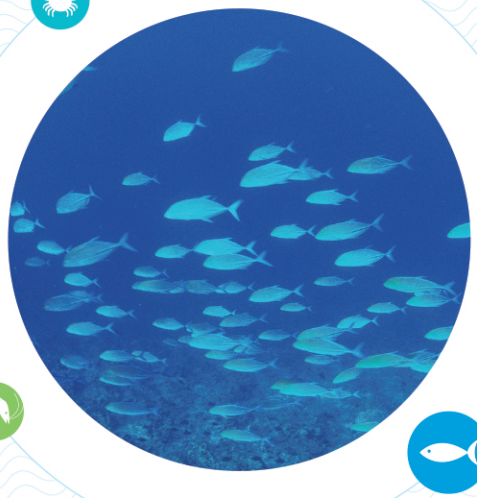
발간등록번호
11-6500396-000001-10

해양수산연구원

2016 연구사업보고서







발 간 사



우리 해양수산연구원은 연안어장의 수산자원 회복과 양식업 등의 지역현안 문제 해결을 위하여 지난 1999년 해양수산자원연구소로 개소 이후 2009년 해양수산연구원으로 확대 개편되면서 연구·배양장·기술보급 등을 전담하는 명실상부한 제주 지역의 「해양수산 전문연구 기관」으로서의 역할을 충실히 수행해 나가고 있습니다.

또한 지난해부터 안정적인 귀어업인 정착을 유도하고, 어업환경 변화에 능동적으로 대처하기 위해 수산기술 전문 교육과 수산업경영인 육성 등 산업현장의 전문성 향상 및 미래 수산업을 선도할 인력을 양성하는데도 노력하고 있습니다.

지난 한해 우리 해양수산연구원에서 해양수산 분야의 생업과 직결된 현장 실증연구를 통하여 산업현장의 기술을 한 단계 업그레이드 시키므로써 어업인에게 실질적으로 도움이 되는 수산업 발전을 위한 지역현안과제 중심으로 추진했던 연구사업 결과들을 정리하여 보고서를 발간하게 되었습니다.

이번 연구사업보고서에는 어선어업의 문제점 중에 하나인 어업 인력난을 해결하기 위한 「어선 자동화 기술개발」, 마을어장 수산자원 관리 및 생태환경 보전을 위한 「마을어장 자원생태환경 조사」, 제주도 주력산업의 하나인 제주광어 양식산업의 문제점으로 대두되고 있는 「쿠도아충 감염특성 연구」, 수산자원 회복과 연안어장 어족자원 증대를 위한 「지역 특산종 종자생산 및 자원조성」 등 18편의 연구사업 결과와 제주 홍해삼 양식산업 발전을 위해 중국 황해수산연구소에 1년간 파견하면서 습득한 중국 해삼 양식 매뉴얼 등 총 20편의 연구 결과물들을 수록하고 있습니다.

앞으로 우리 해양수산연구원은 어업인을 위한 현장중심의「실용화 연구」「기술보급 및 인력육성」을 통해 제주바다의 무한 가치를 창출하는데 노력해 나가도록 하겠습니다. 아울러 이 책자에 수록된 연구자료가 어업인들이나 연구기관의 참고자료로 활용된다면 더 없는 기쁨으로 생각하겠습니다.

2017. 2.

제주특별자치도해양수산연구원장 양 희 범

연구사업 보고서 목록

구분	연번	제 목	작성자
연구 분야	1	들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅱ)	박용석
	2	갈치 끌낚시어업에 있어서 어구의 형상에 관한 연구	김문관 등
	3	마을어장 자원생태환경 조사	김수강 전봉근
	4	'17년 소라 TAC 설정을 위한 자원평가	전봉근 김수강
	5	갈치의 난모세포 성숙에 대한 HCG의 *in vitro* 효과	강형철 김문관
	6	염분농도와 수온 변화에 따른 돌돔 난 발생 특성	오성립 강형철
	7	순환여과 시스템을 이용한 어류 시험양식 연구	강형철 오성립
	8	우도 홍해삼 양식섬 조성사업 효과조사	홍성완 김순찬
	9	마대오분자기 난발생에 미치는 염분농도의 영향	좌민석 김필연
	10	드럼필터여과기와 자외선살균기 도입을 통한 유입수 처리 시 광어 질병 저감 효과	강봉조 등
	11	*Kudoa septempunctata* genotype ST3 포자의 ddY suckling mice 투여 시 영향	장영환 등
	12	수산종자 방역검사에 따른 입식현황 분석	유은호 등
종묘 생산 분야	13	어류 종자생산 및 자원조성	오성립 강형철
	14	참다랑어 종자생산 연구	오성립 강형철
	15	오분자기 종묘생산	김필연 좌민석
	16	홍해삼 종묘생산	양병규
	17	조개류 종묘생산	좌민석 김필연
	18	중국 해삼산업의 특성과 제주홍해삼 발전방향	양병규
	19	중국 해삼 생산단계별 사육매뉴얼 소개	양병규
지도 분야	20	수산기술 전문교육과정 시범운영	김종수 등

목 차

들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅱ) ····· 3

갈치 끌낚시어업에 있어서 어구의 형상에 관한 연구 ····· 15

마을어장 자원생태환경 조사 ····· 24

'17년 소라 TAC 설정을 위한 자원평가 ····· 45

갈치의 난모세포 성숙에 대한 HCG의 in vitro 효과 ····· 60

염분농도와 수온 변화에 따른 돌돔 난 발생 특성 ····· 67

순환여과 시스템을 이용한 어류 시험양식 연구 ····· 73

우도 홍해삼 양식섬 조성사업 효과조사 ····· 79

마대오분자기 난발생에 미치는 염분농도의 영향 ····· 94

드럼필터여과기와 자외선살균기 도입을 통한 유입수 처리 시 광어 질병 저감 효과 ···· 102

Kudoa septempunctata genotype ST3 포자의 ddY suckling mice 투여 시 영향 ····· 112

수산종자 방역검사에 따른 입식현황 분석 ····· 118

어류 종자생산 및 자원조성 ····· 128

참다랑어 종자생산 연구 ····· 139

오분자기 종묘생산 ····· 144

홍해삼 종묘생산 ····· 152

조개류 종묘생산 ····· 161

중국 해삼산업의 특성과 제주홍해삼 발전방향 ····· 167

중국 해삼 생산단계별 사육매뉴얼 소개 ····· 176

수산기술 전문교육과정 시범운영 ····· 187

해양수산연구원 기본 통계 ····· 195

들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅱ)

박용석

Ⅰ. 서　　론

자리돔3척들망과 멸치챗배는 현재 제주연안에서만 사용되고 전통 어구어법이다. 자리돔3척들망은 제주도의 모슬포에서 개발된 어구어업으로 그물배인 그물배 1척과 양망 보조선 2척이 선단을 구성하여 조업하고 있는데, 인력에 의존하던 조업 방식이 생력화 연구 결과 까래그물 양망과 블록줄 양승 작업은 기계화 되어 있다 (박, 2002). 그런데 보조선에서 양승기 동력원으로 척 당 배터리 2개가 사용되고 있으며, 배터리 한 개당 중량은 55㎏이다. 이 때 보조선의 배터리 에너지가 소진되면 3일에 한 번의 빈도로 무거운 배터리를 철거한 후 자택으로 운반하여 충전하고 있는데, 충전에 약 20시간이 소요된다. 그리고 충전된 배터리를 자택에서 어항으로 수송한 후 재차 보조선에 장착하는 과정을 어기 내내 계속 반복하는 문제점이 있다.

멸치챗배는 조선시대 후기에 개발된 어구어법으로 인력의 풍부하였던 예전에는 우리나라 남해안과 제주연안에서 주로 사용되었다. 산업화와 더불어 많은 일거리가 창출되면서부터 힘든 일을 기피하게 되고, 어선원이 감소하면서 쇠퇴하였다. 거문도를 중심으로 활발하게 조업되던 멸치챗배는 연안선망의 일종인 홀치기로 어구어법이 변천하게 되었고, 나중에는 이마저도 선원이 부족하여 사라지게 되었다. 그러나 제주연안에서는 해안이 암반으로 되어 있어 수중으로 깊이 부망할 경우 해저 암반에 그물이 걸려서 파망되는 경우가 발생하였기 때문에, 아직까지도 챗배어업으로 멸치를 어획하고 있다. 멸치챗배의 집어등 이송 장치가 개발되어 현장에서 활용되고 있어 생력화가 상당히 진전되어 있다 (박, 2016). 그런데, 매번 멸치어기 시작 전과 종료 후에 지게차를 사용하여 단기통디젤엔진과 5㎾의 발전기를 설치하고 철거를 반복하기 때문에 불편하고 인력과 비용 발생한다. 또한 비좁은 어선의 선미 갑판 안에 발전기 설치 공간이 필요하기 때문에 어획물 적재하고 수송하는 공간이 낭비되어 조업할 때 불편이 초래되고 있다.

한편, 자리돔3척들망과 멸치챗배는 포획 대상어의 어장이 형성될 때 어구와 어로 장비를 다르게 장착하여 겸업하고 있는 공통점이 있다. 이러한 어구어법은 인력 의존형 조업 구조이면서 전기에너지 저장 및 사용 기술이 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 수작업을 어로 장비로 대체하여 인체의 피로도를 저감하면서 어선원 구인 문제를 해소하고, 발전 및 충전 시스템을 개선하여 전기에너지를 효율적으로 활용할 목적으로 연구를 수행하였다.

자리돔3척들망의 경우에는 전기에너지 충전 시스템을 개선하기 위해서 배터리를 자택으로 운송하여 충전하는 문제를 그물배에서 충전 후자선의 배터리로 배전하였다. 멸치챗배의 경우에는 집어등용 발전 시스템을 개선하기 위해서 선미에 집어등용 발전기를 설치하여 집어등용 전력을 생산하는 시스템을 충전 배터리로 대체하는데, 얻어진 연구 결과를 보고한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 자리돔3척들망 및 멸치챗배의 조업도

그림 1에 모슬포항을 중심으로 조업하는 자리돔3척들망, 그림 2에 멸치챗배의 조업도를 나타내었다.

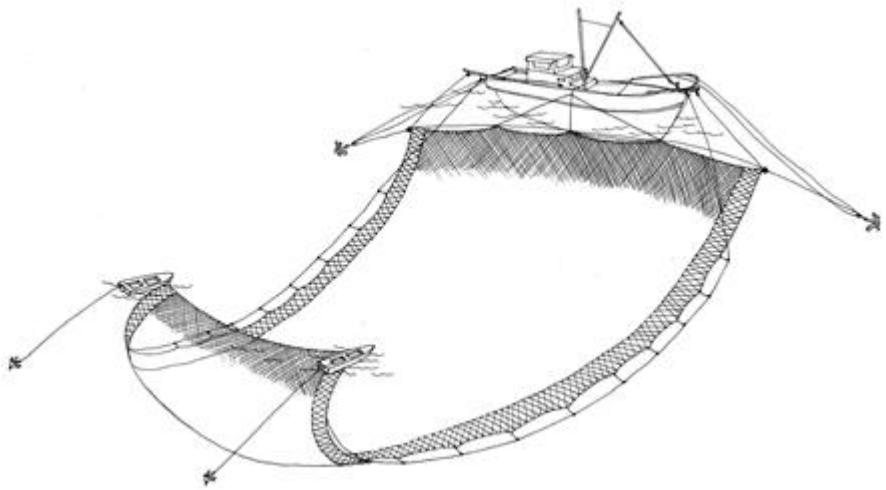


그림 1. 자리돔3척들망의 조업 모식도

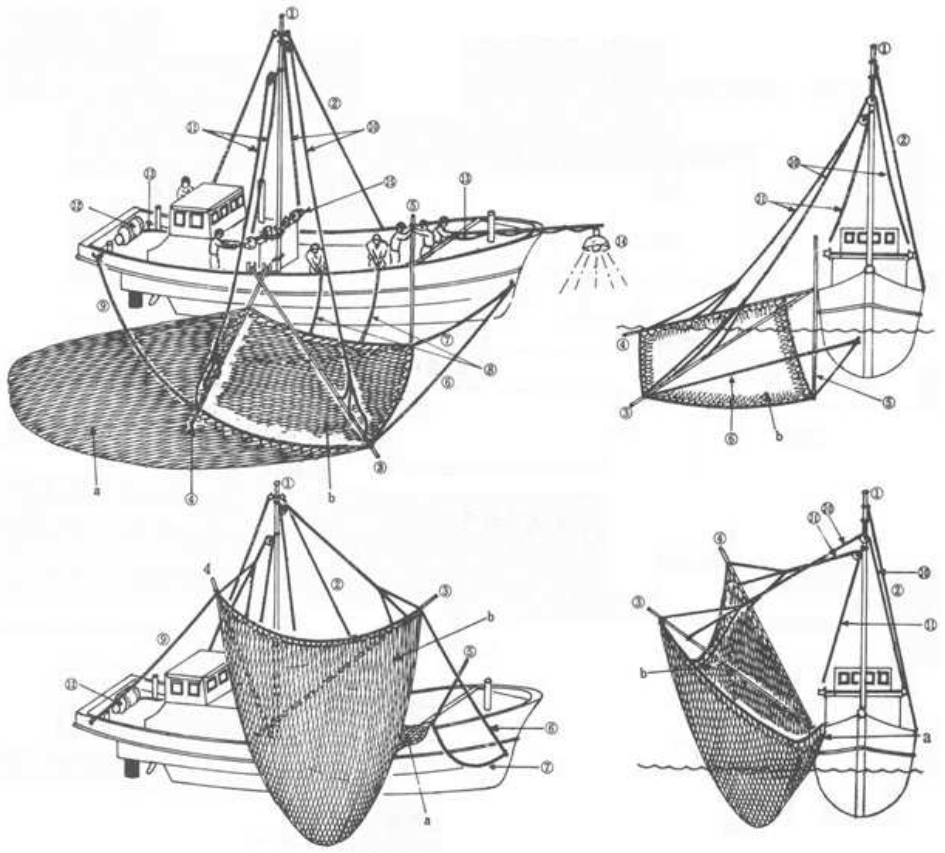


그림 2. 멸치챗배의 조업 모식도
위 : 투망된 상태, 아래 : 양망된 상태, 왼쪽 : 측면도, 오른쪽 : 정면도
①뱃대 ②총줄 ③큰 챗대 ④작은 챗대 ⑤콧대 ⑥,⑦앞잡잇줄 ⑧당김줄 ⑨뒤잡잇줄 ⑩큰 챗대줄 ⑪작은 챗대줄 ⑫발전기 ⑬전선 ⑭집어등 ⑮사이드 드럼 a.자루 b.까래

그림 1에서는 그물배가 까래그물을 투망과 양망할 때 보조선 2척도 돋움줄을 양승기로 당겨가면서 그물을 전개하고 양망한다. 보조선에 설치된 양승기의 동력원은 충전 배터리가 사용된다.

그림 2에서는 선수에 있는 1kw의 백열 집어등을 켜기 위하여 5㎾ 내외의 발전기를 선미 갑판에 설치하여 사용한다.

2. 연구 개발 대상 어선 척수

표 1에 본 연구 개발 대상이 되는 어선 세력을 나타내었다. 자리돔3척들망과 멸치챗배를 겸업하는 어선은 29척, 멸치챗배에 종사하는 어선 75척을 연구 개발 대상으로 하였다.

표 1. 연구 개발 대상 어선 세력

어구어법	합계	조업근거지항			
		모슬포	성산포	서귀포	기타
합 계	104	47	30	22	5
자리돔3척들망	29	17		12	
멸치챗배	75	30	30	10	5

3. 자리돔3척들망 시험선 및 보조선의 양승기 모터

자리돔3척들망과 멸치챗배에 종사하고 있는 어선(흥진호, 8.55톤)과 보조선 2척(흥진1호, 흥진2호, 각각 0.32톤)을 시험선으로 사용하였다. 보조선에 설치된 양승기와 이것을 구동하기 위한 모터를 그림 3에 나타내었다.

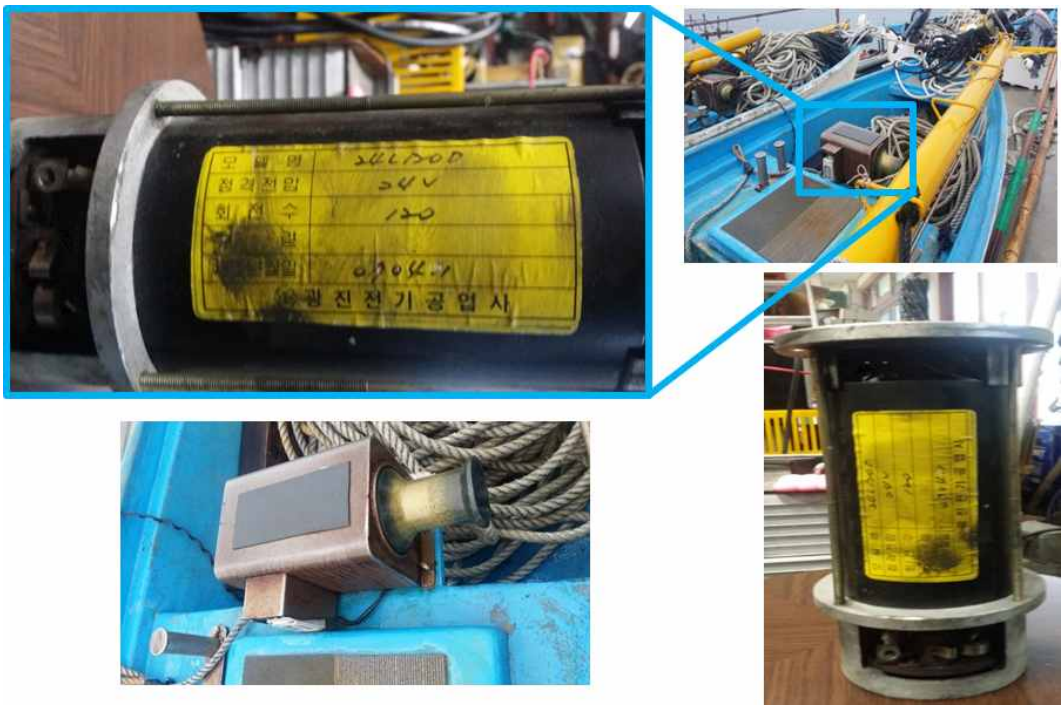


그림 3. 자리돔3척들망 보조선의 양승기 모터(DC24V 120W)

4. 시험선에 설치된 주 기관

시험선에 설치된 주 볼보제 550HP, 회전수는 1900rpm이었다.

5. 제너레이터

보조선에서 양승기 동력원으로 사용되는 배터리의 충전 전력을 생산하기 위해서 그림 4와 같이 기관실 안에 별도의 제너레이터(DC24V, 150A, C형 1열 5″ 풀리, 거치대)를 설치하였다.

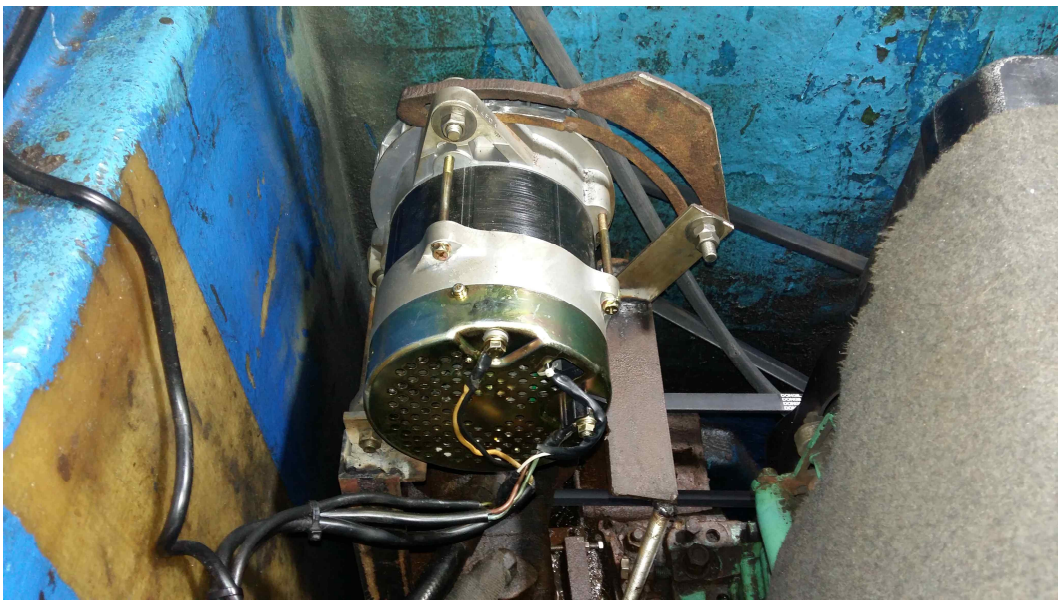


그림 4. 기관실 안에 설치한 제너레이터

6. 배터리

까래그물을 양망할 때 보조선 2척에 설치된 양승기를 구동하기 위한 전원으로 사용하기 위해서 척 당 납 축전지(델코 200AH) 2개씩 직렬로 연결하여 DC 24V가 출력되게 설치하였다.

7. 충전 컨트롤러

그물배의 배터리에 저장된 전기 에너지를 보조선의 배터리로 에너지를 전송하기 위해서 그림 5와 같은 하이브리드형 충전 컨트롤러(DHCT-1220L)를 선실 안에 비치한 배터리 옆에 설치하였다.

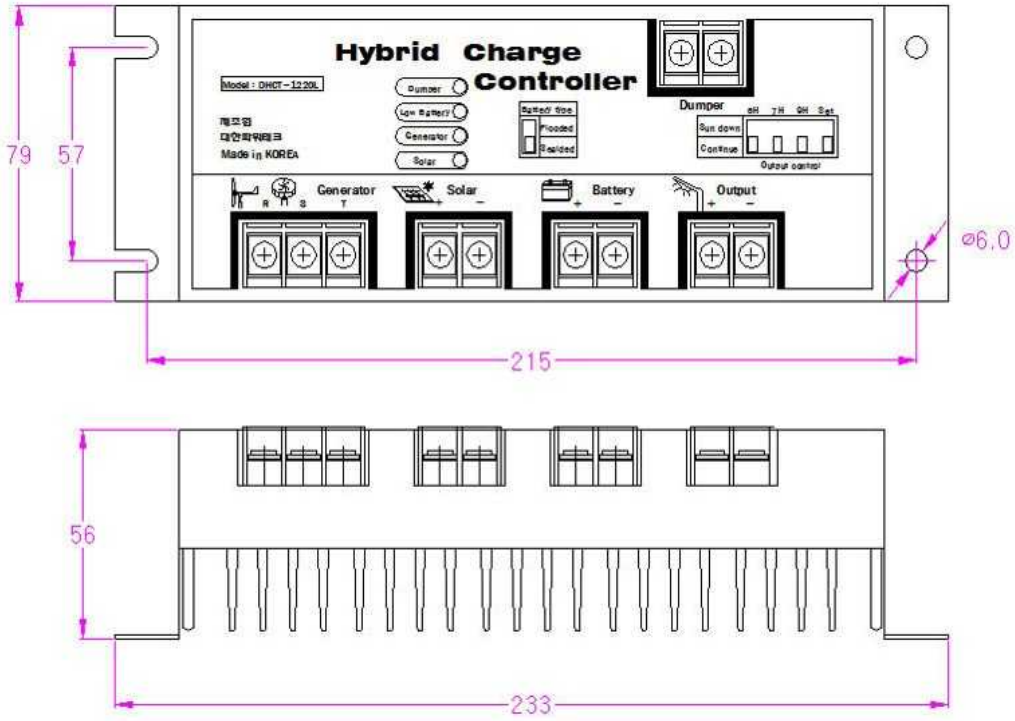


그림 5. 하이브리드형 충전 컨트롤러

8. 인버터

제너레이터에서 생산된 DC 24V 전원을 AC 220V로 변환하여 집어등 또는 전열기 등에 전원을 공급하기 위해서 인버터(P&K 5.5㎾)를 설치하였다.

9. 발전 및 충전, 배전 개념

그림 6에 그물배에서 생산된 전기 에너지를 그물배의 배터리에 저장한 후 충전 컨트롤러를 거쳐서 보조선의 배터리에 전기 에너지를 배송하는 과정을 모식도로 나타내었다.

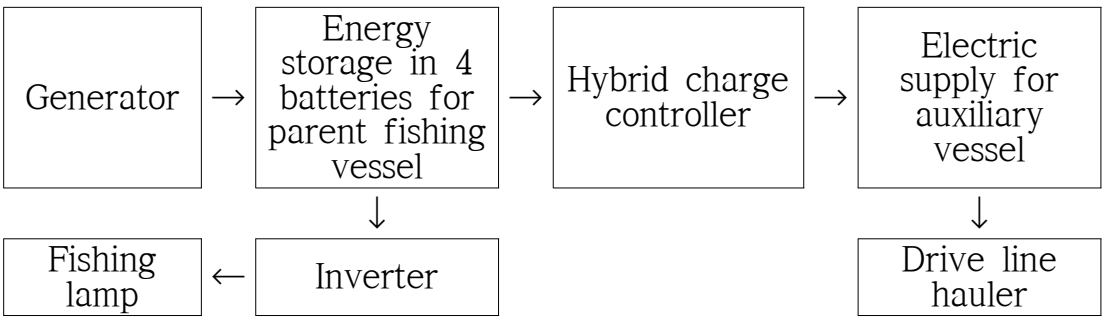


그림 6. 제너레이터에 의한 발전, 충전 및 배전 모식도

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 자리돔3척들망 보조선에서의 전기 에너지 충전 문제 해결

지금까지는 2척의 보조선에 설치된 양승기 동력원으로 척 당 배터리 2개 사용하다가 배터리의 에너지가 소진되면 배터리를 철거한 후 자택으로 운반하여 충전한다. 이 때 가을~겨울철 방어 어기에 미끼로 사용하는 자리돔을 포획할 때 배터리 사용 시간은 하루에 1시간 이내이므로, 배터리가 그다지 소요되지 않고, 사용한 에너지도 연속 항해 조업하면서 선내에서 발전하여 자체적으로 충전할 수 있다. 그러나 봄~여름철에 자리돔을 어획할 때는 보조선은 항상 해상에 떠 있어 그물배로부터 에너지를 공급받을 수 없는 상태가 된다. 양승기 사용 시간은 하루에 3시간 이상이고, 어항에서 어장까지의 이동 거리가 짧기 때문에 그물배에서 생산된 전력을 보조선의 배터리에 사용량 이상 충전할 수 없어서 약 3일에 한 번 빈도로 배터리를 자택으로 수송하여 충전한 후 다시 어선으로 수송하여 재장착 하여야 하는 문제점이 반복적으로 발생하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 그림 6에 나타낸 것과 같이 150A의 제너레이터와 200AH의 배터리를 그물배에 추가로 설치하고, 항해 및 조업 시 그물배의 설치한 제너레이터에서 생산된 에너지가 그물배의 배터리에 충전되었다. 그물배의 배터리에 충전된 에너지는 충전 컨트롤러를 통하여 보조선의 배터리로 배전되어 충전할 수 있게 되었다.

2. 멸치챗배의 발전시스템 해결

지금까지는 2,000~2,200rpm으로 회전하는 단기통디젤엔진(크기 75㎝ × 40㎝ × 50㎝, 무게 141㎏, 10마력)에 5㎾의 발전기를 3,600rpm 구동시켜 AC110V의 전력을 생산하였다.

매번 멸치어기 시작 전과 종료 후에 지게차를 사용하여 중량 200 ㎏ 의 발전 시스템을 설치하고 철거를 반복하기 때문에 인력과 비용이 발생하였다. 그리고 비좁은 어선의 선미 갑판에 발전기를 설치할 공간이 필요하기 때문에 그 만큼 멸치 적재 수송 공간 또는 작업 공간이 줄어들기 때문에 조업 손실이 발생하는 문제점이 있었다.

자리돔3척들망에서의 충전 문제 해결과 비슷하게 150A의 제너레이터를 기관실에 추가로 설치하였으며, 200AH의 납축전지 4대를 선실 안에 추가로 비치하였다. 1㎾ 백열집어등은 조업할 때만 사용되므로, 항해하고 조업할 때 전기 에너지를 배터리에 충전할 수 있었다. 보조선의 배터리에 충전된 에너지는 인버터에 연결되어 AC 220V로 전환된 후 슬라이닥스를 사용하여 전압을 110~170V로 조절하면서 집어등 점등 전원을 공급할 수 있었다.

3. 자리돔3척들망 보조선 양승기의 소비 전력 및 배터리 사용 가능 일 수

그물 전개 시 양승기에 12~36A의 전류가 흐르는데 평균 전류는 20A로 설정하고 하루에 1시간 사용하면 소비 전력량은

24V × 20A × 1H = 480W

양망 시 양승기에 12~50A의 전류가 흐르는데 평균 전류를 30A 설정하고 하루에 1시간 사용하면 소비 전력량은

24V × 30A × 1H = 720W

양승기의 1일 소비 전력량은

480W + 720W = 1,200W

배터리 200AH 4대의 전력은

12V × 200A × 4 = 9,600W

배터리 잔량이 최소 40% 이상이어야 양승기가 작동된다면 배터리 전력은

9,600W × 40% = 3,840W

배터리를 사용할 수 있는 일수는

3,840W ÷ 1,200W ≒ 3

이 되어, 선장이 이야기한 것과 일치한다.

4. 자리돔3척들망 그물배 및 보조선 배터리 40% 충전 예상 시간 분석

그물배 배터리 충전 시간은 시간당 1,000W를 충전할 수 있고, 효율이 95%라고 하면, 12V 200A 배터리 1대를 40%로 충전하는데 걸리는 시간은

12V × 200A × 40% ÷ (1,000W × 95%) = 3,840W ÷ 950W ≒ 4

즉, 4시간이 걸린다.

보조선 배터리의 충전 시간을 계산하면

보조선 배터리 12V 200A 배터리 4대의 전력은 9.6kW

충전율을 40%로 가정하면 3.84kW이며, 전류는

200A × 40% = 80A

충전 컨트롤러에서 과전류를 방지하기 위해서 충전 전류를 15A로 설정하였으므로, 충전 시간은

80A ÷ 15A ≒ 5

즉, 완전 방전 시 보조선 배터리를 40%까지 충전하는데 걸리는 시간은 5시간이 걸린다.

5. 자리돔3척들망 자선의 전기 에너지 충전 시스템 개선도

그림 7에 자리돔3척들망 자선의 전기 에너지 충전 시스템 개선도를 나타내었다.

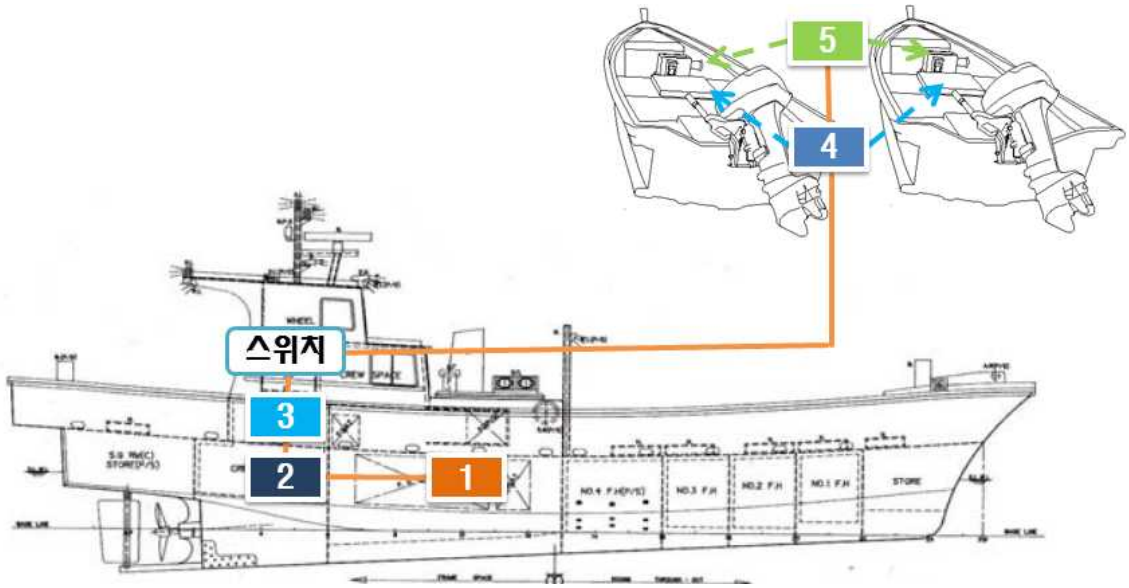


그림 7. 자리돔3척들망의 제너레이터에 의한 발전, 충전 및 배전 모식도
1.제너레이터, 2.그물배 배터리, 3.충전 컨트롤러, 4.보조선 배터리, 5.양승기

조업을 마치고 항해할 때나 귀항한 후에 충전 컨트롤러를 사용하여 그물배의 배터리를 보조선의 배터리로 연결하면 전압이 높은 그물배의 배터리에서 전압이 낮은 보조선의 배터리로 전류가 흐르고, 다이오드에 의하여 역방향으로는 전류가 흐르지 않았다.

6. 멸치챗배의 발전시스템 개선도

그림 8에 멸치챗배의 발전시스템 개선도를 나타내었다. 기관실에 설치된 제너레이터에서 생산된 에너지는 그물배 선실 안에 비치된 배터리에 저장된 110V, 1,000W의 집어등을 사용하는 전원으로 사용된다. 이 때 집어등에 사용되는 전원을 공급하기 위해서 인버터를 사용하여 DC 24V를 AC 220V로 전환한 후 슬라이닥스로 조도 등의 광량에 따라 전압을 조절할 수 있게 되었다. 다만, 제너레이터에서 생산된 전기 에너지가 배터리에 저장된 후 인버터를 경유하여 집어등 전원으로 공급되면서 에너지 전환에 따라 원래 에너지의 약 30% 이상이 손실되는 것으로 추정된다.

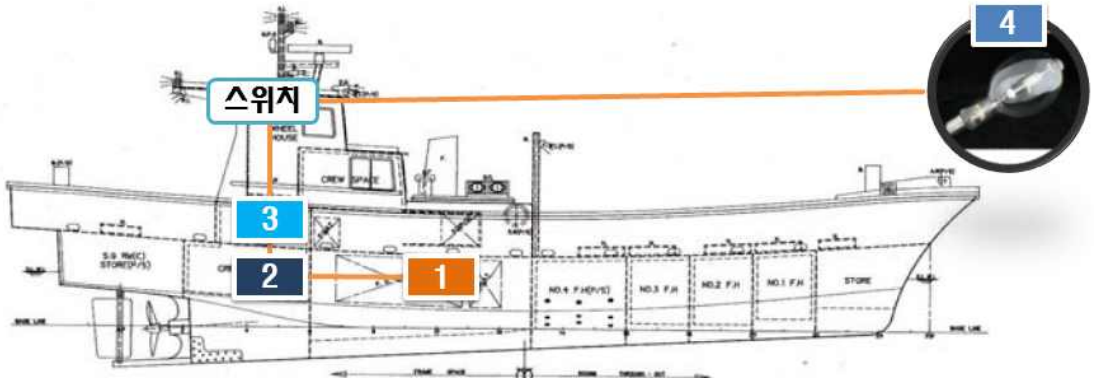


그림 8. 멸치챗배의 제너레이터에 의한 발전, 충전 및 배전 모식도
1.제너레이터, 2.그물배 배터리, 3.인버터, 4.집어등

7. 자리돔3척들망 자선의 충전 시스템 개선 효과

보조선에서 사용되는 배터리 220kg(55kg/개*4개)의 충전 문제를 선내에서 해소할 수 있었으며, 수송과 탈·장착 작업에 따른 인력과 시간을 절감할 수 있었다. 그리고 배터리 수송 시 예상되는 해상 추락 사고와 배터리의 유실을 방지할 수 있게 되었다. 또한, 충전기에 의한 에너지 전환 시 소모되는 전력 30%를 절감할 수 있을 것으로 추정하고 있다.

8. 멸치챗배의 집어등 발전시스템 개선 효과

집어등 점등에 필요한 에너지를 선내에서 해소할 수 있었으며, 제너레이터를 구동하기 위한 디젤엔진 등의 설치 및 분리 시간과 인력이 절감되었다. 부차적으로 선미 갑판에 디젤 엔진을 설치하지 않게 됨으로써 궁극적으로는 선내 공간이 늘어나서, 어획물 적재 공간이 증대되고 조업 공간이 넓어져서 조업 능률을 개선하는데 기여할 수 있었다.

9. 경영비 절감 효과 분석

들망어선에 에너지 효율화 장비를 도입하여 1년간 1척당 경영비 절감 효과를 분석하여 표 2에 나타내었다.

표 2. 경영비 절감 효과 분석

(단위 : 명, 회, 천원)

어구어법			자리돔3척들망			멸치챗배		
개선 내용			자선 배터리 충전			발전기 전원 대체		
단위			수량	회수	금액	수량	회수	금액
작업명	설치	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		지게차				1	3	15
	수송	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		트럭	1	80	800			
	분리	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		지게차				1	3	15
누계					8,600			3,630
합계								12,230

자리돔3척들망에서는 자선의 배터리를 분리하고 트럭으로 수송하여 충전 후 재설치하는데 약 2명의 보통 선원을 필요로 한다. 배터리를 분리하고 설치하는 인력은 1회에 2명을 필요로 한다. 운반 회수는 봄~여름철 어기에는 한 달에 약 20일, 6개월 동안 조업하고 3일에 1회 빈도로 충전할 경우를 가정하였다. 평균 일당은 130,000원이며, 근로시간의 25%가 투입된다고 가정하여 어기 동안의 소요 비용을 산출하였다. 배터리를 적재한 트럭 사용료는 1회에 10,000원이며, 수송할 때 왕복하여야 하므로 회수를 2배로 하였다. 따라서 어기 동안 자선의 배터리를 충전하는데 소요되는 비용은 8,600,000원으로 산출되었다.

멸치챗배에서는 발전기를 설치하고 분리하는데 1년 동안 약 3회, 하루 종일 5명의 인력이 소요된다. 선원의 평균 일당은 80,000원이며 지게차의 사용료는 1회에 5,000원이다. 이러한 자료를 토대로 발전기 전원을 대체하는데 소요되는 비용은 3,630,000원으로 산출되었다.

따라서 자리돔3척들망과 멸치챗배를 겸업하는 경우 에너지 효율화와 생에너지화에 의한 경영비 절감 효과는 1척당 1년 동안 12,230,000원으로 산출되었다.

한편, 멸치챗배에서 발전기에서 생산된 AC 110V의 전압은 슬라이닥스를 이용하여 전압을 AC 140~170V로 올려서 사용된다. 코일이 감겨있는 슬라이닥스는 무거울 뿐만 아니라 빈번하게 전압을 조절하고 승압하게 되면 열이 발생하여 화재의 우려가 제기되

고 있다. 또한 승압할 때 과전류가 흘러 집어등이 순간적으로 어두워지기도 해서 집어에 영향을 끼친다고 한다. 인버터에서 전압이 AC 220V로 출력되면 전압을 강하하기는 훨씬 수월해질 것이다. 예를 들면 전자 부품과 회로를 사용하여 집어등 전압 제어 장치를 제작하게 되면 중량이 가벼워지고, 전압 강하 시 과전류가 흐르지 않아 집어등의 광력도 일정하게 유지된다. 그래서 본 연구에서 개발된 시스템이 조속히 현장에 보급되어 에너지 절감 효과가 발휘되어야 할 것으로 분석된다.

Ⅴ. 참고문헌

박용석. 2002. 자리돔들망어r의 조업시스템 생력화에 관한 연구. 제주도 해양수산자원연구소 2001년도 연구사업보고서. 16-26.

박용석. 2016. 들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅰ). 제주특별자치도 해양수산연구원 2015년도 연구사업보고서. 3-14.

이병기 등. 1989. 연근해어업개론. 155-158.

박용석. 2016. 집어등 이송 장치. 특허청(출원번호 10-2016-0119813)

갈치 끌낚시어업에 있어서 어구의 형상에 관한 연구

김문관[1] · 박수현[1] · 강형철[1] · 박용석[1] · 김석종[2]

[1]제주특별자치도 해양수산연구원

[2]제주대학교 해양산업경찰학과

Ⅰ. 서 론

갈치끌낚시 어구어법은 우리나라에서는 이용하지 않는 조업방식이어서 본 연구에서는 일본의 조업방식을 벤치마킹하면서, 제주 어업 환경에 적합한 어구를 개발하고자 하였다. 일본에서 갈치어업은 소형저인망어업이 30%, 끌낚시어업이 20%, 연승어업이 20%, 기타어업이 30%를 차지하고 있고, 끌낚시 어업은 중요한 조업방식중의 하나라고 말 할 수 있다(掘川博史, 2014). 이와 같이 일본에서 끌낚시 어업이 성행하고 있는 것은 파랑이 적고 해저 지형이 모래지역이면서 완만한 만에서 사용하는 것이기 때문이라고 생각되어 진다. 그러나, 제주도 어업 환경은 해저지형이 암반이 많고, 파랑이 많아서 일본의 어구 어법을 그대로 제주에서 사용한다는 것은 위험하다고 볼 수 있다.

갈치 끌낚시 어획결과에는 갈치의 행동, 생리, 생태와 어구의 조건, 게다가 환경조건이라는 다양한 요인이 복잡하게 영향을 미치고 있다고 판단되고, 이들의 요인 중 갈치의 행동에 대응한 어구의 설계 그리고 현장 적용 기술이 상당히 중요하게 작용한다.

이와 같은 현상에 있어서 어구의 수중 형상을 파악하는 것은 어획성능 향상에 크게 도움이 될 것으로 생각되어 지고 있으나, 이와 관련한 조사 연구는 그리 많지 않고, 갈치 끌낚시 어구에 수심계를 장착하여 어구거동을 파악한 최근 보고가 있을 뿐이다(広瀬太郎、2014).

본 연구에서는 갈치끌낚시어업에 있어서 끌낚시 어구에 3개의 수심계를 장착하여 투・양승시 어구의 형상이 어떻게 변화되는지를 조사 분석하였고, 그 결과를 실제 조업에 활용하고자 하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

시험 조업은 그림 1에 나타낸 바와 같이 제주 성산포 앞바다 수심 약 120m 수역에서 실시하였다. 시험 조업에 사용한 어구는 그림 2, 3, 4에 나타낸 바와 같이, 원줄은 발돌 부착 와이어로 길이가 200m이고, 모릿줄은 모노필라멘트의 90호와 200호로 그 길이는 388.3m이다. 아릿줄은 모노필라멘트 14호로 그 길이는 4.5m이고, 아릿줄과 아릿줄의 간격은 4.5m, 낚시 바늘은 재질이 철이고 크기가 61호, 개수가 82개이다. 그리고 부자는 낚시 37번, 58번, 79번에 위치하였다. 미끼는 꽁치를 이용하였고 그림 4에 나타낸 바와 같이 꽁치 미끼를 단면으로 잘라서 끌낚시 뒷면에 장착한 후 ∩형의 피복제 침금으로 눌러 붙였다. 원줄에 부착한 발돌의 무게는 9kg이고, 그림 2, 3에 나타낸 바와 같이 원줄과 발돌 그리고 모릿줄 사이에 삼방도래를 설치하여 원줄과의 마찰에 의한 모릿줄 마모 방지 및 해상에서의 어구 전개가 잘 되도록 하였다. 또한, 그림 3에 나타낸 바와 같이 모릿줄과 아릿줄 사이에 도래를 장착하여 아릿줄이 꼬이거나 서로 엉키는 것을 방지하였다. 갈치 끌낚시 어구의 거동을 파악 분석하기 위해서 수심계(DST milli-TD, Star-Oddi)를 사진 1과 그림 5에 나타낸 바와 같이 모릿줄의 시작점(A)과 모릿줄의 250m(B)와 340m(C) 지점에 장착하였다. 기록되어지는 데이터는 수심과 시각으로, 데이터 취득은 10초 간격으로 설정하였다. 선속은 1.5~2knot로 그림 1과 같이 항주하였고, 조업수심 목표는 저층에 체류하는 갈치의 주간 습성에 따라서 해저에서 10m~20m 떨어진 100~110m 목표로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

갈치 끌낚시 어구의 투승시 어구의 형상 변화를 알기 위해서 수심을 측정하고 그림 6에 나타내었다. 여기서는 발돌이 목표수심에 도달 직후부터 시간경과에 따른 어구의 형상 변화를 나타내었다. 발돌이 목표지점에 도착하고 5초 경과된 시점에서는 어구의 250m(B)부분에서는 아직도 표층지점에 있었고,

8분이 경과되어서야 어구의 형상이 해저지형과 평행을 이루고 수평을 유지하였다. 즉 A, B, C 지점의 어구가 수평을 유지하였고, 이 과정 중에서 어구의 340m(C)부분이 250m(B)부분보다 먼저 침강하는 현상을 보였다.

한편, 일본 오이타현에서 실시한 갈치 끌낚시 어구의 형상 변화 결과(広瀬太郎, 2014)에 의하면, 발돌이 목표지점에 도착하고 16분이 경과된 시점에서는 끌낚시어구 전

반부는 목표 도달 수심 근처까지 침강되었지만 어구후반부는 수평에서 조금 부상된 상태에 있었고, 그 후도 계속 예항을 하여 20분이 경과된 시점에서 겨우 후반부가 침강하여 어구의 형상이 해저지형과 평행을 이루고 수평을 유지하였다. 이와 같이 본 연구의 결과와 많은 차이가 있고, 다시 말하면 어구의 형상이 해저지형과 평행을 이루고 수평을 유지하는데 걸리는 시간의 차이가 많았다. 이것은 어구의 침강 속도가 원인이라고 판단되고, 낚시의 중량, 부자와 침자(부력과 침강력), 낚시의 개수, 선속의 차이 등에 의한 것이라고 생각할 수 있다. 한편, 갈치 끌낚시 어구의 예항이 종료되고, 양승시 어구의 형상 변화를 알기 위해서 수심을 측정하고 그림 7에 나타내었다. 여기서는 원줄 양승시작부터 시간경과에 따른 어구의 형상 변화를 나타내었다. 원줄의 양승이 끝나고, 발돌이 표면에 도달한 시점에서는 어구 의 중후반부는 30-50m 수심 부근에 머물러 있었다. 일본 오이타현에서 실시한 갈치 끌낚시 어구의 형상 변화 결과(広瀬太郎, 2014)에 의하면, 원줄의 양승이 끝나고, 발돌이 선상에 도달한 시점에서는 어구의 후반부는 아직까지도 목표 도달 수심 부근에 머물러 있었다. 이와 같이 본 연구의 결과와 어구의 형상 차이가 있는 것은 양승 속도(시간)의 차이라고 생각할 수 있다.

앞으로 실시될 갈치 끌낚시 어구 시뮬레이션에서는 조류의 방향, 수층별 조류의 세기 등의 어장환경 정보를 입력하고, 예승 속도, 발돌의 무게, 원줄 길이 조절 등을 통한 갈치 끌낚시 어구의 형상과 수심 변화 분석이 필요하다. 이러한 시뮬레이션 분석을 통해 얻어진 정보들은 어장환경 변화에 따른 갈치 끌낚시 어구의 현장 적용성을 높이는데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅳ. 사　사

이 논문은 한국해양과학기술진흥원 수산실용화과제(20150374)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다. 또한, 시험 조업에 도움을 주신 조일호(3.06톤) 선장 오정안님께도 고마움을 표합니다.

Ⅴ. 참고문헌

広瀬太郎, 2014. タチウオ曳き縄釣漁業における仕掛けの海中挙動の把握. 沿岸域における漁船漁業ビジネスモデル研究会ニュースレター, 13, 2-3.

大分農林水産研究指導センター, 2006. 戦略魚種タチウオ資源回復計劃策定事業. 研究事業報告書, 87-90.

山田鐵雄, 1970. タチウオ底曳縄漁法について. 長崎大学水産学部研究報告, 30, 35-37.

小池 篤, 1989. 漁具に対する魚群行動の研究方法. 恒星社厚生閣, 88-106.

九州·山口ブロック 水試漁業分科會編, 1977. 西日本海域における曳繩漁業. 恒星社厚生閣.

掘川博史, 2014. 沿岸漁業のビジネスモデル, 15-21.

