹이생물 급이관리

우리나라는 부유유생기에 대부분 식물성 미세조류를 배양하여 급이하거나, 국내에서 개발된 초기 사료를 일일 20,000 ~ 40,000cell/cc, 1 ~ 4회 급이하고 있다. 중국은 미세 조류를 직접 배양하여 급이하거나, 각모조, 염조, 홍효모라는 미세조류를 농축한 제품을 일일 10,000 ~ 40,000cell/cc, 1 ~ 2회 급이하고 있어, 급이량은 우리나라와 중국이 비슷 한 수준으로 급이하고 있다. 수정란에서 아우리쿨라리아로 변태하는 시점에서 바로 먹 이를 급이해야 한다. 일반적으로 청해삼은 부유유생기에 농축하여 냉동시킨 미세조류 를 급이해도 성장과 생존에는 이상이 없어 먹이생물 배양에 소요되는 노동력을 감소시 키고 있다. 그러나 홍해삼의 경우에는 살아 있는 미세조류를 급이해야 하며, 종묘생산 을 위해서는 미세조류 배양을 해야한다. 유생시기의 먹이생물 급이는 위의 섭식 여부 를 수시로 조사하고 소량씩 자주 급이하여 사육수의 오염을 방지해야 한다. 그러나 불 충분한 급이는 유생의 성장률을 저하시키거나 대량폐사의 원인이 된다. 반면, 과다한 급이량은 수조의 수질을 심각하게 오염시키므로 먹이의 급이량을 조절하는 것이 유생 기 성장률과 생존율을 높이는 가장 중요한 요소이다.



그림 3 : 우리나라와 중국의 초기 먹이생물 급이관리 차이점

4) 착저 유생 양성관리

착저기 유생은 중국의 대련지역은 파판을, 연태지역은 채묘망을 이용하고 있다. 망지 또는 파판 1장당 3,000마리 내외로 밀도를 조절하여 0.5 ~ 1cm까지 성장시키고 선별에 들어간다. 양성시기 동안 착저 후 바로 배합사료를 급이하는데 해조류 분말, 패각근 분 말, 펄 분말을 위주로 비타민과 다당류 등 첨가제를 배합하여 바로 급이하거나 끓인 후 일반해수를 첨가하여 식히고 효모를 첨가하여 7시간 정도 발효 후 급이한다. 급이 량은 파판 또는 채묘망에 잔여하는 사료의 잔량과 착저 유생의 내장을 관찰하여 포만 감 여부를 판정하여 조정한다. 우리나라는 착저 후 파판에 발생한 규조를 먹이로 이용 하고 있어, 부착밀도는 파판당 500마리 내외로 착저시키고 있다. 해삼은 야행성으로 우 리나라의 경우 규조배양을 위해 차광막을 사용하고 있으나 조도가 높아 중국의 배양시 설이 어둡게 유지하고 있는 방법에 비교해 성장률이 낮아지는 요인이 된다.



그림 4 : 우리나라와 중국의 어린해삼 사육관리 차이점

5) 어린해삼 양성관리

어린해삼 시기의 양성에는 환수율과 먹이급이량 조정, 선별이 생존율과 성장률을 높 일 수 있는 가장 중요한 요소이다. 중국의 경우 매일 100 ~ 200% 내외로 환수하여 요 각류 등 원충류의 밀도가 높아지는 것을 방지하고 있으며, 먹이는 사료의 잔량을 조사 하여 부족하지 않도록 충분히 급이하고 있다. 평균 7일에 한번씩 깨끗한 수조로 이동 시켜 안정적인 양성환경을 유지시키고 있으며, 원충류가 대량으로 발생한 경우에는 살 충제인 트리클로로폰 제제를 2ppm, 10 ~ 12시간 약욕처리하여 구제하고 있다. 또한 세 균성 질병이 발생하거나 의심되는 경우에는 옥시테트라사이클린과 페니실린 또는 옥시 테트라사이클린과 스트렙토마이신을 각각 2ppm 농도로 12 ~ 24시간 약욕처리하여 질 병을 치료하거나 예방하고 있다. 부착기질별 성장율은 초기 체장 1cm까지는 파판이 높 았고, 성장에 따라 채묘망이 성장률이 높게 나타났다. 따라서 파판에서 1cm까지 성장 시킨 후 박리하여 채묘망에서 양성하는 것이 성장률을 높이는 방법으로 사료된다.