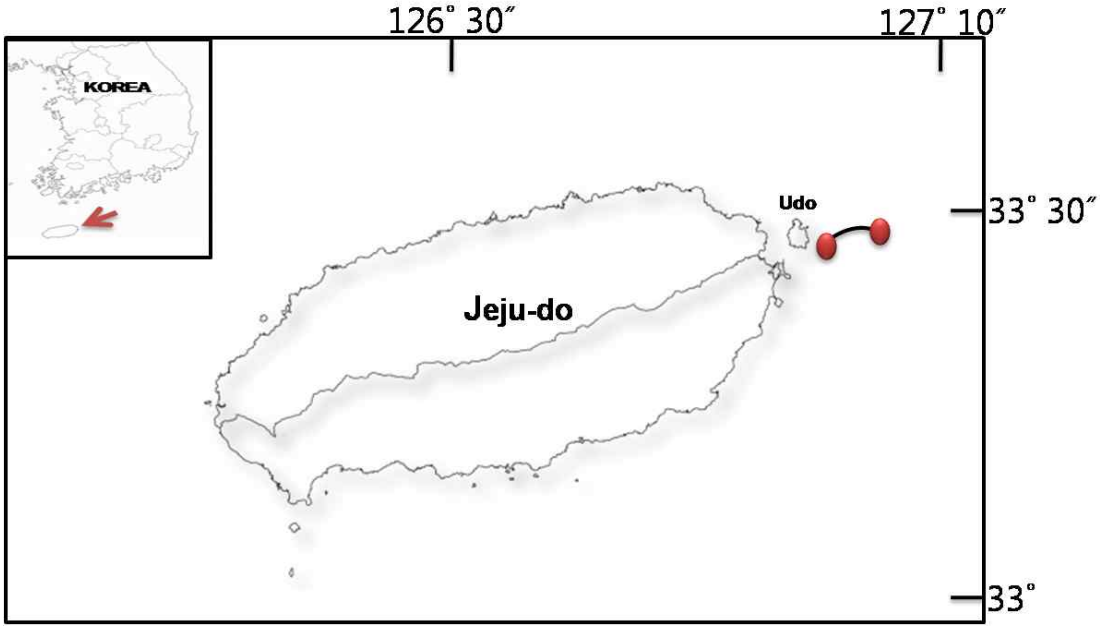


그림 1. 시험조업한 제주 동부 연안

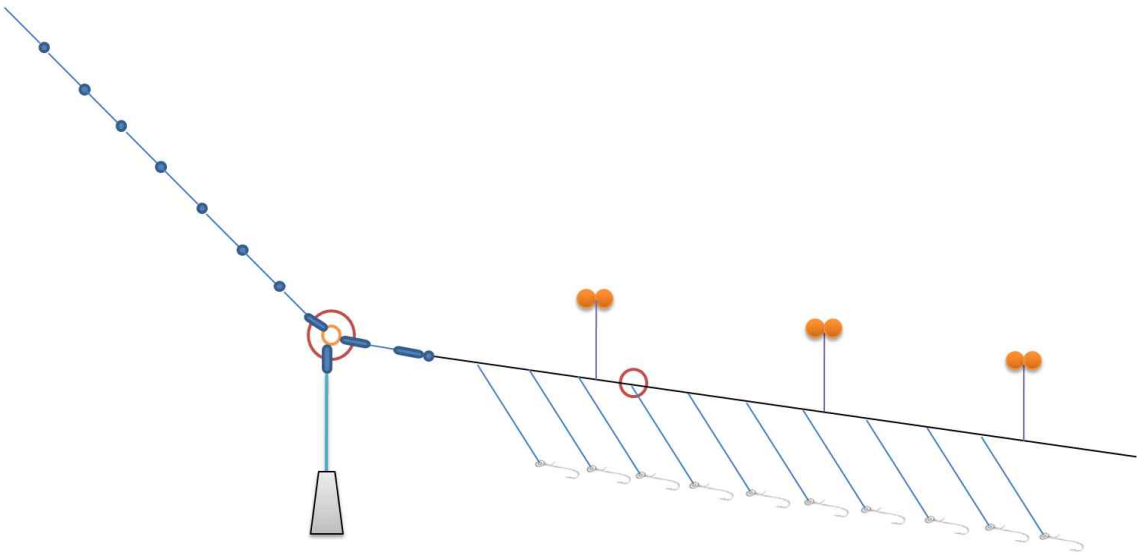


그림 2. 갈치 끌낚시 조업 견취도

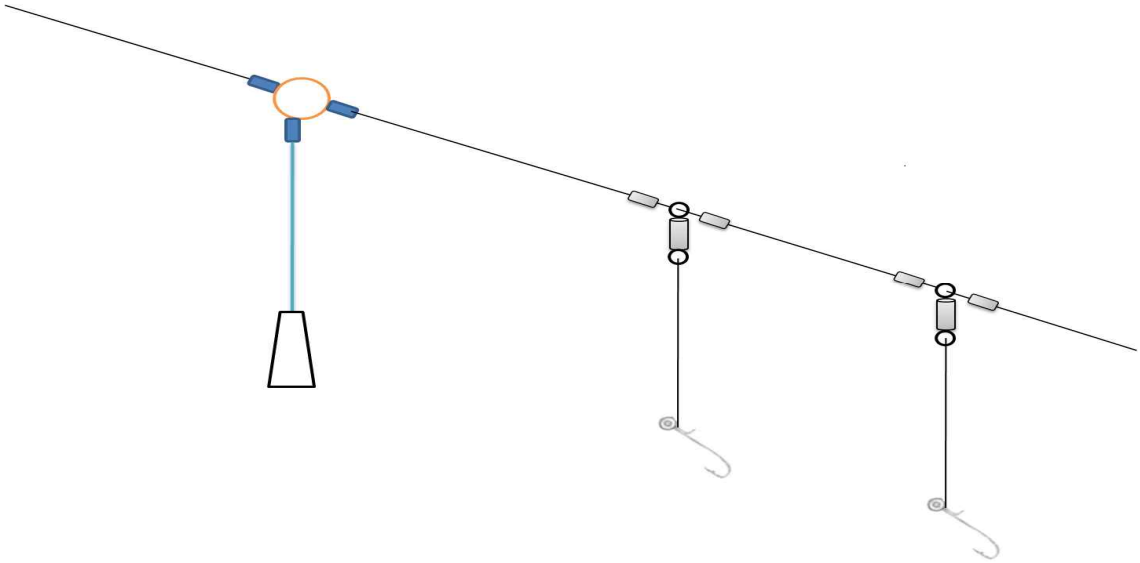


그림 3. 갈치 끌낚시어구 확대도

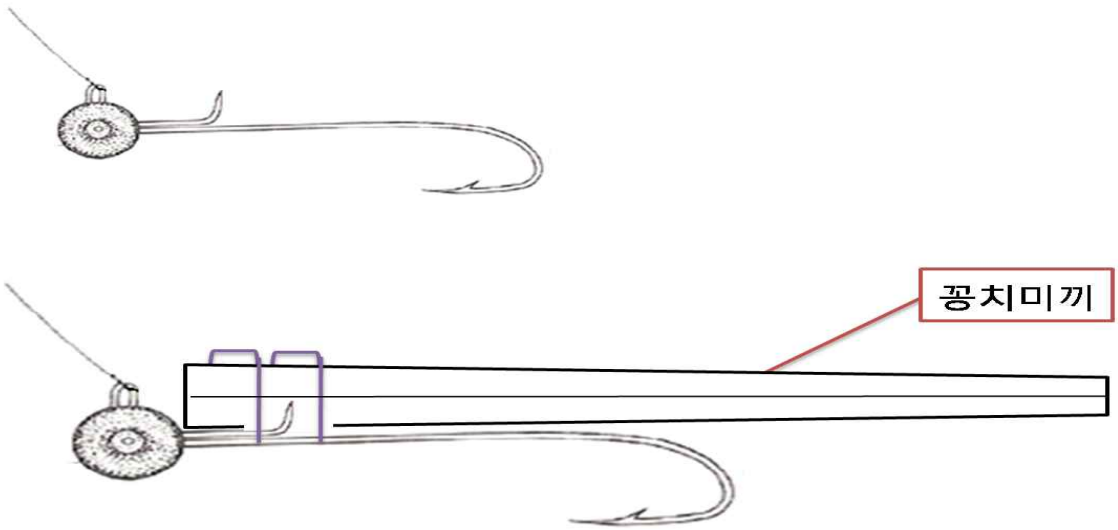


그림 4. 갈치 끌낚시 바늘과 미끼 구성도

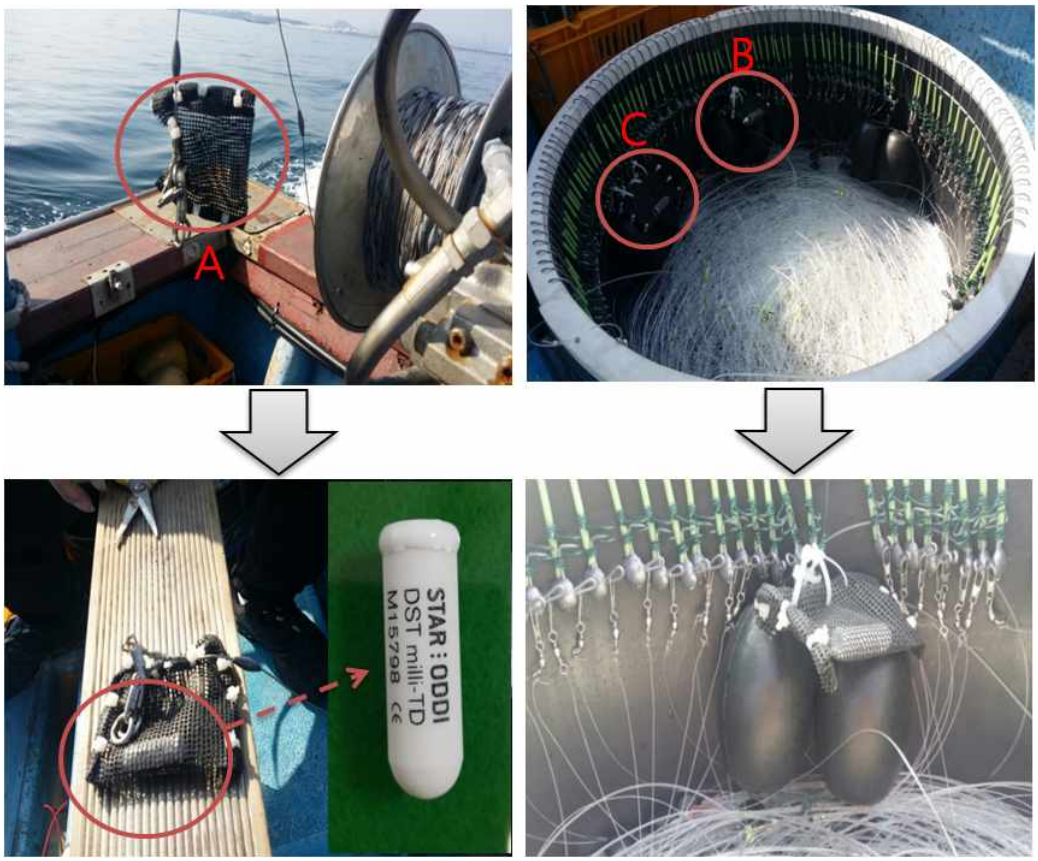


사진 1. 끌낚시 어구에 수심계 장착

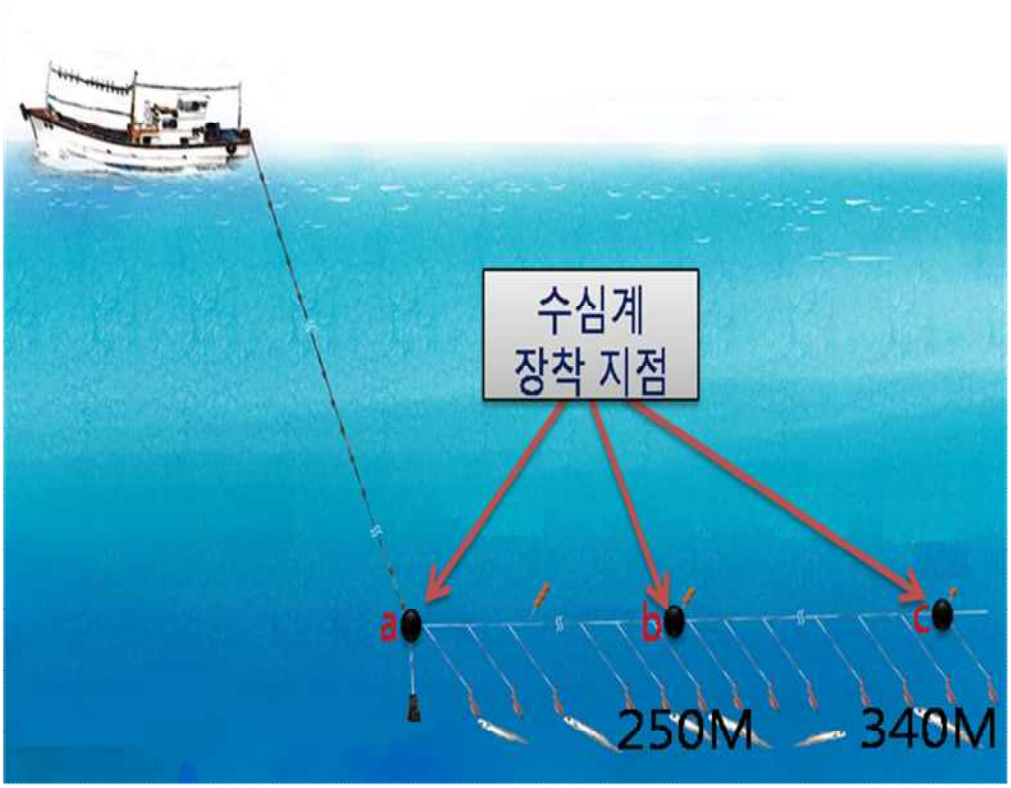


그림 5. 끌낚시 어구에 장착하는 수심계 위치

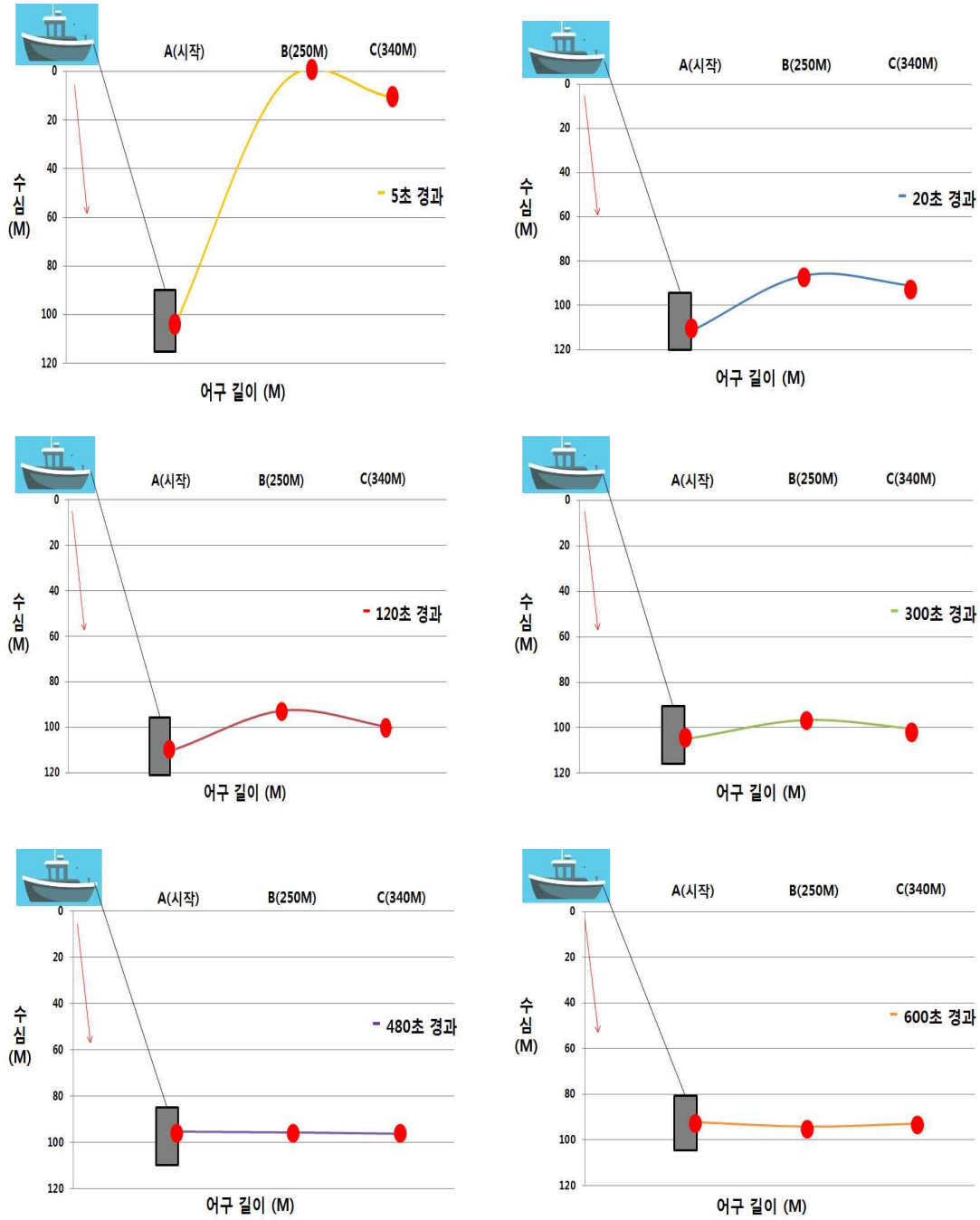


그림 6. 끌낚시 어구 투승 시 시간 경과에 따른 어구 형상도

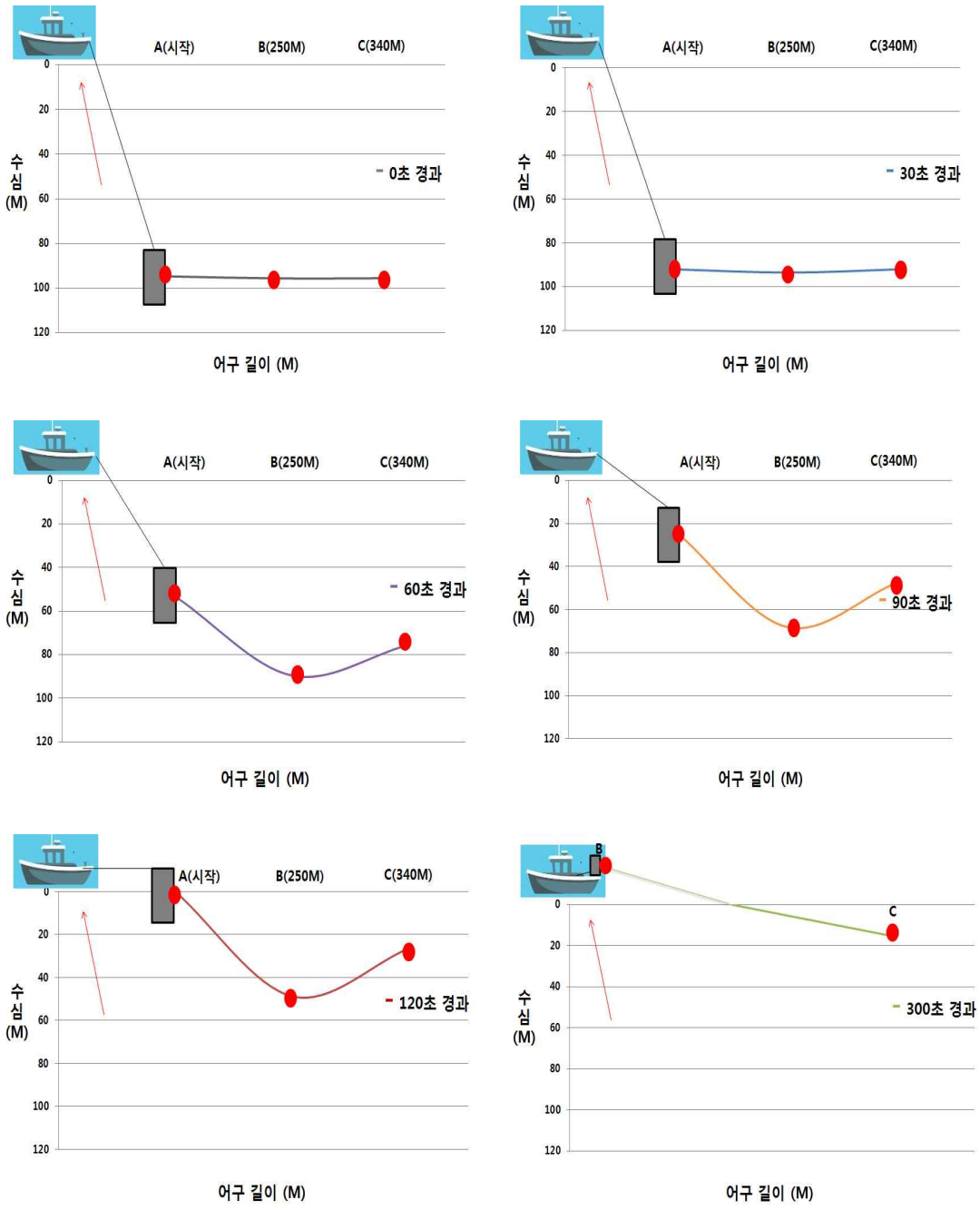


그림 7. 끌낚시 어구 양승 시 시간 경과에 따른 어구 형상도

마을어장 자원생태환경 조사

김수강 · 전봉근 · 현재민

Ⅰ. 서 론

기후변화 등에 의한 수온상승은 범지구적인 현상으로 해양환경변화에 많은 영향을 미치고 있다. 해수온의 상승은 극지역의 빙하의 해빙을 유도하고 전 해양에 걸쳐 수온상승을 불러와 IPCC에 따르면 1880~2012년까지 0.65~1.06℃로 평균 0.85℃가 상승했고 최근 2003~2012년까지는 0.72~0.85℃로 평균 0.78℃가 상승하여 수온상승폭은 세계적으로 계속 가파르게 증가하고 있는 추세다. 이러한 현상은 우리나라도 예외가 아니어서 지난 1923~2004년까지 평균 1.5℃가 상승했고 1980년대 이후는 연간 0.05℃로 매년 상승하다가 2000년대 이후는 0.067℃로 급격한 상승현상을 보이고 있다. 특히 6~7월철 보다는 11~12월 수온상승폭이 더 두드러져(6~7월 0.7℃ ⇒ 겨울 1.35℃) 나타나고 있다. 이에 따른 해수면 상승도 더불어 가파르게 진행되고 있고 특히 난류의 영향을 많이 받는 지역 일수록 이러한 현상은 더 높게 나타나고 있다. 제주도의 연평균 해수면상승폭은 6.01㎜ 세계평균 1.7㎜보다 더 가파르게 상승되고 있어 해안의 침식, 태풍영향권의 확대 등 해안에서의 피해는 앞으로 더 가속화될 우려가 있다. 해수면 상승의 주요원인은 수온상승에 의한 원인이라고 볼 수 있으나 근본적인 원인은 지구온난화에 따른 빙하의 질량감소와 해양의 열팽창에 있다. 수온상승과 해수면 상승은 피할 수 없는 범지구적인 문제로 해양생태계의 변동을 불러오고 결국에는 우리의 삶과 문화도 변화시키게 되는 요인이 된다. 기후변화에 의한 수온 변화는 해양에서는 생물의 서식지와 이동경로를 변화시켜 해양생태계 변동을 초래하여 해양생물군집의 급격한 변화와 어획자원의 변동 그리고 마을어장의 생산력을 변화시키는 근본원인을 제공한다. 제주도는 세계적인 주요 어장인 북태평양어장의 초입에 위치해 있고 기상학적으로는 아열대와 온대의 접점에 위치해 있는 지리학적 요인으로 수온변화에 따른 생물이동의 변화를 가장 민감하게 받을 수 있는 영향권으로 도내 마을어장은 생태계의 변화를 직접적 영향을 받고 있으며 어장의 자연적 생산력은 계속 감소하고 있다. 마을어장의 생산력을 증강을 위한 종묘방류를 통한 지속적인 자원조성 및 새로운 양식품종 개발도 수산업적으로 매우 중요하다고 볼 수 있다. 또한 현재의 환경을 정밀하게 진단하여 정책적 판단을 할 수 있는 자료를 제공하는 것이 가장 시급하다. 어장에 대한 환경적 진단은 여러분

야로 나누어 정밀 조사되어야 한다. 생태계 조사는 오랜 기간 동안 생물상의 변화를 추적하고 모니터링하는 것으로서 미래의 변화 될 어업환경을 미리 예측하고 변화된 환경에 맞는 수산정책을 실시함에 있어 매우 중요한 기초자료가 되는 것으로 시급성과 중요성이 요구되고 있다. 따라서 이 조사에서는 최소한의 시간에 필요한 정보를 알아내기 위해서 마을어장을 권역별로 나누어 표본어장을 중심으로 1) 해양생물의 생태계 모니터링, 2) 수산자원의 변동, 3) 어장별 기초생산력 평가를 통한 생태등급화 조사를 실시하였다.

Ⅱ. 조사해역 및 방법

1. 조사해역

이 조사는 제주전 연안의 마을어장 자원생태환경조사를 목적으로 2차 종합 5개년 조사계획에 의거 2008년부터 2014년도까지 조사되지 않았던 어장 중에서 7개 권역별로 총 15개 어장에 대하여 표본어장으로 지정하였다(그림 1).

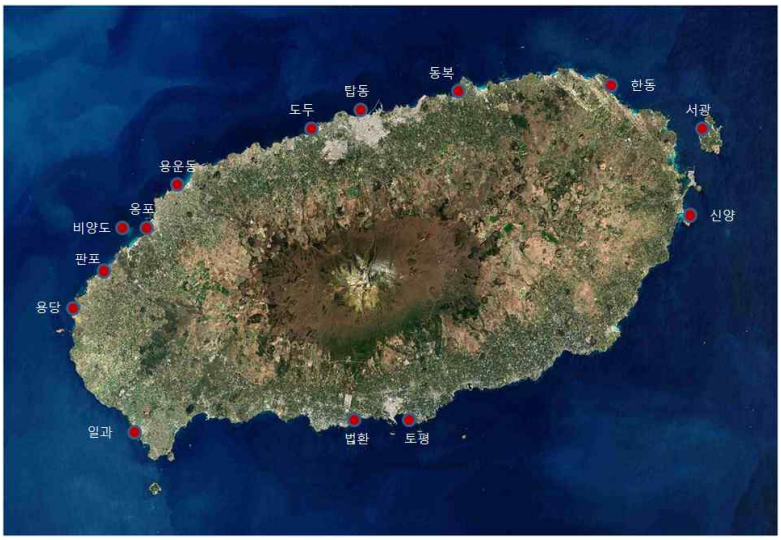


그림 1. 마을어장 자원생태 환경조사 조사 해역도

권역별 각 해역의 특성을 보면 북동부지역인 한동, 동복은 갯녹음 현상이 지금까지는 미약한 지역으로 암반이 잘 발달되고 생물상 및 환경여건이 양호한 지역적 특징을 가지고 있다. 그러나 탑동과 도두어장은 시내권에 면해있어 어장조건이 매우 열악한 환경을 가지고 있다. 북서부지역은 용운동, 옹포, 판포, 용당어장으로서 중국대륙연안수의 영향과 황해저층수 등의 영향을 받는 지역으로 최근 마을어장내 거품돌산호 및 말

미잘류의 번식 등 어장환경 변화 추세가 급격하게 나타나고 있는 지역이다. 남동부인 법환, 토평, 신양지역은 대마난류가 연중 지속적으로 영향을 미치는 지역으로 아열대성 어종이 가장 빈번하게 나타나는 지역이다.





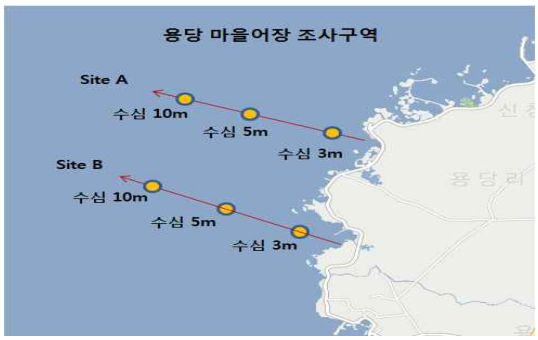












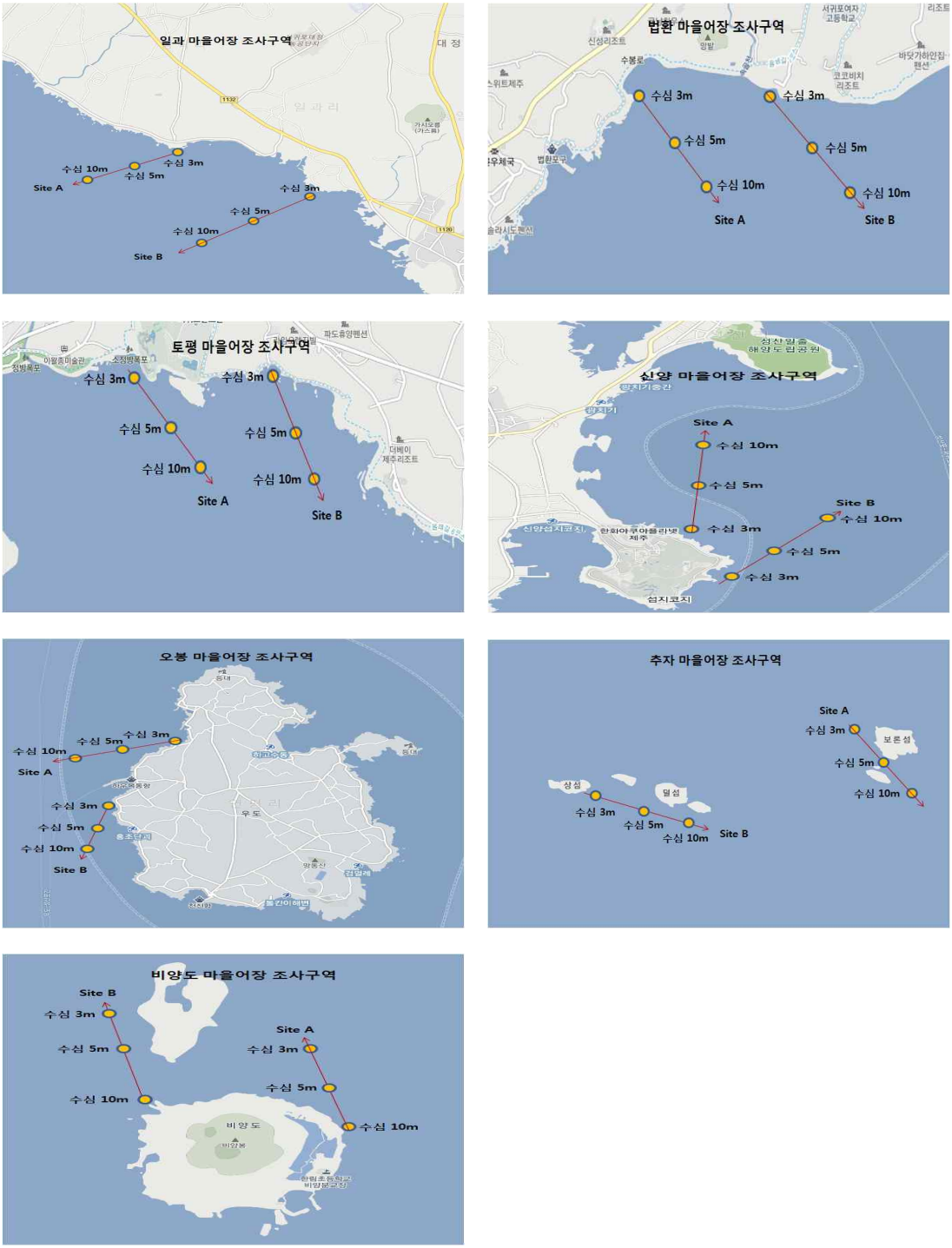


그림 2. 조사대상 마을어장 도면

또한 남서부의 일과지역은 남부와 서부의 환경적 특징을 모두 받는 지역으로 생태학적으로 중간자적 특징을 갖는다. 도서권역인 추자도 망도(덜섬), 큰미역섬(보론섬)지역은 조사지역 중 가장 북쪽에 위치한 지역으로 제주도와 생태계 구조를 비교 할 수 있는 대표적 지역이며 비양도 지역은 조사지역 중 가장 서쪽에 위치하고, 우도는 가장 동쪽에 위치하고 있어 생태계 비교에 가장 적합한 어장이라 볼 수 있다(그림 2).

<표. 1> 조사대상 지역(단위 : 개소)

권역구분	계	대상어장
7 권역	15	15
북 동 부	4	세화, 김녕, 화북
북 서 부	5	용담, 구엄, 금등, 용수
남 동 부	3	하효, 위미1
남 서 부	4	일과2, 화순, 색달
도서권역(4)	4	우도(오봉), 지귀도, 추자(우두도)

2. 어장환경조사

조사대상 15개소에 대한 어장환경조사는 제주특별자치도 해양수산연구원의 마을어장 해양조사 13정점 조사망 자료와 현장조사시 CTD(수온염분측기)를 이용 어장별로 측정한 수온과 염분을 이용하였다<표 2>.

<표. 2> 조사대상 주변 지역 해양환경조사 정점

구 분	조사어장	위 도	경 도
북동부	한동	33° 34′ 8″	126° 48′ 4″
	동복	33° 34′ 5″	126° 41′ 7″
북서부	용운동	33° 30′ 00″	126° 23′ 00″
	비양도	33° 26′ 00″	126° 13′ 00″
	용당	33° 20′ 00″	126° 09′ 00″
남동부	토평	33° 14′ 3″	126° 38′ 7″
	신양	33° 17′ 7″	126° 49′ 1″
	우도	33° 26′ 00″	126° 56′ 6″
남서부	일과	33° 13′ 00″	126° 29′ 4″
	법환	33° 11′ 8″	126° 15′ 00″

3. 생물 생태계 조사

3.1. 생물상의 조사

해양생물조사는 대상 어장에서 사전 탐색조사를 실시하고 어장별 2개의 조사지선과 지선별 3개의 조사정점을 설정하고 동일한 조사가 되도록 GPS(Garmin, 60CSx)로 정점을 설정하였다. 정점선정은 최간조 기준 수심 3m~10m까지(3m, 6m, 10m)3개 정점을 기준 정점으로 하였다. 수중조사는 각 지선을 따라 비파괴법을 적용 수직연속조사법(line-transect methods)과 무작위조사법(random sampling methods)을 병행하였고 각 정점은 방형구법(50×50, 100×100㎝, quadrate)으로 생물을 채집하였다. 수중조사팀은 4명 1팀으로 수중동영상 촬영 1명, 정사진 촬영 1명 그리고 생물채집 2명(필요시 3명)으로 기본조사팀을 구성 하였다.

수중조사시 조사선은 시험조사선(제주특별자치도 해양수산연구원 시험조사선, 18톤)과 고무보트(8인승/25HP)를 이용 GPS로 조사지점을 탐색하고 가장 수심이 깊은 곳에서 낮은 곳으로 수직 이동하며 조사를 실시하였다.

3.2. 생물시료의 분석

생물량의 조사는 방형구내 생물을 촬영한 후 해조류는 피도조사를 하고 동물은 전수계수를 원칙으로 표본 채집 후 종합계수를 통한 서식밀도를 계측하였다. 해조류의 피도는 방형구내 25홀을 백분율(%)로 환산하여 피도범위를 정하고 전수 채집을 통한 습중량 계측으로 단위면적당 생산량(gWWt㎡)을 계측하였다. 저서동물은 총 개체수를 종류별로 구분하여 단위면적당(개체수/㎡)밀도와 주요 수산종에 대하여는 종별 중량(g)을 분석하였다.

채집된 표본의 종 분류(texa)는 종의 수준에서 동정(identification)하였고 해조류의 국명과 학명의 분류체계는 이(2008, 제주의 바닷말)에 따랐다. 저서동물은 홍 등(2006, 한국해양무척추동물도감)을 참조하였고, 해면동물 kim et al.(1968), Rho 등(1969), Sim 등(1992)을 참조하였다. 자포동물 Song(2005), 환형동물 박(1987), 절지동물은 김(1991), 권(1986, 1987), 극피동물은 신(1996)을 참조하였고 가장 중요한 수산동물인 연체동물은 민(2004, 한국패류도감)과 권(1993, 한국패류도감)을 참조하였고 제(1991, 한국패류학회)의 분류체계를 따라 국명과 학명을 기재하였다. 특히 자포동물 중 산호류는 최 등(2015)을 참조하였다. 채집된 시료의 분석은 종류별로 일반적인 처리법(해조류 5% 포르말린 침적, 저서동물 5% 포르말린 또는 70%~ 80% 에탄올 고정 또는 마취)으로 처리하여 실험실로 옮겨 종을 분류하고 측정을 하였다. 종의 분류는 외형적으로 동정가능 한 알파(α)분류수준으로 99% 이상 동정이 가능했다.

3.3. 자료의 분석

생태계의 구성을 나타내는 생태학적 지수의 분석은 동영상 촬영, 정사진 기록 및 현장조사기록을 기초로 생물학적 지수를 평가 분석하였다. 해조류는 생물량 측정 및 생태학적 지수는 상기된 바와 같이 해당 방형구내 생물량을 기초로 피도(coverage converting program)와 단위면적당(1㎡) 생물량(0.01g)을 기준하였다. 또한 어장별 기초생산력을 평가하기 위하여 단위면적당 습중량(gwwt/㎡)을 기초로 산출하였으며, 생태등급 평가는 어장별 습중량을 평균하여 3단계(1등급 : 500g/㎡이상, 2등급 : 300~500g/㎡, 3등급 : 300g/㎡이하)로 구분하여 평가하였다.

생물생태계 평가는 군집내 건강성 평가를 위해 단위면적당 군집 또는 개체군내 종별 점유도는 출현개체수를 기준 평가하는 Shannon-Wiener(1969)의 종다양도지수를 이용하였다.

$$\text{Shannon Index}(H') = -\Sigma Pi \log Pi = N \log N - \Sigma ni \log ni$$

(단 percent cover는 100% 기준)

저서동물은 각 조사정점에 따라 단위면적당(1㎡) 분포개체를 평균 개체수로 환산하여 종별 상대수도로 하였으며, 서식동물의 군집의 특징을 알아보기 위하여 군집다양성 및 계군다양성 분석은 일반적으로 많이 활용되고 있는 Simpson(1949)의 군집내 종다양도지수(species diversity index, Ds)와 군집내 종다양성 평가를 위한 역우점도지수(inverted simpson's dominace index, ds)를 분석하여 지점별 군집특성을 비교하였다.

$$Ds = (S-1)/\log N,\ ds = 1/\lambda = N(N-1)\Sigma ni(ni-1)$$

또한 군집내 종별 점유율을 알아보기 위해 우점도는 Simpson(1949)의 군집내 종우점도지수(species dominance index, CDI)를 이용하였다.

$$CDI = (Y1+Y2/\times N)\times 100$$

4. 기초생산력 및 수산자원조사

조사해역별 기초생산량은 단위면적당 해조류의 총습중량을 기초로 산출하여 평균 습중량으로 나타냈고, 어장별 기초생산량은 주먹이원이 되는 녹조류와 갈조류 및 연성홍조류만을 적용 산출하였다. 또한 수산생물 변동은 마을어업 주요 어획종인 전복, 소

라, 오분자기, 성게류, 문어, 해삼 등 저서동물만을 대상으로 단위면적내 서식개체수를 총 면적으로 환산 총량으로 계량화하고 생물학적 크기를 측정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 조사어장 주변 해양환경

조사지역의 조사기간 중 해양환경 조사 결과는 표 4와 같다. 해황조사는 2월부터 11월까지 해양수산연구원 시험조사선으로 CTD(SBE, USA)를 이용 표층에서 수심 30m까지 측정을 하였으며, 이 보고서의 조사결과는 마을어장 주요 수산자원이 서식하는 수심대인 20m까지만 기록하였고 환경비교는 생산력 평가 기준 주기인 5월을 기준하였다. 측정결과 북동부권역 중 탑동인근은 해수온이 14.8~15.28℃로 평균 15.09℃였고 북촌지역은 14.90~14.92로 평균 14.9℃이었다. 북서부권역 중 하귀지역은 15.69~15.90℃로 평균 15.74℃, 한림지역은 평균 15.24℃, 용수지역 평균 15.19℃로 북동부권역보다 다소 높았다. 남서부권역중 중문지역은 평균 15.78℃, 하모 15.12℃, 강정 16.08℃이었고 남동부권역 중 위미는 평균 15.35℃ 그리고 성산지역 14.86℃로 남부~북서부지역이 다소 수온이 높게 나타나고 있다. 그러나 염분농도는 지역별로 평균 33.30~33.99로 지역간 편차는 크지 않다.

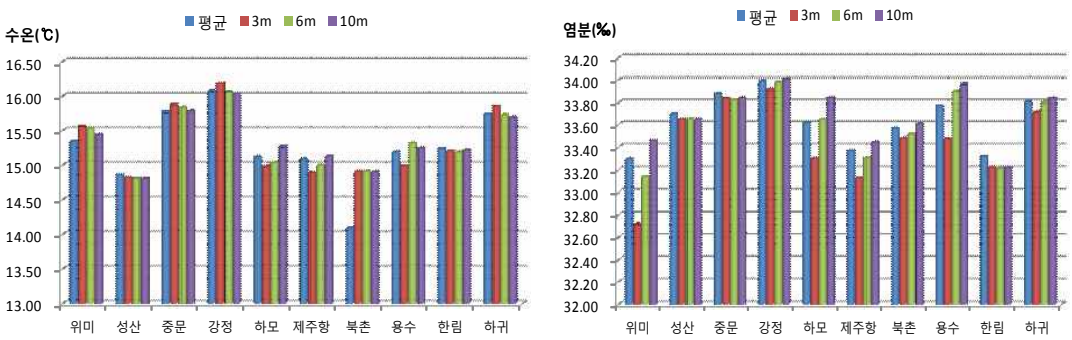


그림 3. 조사지역별 수온 및 염분변화

2. 해양생물 분포 특성

2.1. 해조류 분포 및 서식특성

이번 조사지역 15개 마을어장에서 출현이 확인 된 해조류는 모두 176종이었다. 이중 녹조류는 27종, 갈조류 41종 그리고 홍조류가 108종으로 홍조류의 분포비율은 61.3%로 2013년도 111종(65%)과 2014년 94종(59%)을 비교하면 출현종수와 점유율은 다소의 차

이가 있지만 큰 편차는 없다. 지난 5년간의 가장 출현종이 많은 해조류 중 홍조류의 출현종의 빈도를 비교해보면 2009년도 62%, 2010년도 69%, 2011년도 67%, 2012년도 63%, 2013년 65%, 2014년 59% 그리고 이번 조사에서 61.3% 등을 비교해보면 분포빈도에 있어 미세한 차이를 보이는 것으로 나타나고 있다.

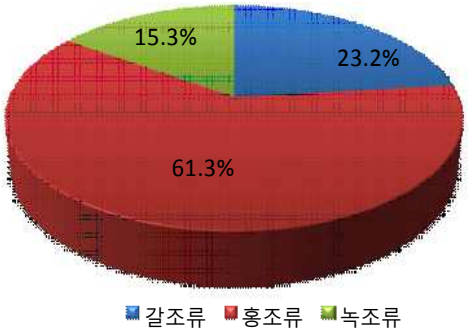


그림 4. 해조류의 분류군별 출현종수의 빈도

권역별 해조류의 출현종의 분포빈도를 보면 북동부권역(한동, 동복, 탑동)에서 52~71종, 북서부권역은(도두, 용운동, 옹포, 판포, 용당)에서 42~61종, 남동부권역(토평, 신양)은 64~87종 그리고 남서부 권역(법환, 일과2)에서 53~67종등으로 지역별 출현종의 편차심하다. 권역별 분류군별 분포비교를 해보면 북동부권역은 녹조류 16.9%, 갈조류 21.1% 그리고 홍조류 53.1%로 비교적 갈조류의 분포빈도가 높게 나타나며, 북서부권역은 녹조류 18.9%, 갈조류 21.2%, 홍조류 59.8% 등으로 녹조류와 홍조류의 분포빈도가 높다. 남서부지역은 녹조류 20.1%, 갈조류 23.8% 그리고 홍조류 56.3%로 녹조류와 갈조류의 분포빈도가 높은 반면 남동부권역은 녹조류 20.1%, 갈조류 23.8% 그리고 홍조류는 56.3% 갈조류와 홍조류의 분포빈도가 높아 권역간 종구성은 다소 상이하였다.

해조류의 수심대별 분포특성을 보면 전 지역에서 수심 3m대까지 녹조류는 갈색대마디말, 청각류가 우점분포하며 갈조류는 감태, 미역, 참가죽그물바탕말 그리고 홍조류에서는 유절산호조류, 무절산호조류, 우뭇가사리등이 우점빈도가 상당히 높은 것이 특징적이다. 수심 6m대에서는 감태, 유절석회조류, 미역, 우뭇가사리, 갈색대마디말 등이 우점빈도가 높고 수신 10m대에서는 감태, 갈색대마디말, 미역, 여린가위손말, 반질불레기말 등이 우점 빈도가 높다. 이를 권역별로 비교해보면 북동부권역은 유절석회조류, 미역, 감태 → 미역, 감태 → 미역, 감태, 갈래잎, 유절석회조류의 순으로 깊은 수심대로 갈수록 수직분포를 형성하고, 북서부권역은 무절석회조류, 유절석회조류, 미역, 감태 → 미역, 유절석회조류, 감태 → 유절석회조류의 순으로 수직분포를 한다. 남서부권역은 무절석회조류, 유절석회조류, 감태, 미역 → 미역, 감태 → 감태의 순으로 수직분포대를

형성하며, 남동부권역은 바탕말류, 미역, 감태 → 유절석회조류, 무절석회조류, 감태 → 감태의 순으로 수직식생을 형성한다.

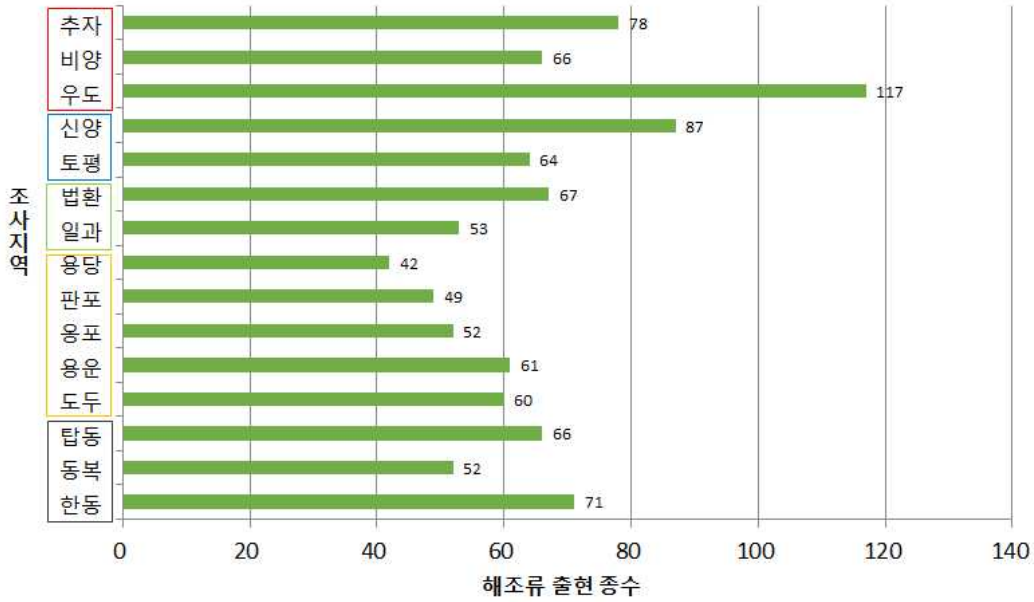


그림 5. 조사지역별 해조류 출현종수 비교

도서권역 중 비양도는 연안 어장들과 유사하지만 우도와 추자도는 전혀 다른 구조를 보이는데 우도지역은 우뭇가사리 → 여린가위손말 → 감태의 순으로 수직분포를 이루며 특히 전 수심대에 걸쳐 우뭇가사리와 감태 군락이 매우 잘 발달되어 있고 새발, 감태, 모자반류 등으로 수직분포를 이루어 제주연안과는 전혀 다른 구조를 보이고 있다. 이러한 구조는 해양생태계에 미치는 외부영향 즉 수온과 같은 물리적 영향 뿐 아니라 해안도로, 항만, 도시개발, 하천정비 등 육역개발과 같은 인위적인 환경영향에도 생태계 구조에 영향을 미치고 있다는 것을 암시해 주고 있다. 이번 조사에서 특징적인 것이 지난 2013년부터 매년 미역의 생산량이 증가 하였다는 것이다. 특히 이러한 현상은 생산량에서 다소 차이가 있을 뿐이지만 어느 특정지역 보다는 제주 전 연안 마을어장에서 공통적으로 나타난 현상이다.

도내 마을어장의 단위면적당(gWWt/㎡) 해조류 평균 습중량은 850.13g으로 2014년 494.1g보다 높고 지역에 따라서는 도서지역이 가장 높아 추자도, 우도, 비양도의 순으로 도내어장 전체 평균보다 상회하고 있어 높은 생산력을 보여주고 있다. 본도 연안어장 중에서는 한동과 신양어장이 도내 평균보다 높은 생산량을 보여주고 있는데 권역별로는 북동부권역이 생태1~2등급, 북서부권역 생태1~등급, 남서부권역 1~3등급, 남동부권역 1~2등급으로 나타나고 있다. 어장별로는 한동, 도두, 용운동, 일과, 법환, 토평, 신양어장 등이 생태 1등급으로 나타나고 그 외의 어장은 모두 2~3등급으로 나타나고 있

다. 이는 전체 평균을 기준한 것으로 만약 수심대별 생태등급을 재 산정한다면 한동, 신양, 법환, 토평어장을 제외하고는 모두 2~3등급어장이다. 그러나 이는 상대적인 수치일 뿐 2014년도와 비교해 보면 기초생산력은 오히려 더 낮아지고 있다고 볼 수 있다. 권역별로는 2013~2014년도에 북서부를 중심한 북부지역에서 도내 평균 보다 낮은 생산력을 보여 주었는데 금번조사도 유사한 결과로 나타났다. 이는 석회조류 등 경성 홍조류를 제외하고 먹이원으로 작용할 수 있는 모든 해조류 즉, 녹조류 및 갈조류 그리고 연성의 홍조류를 합산하여 측정한 결과로 아마도 남부지역이 높게 나타나는 것은 전 어장에서 공통으로 나타나는 다년생 해조류인 감태를 제외하고 북부지역에는 미역 등 계절에 민감한 종들이 많이 서식하고 있는 반면 남부지역들에서는 다년생 감태군락과 아열대성 녹조류 및 연성 홍조류가 많이 서식함에 따른 영향으로 사료 된다.

〈표. 3〉 마을어장 해조류 수직 분포상

구분	북동부	북서부	남서부	남동부	도서권역	비 고
3M	유절석회조류, 미역, 감태	무절석회조류, 유절석회조류, 미역, 감태	무절석회조류, 유절석회조류, 감태, 미역	바탕말류, 미역, 감태	우뭇가사리	녹조류 우점
6M	미역, 감태	미역, 유절석회조류, 감태	미역, 감태	유절석회조류, 무절석회조류, 감태	여린가위손말	홍조류, 갈조류 우점
10M	미역, 감태, 갈래잎, 유절석회조류	유절석회조류	감태	감태	감태	갈조류 우점

도서지역에서 연안 어장보다 높게 나타나는 것은 감태, 모자반류 등 갈조류의 생산력이 풍부하고 또한 우뭇가사리, 참사슬풀, 붉은뼈까막살, 도박류 등 연성 홍조류의 군락이 확장 또는 안정되었기 때문으로 사료 되며 특히, 우도와 추자도는 모자반류의 확장 군락에 의한 생산량의 증가로 사료 된다. 또한 동복, 탐동, 판포, 용당 등의 평균 습중량이 낮은 것은 최근 이들 어장들이 대부분 석회조류가 우점한데 원인이 있는 것으로 보이며, 특히 동복어장은 조간대에서 녹조류의 분포빈도가 매우 높은데 비하여 수심 6m 이심으로 내려가면 완전히 석회조류로 덮여 있는데 오는 원인이며, 대체적으로 북부권역의 어장들은 특정 수심대 이하에서만 감태군락 또는 모자반군락이 부분적으로 발달되었기 때문으로 보인다.



그림 6. 조사지역별 해조류의 단위면적당 기초생산력(6월 습중량 기준)

2.2. 저서생물 분포 및 서식특성

조사지역 15개 마을어장에서 출현이 확인 된 저서무척추동물은 모두 10문 124종으로 2014년 9문 207종 대비 83종 그리고 2013년도 168종 대비 44종보다 매우 빈약하였다. 이중 연체동물 50종으로 전체 출현종수 대비 빈도수가 40.3%로 2014년 45.9%와 마찬가지로 단일 분류군으로서는 가장 출현종이 많았고 자포동물 21종 16.9%, 해면동물이 16종 12.9%, 극피동물 15종 12.9%, 척색동물 8종 6.34%, 절지동물 5종 4.0%, 태충동물 4종 3.2%, 환형동물과 절지동물이 각각 3종 2.4% 그리고 유형동물과 편형동물 각 1종의 순이었다.

분류군별 출현종수의 종구성에서 지난 2012년도에는 연체동물을 제외하고 자포동물 24종, 해면동물 19종, 극피동물 17종 그리고 절지동물 14종, 태충동물 9종의 순으로 출현종이 많았고, 2013년도에는 168종으로 연체동물을 제외한 극피동물 23종, 자포동물 19종, 해면동물 16종, 절지동물 12종, 태충동물 8종의 순으로 출현종이 많았다. 2014년도에는 207종으로 연체동물 94종, 자포동물 26종, 극피동물 26종, 해면동물 20종, 절지동물 13종의 순으로 출현빈도가 높았다. 이번 조사기간에는 연체동물, 자포동물, 극피동물, 해면동물, 척색동물의 순으로 출현종이 많아 2014년도와 유사하였다 이는 2012년도까지 조사 범위가 조간대~수심 15m와 달리 조사수심이 3~10m로 한정된 이유로 사료된다. 출현종의 빈도분포에서는 지난 2010년에 조사 된 출현종의 빈도수와 2005년에 발표 된 출현종의 빈도수 간의 자료와는 상당히 유사한 반면 2011~2014 조사 된 자료와 이번에 조사 된 자료가 다르게 나타난 것은 생태계의 변화 보다는 조간대구역 및 수심 15m이하를 제외한 조사자의 조사방법과 조사범위에서 오는 차이에서 기인한 결과로 사료 된다.

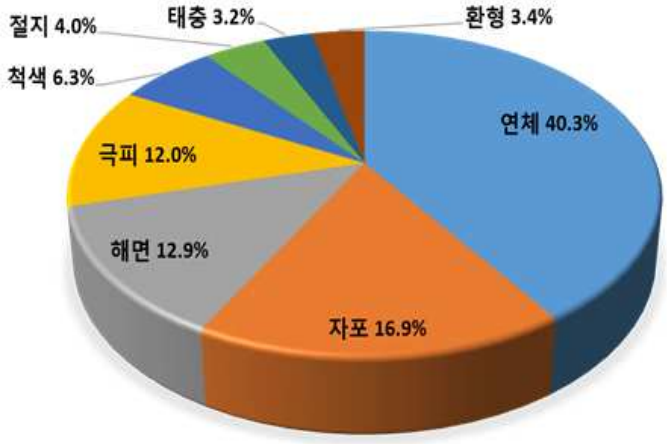


그림 7. 저서생물 분류군별 출현비율

어장별 저서동물의 생태구조를 보면 한동지역은 보라성게, 바퀴고둥, 분홍멍게 등이 주요 우점종으로 나타나지만 군집우점도는 높지 않고 비교적 고른 분포양상을 보인다. 그러나 군집의 종다양성지수는 0.7의 수준으로 비교적 높게 나타나고 있다. 동복지역은 보라성게와 바퀴고둥이 전 계절과 수심대에 따라 우점종으로 나타나고 이 두 종에 의한 군집우점도지수는 비교적 높아 70%대를 점유하고 있고 종다양도지수는 0.6의 범위로 낮은 다양성을 보인다. 탑동지역은 보라성게, 바퀴고둥, 불가사리류, 소라, 산호류 등 다양한 종들이 우점종으로 나타나고 있어 군집우점도도 25~35%로 매우 낮아 안정된 군집을 형성하고 있다. 따라서 종다양성도 0.9~1.3이상으로 매우 높은 생태학적 다양성을 보여주고 있다. 도두지역은 바퀴고둥과 보라성게 등 특정종에 의한 분포밀도가 높아 군집우점도도 58~67%로 비교적 높게 나타나고 있다. 그러나 이들 특정종을 제외하고는 대부분이 균일한 분포를 이루고 있어 종다양도는 0.8~1.0으로 매우 높은 생태학적 다양성을 보여준다. 용운동지역은 거품돌산호, 바퀴고둥, 보라성게 등에 의한 종 우점도가 높아 군집우점도지수는 57~68%로 매우 불안정한 생태구조를 이루고 있고, 따라서 종다양성도 0.4~0.6으로 낮게 나타나고 있다. 옹포지역은 어장면적이 넓지 않아 종의 밀도가 매우 집약적이면서도 바퀴고둥, 보라성게, 불가사리류 등이 집중적인 우점종으로 나타나 군집우점도지수는 66~86%로 높고 종다양성지수는 0.4~0.7로 낮아 용운동과 마찬가지로 매우 불안정한 생태구조를 이루고 있다. 판포지역도 거품돌산호, 보라성게, 바퀴고둥 등 특정종에 의한 우점도가 높아 63~71%로 군집우점도지수가 높지만 이 종을 제외하고는 비교적 균일한 분포밀도를 보여 종다양성은 0.5~0.7로서 생태학적으로는 다소 불안정한 구조다. 용당지역도 판포와 유사하며 군집우점도지수가 66~73%로 매우 높고, 종다양도지수는 0.4~0.7로 불안정한 생태구조를 이루고 있다.

일과지역은 거품돌산호와 보라성게 등 특정 우점종에 의하여 군집우점도지수가

50~67%로 비교적 높지만 다른 개체군이 비교적 균일한 분포를 이뤄 종다양도는 0.7~0.8로 비교적 안정된 구조를 이루고 있다. 법환지역도 일과지역과 유사한 구조로 나타나지만 거품돌산호, 보라성게, 소라 등이 계절과 수심대에 따라 우점종이 다양하게 나타나므로 군집우점도지수도 35~68%로 편차가 심하고 종 다양도지수도 0.8~1.1로 편차가 심하지만 생태계는 매우 안정된 구조를 이루고 있다. 토평지역도 법환과 마찬가지로 분홍멍게, 보라성게, 바퀴고둥 등 우점종이 다양하여 군집우점도지수는 39~69%로 계절과 수심에 따라 편차가 심하고 종다양도지수도 0.6~1.0으로 같은 양상이다. 신양어장도 토평과 마찬가지로 군집우점도지수의평차가 27~57%로 계절성이 뚜렷하고 종다양도지수도 0.4~1.0으로 편차가 심하게 나타나는데 이는 거품돌산호, 밤수지맨드라미 등 부착성 종들과 보라성게, 분홍멍게 등 계절적 편차가 심한 종들이 혼생군집을 형성하므로 나타나는 결과로 보이지만 생태학적으로는 매우 안정된 구조를 이루고 있다. 우도서광지역은 분홍멍게, 보라성게, 소라, 고둥류 등 다양항 종들로 우점종을 형성하고 있어 계절성이 많지 않아 군집우점도지수는 26~35%로 낮고 종다양성지수는 0.7~0.9로 높아 생태학적으로는 매우 안정된 구조를 이루고 있다. 이는 추자도에서도 같은 경향으로 군집우점도지수가 22~48%로 낮고 종다양도지수는 1.0이상으로 높아 매우 안정된 구조를 이루고 있다. 이렇듯 도서지역은 생태계 구조가 매우 안정적이지만 비양도는 예외다. 이 지역은 거품돌산호, 바퀴고둥, 보라성게, 불가사리, 소라 등 다양한 종들로 우점종을 형성하지만 계절과, 수심대별 특정종들에 의한 높은 우점도와 분포종이 빈약한데 오는 결과로 군집우점도지수는 51~71%로 매우 높고, 종다양성은 0.3~0.7로 낮아 생태학적으로는 매우 불안정한 구조를 이루고 있다.

〈표. 4〉 조사어장의 시기별 우점종 분포 양상

구분	우점종	한동	동복	탑동	도두	용운동	옹포	판포	용당
3월	제1우점종	보라성게	보라성게	소라	바퀴고둥	보라성게	바퀴고둥	보라성게	보라성게
	제2우점종	분홍멍게	바퀴고둥	보라성게	보라성게	바퀴고둥	보라성게	바퀴고둥	바퀴고둥
6월	제1우점종	보라성게	보라성게	보라성게	보라성게	거품돌산호	바퀴고둥	거품돌산호	거품돌산호
	제2우점종	분홍멍게	바퀴고둥	거미불가사리	바퀴고둥	바퀴고둥	거미불가사리	보라성게	보라성게
9월	제1우점종	바퀴고둥	보라성게	보라성게	바퀴고둥	거품돌산호	바퀴고둥	보라성게	보라성게
	제2우점종	분홍멍게	바퀴고둥	소라	보라성게	바퀴고둥	거미불가사리	바퀴고둥	거품돌산호

<표. 4 계속>

구분	우점종	일과	법환	토평	신양	우도	비양도	추자도
3월	제1우점종	거품돌산호	거품돌산호	보라성게	거품돌산호	분홍멍게	분홍멍게	홍합
	제2우점종	보라성게	보라성게	거미불가사리	분홍멍게	바퀴고둥	바퀴고둥	깃갯고사리
6월	제1우점종	거품돌산호	거품돌산호	분홍멍게	분홍멍게	바퀴고둥	바퀴고둥	홍합
	제2우점종	보라성게	보라성게	보라성게	보라성게	보라성게	보라성게	이끼벌레
9월	제1우점종	거품돌산호	보라성게	보라성게	거미불가사리	바퀴고둥	바퀴고둥	홍합
	제2우점종	보라성게	거미불가사리	바퀴고둥	무릑	거미불가사리	거미불가사리	해면류

권역별 해양생물의 특이성을 보면 북동부권역에서는 보라성게와 바퀴고둥이 일반적인 우점종으로 출현하지만 전 지역으로 거품돌산호 군락이 확장되고 있고 분홍멍게가 새로운 우점종으로 나타나고 있는 것이다. 또한 띠녹색열말미잘, 융단열말미잘 등 아열대성 종들의 분포가 확산되고 있고 특히 탑동을 중심으로 연산호군락이 대규모의 군집을 형성하고 있는 것이 이번에 새로이 확인 되었다. 북서부권역에서는 보라성게, 분홍성게 등 과거 남부지역과 같이 성게류의 번무가 확산되고 있고, 아열대성인 거품돌산

호, 녹색열말미잘, 융단열말미잘 등이 번식이 확산되고 있다. 더불어 서부지역은 전 어장에서 거품돌산호군집이 수심 6~10m대에 대단위로 번무하고 있는 것이다. 제주남부(남서부~남동부)권역도 최근 거품돌산호, 곤봉말미잘, 녹색열말미잘, 띠녹색열말미잘, 융단열말미잘, 빛단풍돌산호 등 아열대성 부착동물군집이 전 수심대에 번무하고 있고, 수심 3~6m대에는 연성홍조류와 갈색대마디말 그리고 청각류 등과 함께 전형적인 아열대성 생태계 구조의 기본형을 다 갖추었다고 볼 수 있다.

Ⅳ. 고 찰

마을어장에서 출현하는 생물자원은 수산자원, 법정 보호관리종, 생태계교란종, 지표종 그리고 이상 증식 발생 종으로 구분해 볼 수 있다. 주요 수산자원으로는 기초먹이원 해조류인 미역, 감태, 톳, 모자반류, 우뭇가사리가 있으며, 동물로는 소라, 전복, 오분자기, 돌기해삼(홍해삼)외 바다방석고둥 등 조식성 고둥류 등이 있다. 이중 감태와 모자반류는 다년생으로 마을어장의 기초생태계에 가장 건강성을 나나낼 수 있는 생물학적 중심종의 역할을 하는 매우 중요한 종이다. 또한 저서동물의 포집력(서식수용력)이 매우 강한 종으로 마을어장의 저서동물 종다양성에 직접적인 영향을 미치므로 이들 갈조류군락의 발달여부는 어장의 생물생산성과 직접적인 연관을 보인다고 볼 수 있다. 즉 수심에 따라 대형 해조류가 골고루 군락을 형성하는 것은 전체적으로 어장 생산력이 높은 환경을 갖고 있다는 의미인 것이다. 조사지역에 따라 감태를 기준한 분포대를 보면 대부분 어장에서 감태는 5~15m까지 골고루 분포를 하고 있지만 지역에 따라 분포구조는 상당히 다르게 나타나는데 북서부권역은 수심 6~10m대 일부 지점을 제외하고는 감태군락이 점상으로 전락되었고, 어장별로는 동복, 도두, 용운동, 옹포지역이 전 수심대에 걸쳐 감태군락이 많이 소실되어 어장기능에 상당한 영향을 미치고 있으며, 이는 2014년도의 김녕, 구엄, 금등, 용수지역과 유사한 권역을 형성하고 있다.

〈표. 5〉 어장 조건에 따른 자원조성 예상 품종

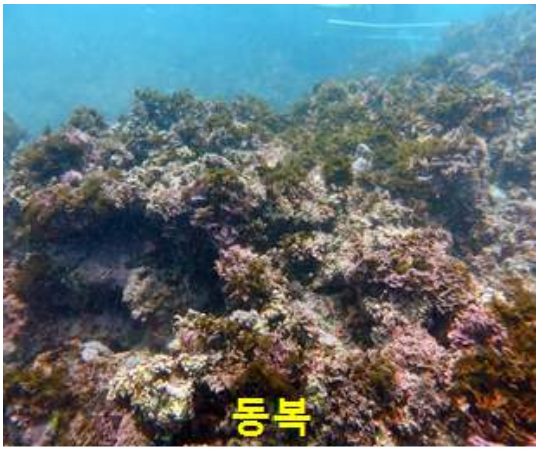
어장 구분	수심대 별 해조류분포		방류 예상품종	생태 등급
	3~5m	6~10m		
한동	감태, 말류, 미역	감태, 말류, 청각류	전복, 오분자기, 해삼, 어류	1
동복	미역, 감태, 말류	미역, 석회조류, 말류	해삼, 어류	2
탑동	석회조류, 감태	석회조류, 갈래잎, 감태	해삼, 어류	2
도두	미역, 말류, 석회조류	미역, 말류, 석회조류	해삼, 어류	2
용운동	감태, 미역, 말류	미역, 말류, 홍조류	전복, 해삼, 어류	2
옹포	미역, 말류, 석회조류	석회조류, 감태, 홍조류	해삼, 어류	3
판포	미역, 말류, 석회조류	감태, 홍조류, 석회조류	해삼, 어류	3
용당	감태, 말류, 석회조류	감태, 홍조류, 석회조류	해삼, 어류	3
일과2	미역, 석회조류, 말류	감태, 홍조류	전복, 해삼, 어류	2
법환	미역, 감태, 말류	감태, 미역, 모자반류	전복, 오분자기, 해삼, 어류	1
토평	파래, 미역, 감태	미역, 감태, 모자반류	전복, 오분자기, 해삼, 어류	1
신양	미역, 감태, 말류	감태, 청각, 모자반, 홍조류	전복, 오분자기, 해삼, 어류	1
우도	미역, 감태, 말류	감태, 청각, 모자반, 홍조류	전복, 오분자기, 해삼, 어류	1
추자도	감태, 말류, 모자반류	감태, 말류, 모자반류	전복, 해삼, 어류	1
비양도	석회조류, 말류, 홍조류	감태, 석회조류, 홍조류	전복, 해삼, 어류	3

그러나 탑동, 일과2, 법환, 토평, 신양 등은 낮은 수심대(조하대~수심5m)를 제외하고는 감태군락이 현재까지는 어느 정도 안정된 구조를 이루고 있어 같은 권역으로서 2014년 조사 된 화순, 위미, 하효지역과 유사한 결과를 보여주고 있다. 결국 감태군락은 소라 또는 전복류의 서식수심과 깊은 상관관계를 보이기 때문에 어장별 소라서식 수심대도 지역적 차이가 많다는 것을 알 수 있다. 이러한 관계는 수산생물의 분포에도 영향을 미치는데 소라인 경우는 전 어장에 걸쳐 고른 분포를 이루고 있으나 소라자원의 구조를 면밀히 드려다 보면 해조류의 발달이 미약한 북부와 서부권역인 경우는 타

지역 어장에 비하여 평균체장 계급군이 매우 왜소한 형태의 자원구조를 하고 있다. 지역별로는 한동 6.7㎝, 동복 5.8㎝, 탑동 6.7㎝, 도두 6.0㎝, 용운동 6.1㎝, 옹포 5.4㎝, 판포 6.5㎝, 용덩 6.7㎝, 일과 5.3㎝, 법환 8.1㎝, 토평 7.5㎝, 신양 8.0㎝, 우도 7.3㎝, 추자 10.1㎝, 비양도 6.1㎝로 나타나 남서부~남동부 지역은 7.5~8.1㎝로 평균각고가 높고, 도서지역을 제외한 그 이외의 지역은 5.3~6.7㎝로 비교적 작은 각고를 나타내고 있다. 2015년 조사 된 소라 TAC 자원평가조사에서 도내 6개 권역 평균각고가 6.0㎝이고 지역별로는 북동부 5.4㎝, 북서부 5.9㎝, 남서부 7.1㎝ 그리고 남동부 7.1㎝와 유사한 경향을 보여주고 있다. 이들 소라 각장이 왜소한 지역은 보라성게 등 성게류의 군집이 발달되어 나타나는 특징이 있다. 반면 해조류의 군락이 잘 발달된 남부권역은 소라의 평균 자원구조가 체장 7㎝이상으로 크고, 전복, 오분자기, 홍해삼, 고둥류의 자원량이 비교적 풍부한 형태를 보이고 있어 상기된 바와 같이 해조류와 수산생물과는 밀접한 상호관계를 갖는다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 마을어장에 자원조성을 위해서는 위와 같은 해조류의 조건이 가장 먼저 선행되어야 하고 또한 해조류의 분포구조가 어떻게 형성되어 있는가를 세밀하게 조사하여 종묘를 방류할 필요가 있다. 표 57은 조사대상 어장의 해조류 분포에 따른 방류종의 선택 모델을 제시한 것으로 전복 등 패류인 경우는 방류적정 어장이 점차 감소되고 있는 추세로 이와 같은 생태계가 지속된다면 향후 방류품종으로는 해삼류와 어류 위주로 추진되어야 한다고 예상해 본다.

Ⅴ. 조사권역별 생태현황





[북동부권역]



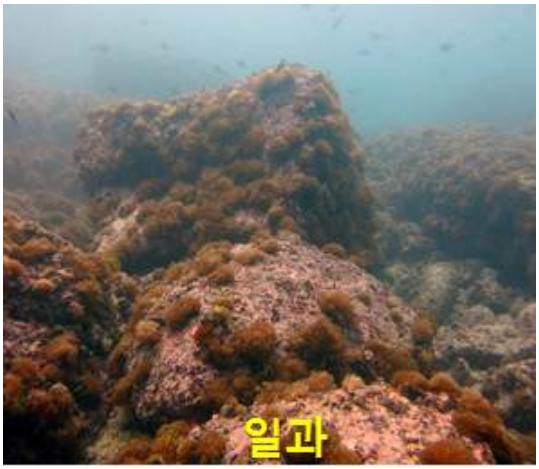


[북서부권역]



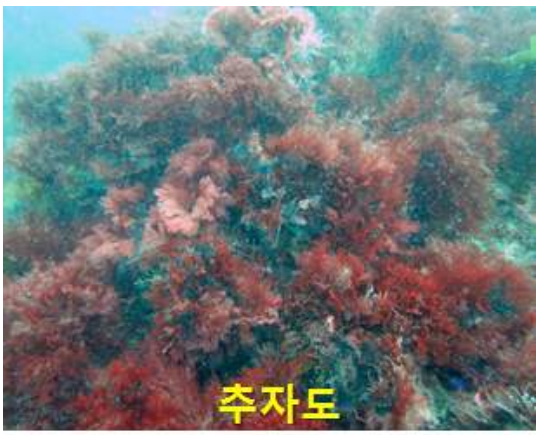


[남동부권역]





[남서부권역]





[도서권역]

Ⅵ. 참고문헌

제주연안 환경실태 조사보고서. 2008. 국립수산과학원 제주수산연구소. 228pp.

제주연안 환경실태 조사보고서. 2011. 국립수산과학원제주수산연구소. 337pp.

2008~2012년 마을어장 자원생태 환경조사(5개년) 종합보고서. 2015년. 제주특별자치도 해양수산연구원. 293pp.

2012년 마을어장 자원생태환경 조사보고서. 2013. 제주특별자치도 해양수산연구원. 173pp.

2013년 마을어장 자원생태환경 조사보고서. 2014. 제주특별자치도 해양수산연구원. 232pp.

2014년 마을어장 자원생태환경 조사보고서. 2015. 제주특별자치도 해양수산연구원. 291pp.

2014년 수산종묘방류효과조사사업 보고서. 2015. 제주특별자치도 해양수산연구원. 89pp.

2015년 연구사업보고서. 2016. 제주특별자치도 해양수산연구원. p.103~119.

2015년 해양수산현황. 2016. 제주특별자치도. 119pp.

‘17년 소라 TAC 설정을 위한 자원평가

전봉근[1] · 김수강[1] · 장대수[2]
[1]제주특별자치도 해양수산연구원
[2]제주특별자치도 해양수산국 수산정책과

Ⅰ. 서 론

소라(Batillus cornutus, Lightfoot, 1786)는 연체동물 소라과에 속하는 종으로 일본, 중국, 우리나라 등에 주로 분포하며 조간대 암반지역에 서식하다가 성장을 하면서 수심 20m 내외의 암초지역에 분포한다. 우리나라에서는 주로 제주도 연안에 분포하지만 진도 거제도 등 주로 남해안 일대 및 동해 울릉도 대마난류의 영향을 받는 수심 약 30m 이내의 해역에도 소량 분포한다고 알려져 있다.

소라는 깊은 곳에서 각고 12㎝이상 개체도 발견되지만 주로 6～10㎝급에서 주요산란급으로 이루어지며, 치패는 간조시 노출되는 조간대에서 서식하며 점차 성장하면서 깊은 곳으로 이동한다. 생체적으로 자웅이체로 수컷의 생식소는 유백색이고 암컷은 녹색이다. 내해에 사는 소라의 가시는 짧거나 없는 개체도 있으며, 조류가 강하고 외해에 분포하는 소라의 가시는 크다.

제주도산 소라는 식용으로 가치가 높으며 1970년대 이후 주요 대일 수출품목으로 자리메김함으로써 해녀에 있어서는 최고의 소득 품종으로 알려져 있다. 생산량에 따라 어민소득에 절대적인 영향을 미쳐왔고 공동어장을 이용하는 해녀들에게 최대 관심사가 되어 왔다.

이러한 소라자원은 1960년대 502톤, 1985년 3,163톤, 1995년 2,785톤, 2011년 1,847톤, 2012년 2025톤 등 과도한 어획의 영향으로 연간 어획량이 감소함에 따라 2000년 이후부터 자원의 합리적인 관리를 위해 국가 총허용어획량(TAC, Total Allowable Catch) 제도 대상종으로 관리되고 있다.

TAC제도는 개별어종(단일어종)에 대해 연간 잡을 수 있는 어획량을 설정하여 그 한도내에서만 어획을 허용하여 자원을 관리하는 제도로서 제주소라는 제주특별도지사가 자원보호가 필요하다고 인정하여 신청한 어종이다. 소라 TAC 관리는 2011년부터 중앙관리에서 제주특별자치도지사 관리로 전환하여 자원관리에 효율화를 도모하고 있다.

우리나라의 소라에 대한 연구는 소라의 산란과 초기발생 중심으로 Rho(1976), 상대성장(Hwang & Chung, 1979), 표지방류에 의한 성장(Chung, 1983), 정자의 미세구조(Lee,

1984) 및 각고조성에 의한 성장분석(Chang & Chung, 2001)이 있다. 자원평가에 대한 연구로는 소라의 자원평가(Chang et al,,2002)가 있다.

따라서 이 조사는 제주소라에 대한 직접자원조사를 통하여 자원구조를 파악하며, 어획통계자료와 자원생태학적 특성치 및 기타생물자료를 이용하여 소라자원의 생물학적 허용량을 제시하고 합리적인 관리방안을 도출하고자 함이다.

Ⅱ. 조사 및 평가방법

1. 서식실태조사 및 생물상

조사는 2016년 7～12월 표본어장 6개소(조천, 동귀, 용운, 태흥2, 표선, 동일)를 대상으로 실시하였으며, 잠수조사는 각 지역별 2개지선(Line transect methods)에 3～5정점(3m, 6m, 10m)을 기준하여 수심 1～10m까지 1×1m 방형구법으로 방형구 내 소라와 분포해조류를 채집하였다. 채집된 생물은 현장에서 계수하고 소라는 각고와 생체량을 측정하였다. 각고는 버니어캘리퍼스를 이용하여 ㎜단위로 측정하고, 생체량은 개체별로 0.1g 까지 측정을 하였다. 단위면적당 서식밀도는 방형구 내 분포개체를 평균 서식밀도(개체/m2)로 환산하였다.

2. 자원량 산정 및 평가

자원량산정을 위한 어획통계는 도내 전체 마을어장을 방문하여 조사된 어획량(2011～2015년 비계통량 포함)과 한국수산자원관리공단 TAC 수산자원조사원이 조사한 통계량을 활용 사용하였으며, 어업종사자 자료 등은 해양수산현황(2015)을 활용하였다. 소라의 자원생물학적 특성치 중 성장을 파악하기 위하여 사용된 각고조성 자료는 2015년 1월부터 11월까지의 월 2～3회 마을어장에서 조사된 개체들의 각고 및 중량 측정자료를 이용하였다.

2.1. 생물학적 생태특성 추정 및 자원량 추정

성장특성치들은 Chang & Chung(2000)에 의해 추정된 값들을 이용하였다. 소라의 최대각고 L∞는 12.503㎝, 성장계수(K)는 0.392/year, 각고가 0일 때 이론적인 연령 t0는 0.917이다.

생잔율(S)은 각 연령별 어획개체수를 이용하였다. 생잔율 추정에는 어획물곡선법(Edser, 1908)을 사용하였다.

순간자연사망계수(M)는 Alverson and Carney(1975) 방법, Rikthter and Efanov(1976) 방법, Alagaraja(1984) 방법 및 Zhang and Megrey(2006) 방법으로 추정 하였으며, 위의 네가지 방법으로 추정된 순간자연사망계수의 평균값을 자원평가 자료로 사용하였다.

순간어획사망계수(F)는 순간전사망계수(Z)에서 순간자연사망계수(M)를 제한 값으로 구하였다.

어획개시연령(tc)는 조사된 조사의 체장조성자료에 성장식을 적용하여 Pauly(1982)의 방법으로 추정하였다.

2.2. 최대지속적생산량(MSY) 추정

잉여생산량 모델은 생물 생체량의 재생산율과 어획율을 파악하여 자원을 평가하는 모델로 생체량의 크기는 환경요인과 생물체간의 상호작용에 의해 결정된다. 자연상태에서 하나의 개체군은 그 생체량이 증가하거나 감소하지 않는 상태에 놓일 수 있게 되는데, 이때는 개체의 성장률과 가입률이 자연사망계수와 같게 되는 상태로 평형상태(equilibrium state)라 부른다. 생물자체 간의 상호작용은 흔히 밀도 종속적(density-depoendent) 과정이라고도 부르는데, 이 과정에서는 생체량이 증가함에 따라 성장률이나 생잔율, 혹은 가입률이 점차 감소하다가 어느 시점에 이르면 하나의 평형점에 도달하게 된다. 어획은 평형점에 도달된 생체량을 감소시키고 이로 인해 그 자원은 성장률이나 생잔율, 혹은 가입률이 증가하고, 마침내는 잉여량을 생산하게 된다. 잉여생산량 모델은 자원크기의 변화만 다루게 되므로 그 자원의 연령분포와 같은 세부적인 속성은 고려하지 않는다.

Schaefer(1954, 1957) 모델은 어획량(Y)을 어획노력량(f)으로 나눈 단위노력당어획량(U=Y/f)이 어획노력량과는 반비례의 관계에 있다고 가정하여 아래의 식을 제시하였다.

$$U = U\infty - (U\infty\ q/r)f$$

여기서 U∞는 이론적 최대단위노력어획량, q는 어획률, r은 개체군 성장률이다.

매년의 어획노력량과 단위노력어획량 자료를 사용하여 모델의 파라미터를 추정한 후, 위 식을 다음과 같이 2차식으로 변형시켜 MSY와 이때의 어획노력량(fMSY)을 구한다. 즉, U = Y/f이므로

$$Y = U\infty\ f - (U\infty\ q/r)f2$$

이 식은 위로 볼록한 포물선식이므로 꼭지점이 최대지속적생산량(MSY이고 이때의 어획노력량이 fMSY이므로 포물선식을 미분해서 0으로 놓고 MSY(=U∞r/4q)와 fMSY(=r/2q)를 추정한다.

Fox(1974) 모델은 자원크기가 어획노력량의 함수로서 직선적인 감소보다는 오히려 지수함수적으로 감소한다고 가정하여, Gompertz의 개체군 성장식을 적용하였다. U* = U∞exp(-qf/r)식의 매개변수를 추정하기 위하여 이 식을 선형화 시키면 lnU*=lnU∞-$\frac{q}{r}$f의 직선식을 얻게 된다. 그러므로 이 직선식의 회귀계수를 구하기 위하여 단위노력당 어획량 자료에 대수를 취해 lnCPUE를 Y로 하고, 어획노력량을 X로 하여 Y=a+bX의 기울기 b와 Y절편 a를 엑셀의 회귀분석을 사용하여 추정한다.

3. ABC 추정시스템

TAC 산정을 위한 ABC 추정시스템은 정보수준에 따라 5단계로 구분되어 추정된다.

1단계 정보수준의 경우 연도별 연령별 B와 BMSY, FMSY, FX% 등의 파라미터에 의거 아래의 공식에 따라 산출된다.

1a) 자원상태 : B/BMSY > 1

FABC ≤ FMSY 나 F40% 중 낮은값

1b) 자원상태 : $a < B/B_{MSY} \leq 1$

$F_{ABC} \leq F_{MSY} \times (B/B_{MSY-a})/(1-a)$나 $F_{30\%}$중 낮은 값

1c) 자원상태 : $B/B_{MSY} < a$: $F_{ABC} = 0$

2단계 정보수준의 경우 최근년도 연령별 B, BX%, FX%, M 등의 파라미터에 의거 아래의 공식에 따라 산출된다.

2a) 자원상태 : B/B40% > 1

$F_{ABC} \leq F_{40\%}$

2b) 자원상태 : $a < B/B_{40\%} \leq 1$

$F_{ABC} \leq F_{40\%} \times (B/B_{40\%-a})/(1-a)$

2c) 자원상태 : $B/B_{30\%} \leq a$: $F_{ABC} = 0$

3단계 정보수준의 경우 최근년도 연령별 B, F0.1, M 등의 파라미터에 의거 아래의 공식에 따라 산출된다.

$F_{ABC} \leq F_{0.1}$

4단계 정보수준은 연도별 Y와 f(CPUE) 등의 파라미터에 의거 아래의 공식에 따라 산출된다.

4a) 자원상태 : CPUE / CPUEMSY > 1

ABC $\leq$ MSY

4b) 자원상태 : a < CPUE / CPUEMSY $\leq$ 1

ABC $\leq$ MSY $\times$ (CPUE/CPUEMSY-a)/(1-a)

4c) 자원상태 : CPUE / CPUEMSY $\leq$ a : ABC = 0

5단계 정보수준의 경우 연도별어획량 C를 파라미터로 하여 아래의 공식에 따라 산출된다.

5a) 자원상태 : C/CA >1

ABC $\leq$ CRA

5b) 자원상태 : α < C/CA $\leq$ 1

ABC $\leq$ CRA $\times$ (C/CA - α)/(1- α)

5c) 자원상태 : C/CA $\leq$ α ; ABC = 0

※ C는 가장 최근년도 어획량, CA는 1999~최근년도의 평균어획량, CRA는 최근 3~5년간의 평균어획량 중 변동계수(CV)가 가장 낮은 값

주1) 1단계~3단계의 ABC 계산식

$$ABC = \sum_{i=0}^{t_\lambda} \frac{B_i F_{ABC}}{M + F_{ABC}} (1 - e^{-(M + F_{ABC})})$$

단, B_i : i세초 어획대상 자원량, M : 순간자연사망계수,

FABC : 정보수준과 자원생태에 따라 결정되는 순간어획사망계수

주2) 1, 2, 4 단계의 a = 0.05

Ⅲ. 결　　과

1. 서식실태조사 및 생물상

2009~2016 까지 제주도 연안의 마을어장에서 해녀들에 의해 어획된 소라의 각고조성을 살펴보면, 어획된 소라의 크기는 각고 4.0~12.5cm의 범위에서 분포하고 있었으며 거의 모든 년도의 각고는 7.0~8.5cm 범위에서 많은 분포를 나타내고 있었다. 7cm 이상의 크기를 보이는 개체의 비율을 보면 2006년에는 65% 내외를 보이던 것이 2010년 89%, 2015년 91.8%, 2016년 93.9%로 최근 8년간 80% 이상의 높은 비율을 보이고 있었다(그림 1).

제주도 6개의 마을어장에서 방형구법에 의한 소라자원의 직접조사를 2016년 7월 부터 12월까지 총 2회 실시하였다. 조사방법으로는 마을어장 수심 3, 6 10m의 2개 지선을 설정하여 1m×1m 방형구법을 실시하였다. 조사결과 각고범위는 2.9~10.4cm 로 평균 각고는 6.7cm 로 나타났다(그림 2).

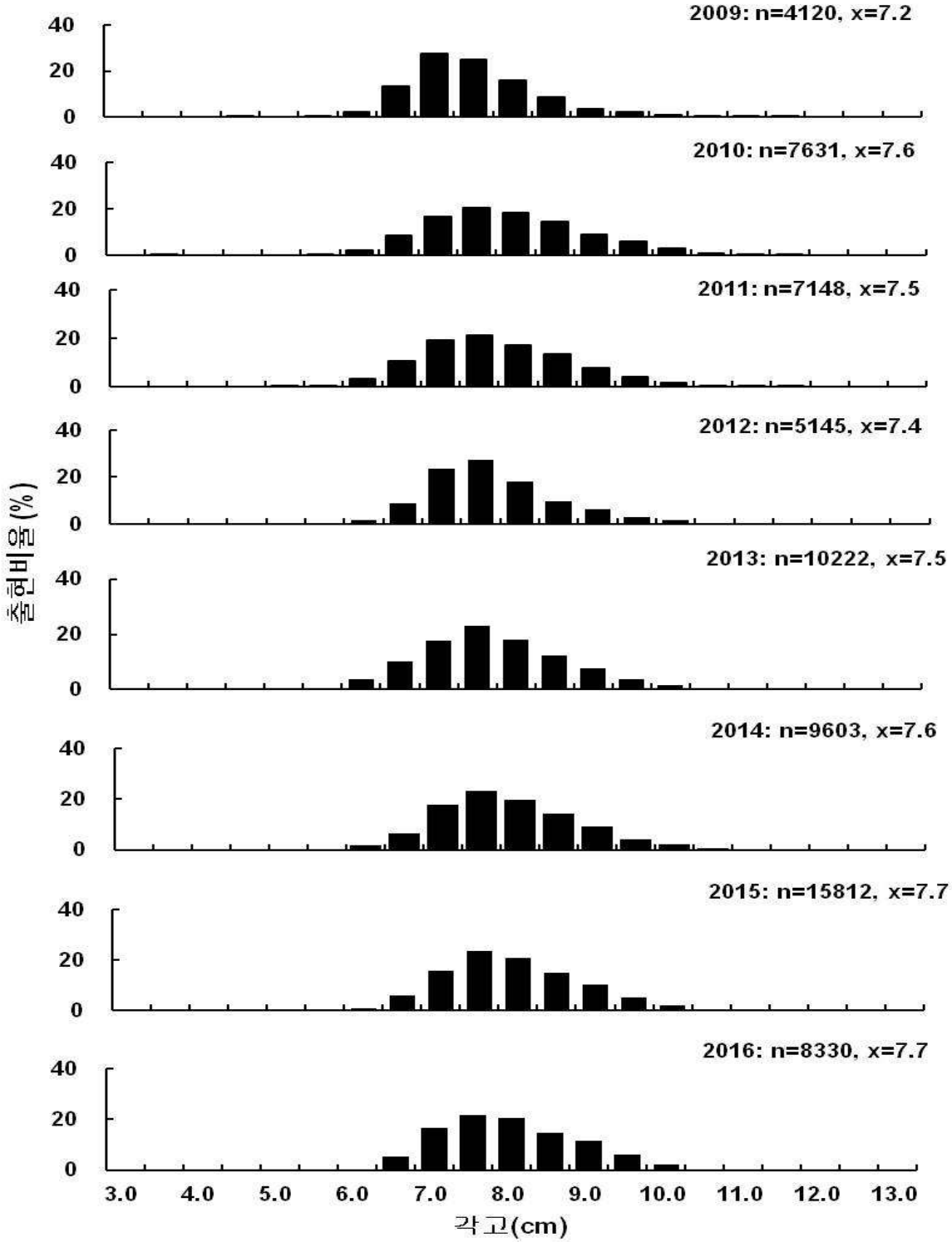


그림 1. 2006~2016년까지 연도별 마을어장에서 조사된 소라의 각고조성

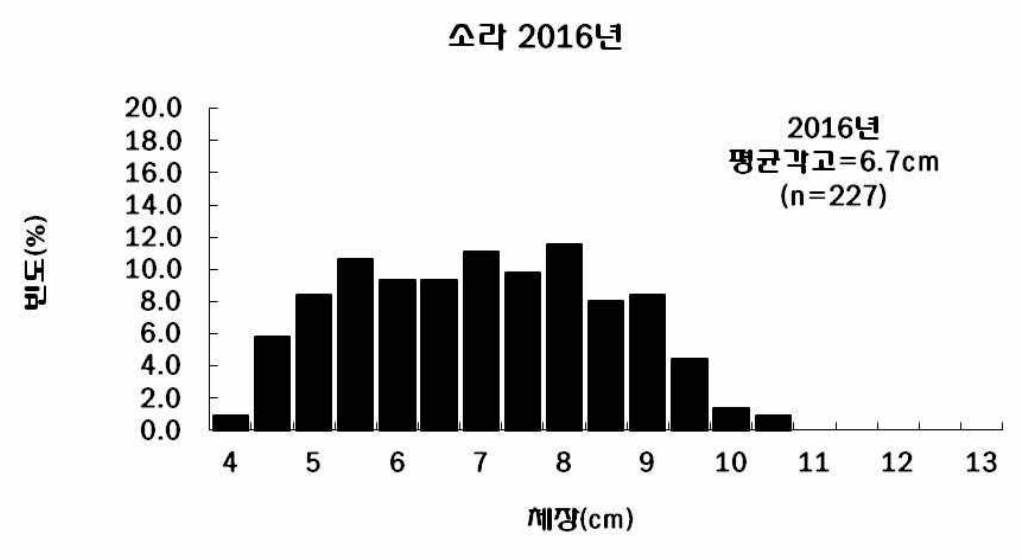


그림 2. 조사어장의 소라의 각고 조성

마을어장내 소라의 서식 수심별 서식밀도를 조사한 결과, 전체 평균밀도가 개체1.73㎡, 평균각고는 6.7cm, 평균중량은 81.3g/m2이였다. 2016년 7월 6개 조사지역의 수심별 개체 밀도 및 중량밀도를 산정한 결과, 분포 밀도가 1.8 ~ 4.8 ㎡ 으로 나타났으며 동일지역 수심 10m에서 가장 높았다. 수심 3m의 소라의 평균크기는 6.3cm로 가장 낮게 나타났으며, 수심 10m의 소라의 평균크기가 6.8cm로 가장 크고 연령이 높은 개체들이 분포함을 알 수 있었다(표 1).

표 1. 2016년 소라의 자원구조

조사지역	수심(m)	개체수	분포밀도(㎡)	평균크기(㎝)	평균중량(g/㎡)
조천	3	18	3.2	6.3	62.7
	6	15	2.2	5.5	41.9
	10	15	3.3	5.9	53.7
동귀	3	6	3.1	6.3	56.1
	6	6	2.6	7.2	79.1
	10	8	1.8	6.5	63.6
용운	3	13	4.1	6.0	53.0
	6	5	2.1	7.1	99.7
	10	12	3.4	6.5	68.1
태흥2	3	11	2.6	6.7	77.8
	6	9	2.8	6.9	86.0
	10	18	4.0	8.2	134.1
표선	3	13	3.3	5.3	41.9
	6	17	2.1	5.4	40.6
	10	11	3.3	5.3	42.3
동일	3	5	3.9	7.4	101.1
	6	12	4.3	7.8	106.7
	10	8	4.8	8.6	139.4
		평균	3.16	6.61	74.88

2016년 7~12월 해조류의 분포도를 조사한 결과 총 88종이 확인 되었으며, 홍조류 78%, 녹조류 12%, 갈조류 10% 순으로 확인 되었다(표 2).

표 2. 2016년 조사어장의 해조류 현황

장소	수심 (M)	해조류 종수			합계	우점종
		녹조류	홍조류	갈조류		
용 운	3	2	16	3	21	흑돌잎
	6	-	8	-	8	둘레게발혹
	10	1	6	-	7	흑돌잎
표 선	3	1	5	-	6	에페드라게발
	6	1	9	1	11	에페드라게발
	10	3	11	1	15	둘레게발혹
동 귀	3	-	7	2	9	에페드라게발
	6	-	9	-	9	비늘산호말
	10	1	10	1	12	둘레게발혹
조 천	3	-	3	-	3	흑돌잎
	6	1	5	-	6	둘레게발혹
	10	1	7	-	8	흑돌잎
동 일	3	-	4	2	6	에페드라게발
	6	-	7	3	10	둘레게발혹
	10	-	10	2	12	방황게발혹
태흥2	3	5	6	1	12	제주비단망사
	6	1	2	-	3	흑돌잎
	10	2	4	-	6	둘레게발혹

2. 자원량 산정 및 평가

2.2. 생물학적 생태특성 추정 및 자원량 추정

생체량을 기초로 한 연급군분석(biomass-based cohort analysis)을 사용하여(Zhang and Sullivan, 1988) 소라의 연도별 자원량을 추정한 결과, 소라 자원량은 2001년에 4,200톤으로 최고치를 보인 후 2005년에 2,532톤으로 감소하다 2012년 4,056 톤으로 회복하여 2016년 현재 3,944톤으로 전년보다 약 150톤 높은 자원량이 추정되었다.(그림 3).

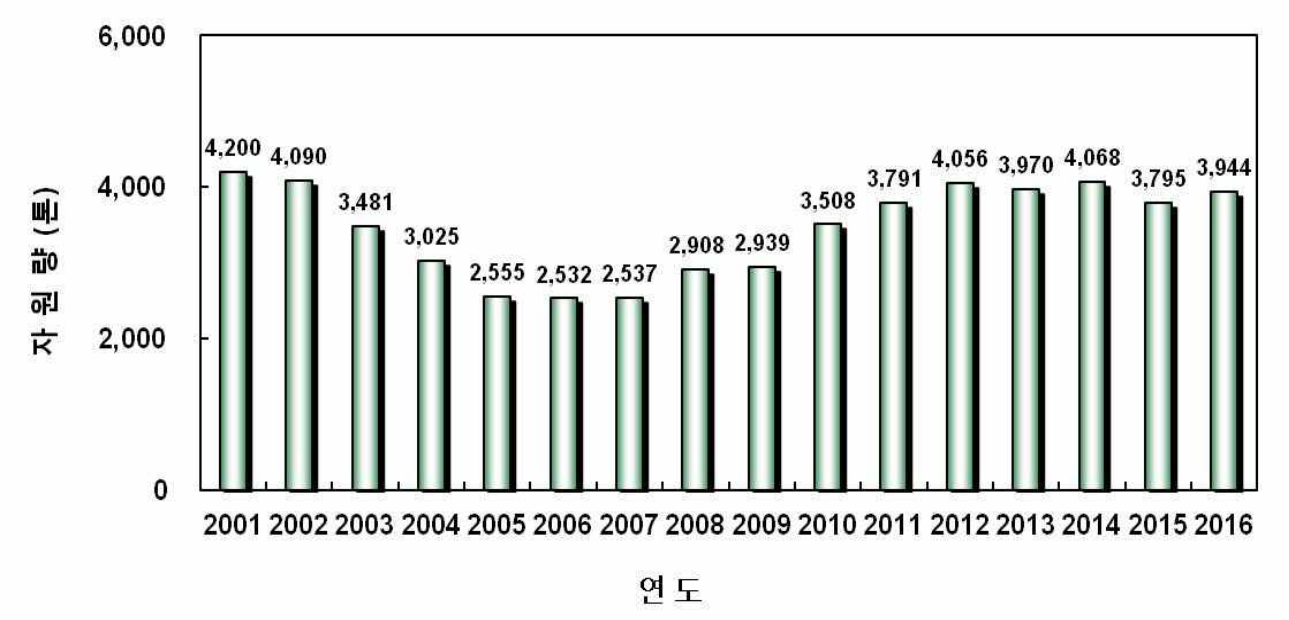


그림 3. 연도별 자원량 변동추이

제주소라에 대한 연령별 자원량은 2001년 이후 2003~2004년을 제외하고 최근까지 저연령군인 2세～3세의 자원량은 각 각 1,000 톤 이상의 추세가 지속되고 있으며, 4세의 경우 2006년부터 급격히 감소되어 2016년 현재까지 약 480톤 가량 자원이 유지되고 있는 것으로 추정된다. 5～7세의 고연령군의 자원량은 2004년 209톤에서 2005년부터 2016년 현재까지 10톤 내외를 유지하고 있어, 고연령군의 소라 개체군이 크게 감소한 것으로 확인되었다(그림 4).

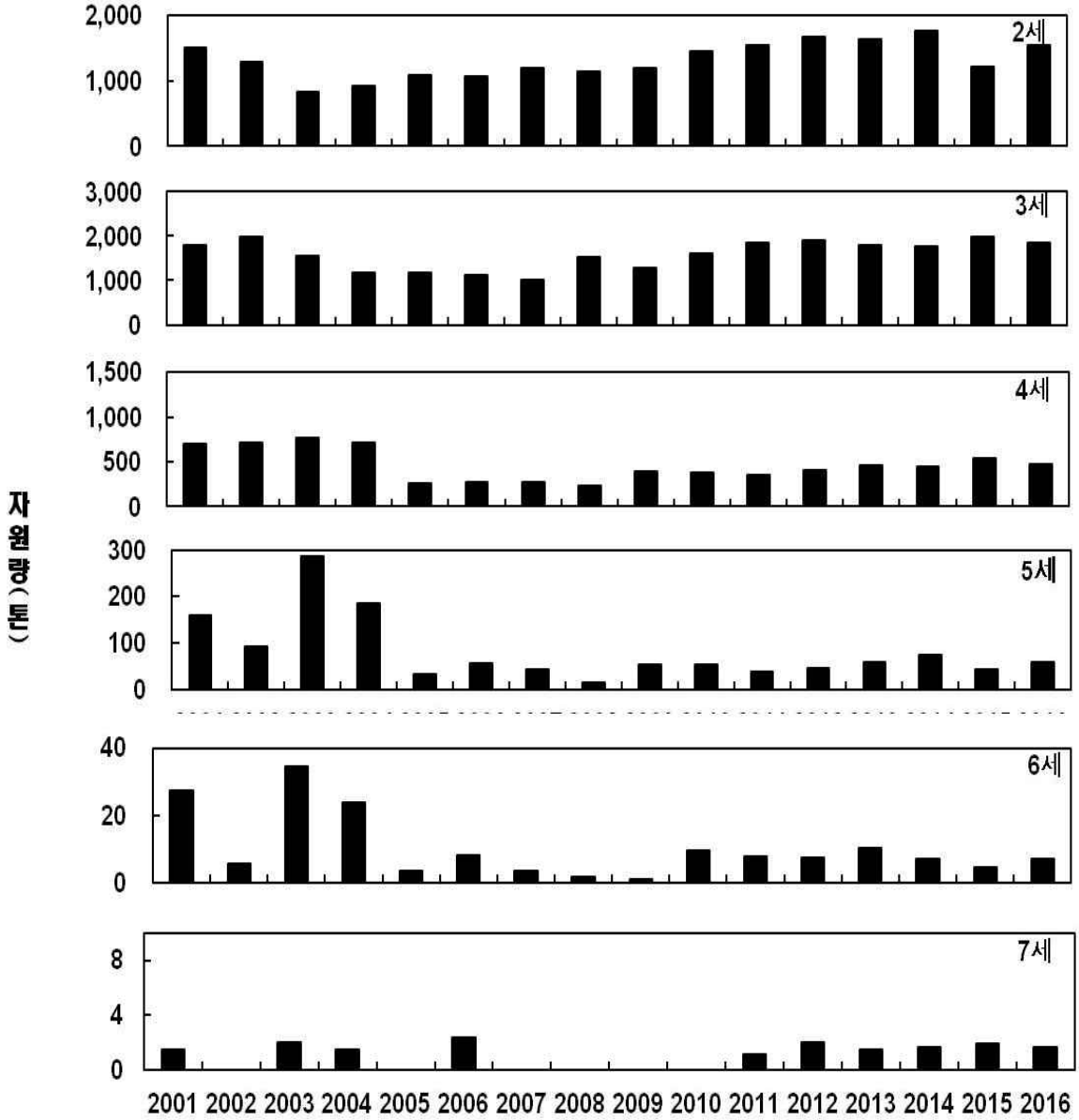


그림 4. 연령별 년도별 자원량 변동추이

2.2. 최대지속적생산량(MSY) 추정

2016년 제주소라자원 MSY 산정에 대한 검토결과, 제주도 소라의 간접자원량지수인 CPUE는 80년대 중반 과도한 어획에 의하여 감소한 시점 이후 자율적 TAC 도입으로 자원이 증가한 시점을 포함하여 통계적으로 유의한 증감변동기간 동안 잉여생산모델인 FOX 모델을 적용하였다. 그 결과, 최대지속적어획량(MSY)은 1,909톤이었으며, 이 때의 어획노력량(fMSY)은 3,167명으로 분석되었다(그림 5).

통계에 활용한 조사자료는 수산자원관리공단 제주지사에서 매월 보고되는 소라자원량과 비계통자료를 확보하여 2016년도 총생산량을 1,868톤을(계통생산량 1,366톤, 비계

통 502톤)확인하고 이에 대한 MSY를 산정하였다.

MSY의 역할은 단순히 현재의 생산량을 MSY수준의 생산량과 비교해 봄으로써 TAC의 관리목표치를 결정하는 수단이기 보단 현재의 관리수준을 논의하는 수단이다.

MSY는 더 많은 노력량 투입이 반드시 더 많은 수확을 얻는 것을 의미하는 것이 아니며 어떤 수준에 도달하면 더 많은 노력량의 투입으로 더 적은 수확을 얻게 된다는 중요한 개념을 가지고 있다.

따라서 현재 해녀수가 4,377명임을 감안할 때 본 모델(fox)이 제시한 3,167명보가 더 많은 노력량의 투입으로 더 적은 생산량을 초래 할 수 있다.

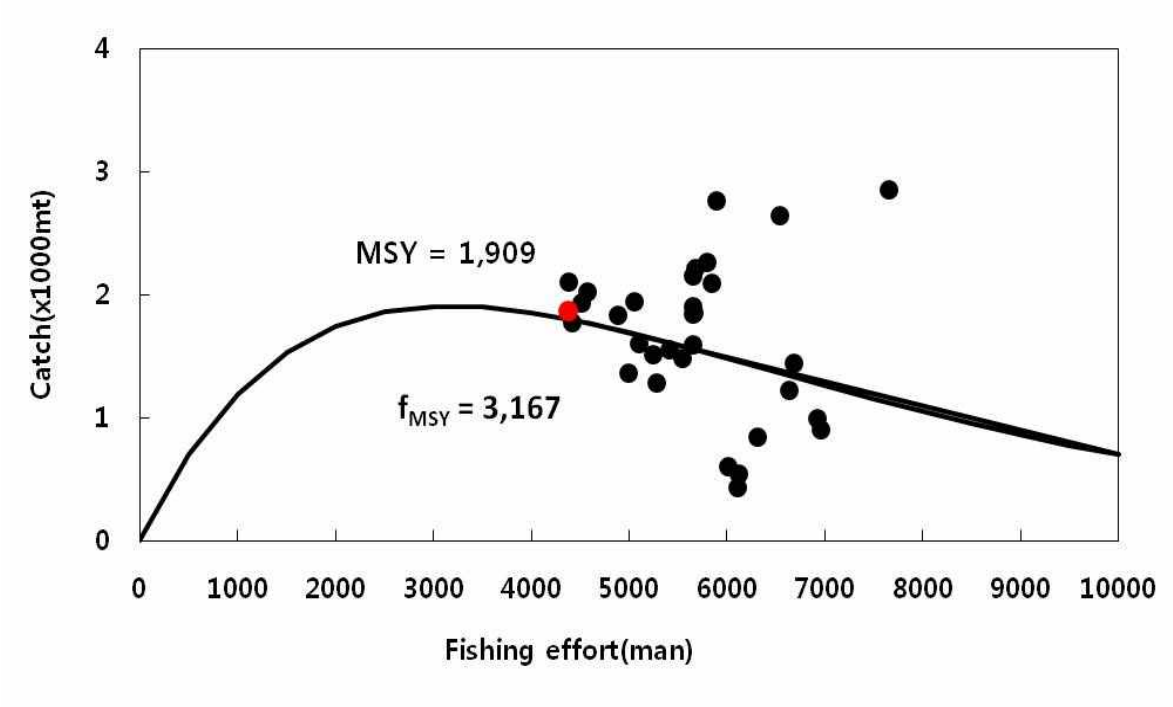


그림 5. 2016년 제주도 소라의 최대지속적생산량(MSY), Fox model

3. 생물학적허용어획량(ABC) 추정결과

제주도 소라의 자원상태를 평가하기 위해서는 일반적으로 감소현상을 보이고 있는 자원과 수산선진국들의 TAC 할당에 가장 많이 사용되고 자원관리에 가장 적합한 생물학적 허용어획량(Acceptable Biological Catch, ABC) 모델을 이용하여 보다 합리적인 자원관리를 위한 기준값으로 사용되어져야 한다.

ABC의 결정은 Zhang and Lee (2002)가 제시하고 있는 이용 가능한 정보의 질적 수준에 따라 5단계의 방법으로 추정되어지는데, ABC 추정시스템의 3~5단계를 이용하여 2017년도 제주소라 TAC 산정을 위한 도내 소라자원의 생물학적허용어획량으로 아래와 같은 적정어획량이 산정되었다.

구 분	3단계 추정		4단계 추정		5단계 추정	
자원생태	$F_{ABC} \leq F_{0.1}$=0.550/yr		CPUE/$CPUE_{msy}$=0.708 4b) 적용		Y_{AM}(12-16년) 5a) 적용	
ABC(톤) 목표값 : 한계값의 90%	목표값	한계값	목표값	한계값	목표값	한계값
	1,246	1,303	1,190	1,322	1,749	1,943

Ⅳ. 고 찰

소라 TAC는 어획통계 및 자원생물학적으로 추정된 자원평가 시스템에 의해 산출된 량이다. 가능하면 자원생물학적 허용량(ABC)으로 TAC를 결정한 것이 가장 바람직하다. 물론 잉여자연생산량인 최대지속적어획량(MSY)도 자원을 판단하는 기준은 되나 자원생물학적 생물특성을 고려치 않고 오로지 생산량만을 기준으로 판단하므로 이 MSY를 이용한 어획량 산정에는 신중을 기할 필요가 있다. 따라서 '17년에는 실질적인 단위노력당 생산량을 파악하기 위해 실제 조업해녀 누적수, 조업일을 조사할 것이다. 이로 인해 정확한 MSY를 추정할 것으로 사료된다.

ABC의 추정치는 정치적, 경제적, 사회적인 여건에 의해 생물학적 허용어획량을 넘지 않는 수준에서 조정 될 수 있기 때문에 너무 자유로운 관리나 혹은 관리의 부재는 과도어획과 극심한 개체군의 감소를 야기할 수 있는 반면, 지나치게 신중한 관리는 과소어획의 어업생산을 낭비할 수 있기 때문에 신중한 선택이 필요한 시점이다.

다른 한편으로, 해녀의 고령화로 인하여 단위노력의 감소로 단위노력당어획량(CPUE)의 증가와 최근의 자원량(BIOMASS)의 유지 또는 부분적 증가 등을 고려하여 ABC와 MSY의 절충 값으로 TAC량을 결정하여 지역의 부분적인 어획욕구적 및 민원사항을 수용 할 필요가 있다고 사료된다.

결론적으로, ABC는 자원을 보존하고 적정 이용하며 TAC 제도를 수행하기 위한 가장 적합한 자원생물학적 허용어획량을 제시하는 량으로 준수하는 것이 최선의 방안임을 재확인한다. 현재는 제주도 소라자원이 어느 정도 적정 수준을 유지되고 있으나 어장에 따라서는 어장환경의 악화에 따른 재생산력의 감소, 성장의 둔화 현상 등이 나타나고 있는 바, 이를 고려한 소라의 적정 이용방안과 TAC가 설정됨이 바람직하다.

Ⅴ. 참고문헌

장대수, 정상철, 2000. 각고조성을 이용한 소라의 성장분석, 한수지, 3, 9～15

장대수, 2002. 제주도산 소라, Batillus cornutus의 자원평가 및 관리에 관한 연구, 제주대학교 박사학위논문, 77～89

장대수, 이동우, 하동수, 김대권, 1994.. 소라자원의 평가 및 관리에 관한 연구, 국립수산과학원 남해수산연구소, 105～113

장창익, 2010. 해양수산자원생태학, 부경대학교 출판부, 176～180, 217～219, 224～248, 254～332, 354～359

차병열, 공용근, 장대수, 김병엽, 서익조, 2004. 제주도 소라의 어업실태 및 자원동향분석, 한수지, 6(2), 23～32

국립수산과학원 아열대수산연구센터, 2011. 2010/2011 소라자원관리를 위한 자원 조사 보고서, 2～79

제주특별자치도, 2001～2013. 해양수산현황

해양수산부, 2002. 총허용어획량(TAC) 실시대상 어종의 연차적 확대방안에 관한 연구, 1～164

Alverson, D.L. and M.I. Carney, 1975. A graphic review of growth and decay of poppulation cohorts, J. Cons. Int. Explor. Mer., 36(2), 133～143

Edser, T. 1908. Note on the number of plaice at each length, in certain samples from the southern part of the North Sea, 1906. J. R. Stat. Soc., 71, 686～690

Fox, W.W., Jr, 1970. An exponential surplus yeild model for optimizing exploited fish populations, Trans. Amer. Fish. Soc., 90, 80～88

Schaefer, M. B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries, Inter. Am. Tro. Tuna Comm. Bull., 1, 25～56

갈치의 난모세포 성숙에 대한 HCG의 *in vitro* 효과

강형철 · 김문관

Ⅰ. 서 론

갈치(*Trichiurus lepturus*)는 농어목 갈치과의 어류로 우리나라 서해 와 남해, 전 세계의 온대와 열대 해역에 서식하는 난류성 어종이다(KIM et al., 2011).

갈치는 월동기간인 1~3월에 제주도 서남방과 동중국해 북부해역에 분포하며, 4월부터 북상하기 시작해 7~9월에는 남해안과 서해남부 연안에서 산란하는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2010). 또한 고등어, 멸치와 함께 국내 대표적 어획 대상종으로 1974년 16만6천여톤의 어획량을 기록했으며, 1980년대 12만톤 수준을 유지하다 2015년 41,049톤, 2016년 33,291톤으로 어획량이 감소하고 있어 자원회복이 시급한 실정이다.

국내외 갈치에 관한 연구는 자원변동(Zhang and Sohn, 1997), 자원평가 및 관리방안(Park et al., 2000), 분포와 회유(Park et al., 2002), 해황에 따른 어황변동(Baik and Park, 1986), 재생산 관한 연구(Park and Hwang, 1978) 등이 있으며, 번식생물학적 연구로는 생식주기에 따른 성호르몬 변화(Oryan et al., 1998)에 관한 보고가 있다.

경골어류에서 난모세포의 최종 성숙과 배란은 다양한 내분비 호르몬의 분비에 의해 조절된다. 우선 환경인자의 자극에 의해 뇌의 시상하부에서 생식소자극호르몬 방출호르몬(GnRH)이 분비되고, GnRH가 다시 뇌하수체의 생식소자극호르몬(GTH)를 분비하게 되며, GTH는 생식소로 전달되어 estrogen, testosterone 등과 같은 성 스테로이드 호르몬의 분비를 자극하게 됨으로써 난 성숙 또는 최종 배란을 유발하게 된다. 현재까지 in vivo와 in vitro 실험에 의해 경골어류에 있어 배란유도에 효과적 호르몬은 C21-steroid 호르몬과 이를 분비시키는 태반성 생식소자극호르몬(HCG)이 밝혀졌으며, 이중 HCG는 여러 경골어류에서 성숙유도 효과가 입증이 되었다.

본 연구에서는 현재까지 인위적 사육과 양식이 되지 않아 종자생산이 불가능한 갈치를 대상으로 어류의 최종성숙유도에 널리 사용되고 있는 HCG를 사용하여 난성숙 및 배란유도를 위한 농도별 효능 비교실험을 in vitro 상에서 실시하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험어

실험에 사용된 갈치는 10월 14~15일 제주 동부 근해에서 채낚기를 이용해 어획하였다. 실험어의 전장은 62~74㎝, 체중은 223~301g 이었으며, 생식소 성숙지수(GSI)는 0.34~0.78 이었다(그림 1).



그림 1. 실험에 사용된 갈치와 채취된 난소

2. 난모세포 조직 배양

실험어는 2-phenoxyethanol로 마취시킨 후 무균상태에서 난소를 절취하여 iced-cold balanced water solution으로 세척하였다. 절취된 난소는 가는 핀셋을 이용하여 개체별로 난모세포를 조직 상태로 분리하였다. 분리된 난모세포는 24-well plate에 well당 Leibovitz L-15 medium (Gibco, USA) 1mL에 난소조직 10~20개를 넣은 후 20℃에서 42시간 배양하였다(그림 2).



그림 2. 갈치 난모세포 배양

HCG 농도는 5, 50, 500 IU/mL로 각 농도에 대하여 24시간과 42시간 후 난모세포의 크기변화를 조사하였다.

Ⅲ. 결 과

분리된 난모세포를 대상으로 HCG (5, 50, 500 IU/mL) 호르몬 자극에 의한 난모세포 크기변화는 그림 3과 같다. 실험 시작시 난모세포의 평균 난경은 678±27㎛ 이었으며, 24시간 후 호르몬을 첨가하지 않은 대조구의 경우 704±38㎛, HCG 5IU/mL 704±38㎛, 50IU/mL 724±42㎛, 500IU/mL 741±35㎛ 이었다. 42시간 후 대조구의 경우 710±27㎛, HCG 5IU/mL 715±29㎛, 50IU/mL 741±20㎛, 500IU/mL 737±34㎛로 시작시에 비해 24시간 후와 42시간에서 다소 크기가 증가하였으나, 각 처리구별 유의한 난모세포의 크기변화는 나타나지 않았다.

난모세포의 형태변화 조사에서도 난막에 의해 내부 유구와 핵의 관찰이 이루어지지 않았으며, 시간에 따른 형태변화와 크기변화는 이루어지지 않았다(그림 4).

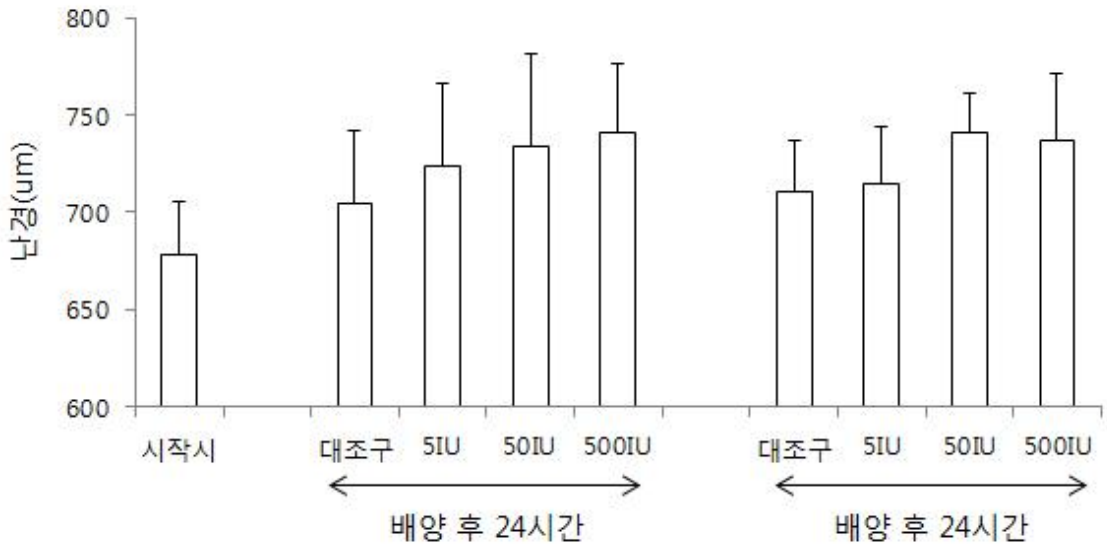


그림 3. 호르몬 농도별 시간에 따른 갈치 난모세포 크기변화.

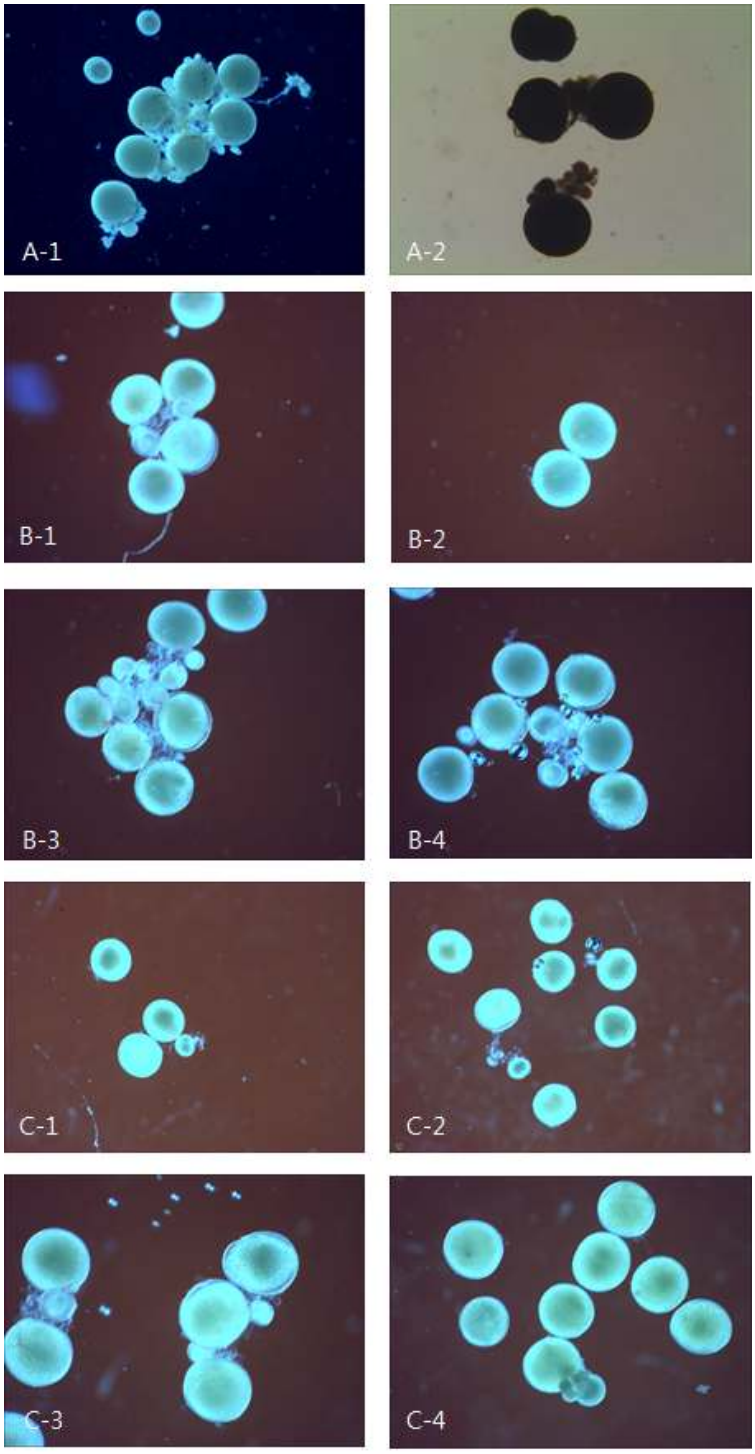


그림 4. 호르몬 농도별 시간에 따른 갈치 난모세포 형태변화. A-1: 시작시(1), A-2: 시작시(2), B-1: 배양 24시간 후 대조구, B-2: 배양 24시간 후 HCG 5IU, B-3: 배양 24시간 후 HCG 50IU, B-4: 배양 24시간 후 HCG 500IU, C-1: 배양 42시간 후 대조구, C-2: 배양 42시간 후 HCG 5IU, C-3: 배양 42시간 후 HCG 50IU, C-4: 배양 42시간 후 HCG 500IU.

Ⅳ. 고 찰

유용어종을 대상으로 계획적이고 안정적 종자생산을 위해서는 어미로부터 수정란 생산이 우선시되어야 한다. 돌돔, 넙치의 경우 수조내 자연산란이 이루어져 비교적 쉽게 수정란을 수거한 후 종자생산에 실시되나, 바리과 어류, 복어류 등과 같이 수조내 자연산란이 어려운 경우 인위적 호르몬 투여를 통해 성성숙 유도와 인공수정란 생산이 이루어진다. 이런 호르몬 투여에 의한 성성숙 유도는 어종에 따라 적합한 호르몬 종류와 농도 및 호르몬 처리에 반응할 수 있는 성숙단계를 파악해야하며 이와 같은 연구가 선행되지 않았을시 계획적인 수정란생산은 기대하기 어렵다.

In vitro 실험을 통한 호르몬 종류와 적정 농도의 조사는 직접 어체를 이용한 실험에 비해 여러 조건을 적용할 수 있어 현장에서의 시행착오를 최소화 할 수 있는 장점이 있어 동자개(Lim et al., 1997), 범가자미(Baek and Yoon, 1996), 농어(BAel et al., 1998), 홍바리(Kim and Baek, 2014) 등 여러 어종을 대상으로 연구가 실시되었다.