그림 5 : 우리나라와 중국의 어린해삼 사육관리 차이점



그림 6 : 어린해삼 생산과정별 사육관리 상황



그림 7 : 성장단계별 종묘생산 기간 및 모식도

6) 저수온기 대량폐사 원인 및 대책

본 연구사업에서 해삼종묘의 양성기간은 2010년 6월 19일부터 2011. 6월 30일까지였 다. 2011년 1월 중순 최저수온 0.8℃, 0℃ 이하의 저수온이 10일간 지속되면서 62만마 리가 폐사되었다. 겨울철 5℃ 미만의 시기에는 해삼의 섭이력이 감소하여 체력이 약해 진 상태에서 생존수온 범위 이하로 수온이 낮아지면서 대량 폐사한 것으로 사료된다. 폐사된 어린해삼은 3 ~ 4일만에 백탁되어 형체를 알아보지 못하게 부패하였고, 7일 후 에는 완전이 부패하여 수조의 오염을 가중시켰다. 이 시기 동안 환수율을 높이고 약욕 처리를 하였으나 생존에는 효과를 나타내지 못했다. 겨울철 저수온기에 어린해삼을 안 전하게 양성하려면 수온 4℃ 이상은 유지해야 할것으로 사료되며, 최소한의 사료를 급 이하여 체력이 약해지는 것을 예방해야 한다.



그림 8 : 사육기간 중의 수온변화 및 폐사된 어린해삼

7) 종묘생산에 소요되는 생산비 분석

본 연구사업의 종묘생산에 이용한 수면적은 2 ~ 8g의 어린해삼 100만마리를 생산하는데 면적 600㎡, 수량 800㎡을 사용하였다. 모삼구입과 파판, 채묘망 구입 등 재료비와 인건비를 산정하여 그림 9에 나타내었다. 체장 1cm 내외로 2,000만마리를 생산하여이중 성장률이 낮은 개체 50%를 도태시켜 최종 1,000만마리를 생산하는 비용이 135백 만원이 소요되어 마리당 생산비는 13.5원이었다. 체장 1cm 내외의 1,000만마리를 평균 5g 내외로 100만마리까지 양성하는데 110백만원이 추가로 소요되어 총 생산비는 245백 만원이 소요되었고, 마리당 생산 원가는 245원이었다. 그러나 체장 1cm 내외의 어린해삼 200만마리를 30원에 구입하여 5g 내외로 100만마리까지 양성할 경우 생산비는 170 원으로 나타났다. 따라서 체장 1cm까지 생산하는 업체와 체중 5g까지 생산하는 업체가 분업화 된다면 생산비를 낮출수 있을 것으로 사료된다. 중국의 경우 이러한 시스템을 이용하여 해삼 종묘생산을 하고 있어 경쟁력을 높이고 있다.



그림 9 : 종묘생산에 소요되는 생산비 분석

8) 우리나라가 중국에서 배워야할 점

중국은 대부분 축제식양식과 씨뿌림 양식을 통해 해삼을 생산하고 있다. 과거 중국 에서도 종묘로 체장 5cm 어린해삼을 사용하였으나, 생존율이 5% 미만으로 낮아 종묘 의 크기가 체중 5g 내외까지 성장한 개체를 사용하게 되었다. 최근에는 3월 중 조기에 생산한 체중 50g의 어린해삼을 입식하여 생존율을 95% 내외로 높이고 있는 추세이다.

또한, 해조류, 패각근, 펄 분말 등 전용 배합사료가 다양하게 생산되고 있어, 성장단 계에 맞게 급이할 수 있는 여건이 조성되어 있으며 다당류를 비롯한 다양한 첨가제가 시판되고 있어 양질의 종묘를 생산할 수 있는 기반이 구축된 상태이다. 특히, 어린해삼 의 소화 흡수율을 높이는 발효 효소제제가 1,000가지가 넘을 정도로 배합사료 기술개 발에 노력을 경주해 왔다.

따라서, 우리나라도 해삼 전용 배합사료 개발과 함께 어미해삼을 체계적으로 관리할 수 있는 업체과 전장 1cm내외의 어린해삼 생산업체, 체중 5 ~ 50g의 중간 종묘를 생산 하는 업체로 분화하여 생산비 절감과 함께 생산성을 높일 수 있는 방향으로 전환해 나 가야 할것으로 사료된다.



그림 10 : 우리나라가 중국에서 배워야할 점

2. 해삼양식산업 중국 투자유치 진단

가. 중국의 해삼양식 현황

중국은 체중 5 ~ 50g의 어린해삼을 대부분 축제식 또는 씨뿌림양식을 통해 양성하 여 건해삼 가공용 원료로 이용하고 있다. 그러나 매년 건해삼 소비량은 증가하고 있는 반면, 양식장의 노후화로 인한 생산력 저하와 자국내의 신규 어장확보가 어려운 상태 여서 생산량은 매년 감소하고 있는 추세이다. 따라서 해외 신규 양식어장을 확보하기 위해 해삼 관계 기관과 어업인은 해외 투자를 위해 현지를 직접 방문하여 신규 어장으 로서의 가능성을 진단하고 기관과 협의를 통해 대규모 투자를 계획하고 있는 실정이 다.