본 실험에 사용된 갈치의 난모세포는 조직학적 관찰을 통해 확인하지는 못하였지만, 평균 난경 678㎛로 난황형성단기의 난모세포로 추정되었으며 HCG에 의한 최종 성숙이 가능할 것으로 판단되었다. 하지만 *in vitro* 실험결과 호르몬 농도별 처리구 모두에서 24시간 후와 42시간 후 대조구에 비해 유의적인 난모세포 난경변화가 이루어지지 않았으며, 외부형태 조사결과에서도 배란흔적이 관찰되지 않았다. 능성어 *Epinephelus septemfasciatus* 의 경우 HCG 투여에 따른 난경 크기변화를 In vivo실험을 통해 조사하였을때 HCG 500 IU/kg 투여시, 처리 전 난경 300~500㎛에서 24시간 후 난경 300~700 ㎛, 48시간 후 800㎛이상으로 성장하였으며(Song, 2004), 농어에서는 HCG 5IU, 50IU에서 GVBD 발생에 의한 배란율이 약 50%가 관찰되었다(Baek et al., 1998). 이처럼 *in vitro*와 *in vivo* 실험에서 호르몬 처리에 의해 난경의 크기변화와 형태적 변화에 의해 최종성숙이 확인되나, 본 실험에서는 대조구에 비해 난경 변화와 형태변화가 관찰되지 않아 향후 추가 실험시 호르몬 농도의 재설정 및 다양한 조건변화를 실시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Ⅴ. 사 사

이 연구는 한국해양과학기술진흥원 수산실용화과제(과제번호 : 20150374, 갈치끌낚시 어업 생력화 기술개발)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Ⅵ. 참고문헌

Baik CI and Park JH. 1986. Relationship between oceanographic conditions and catch of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne from the stow net. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 39: 29-41.

Baek HJ and Kim Y. 1996. Effect of Human Chorionic Gonadotropin (HCG) and Steroids on in vitro germinal vesicle breackdown in the spotted halibut, *Verasper variegatus*. J. Korean Aquaculture 9(1):57-63.

Baek HJ, Kim HB, An CM, Myeong JI. 1998. In vitro effects of hormonal treatment on induced maturation and ovulation in the sea bass, *Lateolabrax japonicus*. J. Korean Aquaculture 11(1):119-124.

Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH, 2011. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-hak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, pp. 615.

Kim SK and Baek HJ. 2014. Steroid metabolism in the blacktip grouper *Epinephelus fasciatus* during oocyte vitellogenesis. J. Korean Fish. Soc. 47(6). 882-887.

Lim SK, Baek HJ and Han CH. 1997. Effect of steroids and HCG on in vitro Maturation and ovulation of oocyte in Banded Catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. J. Korean Fish. Soc. 30(2), 203-210.

NFRDI. 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters. Yaemoonsa, Busan, Korea, 7-18.

Oryan SH, Parivar K, Yekrangian and Hosseinzadeh AH. 1998. Sex hormones changes in the reproductive cycle of female *Trichiurus lepturus*. Iranian. Fish Sci J 7, 6-13.

Park CS and Hwang BI. 1978. A study on the maturity and spawning of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus in the South-Western waters of Korean. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 20: 15-56.

Park CS, Hong BQ and Lee DW. 1996. Age and growth of hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. Rep Res Nat' l Fish Res Dev Age 52, 15-24.

Park CS, Lee DW, Kim ZG and Kang YJ. 2000. Stock assessment and management of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus, in Korean waters. J Kor Soc Fish Res 3, 29-38.

Song. 2004. Induction of maturation and ovulation with HCG treatment in the sevenband grouper *Epineohelus septemfasciatus*. J. Korean Aquaculture 21(2):96-101.

Zhang CI and Sohn MH. 1997. A study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in korean waters 2. Variations in population biomass of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus in Korean waters. J. Korean Fish. Soc. 30(4): 620-626.

염분농도와 수온 변화에 따른 돌돔 난 발생 특성 연구

오성립 · 강형철

Ⅰ. 서론

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 농어목 돌돔과에 속하는 어종으로 전 세계적으로 6종이 보고되어 있으나 우리나라에는 돌돔, 강담돔 2종만이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 이 종은 온대성 어류로 우리나라 전 연안 특히 제주도를 포함한 남해안, 일본 및 중국 연안의 암초지역에 주로 서식하며, 체색은 밝은 회흑색 바탕에 눈부터 꼬리지느러미까지 6~7개의 검은 가로줄 무늬가 있다. 이러한 띠는 성장하여 어미가 되었을 때 암컷과 수컷을 구별하는 좋은 판단 기준이 된다. 산란기가 되면 암컷은 가로줄 무늬가 분명하게 남아 있지만 수컷은 점차 소멸되어 버리며, 주둥이가 검게 변한다. 산란기는 4~7월이며, 최소 성숙체장은 수컷은 전장 13.3㎝(만 1년) 암컷은 23.8㎝(만 2년)로서 수컷의 성숙이 빠르며 해질 때를 중심으로 연안에서 산란한다.

양식어류의 종묘생산은 수조내에서 인위적인 환경조절을 통해 대상어종에 맞는 최적의 환경을 조성하여 이루어진다. 조절이 가능한 환경인자로는 수온, 빛, 용존산소 등이 있으며, 그 중 수온은 수정란의 발생과 부화에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다(Yoon et al., 2007). 난발생 및 부화에 있어 수온은 발생 진행속도와 부화자어의 생존율에 영향을 미치며, 일반적으로 낮은 수온에서는 발생속도가 느리고 높은 수온일수록 발생속도가 가속된다(Hokanson et al., 1973).

이 연구에서는 고급 횟감으로 기호도가 높아 양식이 이루어지고 있는 돌돔의 생물학적 기초연구로 수온과 염분에 따른 수정란의 부화율과 초기 발생과정을 조사하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 수온에 따른 부화율과 부화시간

수온에 따른 부화율 실험구는 11℃, 15℃, 18℃, 21℃, 24℃ 그리고 27℃로 설정하였다. 실험은 상온 이상의 수온 실험구(21℃, 24℃, 27℃)는 온도 조절이 가능한 인큐베이

터에서 실시하였으며, 11℃, 15℃ 실험구는 실험 수온의 해수가 흐르는 수조에 비이커를 넣어서 실험하였다. 수정란은 만능 투영기에서 계수 후 각 실험구당 1,000 ㎖ 비커에 약 80개 내외의 수정란을 수용하여 관찰하였다. 실험구별 부화시작 시간은 각 실험구별 수정란이 50%이상 부화된 시간을 기준으로 하였으며, 부화율은 부화 후 1일째를 기준으로 각 실험구의 미부화란을 계수 후 부화자어 수로 환산하여 계산하였다. 각 실험은 3반복으로 3회 실시하였다.

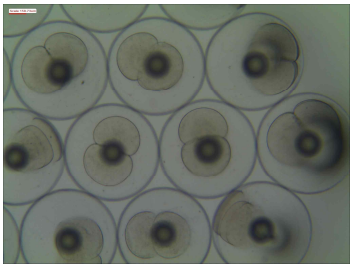
2. 염분농도에 따른 부화율

염분농도별 부화율 실험구는 15‰, 20‰, 25‰, 30‰ 그리고 33‰로 설정하였다. 수정란은 만능 투영기에서 계수 후 각 실험구당 1,000 ㎖ 비커에 약 80개 내외의 수정란을 수용하여 관찰하였다. 부화율은 부화 후 1일째를 기준으로 각 실험구의 미부화란을 계수 후 부화자어 수로 환산하여 계산하였다. 각 실험은 3반복으로 3회 실시하였다.

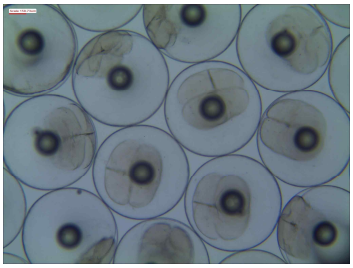
Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 돌돔 난 발생

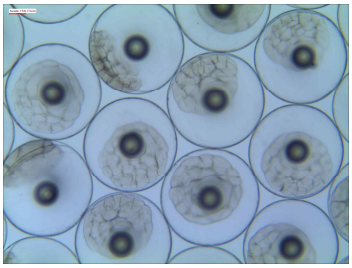
18℃의 수온에서 난 발생 과정을 관찰하였다. 수정란은 배반 형성 후 약 1시간 후에 2세포기, 1시간 40분에 4세포기를 거쳐 2시간 30분경에 8세포기에 달하였고, 계속적으로 난할이 진행되면서 3시간 경과 후 16세포, 3시간 30분경 32세포기, 4시간 30분경 64세포기를 거쳐 5시간 경과 후에 상실기에 달하였다. 할구는 점차 작아져 12시간 후에 포배기에 이르렀고, 배반은 점차 난황을 덮어 내려가면서 17시간 후 낭배기를 거쳐 24시간 후 배체가 형성되었다. 수정 후 40시간이 자나면 배체는 난황 둘레의 약 3/5 정도의 크기로 성장하였으며, 눈의 렌즈가 형성되기 시작하였다. 수정 후 47시간 후에 심장박동이 시작되었으며, 배체가 좌우로 꿈틀거렸고, 수정 후 50시간 후에는 막 지느러미가 발달하면서 꼬리가 난황에서 분리되기 시작하였다. 수정란은 수온 18℃ 내외에서 수정 후 50시간 만에 부화하기 시작하였다.



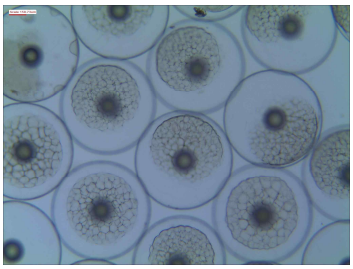
2세포기



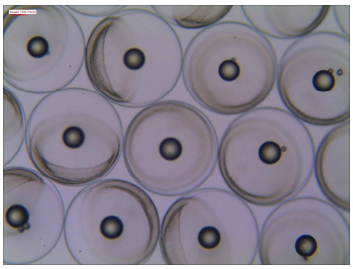
4세포기



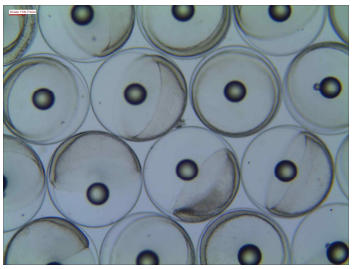
32세포기



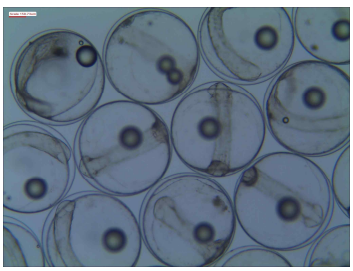
상실기



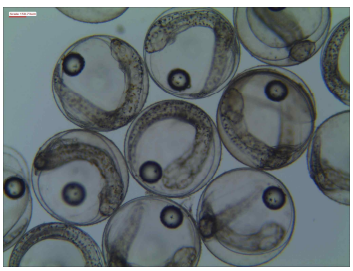
포배기



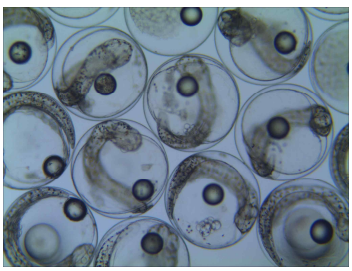
낭배기



배체형성기



심장박동 시작



부화직전

2. 수온과 염분에 따른 부화시간 및 부화율

2.1. 수온에 따른 부화시간

수온 변화에 따른 돌돔 수정란의 부화시간은 표 1과 같다. 돌돔 수정란의 수온에 따른 부화 소요시간은 11℃에서는 전혀 부화가 되지 않았으며 15℃에서 60시간, 18℃에서 50시간으로 2일 이상이 소요되었다. 수온이 높아질수록 부화시간은 빨라져 21℃에서 36시간 24℃에서 30시간, 27℃에서는 24시간으로 18℃에 비해 2배 이상 빠른 경향을 나타냈다. 이는 어류 수정난의 일반적인 난발생과 유사한 결과로 돌돔 수정난도 수온이 높을수록 발생속도가 급격히 진행되는 것으로 사료된다.

표 1. 수온에 따른 부화 수요시간

수온	11℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃
부화시간	0	60	50	36	30	24

2.2. 수온에 따른 부화율

수온에 따른 부화율은 21℃에서 95.6±2.6%로 가장 높았으며, 18℃와 24℃ 에서도 각각 95.2±2.69%와 93.9±0.75%의 높은 부화율을 나타냈다. 하지만 15℃와 10℃의 실험구에서는 1%이하의 매우 낮은 부화율을 나타냈다(표 2).

표 2. 수온에 따른 부화율 변화

수온	11℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃
부화율	0	1±1.78	95.2±2.69	95.6±2.65	93.9±0.75	89.9±6.6

2.3. 염분 농도에 따른 부화율

염분 농도에 따른 부화율은 30‰와 33‰에서 95% 이상으로 가장 높았으며, 25‰와 20‰ 에서도 각각 89.6±2.9%와 87.4±12.5%로 비교적 높은 부화율을 나타냈다. 그렇지만 15‰의 염분농도에서는 부화가 이루어지지 않았다(표 3).

표 3. 염분 농도에 따른 부화율

염분	15‰	20‰	25‰	30‰	33‰
부화율	0	87.4±12.5	89.6±2.9	95.4±3.4	95.6±4.3

어류의 수정난이 정상적으로 발생과 부화가 이루어지는 수온범위는 각 어종에 따라 다양하며, 이는 각 어종 특유의 생활사와 생태적인 특징과 밀접한 관련이 있다(Rana. 1990). 岩井와 柏木(1989)은 부화 최적 수온은 대체로 자연산란 시기 수온과 일치한다고 제시하였으며, Kawabe et al.(1991)도 전갱이류에서 최적의 난발생과 부화가 서식수온과 일치한다는 결과를 얻은바 있다. 또한 적정 수온범위를 벗어나게 되면 부화율과 생존율이 감소하고 기형률은 증가 한다는 보고도 있다(Herzig & Winker, 1986).

돌돔은 춘계 산란형(spring spawner) 어류로 분류되며, 자연 상태에서의 산란 시기는

수온범위가 19~24℃인 4~7월 이루어지는 것으로 보고되고 있다(국립수산과학원, 1994). 본 실험에서도 수조내에서 산란시기를 조사한 결과 4월 중순 이후 산란이 시작되어 8월초까지 산란이 이루어졌으며, 산란량은 6월 초에서 중순이 가장 많게 나타났다. 수온에 따른 부화율 실험에서는 21℃ 실험구에서 95.6±2.6%로 가장 높았으며, 18℃와 24℃에서도 각각 95.2±2.69%와 93.9±0.75%의 높은 부화율을 나타내어 돌돔의 산란시기 수온과 유사한 수온에서가 가장 우수한 부화율이 나타나는 것으로 판단된다. 그렇지만 15℃와 10℃의 실험구에서는 1% 이하의 매우 낮은 부화율을 나타냈다. 이러한 결과는 돌돔 종묘생산에 있어 제주도 지하해수만(17℃ 내외)을 이용할 경우 초기 난발생 과정에 아무런 영향이 없을 것으로 판단된다.

어류의 사육환경 중 염분은 생존과 성장뿐 아니라 자어의 부화율, 활력, 먹이효율 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Holliday, 1969). 독가시치류의 난발생과정 중 높은 염분농도는 발생속도를 증가시켜 부화시간을 단축시키나 자어의 전장 감소 및 생존율과 부화율 감소를 일으키며, 반대로 낮은 염분농도에서는 심장박동을 감소시켜 부화율 감소 및 기형어의 출현을 증가시킨다고 보고하였다(Yong and Duenas, 1993).

본 연구에서 염분 농도에 따른 부화율은 30‰과 33‰에서 95% 이상으로 가장 높았으며, 25‰와 20‰ 에서도 각각 89.6±2.9%와 87.4±12.5%로 비교적 높은 부화율을 나타내어 지역적으로 염분농도에 차이가 나는 제주지역의 지하해수만을 가지고도 충분히 종묘생산이 가능할 것으로 추정된다.

Ⅳ. 참고문헌

국립수산과학원, 1994. 한국연근해 유용 어류도감. 299p

Herzig A, Winkler H (1986) The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. J Fish Biol 28:171-181.

Hokanson KEF, McCormick JH, Jones BR (1973) Temperature requirements for embryos and larvae of the northern pike, *Esox lucius* (Linnaeus). Trans Am Fish Soc. 102:89-100

Holliday, F. G. T., 1969. The effects of salinity on the eggs and larvae of teleost. Fish Physiology, Vol. I. Academic Press, New York, pp. 293－310.

Kawabe K, Murai M, Kato K, Takashima F (1991) The effect of water temperature on egg development of striped jack, *Caranx delicatissimus.* J Aquaculture 39:211-216

Nelson JS (1994) Fishes of the world(3nd ed). Jhon Wiley & Sons, New York, 600pp

Rana KG (1990) Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry. Ⅰ. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. Aquaculture 87:165-181.

Yamamoto T (1969) Sex differentiation. In: Hoar WS & Randall DJ (ed.), Fish Physiology, Academic Press, New York, pp 117-175.

Yoon SJ, Kim DH, Hwang HG, Song Gc, Kim YC (2007) Effects of water temperature, stocking density and feeding frequency on survival and growth in the oblong rockfish *Sebastes oblongus* lavae. Korean J Ichthyol 19:1-7

Yong PS. and Duenas CE (1993) Salinity tolerance of fertilized eggs and yolk-sac larvae of the rabbitfish *Siganus guttatus* (Bloch). Aquaculture, 112, 363－377.

岩井壽夫, 柏木正章 (1989) 發生と孵化管理. 水族繁殖學(隆島史夫·羽生 共著, 綠書房, 東京), pp 195-23.

순환여과 시스템을 이용한 어류 시험양식 연구

강형철 · 오성립 · 김경욱

Ⅰ. 서 론

국내 해산어류 양식 생산량은 넙치를 대상으로 하는 육상양식이 약 60%를 차지하고 있다. 육상양식의 경우 해상 가두리에 비해 태풍 등의 해황변동에 영향이 적고 사육생물 관리가 용이하다는 장점이 있으나, 펌프를 이용하여 해수를 퍼 올려 사용한 후 배수하는 방식으로 동력비 등에서 에너지 효율이 좋지 않아 양식원가 상승의 원인이 되기도 한다. 최근 제주의 경우 양식어가의 증가로 양식장 시설이 가능한 해안가에 양식장이 밀집해있어 양식어가의 배출수가 인근 양식어가로 다시 유입되는 문제가 발생되고 있다. 따라서 이에 대한 대처 방안으로 친환경적인 양식법인 순환여과식 양식방법 도입이 대두되고 있다.

순환여과시스템은 환경으로부터 독립된 상태로 운전이 가능하여 외부로부터의 질병 감염원 차단이 가능하며, 생물여과와 물리여과를 통해 물을 지속적으로 재처리 할 수 있어 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다. 사육수를 다시 여과하여 사용하므로 환수량이 적어 가온비용 측면에서 효율성이 높으나, 동력비와 시설비 등이 추가로 필요하여 경제적 측면을 고려하였을시 높은 사육밀도의 유지가 필요하다. 현재 전 세계 여러 나라에서 순환여과시스템을 이용한 해산어류 양식이 시도되고 있다. 중국의 경우 정부 주도로 순환여과시스템 양식이 시설되고, 덴마크의 경우 기존 유수식 양식시설을 순환여과로 개조하는 프로젝트가 진행되고 있다. 향후 국내에서도 환경규제의 강화, 친환경 고급수산물에 대한 수요 등이 증가될 것이 예상됨에 따라 고효율, 친환경 양식법인 순환여과시스템을 이용한 양식이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 고부가가치 양식 어류인 자바리, 능성어 및 돌돔을 대상으로 순환여과시스템을 이용한 시험양식을 실시하여 성장률과 생존율을 조사하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 사육시스템

순환여과사육시스템은 직경 4.5m, 높이 1.0m 크기의 PP 사육수조 6개, 직경 1.7m, 높이 2.0m 크기의 살수식 생물학적 여과조 2개, 직경 1.0m, 높이 2.5m 크기의 포말분리기 2개, 직경 0.9 m, 높이 1.5 m 크기의 침전조 4개로 구성되었으며, 순환펌프(1,700W) 2대, 벤츄리펌프(1,700W) 2개를 이용하여 전체 사육수를 순환하였다. 생물학적 여과조의 여과 매질로는 직경 1.5mm의 저밀도 플라스틱 매질을 이용하였다. 사육 수면적은 약 95㎡이었고 실제 유효수량은 약 76㎥이었다. 보충수는 일간 전체 수량의 약 30%로 하였고, 사육수조의 중앙 배수구를 통해 모인 침전조의 고형물은 1일 1회 외부로 배출하였다. 사육 수온 유지는 히트펌프를 이용하여 24.5℃ 내외를 유지하였다.

2. 1차 사육실험

1차 사육 실험어는 2014년에 해양수산연구원에서 자체 종자생산하여 2015년 5월 순환여과시스템에 입식 후 사육중이던 개체를 대상으로 2015년에 이어 실험을 진행하였다.

2016년 1월 실험시작 당시 사육양은 능성어, 자바리 각각 410마리와 496마리였다. 먹이는 매일 배합사료를 만복 공급하였다.

3. 2차 사육실험

2차 사육 실험어는 2015년 해양수산연구원에서 자체 종자생산하여 2015년 10월 순환여과시스템에 입식 후 사육중이던 개체를 대상으로 2015년에 이어 실험을 진행하였다.

2016년 1월 실험시작 당시 사육양은 능성어 치어 499마리, 자바리 치어 519마리, 돌돔 치어 999마리였다. 먹이는 매일 배합사료를 만복 공급하였다.

모든 사육실험에 따른 실험어의 일간섭식률(daily feeding rate), 사료계수(feed coefficient)는 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

daily feeding rate (%) = (TF×100)/ { (IW+FW)×day fed/2 }

feed coefficient = TF/TWG

IW : initial weight, FW : final weight, TF : total feed

TWG : total weight gain, t : rearing time(day)

Ⅲ. 결과

1. 1차 사육실험어의 성장 및 생존율

1.1. 능성어

순환여과사육시스템에서 능성어 사육실험 결과 시작시 평균전장 34.5±3.1㎝, 평균체중 651.7±200.4g 이었으나, 326일 경과 후 평균전장 42.2±2.7㎝, 평균체중 1,147±281.0g 으로 성장하였다. 실험기간동안 사료계수는 3.33, 일간섭식률은 1.07%, 생존율은 82.1%를 나타냈다(표 1).

표 1. 순환여과사육시스템에서 능성어 사육 실험결과

시작(‘16. 1월)		최종(‘16. 11월)		생존율 (%)	사료계수	일간섭식률 (%)
수량(마리)	체중(g)	수량(마리)	체중(g)			
410	651.7	337	1,147	82.1	3.33	1.07

1.2. 자바리

순환여과사육시스템에서 자바리 사육실험 결과 시작시 평균전장 29.0±3.0㎝, 평균체중 387.9±131.9g 이었으나, 326일 경과 후 평균전장 38.6±4.3㎝, 평균체중 894.0±318.7g 으로 성장하였다. 실험기간동안 사료계수는 2.70, 일간섭식률은 0.56%, 생존율은 78.4%를 나타냈다(표 2).

표 2. 순환여과사육시스템에서 자바리 사육 실험결과

시작(‘16. 1월)		최종(‘16. 11월)		생존율 (%)	사료계수	일간섭식률 (%)
수량(마리)	체중(g)	수량(마리)	체중(g)			
496	387.9	389	894.0	78.4	2.70	0.56

2. 2차 사육실험어의 성장 및 생존율

2.1. 능성어

순환여과사육시스템에서 능성어 치어 사육실험 결과 시작시 평균 전장과 체중이 각각 14.3±1.3㎝, 58.4±15.6g이었으나, 326일 경과 후 평균전장 34.8±2.0㎝, 평균체중 649.2±118.3g으로 성장하였다. 실험기간동안 사료계수는 1.6, 일간섭식률은 0.78%, 생존

율은 95%를 나타냈다(표 3).

표 14. 순환여과사육시스템에서 능성어 치어 사육 결과

시작(‘16. 1월)		최종(‘16. 11월)		생존율 (%)	사료계수	일간섭식률 (%)
수량(마리)	체중(g)	수량(마리)	체중(g)			
499	58.4	472	649.2	95	1.6	0.78

2.2. 자바리

순환여과사육시스템에서 자바리 치어 사육실험 결과 시작시 평균전장 14.9±1.5㎝, 평균체중 54.1±13.1g 이었으나, 326일 경과 후 평균전장 33.4±2.5㎝, 평균체중 512.3±128.3g으로 성장하였다. 실험기간동안 사료계수는 1.2, 일간섭식률은 0.8%, 생존율은 91.1%로 나타냈다(표 4).

표 15. 순환여과사육시스템에서 자바리 치어 사육 결과

시작(‘16. 1월)		최종(‘16. 11월)		생존율 (%)	사료계수	일간섭식률 (%)
수량(마리)	체중(g)	수량(마리)	체중(g)			
519	54.1	472	512.3	91.1	1.2	0.8

2.3. 돌 돔

순환여과사육시스템에서 돌돔 치어 사육실험 결과 시작시 평균전장 12.7±1.0㎝, 평균체중 40.4±10.2g 이었으나, 326일 경과 후 평균전장 22.3±1.5㎝, 평균체중 191.6±44.3g 으로 성장하였다. 실험기간동안 사료계수는 2.1, 일간섭식률은 1.0%, 생존율은 95.9%로 나타냈다(표 5).

표 16. 순환여과사육시스템에서 돌돔 치어 사육 결과

시작(‘16. 1월)		최종(‘16. 11월)		생존율 (%)	사료계수	일간섭식률 (%)
수량(마리)	체중(g)	수량(마리)	체중(g)			
999	40.4	958	191.6	95.9	2.1	1.0

Ⅳ. 고찰

본 연구에서는 순환여과시스템을 이용하여 아열대성 어종인 능성어, 자바리, 돌돔의 성장과 생존율을 2015년에 이어 연속 조사하였다.

‘14년생 능성어와 자바리의 성장율을 조사한 결과, 능성어의 경우 전장은 약 34㎝에서 42㎝로 증체 되었으며, 체중은 약 651g에서 1,147g으로 증량 되었다. 자바리의 경우 전장은 약 29㎝에서 38㎝로 증체 되었으며, 체중은 약 387g에서 894g으로 증량 되었다. ‘15년도 조사당시 능성어와 자바리의 사료계수와 일간섭식율은 각각 2.3과 0.57%, 3.26과 0.7% 이었으나, 금년도 결과는 3.3과 1.07%, 2.7과 0.56%로 나타났다. 이 결과로 보아 순환여과시스템 사육에서 능성어의 경우 성장할수록 사료계수가 높아져 성장에 있어 더 많은 사료양을 요구로하나, 자바리의 경우 사료를 적게 먹고 성장효율은 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한 실험기간 중 생존율은 능성어가 82.1%, 자바리가 78.4%를 나타냈는데, 대부분이 수조상부에 탈출방지를 위해 설치된 탈출방지망의 이상에 의한 사고폐사로 질병에 의한 폐사는 거의 나타나지 않았다.

바리과 어류의 치어를 대상으로 성장도를 조사한 경우, Epinephelus coioides 를 일반 유수식(수온 23~28℃)에서 8주간 사육하였을 시 사료계수와 생존율이 각각 1.7~2.2, 64.1~81.9%로 보고되었다(Luo et al., 2005). 본 실험에서 ‘15년생 능성어, 자바리 치어를 순환여과시스템 사육으로 조사한 결과, 실험기간동안 사료계수 1.6, 1.2, 생존율 95%, 91.1%를 나타내 다른 바리과 어종의 유수식 사육에 비해 좀 더 효율적이었으며, 향후 지속적 사육기술 개발이 필요로 할 것으로 판단되었다 .

돌돔은 국내에서 고가에 거래되는 어종으로 산업적 가치가 있지만 동절기동안 폐사율이 높아 순환여과시스템을 이용하여 일정한 수온을 유지하였을 때 높은 생존율과 양호한 성장률로 효과적인 사육이 이루어질 것으로 기대된다. 하지만 본 실험에서는 사육기간 동안 약 40g의 종묘가 약 190g으로 성장하였고 일간섭식율이 1.0%, 사료계수 2.1로 나타나 일간 섭식율 3~8%를 나타낸 가두리사육(kim, 2007)과 사료계수 1.7~1.9로 나타난 다른 순환여과시스템 사육실험(kim, 2011)에 비해서도 낮은 결과를 나타냈다. 이러한 결과에 대해서는 밀도, 사료공급법, 수질 등의 여러 문제가 고려되며 향후 안정적 사육과 성장률 향상 위해 시스템 및 사육방법 개선이 필요로 할 것으로 판단되었다.

Ⅴ. 참고문헌

Kim KM. 2007. Offshore aquaculture trial and optimum feeding schedule of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. Ph. D. thesis, Pukyong National Univ., Pusan. Korea, 40pp.

Kim BG. 2011. Effects of Stocking Density and Dissolved Oxygen Concentration on the Growth and Hematology of the Parrotfish *Oplegnathus fasciatus* in a Recirculating Aquaculture System (RAS). Kor J Fish Aquat Sci 44(6), 747-752.

Luo Z, Liu YJ, Mai KS, Tian LX, Liu DH, Tan XY, Lin HZ. 2005. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and body composition of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages. Aquaculture international 13, 257-269.

우도 홍해삼 양식섬 조성사업 효과조사

1. 해삼증식초 시설지 해양환경 및 생물상 분석

홍 성 완·김 순 찬

Ⅰ. 서 론

돌기해삼 Apostichopus japonicus은 제주에서부터 우리나라 전 연안역에 걸쳐 넓게 분포하고 있는 종으로 외부의 몸체 색채로 홍해삼, 청해삼, 흑해삼 3종류로 구별되고 있다(崔, 1963). 이 중 홍해삼과 청해삼 2종류가 식용으로 널리 이용되고 있으며, 홍해삼은 암반과 사질 지형을 갖춘 제주해역에서 많이 서식하고 있는 것으로 알려지고 있다.

한편 해삼은 중국이 경제적으로 발전하면서 부유층이 증가한 영향을 받아 2003년부터 수요가 급증하고 있어, 중국 내 소비 식품 중 20조원의 대규모 시장규모를 보유하고 있다. 그러나 중국의 연간 수요량 120만톤 중 25만톤 정도가 중국내에서 생산할 뿐 95만톤은 전적으로 수입에 의존하고 있는 실정이다(Purcell and Samy, 2012).

최근 한·중 FTA타결에 따라 우리나라에서 생산된 수산물은 현행 37%의 수출관세 철폐로 수출 경쟁력이 확보될 것이며, 또한 급증하고 있는 중국인 관광객(요커)을 대상으로 제주의 청정 자원인 홍해삼을 활용한 관광상품 개발로 새로운 지역 동력 산업으로도 육성이 가능할 것으로 보인다. 그러나 제주에서의 홍해삼 생산량은 연간 100톤 내외로 국내 소비물량에도 턱없이 부족한 실정이고, 중국 거대시장을 겨냥한 수출전략 품종으로 육성하기 위해서는 인공종묘 생산기술 확립은 증·양식 기술개발이 선행되어야 할 과제이다.

이러한 과제 해결을 위해 제주특별자치도는 해양수산부에서 시행하고 있는 양식섬 프로젝트에 2013년도에 사업을 신청하여 2014년부터 우도해역을 대상으로 홍해삼 양식섬 조성사업을 추진하고 있으며, 본 사업의 경우 총 사업비의 20%를 해삼용 어초를 시설토록 의무화하고 있다. 따라서 본 사업에 시설된 돔형 해삼증식초가 해삼의 서식환경을 조성할 수 있는지에 대한 기초자료를 확보할 목적으로 우선 해삼증식초 시설지의 해양환경 및 생물상 조사를 실시하여 분석한 결과를 보고한다.

Ⅱ. 돔형 해삼증식초의 구조 및 특성

1. 해삼증식초의 형태 및 제원

본 조사 대상 해삼증식초는 돔형의 유선 및 원형의 구조를 띠고 있으며, 크기는 가로 3m, 세로 3m, 높이 1.4m의 철근 콘크리트로 이루어진 구조물이다(표 1).

<표 1> 돔형 해삼증식초의 제원

시험어초 모형	구 분	내 용
	어초 명칭	돔형해삼증식초
	대상 수역	제주도 연안 수역(수심 5~10 m)
	재 질	콘크리트, 철근
	규 격	3.0 m × 3.0 m × 1.4 m
	겉용적	9 ㎥
	중 량	10.5 ton
	특 허 및 권리자	특허 제 10-1289093호

본 해삼증식초는 원통형 모양으로 위쪽이 좁고 아래쪽이 넓은 외부구조와 사다리꼴 형상의 내부 공간을 가지며, 외부와 내부 공간 사이에는 일정 두께의 벽면이 형성되어 있다. 벽면에는 외부와 내부를 관통하는 24개의 관통공이 있어 내부의 조류 순환을 돕고 내부에 방류한 해삼이 외부로 나갈 수 있는 통로 역할을 한다. 본체 내부의 바닥에 사다리꼴 모양의 내부 블록을 형성하여 해삼이 서식할 수 있는 공간을 제공하고 있다. 본체 저면의 넓은 하단부는 해저면과 접하여 증식초의 침하 및 매몰을 방지하여 주고, 조류 및 파랑에 의한 전도, 이동 등의 안정성을 확보하고 있다(그림 1).

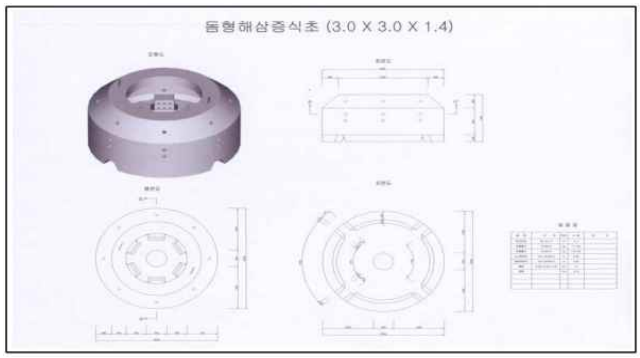


그림 1. 돔형 해삼증식초의 입면도

2. 해삼증식초의 특성

돔형 해삼증식초는 내부에 계단식 구조로 설치된 6개의 블록이 있어, 방류된 해삼이 어초내부에서 이동이 편리하고 운집하여 서식하기 유리한 입체의 구조를 갖고 있으며, 블록에 원형 구멍 및 바닥 구멍을 형성하여 해삼이 서식할 수 있는 공간 면적을 최대한 제공하고 있다. 또한 어초 내부 바닥면에 원형으로 개구부를 개방하여 해저 저질에 포함되어 있는 유기물이 어초 내부에 유입되어 해삼에게 영양분을 제공할 수 있도록 하였다(그림 2).

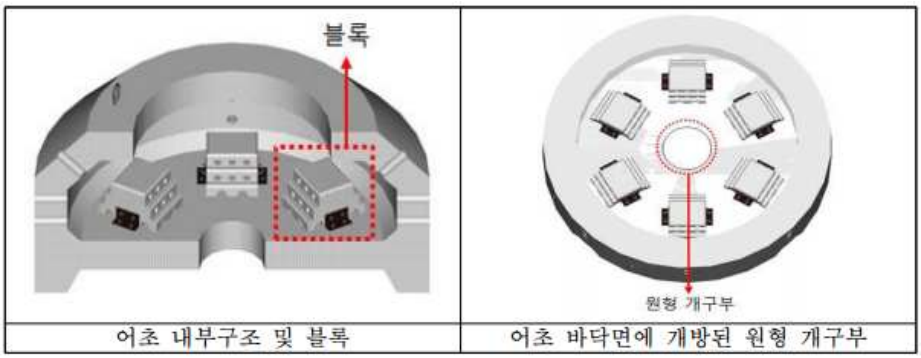


그림 2. 돔형 해삼증식초의 기능적 특성

Ⅲ. 조사방법

1. 시험장소 및 시설현황

본 시험용 돔형 해삼증식초의 시설해역은 제주시 우도면 천진리 마을어장으로 수심은 8~10m 정도이며 저질은 사질인 곳에 120기를 시설하였다(그림 3).



그림 3. 시험용 돔형 해삼증식초 시설지역

2. 해양환경 조사

돔형 해삼증식초 시설지의 해양환경 분석을 위한 자료는 해양환경관리공단의 국가해양환경정보통합시스템(MEIS)에 의한 2015년 성산해역(정점1) 측정망 자료를 인용하였다. 연간 해양환경을 조사하기 위해 2015년 2월, 5월, 8월, 11월의 측정 자료를 이용하여 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 총질소, 총인, 부유물질, 엽록소 및 투명도의 평균값을 분석하였다(그림 4).

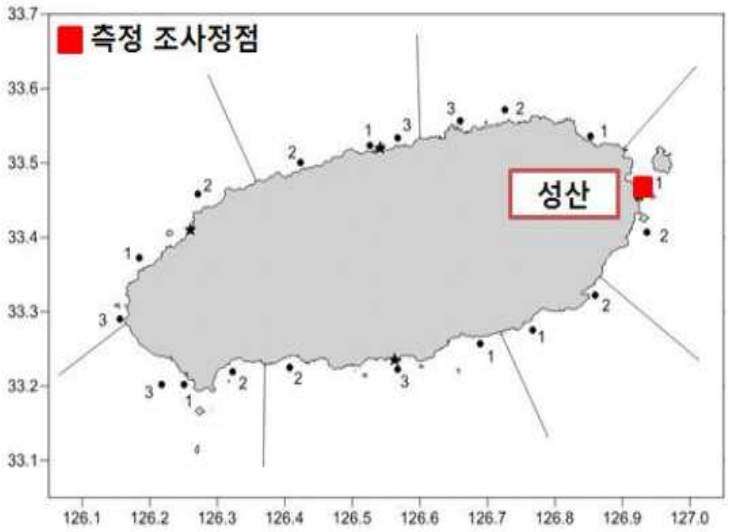


그림 4. 해양환경 측정망 조사정점 위치도

3. 생물상 조사

2015년 6월, 9월 2차례에 걸쳐 생물상 조사를 실시하였다. 조사장소는 돔형 해삼증식초와 주변 자연암반 및 대조구 등 3개 정점에 대하여 조사하였다. 저서생물(해조류, 저서동물) 채집은 잠수조사에 의해 이루어졌으며, 방형구법(0.5m×0.5m)을 이용하여 각 정점(어초구, 자연암반, 비교구)당 4개소(각각 0.25㎡×4개소=1㎡)에 대하여 방형구내 모든 해조류 및 저서동물을 채집하고, 수중촬영을 실시하였다(그림 5).



그림 5. 저서 생물상 조사 위치도

채집된 시료는 실험실로 운반하여 종 동정을 실시하였다. 표본의 동정은 종(Species)까지 분류하였으며, 종 단위 분류가 가능하지 않은 생물은 속(Genus) 또는 과(Family) 등 가능한 단위까지 분류하였다. 동정된 종은 개체수 및 생체량(gWWt/㎡)을 조사하였으며, 그 결과를 바탕으로 생태학적 분석을 실시하였다. 어류의 군집조사는 잠수조사를 통해 정성적 조사를 실시하여 생물상을 기록 및 촬영하였으며, 위집어류의 군집상태 및 출현양상을 파악하기 위하여 육안관찰은 물론 Full HD급 비디오 수중카메라를 이용하여 10분 정도 촬영 후 영상분석을 실시하였다(그림 6).

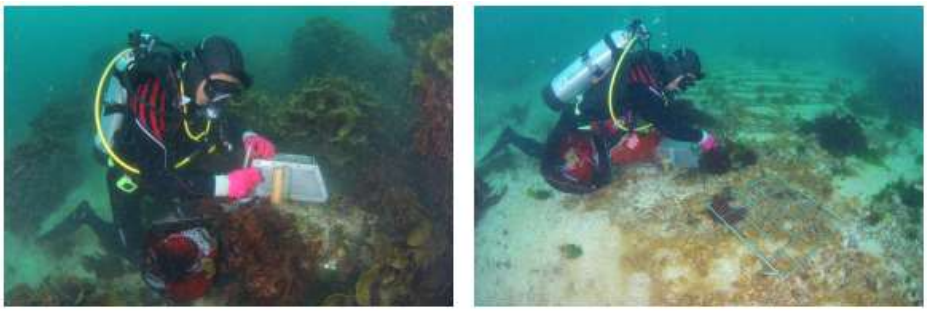


그림 6. 저서 생물상 샘플 채집 및 조사 광경

4. 해삼증식초 보존상태 조사

해삼증식초의 보존 상태를 파악하기 위하여 생물상 조사 시 잠수조사에 의해 실시하였고, 시설된 전량의 어초를 대상으로 이동, 전도 및 매몰 등의 상태를 조사하였다. 특히 본체가 모래지역에 시설되어 있어, 조류 방향에 따른 세굴 발생 여부도 면밀히 관찰하였다.

Ⅳ. 조사결과 및 고찰

1. 해양환경

수온분포는 표층에서 14.5~21.5℃의 범위이고, 여름철인 2015년 8월 조사 시 21.5℃로 가장 높게 나타났다. 저층은 14.5~20.3℃의 범위이고, 여름철인 2015년 8월 조사 시 20.3℃로 가장 높게 나타났다(표2).

<표 2> 2015년 성산해역(정점 1)의 해양환경 특성

구분	2월		5월		8월		11월		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
수온 (℃)	14.5	14.5	17.7	16.6	21.5	20.3	19.5	-	18.3 ± 2.6	17.1 ± 2.4
염분 (psu)	34.39	34.39	32.50	33.53	32.83	33.11	32.76	33.10	33.12 ± 0.74	33.53 ± 0.52
pH	8.17	8.20	8.25	8.18	8.16	8.13	8.17	8.15	8.19 ± 0.04	8.17 ± 0.03
DO (mg/L)	8.57	8.33	8.36	7.46	7.89	6.91	7.36	6.91	8.05 ± 0.47	7.40 ± 0.58
COD (mg/L)	0.48	0.35	0.61	0.95	1.14	0.84	0.91	1.17	0.79 ± 0.26	0.83 ± 0.30
총질소 (μg/L)	170.28	217.17	274.24	211.60	174.58	239.56	257.18	279.17	219.07 ± 47.05	236.88 ± 26.57
총인 (μg/L)	11.31	14.15	14.35	11.83	9.45	11.87	8.51	14.03	10.91 ± 2.23	12.97 ± 1.12
클로로필 a (μg/L)	0.97	0.90	0.97	0.90	1.98	0.94	0.87	0.55	1.20 ± 0.45	0.82 ± 0.16
부유물질 (mg/L)	4.8	4.9	4.8	4.9	1.3	1.9	2.6	2.2	3.4 ± 1.5	3.5 ± 1.4
투명도 (m)	6		7.1		11		10		8.5 ± 2.0	

바다에서 염분은 때와 장소에 따라 달라지나, 전 해양의 평균값은 35.0psu 정도이다. 일반적으로 해수의 염분은 유입되는 담수량, 강수량, 습도, 성층의 형성 여부, 수심, 계절, 조석의 영향 등에 따라 변화한다. 성산포 연안해역의 염분 분포는 표층에서 32.50~34.39psu 범위로 평균 33.12±0.74psu의 분포로 나타났고, 저층은 33.10~34.39psu 범위로 평균 33.53±0.52psu의 분포로 나타났다. 측정결과 저층이 표층에 비해 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다. 염분농도는 2월에 34.39psu로 가장 높게 나타났는데, 이는 5, 8, 11월에 비해 상대적으로 강수량이 적었고, 중국대륙연안수의 영향을 덜 받은 것으로 사료된다. 해수는 일종의 중탄산 완충용액으로 해양의 수소이온 농도의 변화는 담수 및 하·폐수에 비해 크지 않지만, 외부 환경 요인 등에 의해서 pH변화가 크게 되었을 경우 해양생물에 영향을 미치게 된다.

수소이온농도(pH)는 표층에서 8.16~8.25의 범위로 평균 8.19±0.04로 나타났고, 저층에서는 8.13~8.20으로 평균 8.17±0.03로 조사시기별 큰 차이는 나타나지 않았다. DO(용존산소량)은 일반적으로 수온이 낮고, 대기압이 높을수록 증가하고, 물의 흐름, 수로의 깊이와 구조와 같은 물리적 요인, 용존되어 있는 다른 물질의 종류와 농도, 수생식물의 광합성 같은 자연적 인자에 의해서도 영향을 받는다. 그러나 가장 크게 영향을 받는 것은 수중의 유기물량이며, 일반적으로 수질을 나타내는 여러 가지 항목 중에서도 DO를 가장 중요하게 여기는 이유도, DO가 수중의 유기물에 의해 직접적으로 변동한다는 데 있다. 오염이 많이 된 물일수록 많은 양의 산소가 소비하게 되고, 자연적인 산소전

달 속도 보다 소비속도가 빨라지면 물속의 용존산소가 고갈되어 혐기성 상태가 된다. DO의 측정은 대상 수체가 호기성 생물에게 살 수 있는 환경인지를 판별하는 중요한 수질항목이다. 평균 용존산소(DO)량은 표층에서 7.36~8.57mg/L의 분포로 평균 8.05±0.47mg/L로 나타났으며, 저층에서 6.91~8.33mg/L의 분포로 평균 7.40±0.58mg/L로 나타났다. 변이량은 미미하나 수온이 낮은 2월과 5월에 수온이 높은8월과 11월에 비해 높게 나타났고, 저층에 비해 표층의 다소 높은 값을 나타냈다. 이와 같은 결과는 용존산소의 계절적변화로 동계는 낮은 수온과 바람에 의해 DO량의 증가가 일어나며, 하계는 유기물이 다른 계절에 비해 많이 산화되고, 생물체에 의해 용존산소의 소비가 증가되기 때문이라고 사료된다. 화학적산소요구량은 해수중의 유기물이 화학적으로 산화될 때 오염지표항목으로 널리 이용되고 있다. 화학적산소요구량(COD)은 표층에서 0.48～1.14mg/L의 범위로 나타났으며, 저층에서 또한 0.35～1.17mg/L의 범위로 표층과 저층에서 1mg/L 전후의 농도를 보여 해역별 수질등급 Ⅰ등급 정도의 양호한 수준으로 나타났다. 영양염류는 수중 생물 성장에 필수적인 물질이나 필요이상의 농도로 존재 시 부영양화 현상을 초래하여 적조를 야기시켜 수산생물에 피해를 주게 되고, 해양환경을 악화시키며 보통 해양에서의 용존무기질소(DIN)는 암모니아성 질소(NH4-N), 아질산성 질소(NO2-N) 그리고 질산성 질소(NO3-N)의 합계량으로 나타낸다.

일반적으로 질소화합물은 육지로부터 유입되는 오염지표로서 용해도가 높아 해수 중에 다량으로 존재할 수 있고, 생태계의 기초생산력 및 해양생태계에 영향을 주는 중요인자이며, 암모니아성 질소는 주로 수원 인근에서 분뇨 및 분뇨처리장 에서 발생하고 오염지표 물질이다. 해양에서 총질소(T-N)의 값은 질산성 질소(NO3-N)의 농도에 좌우된다. 총질소(T-N)의 농도를 표층에서 174.58~274.24㎍/L 분포로 평균 219.07±47.05㎍/L으로 나타났고, 저층에서는 174.58~274.24㎍/L 분포로 평균 236.88±26.57㎍/L으로 나타나 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다.

해양의 용존무기인(DIP)은 통상 인산염인(PO4-P) 양으로 표현한다. 질소와 마찬가지로 해수 중 인산염이 과량 존재 시 해역의 부영양화를 초래하고, 적조를 야기시켜 수산생물에 피해를 주기도 하며, 생물의 유기합성 및 에너지 물질 형성에 필요한 물질이다. 자연계에 존재하는 인은 대부분 인산염의 형태로 존재하고, 일부는 생물체내 유기물의 형태로 존재한다. 총인(T-P)의 농도는 표층에서 8.51~14.35㎍/L의 분포로 평균 10.91±2.23㎍/L으로 나타났으며, 저층에서 11.83~14.15㎍/L로 평균 12.97±1.12㎍/L으로 나타나 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다. 생태계에서 녹색식물이 광합성에 의해 유기물을 생산하는 것을 1차 생산 혹은 기초생산이라 하며, 녹색식물에 의존하여 생활하는 동물의 생산을 2차 생산이라 한다. 해양생태계에서 1차생산력(Primary

production)은 단위시간내 생산되는 유기물의 총량이고, 대부분이 식물플랑크톤에 의해 이루어지고 있으며, 해양의 1차 생산력은 모든 유용한 수산자원의 기초가 되기도 하지만 해당 해역의 부영양화 진행의 척도로 사용되기도 한다. 클로로필 a의 조사결과 표층에서 0.87~1.98㎍/L의 범위로 평균 1.20±0.45㎍/L으로 나타났고, 저층에서 0.55~0.94㎍/L의 범위로 평균 0.82±0.16㎍/L으로 나타났다. 표층에서 저층에 비해 광합성이 활발하여 농도가 높게 나타났으며, 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다.

부유물질은 수중에 현탁되어 있는 무기물과 유기물로서 인위적으로 10ppm을 초과하면 광투과 깊이를 감소시켜 수중 1차 생산성에 중요한 영향을 미치고, 여과 포식성 해양생물의 생육저해 등으로 해양생태계에 영향을 미칠 수 있다. 평균 부유물질(SS)은 표층에서 1.3～4.8mg/L의 범위로 평균 3.4±1.5mg/L나타났고, 저층에서 1.9~4.9mg/L의 범위로 평균 3.5±1.4mg/L로 나타나 표층과 저층 간에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 8월 이후 낮아지는 경향을 나타내었다. 투명도는 수온이 낮은 2월과 5월에는 각각 6m, 7.1m로 나타났고, 수온이 높은 8월과 11월에 각각 11m, 10m로 나타났다.

2. 생물상 조사

2.1. 해조류 출현양상

1) 출현 종수

6월 조사결과 해삼증식초(어초구) 정점에서 녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 3종 등 총 6종이 출현하였고, 자연암반 정점에서는 녹조류 2종, 갈조류 1종, 홍조류 5종 등 총 8종이, 비교구 정점에서는 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 3종 등 총 7종이 출현하였다(그림 7).

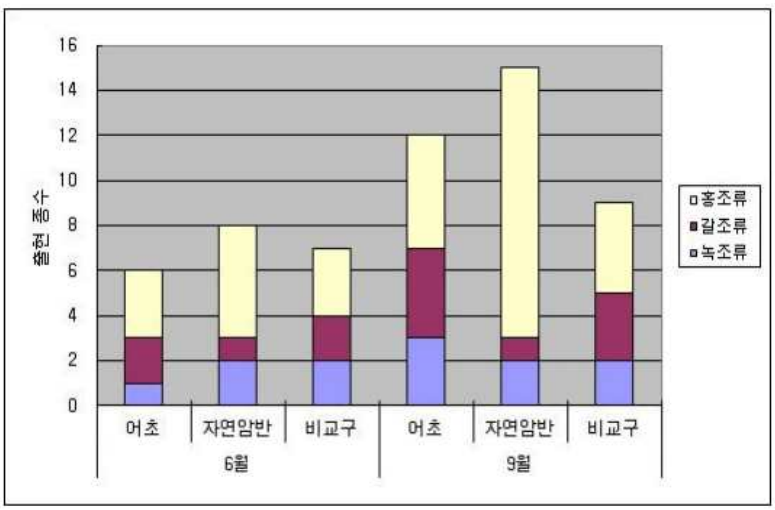


그림 7. 조사 정점별 해조류 출현 종수

9월 조사결과 해삼증식초(어초구) 정점에서 녹조류 3종, 갈조류 4종, 홍조류 5종 등 총 12종이 출현하였고, 자연암반 정점에서 녹조류 2종, 갈조류 1종, 홍조류 12종, 총 15종이, 비교구 정점에서 녹조류 2종, 갈조류 3종, 홍조류 4종 등 총 9종이 출현하였다. 조사결과 정점별로는 자연암반 정점에서 해조류 출현종수가 높게 나타났고, 시기별로는 6월에 비해 9월에 더 많은 종류의 해조류 종이 관찰되었다.

2) 생물량

6월 조사결과 자연암반 정점에서 1,093.6gWWt/㎡, 어초구 정점에서 1,084.6 gWWt/㎡, 비교구 정점에서 549.0gWWt/㎡의 순으로 나타났으며, 어초구 정점과 자연암반 정점에서는 각각 부챗말(Padina arborescens), 감태(Ecklonia cava) 등 갈조식물의 생물량 비율이 높았고, 비교구 정점에서는 홍조식물인 알쏭흐늘풀(Scinaia confusa)과 녹색식물인 말청각(Codium subtubulosum)이 높게 나타났다.

9월 조사결과 감태(Ecklonia cava)의 생물량이 많은 자연암반에서 3,418.0gWWt/㎡으로 어초정점 1,239.6gWWt/㎡과 비교구 정점 239.2gWWt/㎡에 비해 월등히 높은 생물량을 보였다(그림 8).

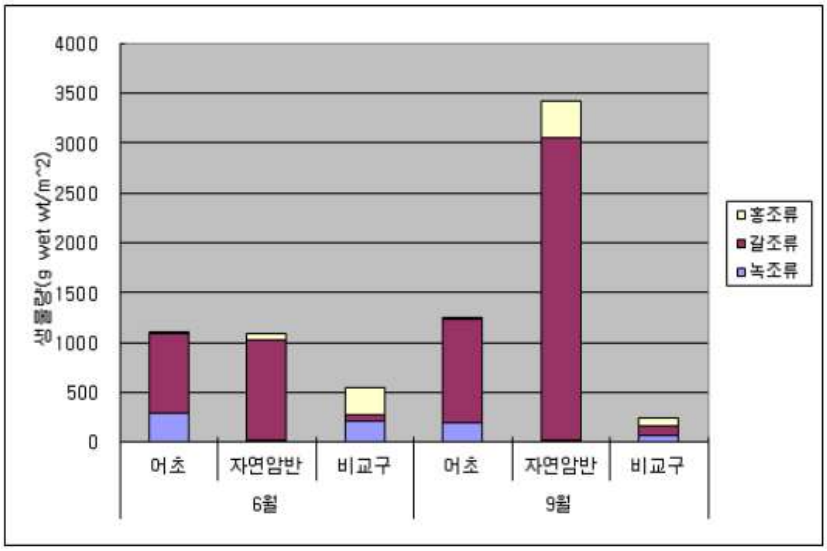


그림 8. 조사 정점별 출현 해조류의 생물량(gWWt/㎡)

3) 우점종

각 조사 정점별 생물량이 상대적으로 높은 우점종을 살펴보면, 어초구 정점에서 6월의 우점종은 감태(*Ecklonia cava*)와 댕기갈파래(*Ulva taeniata*)가 각각 777.0gWWt/㎡와 288.8gWWt/㎡가 출현하였다. 9월에는 감태(*Ecklonia cava*)와 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)가

각각 1,030.0gWWt/㎡와 187.0gWWt/㎡로 우점하였다(표 3). 자연암반 정점에서는 6월에 부챗말(*Padina arborescens*)과 갈래곰보(*Mertistotheca papulosa*)가 각각 3,030.0gWWt/㎡, 271.6gWWt/㎡로 생물량이 높게 출현하였다. 비교구 정점에서는 6월에 알쏭흐늘풀(*Scinaia confusa*)과 말청각(*Codium subtubulosum*)의 생물량이 각각 280.6gWWt/㎡, 172.8gWWt/㎡로 높았으며 9월에는 말청각(*Codium subtubulosum*)이 61.2gWWt/㎡으로 우점하였다(표 4).

〈표 3〉 조사 정점별 조사 시기에 따른 해조류 우점종

정점	6월	9월
어초구	감태(*Ecklonia cava*) 댕기갈파래(*Ulva taeniata*)	감태(*Ecklonia cava*) 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)
자연암반	부챗말(*Padina arborescens*) 갈래곰보(*Meristotheca papulosa*)	감태(*Ecklonia cava*) 갈래곰보(*Meristotheca papulosa*)
비교구	알쏭흐늘풀(*Scinaia confusa*) 말청각(*Codium subtubulosum*)	말청각(*Codium subtubulosum*)

〈표 4〉 조사 정점별 출현 해조류의 생물량(gWWt/㎡)

종 명		6월			9월		
		어초구	자연암반	비교구	어초구	자연암반	비교구
Chlorophyta	**녹조식물문**						
Ulothrix flacca	초록실				0.1		
Ulva pertusa	구멍갈파래		13.2		187.0	12.0	13.2
Ulva taeniata	댕기갈파래	288.8		32.4			
Cladophora wrightiana	갈색대마디말		0.4		1.0	5.6	
Codium subtubulosum	말청각			172.8			61.2
Phaeophyta	**갈조식물문**						
Dictyopteris undulata	주름뼈대그물말				10.7		
Padina arborescens	부챗말		1,004.8	33.2			
Hydroclathrus clathratus	그물바구니	18.5					
Ecklonia cava	감태	777.0			1,030.0	3,030.0	
Ecklonia kurome	검둥감태			30.0			
Myagropsis myagroides	외톨개모자반				3.9		37.2
Sargassum horneri	괭생이모자반				0.8		40.4
Sargassum confusum	알쏭이모자반						13.6
Rhodophyta	**홍조식물문**						
Galaxaura falcata	여린가위손말					5.6	
Marginisporum crassissimum	둘레계발혹					1.2	
Amphiroa foliacea	눈썹마디계발					0.8	
Amphiroa sp.	계발류					4.8	
Lihtothamnion corallioides	잔가지쩍			+		+	43.6
Lithothamnion lemoineae	흑쩍					+	
Synarthrophyton chejuensis	낭과쩍					5.6	
Lithothamnion cystocarpideum	혹돋잎			+			
Scinaia confusa	알쏭흐늘풀			280.6			
Acrosorium yensoi	누운분홍잎		0.4				
Laurencia pinnata	깃끝개서실	0.1			0.1		
Hypnea charoides	참가시우무						12.4
Gelidium amansii	우뭇가사리	0.1	0.4			8.8	
Gelidium pusillum	실우뭇가사리						8.4
Grateloupia cornea	붉은까막살				0.1		
Grateloupia chiangii	가지까막살					4.8	
Grateloupia angusta	붉은뼈까막살					22.0	
Meristotheca papulosa	갈래곰보		65.6		5.1	271.6	
Plocamium telfairiae	참곰솔이	0.1	8.0		0.7	45.2	9.2
Lomentaria flaccida	연마디잘록이		0.8		0.1		
출현 종수 합계		**6**	**8**	**7**	**12**	**15**	**9**
생물량 합계		**1,084.6**	**1,093.6**	**549.0**	**1,239.6**	**3,418.0**	**239.2**

4) 생태지수

생태지수의 우점도 지수는 9월 비교구 정점 0.44를 제외하고는 모든 조사정점들에서 0.8이상으로 나타났다. 이는 9월 비교구를 제외하고는 1~2종의 생물량이 총 생물량의 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 다양도 지수는 9월 비교구 정점 1.97를 제외하고는 모든 정점에서 1.2이하로 낮게 나타났다(그림 9).

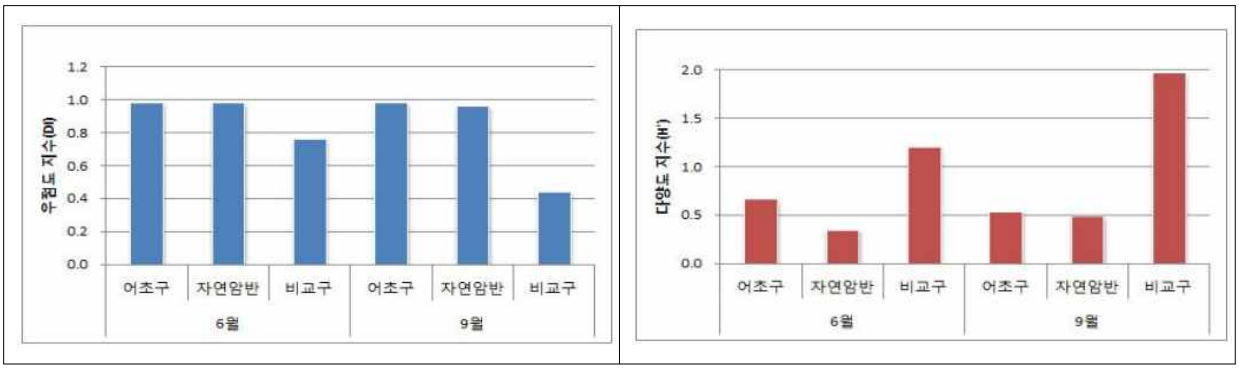


그림 9. 조사 정점별 우점도 지수(DI) 및 다양도 지수(H’)

균등도 지수 또한 6월과 9월 비교구 정점에서 0.60이상으로 나머지 정점에 비해 높은 값을 보였다. 다양도 지수와 균등도 지수는 비교구 정점에서 가장 높게 나타났는데, 이는 어초구와 자연암반의 경우 감태 등의 특정 종이 다량으로 우점하는 경향이 나타나 전체 생물량에 대한 다양도 및 균등도 지수는 낮게 나타났다. 한편 풍부도 지수는 6월에 비해 9월에 상대적으로 높은 값을 보였으며, 두 조사 시기 모두 자연암반에서 어초구나 비교구 정점에 비해 높은 값을 보였다(그림 10)

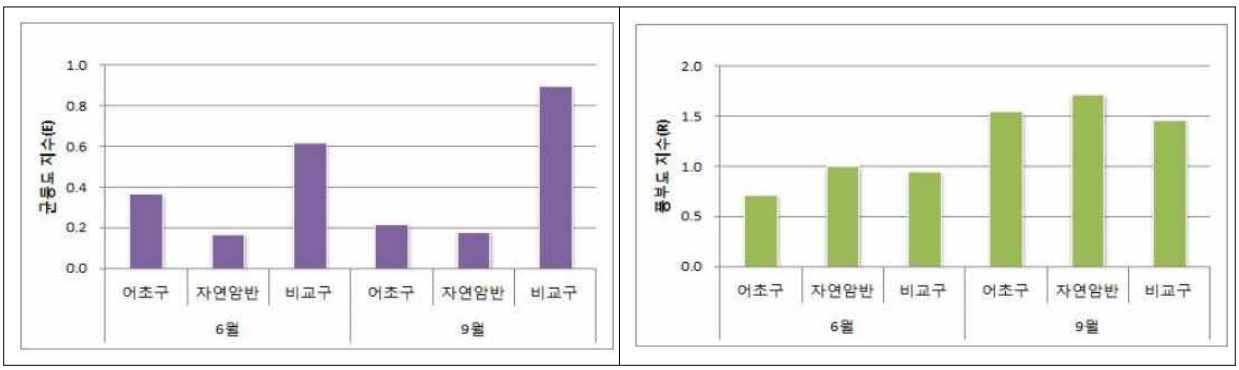


그림 10. 조사 정점별 균등도 지수(E) 및 풍부도 지수(R)

2.2. 저서동물 출현양상

6월 조사결과 해삼증식초(어초구)와 비교구, 자연암반 모든 정점에서 저서동물의 출

현양상이 매우 미미하였고, 9월에는 소량의 저서동물이 관찰되었으며, 6월과 9월 모두 해삼류는 전혀 발견되지 않았다(표 5). 6월 조사결과 비교구와 자연암반에서 남방얼룩고둥 1개체와 털담치 1개체, 비교구에서 뿔물맞이게 1개체, 어초구에서 이끼벌레류가 소량 채집되어 모두 4종의 저서동물이 확인되었고, 생물량은 모두 낮게 나타나 출현 유무만 표기하였다. 9월 조사결과 어초구에서 7종, 비교구에서 3종, 자연암반에서 3종이 발견되어, 총 11종의 저서동물이 확인되었다. 9월의 저서동물 총 생물량은 어초구에서 31.36 gWWt/㎡, 비교구에서 10.08gWWt/㎡, 자연암반에서 5.56gWWt/㎡으로 소량의 저서동물이 관찰되었다(그림 11).

〈표 5〉 조사 정점별 출현 저서동물의 생물량(gWWt/㎡)

종 명		6월			9월		
		어초구	자연암반	비교구	어초구	자연암반	비교구
연체동물문							
남방얼룩고둥	*Cantharidus japonicus*		+	+	0.78	5.24	
털담치	*Modiolus (Modiolus) kurilensis*		+	+			
가는줄연두군부	*Ischnochiton boninensis*						+
근입얼룩고둥	*Cantharidus jessoensis*				12.26		
유리고둥	*Phasianella solida*				1.80		
바퀴고둥	*Astralium haematragum*				10.80		
대수리	*Thais (Reishia) clavigera*				3.71		
짐은태군소	*Aplysia parvula*						10.08
절지동물문							
뿔물맞이게	*Pugettia quadridens*			+			
은행게	*Cancer japonicus*					0.32	
집게류	Anomura				2.01		
단각류	amphipoda						+
태형동물문							
이끼벌레류	bryozoa unid.	+			+	+	
합 계					**31.36**	**10.08**	**5.56**

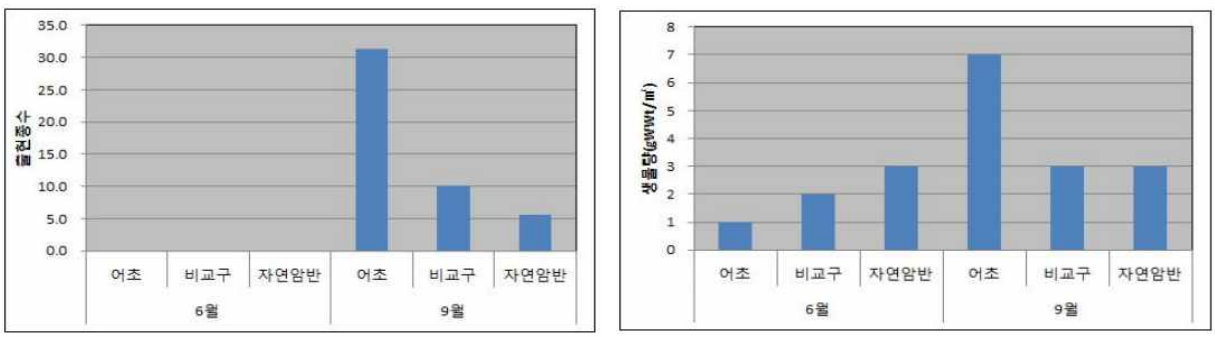


그림 11. 조사 정점별 저서동물 출현 종수 및 생물량(gWWt/㎡)

2.3. 해삼류 출현양상

돔형 해삼증식어초의 잠수조사결과 6월과 9월 모두 해삼류는 전혀 발견되지 않았다. 제주도 주변 해역에서 출현하는 해삼류가 대부분 겨울철에만 발견되고, 여름철에는 전혀 발견되지 않는다는 점을 고려하면, 조사해역에서 해삼류의 서식여부를 확인하기 위해서는 12월과 3월 사이의 겨울철에 추가적인 저서생물상 조사가 필요할 것으로 사료된다.

2.4. 영상분석에 의한 어류 출현양상

돔형 해삼증식초 시설지에서 관찰된 어류의 종류는 다음과 같다. 6월 조사결과 자리돔, 용치놀래기, 어랭놀래기, 놀래기, 아홉동가리, 줄도화돔, 말쥐치, 쥐치, 달고기, 볼락, 망둑류, 등은 모든 조사정점에서 공통으로 관찰되었고, 돌돔과 벵에돔, 망상어류는 어초구와 자연암반에서만 발견되었다. 9월 조사결과 자리돔, 용치놀래기, 어랭놀래기, 놀래기, 아홉동가리, 줄도화돔, 말쥐치, 쥐치, 달고기, 볼락, 돌돔과 망둑류 등이 모든 조사정점에서 공통으로 관찰되었고, 벵에돔, 망상어류는 어초구와 자연암반에서만 발견되었으며, 비교구에서는 참돔이 발견되었다(표 6). 6월과 9월에 관찰된 어류의 종류는 시기별, 정점별로 큰 차이는 없었다.

〈표 6〉 조사해역에서 관찰된 어류상

국 명	어초구		자연암반		비교구	
	6월	9월	6월	9월	6월	9월
자리돔	+	+	+	+	+	+
용치놀래기	+	+	+	+	+	+
놀래기	+	+	+	+	+	+
어랭놀래기	+	+	+	+	+	+
달고기	+	+	+	+	+	+
볼락	+	+	+	+	+	+
아홉동가리	+	+	+	+	+	+
돌돔	+	+	+	+	+	+
벵에돔	+	+	+	+		
참돔						+
줄도화돔	+	+	+	+	+	+
망상어	+	+	+	+		
말쥐치	+	+	+	+	+	+
쥐치	+	+	+	+	+	+
망둑류	+	+	+	+	+	+

2.5. 돔형 해삼증식초의 보존상태

우도면 천진리해역에 시설된 돔형 해삼증식초는 평면 분산 배치되어 시설되었으며, 어초의 시설상태는 전반적으로 양호하였다. 모든 어초는 사질지역에 시설되어 있었지만, 침하나 침식의 매몰 흔적은 없었고, 전도되거나 파손된 어초도 발견되지 않았으며, 어초에 감태와 파래 등의 해조류 군집이 형성되어 어초가 보이지 않을 정도의 해조장이 형성되고 있었다(그림 12). 본 시험용 증식초 시설지 주변에는 암반대가 발달되어 있으며, 그 암반대에는 감태를 중심으로 한 해조류가 무성하게 자라고 있는 곳이다. 특히 감태의 경우는 유주자 이동이 넓게 분산될 수 있는 특징을 갖고 있어 주변 증식초에 포자가 원활하게 착생하여 감태 군락이 다른 해조류에 비해 용이했을 것으로 사료된다.



그림 12. 돔형 해삼증식초 보존상태 및 해조장 형성 상태

Ⅳ. 요 약

본 시험용 돔형 해삼증식초의 시설해역은 제주시 우도면 천진리 마을어장으로 만조시 기준 수심은 8~10m 정도였으며, 저질은 대부분 모래가 폭 넓게 분포하고 있다. 이곳에 시설된 해삼증식초는 총 120기로 전 어초를 대상으로 안정성 조사를 실시한 결과, 이동이나 매몰, 전도가 발생한 어초는 관찰되지 않아 구조상 문제가 없는 것으로 판단되었다. 또한 본 증식초에는 시설 시간이 경과하면서 감태 위주의 해조류 포자가 자연적으로 착생하면서 발아하여 지금은 감태 군락이 무성하게 형성되는 해조장 조성 효과가 높게 나타나고 있다.

한편 해삼증식초 시설지의 해양환경 분석을 위해 국가해양환경정보통합시스템(MEIS) 측정 자료를 인요하여 분석한 결과, 수질등급은 Ⅰ등급으로 매우 양호한 수질환경을 보이고 있었다. 우도해역은 제주해역에서 가장 조류소통이 원활하고 해조상이 가장 풍부한 곳으로 생물상도 다양한 해역이라고 알려져 있다. 앞으로 기존 방류한 홍해삼의 서식실태를 면밀히 추적하고 어획크기(중량 150g급 이상)에 도달하는 2017년 1월부터 5월까지 어업인과 공동으로 채취조사를 실시하여 방류효과를 분석하고 효율적인 양식섬 조성방향에 대한 종합적인 방안을 마련할 계획이다.

참고문헌

崔相, 大島泰雄ナマコにみられる「アカ」と「アオ」の形態および生態的差違について. 日水誌 1961；27：97－106.

Purcell SW, Samyu Y & Conand C. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO species catalogue for fishery purpose No. 6. 2012.

崔 相. なまこの研究—まなまこの形態·生態·増殖—. 海文堂, 東京. 1963.

류문일, 김진수, 홍기창. 생물통계학. 고려대학교 출판부, 학술연구총서 67.

栗原康裕, 清河進. マナマコ資源管理技術開発. 平成6年度 北海道立稚内水産試験場 事業報告書. 1995；192－200.

해양수산연구원. 전복류 및 홍해삼 방류기술 개발 동향. 2016.

마대 오분자기(*Haliotis diversicolor diversicolor*)의 난 발생에 미치는 염분농도의 영향

좌민석 · 김필연

Ⅰ. 서 론

제주도에는 오분자기 2품종, 오분자기(*Haliotis diversicolor aquatilis*)와 마대 오분자기(*Haliotis diversicolor diversicolor*)가 서식한다. 오분자기는 전복에 비하여 소형종으로 1년에 각장 2~2.5cm, 2년 각장 3~4cm, 3년에 4~6cm 로 성장한다. 오분자기의 생산량은 1990 년대 150 톤을 넘었으나 지구 온난화와 해양환경 변화등으로 많은 어족 자원이 감소하고 있는 실정이다. 특히, 수온과 염분은 해양생물의 생리적 활성에 매우 중요한 물리적 요인으로 짧은 기간 동안 수온 및 염분농도의 변화에 노출되면 생물의 반응은 종과 크기에 따라 다양하게 나타난다(Kinne, 1963; Widdows, 1985). 연안에서의 염분변화는 계절에 따라 다르고 어류에 비해 이동성이 낮은 패류에서는 매우 심각한 생물 반응을 유발시킬 수 있다(Sastry and Vargo, 1977; Widdows, 1985). 계절적인 변화로 인해 여름철 장마기간 동안 저염분 현상이 나타나는 경우에는 오분자기 생산에 있어서 많은 문제를 발생시키는 것으로 알려져 있다. 제주도의 경우 여름철 장마기간 동안 조간대 표층수의 염분 농도를 측정한 결과 28 Psu까지 염분농도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 대부분의 패류들은 150~50%의 해수범위에서는 등장성(isomotic)이며, 염분농도에 따라 성장, 생존, 산소소비, 암모니아 배설, 심장박동수 등 다양한 생리적 변화가 나타난다(Pierce and Greenberg, 1972). 오분자기에 관한 연구는 생식주기 및 성분화와 생식소 발달(Kim et al., 2012)등이 있으나, 초기 생활사 및 종묘생산에 관한 기초적인 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주도의 주요 특산품인 오분자기 자원회복 및 종보존을 위한 일환으로 초기 생활사 및 염분농도에 따른 종묘생산에 관한 기초자료를 수립하고자 수행하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 어미관리 및 인공수정

실험에 사용된 모패는 2015년 8월 12일 제주특별자치도 해양수산연구원 수산종자연구센터에 사육중이던 마대 오분자기 암컷, 수컷 중 성숙된 개체를 선별하여 암컷 20마리, 수컷 10마리를 사용하였으며 평균 각장 5.78±4.84cm, 각폭 4.25±3.77cm, 무게 38.34±8.67g의 개체를 사용하였다. 마대 오분자기 모패는 사육수온 18±1.0℃, 염분 32±0.5psu 에서 사육하였으며 먹이로는 생다시마를 3일 1회 충분히 공급하고 청소를 실시하였다. 종묘생산을 위해 선별된 모패는 30분간 음지에서 간출한 후 30℃의 실내에서 1시간 고온 간출 자극을 실시하여 자외선 조사해수를 공급하였다. 모패는 방란과 방정이 이루어 질 때까지 1시간 간격으로 자외선 조사해수를 교체하였으며, 방란과 방정이 이루어졌을 때 인공 수정시켜 망목 100의 뮬러가제로 수정란을 수거하였다.

2. 염분농도에 따른 수정란의 기형률 및 부화율

인공 수정란의 염분농도에 따른 기형률, 부화율을 측정하기 위하여 2L 투명 플라스틱 비커에 사육수온을 20±1℃를 유지하였고, 증류수를 이용하여 염분농도가 각각 20, 25, 27, 29, 32 psu의 5개 실험구(3반복)로 설정하였다. 수정란은 각 실험구당 500개씩 수용하여 0, 2, 4, 8, 12h 동안 20개의 알을 무작위로 채취하여 기형률 및 부화율을 측정하였다. 각 단계별 발생은 광학현미경(OLYMPUS BX-51)로 관찰하였다.

3. 통계처리

실험결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계 패키지(version 9.0)를 이용하여one-way ANOVAtest를 실시하고, 사후검정으로 Duncan’s multiple test를 통해 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

Ⅲ. 결　　과

1. 마대 오분자기 정상 수정란 발생과정

마대 오분자기 암컷과 수컷이 방란·방정하여 인공수정 시킨 수정란 발생과정은 그림 1과 같다. 사육수온 20±0.5℃에서 유생을 사육한 결과 수정 1시간 30분 후 2세포기, 2시간 후 4세포기, 4시간 후 8세포기, 6시간 후 상실기, 8시간 후 담륜자기, 16시간

후 밸리져기, 70시간 후에는 부착단계로 발생하여 채묘를 실시하였다. 채묘 2주 후에는 juvenile small abalone로 성장하였다.

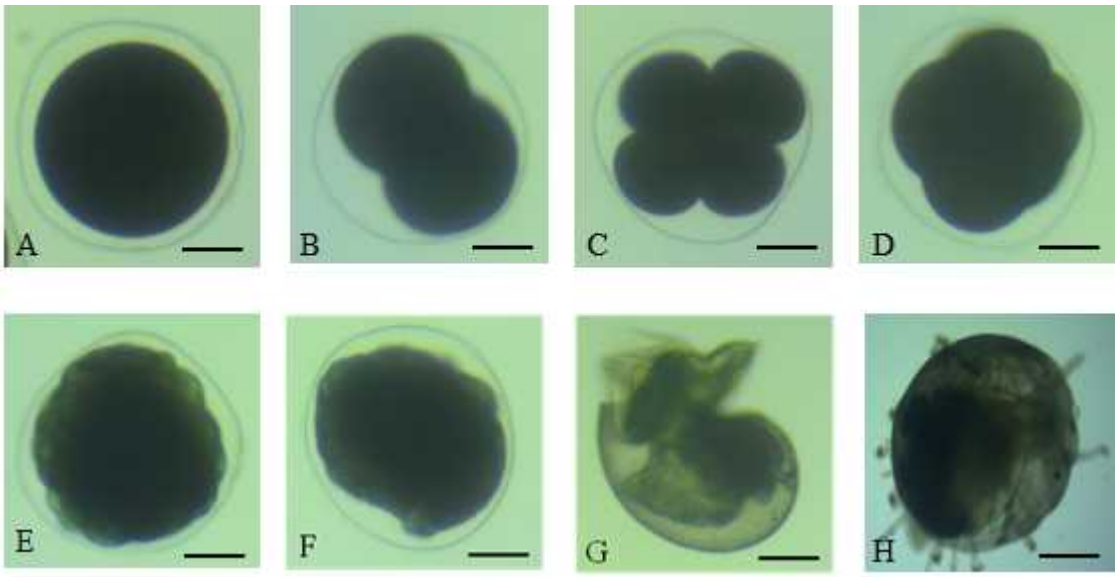


그림 1. A: 수정란, B: 2세포기, C: 4세포기, D: 8세포기, E: 상실기, F: 담륜자기, G: 밸리져기, H: 부착기 (scale bar = 50)

2. 기형률

마대 오분자기의 난 발생 과정에서 시간대 염분별 기형률은 표 1과 같다. 마대 오분자기가 방란, 방정 후 인공 수정하여 수정된 알을 염분농도가 각각 20, 25, 27, 29, 32psu 로 설정된 비커에 500개씩 수용하여 기형률을 관찰하였다. 알을 수용한 시간을 0h으로 설정하여 시간대별로 관찰한 결과 0h 째에는 모든 실험구에서 기형률이 나타나지 않았다. 2h째 20, 25psu에서는 100%의 기형률, 27psu에서는17±1.2%, 29psu 에서는 7.7±1.5%의 기형률을 나타내었고 32psu 에서는 기형률이 나타나지 않았다. 4h째 27psu 에서는 40.5±1.5%, 29psu에서는 7.1±1.7%, 32psu 에서는 기형률이 나타나지 않았다. 8h째 27psu에서는 59.5±2.0%, 29psu에서는 40.1±0.5%, 32psu에서는 기형률이 나타나지 않았다. 마지막 12h째 27psu에서는 75.5±1.5%, 29psu에서는 60.5±2.1%의 기형률을 나타내었고, 32psu 에서는 시험시작 0h 부터 12h까지 기형률이 나타나지 않았다($P<0.05$).

표 1. 시간별 염분농도에 따른 기형률

Time(h)	Water salinity				
	20psu	25psu	27psu	29psu	32psu
0	0%	0%	0%	0%	0%
2	100%	100%	17±1.2%*	7.7±1.5%*	0%
4	100%	100%	40.5±1.5%*	7.1±1.7%*	0%
8	100%	100%	59.5±2.0%*	40.1±0.5%*	0%
12	100%	100%	75.5±1.5%*	60.5±2.1%*	0%

염분농도에 따른 기형 수정란은 그림 2와 같다. 20, 25psu에서는 수정 2h 후 2세포기부터 기형란이 발생하기 시작하였고, 27psu에서는 수정 6h 후 상실기 단계에서 기형란이 발생하였으며, 29psu에서는 수정 8h 후 담륜자기 단계에서 기형란이 발생하였다.

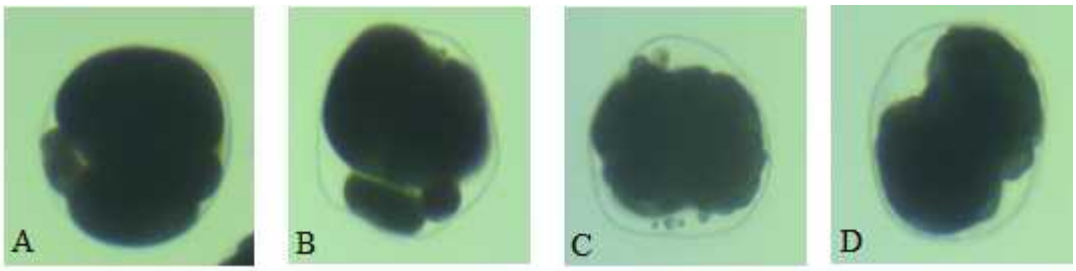


그림 2. A: 20psu, B: 25psu, C: 27psu, D: 29psu

3. 부화율

마대 오분자기의 부화율 그림 3을 보면 염분별 부화율은 20, 25psu에서 0%, 27psu에서 25.1±0.5%, 29psu에서 40.2±2.1%, 32psu에서 90.5±5.5%로 부화율이 가장 높은 것으로 나타났다($P<0.05$).

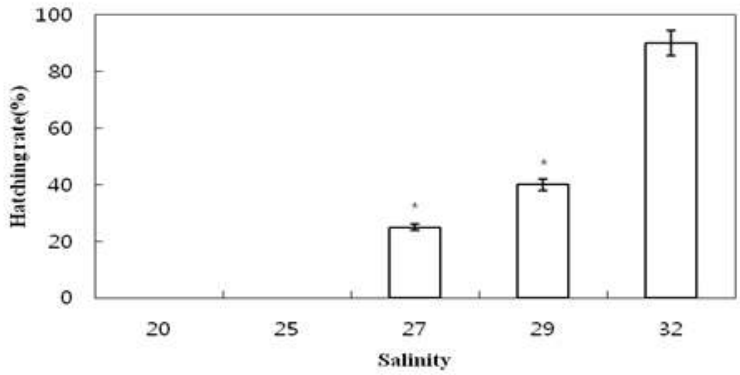


그림 3. 염분농도에 따른 부화율

Ⅳ. 고　　찰

오분자기는 제주도의 주요 특산품으로 1990년대 150톤 이상 생산 되었으나 해양환경 변화 등으로 인하여 자원량이 감소하고 있는 실정이다. 제주도의 경우 도로개설 및 하천정비로 인해 여름철 집중호우 시 연안해역에 대량의 토사 및 담수가 유입되면서 염분농도가 낮아지는 실정이다. 주로 조간대에 서식하는 오분자기는 환경변화의 영향을 직접적으로 받기 때문에, 여름철 고수온 및 저염분 등에 의하여 양식생물의 폐사를 유발하는 등 생산량에도 영향을 미친다(Shin et al., 2012).

또한, Jwa et al. (2009)에 의하면 둥근전복에 25, 30psu의 저염분 자극을 주었을 때 폐사하는 개체가 관찰되는 것으로 보고하고 있다. 특히 급격한 수온과 염분변화는 스트레스로 작용하며 전복과 같이 이동성이 제한적인 부착생물은 외부 환경변화에 대하여 안정적인 세포 내부 환경을 유지하기 위해 다양한 생리적 반응을 보인다(Park et al., 2012). 수산생물은 외부환경의 변화에 따라 어느 수준까지는 스트레스를 견딜 수 있으나, 임계 수준을 넘어서면 스트레스로 인해 생리활성이 떨어져 폐사를 유발시킬 수 있다(Barton, 1991). 패류의 종묘생산 과정에서 수온은 성장과 생존에 영향을 미치는 중요한 환경 요인 중 하나이다. 일반적으로 높은 수온에서 알의 발생속도가 빨라지고 낮은 수온에서는 발생이 지연되는 경향을 보여준다고 보고하였다(Hwang et al., 2008). 오분자기는 7~10월에 산란하는 하계 산란형에 속하며(Lee et al., 1982), 수온 27℃ 까지는 폐사율이 낮은 품종이다.

오분자기 산란시기인 7월에는 해수 수온이 20±1.5℃로 인공종묘생산 후 수정란을 사육수온 20±0.5℃에서 유생 사육한 결과 수정 1시간 30분 후 2세포기, 2시간 후 4세포기, 4시간 후 8세포기, 6시간 후 상실기, 8시간 후 담륜자기, 16시간 후 밸리져기, 70

시간 후에는 부착단계로 발생하였다. Kim 등(2011)에서는 말백합 수정란을 20, 30℃에서 사육한 결과 D형 유생까지 20℃에서는 37시간, 30℃에서는 15시간이 소요 되었다고 보고 한 바 있다. 이와 같이 패류의 유생인 경우에는 수정란 사육수온이 높을수록 유생발달이 빠를 것으로 보여진다.

한편, 환경요인 중 염분은 알에 있어서 산란, 발생, 부화하는데 큰 영향을 준다(Holliday, 1969). 오분자기는 7~8월이 주 산란 기간으로 장마기간과 겹친다. 따라서 본 실험에서는 장마로 인해 해수 염분농도가 낮아졌을 때 자연에서 오분자기 수정란의 정상 발생 및 기형률을 파악하고자 실시하였고, 그 결과 2h째 20, 25psu에서는 100%의 기형률, 27psu에서 17±1.2%, 29psu에서는 7.7±1.5%의 기형률, 32psu에서는 기형률이 나타나지 않았다. 4h째 27psu에서는 40.5±1.5%, 29psu에서는 7.1±1.7%, 32psu에서는 기형률이 나타나지 않았다. 8h 째 27psu에서는 59.5±2.0%, 29psu에서는 40.1±0.5%, 32psu에서는 기형률이 나타나지 않았다. 마지막 12h 째 27psu에서는 75.5±1.5%, 29psu에서는 60.5±2.1%의 기형률을 나타내었고, 32psu에서는 시험시작 0h 부터 12h까지 기형률이 나타나지 않았다($P<0.05$).

염분에 따른 부화율은 20, 25psu에서는 0%, 27psu에서 25.1±0.5%, 29psu에서 40.2±2.1%, 32psu에서 90.5±5.5%로 부화율이 가장 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 이러한 결과는 오분자기의 주 산란시기에 장마로 인해 해수 염분농도가 낮아지면서 수정란 기형률이 높아지면서 생존율과 부화율을 감소시키는 것으로 판단된다. Yong et al.(1993)에 의하면 독가시치류의 난 발생 과정에서 높은 염분에서는 배 발달의 속도를 증가, 부화시간 단축, 생존율과 부화율을 감소시킨다고 보고하였고, Go et al. (1996)에서는 자주복의 경우 저염분에서 부화가 이루어졌다고 하더라도 기형률의 증가나 시간이 경과하면서 부화자어의 높은 폐사로 이어졌다고 보고한 바 있다. 이러한 결과는 어류나 패류 역시 염분농도에 의해 기형률이 높아지며 시간이 경과함에 따라 폐사량이 증가하는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 자연에서 오분자기 방란·방정으로는 수정이 이루어지지 않아 자원회복이 불가능 할 것이며, 육상에서 대량 종묘생산 후 방류해야 자원회복이 가능할 것으로 판단되어 추후 이에 대한 세부적인 실험을 통하여 그 지표설정을 위한 연구를 실시하고자 한다.

Ⅴ. 참고문헌

Barton BA. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis in the response and effects of corticosteroids. Ann Rev Fish is 1: 3-26.

Go HB and Rho S. 1996. Low salinity tolerance of eggs and juveniles of tiger puffer Takifugu rubripes. J Aquacult 9, 43-55.

Holliday FG T. 1969. The effects of salinity on the eggs and larvae of teleost.Fish Physiology, Vol. I. Academic Press, New York, 293-310.

Hwang HK, Kim DH, Park MW, Yoon SJ and Lee YH. 2008. Effects of Water Temperature and Salinity on the Egg and Larval of Chub Mackerel Scomber japonicas. J Aquaculture 21, 234-238.

Jwa MS. Kang KP, Choe MK and Yeo IK. 2009. Effects of low salinity stresses on the physiology of disc abalone, Haliotis discus discus. J Fish athol 22, 293-303

Kinne O. 1996. Physiological aspects of animal in estuaries with special reference to salinity. Netherlands Journal of Sea Research, 3: 222-244.

Kim SH, Lee CH, Song YB, kim By, Hyun SY and Lee YD. 2012. Reproductive Cycle of Small Abalone, Haliotis diversicolor aquatilis in Jeju Coastal Waters. Dev. Reprod. Vol. 16: 145-153.

Lee JJ and Lee CK. 1982. Gametogenesis, reproductive cycle and inducing spawning of the abalone, Sulculus diversicolor aquatilis (Reeve). Bull Mar Resour Res Inst 6: 9-25.

Park HJ and Kang JC. 2012. Biochemical changes in the hemolymph and hepatopancreas of abalone Haliotis discus hannai exposed to copper. Korean Jounal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 154-160.

Pierce SK and Greenberg MJ. 1972. The nature of cellular volume regulation in marine bivalves. Journal of Experimental Biology, 57: 681-692.

Sastry AN and Vargo SL. 1997. Variations in the physiological response of crustacean larvae to temperature. In: Physiological Response of Marine Biota to Pollutants.(ed. by Vernberg, F.J., Calabrese, A., Thurberg, F.P., Vernberg W.B.), Academic Press, New York, 410-424.

Shin YK, Lee WC, Kim DW, Son MH, Jun JC, Kim EO and Kim SH.2012. Seasonal

changes in physiology of the abalone Haliotis discus hannai reared from Nohwa Island on the south coast of Korea. Korean Journal of Malacology, 28: 131-136.

Widdows J.(1985. The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of Mytilus edulis. In: Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organism. (ed. By Gray, J. S., Christiansen, Me.), Wiley-Interscience, New York. 555-566.

Yong PS and Duenas CE. 1993. Salinity tolerance of fertilized eggs and yolk-sac larvae of the rabbitfish Siganus guttatus(Bloch). Aquaculture 112, 363-377.

드럼필터여과기와 자외선살균기 도입을 통한 유입수 처리 시 광어 질병 저감 효과

강봉조 · 공포 · 장영환 · 유은호 · 원승환

Ⅰ. 서 론

제주를 비롯한 국내 대부분의 광어 양식장은 육상 수조식으로 유수식 양식장으로 운영되고 있다. 즉 유입수에 대한 여과나 살균처리없이 그대로 사육수조로 해수가 유입되고 있어 이로 인해 해황 악화 시 뻘물이 유입을 비롯하여 유입수로부터 어류 병원체 유입에 그대로 노출되어 있는 실정이다. 제주에서는 2015년도부터 오존, 전기분해, 자외선등의 살균시스템 광어 양식장에 시범적으로 도입되어 운영되고 있다. 해양수산연구원에서는 2012년도부터 2015년까지 드럼필터 여과기와 자외선 살균기를 통한 유입수 여과 살균 후 FRP수조를 연계하는 위생사육수조시스템(「드럼필터여과기+자외선살균기+FRP 수조 연계 시스템」을 위생사육수조시스템으로 명명하였다)을 개발하여 양식장 유입수 처리효과에 대한 선행연구를 수행하였다. 위생사육수조시스템을 광어 중간육성 단계(광어 치어 입식 후 약 4개월여 동안을 통상 중간육성단계라고 한다)에 적용한 결과 중간육성단계 고질적인 피해 질병인 스쿠티카병등의 예방효과를 확인한 바 있으며(강등 2015), 그 결과를 바탕으로 「양식장 위생 시스템」특허를 취득하였다. 이러한 선행연구에서 도입된 FRP수조의 규격은 수조 외부에서 핸들링이 가능하도록 중간육성 전용을 목적으로 6.25㎡(2.5m×2.5m) 크기로 제작하여 실험이 이루어졌다. 즉 선행연구는 광어 치어의 단계에 적용을 통해 중간육성단계의 질병 저감효과에 대한 실증 시험이었다. 반면 이번 연구에서는 이러한 선행연구결과를 바탕으로 현재 제주지역 대부분의 광어 양식장에 일반적으로 시설된 수조인 약 100㎡ 내외의 콘크리트 수조에 적용을 통해 양성단계의 질병저감효과를 목표로 하였다. 그 이유는 FRP 수조의 경우 현재 양식장에 당장 도입 시 시설에 따른 경제적 비용 부담과 별도의 시설면적등이 소요될 것임에 따라 현재 광어양식장에 시설된 콘크리트수조를 대상으로 치어 입식단계부터 양성단계까지 적용을 통해 유입수 처리 효과에 대한 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 자 본 연구에 적용된 살균방식인 자외선 살균기의 경우 살균효율 유지를 위해서는 자외선등의 정기적 세척이 필요한데 이를 위해서는 기술 전문가가 자외선살균기를 분해하여 세척해야 하는 어려움이 있어 이를 해결하고자 자외선 살균기에 자동세척기가 설치된 모델 도입하여 그 효과를 분석하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험 양식장 선정 및 여과-살균시스템 설치

실험 양식장은 서귀포시 남원읍 소재 광어 양식장 1개소를 대상으로 하였으며, 여과-살균시스템 도입은 실험 대상 양식장의 고가 수조에서 양식장 사육수조로 공급되는 해수 관에 직경 PE관을 연결 한 후 드럼필터여과기를 설치하였다. 드럼필터여과기 하단에 바로 자외선 살균기를 연결 시킨 후 콘크리트 수조로 해수가 공급되도록 하였다. 드럼필터여과기는 드럼방식에 스크린 필터를 도입한 여과기(Hydrotech, Sweden)를 설치하였으며, 여과망목은 40㎛ 규격을 사용하였다. 자외선살균기는(Ultraaqua, Denmark)는 저압고출력아말감램프 (low pressure amalgam UV lamp)에 자동세척시스템이 도입된 모델을 사용하였다. 자외선 살균기의 살균강도는 약 60~70mJ/㎠자동세척기는 1일 10회 세척이 이루어지도록 조정하였다(표 1).

표 1. 드럼필터 여과기 및 자외선살균기 설치 규격

구 분	드럼필터여과기	자외선살균기	수조
규 격	제조사 : Hydrotech, Sweden 망목크기 : 40㎛ 처리용량 : 60㎥/hr	제조사:Ultraaqua, Denmark 220W, 4기 자동세척기 도입	재질 : 콘크리트 크기 : 81㎡

2. 실험수조 및 실험어

실험어는 치어가 입식된 후 지하수만 공급되는 수조에서 약 2달 정도 사육 후 약 55g 내외 크기에서 실험수조로 옮겨 5월부터 11월까지 사육하면서 실험하였다. 실험은 드럼필터여과기 및 자외선 살균기를 거쳐 사육수가 공급되도록 한 수조(여과-살균시스템 수조)와 고가수조에서 처리없이 직접 사육수가 공급되는 수조(대조구)로 각 1개씩을 대상으로 하였고, 수조 크기는 81 ㎡이었다.

A



B



C



D



그림 1. 드럼필터여과-자외선살균시스템 설치 사진
A, 여과-살균시스템 설치전 수조 모습; B, 여과-살균 시스템 설치 후 모습; C, 드럼필터 여과기; D, 자외선 살균기

각 수조의 사육밀도는 여과-살균시스템 수조는 4,330마리, 대조구 수조는 3,700마리를 입식하여 여과-살균시스템 수조가 상대적으로 사육밀도를 높게 유지하여 실험을 실시하였다. 실험 사육기간동안 공급되는 원수는 자연해수와 지하수 혼합수를 사용하였는데 자연해수 공급비율을 약 70%내외가 되도록 하였다.

3. 여과-살균시스템의 살균효과 분석

여과-살균시스템의 살균효과 분석을 위해 여과-살균 시스템 수조와 대조구 수조의 주수구에서 각각 수조 유입수를 채취하여 일반세균수를 측정하여 살균효율을 분석하였다. 일반세균수 측정은 무균처리 된 0.45 membrane filer(Pall corporation, Mexico)를 이용하여 시료를 각각 0.1mL, 1mL, 10mL, 100mL 여과 후 NaCl이 첨가된 BHIA(BD, USA)평판에 부착 하여 30±0.5℃에서 24시간 배양 후 형성된 colony를 계수하였고, 약

30~300개의 colony가 형성된 평판 위주로 선택하여 세균수 계수에 이용하였다. 각각의 여과 용량 별 세균수 측정 후 평균을 구한 후 100mL당 colony수로 환산하였다.

4. 여과-살균 시스템의 부유물질 제거 효능 분석

여과 효능 분석은 여과-살균시스템 수조와 대조구 수조의 유입수 중 부유물질 농도 측정을 통해 부유물질 저감 정도를 분석하였다. 부유물질 농도는 GF/C filter(Whatman, England)를 이용하여 각각의 해수 1L를 여과 후 건조하고 여과 전후의 filter무게로 부유물질의 농도를 측정하여 비교 하였다.

5. 실험결과의 분석

실험기간은 5월부터 시작하여 11월까지 7개월간 수행하였는데, 대조구 수조에서 누적 폐사율이 60%를 넘으면서 대조구 수조 내 사육밀도가 매우 낮아짐에 따라 실험을 종료하였다(여과-살균시스템수조는 실험 종류 후 계속적으로 사육실험 및 모니터링 수행 중). 실험종료 시 어체의 평균 체중은 약 400g 내외로 측정되었다. 여과-살균시스템의 살균효능 분석, 부유물질 제거 효능 분석, 누적 폐사율 분석을 분석하였다. 또한 여과 및 살균처리를 하지 않은 지하해수에 대하여 7월과 8월 2회에 세균수 및 부유물질 농도를 측정하여 참고자료로 활용하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 여과-자외선 살균시스템의 살균효율 분석

실험기간 중 7월부터 11월까지 매월 1회씩 대조구 및 여과-살균시스템 수조 유입수 내 세균수 측정 결과를 바탕으로 여과-자외선 살균시스템의 살균효율을 분석한 결과 전 기간에 걸쳐 99.8%이상의 살균효율을 확인하였다.

여과-살균시스템 수조는 100mL당 2 ~ 2.21×102 cfu로 측정되었으며, 대조구 수조의 경우에는 대부분 1.26×105 ~ 8.8×105cfu/100㎖의 세균수가 측정되었으나 9월에는 1.92×106/100㎖로 상대적으로 높게 나타났다.

표 2. 여과-살균시스템의 살균효율 분석

구분	세균수 측정 결과(cfu/100㎖)		살균 효율(%)
	대조구	여과-살균시스템수조	
‘16. 7월	1.74×10^5	3.35×10	99.98
‘16. 8월	1.26×10^5	2.21×10^2	99.82
‘16. 9월	1.92×10^6	9.8×10	99.99
‘16. 10월	1.23×10^5	4	99.99
‘16. 11월	8.8×10^5	2	99.99

2. 여과-자외선 살균시스템의 여과 효능 분석

실험기간 중 7월부터 11월까지 매월 1회씩 대조구 및 여과-살균시스템 수조 유입수 내 부유물질 농도를 측정하여 비교한 결과 대조구의 경우는 0.21~0.73mg/L로 측정되었고, 여과-살균시스템수조의 경우는 0.15 ~ 0.49mg/L로 측정되어 유입수 내 찌꺼기 등 부유물질이 제거되고 있음을 확인 할 수있었다(표 3). 또한 드럼필터 여과기에서 걸러져 제거된 찌꺼기를 모아 관찰한 결과 매우 미세한 형태의 뻘성분이 대부분이었으며 현미경적 관찰결과 규조류등도 관찰되었다(그림 2).

표 3. 대조구 및 여과-살균시스템 수조의 부유물질 농도 측정 결과

구분	부유물질 농도(mg/L)	
	대조구	여과-살균시스템 수조
‘16. 7월	0.73	0.49
‘16. 8월	0.26	0.16
‘16. 9월	0.31	0.24
‘16. 10월	0.53	0.48
‘16. 11월	0.21	0.17



그림 2. 드럼필터여과기에서 걸러진 찌꺼기의 형태(왼쪽)와 현미경 관찰 사진 (오른쪽, ×100)

3. 지하해수 내 세균수 및 부유물질 농도

실험 양식장에서 사용중인 지하해수에 대하여 세균수 및 부유물질 농도를 분석한 결과 세균수는 5.44×102~6.8×102cfu/100㎖로 측정되어 살균처리수(여과-살균시스템수조 유입수)에 비해 10~100배 정도 높은 수준을 나타내었으며, 부유물질은 0.05 ~ 0.09mg/L로 여과-살균처리시스템 수조 유입수 보다 낮은 수준으로 나타나 지하수의 경우 부유물질 농도는 매우 낮음을 확인 할 수 있었다(표 4).

표 4. 지하해수의 세균수 및 부유물질 농도

구 분	'16. 7월	'17. 8월
일반 세균수(cfu/100㎖)	6.8×10^2	5.44×10^2
부유물질(mg/L)	0.09	0.05

4. 질병발생 및 누적 폐사율 비교

여과-살균시스템 수조의 경우는 실험 기간동안 총 누적폐사(병어 제거 포함)가 1,280마리였으며, 대조구 수조는 2,230마리로 측정되어 각각 27.9%, 60.2%의 폐사율을 나타내었다. 실험결과를 바탕으로 할때 약 32%의 폐사율 저감효과를 확인 할 수 있었다(표 5).

표 5. 실험기간동안의 폐사율 비교

구분	대조구	여과-살균시스템 수조
입식수량	3,700	4,330
누적폐사량[1)]	2,230	1,280
폐사율 (%)	60.3	27.9

[1)] 누적폐사량은 폐사어와 질병감염증상에 확연한 병어를 포함한 수치임. 대조구의 경우는 폐사어 1,454마리와 병어776마리이었으며, 여과-살균 시스템 수조는 폐사어 441마리, 병어 767마리이었다.

또한 각각의 수조의 질병 발생패턴은 대조구 수조에서는 기생충성 질병으로 스쿠티카병과 여윔증상이 관찰되었고, 세균성 질병으로 에드와드병과 연쇄구균병이 관찰되었다. 여과-살균시스템 수조의 경우에는 기생충성질병으로 스쿠티카병은 관찰되었으나

여윔증상은 관찰되지 않았으며, 세균성 질병으로는 에드와드병과 연쇄구균병이 관찰되었다. 대조구수조의 주요 폐사원인은 스쿠티카병과 여윔증상에 의한 것으로 추정되었다(표 6).

표 6. 질병발생 패턴 비교

구 분	질병 발생 종류	
	대조구	여과-살균시스템 수조
기생충성 질병	스쿠티카병 여윔증상	스쿠티카병
세균성 질병	에드와드병 연쇄구균병	에드와드병 연쇄구균병

광어의 여윔증상은 원인이 명확히 밝혀져 있지 않은 질병으로 현재 점액포자충의 일종인 Parvicapsula sp.가 원인체로 추정되고 있다. 이 연구에서도 대조구 수조에서 채집된 여윔증상 개체의 세뇨관에서 Parvicapsula sp.가 관찰되었다(그림 3).

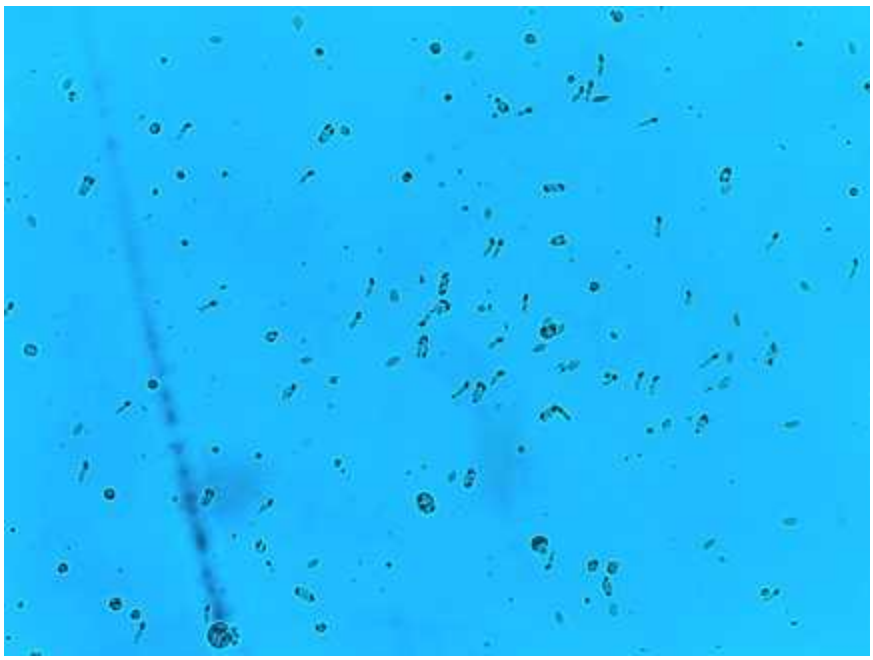


그림 3. 대조구 수조의 여윔증상 개체에서 관찰되는 *Parvicapsula* sp. 현미경 사진(×100)

Ⅳ. 고 찰

이 연구는 광어 양식장의 유입수에 대해 드럼필터여과기 및 자외선 살균처리에 대한 질병 저감 효과를 분석하고자 사례연구로 수행되었다. 자외선 살균기의 경우 살균 효율은 유입수내 탁도와 자외선 살균기의 자외선등의 청소상태에 따라 영향을 받을 수 있는데 이 연구에서는 자외선 살균기내 자동세척기가 도입된 모델을 설치하여 실험하였다. 여과-살균시스템의 유입수 내 세균수 살균 효율은 약 99.8% 이상으로 확인되었다. 이러한 결과로 자외선 살균기내 자동세척기 가동으로 별도의 인위적인 세척과정 없이 살균 효율이 유지될 수 있는 것으로 평가된다. 자외선살균기의 살균 효과와 더불어 단점으로 꼽히는 부분이 자외선등 청소의 필요성이라고 알려져 있으며, 양식장 관리 특성상 잦은 인위적 청소는 전문기술이 부족할 경우 관리에 어려움을 겪을 수 있는데 자동세척기 도입시 청소에 대한 어려움이 해결될 수 있으며 또한 살균 효과 유지가 문제가 없음을 확인 할 수 있었다.

대조구 수조의 유입수에 대한 세균수 조사 결과 1.26×10^5 ~ 81.92×10^6/100㎖로 측정되어 매우 높은 수준의 세균 분포수준을 보였으며 계절적으로는 9월에가장 높은 세균수 분포를 보였는데 이는 상대적으로 높은 수온에 따른 영향으로 판단된다. 반면 지하해수의 경우는 5.44×10^2~6.8×10^2cfu/100㎖로 측정되어 지하해수와 해수가 혼합된 대조구 수오의 유입수에 비해 1/1,000 ~ 1/1,000 수준으로 낮은 수준을 보였다.

부유물질농도 측정결과 대조구의 경우는 0.21~0.73mg/L로 측정되었고, 여과-살균시스템수조의 경우는 0.15 ~ 0.49mg/L로 측정되었다. 대조구수조의 경우도 최고 수준이 1.03mg/L보다도 낮은 수준이어서 농도적으로는 낮은 수준으로 평가될 수 도 있으나 사육물량이 1시간당 약 60톤 정도가 공급된다는 점을 감안할 때 총량적으로 볼 때 여과는 필요할 것으로 판단된다. 이러한 부분은 정성적 평가로서 드럼필터 여과기에서 여과되어 배출된 찌꺼기 성상을 보면 대부분 뻘 성분의 찌꺼기가 걸러지는 것을 통해 확인 할 수 있다. 유수식 광어 양식장 질병예방을 위해 최근 오존이나 전기분해등 여러 가지 살균시스템이 시범 도입되고 있는데 살균시스템의 종류에 상관없이 유수식 양식장의 경우 수처리를 위해서는 반드시 물리적인 여과가 우선되어야 할 것으로 사료된다.

이번 연구에서 여과-살균시스템 수조의 실험기간동안의 누적 폐사율은 27.9%, 대조구의 경우는 60.3%로서 약 32%의 폐사저감 효과를 보였다. 여과-살균시스템 수조의 폐사 감소는 스쿠티카병 발생이 대조구에 비해 감소한 것과 여윔증상이 발생하지 않은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 여윔증상은 점액포자충류(Myxozoa)에 속하는 Parvicapsula속 기생충이 원인체로 추정되고 있는데, Cobocroft *et al.* (2013)은 44 mJ/cm^2 이상의 자외선 조사 시 Stroped

trumpeter(*Latris lineata*)의 *Kudoa neurophila* 감염 예방효과를 보고하였고, Shirakashi *et al.* (2014) 은 자외선에 의한 *Kudoa yasunagai* 와 *Kudoa amamiensis* 감염 예방 효과를 보고하기도 하였다. Shirakashi *et al.* (2014)은 자외선에 의한 방어류(Seriola fish)에서 *Kudoa yasunagai* 와 *Kudoa amamiensis* 감염 예방 효과를 보고하기도 하였다. Nishioka *et al*(2016)은 *Kudoa septempunctata* 감염 사례가 있는 광어(*Paralichthys olivaceus*) 종묘장에서 대조구(무처리), 유입수에 대한 모래 여과 처리구, 모래-카트리지 여과(sand-5㎛ cartidge) 처리구, 모래-카트리지-자외선(46mJ/㎠) 처리구, 자외선(46mJ/㎠) 처리구에 대한 실험 결과 대조구에서는 약33%의 *Kudoa septempunctata* 감염이 확인되었으나 나머지 유입수 처리구에서는 *Kudoa septempunctata* 가 관찰되지 않았다고 하였고 종묘장의 *Kudoa septempunctata* 감염 예방을 위해 모래여과-자외선살균 처리를 권고하였다. Nishioka *et al*(2016)의 수처리 시스템 도입에의한 *Kudoa septempunctata* 감염 예방 효과에 대한 연구결과는 본 연구에서 여과-살균시스템 도입 수조의 Parvicapsula속 점액포자충 감염 예방효과와 유사한 결과로 사료된다.

유수식 광어 양식장의 Kudoa속 또는 Parvicapsula속 점액포자충류의 감염을 포함한 질병 예방을 위해서는 유입수에 대한 여과와 살균처리가 필요할 것으로 판단된다. 즉 현재 제주지역에 양식장에 유입수 처리를 위해 여러 가지 방식의 살균시스템 도입이 이루어지고 있는데 여과에 대한 부분도 같이 검토가 이루어질 필요가 있을 것으로 판단된다.

Ⅴ. 참고문헌

Cobcroft , J.M., and Battaglene, S.C.: Ultraviolet irradiation is an effective alternative to ozonation as a sea water treatment to prevent Kudoa neurophila (Myxozoa: Myxosporea) infection of striped trumpeter, Latris lineata (Forster). J. Fish. Dis., 36:57-65, 2013.

Nishioka T., Satoh J., Mekata T., Mori K., Ohta K., Morioka T., Lu M., Yokoyama H. and Yoshinaga T.:Efficicacy of sand filtration and ultraviolet irradation as seawater treatment to prevent Kudoa septempunctata(Myxozoa:Multivalvulida) infection in olive flonder Paralichthys olivaceus. Fish Pathol., 51:23-27, 2016.

Shirakashi S., Nishimura T., Kameshira N., Yamashita H., Ishitani H., Ishimaru K. and Yokoyama H.: Effectiveness of ultraviolet irridiation of seawater for the

prevention of Kudoa yasunagai and Kudoa amamiensis(Myxozoa:Multivalvuida) infection in Seriola fish. Fish Pathol., 49:141-144, 2014.

강봉조, 장영환, 전봉근 : 양식장 위생사육수조시스템의 질병저감 실증사례 연구. 2015 연구사업보고서, 제주특별자치해양수산연구원. 64-73, 2015.

수산종자 방역검사에 따른 입식현황 분석
- 2012~2016년 -

유은호 · 원승환 · 강봉조 · 장영환 · 공 포

Ⅰ. 서론

우리나라의 2015년도 양식 어류 생산량은 85,307톤으로 그 중 양식 넙치 생산량이 가장 많은 53%를 차지하고 있으며, 특히 양식 넙치의 59%인 27,141톤을 제주지역에서 생산하고 있다 (해양수산현황, 2016).

양식업에서 건강한 수산 종자에 대한 필요성은 계속 증가하고 있으며, 제주지역은 전국에서 최초로 입식 전 수산 종자에 대한 전염병 검사를 「제주특별자치도 수산물 방역 및 안전성 검사에 관한 조례」에 따라 2002년부터 시행해오고 있다. 이러한 방역 검사 결과를 바탕으로 제주지역 양식장에 입식되는 종자 동향을 양식 어업인들에게 제공함으로써 효율적인 양식 생산 및 종자 입식 계획을 수립할 수 있도록 하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 조사 연구는 「제주특별자치도 수산물 방역 및 안전성 검사에 관한 조례」에 따른 수산 종자 방역 검사 현황을 토대로 제주지역 육상양식장에 입식되는 제주도 내 · 외 수산 종자 검사 의뢰 건수, 결과 등 방역 검사 현황을 토대로 최근 5년간 입식 시기, 원산지 등을 분석하였다.

1. 방역 검사 현황 조사 및 검사 방법

수산 종자의 원산지, 계절에 따른 입식량, 수산 종자 품종 등은 「제주특별자치도 수산물 방역 및 안전성 검사에 관한 조례」 신청 서식에 기록된 사항을 취합한 후 분석하였다.

방역 검사 적용 대상 양식용 수산 종자 품종은 넙치과, 가자미과, 돌돔과, 도미과, 바리과로 방역 검사 항목은 수산생물질병 관리법에 명시된 수산생물전염병 21종 중 참돔

이리도바이러스병(Red Seabream Iridoviral Disease, RSIVD)과 바이러스성출혈성패혈증(Viral Hemorrhagic Septicemia, VHS)에 대한 검사를 실시하였다. 도내·외 반출입 전 수산 종자 30~60마리를 무균적으로 해부하여 신장과 비장을 적출한 후 수산생물병성감정 실시요령 (국립수산과학원, 2013)에 따라 유전자 증폭 검사를 실시하였다.

RNA와 DNA 추출은 RNeasy Pluse Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany)과 QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Venlo, Netherlands)를 사용하였으며, cDNA 합성은 Superscript III Reverse Transcriptase (RT; Invitrogen, Waltham, MA, USA)를 사용하였다. 추출된 RNA 시료는 spectrophotometer를 이용하여 260 nm의 흡광도를 측정한 후 -80℃에 보관하였다. cDNA 합성은 추출된 total viral RNA와 specific primer인 VN forward prime를 혼합하여 95℃에서 5분간 유지시킨 후 reverse transcription mixture containing 200 U/μL Superscript III RT (Invitrogen, USA), 0.5 mM dNTPs, 0.05 M DTT in 1×first strand buffer를 혼합하였다. 이 후 혼합된 mixture를 25℃에 10분, 50℃에 50분 incubation 하고, 85℃에 10분 가열하여 합성을 완료하였다.