그림 11. 중국의 축제식양식장은 포화상태이며 신규어장 확보가 어려운 상태

나. 중국 해삼 투자단 방문

지난 2010. 10. 27 ~ 29일까지 대규모 해삼양식단지를 운영하고 있는 중국의 대련지 역 장자도 어업인 그룹이 우리연구소의 안내로 진도지역 현지를 방문하여 새로운 양식 어장 개발을 위한 투자유치 가능성을 진단하고 돌아갔다. 진도군을 방문하여 지리적여 건과 해양환경을 견학하고 해삼과 전복에 1억위안(한화 164억원)을 투자할 의사를 밝 혔다. 개발면적은 4천만평, 임대기간은 최대 50년까지 장기임대를 희망하였다. 생산에 대한 소득분배는 마을어장의 경우 공동개발 공동분배, 신규 어장 개발의 경우에는 독 점으로 추진하겠다는 의사를 밝혔다.



그림 12. 중국 어업인 투자단 우리연구소 방문



그림 13. 중국 어업인 투자단 진도군 방문 및 협의

중국의 어업인 투자단이 방문한 후 2010. 11. 1 ~ 3일까지 중국 대련의 해삼양식 사장단이 진도군을 방문하여 현장답사와 함께 진도군과 투자협의를 추진하였다. 사장 단 대표는 진도군과 협의를 통해 최대 3천억원 규모의 투자를 적극적으로 검토하고 있 다고 밝혔다. 여기에 수반되는 요구사항은 대단위 종묘생산장 15개업체가 집단시설 운 영을 위해 개소당 3.3ha의 면적을 구매 또는 임대할 수 있도록 제공하고 종묘생산장 해역에는 안정적인 사육수 확보를 위해 방조제를 신설하여 줄 것을 희망하였다. 또한 축제식 또는 씨뿌림양식장 운영을 위해 1개 업체당 100ha를 구매 또는 임대할 수 있는 여건을 마련해 줄 수 있도록 의사를 밝혔다. 방문단에는 해삼 종묘생산 업체와 축제식 양식장 업체가 포함되어 있었으며, 우리연구소에서 시설물과 해양환경 여건 등 기반사 항을 견학하였고, 생산 중인 체중 5g 내외의 어린해삼을 매우 우수한 종묘로 판정하였 다. 따라서 우리나라에서 대량으로 어린해삼을 생산할 수 있다는 가능성을 확인하였다.



그림 14. 중국 대련 해삼양식 사장단 방문 및 협의

중국의 해삼양식 및 가공산업을 위해 우리나라를 찾았던 방문단은 중국의 어업인과 사업체가 우리나라에 투자여건이 조성되어 해삼을 대량으로 생산하고 건해삼을 가공할 경우 우리나라에서 생산된 건해삼까지 전량 구매하여 수입하겠다는 의사를 밝혔다. 이 처럼 중국은 자국의 해삼 소비시장이 확대됨에 따라 발빠르게 해외 시장을 개척하고 있다.

다. 중국의 투자유치에 대한 우리의 대응방안

우리나라는 지금까지 자연에서 어획한 해삼을 대상으로 자숙하여 중국으로 싼값에 수출하고 있는 실정이다. 이마저 중국 유통업체가 우리나라에서 직접 생해삼을 구입, 일차 가공 후 자국으로 수출하고 있어 소득창출의 기회가 낮아지고 있는 실정이다. 다 만, 1kg당 8천원 내외로 형성되었던 생해삼 가격이 중국의 수입 증가로 인해 1kg당 2 만원 이상으로 상승하여 어업인 소득원이 증가할 수 있는 여건이 조성되었지만 자숙해 삼과 건해삼 가격은 동결되어 수출하고 있어 우리나라 해삼 가공업체에는 부담으로 작 용하고 있다. 중국의 해삼 전문업체 및 기업이 국내에 투자를 활성화하려는 의지는 긍 정적으로 평가되지만 신중한 검토가 필요하고 해외 투자가 국내에 활성화되기 위해서 는 이에 대해 뒷받침할 수 있는 제도가 마련되어야 할 것으로 보인다. 현재 국내 마을 어장내에는 기업이나 업체가 참여할 수 없어 실제적으로는 현재 해외 투자유치기 힘든 실정이다. 따라서 전면 개방보다는 마을어업과 해외 투자한 기업이 같이 상생할 수 있 는 방안이 필요할 것으로 보인다. 그러면서 중국의 해삼 양식에 대한 선진기술이 자연 스럽게 국내로 전수 될 수 있는 환경을 조성하고 향후에는 마을어업과 해외투자기업이 함께 발전 할 수 있는 길을 찾아야 할 것으로 보인다. 현재 단기적으로는 자본, 기술이 들어올 수 있어 좋으나, 국내 투자하고자 하는 중국 기업 및 단체는 중국의 실정과 비 슷하게 50~100년 이라는 어장의 장기 임대를 바라고 있다. 이 또한 무제한 장기임대 를 해 줄 수 는 없는 입장이고 우리의 권리를 제한받지 않는 범위 내에서 단계별 임대 기간을 조절할 필요가 있을 것으로 보인다.