이후 합성된 cDNA와 genomic DNA의 증폭은 2 μL cDNA, 15 pmol primer, 10 mM dNTP Mix, 5 U/μL DiastarTM Taq DNA polymerase (Solgent, Korea), 10×Taq reaction buffer (25 mM MgCl2 mixed) 그리고 5×Band DoctorTM를 혼합한 후 수산생물병성감정 실시요령에 따른 유전자 증폭 조건에 따라 검사를 실시하였다(Table 1).

Table 1. PCR에 사용된 유전자 증폭 primer와 증폭 조건

Primers			Primers sequences	Product size (bp)	PCR condition
RSIVD	RSIVD1	Forward	5'-CTCAAACACTCTGGCTCATC-3'	570bp	(94℃(30")58℃(1')72℃(1')-30cycles 72℃(5')
		Reverse	5'-GCACCAACACATCTCCTATC-3'		
	RSIVD4	Forward	5'-CGGGGGCAATGACGACTACA-3'	568bp	
		Reverse	5'-CCGCCTGTGCCTTTTTCTGGA-3'		
VHSV	VN	Forward	5'-ATGGAAGGAGGAATTCGTGAAGCG-3'	505bp	94℃(5') (94℃(30")52℃(30")68℃(1') - 36cycles 68℃(7')
		Reverse	5'-GCGGTGAAGTGCTGCAGTTCCC-3'		

Ⅲ. 결 과 및 고 찰

1. 방역 검사 신청 현황 분석 (검사 결과)

최근 5년간 방역검사 신청 건수는 1320건으로 그 중 도외에서 생산된 수산 종자 방역 검사 건수는 878건, 도내에서 생산된 수산 종자 방역검사 건수는 442건이었으며, 검사 결과 바이러스성출혈성패혈증과 참돔이리도바이러스병 양성 진단 건수는 없었다 (Table 2).

Table 2. 양식용 수산 종자 입식 전 방역 검사 결과 (최근 5년).

구 분		계	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
			건수	건수	건수	건수	건수
계	적합	1,320	200	250	330	263	277
	부적합	-	-	-	-	-	-
도외 생산 종자	적합	878	123	174	246	174	161
	부적합	-	-	-	-	-	-
도내 생산 종자	적합	442	77	76	84	89	116
	부적합	-	-	-	-	-	-

2. 방역 검사 신청 현황 분석 (시기, 연도)

2016년도「제주특별자치도 수산물 방역 및 안전성검사에 관한 조례」에 따른 방역 검사 신청 건수는 277건이며, 방역 검사 신청 수량은 116,220천마리였다. 수산 종자 방역 검사 신청 내용으로 추정해본 월별 주 종자 생산 시기는 도내 수산 종자의 경우 4월 (19,380천마리), 5월 (15,160천마리), 10월 (14,830천마리)에 연중 생산량의 54%가 생산되었으며, 도외 수산 종자의 반입은 3월 (3,220천마리), 4월(5,700천마리)과 12월 (3,430천마리)에 연중 반입량의 49%가 반입되었다 (Table 3).

또한, 최근 5년간 수산 종자 입식 현황을 보면 2016년 방역 검사 신청 건수는 277건으로 2015년 검사 건수에 비해 14건 증가하였고, 방역 검사 신청량은 13,674천마리 증가하였다. 이러한 결과는 2,000천마리 이상 수산 종자를 생산한 도내 생산업체의 방역 검사 신청 건수가 53건(65,880천마리)으로 2015년 29건(51,240천마리)에 비해 증가한 원인으로 분석되었으며, 2,000천마리 이상 생산한 도내 종자 생산업체의 방역 검사 신청량은 도내 전체 신청량의 72%를 차지하고 있다(Table 4).

Table 3. 월별 양식용 수산 종자 방역 검사 신청 건수

구 분		계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계	건수 (개소)	277	3	6	28	44	41	35	15	15	14	26	21	29
	마리수 (천마리)	116,220	810	6,410	9,430	25,080	17,900	10,370	6,050	3,510	8,990	16,680	5,790	5,200
도외 종묘 방역 검사	건수 (개소)	161	2	-	18	31	23	18	6	9	6	13	11	24
	마리수 (천마리)	25,080	310	-	3,220	5,700	2,740	2,430	730	1,720	1,640	1,850	1,310	3,430
도내 종묘 방역 검사	건수 (개소)	116	1	6	10	13	18	17	9	6	8	13	10	5
	마리수 (천마리)	91,140	500	6,410	6,210	19,380	15,160	7,940	5,320	1,790	7,350	14,830	4,480	1,770

* 방역 검사 현황 중 검사증명서의 유효 기간이 경과하여 재검사를 신청한 경우와 일부 양식장에서 중복 방역 검사를 신청하는 경우도 있어 검사 신청 건수와 수량이 일부 중복 계산된 경우도 있을 수 있음

Table 4. 연도별 양식용 수산 종자 방역 검사 신청 건수 (최근 5년)

구 분		계	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
계	건수	1,320	200	250	330	263	277
	마리수 (천마리)	552,652	106,125	121,700	106,061	102,546	116,220
도외 종자 방역 검사	건수	878	123	174	246	174	161
	마리수 (천마리)	149,376	23,300	32,915	37,901	30,180	25,080
도내 종자 방역 검사	건수	442	77	76	84	89	116
	마리수 (천마리)	403,276	82,825	88,785	68,160	72,366	91,140

3. 방역 검사 신청 현황 분석 (원산지)

도외에서 생산된 수산 종자 방역 검사 현황 분석 결과 2016년 수산 종자 검사가 신청된 지역은 강원, 경기, 경남, 경북, 인천, 전남, 전북, 충남 지역이었으며, 그 중 충남 지역이 약 49%인 79건으로 가장 많이 신청되었다. 그러나 전남지역 신청량은 지난해에 비해 47% 감소한 것으로 확인되었으며, 최근 5년간 도외 생산 수산 종자 신청이 가장 많이 된 지역은 전남지역으로 약 42%인 375건이 신청된 것을 확인할 수 있었다 (Table 5).

Table 5. 원산지별 양식용 수산 종자 방역 검사 신청 건수 (최근 5년)

건 수	계	2012년 건수,(천마리)	2013년 건수,(천마리)	2014년 건수,(천마리)	2015년 건수,(천마리)	2016년 건수,(천마리)
계	878 (149,376)	123 (23,300)	174 (32,915)	246 (37,901)	174 (30,180)	161 (25,080)
강원지역	5 (500)	-	1 (130)	1 (150)	-	3 (220)
경기지역	42 (6,830)	13 (1,850)	-	9 (1,430)	17 (2,710)	3 (840)
경남지역	53 (8,520)	10 (2,000)	23 (4,110)	13 (1,410)	6 (910)	1 (90)
경북지역	9 (1,750)	-	-	5 (850)	2 (350)	2 (550)
인천지역	7 (730)	-	2 (200)	2 (380)	-	3 (150)
전남지역	375 (60,966)	32 (5,930)	94 (17,765)	123 (18,391)	74 (12,300)	52 (6,580)
전북지역	66 (11,540)	19 (4,200)	7 (1,230)	19 (2,440)	3 (760)	18 (2,910)
충남지역	321 (58,540)	49 (9,320)	47 (9,480)	74 (12,850)	72 (13,150)	79 (13,740)

4. 방역 검사 신청 현황 분석 (어종)

도내·외 방역 검사 신청에 따른 어종별 건수는 대부분 넙치 입식을 위한 방역 검사로서 265건으로 95%이상을 차지하였으며, 돌돔과 강도다리 검사 신청은 3건과 9건으로 확인되었다. 그 중 돌돔 검사 건수는 2015년 10건에 비해 감소하였으며, 특이사항으로는 강도다리 검사 건수가 9건 (5,800천마리)으로 크게 증가하였다 (Table 6).

Table 6. 양식용 수산 종자 어종별 방역 검사 현황 (최근 5년)

구 분	계	2012년 건, (천마리)	2013년 건, (천마리)	2014년 건, (천마리)	2015년 건, (천마리)	2016년 건, (천마리)
계	1,320 (552,652)	200 (106,125)	250 (121,700)	330 (106,061)	263 (102,546)	277 (116,220)
넙 치	1,258 (535,682)	199 (105,925)	236 (118,170)	309 (103,331)	249 (99,226)	265 (109,030)
돌 돔	27 (8,210)	-	8 (2,650)	6 (1,800)	10 (2,370)	3 (1,390)
참 돔	1 (20)	-	1 (20)	-	-	-
강도다리	24 (8,440)	1 (200)	5 (860)	6 (680)	3 (900)	9 (5,800)
터 봇	10 (300)	-	-	9 (250)	1 (50)	-

5. 월별 출하 및 수산종묘 입식현황 분석

도내 양식의 출하 동향과 방역 검사 현황을 분석해 보면 양식 넙치 출하량이 많았던 시기는 3월과 4월로 각각 2,330톤과 2,359톤이 출하되었으며, 양식용 수산 종자 방역 검사 건수 및 신청량은 4월과 5월 그리고 10월에 집중되어 있는 것으로 확인되었다 (Table 7) 이는 3월과 4월 중 양식넙치 출하 증가가 종자 입식에도 영향을 준 것으로 분석된다.

Table 7. 2016년도 도내 양식 광어 출하 동향 및 양식용 수산 종자 방역 검사 현황

구	분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
출하 현황	내수 (톤)	21,322	1,907	2,039	1,987	2,149	2,181	1,914	1,335	1,474	1,037	1,509	1,790	2,000
	수출 (톤)	2,521	209	199	199	181	178	155	185	261	239	252	227	236
	계	23,843	2,116	2,238	2,186	2,330	2,359	2,069	1,520	1,735	1,276	1,761	2,017	2,236
도외 종자 방역 검사	건수 (개소)	161	2	-	18	31	23	18	6	9	6	13	11	24
	마리수 (천마리)	25,080	310	-	3,220	5,700	2,740	2,430	730	1,720	1,640	1,850	1,310	3,430
도내 종자 방역 검사	건수 (개소)	116	1	6	10	13	18	17	9	6	8	13	10	5
	마리수 (천마리)	91,140	500	6,410	6,210	19,380	15,160	7,940	5,320	1,790	7,350	14,830	4,480	1,770

※ 월별 출하현황은 제주어류양식수협 홈페이지 “2016년도 활넙치 출하동향” 을 참고한 자료임.

본 조사 결과 2014년 이후 전체 방역 검사 건수 및 검사 신청량을 보면 도내 생산 종자에 대한 비중이 계속 증가하고 있는 것으로 확인되고 있으며, 강도다리 입식을 위한 방역 검사 신청 증가는 넙치 외 양식 어종의 다변화를 위한 양식어가의 관심 증가가 원인으로 사료된다.

또한, 본 조사는 양식용 종자 입식 전 방역 검사에 대한 결과를 토대로 분석한 것으로써 실제 입식 현황과는 다소 차이가 있을 수 있으나 전반적인 종자 입식 동향 파악에는 의미 있는 자료로 사료되어 진다.

Ⅳ. 참고문헌

수산생물병성감정지침서, 2013, 국립수산과학원

해양수산현황, 2016, 제주특별자치도

Kudoa septempunctata genotype ST3 포자의 ddY suckling mice 투여 시 영향

장영환[1] · 안미정[2] · 방효진[3] · 원승환[1] · 강봉조[1]

[1]제주특별자치도 해양수산연구원, [2]제주대 의학전문대학원, [3]제주대 수의과대학

Ⅰ. 서 론

양식 수산업 생산품은 전 세계 많은 사람들의 영양원으로 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 이러한 제품들이 적절한 위생 처리가 되지 않는다면 소비자들은 식품 속에 포함되어 있는 미생물 즉, 세균, 바이러스, 기생충 그리고 biotoxin 등에 의한 식중독 위험에 노출되게 된다(FAO, 2009).

점액포자충인 90여종의 *Kudoa* 속은 해양 척추동물의 근육, 생식소, 장 등에 감염되는 것으로 보고되고 있으며(Eiras et al.,2014; Mansour et al., 2013, Yurakhno et al., 2007), 일부 쿠도아 종은 근육에 감염되어 있는 cysts에 의해 근육이 융해되어 상품가치를 떨어뜨리는 “jelly meat”를 초래하여 수산식품 산업에 심각한 경제적 손해를 나타내고 있다(Moran et al., 1999).

또한, 점액포자충은 일반적으로 인체에 무해한 것으로 고려되지만 일부 *Kudoa* 종은 사람에게 알러지 반응을 일으키는 원인이 되기도 한다(Martínez et al., 2008).

Kudoa septempunctata 포자는 2010년 Matsukane 등에 의해 6개 또는 7개의 shell valve와 polar capsule로 구성되는 것으로 알려져 있으며 (Matsukane et al., 2010), 넙치에서 분리된 *K. septempunctata* 포자는 ddY suckling mice에 설사를 일으키는 것으로 의심되고 있다 (Kawai et al., 2012). 이러한 감염 메커니즘은 *Kudoa* 포자로부터 sporoplasm이 방출되어 사람의 장에 도달하게 되며, sporoplasm이 인체 장세포 막을 침입한 후 심각한 상처를 야기시킨다고 보고되고 있다(Ohnishi et al., 2013).

*K. septempunctata*는 3가지 형태인 ST1, ST2, ST3 genotype으로 구분되며, ST1과 ST2 type은 대부분 일본에서 분리되고, ST3 type은 한국에서 일본으로 수출된 넙치에서 확인되고 있다(Takeuchi et al., 2015).

*K. septempunctata*의 mitochondrial genome은 분류학적으로 중요한 2개의 유전자인 cytochrome c oxidase subunit rRNA (*cox* 1)와 large subunit rRNA gene (*rnl*)을 포함하

며, *cox 1*과 *rnl* 유전자는 6개와 2개의 single -nucleotide polymorphism 차이를 나타낸다 (Takeuchi et al., 2015). 이러한 genotype ST1은 *cox 1*-1과 *rnl*-1, ST2는 *cox 1*-2과 *rnl*-2 그리고 ST3는 *cox 1*-3과 *rnl*-2를 포함하고 있다.

추가로 *K. septempunctata* genotype ST3 포자를 투여한 adult BALB/c mice는 정상적인 분변 상태를 보였으며, 분변에서 Real-time PCR을 이용한 검사 시 *K. septempunctata* 18S rDNA gene이 검출되었다. 이는 *Kudoa* 포자가 마우스의 gastrointestinal tract을 통과한 후 배출되는 동안 마우스는 어떤 병리학적 변화도 보이지 않았음을 알 수 있었다(Ahn et al., 2015).

또한, 최근에는 점액포자충인 *Myxobolus honghuensis* 포자를 BALB/c suckling mice에 투여한 결과 설사 증상 및 fluid accumulation (FA) 증가를 보이지 않았으며, 이러한 결과는 *M. honghuensis* 포자가 BALB/c suckling mice에 병원성을 일으키는 않는 것을 확인하였다(Guo et al., 2015).

Protozoan 기생충은 숙주에 감염 시 초기 면역 반응 인자인 tumour necrosis factor (TNF), interleukin 1 (IL-1)과 IL-6의 반응을 유도하며 (Stadnyk et al.,1991), 이들 cytokine들은 specific T cell과 항체 생산으로 기생충의 생존을 막는 역할을 한다(Titus et al., 1991).

기생충의 감염과 관련된 실험에서는 임상 증상인 설사와 fluid accumulation (FA) ratio의 증가를 신속하게 보여주는 suckling mice를 이용한 연구가 되어왔으며(Dean et al., 1972), Kawai 등은 ddY suckling mice를 이용하여 *K. septempunctata* 포자의 병원성과 일본에서의 식중독과의 관계에 대한 연구를 수행하였다(Kawai et al., 2012). 또한, Takeuchi 등은 *K. septempunctata*의 세 개의 다른 유전형은 인체에 다른 병원성을 나타내는 것으로 분류하였다.

본 연구에서는 제주도 넙치에 우점인 *K. septempunctata* genotype ST3의 병원성 규명을 위해 ddY suckling mice를 이용한 조직학적 분석, 장내 독소 검사, 면역 유전자 반응 및 대변 검체의 현미경 검경을 이용하여 병원성을 평가하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

Animal model and ethics

Specific-pathogen-free (SPF) ddY mice를 Inasa Production Facility (SLC, Hamamatsu, Japan)에서 구입하였으며, Laboratory Animal Facility at Jeju National University에서

사육하였다. 또한, 모든 실험 동물은 Jeju National University Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (Permit Number: 2015-0013)에 따라 수행하였다.

Spore preparation

*K. septempunctata*에 감염된 넙치 샘플들은 제주도에 위치한 양식장으로부터 채집되었고, 이들 넙치들은 400배 배율을 이용한 현미경 검경과 Real-time PCR을 이용해 *Kudoa* 포자 감염을 확인하였다(Kawai et al., 2012).

K. septempunctata 포자의 genotype 분석을 위해 conventional PCR을 이용하여 두 개의 mitochondrial gene인 cytochrome c oxidase subunit I (*cox 1*)과 large subunit rRNA (*rnl*)을 증폭하였으며(Takeuchi et al., 2015), 유전자 증폭의 오염 여부를 확인하기 위해 Negative controls을 사용하였다. PCR product는 ABI 3730XL DNA analyser로 염기서열 분석 후 MEGA v. 5.1.을 통해서 최종 확인하였다.

현미경 검경 결과 10^5 포자/ g 이상 감염 농도가 확인된 경우 Ahn 등의 방법에 따라 포자 분리를 실시하였으며 (Ahn et al., 2015), haematoxylin-eosin staining (H-E염색)을 위해 formalin에 감염 조직을 고정하였다. 분리된 *Kudoa* 포자는 phosphate-buffered saline (PBS)를 이용하여 5×10^6, 5×10^7 포자/ 100㎕ 농도로 조절한 후 일부 쿠도아 포자액은 95℃로 10분간 가열하였으며, 또한 분리된 포자는 trypan blue exclusion test를 통해 viability를 측정하였다(Strober, 1991).

Suckling mouse experimental design

Kudoa septempunctata 포자 감염 실험은 165 마리 ddY suckling mice (4-5일령)를 사용하였으며, 4개의 그룹인 100㎕의 PBS (n = 60), 5×10^6 heat-treated *Kudoa* 포자/ 100 ㎕ (n = 35), 5×10^6 *Kudoa* 포자/ 100㎕ (n= 60), 5×10^7 *Kudoa* 포자/ 100㎕ (n= 10)로 구분하였다.

모든 마우스는 oral injection needle을 이용해 *Kudoa* 포자를 위 내로 직접 투여한 후 5일 동안 25℃로 유지하였다.

Fluid accumulation (FA) ratio

접종 후 0, 1.5, 3, 6, 9, 12, 24시간 동안 고농도의 살아 있는 *Kudoa* 포자를 투여한 그룹을 제외한 그룹에서 5마리씩 경추파열법을 이용하여 위장관을 샘플링하였으며, FA ratio는 weight of stomach plus intestines/(total body weight weight of stomach plus intestines)을 이용하여 측정하였다(Baselski et al., 1977).

Bowel movements

K. septempunctata 포자의 영향에 의한 suckling mice의 bowel movements는 heat-treated 포자를 투여한 그룹을 제외한 그룹에서 10마리씩 측정하였다. 실험 마우스는 filter paper 위에서 25℃를 유지 시킨 후 24시간 동안 관찰하였으며, 시간에 따른 Bowel movements 측정을 위해 faecal 수의 비율과 stool 형태를 기록하였다. 또한 수집된 faecal에서 *Kudoa* 포자를 확인하였다(Guo et al., 2015).

Quantitative PCR and immune gene expression analysis

면역 반응 분석을 위한 조직 채취는 PBS와 5×10^6 *Kudoa* 포자를 투여한 그룹에서 6, 12, 24, 48, 72, 120시간 마다 5마리의 마우스로 부터 small intestine을 채취하였으며, RNA 추출과 cDNA 합성은 RNeasy Plus Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany)과 Superscript III Reverse Transcriptase (RT; Invitrogen, Waltham, MA, USA)를 사용하였다.

Proinflammatory (TNFa, IL-6) cytokine gene은 SYBR Green qPCR을 이용하여 측정하였으며, internal control gene으로는 b-actin을 사용하였다(Packiam et al., 2010). 면역 발현 측정 결과 분석은 MX Pro-Mx3000P Multiplex Quantitative PCR System software (Stratagene, La Jolla, CA, USA)와 $2^{\triangle\triangle Ct} = 2^{(\triangle Ct\ (test)_\triangle Ct\ (b\text{-}actin))}$를 사용하였다 (Livak et al., 2001).

qPCR detection of K. septempunctata

K. septempunctata 18S ribosomal DNA 검출은 Real-time qPCR을 이용하였으며 (Kawai et al., 2012), DNA 추출은 PBS와 5×10^6 *Kudoa* 포자를 투여한 그룹의 5마리로부터 여러 내부 기관과 stool을 현탁한 후 필터하여 시료로 사용하였다. QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Venlo, Netherlands)로 추출된 DNA는 TaqMan Universal PCR Master Mix (Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA)와 Kawai 등이 사용했던 primer를 이용하여 측정하였다 (Kawai et al., 2012). 또한 *K. septempunctata*의 gene copy number는 standard curve method를 사용하여 계산하였다.

Histological studies

조직학적 분석을 위해 모든 실험 동물 조직을 10% neutral buffered formalin에 고정한 후 paraffin embedding 과정을 실시하였으며, paraffin-embedded

조직은 rotary microtome (Leica, Germany)을 이용하여 5 ㎛의 두께로 절단하였다.

절단된 조직은 haematoxylin과 eosin을 이용해 염색한 후 조직학적 관찰을 실시하였다.

Statistical analyses

각 그룹의 분석된 parameter의 mean ± SD를 측정하였으며, Two-sample Student’s t-tests을 사용하여 각 experimental 그룹과 control 그룹과의 차이를 비교하였다. 또한, 두 그룹간의 차이는 P <0.05에서 유의한 것으로 간주되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

*Kudoa septempunctata*는 제주지역 넙치 양식장에서 채집된 근육조직에서 분리한 후 현미경 검경과 염기서열 분석을 통해 strain을 결정하였다. Fig. 1은 *K. septempunctata*에 감염된 넙치 조직으로 섬유증이나 염증 등 어떠한 증상도 보이지 않았다. 또한, 분리된 *Kudoa* 포자는 6 또는 7개의 shell valve와 polar capsule (Fig. 4A)을 가지고 있음을 확인 할 수 있었으며, 선행 연구 보고와 일치함을 확인할 수 있었다(Ahn et al., 2015). 그리고, 분리된 *K. septempunctata*의 mitochondrial gene인 *cox 1*과 *rnl* 분석 결과 *cox 1*-3, *rnl*-2에 속하는 것으로 확인되어 제주지역에서 분리된 *K. septempunctata*는ST3 genotype임을 확인하였다(Takeuchi et al., 2015).

Kudoa 포자를 3개 그룹에 경구 투여한 후 24시간 동안 모니터링한 결과 FA ratio는 유의성을 보이지 않았으며 (Fig. 2), 그 값은 active *Kudoa* 포자를 투여한 그룹은 0.060 ± 0.003, inactivated *Kudoa* 포자를 투여한 그룹은 0.062 ± 0.003 마지막으로 PBS를 투여한 그룹은 0.061 ± 0.002로(Fig. 2) FA ratio가 0.070 보다 작으면 음성으로 판정된다는 선행 연구 보고에 따라 *Kudoa* 포자는 bowel movements에 영향을 주지 않았음을 확인하였다(Dean et al., 1972). 이러한 FA ratio는 어떤 enterotoxin을 경구 투여한 후 나타나는 설사 반응을 직접적으로 평가할 수 있으며, infant mice를 이용한 선행 연구에서도cholera strains의 설사 유발을 확인하였다(Baselski et al., 1977).

Bowel movements 확인 결과 모든 그룹의 마우스에서 0.8 (PBS과 higher -dose spores)과 0.9(lower-dose live spores)(Table 1; Fig. 3)를 나타내었고, watery stool 등의 설사 증상은 확인되지 않아 기존에 보고된 점액포자충인 *Myxobolus honghuensis*를 suckling mice에 투여한 결과와 일치함을 확인하였다 (Guo et al., 2015).

선행 연구에서 보고되었던 *K. septempunctata* 포자로부터 sporoplasm이 방출됨으로써 세포에 독성을 일으킨다는 메커니즘과는 달리 개별 마우스에서 수집된 faeces를

wet smear 제작 후 현미경 검경 결과 live *Kudoa* 포자를 투여한 그룹에서 완전한 형태의 *K. septempunctata* 포자가 확인되었으며 (Fig. 4B), *Kudoa* 포자의 현미경 검경과 18S ribosomal DNA gene의 qPCR 검출은 경구투여 후 6시간(Ct value: 37.74)부터 24시간 (Ct value: 43.68)까지 faecal에서만 확인 되어, 기존 보고와 일치함을 확인하였다 (Ahn et al., 2015).

Suckling mice의 small intestine 조직의 현미경 검경 결과 inflammation과 necrosis 등의 병리학적인 변화는 없었으며(Fig. 5), 본 연구를 통해 *K. septempunctata* 포자가 ddY suckling mice에 어떠한 병리학적 변화도 일으키지 않았음을 확인할 수 있었다.

proinflammatory cytokine인 TNFa와 IL-6 발현은 real-time PCR로 측정하였으며 (Fig. 6), TNFa, IL-6는 두 개의 측정 그룹에서 투여 후 6시간에서 7시간 동안 상승을 하였으나, 24시간째는 낮아지는 결과를 확인 할 수 있었다. 이들 결과는 마우스에 *Trichinella spiralis* 감염 시 감염 농도에 따라 면역 발현을 보인다는 결과 (Frydas et al., 1996)와 반대로 *Kudoa* 포자가 suckling mice 투여돼도 마우스의 면역 반응에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

종합적으로 볼 때 본 연구에서는 제주지역 양식넙치에서 분리된 *K. septempunctata* strain ST3는 ddY suckling mice에 설사를 일으키지 않았으며, 인체에 병원성을 유발할 시킬 수 있는 *K. septempunctata* strain ST1과 ST2에 대한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

Table 1. Phosphate-buffered saline (PBS), 5×10^6, 5×10^7 spores/mouse 농도의 *K. septempunctata* 투여 24시간 후 suckling mice의 Bowel movements 결과

Group	Body weight (g)	No. feces/ Tested mice	FA ratio	Watery stool form/ Inoculated mice
PBS	2.789 ± 0.355	0.8 (8/10)	0.061 ± 0.002	0/10
5×10^6 spores/mouse	2.744 ± 0.364	0.9 (9/10)	0.062 ± 0.003	0/10
5×10^7 spores/mouse	2.597 ± 0.287	0.8 (8/10)	0.060 ± 0.003	0/10

FA ratio: fluid accumulation ratio, calculated from all of the tested animals in each group. Hpi: hours post-ingestion.

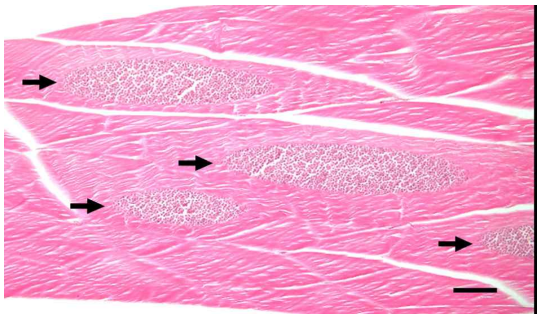


Figure 1. 넙치의 근육 조직 내 감염되어 있는 *Kudoa* 포자.
Arrows indicate infection with *K. septempunctata* spores. Haematoxylin and eosin staining. Scale bar = 100 ㎛.

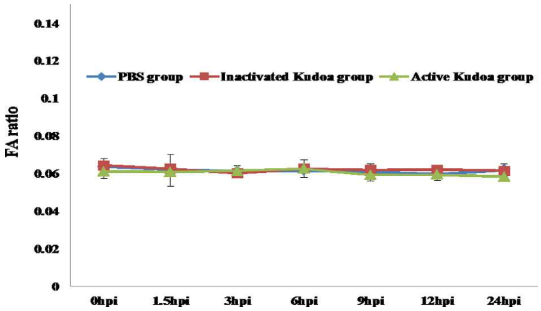


Figure 2. Phosphate-buffered saline, 5×10^6 inactivated spores/mouse, 5×10^6 active spores/mouse 투여 시 ddY suckling mice의 fluid accumulation (FA) ratio 변화. Means of FA ratios ± standard deviation for five mice are shown. No significant differences ($P < 0.05$) were found at any time interval. Hpi: hours post-ingestion.

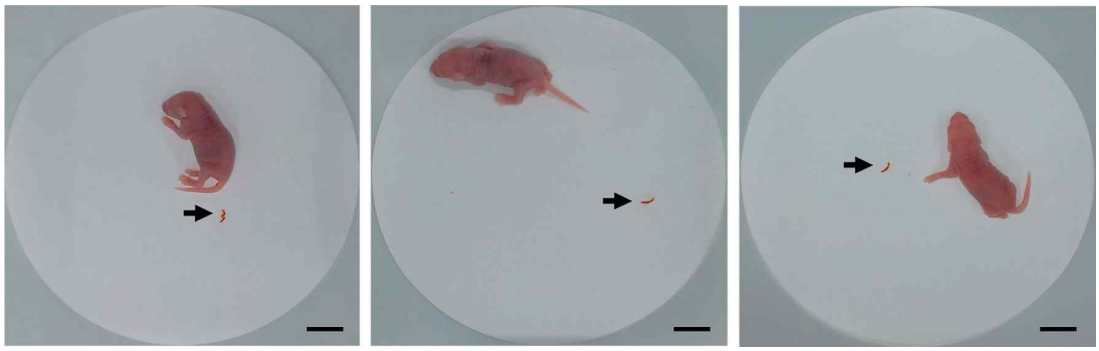


Figure 3. PBS (A)와 live *Kudoa* 포자 투여 24시간 (25℃) 후 suckling mice의 bowel movements (B and C).
Each arrow represents faeces. Scale bars = 10 mm.

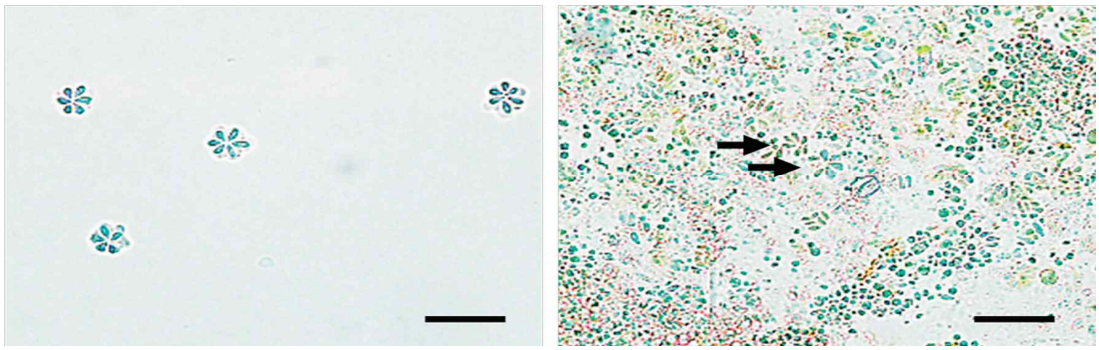


Figure 4. *K. septempunctata* 포자를 투여한 그룹의 suckling mice로부터 수집된 faecal wet smear(unstained) 내 *Kudoa* 포자. (A) 경구 투여 용액 내 *K. septempunctata* 포자. (B) 경구 투여 12 시간 후 faeces 내 *Kudoa* 포자. Scale bar = 20 ㎛.



Figure 5. Phosphate-buffered saline 투여 24 시간 후 suckling mice의 small intestines 조직 (A), 5×10^6 *K. septempunctata* 포자/mouse 투여 시 suckling mice의 small intestines 조직 (B) 5×10^7 *K. septempunctata* 포자/mouse 투여 시 suckling mice의 small intestines 조직 (C). A-C: Haematoxylin and eosin staining.
Scale bars = 50 ㎛.

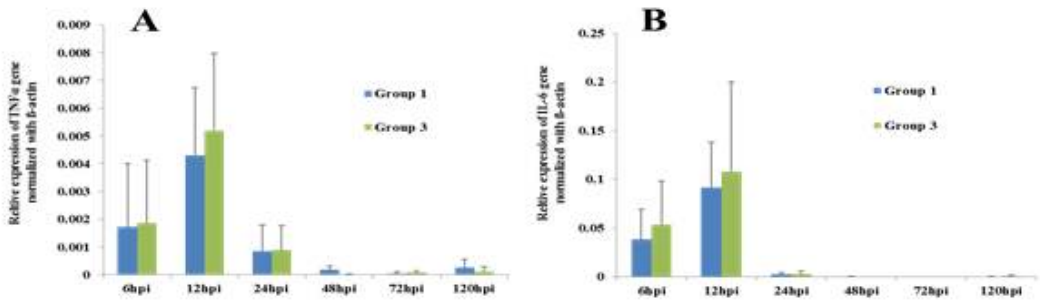


Figure 6. Phosphate-buffered saline, 5×10^6 *K. septempunctata* 포자/mouse 투여 시 suckling mice의 proinflammatory cytokine 발현. Tumour necrosis factor (TNFa) (Fig. 6A)와 interleukin 6 (IL-6) (Fig. 6B)의 발현 정도는 SYBR green quantitative polymerase chain reaction으로 측정하였으며, b-actin을 internal control로 사용함.
면역 유전자의 상대적인 mRNA 발현은 $2^{\triangle Ct}$ method를 이용하여 측정함 (the Ct value of the target immune gene minus the Ct value of the b-actin gene).
Relative levels of immune gene mRNA were analysed by the $2^{\triangle Ct}$ method (the Ct value of the target immune gene minus the Ct value of the b-actin gene). Data are
presented as means ± standard deviation.

Ⅳ. 참고문헌

Ahn MJ, Woo HC, Kang BJ, Jang YH, Shin TK. 2015. Effect of oral administration of Kudoa septempunctata genotype ST3 in adult BALB/c mice. Parasite, 22, 35.

Baselski V, Briggs R, Parker C. 1977. Intestinal fluid accumulation induced by oral challenge with Vibrio cholerae or cholera toxin in infant mice. Infection and Immunity, 15, 704-712.

Dean AG, Ching YC, Williams RG, Harden LB. 1972. Test for Escherichia coli enterotoxin using infant mice: application in a study of diarrhea in children in Honolulu. Journal of Infectious Disease, 125, 407-411.

Eiras JC, Saraiva A, Cruz C. 2014. Synopsis of the species of Kudoa Meglitsch, 1947 (Myxozoa: Myxosporea: Multivalvulida). Systematic Parasitology, 87, 153-180.

Food and Agriculture Organization. 2009. Guidelines for riskbased fish inspection, FAO Food and Nutrition paper 90, Rome.

Frydas S, Karagouni E, Dotsika E, Reale M, Barbacane RC, Vlemmas I, Anogianakis G, Conti P. 1996. Generation of TNF alpha, IFN gamma, IL-6, IL-4 and IL-10 in mouse serum from trichinellosis: effect of the anti-inflammatory compound 4-deoxypyridoxine (4-DPD). Immunology Letters, 49(3), 179-184.

Guo Q, Jia L, Qin J, Li H, Gu Z. 2015. Myxozoans and our dinner table: pathogenicity studies of Myxobolus honghuensis (Myxosporea: Bivalvulida) using a suckling mice model. Foodborne Pathogens and Disease, 12, 653-660.

Kawai T, Sekizuka T, Yahata Y, Kuroda M, Kumeda Y, Iijima Y, Kamata Y, Sugita-Konishi Y, Ohnishi T. 2012. Identification of Kudoa septempunctata as the causative agent of novel food poisoning outbreaks in Japan by consumption of Paralichthys olivaceus in raw fish. Clinical Infectious Disease, 54, 1046-1052.

Livak KJ, Schmittgen TD. 2001. Analysis of relative gene expression data using Real-Time quantitative PCR and the 2-△△Ct method. Methods, 25, 402-408.

Mansour L, Thabet A, Chourabi K, Harrath AH, Gtari M, Omar SY, Hassine OKB. 2013. Kudoa azeve n. sp. (Myxozoa, Multivavulida) from the oocytes of the Atlantic horse mackerel Trachurus trachurus (Perciformes, Carangidae) in Tunisian coast. Parasitology Research, 112, 1737-1747.

Martínez de Velasco G, Rodero M, Cuéllar C, Chivato T, Mateos JM, Laguna R. 2008. Skin prick test of Kudoa sp. antigens in patients with gastrointestinal and/or allergic symptoms related to fish ingestion. Parasitology Research, 103, 713-715.

Matsukane Y, Sato H, Tanaka S, Kamata Y, Sugita-Konishi Y. 2010. Kudoa septempunctata n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida) from an aquacultured olive flounder (Paralichthys olivaceus) imported from Korea. Parasitology Research, 107, 865-872.

Moran JDW, Whitaker DJ, Kent ML. 1999. A review of the myxosporean genus Kudoa Meglitsch, 1947, and its impact on the international aquaculture industry and commercial fishery. Aquaculture, 172, 163-196.

Ohnishi T, Kikuchi Y, Furusawa H, Kamata Y, Sugita-Konishi Y. 2013. Kudoa septempunctata invasion increases the permeability of human intestinal epithelial monolayer. Foodborne Pathogens and Disease, 10, 137-142.

Packiam M, Veit SJ, Anderson DJ, Ingalls RR, Jerse AE. 2010. Mouse strain-dependent differences in susceptibility to Neisseria gonorrhoeae infection and induction of innate immune responses. Infection and Immunity, 78, 433-440.

Strober W. 1991. Trypan blue exclusion test for cell viability, in Current Protocol in Immunology. Coligan JE, Kruisbeek AM, Shevach DH, Strober W, Editors. Wiley: New York. p. A.3.3-4.

Stadnyk AW, Gauldie J. 1991. The acute phase protein response during parasitic infection. Immuno-Parasitology Today, 12, A7-A12.

Takeuchi F, Ogasawara Y, Kato K, Sekizuka T, Nozaki T, Sugita-Konish Y, Ohinishi T, Kuroda M. 2015. Genetic variants of Kudoa septempunctata (Myxozoa: Multivalvulida), a flounder parasite causing foodborne disease. Journal of Fish Diseases, in press, DOI: 10.1111/jfd.12395.

Titus RG, Sherry B, Cerami A. 1991. The involvement of TNF, IL-1 and IL-6 in the immune response to protozoan parasites. Immunology Today, 12, A13-A16.

Yurakhno VM, Ovcharenko AS, Holzer AS, Sarabeev VL, Balbuena JA. 2007. Kudoa unicapsula n. sp. (Myxosporea: Kudoidae) a parasite of the Mediterranean mullets Liza ramada and L. aurata (Teleostei: Mugilidae). Parasitology Research, 101, 1671-1680.

어류 종자생산 및 자원조성

오성립 · 강형철 · 홍성완

돌돔 종자생산

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 농어목 돌돔과에 속하는 어종으로 전 세계적으로 6종이 보고되어 있으나 우리나라에는 돌돔, 강담돔 2종만이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 이 종은 온대성 어류로 우리나라 전 연안 특히 제주도를 포함한 남해안, 일본 및 중국 연안의 암초지역에 주로 서식하며, 체색은 밝은 회흑색 바탕에 눈부터 꼬리지느러미까지 6~7개의 검은 가로줄 무늬가 있다. 이러한 띠는 성장하여 어미가 되었을 때 암컷과 수컷을 구별하는 좋은 판단 기준이 된다. 산란기가 되면 암컷은 가로줄 무늬가 분명하게 남아 있지만 수컷은 점차 소멸되어 버리며, 주둥이가 검게 변한다. 산란기는 4~7월이며, 최소 성숙체장은 수컷은 전장 13.3㎝(만 1년) 암컷은 23.8㎝(만 2년)로서 수컷의 성숙이 빠르며 해질 때를 중심으로 연안에서 산란한다.

돌돔 양식은 1990년대 중반부터 넙치, 조피볼락과 더불어 유망 양식품종으로 인식되면서 종자생산이 활발히 이루어져 왔으나, 남해안 지역의 해상 가두리 등에서 겨울철 사육수온 저하에 따른 질병감염 등으로 월동이 힘들어 돌돔양식이 활성화 되지 않았었다. 그러나 일부 수정란 생산 업체에서 수온 및 광주기 조절에 의한 조기 수정란 생산에 성공하면서 보통 1~2월에 종자생산이 이루어져 당년어를 상품으로 판매하는 돌돔 양식이 이루어지고 있으며, 특히 제주도에서는 육상양식장에서의 양성뿐만 아니라 정착성 어종의 자원회복방안의 일환으로 자원조성 어종으로 매년 많은 양의 치어들이 방류되고 있다. 이에 따라 우리 연구원에서도 고소득 연안 정착성 어류자원 조성 및 어민소득 향상을 도모하기 위한 방안으로 돌돔 종자생산이 이루어지고 있는데, 이 보고서에서는 건강한 돌돔 치어를 방류하기위한 연구원에서 수행했던 2016년 종자생산에 대하여 기술하였다.

1. 어미관리

돌돔 어미의 먹이는 시판용 EP사료를 1일 1회 공급하였고, 수정란의 난질을 향상시키기 위하여 산란이 이루어지기 2개월 전부터 패각이 제거된 굴을 매일 1회 EP 사료와 병행하여 공급하였다.



돌돔 어미관리수조



돌돔 수정란 집란조

2. 수정란 생산

수정란은 수정란 집란조에 설치된 사각 가두리내에 모이게 한 후 매일 아침 9시경에 수거하였다. 수거된 수정란은 비이커에 해수와 함께 넣은 후 부상란과 침하란을 구분하여 산란량을 측정하였으며, 수정란의 계수는 용적법으로 하여 1㎖ 당 1,500개로 계수하였다. 부상률은 총 산란량에 대한 부상란량의 백분율로 계산하였다. 2016년 돌돔 어미 첫 산란은 4월 22일에 시작하여 7월 9일까지 총 79일 동안 산란이 일어났다. 산란기간 동안 총 산란량은 183,300㏄(274,950천개)이었으며, 평균 부상률은 52.1%였다. 1일 평균 산란량은 2,320㏄(3,480천개)이었고, 1일 최대 산란량은 10,800㏄(16,200천개)이었다. 부화율은 100여개의 부상란 중 부화완료시 미부화란 수를 계수하여 계산하였으며, 평균 부화율은 90.0%이었다.

3. 종자생산

수정란은 발생도중 죽는 수정란을 분리하기 위해 부상란만을 수거하여 0.5ton 유수식 수조에 설치된 네트에 24시간 동안 넣어 발생도중 죽는 수정란을 분리한 후 부상란만을 종자생산에 사용하였다.

종자생산용 사육수조는 35톤, 50톤 콘크리트 수조를 이용하였다. 돌돔 수정란은 부화조에 수용하기 전 어병검사를 실시하여 이리도바이러스에 음성인 수정란만을 종자생산에 이용하였으며, 사육수 1톤당 수정란 10,000~15,000립 정도의 밀도로 수용하였다. 수정란 수용당시 발생단계는 배체형성기였으며, 수온은 18.0℃이었다. 통기는 난이 고루 분산될 정도의 에어를 약하게 공급하였으며, 용존산소의 농도를 높여주기 위하여 액체산소를 공급하였다.

사육수의 수온은 수조내 설치한 티타늄파이프를 이용하여 사육수온을 유지하여 주었고, 부화직후부터 서서히 가온하기 시작하여 하루에 약 1℃씩 올려 주었으며, 부화 후

4일째부터 약 25℃ 내외를 유지하였다.

돌돔 자·치어의 성장에 따른 먹이공급은 그림 1과 같다. 부화자어의 구경 크기가 다른 해산어류에 비해 작기 때문에 사육수조내에서 로티퍼의 증식을 통한 갓 부화한 로티퍼를 자어가 쉽게 섭식할 수 있도록 부화 후 1일부터 10 ~ 15개체/㎖ 밀도로 공급하였다. 로티퍼 공급은 수조내 로티퍼 밀도를 수시로 확인하면서 부화 후 27일까지 공급하였으며, 알테미아는 일령 17일부터 36일까지, 배합사료는 일령 24일부터 소량 공급하기 시작하여 점차 증가시켜 나갔다.


부화 후 3일


부화 후 7일


부화 후 20일


부화 후 28일


부화 후 56일

부화직후 자어의 평균 전장은 약 2.04 ㎜이었으며, 유구는 1개가 존재하고, 황색소포체가 복부에 나타났으며, 입과 항문은 열려있지 않았다. 돌돔 자어는 부화 후 2일부터 먹이를 섭식하는 행동을 보이기 시작하면서 부화 후 3일부터 수조 가장자리를 따라 군집을 형성하면서 먹이를 섭식하기 시작하였다. 부화 10일 이후부터 두부가 몸에 비해 점점 커지고, 막상의 지느러미가 융기하기 시작하며, 부화 20일을 전후하여 꼬리지느러미가 완성된다. 돌돔 종자생산 기간 중 7~10일째 1차 대량 감모현상이 발생하는데 이는 돌돔 자어가 난황흡수를 마치고 외부로부터 먹이를 공급받기 시작한 이후 가장 왕성하게 섭식하는 시기에 구경 size에 적합한 로티퍼를 충분하게 공급하지 못한 원인과 로티퍼의 영양적 불균형으로 대량감모 현상이 발생하는 것으로 추정하고 있다. 이번 돌돔 종자생산과정에서도 부화 후 8~11일째에 급격한 감모 현상이 발생하였는데 이러한 것은 초기 먹이공급 및 수조내에서 부화한 어린 로티퍼를 섭식하면서 자어의 영양학적 불균형 등의 원인으로 생각된다. 그리고 세로무늬 띠가 형성되는 변태 시기인 부

화 후 20일을 전후로 2차 대량 감모가 발생하는데 이러한 현상은 부레팽창에 의한 폐사와 생물사료에서 배합사료로 전환하는 과정에 사육수질 악화 등 복합적인 원인에 의해 대량 감모현상이 발생하는 것으로 추정하고 있다.

2016년 돌돔 종자생산 결과는 표 2와 같다. 생산된 돌돔 종자는 방류수산동물 전염병 검사를 실시한 후 제주 주변해역에 방류하였다(그림 1, 표 3).

표 2. 돌돔 종자생산 결과

수용일	수용량 (cc)	부화율 (%)	부화자어수 (천마리)	생산량 (천마리)	비 고
합 계	1,300	-	1,871	50	
5/11	400	97.0	582	55	
5/17	800	81.1	973	95	
6/27	750	91.9	1,033	150	

표 3. 돌돔 종자 방류 결과

방류일시	방류량 (천마리)	방류장소	방류방법	비고
합 계	300	6개소		
9월 12일	50	한경면 용수포구	연안방류	
	50	남원읍 태흥포구	가두리해체	바다적응 순치사육 후 방류
9월 13일	50	성산읍 오조항	연안방류	
12월 14일	50	남원읍 위미항	연안방류	
12월 15일	50	한경면 월령포구	연안방류	
12월 21일	50	우도(성산) 주변해역	선상방류	

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>용수 연안 방류</td><td>오조항 방류</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>남원읍 태흥 가두리 해체 방류</td><td>위미항 방류</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>월령포구 방류</td><td>성산~우도주변 해역 선상방류</td></tr>
</table>

그림 1. 2016년 돌돔 방류사진

말쥐치 종자생산

말쥐치는 복어목(Tetraodontiformes), 쥐치과(Monacanthidae)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안과 동중국해 등에 널리 분포하고 있다. 우리가 흔히 간식으로 즐겨먹는 수산가공건어물인 “쥐포”의 원료가 되는 어종으로 회와 조림 등 다양한 조리법이 있으며, 기호도가 높아 산업적 가치가 있는 어종이다. 말쥐치 어획량은 1980년 33만톤에서 꾸준히 감소하여 2014년도에는 2,400톤까지 감소하였으며, 제주도내의 어획량도 1990년 100톤에서 2014년 40톤으로 감소한 추세이다. 2000년도 이후 말쥐치 자원감소에 따른 양식생산이 진행되기 시작하여 2010년에는 515톤의 생산량을 나타냈으나, 수요를 충당하기에는 부족한 실정이다.

따라서 여기에서는 말쥐치 대량종자생산 구축을 목표로 2016년도 실시했던 말쥐치 종자생산 결과를 기술한다.

1. 종자생산

말쥐치 수정란은 2015년의 경우 도외 수정란 생산업체로부터 구입하여 종자생산에 이용하였으나, 금년도의 경우 2015년 구입한 어미로부터 직접 수정란을 생산하여 이용하였다. 말쥐치 어미는 지하해수와 냉수(히트펌프 냉각수)를 혼합하여 수온조절을 통해 성숙유도를 실시하였다. 수온조절은 2월 17일 수온 17℃에서 점차 냉수비율을 증가하여 14℃까지 하강시킨 후 다시 냉수비율을 감소시켜 5월 4일 18℃까지 상승시켰다(그림 1).

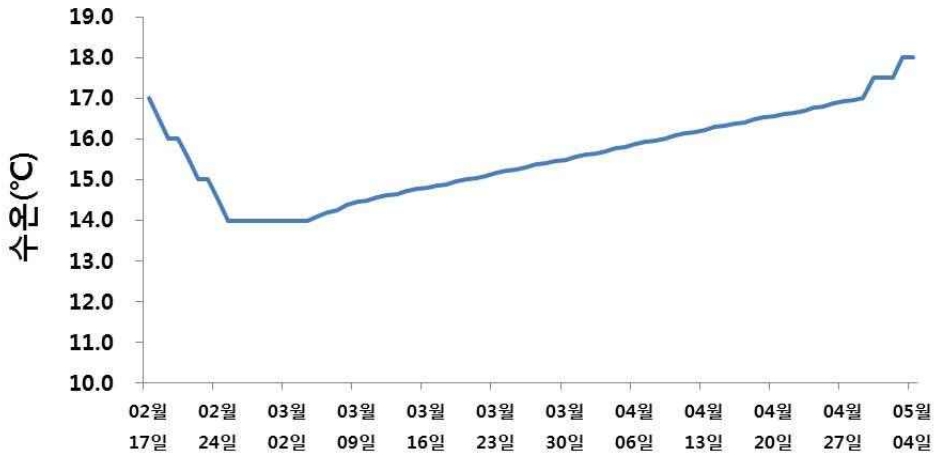


그림 1. 말쥐치 어미 성성숙 유도를 위한 수온 조절

수정란은 매일 오전 싸이폰 방식을 이용하여 바닥에 가라앉은 수정란을 수거하였으며(그림. 2), 직경 6m 팔각 콘크리트수조(유효수량 30톤) 2개에 수용하였다.



그림 2. 말쥐치 수정란 수거

사육수온은 22.5℃에서 점차적으로 상승하여 24℃내외를 유지하였으며 사육수 환수는 수정란 입식 후 15일부터 소량 주수하여 점차 증가 시켰다. 자어 사육수조내 로티퍼의 먹이공급과 수질 안정을 위해 부화 후 2일부터 30일까지 시판용 난노크로로프시와 파브로바를 각각 30만cell/cc와 20만 cell/cc 농도로 매일 2회 첨가하였으며, 시판용 수질개선제를 부화 후 1일부터 매일 공급하였다. 먹이는 부화 후 2일부터 34일까지 로티퍼 영양강화제로 18시간 이상 영양강된 로티퍼를 수조내 잔존 개체수가 15개체/cc 내외가 유지되도록 공급하였으며, 알테미아는 24시간동안 불포화 지방산이 고도로 함유된 영양강화제를 이용하여 부화 후 18일부터 40일까지 공급하였다. 부화 후 25일부터 초기 미립자 사료를 공급하였으며, 자치어의 성장에 따라 사료의 크기를 조절하여 공급하였다(그림 3).

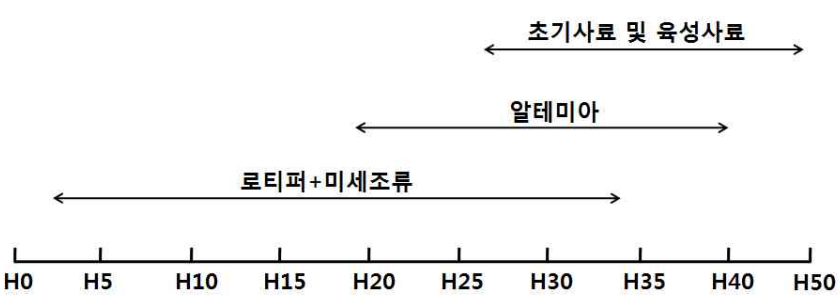


그림 3. 2016년 말쥐치 종자생산 먹이공급 계열

부화 직후의 자어는 입과 항문이 열려 있지 않았으며, 흑색소포는 복부 주위에 분포하고 있었다. 부화 후 3일 입과 항문이 열렸으며, 난황은 완전히 흡수가 되었다. 일부 개체에서는 이때 로티퍼 섭식이 관찰 되었다. 부화 후 5~6일 등쪽에 제 1 등지느러미 원기가 돌출 되었으며, 부화 후 10일 머리의 턱 아래 부분으로 배지느러미 가시가 길게 연장되었다. 부화 후 20일 대부분의 지느러미가 형태를 나타내기 시작했으며, 흑색소포가 머리 부분과 가슴, 꼬리지느러미 기저부에 집중적으로 분포하였다. 부화 후 30일 입이 돌출되기 시작하여 말쥐치 특유의 구강형태가 갖춰졌으며, 체고에 비해 체장이 길게 신장되었다. 부화 후 35일 흑색소포가 몸통 부위 전체에 넓게 분포하였으며, 제 1 등지느러미의 돌기가 더욱 발달하였다. 부화 후 55일 피부가 불투명해지며 체표의 무늬가 나타나 치어의 형태가 완성되었다(그림 4).


말쥐치 자어 부화 직전

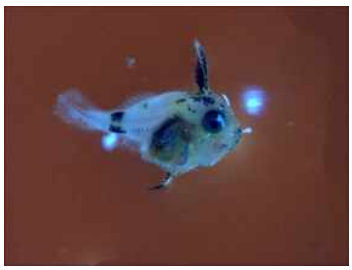

말쥐치 자어 부화 직후


부화 후 2일


부화 후 10일


부화 후 16일


부화 후 19일


부화 후 24일


부화 후 52일

그림 4. 말쥐치 자치어 형태 발달

말쥐치 자치어의 성장은 부화직후 전장 2mm, 부화 후 10일 2.5mm, 부화 후 25일 5.7mm, 부화 후 34일 27mm, 부화 후 55일 65mm로 알테미아와 초기사료가 공급되기 시작한 이후 급격한 성장을 나타냈다(그림 5).

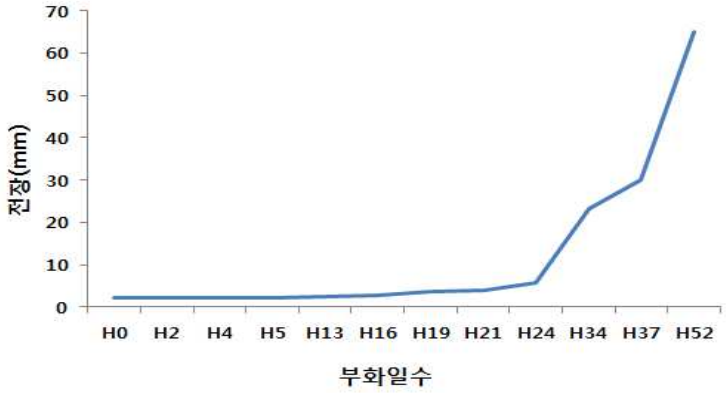
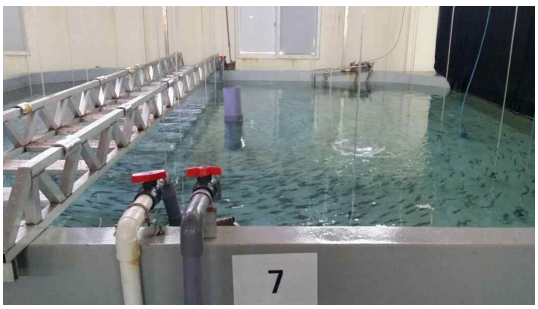


그림 5. 2016년 말쥐치 자치어 성장도

2015년도 생산된 말쥐치 종자는 방류수산동물 전염병 검사를 실시한 후 위미 연안역에 방류하였다(표 1, 그림 6).

표 1. 2016년 말쥐치 방류 개요

일시	장 소	방류량	방류방법	비 고
	2개소	100천마리		
9/12	한림읍 금능포구	50천마리	연안방류	
9/13	제주시 화북항	50천마리	가두리해체	바다적응 순치사육 후 방류



수조내 말쥐치 치어(7번 수조)



수조내 말쥐치 치어(8번 수조)



금능포구 방류



화북항 가두리해체 방류

그림 6. 2016년 말쥐치 방류 사진

방류초기 생존율 향상을 위한 바다적응 순치사육

인공종자생산 후 방류 시 실내 사육수조에서 직접 바다로 방류할 경우 자연환경에 대한 적응력이 뒤떨어져 포식자에 의한 식해 및 먹이섭이능력 부족으로 폐사 가능성이 높을 것으로 예상된다. 이러한 점을 극복하기 위해 자연환경에 대한 적응능력을 키워 생존율을 높이기 위해 인위적으로 바다적응을 위한 중간육성 단계가 필요하다. 중간육성의 목적은 자원회복을 위하여 종자를 방류할 경우 자연으로 나간 종자들이 자연환경에 대한 적응능력을 키워 생존율을 높여 자원조성 효과를 극대화하는데 있다.

중간육성 기술은 종자방류에 관련된 여러 가지 기술 중 방류 직전에 이루어지는 기술로 연안에 방류되어 최대한의 생산성을 나타내기 위해서 거쳐야할 단계라고 여겨진다. 중간육성은 종자의 크기를 성장시키는 것 이외에 자연 상태의 조건하에서 방류종자를 미리 적응시키는 기간이라는 점에서 중요한 시기이고, 육성관리 기술에 따라 방류 후의 생존율에 크게 좌우된다. 본 보고서에서는 2016년 해양수산연구원에서 돌돔과 말쥐치를 대상으로 중간육성시스템 운영에 관한 과정과 결과를 기술하였다.

1. 중간육성시스템 구성

중간육성시스템의 구성은 아연강으로 제작한 가두리틀(5×5m), 가두리망(4×4×3m), 태양전지 구동형 먹이 자동급이 및 점등장치로 되어 있으며(그림 1), 현장에서 조립한 후 항내에 설치하였다. 항내 중간육성장 적지조건은 간조 시 기준 수심 4m이상이며 조류소통이 원활하고 담수 및 토사유입에 의한 영향이 없고 관리가 용이한 곳으로 남원읍 태흥포구(돌돔), 제주시 화북항(말쥐치)를 선정하였다.



그림 1. 어류 중간육성 시스템

2. 중간육성시스템 운용

2016년 종자생산된 4~5㎝급 돌돔과 말쥐치 각 50천마리를 태양전지 구동형 먹이 자동급이기 및 점등장치가 구비되어 있는 가두리에 입식하였다. 중간육성 시 자동급이기

에 의한 먹이조절 및 점등에 의한 자연먹이 섭이능력 배양 기간은 1개월 정도로 먹이 조절은 입식 후 1주일간은 1일 3회, 2주째는 2회, 3주째는 1회, 4주째부터는 무급이로 서서히 자연환경에 순응되도록 하였고, 야간 11시부터 2시간 동안은 점등시켜 동물성 플랑크톤을 위집토록 하여 먹이공격 능력을 향상시킬 목적으로 운영되었다.

3. 중간육성 결과

어종별 입식상황 및 결과는 표 5에 나타내었다. 중간육성용 가두리내 각 치어별 수용밀도는 1m^{3}당 1,000마리 정도로 하였고, 중간육성장에서의 육성기간은 49~55일로 하였다. 중간육성기간중 폐사는 거의 발생하지 않았으며, 최종적으로 각 중간육성 해역내 중간육성 치어 전량을 방류하였다.

표 1. 어종별 입식 및 중간육성 결과

어 종	입식일시	입식장소	입식량 (천마리)	육성기간
말쥐치	2016. 7. 21	제주시 화북항	50	55일
돌 돔	2016. 7. 25	남원읍 태흥리	50	49일
합계			100	

참다랑어 종자생산

오성립 · 강형철

Ⅰ. 서　　론

참다랑어, *Thunnus orientalis*는 고등어과(Scombridae)에 속하는 대형 어류로서 통조림이나 회, 냉동식품 등으로 사람들에게 인기 있는 고부가가치의 생산성을 지닌 어류로 전 세계의 온대 해역, 서부태평양에서 적도해역의 남태평양, 그리고 필리핀에서 북해도 근해의 연안까지 광범위하게 분포한다.

전 세계적으로 다랑어류 양식은 지중해연안 및 일본, 미국, 멕시코 호주 등지에서 양식이 이루어지고 있는데 대서양 참다랑어는 주로 지중해 연안, 태평양참다랑어는 일본과 멕시코 지역, 남방참다랑어는 호주에서 주로 양식되고 있다. 그러나 자연산 치어를 포획하여 가두리 그물에 양식하는 축양 방식은 자연산 참다랑어의 개체군을 보호하는데 전혀 도움이 되지 못하고, 오히려 참다랑어 유어수를 감소시킴으로 야생 개체군의 멸종을 초래하는데 한 몫하고 있다고 밝히고 있다. 따라서 참다랑어 양식산업화를 위해서 자연산 치어 채포에 의존하지 않는 인공종자생산 기술개발에 의한 종자 공급이 반드시 필요하다.

현재 국내에는 참다랑어 수정란을 안정적으로 생산할 수 있는 어미를 사육중인 곳이 없다. 이러한 이유로 인해 국립수산과학원에서는 국내에서 참다랑어 수정란이 생산되기 이전에 종자생산 기술을 축적하기 위해 지중해 연안국인 몰타에서 참다랑어 수정란을 국내로 이식하고, 클러스터 협의체를 구성하여 종자생산 기술개발을 추진하고 있다. 우리 연구원도 국립수산과학원 주도의 종자생산 분야 클러스터 협의체에 참여하고 있다. 따라서 여기에서는 참다랑어 종자생산 기술개발을 위해 지중해연안국 몰타에서 수정란을 이식하여 추진한 종자생산 과정에 대하여 기술한다.

Ⅱ. 종자생산

참다랑어 종자생산에 이용한 수정란은 국립수산과학원 제주수산연구소가 2016년 6월 27일 지중해 연안국 몰타에서 이식한 수정란 중 약 1,425천개를 지원받아 종자생산에

이용하였다. 연구원에 도착한 수정란은 18L 스티로폼 박스 10개에 150 ㎖씩 산소포장되어 있었으며, 수온은 21.0℃였다. 수정란 계수 결과 부상란 1,000 ㎖ (950천개), 침하란 500 ㎖로 운송과정 중 생존율은 66.7%를 보였다. 부상란 1,000 ㎖는 50톤 원형콘크리트 수조 2개에 각각 500 ㎖(475천개)씩 분산 수용하였다(그림 1).



수정란 연구원 도착　　수정란 분리　　50톤 원형 콘크리트 수조

그림 1. 수정란 분리 및 수조내 입식

사육수온은 21.5℃에서 점차적으로 25℃ 내외를 유지하였다. 수정란 입식 7시간이 지나면서 부화가 이루어졌으며, 부화율을 91.7%였다. 사육수 환수는 부화 5일부터 소량의 사육수(0.1회전/1일)를 주수하였으며, 사육일수가 증가할수록 환수량을 점차적으로 높여주었다.

부화자어 침강사를 방지하기 위하여 PVC 파이프를 이용해 수조내 3개소에 에어리프트를 설치 유속을 형성시켜 주었다. 자어 사육수조내 잔존 로티퍼의 먹이공급 및 사육수질 안정을 위하여 부화 후 2일부터 26일까지 시판용 난노크로로프시스를 30만cell/㎖ 농도로 매일 2회 첨가하였고, 시판용 수질개선제를 수정란 입식일부터 21일까지 매일 공급하였다. 조도는 부화자어 입식당시부터 24시간 형광등을 점등해 주었다.

먹이는 부화 후 2일부터 부화 후 24일까지 로티퍼 영양강화제로 18시간 이상 영양강화 후 수조내 잔존 로티퍼 개체수가 15개체/㎖ 내외가 유지되도록 공급하였다. 알테미아는 24시간동안 영양강화제(셀코 A1)로 영양강화된 알테미아 유생을 부화 후 12일부터 23일까지 공급하였다. 참다랑어 자어의 공식방지를 위하여 돌돔 부화자어를 부화 후 13일터 38일까지 지속적으로 공급하였으며, 부화 21일경부터 돌돔 자어 섭식이 왕성하면서 자·치어 배설물이 수조 표면에 다량 분포하였고, 부화 후 26일부터 생사료(전갱이)를 믹서기로 갈아 분말화 후 매일 수 회 공급하였다(그림 2).

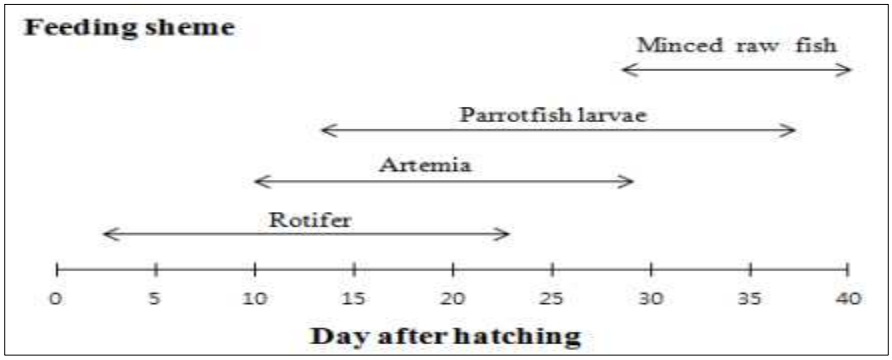
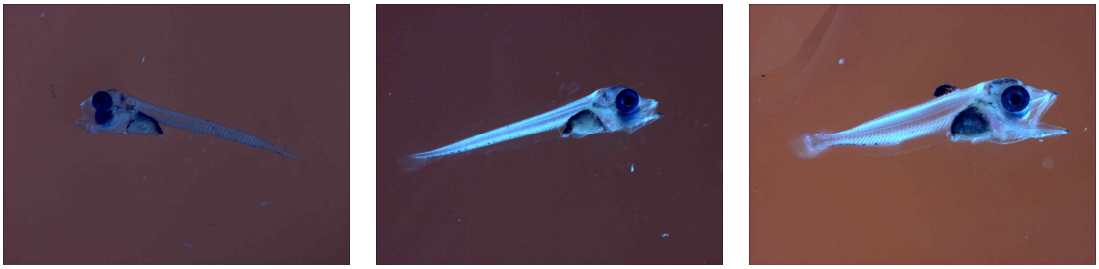


그림 2. 먹이공급계열 모식도

참다랑어 수정란은 분리부상란으로 난경은 1.06㎜이며, 부화 직후 자어의 평균 전장은 약 2.8㎜ 전후이다. 부화자어는 몸의 대부분을 난황이 차지하고 있으며, 유구는 항문과 인접하여 난황의 끝 부분에 위치하였다. 항문은 난황에서 약간 떨어져 있으며 가늘고 일직선의 형태를 나타냈다. 대부분의 부화 자어들은 두부를 수조바닥으로 향하고, 수표면 또는 상층에 머물러 순간적인 움직임을 보이며 큰 활동성을 나타내지 않는다. 부화 후 3일째에 난황과 유구가 완전 흡수되고, 입이 개구되고 항문이 열려 첫 먹이를 섭취하였다. 부화 후 10일째에 등지느러미 제 2극과 가슴지느러미 극이 돌출되어 나타났다. 두부와 복부 부분에 흑색소포는 더욱 선명하게 짙어졌으며, 항문 부위 이후에 흑색소포가 선명하게 나타나며, 특유의 이빨이 발달하였다. 부화 15일째에 제 1등지느러미 극부분에 흑색소포가 침적되고, 제2등지느러미와 꼬리지느러미의 기초적인 줄기가 발달하며, 이 시기부터 대형개체가 소형개체를 잡아먹는 공식현상이 나타난다. 부화 후 21일째에 지느러미 분화가 완료되기 시작하고, 체색이 형성되면서 자어에서 치어의 형태로 변하기 시작하며, 공식현상이 매우 심하게 나타나 부화자어를 계속적으로 공급해야한다. 부화 30일 이후 성체의 모습과 유사한 형태를 나타내고, 이 시기의 전장은 약 45㎜ 내외로 성장한다. 부화 후 43일째 전장 50~7㎜로 성장하고, 부화 20일 이후 생사료를 섭식하면서 빠른 성장을 보였다(그림 3).


수정란 부화자어 부화 후 3일


부화 후 5일 부화 후 10일 부화 후 15일

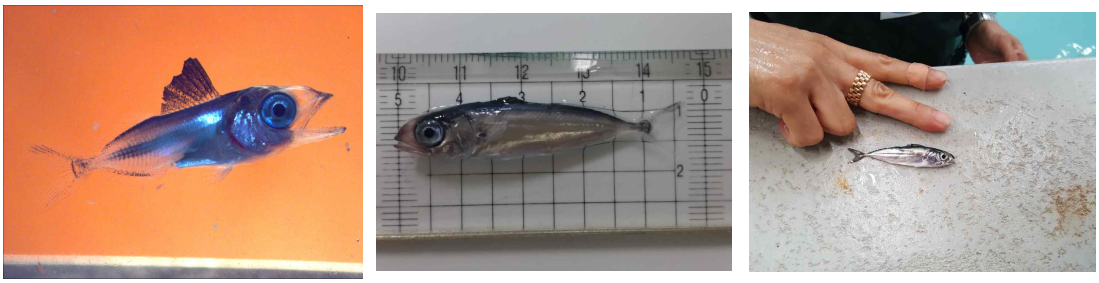

부화 후 21일 부화 후 31일 부화 후 43일

그림 3. 자치어 형태 발달

Ⅲ. 중간육성

종자생산과정에서 부화 40일까지 생산된 치어는 전장 5~7㎝급 약 406마리로 생존율은 약 0.05%로 지난해 0.6%보다 매우 낮게 나타났다.

부화 후 43일째에 종자생산 수조에 사육하던 치어를 자체 제작한 플라스틱 망으로 수조내 한 곳으로 모이게 한 후 얇은 천(망목 200㎛)으로 만든 뜰채를 이용하여 한 마리씩 포획하였다. 포획한 치어는 비닐포장지에 물과 함께 약 20여마리씩 수용하여 265톤 원형(직경 15m) PP수조로 옮긴 후 중간육성을 실시하였다. PP수조에는 충돌사를 방지하기 위해 적색 페인트를 이용하여 수조벽면에 수직으로 10㎝ 폭의 직선을 그어 벽면을 인식할 수 있도록 하였다. 먹이는 까나리에 비타민 C 등 사료첨가제를 혼합한 MP사료를 자체 제작하여 공급하였다. 그렇지만 먹이섭식이 불량하고, 유영 능력이 떨어지면서 계속적으로 폐사가 발생하여 부화 81일째에 전량 폐사하였다.

Ⅳ. 문제점 및 대책

금년도 참다랑어 종자생산은 부화율 및 초기 생존율은 양호하였으나 부화 25일 이후 돌돔 부화자어에서 생사료(MP, 까나리 민찌)로 먹이 전환 과정 중 먹이 섭식이 원활하지 않으면서 지속적으로 감모가 발생하였다. 감모 발생 원인으로는 사육수질의 문제와 먹이 전환 실패 등 여러 가지 문제가 있을 수 있으나 정확한 원인을 찾아내기 어려웠다.

또한 인공종자생산 과정에서 발생하는 아가미 뚜껑 부분 결손 문제를 해결하기 위해 초기 환수량을 높이면서 계속적으로 영양강화된 로티퍼를 공급했으나 기형발생을 억제하는데 실패하였다. 따라서 향후 참다랑어 종자생산 과정에서 빈번히 발생하는 아가미 뚜껑 결손 저감 방안에 대한 심도 있는 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참다랑어 대량 종자생산을 위해서는 돌돔 부화자어 등 어류 수정란이 대량으로 필요하다. 금년도 종자생산과정에서는 부화 13일부터 돌돔 부화자어를 공급했는데 부화자어를 급격히 먹는 부화 21일 이후부터는 먹이 섭식량이 매우 높아 부화자어를 공급할 수 있는 최대한 공급해야한다. 따라서 참다랑어 전용 배합사료 확보가 되지 않는 한 참다랑어 자어의 먹이로 공급할 수 있는 어류 수정란을 1일 10,000㏄ 이상 확보할 수 있은 방안 마련도 필요하다. 그리고 부화 43일째에 중간육성 수조에 입식했으나 입식 후 먹이섭식 불량 및 유영능력 저하가 일어나면서 지속적인 감모가 발생하였다. 중간육성 수조로 옮기기 위해 치어를 포획과정에서 스트레스 등으로 인한 원인으로 추정되어 포획방법에 대한 개선이 필요한 것으로 생각된다.

오분자기 종묘생산

현 재 민 · 김 필 연 · 좌 민 석

Ⅰ. 서 론

전복류는 세계적으로 약 100여종이 알려져 있으며, 그 분포 또한 아주 넓어 북반구에서 남반구에 걸쳐 서식하고 있다. 우리나라에 분포하고 있는 산업적으로 중요한 종은 북방전복(*Haliotis discus hannai*), 둥근전복(*H. discus*), 말전복 (*H. sieboldi*), 왕전복(*Haliotis gigantea*), 오분자기(*Haliotis diversicolor aquatilis*), 마대오분자기(*Haliotis diversicolor diversicolor*) 등 6종이다(원 등, 2014).

이 전복들은 제주도와 육지사이에 수심 20m 내외의 해역에서 겨울철 수온이 12℃가 되는 곳을 경계로하여 난류계와 한류계 전복이 분포하는데 제주에는 난류계 전복인 둥근전복, 말전복, 왕전복, 오분자기, 마대오분자기 5종이 분포한다.



둥근전복



오분자기



마대오분자기



말전복



왕전복

그림 1. 제주도에 서식하는 전복 종류.

오분자기는 각장은 보통 5~6㎝정도로서 각은 타원형이며 낮고 편평하면서 엷고 크기가 최고로 작다. 호수공은 낮고 평탄한 소형으로 밀집하여 6~9개가 열려 있어 다른 전

복류와 쉽게 구분된다. 마대오분자기는 오분자기와 비슷하지만 각정이 높다는 특징을 지니고 있으며, 가장 특징적인 것은 각 표면에 명확한 방사늑이 있는 것이 오분자기와의 차이점이다. 오분자기는 제주도 조간대 상층부인 얕은 곳에 서식하며, 산란기는 7~8월경이다.

오분자기는 제주도를 대표하는 향토 수산물로 관광객들에게 인기가 높은 품종이다. 그러나 최근 오분자기 생산량이 극히 저조하여 향토 음식점에서 제주산 오분자기 관련 메뉴를 찾아보기 힘든 실정이다. 오분자기의 생산량은 90년대 150톤 정도이던 것이 최근 3년간 4~9톤 미만으로 급감하고 있어(표 1), 마을어장내 자원조성에 의한 종 보존이 필요한 실정이다.

이 보고서에서는 연구원에서 오분자기 대량종묘생산을 위해 수행하였던 일련의 과정을 기술하였다.

표 1. 제주 마을어장 오분자기 생산량

(단위 : M/T)

년 도	1995년	2000년	2005년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
생산량	159	35	15	13.9	8	4.9	4	8.9	4

(자료출처 : 제주특별자치도 해양수산현황, 2016)

Ⅱ. 어미확보 및 사육관리

오분자기 어미는 5월~8월말 까지 한림용운, 동귀, 성산 시흥리 어촌계로부터 자연산 어미 총 50.5㎏을 확보하여 종자생산에 사용하였다. 확보한 어미 오분자기는 채취 및 수송 시 상처로 인한 세균감염 폐사를 방지하기 위해 수송 즉시 옥시테트라사이클린(OTC) 100ppm에서 1시간~ 1시간 30분 약욕 처리 하였고 어미수용 후 3일 동안 OTC 50ppm 1시간 약욕을 하였다. 이 결과 확보한 어미 70%이상이 생존하여 종묘생산에 사용할 수 있었다. 어미 사육시 사육수 환수율은 10~15회전으로 사육관리 하였다.

Ⅲ. 규조류 배양관리

규조류는 5월부터 치패생산용 파판 17만장을 걸어 배양하였다. 규조류 배양전에 배양수조

와 파판은 소독을 하여 주었다. 규조류 배양법은 전복에서 채묘 효율 향상을 위해 어업인에게 분양사업을 하고 있는 나비큘라(*Navicula* sp.) 원종 적용 시험을 추진하였고 배양 방법은 다음과 같이 하여 주었다.

□ 부착규조류 배양 준비물

○ 부착규조 원종(*Navicula incerta*, *Navicula* sp.) 여과 장치(백 필터 Φ1-5㎛), 차염소산나트륨(NaClO), 티오황산($Na_2S_2O_3$), 요소비료, 복합비료, 규산염(Na_2SiO_3)

□ 부착규조류 배양

① 규조류를 배양할 수조와 파판은 깨끗이 세척을 한 후 접종하기 전날까지 바짝 말려 둔다.

② 규조류를 배양할 수조에 여과 필터(Φ1-5㎛)를 이용하여 여과해수를 채운 후 지수시킨다.

③ ②의 규조류 배양수를 차염소산나트륨 200ppm의 농도로 4시간 동안 살균한 후 티오황산($Na_2S_2O_3$) 40ppm 농도로 30분에서 1시간 정도 중화 시켜 주었다.

④ 규조류 배양수 살균 및 중화 후 아래의 조건으로 시비하여 주었다.

※ 시비 방법 : 요소비료(60g/배양수 1톤) + 규산염(30g/배양수 1톤) + 복합비료 (20g/배양수 1톤)

⑤ 원종을 잘 혼합하여 사육수 1톤당 1ℓ의 농도로 접종하고 지수 상태를 계속 유지하였다.

⑥ 접종 초기 3~4일 동안은 5,000~7,000Lux를 유지하여주고, 그 이후는 2,000~4,000Lux로 유지하였다.

규조류 원종((*Navicula* sp.) 적용 시험결과 접종 초기에는 배양이 잘되는 듯 하였으나 수온 조건이 맞지 않아(지수시 수온 21.5~23.5℃) 부착규조가 녹아내리는 현상이 발생하여 전복에 채묘 효율이 좋았던 나비큘라 원종은 하절기 품종인 오분자기에는 맞지 않다는 결과를 얻었다.

그 후 부착 규조배양은 자연규조로 전환하였으며 대형 규조류나 기타 생물 유생의 유입을 막기 위하여 1~5㎛ 자루필터를 사용하였고 채묘시 까지 조도 3,000~ 5,000Lux 하에서 유수식으로 배양하였다. 배양도중 규조류 배양 파판이 거칠어지거나 긴 실모양의 규조류가 자라고, 규조 색깔이 좋지 않으면 고압호스를 이용하여 강하게 규조 청소를 하여주었고 채묘하기 전에 반드시 고압호스를 이용하여 크기가 크거나 부착력이 약한 규조류 및 미세 분진을 털어내는 작업을 수행하였다.

Ⅳ. 어미 산란 유발 및 수정란 채란

오분자기 수정란 채란은 6월 27일부터 9월 26일 까지 총 9회 수행하였다. 어미의 산란자극을 위하여 오분자기와 마대오분자기로 구분하여 성숙한 어미만을 선별하여 생산에 사용하였고, 수정란 생산을 위한 어미의 산란자극 방법은 표 3에서와 같이 수행하였으며 그 결과 산란 반응율은 평균 40~60%이상이었다. 방란, 방정된 난과 정자는 오분자기와 마대오분자기를 구분하여 정자농도 20만개체/㎖, 수정시간 4분이내에 수정하여 주었다. 수정 후 잉여 정자 및 불순물 제거를 위하여 수회 세란하여 주었다.

표 2. 전복류 수정란의 크기(전복양식지침서, 2008)

종 류	알의크기(㎜)
북 방 전 복	0.22
둥 근 전 복	0.23
왕 전 복	0.27
말 전 복	0.28
오 분 자 기	0.18~0.20

표 3. 오분자기 어미 산란유발 및 수정란 채란 과정

성숙 모패 선별 : 생식소 부위 터질 듯 팽만, 암컷(짙은 녹색), 수컷(유백색)

⬇

모패 간출 산란자극 : 실온간출(20분) → 고온간출(31℃, 60분)

⬇

모패 자외선 조사수에 수용 : 암·수 따로 수용, 지수상태, 에어레이션 공급
(자외선 조사수 산란자극법 : 평소 사육수온보다 2~3℃ 높은 수온)

⬇

방란·방정 상태 확인 : 1시간 간격으로 자외선 조사수 교환

⬇

수정란 채란 : 인공수정(방란된 암컷 수조에 정액을 부어 수정시킴)

⬇

세 란 : 잉여 정액과 불순물 제거를 위해 수회 세란

⬇

부화 및 부유 유생 사육 : 20~22℃,

⬇

부착기 단계 유생 채묘 : 수정 시부터 약 60~65시간 소요
채묘밀도 : 20만~30만 개체/수조

Ⅴ. 유생사육관리 및 채묘

세란한 수정란은 유생사육조의 넓적한 부화용기(플라스틱 대야)에 각각 수용하였다. 수용밀도는 1,500개 미만/1㎠ 적당하며(한석중, 1998) 수정란이 이중으로 겹치지 않도록 하였다. 주수 및 에어는 공급하지 않았다. 수온이 20~21℃에서 수정 후 약 12~14시간 만에 90%이상 부화하였다. 부화유생이 일직선으로 직립 상태를 보이면 이때 유생만을 유생사육조 안에 부어 넣었다. 그 후 유생 사육조 내에 유생들이 큰 직립형 군집을 보이다가 방사형 군집 형태를 보이는데 이때가 되면 유각형성이 완성이 된 시기이므로 (그림 2) 소량의 주수와 에어룰 공급하여 주었다. 방사형 군집 상태가 완전히 소멸되고 유생 사육조 내에 흩어져 큰 덩어리를 이루면서 유영를 하면 주수량과 에어량을 증가시켜 주었다. 부유유생 사육기간 동안 사육수온은 20~22℃ 였으며(평균 일일 수온편차 0.5~1℃), 수질 악화의 우려를 위해 수조 바닥을 수시로 사이폰 하여 주었다.

보통 채묘시기 계산은 까막전복의 적산수온과 기초 수온(5.3℃)를 적용시켜 다음과 같이 계산 하였다.

채묘예상시간 = 1,030℃(적산수온)/(평균사육수온-5.3℃)

유생사육수온 20~22℃에서 채묘 시기까지 수정 후 약 60~65시간이 소요 되었고 채묘 예상시간 1~2시간 전에 채묘준비를 시작하였다. 이때가 되면 유생이 수조 벽면에 붙었다 떨어졌다 하는 행위를 보였다.

채묘하기 전에 반드시 규조류를 청소하여 채묘에 좋지 않은 규조류나 미세분진들을 철저히 제거하고 여과해수를 받아 지수를 하고 에어는 공급하여 주었다. 채묘기 유생을 100㎛ 뮬러가제로 수거하여 폴리카보네이트 수조에 수용한 후 채묘밀도가 수조당 약 20만~30만 개체(150~250개체/파판)가 되게 채묘를 하였다. 채묘후 조도 3,000lux 이하가 되게 유지하였다. 채묘 후 수조 내에 떠다니는 유생이 관찰이 되지 않으면 1차 소량의 주수를 하여주고 그 다음날 주수량을 더 늘려 주었다. 이 때 주수구에 1~5 ㎛ 백 필터(주머니 필터)를 설치하였다.

오분자기 유생 채묘 결과, 채묘 시 지수 단계(24~33시간)에서 이상 고온 현상(30년만의 여름철 폭염 현상 발생)으로 수온이 25℃이상 상승하였고 채묘 이후 유수 단계에서 수온이 20℃까지 떨어져 고수온 및 수온 편차에 의해 채묘율이 상당히 저조하였다. 이후 9월이 되어야 수온은 안정이 되었으며 정상적인 채묘가 이루어 졌다. 하절기 폭염 현상은 앞으로도 지속될 것으로 보이며 이에 대한 별도 환수 장치등 대책이 필요할 것으로 사료된다.

Ⅵ. 부착치패 사육관리 및 파판 박리

채묘한지 약 1주일이 경과하면 파판에 붙은 초기 치패를 확인할 수 있으며 대부부 파판 상층부에 부착해 있는 것을 관찰할 수 있었다. 부착치패의 크기가 3㎜이상 되자 규조류 섭이량도 증가하고 거친 규조도 잘 섭이하므로 주수구의 필터를 제거하고 조도도 5,000lux 이상 10,000lux 이하로 유지하여 주었다. 10월 초 부착치패의 크기가 6~8㎜ 정도 되어 파판의 규조류가 부족하게 되고 해조류 섭이가 가능하게되자 수조 바닥에 7~8골 치패용 쉘터를 깔고 그 위에 파판을 얻어 수심을 70㎝로 하여 주었다. 파판에 규조류는 계속 배양하면서 물에 불린 커트미역을 잘게 다져 파판과 쉘터 사이사이에 소량씩 끼워주어 해조류 먹이 붙임을 하였다. 해조류의 공급량은 섭이상태를 보면서 점차 증가 시켜 주었으며 1주일에 1회 청소를 하여 주었다. 오분자기 치패 사육관리는 방류 후 자연에서 생존율 향상을 위해 해조류와 규조류만으로 사육하였으며 치패가 평균 1.5~2㎝ 가량 되자 방류를 위해 박리를 한 후 가두리내 사육으로 전환하였다. 이때 전복 박리제제제는 수산용으로 허가된 약품을 사용하였다. 박리 후 방류 때까지 커트미역을 공급하면서 사육관리 하였다.

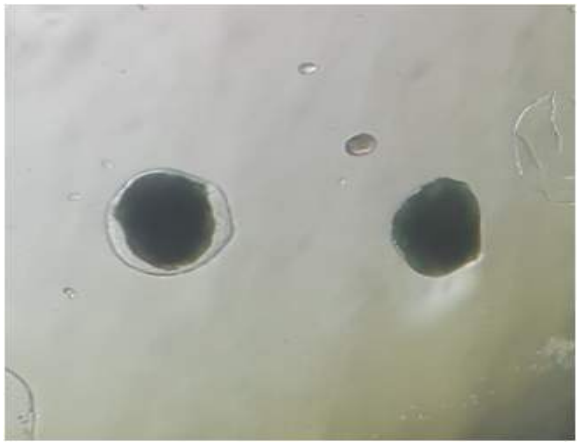
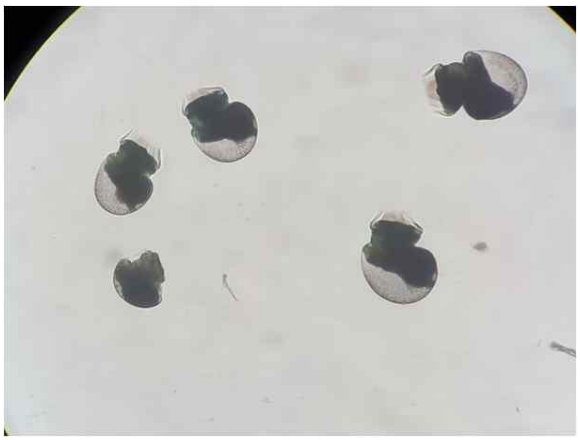
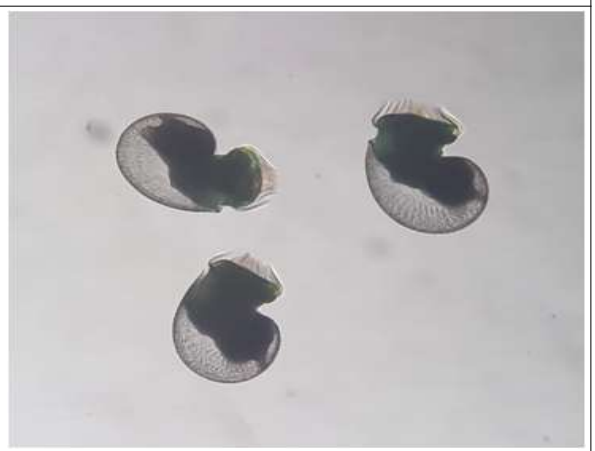
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>부확 직전 및 직후의 담륜자기 유생</td><td>주광성을 띠는 담륜자 유생의 수조내 직립 모습
(유각 형성 완료시까지 물리적 충격 주의)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>초기 피면자 유생의 수조내 모습
(수조내 군데군데 방사선 모양으로 큰 군집일 이룸)</td><td>초기 피면자기 유생의 현미경 모습
(유각 형성 완료, 주수와 에어공급)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>후기 피면자기유생 모습
(방산선 군집이 흩어지면서 수면내를 큰무리를 이루면서 유영하고 다님)</td><td>두부에 돌기가 현성된 후피면자기 유생
(돌기가 2개형성되면 유생을 채묘함)</td></tr>
</table>

그림 2. 오분자기 발생단계별 유생사육조내 및 현미경 모습

Ⅶ. 참고 문헌

원승환, 김수강, 김순찬, 양병규, 임봉수, 이제희, 임한규, 이정식, 이준상. 2014. 국내연안에 분포하는 둥근전복속 4종의 형태적 특징 고찰

한석중. 1998. 전복양식

국립수산과학원. 2008. 전복 양식 표준 지침서

홍해삼 종자생산과 자원조성

양병규 · 김수강 · 임은희

Ⅰ. 서　　론

해삼은 불가사리, 성게 등과 같이 극피동물문에 속하며 세계적으로 1,100여종 이상이 있는 것으로 알려져 있다. 예로부터 해삼은 해서(海鼠), 토육(土肉), 흑충(黑蟲)이라는 기록들이 있으며 “바다의 인삼이다” 하여 해삼(海蔘)이라 명칭되기도 하는데 전복, 담치와 더불어 삼화(蔘貨)라고도 한다. 요리재료로 많이 사용하는 해삼은 단백질이 풍부하고, 담즙성분인 타우린과 칼슘 등이 많아서 암과 위궤양예방에 좋다고 알려져 있고 생식하는 것 외에 체벽을 자숙건조하여 건해삼을 만들며, 소화관과 호흡수는 소금에 절여 젓갈로 이용하기도 한다.

해삼은 계절적으로 4~6월에 비교적 많이 어획되는 계절적 어획종이며, 잠수기 또는 마을어장내 나잠어업에 의하여 주로 어획되고 있다.

우리나라의 해삼 생산량은 1990년 2,491톤을 정점으로 2002년에는 833톤까지 격감하였으나, 2003년 이후에는 해삼종묘 씨뿌림 방류량이 증가하면서 2007년에는 2,936톤으로 빠르게 회복되고 있으며, 어촌계에서도 자원증강 효과가 높다고 판단되는 해삼의 방류를 선호하고 있다.

※ 제주 어촌계 방류품종 선호도(2015): 홍해삼 76%→ 오분자기 14%→ 전복 10%

홍해삼은 사니질 해역에 서식하여 갯녹음 발생 어장에도 자원조성 효과가 높아 종묘방류에 의한 자원조성과 함께 마을어업의 주요 소득품종으로 그 가치가 매우 중요한 품종이지만, 도내 홍해삼 종묘생산은 아직까지 자체 원천기술 부족으로 중국 기술자에 의해 생산이 이루어지고 있으며 경영비 가중으로 인해 채산성이 악화되고 있음에 따라 점차 자체 기술의 확보가 필요한 실정이다.

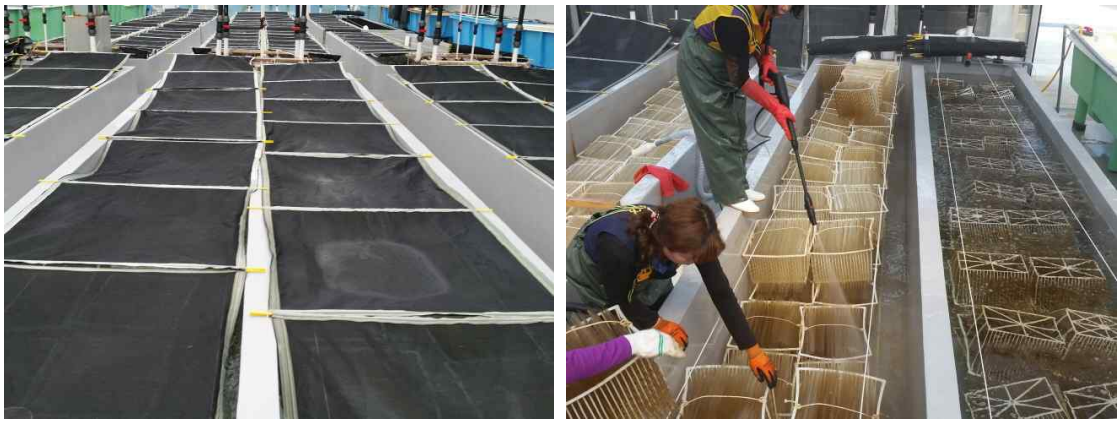
또한 종묘생산을 위한 어미확보가 홍해삼 산란시기시인 4~5월 집중되어 수정란 대량생산을 위한 어미 확보가 어려운 실정으로 어미화 사육관리기술, 산란어미 재사용 기법 등 수정란 생산을 위한 어미관리 기술개발이 필요하다.

따라서 본 사업에서는 자연먹이인 규조를 초기먹이로 사육하는 친환경 종묘생산으로 마을어장 자원조성 효과를 극대화 하고 약품사용을 최소화하는 사육방법에 의한 홍해삼 종자생산과 마을어장 방류 등 자원조성 사업추진결과에 대하여 보고하고자 한다.

Ⅱ. 종묘생산 방법 및 결과

1. 부착규조류 대량 배양 및 관리

배양시기는 ‘16. 2월~4월이었으며, 배양규모는 8만장(6톤 70개조)였다.



(a) 부착규조 배양 수조(차광막 설치) (b) 고압세척기이용 파판세척 및 상하회전 작업

그림 1. 부착규조 배양 관리 관경

2. 종묘생산용 어미 확보 및 사육관리 : ‘16. 3월~4월

종묘생산에 활용된 어미 홍해삼은 자연산이었으며, 3~4월에 걸쳐 총 350kg을 확보했다. 이중 다이버에 의해 채집한 어미는 300kg, 구입한 어미해삼은 50kg이었다.



(a) 홍해삼 개체 중량 측정 (a) 홍해삼 OTC 약욕

그림 2. 어미해삼 개체 측정 및 약욕

3. 홍해삼 수정란 생산 : ‘16. 4~5월

2016년도 홍해삼 생산을 위한 수정란 생산은 4~5월까지 4회에 걸친 살란을 통하여 약 2억2천만립의 수정란을 생산하여 본사업에 사용하였다.



(a) 수컷 정자 방출　　(b) 암컷 산란

그림 3. 홍해삼 산란반응

4. 유생사육 및 종묘생산 결과

2016년도 4~5월까지 부착기 유생 생산은 약 4,000만 마리로서 돌리올라리아 유생 변태시점에 채묘하였으며, 채묘규모는 10만장 파판, 110개조(규조생산동 70조, 빌딩동 40조)에 채묘 하였으며, 7월말까지 생산한 종자양은 약150만마리였다. 이때 파판당 종자의 수는 15~20마리/파판 이었으며, 종자의 크기는 0.2~1.2cm였다.

표 1. 홍해삼 종묘 사육 관리 현황

수정란 생산	입식량 (만개체)	사육수온 (℃)	유생채묘량 (만개체)	유생채묘	사육기간	크기
계	22,000		4,100	110조		
4월 23일	7,000	18.5~19.0	1,400	규조사육동 24조	48일	0.7~1.2cm
4월 30일	5,000	18.5~19.2	900	규조사육동 24조	41일	0.5~1.0cm
5월 8일	4,000	18.8~19.5	800	규조사육동 20조	33일	0.3~0.7cm
5월 12일	6,000	18.8~19.4	1,000	빌딩사육동 42조	29일	0.2~0.5cm

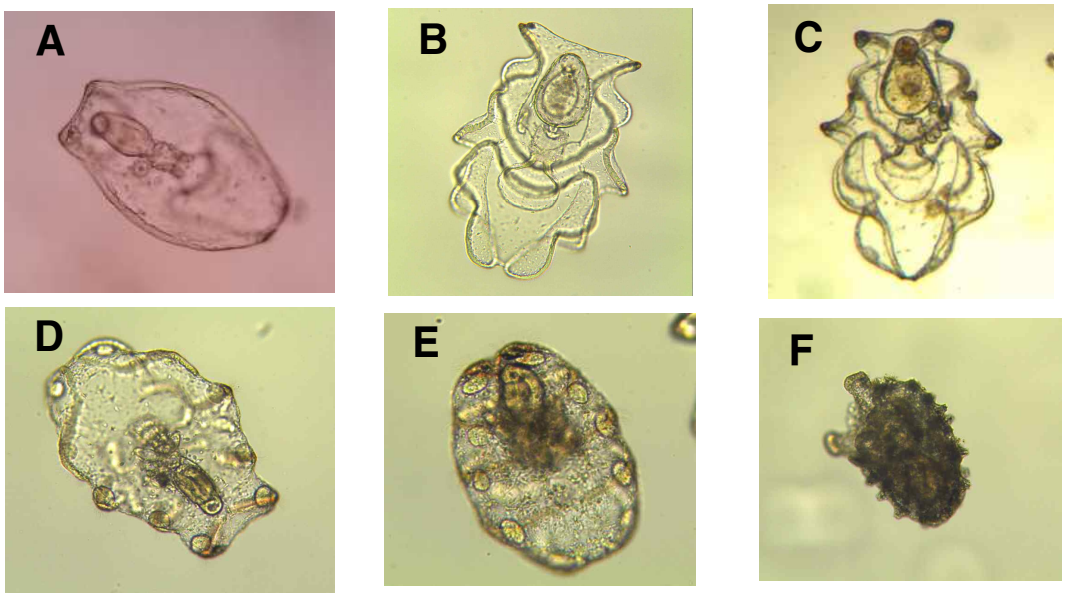


그림 4. 해삼 수정란의 배발생 과정

A: 수정 후 2일 B: 수정 후 6일 C: 수정 후 12일 D: 수정 후 14일
E: 수정 후 15일(돌리올라리아) F: 수정 후 16일(펜탁튤라)

표 2. 사육 수온별 부유유생 성장 비교

사육일령	5일	7일	9일	15일	변태율	생존율
18℃	아우리쿨라리아 초기	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 후기 돌리올라리아	16일령 변태 90%	25~30%
21℃	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 후기 돌리올라리아	12일이후 펜탁튤라 변태	10일령 변태 90%	40~50%
21℃(중국)	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 중기, 후기	돌리올라리아 펜탁튤라	-	9일령 변태 90%	50~55%

- 부유유생 먹이 공급 및 수온에 따른 성장도

표 3. 부유 유생 먹이 공급 및 성장도

일령	공급횟수	1일 공급량(ppm)				성장도	
		건효묘	홍효모	염조분	EM균	연구원(18℃)	중국(21℃)
3일	1	0.1	0.1	-		아우리쿨라리아 초기	아우리쿨라리아 초기
4일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 초기	아우리쿨라리아 중기
5일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 초기	아우리쿨라리아 중기
6일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 초기	아우리쿨라리아 중기
7일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 중기
8일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 중기	아우리쿨라리아 후기
9일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 중기	돌리올라리아
10일	2	0.2	0.2	0.1(1회)	1.0	아우리쿨라리아 중기	돌리올라리아, 펜탁툴라
11일	2	0.2	0.2	-	1.0	아우리쿨라리아 중기	-
12일	3	0.3	0.3	-	1.0	아우리쿨라리아 중기	-
13일	3	0.3	0.3	0.1(2회)	1.0	아우리쿨라리아 중기	-
14일	3	0.3	0.3	0.1(2회)	1.0	아우리쿨라리아 후기	-
15일	3	0.3	0.3	0.1(3회)	1.0	아우리쿨라리아 후기, 돌리올라리아	-



그림 5. 어류종묘생산 수조 이용 홍해삼 유생사육(사육수온 : 22℃)

Ⅲ. 고　　찰

1. 종자생산시 문제점와 고찰

1.1. 종자 성장둔화 및 개체차

금년도 홍해삼 종자의 성장지연 요인은 규조번식량 부족과 섭취가 어려운 종분포(Coconesis)로 판단된다. 특히 해삼생산에 최적인 규조류는 Navicula 계열로서 기존 규조에 의한 종자생산시 과다한 규조번식으로 수조청소가 곤란 금년도 이중차광 설치하였으나 이중차광에 의해 규조번식이 필요이상으로 억제되어 규조류 단독급이 사육으로 영양부족 현상을 초래한 것으로 판단된다. 따라서 향후 홍해삼 종자의 영양공급 차원에서 규조류 번식 여건 조성과 영양보충을 위한 배합사료 첨가가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

2.2. 잡생물 번식

수조내 고동류 등 해삼성장에 유해한 생물유입을 억제하고자 금년에는 필터 카트리지를 설치하여 생물사육을 한 결과 코패포다, 고동류 등의 잡생물 번식이 감소되었다. 앞으로 사육수조내 잡생물 유입을 차단하거난 줄이기 위하여 유생, 산란활동이 왕성한 야간시간에는 지수식으로 관리하고, 비교적 유생활동이 낮은 주간시간에 유수함으로 잡생물 제어를 할 경우 효과적일 것이라 판단됨에 따라 2017년도 사업에는 이를 준용한 생산을 할 계획이다.



그림 6. 2016년도 홍해삼 생산 시스템 개선사항

2. 시험방류 결과 및 고찰

2016년도 홍해삼 방류량은 80만마리러사 크기별로 0.1g급 60만마리와 0.3g급 이상 20만마리를 8개 마을어장에 방류하였다. 항내 중간육성 가두리 설치와 종자입식은 9월(위미2, 보목, 고내), 마을어장내 0.3g급 종자입식은 12월(사계, 동일, 위미1, 색달, 오조)에 시행하였다.



그림 7. 홍해삼 종자 항내 중간육성 가두리 설치 및 입식관경



그림 8. 홍해삼 종자 마을어장 입식(일반방류)

- 제주해녀문화 유네스코 인류무형문화유산 등재기념 마을어장내 홍해삼 방류

홍해삼 방류시설 수중점검 결과 태풍내습에 의해 가두리 시설이 엉킴, 가두리망이 태풍에 찢어져 종묘유실되었다. 또한 가두리 망지가 작기 때문에 해수유통이 불량하고, 저항이 커서 태풍에 취약하였으며, 특히 고내 항내는 저질이 뻘이기 때문에 태풍발생시 가두리 시설이 뻘에 매몰되어 피해가 발생하여 이러한 뻘지역은 홍해삼 방류 또는 중간양성 적지가 아닌 것으로 판단되었다. 그리고 금년도 중간양성 시험인 경우 10여개 연결된 침강 가두리망 시설이었기 때문에 태풍에 의해 쉽게 엉킬 수 있었으며, 망목사이즈가 작기 때문에 물 저항이 높아 이물질 부착, 해수유통 불량이 발견되었다. 향후 더 커다란 망목사이즈의 시설물을 소단위로 방류해야 할 것으로 판단된다.



Ⅳ. 참고문헌

강석중 외 6인 최신 해삼양식기술 아쿠아인포(주), 2012.

국립수산과학원 남서해수산연구소, 해삼 인공종묘생산 가이드북(2014년 남해군 앵강망 자율관리어업배양장), 2014.

고형범・선영재・송지환, 2008. 홍해삼 대량종묘생산기술개발연구. 제주특별자치도해양수산연구원 사업보고서.

해양수산부, 2006. 해삼양식기술개발. 1-151.

개량조개(곽지대합) 종묘생산 기술개발

현재민 · 좌민석 · 김필연

Ⅰ. 서 론

개량조개(hen clam, *Mactrachinensis*)는 우리나라 연안에 널리 분포하는 이매패 중의 하나로 연체동물문(Phylum Mollusca), 이매패강(Class Bivalvia), 백합목(Order Veneroida), 개량조개과(Family Mactridae)에 속하는 패류로 한국, 대만, 일본 등지에 널리 분포하며, 해저 10m 이천의 모래나 펄에 서식하는 것으로 알려져 있다(Ryu and Kim, 2001).

제주도는 사면이 바다로 둘러싸여 있고 과거에는 패총이 발견될 정도로 이매패류가 많이 서식하였던 것으로 밝혀지고 있으며 특히 곽지 연안에는 개량조개 패각이 대량으로 발견될 정도로 주 서식지였던 것으로 나타나고 있다.

개량조개의 외형적 특징은 패각의 표면에 성장선이 뚜렷하고 황색을 띄고 있으며, 여러줄의 옅은 갈색대가 방사상으로 뻗어 있다. 각장 80~90mm, 각고 60mm, 각폭 40mm 내외의 난형으로서 비부착성 이매패류이며(Hanaoka and Shimadzu, 1949), 수정란은 세포분열에 의해 포배기, 낭배기, 담륜자기를 거쳐 면반이 발달하고 패각이 만들어져 D형 유생으로 발생된다. 부착성 또는 일시 부착성 이매패류 유생은 담륜자 유생기부터 부착기질에 부착하기까지 부유하고, 비부착성 이매패류 유생은 바닥에 침착하여 바닥생활을 시작하는 변태완료시까지 부유생활을 한다. 특히 개량조개(*Mactrachinensis*)는 비부착성 이매패류로서 부유생활을 하다가 모래 등의 바닥에 침착하여 생활하므로 종묘생산 시 초기에 수정란 및 유생을 대량 확보하여 안정적으로 관리하는 것이 중요한 과제이다. 우리나라에서 이매패류 유생사육에 관한 연구는 이매패류 유생기 먹이와 성장(Yoo, 1969)을 시작으로 피조개(Kim and Koo, 1973; Pyen *etal.*,1976;Kim*etal.*,1980), 참가리비(Lee and Jo, 1980), 굴류(Kim *et al.*,1995;Min *et al.*,1995;Yoo and Park,1997;Hur *et al.*,2008), 비단가리비(Park *et al.*,2005), 제주산 해가리비(Son *et al.,* 2005), 흔한가리비(Won *et al., 2004*)의 사육수온, 수용밀도, 먹이생물의 종류 및 공급량, 생식소 발달, 산란유발 효과와 난 발생 등에 대한 연구자들의 보고가 있으나, 개량조개에 관한 산란과 유생사육에 관한 체계적인 연구는 보고된바 없는 실정이다. 따라서 우리 연구원에서는 점차 사라져가는 개량조개의 자원을 회복하기 위하여 2012년도 시험종묘생산 연구에 착수하여 성숙 어미 산란유도, 유생발달 단계별 사육방법 기술 등을 확립하였으며 현재까지 종묘생산 된 치패를 대량 방류하고 그간의 결과를 다음과 같이 보고하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 어미구입

2012년부터 2016년까지 종묘생산에 사용한 개량조개는 크기 100g 이상급 어미를 구입하여 사용하였다.

2. 채란

채란에 사용된 모패는 10cm 이상인 개체만을 선별하여 사용하였으며 채란은 1회에 걸쳐 실시하였다.

성숙한 생식소는 암컷이 분홍색이고, 수컷은 담황색으로 만 1년이면 성숙하여, 수정란의 크기는 평균 60㎛ 정도이다.

산란유발을 위하여 사용한 어미는 생식소가 충분히 성숙하고 활력이 좋은 것만을 사용하였으며 산란자극 방법으로는 간출자극, 수온상승자극, 자외선 조사해수 자극등이 있지만 우리 연구원에서는 간출자극과 수온상승 자극을 이용하여 난과 정액을 채취하였다.

간출자극은 해수에서 사육하던 어미를 온도가 5℃ 정도 높은 공기 중에 60~90분간 노출시킨 후 해수에 옮겨 방란·방정을 시도하였다. 온도자극은 히트펌프를 사용하여 수온을 상승시켜 자연해수 수온보다 3~5℃ 정도 높게 하였다. 수조내에서 방란·방정하는 개체를 100L 폴리카보네이트에 옮겨 산란을 유도하였고, 방란·방정된 알과 정자는 즉시 인공수정 시킨 후 30㎛ 뮬러가제를 사용하여 깨끗한 여과해수로 4~5회 세란 한 후 부화수조에 수용하였다(그림 1).



그림 1. 간출자극(좌), 산란하는 어미(중간), 수정란(우)

3. 유생사육

유생사육은 산란, 수정 후 부화된 trochophore 유생은 수온 20℃로 유지된 사각콘크

리트수조 7톤에 옮겨 주었으며, D상 유생으로 발생한 후에는 수온을 22~23℃로 올려 aeration을 약하게 유생 사육하였다. 사육방법은 지수식으로 하였고 사육수는 1㎛ 여과 필터를 거친 여과해수를 공급하였으며 3일에 한번씩 수조교환 하였다(그림 2).

먹이는 시판되는 염조복합분 및 셀피쉬다이어트(미국산)를 100~200만 cell/㎖로 1일 2회 공급하였으며 성장에 따라 공급량을 늘렸다.



그림2. 7톤 유생사육 사각콘크리트 수조(좌) 및 수조교환(우)

4. 방류 및 효과조사

2012~2014년까지는 개량조개 1cm급 치패를 방류하였으나, 유생사육 및 치패사육 과정 중 원생동물에 의해 치패의 폐사율 높아짐에 따라 생존율 향상 및 대량 방류를 위하여 2015~2016년에는 침착기 치패 방류를 실시하였다. 방류효과 조사는 방류 후 다음 해에 다이버에 의한 현장조사 및 어촌계 청취조사를 실시하였다.

Ⅲ. 결　　과

1. 어미 성숙

성숙한 어미의 생식소는 복강내에 불규칙하게 되어 있으며 자웅이체이다. 성숙한 난소의 외부특징은 붉은색을 띄며 정소는 노란 레몬 색체를 띤다(그림3). 수정란의 크기는 일반적으로 50~60㎛ 내외의 분리 침성란이며, 동경만에서의 산란기는 5월에서 6월까지이며(Hanaoka and Shimadzu, 1949), 한국연안에서의 산란기는 6월 말에서 8월 중순이다.

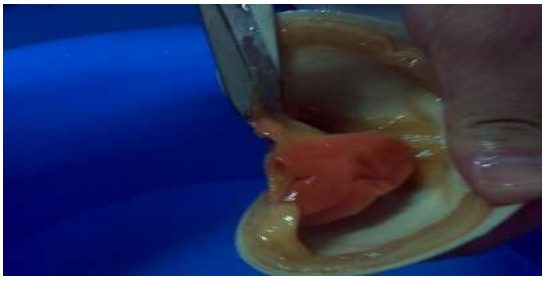



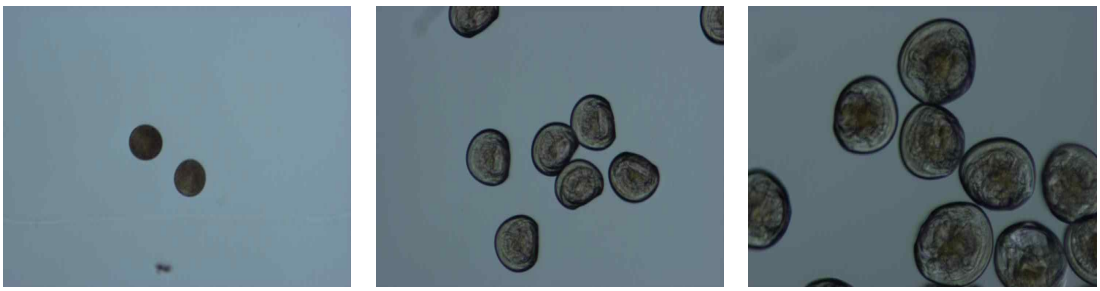
그림 3. 성숙한 정소(좌) 및 성숙한 난소(우)

2. 채란

개량조개의 채란량은 평균 7,000만립~1억만립을 채란하였다. 채란 후 수정란은 7톤 콘크리트사각수조에서 수조당 500만립을 수용하였으며 부화율은 80% 내외였다.

3. 유생사육

개량조개의 난발생 과정을 현미경으로 관찰한 결과는 (그림 4)와 같다. 수정란의 크기는 약 60㎛였고(그림 4A), 수정 24후에는 각장 80㎛, 각고 60㎛의 D형 유생으로 되었다(그림 4B). 수정 15일째에는 각장 250㎛, 각고 230㎛가 되며(그림 4C), 바닥에 침착하는 개체가 보이기 시작하였다.



A B C

그림 4. A: 수정란; B: D형유생; C: 침착기유생

4. 방류 및 방류효과 조사

2016년에는 대량방류를 추진하기 위하여 침착기 치패 300만마리를 방류하였다(그림5).



그림 5. 곽지과물해변에 개량조개 침착기 치패 방류하는 모습

방류효과 조사는 방류 후 다음 해에 매년마다 다이버를 이용하여 조사하였으나 개량조개의 경우 화창한 날에만 호흡구멍을 확인할 수 있어 효과조사가 어려운 실정이었다. 하지만 매해 어촌계 청취조사를 통해 해녀들의 개량조개 채취량 조사 결과 2015년까지는 증가하는 추세를 나타내었으나 2016년에는 감소하는 추세를 나타내었다(표 1).

표1. 곽지어촌계 개량조개 채취량

채취연도	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
채취량	48kg	100kg	250kg	310kg	60kg

따라서 추후 지속적인 방류와 효과조사가 이루어져야할 것으로 판단된다.

Ⅳ. 참고문헌

유성규, 1998. 천해양식

해양수산부. 2001. 북방대합 종묘 대량생산 연구. 최종연구보고서.

Hanaoka, T. and T. Shimadzu, 1949. Studies on the morphometry and rate of growth in clam, Mactra sulactaria Reeve. in Tokyo Bay. Bull Japan. Fish. Soc., 15(7), 313-317.

Hur, Y.B., Min, K.S., Kim, T.I., Lee, S.J. and Hur, S.B.(2008) Larve growth and biochemical composition larvae during artificial seed production. J.Aquacult.,21:203-212.[inKorean]

Kim, B.H., Moon, Y.B., Ryu, H.Y. and Han, S.J. (1995) The artificial seedling production of the Pacific oyster Crassostreagigas.Bull.Nat.Fish. Res.Dev.Inst., 50:103-114.[inKorean]

Kim, J.D., Cheong, S.C. and Kang, H.W. (1980) Studies on the artificial mass seed production of the ark shell Anadarabroughtonii(Schrenck)- Ⅱ. On the inter mediate culture of the artificial seed. Bull.Nat.Fish.Res.Dev.Agency,25:45-53.[inKorean]

Park, K.Y., Kim, S.K., Seo, H.C. Ma, C.W. (2005) Spawning and larval development of Jicon scallop, Chlamysfarreri.J.Aquacult.,18:1-6.[inKorean]

Ryu, D.K. and Y.H. Kim, 2001. Management of the hen clam, Mactra chinensis Phillippi, on the coast of Kunsan, I. Age and Growth. Kor. J. of Mala., 17(2), 13-18.

Son, P.W and Chung, E.Y, 2005. Gonadal development, first sexual maturity and sed ratio of the sun and moon scallop Amusium japonicum japonicum on the coastal waters of jejudo, korea, Dev. vol. 9, 95-103.

Won, S.H and Han S.J. 2004. Effects of various stimulants on spawning induction and early development at different water temperatures in the Noble Scallop, Chlamys nobilis, J.Aquaculture. 17(2), 97-102.

Yoo, S.K. and Park, H.G. (1997) Culture condition and larval growth of the oyster, Crassostreanippona.J.Aquacult.,10:97-103.[inKorean]

중국 해삼산업의 특성과 제주홍해삼 발전방향

양병규

1. 중국 해삼 생산현황

○ 중국 해삼생산량은 년간 200,969톤, 7조 4,358억원(단가 : 200위안/kg)로서, 양식면적은 214,180ha(대부분 축제식)으로서 년간 약 746억마리의 종묘를 생산하고 있다. 주요 생산지역은 산동성, 요녕성, 복건성에서 주로 양식되고 있다.(그림 1)

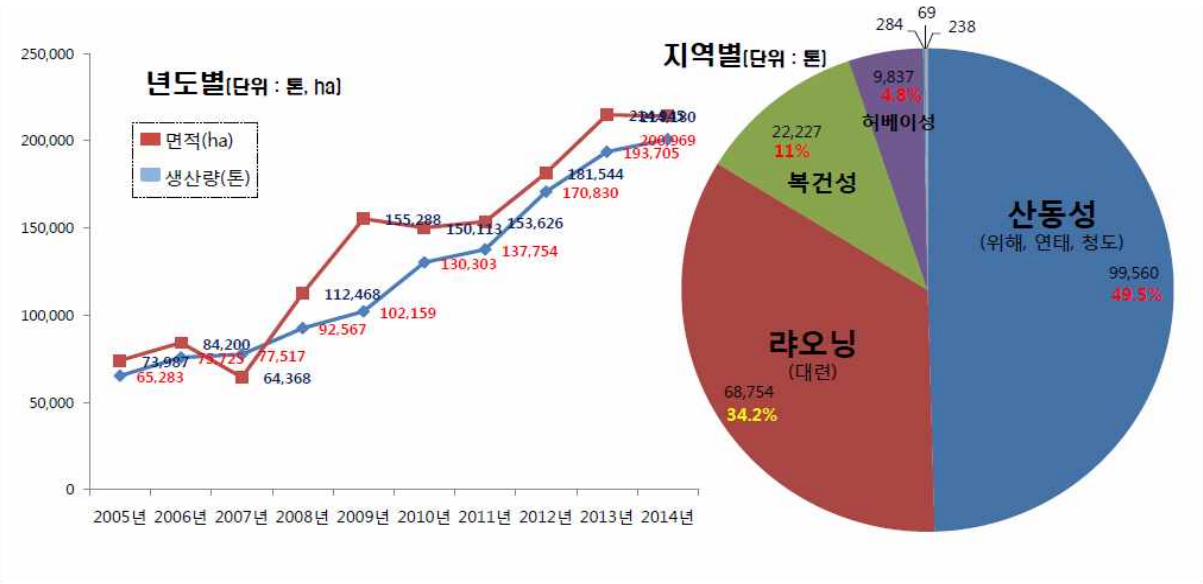


그림 1. 중국 해삼생산현황 (2015년 중국해양수산현황 통계, 단위 톤)

2. 중국 해삼산업의 특성과 경쟁력 분석

《① 자본집약형 규모화 양식》

○ 중국의 해삼생산량과 생산면적은 2004년 이후 지속적으로 증가하고 있으나, 최근 양식면적과 생산량이 성장속도가 둔화되고 있는 추세이다. 이는 중국내 해삼생산기술과 수면적이 한계에 와 있다고 추정할 수 있으며, 가격하락에 의한 소규모 해삼양식장이 폐업과 대단위 양식기업으로 통폐합이 진행되고 있다.

○ 중국내 해삼 생산규모화 면에서는 한계에 있으나, 소비의 형태와 가공의 형태가

대중화, 고차가공, 고부가가치 산업으로 재편될 것으로 예측되며, 산업의 주도는 자본가 중심으로 가치사슬이 통합된 대기업중심의 양식산업 형성

《② 중국 지역별 해삼 대표브랜드》

○ 지역적으로는 해삼대량 생산지역에서 거대 해삼생산기업이 지역 해삼산업을 주도하고 있으며, 랴오닝성은 대표적으로 대련을 중심으로 장자도 그룹, 방추도 그룹 등이 주도하고 있고, 산동성은 연태지역의 동방해양, 위해지역의 호당자그룹, 청도지역의 일교묘업(壹橋苗業 yiqiaomiaoye) 기업 등 각 해삼 생산 거점도시에 대규모 시설을 갖춘 기업들이 생산, 유통, 가공, 사료판매 등 관련분야 산업을 직접 주도하고 있다. 한편, 생산시설이 없이 특화된 가공기술을 바탕으로 지역내 소규모 생산업체로부터 해삼을 대량 구입하여 대규모로 가공하고 브랜드화 하는 가공업체들도 많이 분포하고 있는 실정임.(그림 2.)



그림 2. 중국내 해삼 브랜드 (좌 : 산동성 지역 해삼 브랜드, 우 : 요녕성 지역 해삼 브랜드)

《③ 산업구조》

○ 중국 해삼산업이 성장할 수 있는 것은 안정적인 양식기술과 매뉴얼 확립을 통하여 업체간 생산기술이 평준화 되어있기에 가능하다. 특히 생산단계별로 분업화 되어 있는 산업구조를 기반으로 다양한 판로가 확보되어 있다.(그림 3)

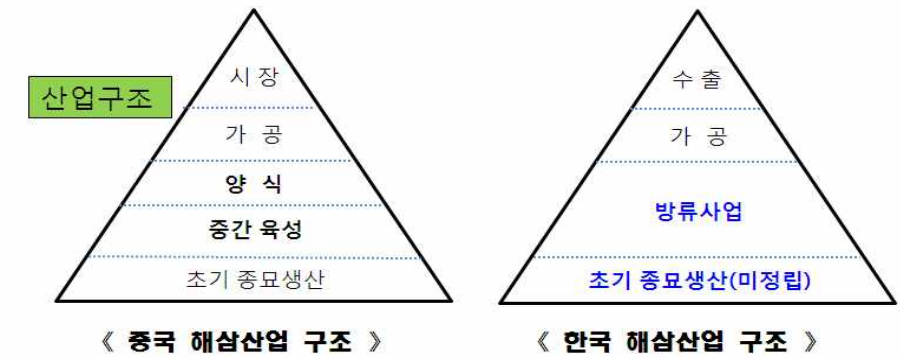


그림 3. 중국과 한국의 해삼산업 구조 비교

《④ 규격화, 인력절감 기술개발》

○ 중국 해삼양식산업이 경쟁력을 확보하고 생산을 높일수 있었던 것은 기본매뉴얼을 바탕으로 설비의 규격화와 인력절감형 자동화 장치 등 생산효율 증대를 위한 기술개발이 활발히 진행되었으며, 현재 대부분의 양식장에서는 10일에 1회정도 청소, 선별작업이 가능하다.



그림 4. 일반적인 해삼 실내양식장 구조와 설비(규격화, 수레, 호이스트)

《⑤ 소비형태》

○ 전통적인 웰빙식품으로서 고가로 판매되는 해삼이 중국 시진핑정부의 반부패 정책으로 프리미엄급 고급시장은 위축되었으나,

○ 최근 고차가공품이 화장품, 주류, 의약품, 영양 보조식품 등으로 가공 판매되고 있는 실정이며, 가격하락에 의해 대중적인 식품으로서 어묵, 햄버거, 만두형태로

소비가 급증하고 있는 실정임(그림 5)



고급요리, 대중식품, 고차가공, 햄버거, 어묵, 만두(의약건강&뷰티)

그림 5. 다양한 형태의 중국 해삼 요리와 식품

《⑥ 판매구조》

○ 중국에서는 축제식 양식방법으로 대단위 양식장을 조성하여 양성하게 된다. 특히, 종묘생산 개시후 선두그룹은 어미후보군으로서 별도 선별하여(9월) 야외에서 양성하게 되며, 2g 내외의 종묘를 추계방류(10~12월)하고 하게 된다. 대부분은 성장속도 중상위 그룹은 복건성 및 소규모 해삼양성업체로 판매하게 되며, 나머지 중간이하 그룹은 월동하여 이듬해 3~4월 춘계방류 하게 된다. 이때의 종묘크기는 5~10g 급으로서 비교적 월동기간에 크게 양성시켜 출하하게 된다.

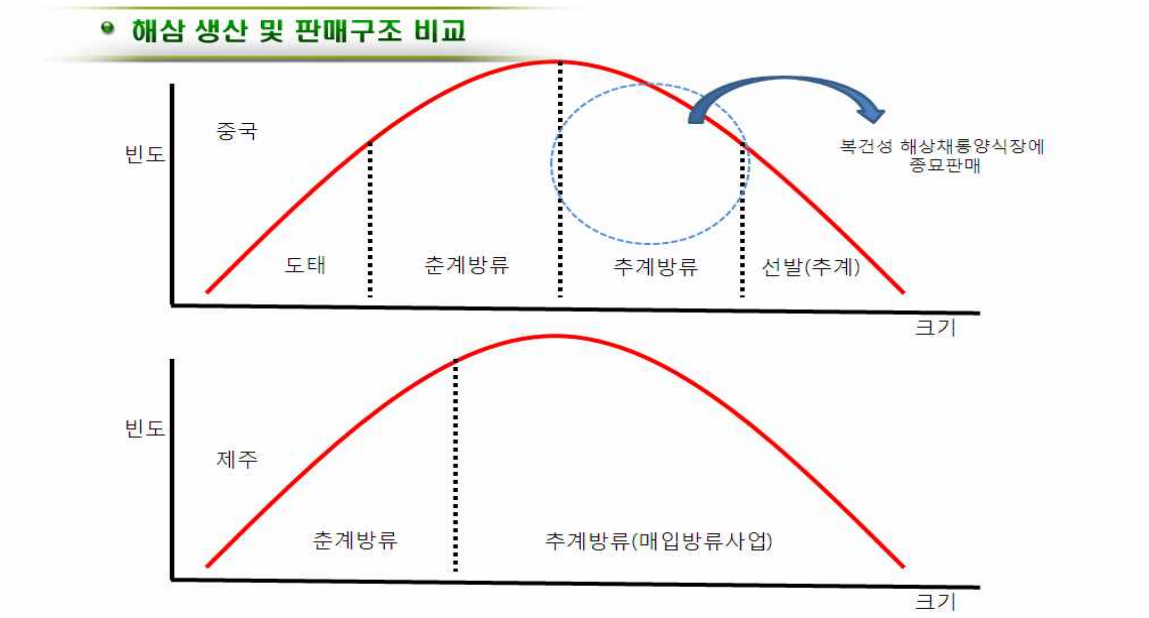


그림 6. 중국과 제주의 해삼 생산과 판매구조 비교

《⑦ 해삼 양식장 운영특성》

○ 해삼은 하등한 생물로서 생산과정에서 개체별 성장속도의 편차가 매우 큰 생물로서, 안정적이고 대량생산하기 위해서는 대단위 생산공간 확보가 필수적이다. 대부분의 육상양식시설은 종묘를 지속적으로 공급하는 인큐베이터라고 비유 될 수 있다. 년중 종묘를 키우면서 크기별로 선별하면서 배후부지에 지속적으로 종묘를 방류하면서 육상수조내의 종묘밀도를 조절하여, 종묘생산량을 극대화 시킨다.

○ 최근에는 가격의 하락으로 인해 경쟁력이 없는 업체는 종묘를 다른 업체로부터 구입하여 생산하는 형태가 빈번하게 볼 수 있다. 경쟁력이 있는 업체를 중심으로 일반 청해삼 생산을 지양하고, 특화된 고유브랜드를 구축하기 위하여 백해삼, 자색해삼, 돌기해삼 등 선발육종에 의한 우수품종 개발과 생산에 집중하고 있는 실정이다.

3. 중국 해삼산업의 문제점과 전망

○ 대규모 양식단지 확대조성의 한계로는 기존 양식단지에 관광, 물류 등의 개발지구로 지정되면서 신규어장이 어렵고, 최근 해삼 대량생산에 의한 가격하락으로 고가 프리미엄 시장붕괴와 년간 21만톤 생산에 따른 가격하락함에 따라 가온에 의한 사육을 지양하고, 육종에 의한 특화된 품종 중심의 생산하고 있는 실정이다.

○ 따라서, 해삼 가격하락과 프리미엄 시장붕괴에 따른 시장팽창에 한계를 나타나고 있으나, 가격하락과 대중화로 인해 일반 서민소비형 해삼시장은 지속적인 팽창할 것으로 판단하고 있다.

○ 중국에서는 중산층의 확대와 대중적인 해삼소비로 인해 중국의 해삼시장은 장기적으로도 커질 것으로 판단하고 있지만, 경쟁력이 낮은 일반해삼에서 탈피하고, 에너지 소비가 없는 해삼양식을 지향하고 있다. 앞으로 대기업을 중심으로 해삼산업이 재편되고 있으며, 명품브랜드 해삼상품과 고차가공 상품을 중심으로 산업주도할 전망이다.

4. 제주도내 홍해삼 생산 실태

1) 현 황

○ 제주지역 마을어업에 의해 생산되는 홍해삼은 지난 2007년(생산량 38톤) 이후, 생산량이 꾸준하게 증가하여 2015년에는 108톤이 생산되어 2007년에 비해 2.8배 성

장하였다.

○ 홍해삼 생산 업체수는 22개소(19개소 운영)로서 외국인 기술인력 운영업체 7개소에 달하고 있으며, 총 수면적은 23,000㎡ (총 파판수 75만장), 년간 생산량 약2,000만마리 로서 이중 생산량의 10% 범위인 200만마리가 방류사업에 활용되고 있다.

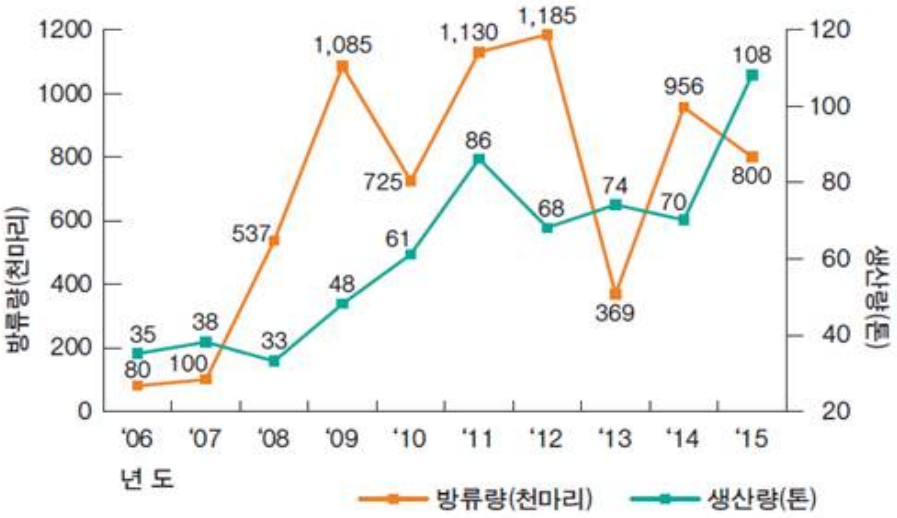


그림 7. 제주도내 홍해삼 생산 및 방류현황

2) 판매형태

○ 생산물량중 매입방류 사업에 의존도가 높으며, 수면적의 한계로 생산량이 부족한 실정으로 년간 판매물량중 약 60% 범위에서 당해연도(11~12월)에 판매하고 있으며, 40%는 월동후 명년 3월 이후에 방류하여 수익을 얻고 있다.

○ 대부분 영세함에 따라 년 매출액은 1억~1억5천 범위이이며, 어가별 생산기술의 차이로 인하여 양식채산성과 수익이 양극화 현상이 뚜렷하게 나타나고 있다.

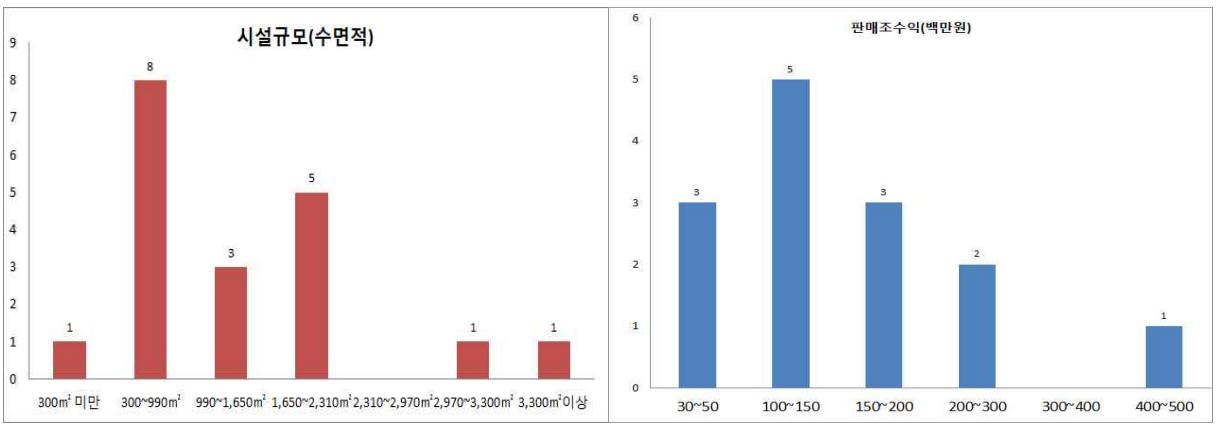


그림 8. 제주도내 홍해삼 생산업체 규모와 수익현황

2) 문제점

○ 홍해삼 종자 생산기술의 미흡

- 중국측 기술에 의존된 생산기술의 한계 내포

○ 자연채집에 의해 어미해삼을 확보하여 종묘를 생산하고 있다. 따라서 지속적으로 이용 가능한 양식을 하기 위해서는 완전양식 기술이 절대적으로 요구되는 상황이다. 또한 홍해삼 생산시설은 기존의 전복수조를 활용하기 때문에 생산의 효율성이 낮다고 볼수 있기 때문에 홍해삼 생리, 생태를 고려한 전용 생산시설 구축과 인력절감형, 고효율 생산 시스템 구축 필요하다.

○ 그리고 제주 방류사업 위주의 취약한 산업구조를 갖고 있으므로 홍해삼 양식의 미래 산업화를 위해서는 “종묘생산 → 중간육성 → 양식(육상 및 바다양식) → 가공 및 식품개발 순으로 이어지는 산업구조로 전환되어야 할 것이다.

5. 제주도내 홍해삼 발전방향

○ 제주 홍해삼 양식 발전 전략(SWOT 분석)

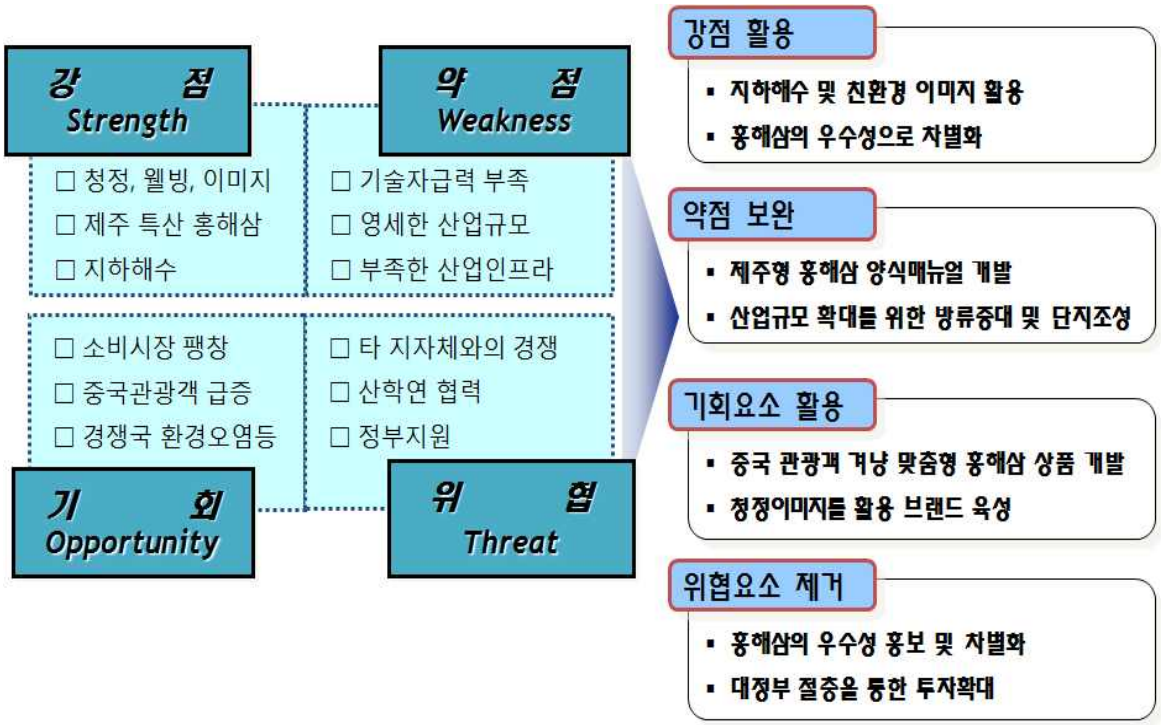


그림 7. 제주도 홍해삼 산업의 SWOT 분석

○ 중국의 해삼 산업은 다른 산업과 비교되는 특성이 있다. 특히 남녀노소, 저소득층

에서 고소득층, 특권층까지 광범위한 소비가 이루어 지고 있다. 지금까지의 중국 해삼산업의 큰 특성중 하나는 생해삼과 건해삼 유통으로 나눌수 있는데 특히 프리미엄 건해삼 시장은 공산당 간부, 정치인, 공무원, 기업인 등 특권층을 대상으로 뇌물등의 형태로 상납, 유통된다고 할 수 있다. 프리미엄급 건해삼은 300~500만원/kg 범위의 높은 가격대에 형성되어 있으며, 북해도산 돌기해삼과 중국산 자연해삼을 중심으로 유통되고 있다.

○ 그러나 시진핑 주석의 강력한 부패방지 정책 등의 사회적 분위기로 인해 중국내 프리미엄급 건해삼 시장을 급소도로 냉각되어 현재 중국내에서의 최고급 건해삼의 가격은 300만원/kg 미만으로 하락 하였으며, 과잉생산에 의한 일반해삼의 가격도 하락되어 있어 산업 전체적인 불황과 침체기에 있는 실정이다. 이처럼 현재의 중국 해삼산업은 침체기에 들어가 있다고 판단되고 있으며, 현지 생산자 또는 공무원들도 이에 대한 이견은 없는 것으로 확인되었다. 그러나, 중국의 소비형태와 식문화를 보았을 때 홍해삼의 소비둔화는 강력한 정책에 의한 프리미엄급 시장의 몰락 등 의 현상일 수 있으나, 다른 한편으로는 경제성장에 따른 중산층의 증대로 인해 오히려 중저가 해삼시장의 활성화가 예상되기도 하며, 이를 통한 중국 해삼산업의 양적팽창도 예상될 수 있다.

○ 한편, 현재의 중국 해삼산업과 경쟁력을 바탕으로 우리나라 해삼이 중국 수출을 위해서는 가격경쟁력과 고품질 생산에 있을 것으로 판단되는데 중국과 한국간의 기술적 차이가 너무 크고, 중국의 보편적인 생산기술과 품질관리 등을 봤을때 수출전략 품종으로서의 제주 홍해삼 산업은 어쩌면 한계성이 있을 수 밖에 없다고 생각된다. 즉, 생산만 하면 수출할 수 있는것이 아니라, 중국 해삼과의 가격경쟁력, 품질, 안정적 물량확보 등이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

○ 따라서, 제주 홍해삼 산업이 고부가가치 산업으로 육성되기 위해서는 내수시장을 겨냥한 고품질 생산에 집중해야 할 것이며, 아울러 밀려오는 중국관광객을 대상으로 한 식품 및 선물용 가공품 개발 등에 관심을 가져야 할 것이다.

○ 이를 위해 제주 홍해삼 종묘생산 기술에 대한 매뉴얼 개발과 완전양식기술 적용을 통한 홍해삼의 양적생산, 종묘 생산방류 사업의 확대, 인력절감형 고효율 홍해삼 생산시스템 개발, 마을어장과 사니질 지역을 활용한 홍해삼 바다양식장 조성사업 등의 시범사업이 필요하다.

6. 참고문헌

강석중 외 6인 최신 해삼양식기술 아쿠아인포(주), 2012

국립수산과학원 남서해수산연구소, 해삼 인공종묘생산 가이드북(2014년 남해군 앵강망 자율관리어업배양장), 2014

于东祥,孙惠玲,陈四清,等. 海参健康养殖技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2005 :67-70.

朱伟,麦康森,张百刚,等.刺参稚参对蛋白质和脂肪需要量的研究.海洋科学,2005,9(3):54-58.

张硕,陈勇,孙满昌.光强对刺参行为特性和人工礁模咽巢参效浓的影响中國水產科學, 2006,13(1): 2-26.

陈勇,高峰,刘国山,等. 温度丶盐度和光照周期刺参生长及行为的影响. 水产學报, 2007, 31(5)

张群乐,刘永宏. 海参海胆增养殖技术[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1988 : 106-108.

王印庚,孙素凤,荣小军,等.仿刺参幼体烂胃病及其致病菌鉴定[J].中国水产科学, 2006, l3（6）

林承刚,汝少国,杨红生,等.刺参对人工礁体设计关键指标的选择[J].海洋科学, 2012,36（3）

赵兴武 农业部渔业渔政管理局, 2015年渔业统计年鉴 中国农业出版社, 2015

2015-2020年 中国海参行业市场前景调查咨询报告, 中國産業研究院, 2014

徐永东，李可闻 我国海参产业现状分析,渔业信息与战 2013, 02

《 참고 웹사이트 》

http://www.haishendl.com/

http://www.chinabreed.com/

http://www.aquainfo.cn/

중국 해삼 생산단계별 사육매뉴얼 소개

양 병 규

Ⅰ. 서 론

○ 현재 제주도내 홍해삼 종자생산 업체는 21개소로서 년간 200만마리의 방류용 종자를 생산하고 있는 실정으로서 업체별 생산량과 기술력의 편차가 매우 크다. 특히 도내 홍해삼 생산기술은 중국기술력 대비 50~60% 수준으로 추정된다.

○ 한편, 일부 종묘생산이 잘 되는 어가인 경우에도 중국기술력에 의한 종자생산이 이루어짐에 따라 홍해삼 생산기술력의 안정화를 위해서는 중국에서 성행하고 있는 해삼의 생산단계별 생산관리 매뉴얼에 대한 이해와 이를 활용하여 제주실정에 적합한 홍해삼 생산매뉴얼 개발이 필요하다.

○ 따라서 본 보고서에서는 지난 1년동안 중국 해삼생산 매뉴얼 습득을 위하여 파견된 기간동안 습득한 해삼의 생산단계별 생산매뉴얼을 정리하고자 하였다.

○ 앞으로 홍해삼 생산을 위한 생산매뉴얼은 제주 양식환경과 여건에 맞게 지속적으로 조정하여 홍해삼에 특화된 생산단계별 생산매뉴얼로 정립하고 이를 민간 어업인들에게 보급할 계획이다.

Ⅱ. 생산단계별 사육매뉴얼

2-1. 어미관리

○ 야외 수조 형태(200톤, 수심 2-3m)

○ 야외 어미 후보군 관리 : 9월 ~ 1월(영양공급) 주 2회 급이

○ 어미 해삼관리 : 수확 선별 및 육상수조로 이동 (1~2월)

※ 외형, 무게등을 확인하여 선별한후 우량개체는 육상수조로 이동하여 집중관리

○ 어미 실내사육 관리 : 육상수조 관리 ⇒ 2월~4월 (적산수온관리)

○ 사료급이량 : 생체량의 3~5%

⇒ 2회/주 급이

⇒ 배합사료, 지충이분, 모자반분, 뻘 (24시간 발효후 익일급이)

2-2. 어미 축양관리

○ 축양기간 : 산란전 15일~30일간

○ 수용밀도 : 20~30마리/톤

※ 축양기간이 길어진다면, 수용밀도를 20마리/톤 이하로 조정

○ 사료급이

- 어미해삼의 축양 기간에는 일반적으로 사료를 주지 않는다.
- 해삼 채취 시기가 빨라져서, 축양 기간이 길면, 해삼의 힘이 떨어지기 때문에 생식선이 퇴화하는 것을 막기 위해 적당량의 사료를 투입한다(어체중 5%범위).
- 투입량을 잘 조절해야 하는데, 다음 번 사료를 투입할 때 사료가 완전히 남아있지 않거나 거의 남아있지 않을 정도가 알맞다.

○ 환수 및 청소

- 매일 아침, 저녁으로 물을 교환해주는데, 매번 환수량은 축양수조 용수의 1/3혹은 1/2가 알맞다.
- 환수를 시작할 때, 해삼을 수조 바닥으로 쓸어내려, 해삼이 수조 벽에 노출, 건조되는 것을 막고 동시에 수조 밑바닥을 빨아내거나(싸이폰) 혹은 수조를 비워서 수조 내 해삼 분변과 기타 오염물질을 청소한다.

○ 일상관찰

- 해삼 축양 기간에는 해삼의 활동상황을 세심히 관찰하여야 하고, 특히 저녁에는 계속 관찰을 해야 한다.
- 해삼이 물 표면에서 수조벽을 따라 빈번히 활동을 하거나 때때로 머리를 들고 흔들거나 혹은 수컷이 정자를 배출한다면, 암컷이 산란을 할 가능성이 있으므로 곧바로 채란 준비 작업을 한다.

2-3. 수정란 생산 및 수정방법

○ 산란자극 : 수온상승, 간출자극, 유수자극법

○ 성숙크기 : 최소 2년산, 200g 이상 , 20cm 이상

○ 수용량 : 20~30마리/톤

○ 수　온 : 17℃(산란자극시 3~5℃상승)

○ 환　수 : 2회/일

① 축양수조내 산란수정

◆ 수 정

- 수컷이 정자를 배출한 후 수컷을 일정시간 수조에 놓아두어 수조 내 일정한 수

량의 정자가 있도록 하여 암컷의 산란을 유도

- 암컷이 산란을 시작한 후에 정자의 수가 너무 많아지지 않도록, 방정중인 수컷을 수조 내에서 격리함
- 암컷이 산란을 멈추면 산란 수조 내 모든 해삼을 옮김

◆ 세 란

- 수정란이 가라앉기를 기다렸다가 사이펀식으로 수조 내 정액이 함유된 윗부분의 물을 옮겨내고, 10~30cm정도의 물만 남김
- 그 후 여과된 신선한 해수를 주입, 수정란이 다시 수조 아래로 가라앉기를 기다렸다가 다시 세란 과정 반복(2~3차례)

※ 이 방식을 사용하면 어미해삼이 산란과정 중에 이동을 하는 등의 방해를 받지 않기 때문에 산란 지속시간이 길고 산란량이 많고 수정란의 질이 우수하지만 노동강도와 시간이 오래걸림

② 산란박스를 이용한 산란수정

- 산란 전, 산란박스에 여과된 해수를 가득 채운다.
- 축양 수조 내에서 어미해삼이 산란하는 것을 발견 시 바로 산란 박스에 수용하여 산란을 유도
- 산란을 함과 동시에 정액을 넣어준다. 정액은 반드시 많은 개체 수의 수컷이 방정한 것을 혼합한 것이어야 한다.
- 정액 투입량이 너무 많지 않도록 하고, 한 개의 난자 주위에 3~5개의 정자가 보일 정도면 적당하다.
- 해삼의 난은 가라앉으므로 산란 과정 중 계속해서 산란박스 내의 물을 유동시켜 주어 난이 부유 상태가 되게 한다.
- 산란이 끝나면, 즉시 해삼을 옮긴다. 산란박스내 물은 계속 섞어주어 수정란이 물속에서 고루 분포하도록 한 후 샘플을 채취해 수량을 계산하고 수정 상황을 관찰한다. 수량 계산, 관찰 후 즉시 수정란을 부화수조 안으로 옮긴다.
- 이 방식은 정자의 수량을 통제하는 데 용이하고 부화가 정상적으로 이루어져 기형을 감소하고, 부화된 유생이 건강하고 발육이 양호하다는 장점이 있다. 어미 해삼의 축양기간이 길고 체력소모가 크다면 축양 수조 내에서 산란을 하는 어미를 산란박스에 옮겨도 종종 산란을 더 이상 하지 않거나 산란 시간이 적어지므로 사육 후기에는 일반적으로 이 방법을 쓰지 않는다.

2-4. 부화유생 관리요령

① 유생선별 및 입식

- 부화수조 내 부화되지 않은 수정란, 여분의 정자와 기형 및 불량한 유생 등으로 인해 수질이 오염되고 각 부화수조의 유생의 밀도도 다르므로, 유생 부화 후 즉시 수조를 비운다.
- 각 수조에 아우리쿨라리아 유생의 밀도를 알맞게 조정하고 오염물질과 불량한 유생을 배출하여 우량한 유생을 선별한다.

② 유생의 사육밀도

- 초기 아우리쿨라리아 유생의 사육밀도는 1개/mL 이내로 통제하는 것이 적합하고, 일반적으로 0.5개/ mL 정도로 유지한다.
- 유생 사육의 적정밀도는 환경조건에 따라 다르게 나타나며, 육묘 초기 혹은 온도 조절 육묘 중에서 유해 생물이 적고 날씨 상황이 좋다면 유생 사육밀도를 조금 증가 시킬 수 있다.

③ 환수 및 분조

- 환　수 : 매일 2회 1/3 환수
- 수온변동 예방 및 급격한 수질변동을 제어하고 물만들기를 목적으로 무환수 법에 의한 부화유생 관리도 일부 진행하고 있음

④ 부유유생 먹이 급이 방법

- 최근 중국내 유생용 사료는 기존 살아있는 규조사료를 대체한 염조분(듀나렐리아 분말) 또는 스피리루나 분말 사료와 해양홍효모, 이스트를 주로 공급하고 있다.
- 또한 일부 어장인 경우 염조분 등의 농축분말사료가 고가이므로 이스트 또는 홍효모를 단독으로 급이하는 어가가 증가하고 있음

※ 참고한 유생사육 사료급이량은 연태시 해삼양식장에서 적용하고 있는 사료급이량임

표 1. 일별 유생 사료 급이량

일 자	2일차	3일차	4일차	5일차	6일차	7일차	8일차	9일차	10일차
수 온	20.5℃	20.8℃	21℃	21.2℃	21.5℃	21.5℃	21.5℃	21.5℃	21.5℃
스피리루나	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤
홍효모	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤
이스트	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤	0.1g/톤 0.1g/톤 0.1g/톤
E M	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤 1㎖/톤
면역 다당	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤 1㎖/톤 1㎖/톤
비 고	개구 (첫급이)							돌리10% 변태	돌리30% 채묘

※ 유생 소화정도를 감안하여 먹이량 조절

※ 사료급이시간 : 2회급이시(07시, 18시), 3회 급이시(07시, 15시, 21시)

※ 대용먹이 : 홍효모, 이스트, 염조분(또는 스피리루나분말)

※ 염조분은 후기유생 이후와 또는 부착기 급이

표 2. 해삼 관리일지 일별급이량

단계	유생	~30일	~60일	~90일	~120일	~150일	~180일	친해삼
수용 밀도	0.2/톤	200-800/파판	200개/파판	180개/파판	120개/파판	100개/파판	80개/파판	5kg/톤
청소 주기		30일	15일	10일	7일	5일	5일	7일
사료		개구10g/톤	치삼20g/톤	일반25g/톤	일반25g/톤 해조분10g/톤	일반30g/톤 해조분20g/톤	일반35g/톤 해조분20g/톤	일반30g/톤 해조분20g/톤
뻘		20g/톤	90g/톤	100g/톤	120g/톤	130g/톤	135g/톤	160g/톤
이스트	0.1g/톤 0.1g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤	0.5g/톤
스피리 루나	0.1g/톤 0.1g/톤	0.5g/톤						
홍효모	0.1g/톤 0.1g/톤							
E M	1㎖/톤 1㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤
면역 다당	1㎖/톤 1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤	1㎖/톤
비타민		2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤	2㎖/톤

2-5. 유생발육 관찰과 판단

○ 아우리쿨라리아 유생은 해삼유생 발육과정 중 가장 긴 성장단계인데, 일반적으로 9일 정도의 기간이다. 이때가 가장 병해가 발생하기 쉽고 사망률이 가장 높은 기간이다.

○ 그러므로 아우리쿨라리아 유생의 발육의 정상여부를 파악 해야만이 문제가 있을 때 바로 조치를 취할 수 있다.

※ 아우리쿨라리아 유생 발육의 정상여부는 다음 몇 가지 지표를 참고하여 판단할 수 있다.

(1) 체장 증가

○ 아우리쿨라리아 유생의 정상적인 체장(몸길이)은 소형 유생은 450~600㎛, 중형 유생은 600~700㎛, 대형유생은 800~1,000㎛이다.

○ 아우리쿨라리아 유생은 하루 보통 50㎛정도 자라는 것이 정상이다.

○ 아우리쿨라리아 유생 개체가 뚜렷하게 작고, 하루 50㎛보다 적게 자란다면 비정상 유생에 속한다.

(2) 외부형태

○ 아우리쿨라리아 유생은 좌우대칭이며, 전후 비율이 알맞다.

○ 몸은 발육이 진행됨에 따라 울퉁불퉁하고 굵어지고, 몸이 구부려진다. 그렇지 않으면 기형유생이고, 쉽게 죽는다.

(3) 위 형태

○ 아우리쿨라리아 유생 위의 정상적인 형태는 배(과일) 모양이다. 풍만하고 위벽이 얇고 투명하다.

○ 위액의 색깔은 비교적 진하고 위 내에 사료가 남아있다. 사료가 계속 식도를 통해 위 내로 들어가는 것을 알 수 있다.

○ 만약 위벽이 두꺼워지고, 위가 수축하면서 줄어들고, 투명하지 못하고, 장기간 비어 있다면 정상이 아니다. 위의 모양이 빠른 속도로 변하면서 단시간에 위의 부패가 일어나기도 한다.

(4) 수체강 발육

○ 중형 유생의 수체강은 길게 늘어난 주머니형이다.

○ 유생이 발육하면서 점차 반원형 구조로 변한다.

○ 대형 유생의 수체강은 2~3개가 울퉁불퉁한 곳이 생기고, 움푹 들어간 곳은 식도로 이어지고 돌출된 면은 외부로 향해있다.

○ 대형 유생 후기에 이르면 5개의 촉수가 손가락 모양의 펙탁큘라원기와 복사수관원기가 생긴다. 수체강 발육이 더디거나 발육이 되지 않으면 비정상 유생이다.

○ 채묘

- 채묘시기 : 부화 10일 전후 (돌리올라리아가 20~30% 변태 시점)
- 부착밀도 : 200~800개체/파판

※ 변태유생이 많을 경우 수심을 깊게하여 파판을 2층, 또는 3층으로 채묘하고, 1달 후에 분조하여 적정밀도로 관리함

※ 채묘량을 5,000개/파판 정도로 고밀도로 채묘후 30~60일 관리후 다른 생산업체 또는 타지역으로 판매 성행

- 채묘기 : 파판이나 채묘망지(10 ~20mesh) 투여

2-6. 치삼관리요령

○ 사료급이

- 사 료 : 규조분, 해조류분, 어분, 뻘, 비타민, 면역제 등
- 사료 투여횟수 : 2회/일 (오전 30~40%, 저녁 60~70%)
- 체장별 사료투여량
  - ▸ 체장 2mm 이하 : 20～50mg/L
  - ▸ 체장 2～5mm : 50～100mg/L
  - ▸ 체장 5mm 이상 : 100mg/L 이상

○ 청소 및 환경관리

- 청소주기 : 채묘후 20～30일에 첫청소 실시
  매 10일마다 지속적인 청소, 분조 반복
- 초기 바닥의 부착유생을 강제로 수거하지 않고 수조에 그대로 두고 물만 교환함

Ⅲ. 해삼 생산단계별 관리매뉴얼 (요약)

단 계		중국 매뉴얼 (참조 연태 H 종묘장 생산방식)
어미관리	어미확보	양식산(후보군 관리 및 성장 형태 우수개체 산란)
	사육밀도	일상관리 30kg/톤, 산란유도 60kg/톤
	환경	자연수온 및 가온
	사료	100~150ppm/일, 산란 1주일 전부터 무급이, 무청소
	청소	매일 1/3환수, 바닥청소 물빼기 5일, 수조이동 10일 주기
채란	산란자극	간출, 수압스트레스, 가온(3~5℃)
	산란방법	자연산란 및 자극산란 수정
	부화관리	24시간 부화조에서 관리후 부상개체만 포집
유생사육	수용밀도	0.2개체/톤
	사육환경	20~22℃
	급이개시	부화 24시(개구전)
	사료급이	급이회수 : 2회 ⇒ 07시, 17시 (21) 이스트 0.1g + 스피리루나분 0.1g (검경후 사료량 증감)
	첨가제	EM, 비타민, 당류
	환수	무환수(매일 해수 첨가)
	부착기투입	변태 30% 시점(부화 10일차)
채묘관리	채묘밀도	1000개체/파판 (유생수에 따라 2층, 3층으로 채묘)
	사육환경	1/3환수(오전), 20℃,
	사료급이	1회(오후4시) 개구사료(80%, 뻘 20%), 급이량 30~40ppm
	첫청소	채묘후 30일 전후
	선별, 분조	청소 후 선별하고 분조함으로서 사육수조를 늘려나감
양성관리	수용밀도	200개체/파판
	사육환경	1/3환수(오전), 20~25℃
	사료급이	1회(오후4시) 치삼사료(60%, 뻘 40%), 급이량 50~80ppm
	청소 및 선별	청소 : 10~15일/회, 선별분조 : 1회/월

Ⅳ. 사진자료



산란수조 준비



수정란 수거



수정란 수용(2개체/ml)



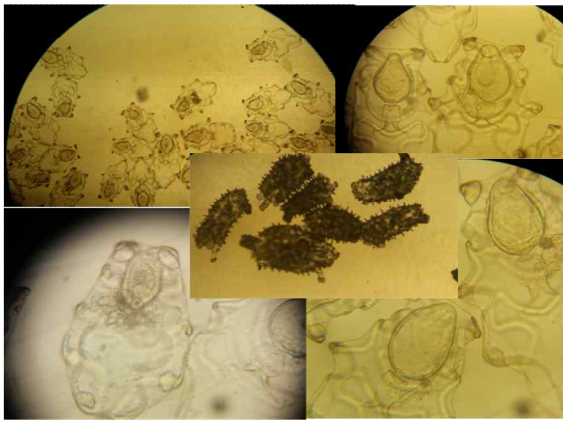
유생사육수조(3일차)



백해삼과 자색해삼 어미(400g급)



유생용 사료 및 첨가제



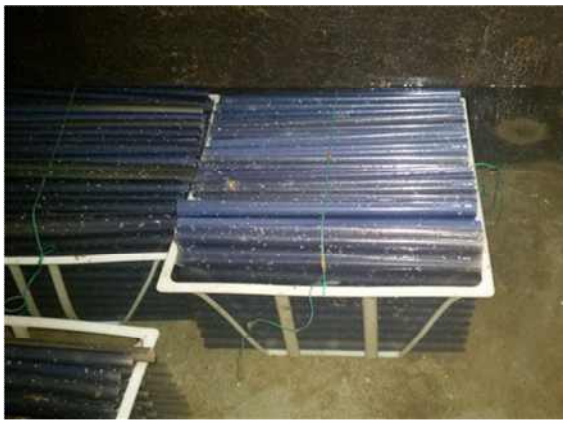
유생 발생단계 시험



채묘 25일차



채묘 30일차



채묘 35일차



해삼 못 양식장 전경



해삼서식 못 저질모습

Ⅴ. 참고문헌

강석중 외 6인 최신 해삼양식기술 아쿠아인포(주), 2012

국립수산과학원 남서해수산연구소, 해삼 인공종묘생산 가이드북(2014년 남해군 앵강망 자율관리어업배양장), 2014

于东祥,孙惠玲,陈四清,等. 海参健康养殖技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2005 : 67-70.

王印庚,孙素凤,荣小军,等.仿刺参幼体烂胃病及其致病菌鉴定[J].中国水产科学, 2006, 13（6）: 909-915.

王吉桥,杨阳,徐振祥,等.附着基形状、粗糙度和颜色对仿刺参幼体附着的影响[J].水产学杂志, 2012,25（3）: 51-54, 68.

수산기술 전문교육과정 시범운영

김종수 · 고창식 · 강진혁

Ⅰ. 사업 개요

1. 사업의 필요성

○ 현장 어업인 및 관련 유관기관 단체를 대상으로 한 체계적인 전문기술 교육과정 필요성 대두

- 제주도 수산업은 연간 생산량 93천톤, 8,445억원 조수익을 달성하는 중요한 사업임에도 전문기술 교육과정이 없어 외부 변화에 능동적으로 대처하는데 한계를 보이고 있어 체계적인 교육 프로그램 운영이 필요함.
- 제주에서 생산된 수산물의 부가가치를 높이기 위해서는 수산식품의 안심성과 경제성 제고 및 소비촉진 마케팅 전략 등이 필요함에도 교육기회를 갖지 못하고 있었음.

○ 어업기술 전담 조직 부재로 신기술 확보가 미흡함에 따라 교육을 통해 현장애로 기술 개발 및 신기술 이전 필요

- FTA 등 급변하는 외부환경에 대해 능동적으로 대처하기 위해서는 어업경쟁력을 제고시킬 수 있는 신기술에 대한 교육이 필수적임에도 불구하고 제주에는 어업기술 전담 조직 폐지로 경쟁력 약화 우려가 있음. 해양수산연구원에서 개설 운영하고자 하는 수산기술기술 전문교육과정을 통해 어업인들에게 신기술을 이전하여 어업 경쟁력을 제고시킬 수 있을 것으로 기대됨.

○ 수산기술 전문교육에 대한 평가를 통해 업그레이드된 새로운 교육프로그램 운영 필요

- 수산기술 전문교육 과정에 필요한 학사프로그램 및 강사 운영 등에 대한 전반적인 협조체계 구축 및 사후 평가를 통해 제주 실정에 맞는 한 차원 업그레이드된 새로운 교육프로그램 개발이 필요한 실정임.

2. 사업의 목적

○ 어업인들에게 전문 수산기술 교육

- 어선어업 및 양식어업(어류, 패류, 해삼 등)에 관심 있는 현직 및 예비 어업인들을 대상으로 전문 수산기술을 교육시켜 어업경쟁력을 제고시킬 필요가 있음.

○ 새로운 현장 교육프로 그램 개발

- 수산기술 전문교육 과정을 운영한 후 설문조사 등을 통해 문제점 및 개선점을 파악하여 어업인들의 실정에 맞는 새로운 현장 교육프로그램 개발

Ⅱ. 사업 주요 내용

1. 교육대상

○ 현직 및 예비 어업경영(종사)자와 해양수산 공무원, 유관기관 · 단체 임직원 등 모든 교육 수강 희망자

2. 개설과정

○ 어류양식과정

- 넙치, 터봇, 참다랑어 등 주요 양식어류의 종묘생산 · 양성기술(생태 · 어병 · 사료 · 약품 · 시설 등) 및 관련 법률

○ 전복 · 해삼양식과정

- 전복, 오분자기, 홍해삼 등 주요 양식품종의 종묘생산 · 양성기술(생태 · 어병 · 사료 · 약품 · 시설 등) 및 관련 법률

○ 어선어업과정

- 갈치, 옥돔, 참조기 등 주요 어종별 어구어법 및 선박운용기술(항해 · 기관 · 통신 등) 및 관련 법률

Ⅲ. 사업 세부 추진 내용

1. 교육과정 개설 및 교육생 모집

○ 교육과정 개설 및 교육생 모집

구 분	기 간		과정별 모집 인원수
	교과정 개설	교육생 모집	
제1기	2016년 3월~5월(3개월)	2016.2.1~2.20	· 어류양식과정 15명 · 전복해삼양식과정 15명 · 어선어업과정 10명
제2기	2016년 6월~8월(3개월)	2016.5.1~5.20	
제3기	2016년 9월~11월(3개월)	2016.8.1~8.20	

2. 교육운영 내용

○ 교육장소

- 이론강의 : 해양수산연구원 회의실
- 실습강의 : 해양수산연구원 종묘생산 및 사육동, 병리검사실, 제주대 해양과학연구소, 어선, 육상양식장 등 산업현장

○ 교육시간 : 매주 목요일(오후 4시간), 기별(3개월) 총 124시간

- 전문교양과목(3개월, 공통과목)
  - 법률, 정책, 제도, 금융, 세무, 노사관계 등 3개 과정 통합 강의
- 전문심화과목(3개월, 3개과정)
  - 생리 · 생태, 인 · 허가절차, 시설 · 관리, 양식(어로)기술 등 과정별 분리 강의

○ 강사진 등 구성 및 역할

- 전문교양(정책 및 법규 등) : 도 및 관련분야 전문가
- 전문심화(과정별 전문지식) : 대학, 연구기관, 선진업체의 전문가 등

○ 교육 평가

- 각 과정 교육 종료 직전 교육생 교육 만족도 등 설문조사를 통한 평가

Ⅳ. 사업 추진 결과

1. 교육과정 편성내역

○ 기별 편성내역

구 분	전문교양	전문심화	수강인원
합계	11과목 28시간	70과목 104시간	101명
제1기 교육과정	5과목 16시간	23과목 36시간	46명
제2기 교육과정	2과목 4시간	21과목 36시간	27명
제3기 교육과정	4과목 8시간	26과목 32시간	28명

○ 교육과정별 편성내역

과정별	제1기		제2기		제3기	
	과목	교육 인원	과목	교육 인원	과목	교육 인원
합 계	**23**	**46**	**21**	**27**	**26**	**28**
어류양식	9	18	11	17	10	11
전복해삼양식	7	18	-	-	7	9
어선어업	7	10	10	10	9	8

2. 제1기 교육내용

○ 제1기 교육생 개강식

- 일 시: 2016년 3월 4일
- 장 소: 제주특별자치도 해양수산연구원



그림 1. 제1기 교육생 개강식

○ 제1기 교육과정 내용

- 교육인원: 46명(어류양식 18명, 전복 · 해삼류 양식 18명, 어선어업 10명)
- 개설기간 : 3월~5월 (매주 목요일 오후 4시간)
- 주요 개설 과목
  - 교양 과목 : 수산물브랜드 및 마케팅 전략, 노사관계 등 5과목
  - 과정별 과목 : 순환여과 등 첨단양식이론, 전복질병 예방법, 유압 작동 원리 및 배선 등 46과목

○ 제1기 교육생 교육인원 및 수료인원과 수료인원 출석률

구 분	교육인원	수료인원	수료인원 출석률
어류양식	18명	13명	88.2%
전복 · 해삼양식	18명	9명	82.9%
어선어업과정	10명	9명	82.9%

3. 제2기 교육내용

○ 제2기 교육생 개강식

- 일 시: 2016년 6월 23일
- 장 소: 제주특별자치도 해양수산연구원



그림 2. 제2기 교육생 개강식

○ 제2기 교육과정 내용

- 교육인원: 27명(어류양식 17명, 어선어업 10명)
- 개설기간 : 6월~8월 (매주 목요일 오후 4시간)
- 주요 변경 과정
  - 과정통합: 전복 · 해삼류 과정 교육생 지원미달로 양식과정 통합
  - 해양수산정책 및 지원사업 등 공통과정 3과목
- 신규과정
  - 어류면역과 사료, 어업통신, 재난예방, 선진조업기술 4과목

○ 제2기 교육생 교육인원 및 수료인원과 수료인원 출석률

구 분	교육인원	수료인원	수료인원 출석률
어류양식	17명	14명	81.4%
어선어업과정	10명	6명	88.3%

4. 제3기 교육내용

○ 제3기 교육생 개강식

- 일 시: 2016년 9월 22일
- 장 소: 제주특별자치도 해양수산연구원




그림 3. 제3기 교육생 개강식

○ 제3기 교육과정 내용

- 교육인원: 28명(어류양식 11명, 전복 · 해삼류 양식 9명, 어선어업 8명)
- 개설기간 : 9월~11월 (매주 목요일 오후 4시간)
- 주요 변경 과정
  - 폐지과정: 어류영양과 건간 등 4과목
- 신규과정
  - 공통과목 자문연구관 특강 등 3과목
  - 친환경 양식 등 8과목

○ 제3기 교육생 교육인원 및 수료인원과 수료인원 출석률

구 분	교육인원	수료인원	수료인원 출석률
어류양식	11명	8명	85%
전복 · 해삼양식	9명	5명	86%
어선어업과정	8명	4명	72.5%

5. 교육생 설문 조사 결과

○ 2016년 수산기술 전문교육과정 교육생은 총 101명이며, 어류양식 과정은 교육인원 46명, 수료인원은 35명, 수료인원 출석률 84.9%이고 전복·해삼류 양식과정은 교육인원 27명, 수료인원은 14명, 수료인원 출석률 84.5%, 어선어업과정은 교육인원 28명, 수료인원은 19명, 수료인원 출석률 81.2%이었음.

- 각 과정 교육 종료 직전 교육생을 대상으로 교육 평가를 실시한 결과 교육 재참여 선호도는 평균 97%이었고, 교육 만족도는 만족 94%, 보통 4%, 교육기간은 1개월 25%, 2개월 34%, 3개월 32%이었으며, 일일 교육시간은 3~4시간 83.6%로 조사됨.

○ 제1기 교육과정에서 교육생은 총 46명이며, 어류양식과정은 교육인원 18명, 수료인원 13명, 수료인원 출석률 83%이고, 전복·해삼양식과정은 교육인원 18명, 수료인원 9명, 수료인원 출석률 79%, 어선어업과정은 교육인원 10명, 수료인원 9명, 수료인원 출석률 80%이었음.

- 각 과정 교육 종료 직전 교육생을 대상으로 교육 평가를 실시한 결과 교육 재참여 선호도는 평균 96.9%이었고, 교육 만족도는 만족 59.4%, 보통 40.6%, 교육기간은 1개월 25.0%, 2개월 43.8%이었으며, 일일 교육시간은 3~4시간 81.3%로 조사됨.

○ 제2기 교육과정에서 교육생은 총 27명이며, 어류양식과정은 교육인원 17명, 수료인원 14명, 수료인원 출석률 81.4%이고, 어선어업과정은 교육인원 10명, 수료인원 6명, 수료인원 출석률 88.3%이었음

- 각 과정 교육 종료 직전 교육생을 대상으로 교육 평가를 실시한 결과 교육 재참여 선호도는 평균 95%이었고, 교육 만족도는 만족 80%, 보통 15%, 교육기간은 1~2개월 50%이었으며, 일일 교육시간은 3~4시간 85%로 조사됨.

○ 제3기 교육과정에서 교육생은 총 28명이며, 어류양식과정은 교육인원 11명, 수료인원 8명, 수료인원 출석률 85%이고, 전복·해삼양식과정은 교육인원 9명, 수료인원 5명, 수료인원 출석률 86%, 어선어업과정은 교육인원 8명, 수료인원 4명, 수료인원 출석률 72.5%이었음

- 각 과정 교육 종료 직전 교육생을 대상으로 교육 평가를 실시한 결과 교육 재참여 선호도는 100%이었고, 교육 만족도는 만족 100%, 교육기간은 1~2개월 53.3%이었으며, 일일 교육시간은 3~4시간 86.7%로 조사됨.

Ⅴ. 향후 계획

○ 수산물 안전교육 관련으로 교육내용 강화와 연구원 내에 전문교육 팀 편성

○ 교육 수료 후 수료자에 대한 인센티브 제도 추진과 수산물 안전 교육을 지역별 현장 중심으로 학습 교육 편성 운영

○ 최근 어선사고 발생에 따른 어선 초급자들에게 어선 안전 교육 홍보 필요

○ 어선어업 과정 어획 분야별 교육 확대

- 어획방법 및 어종별에 따른 세부적 교육계획 수립

○ 교육 편성 시 어민들에게 도움을 줄 수 있는 실습 교육 편성

- 어류양식과정은 지역별로 운영하고 전복·해삼양식과정은 어촌계 중심으로 교육 검토

○ 각 기관에서 수행하는 교육과정과 이 사업에서 추진하는 수산기술 전문교육과정이 중복되는 경우가 많아 이에 대한 차별화 방안이 요구됨.

- 어류양식은 지구별로 교육생 모집, 어선어업은 어선주협회와 협의하여 업종별 모집, 전복·해삼양식은 교육인력에 한계가 있어 지구별·수협별로 교육생을 모집하는 방안 검토

- 수산기술 전문교육 과정은 현장에 직접 도움을 줄 수 있는 교육 내용 중심으로 운영되고 있으며, 수료 후 수산정책홍보와 지식정보 서비스 그리고 수산인 네트워크 구축에 역점을 두는 최고수산업경영자 과정에 지원 할 수 있는 기회를 홍보하여 교육과정 간에 협력시스템이 필요함.

해양수산연구원 기본 통계

▢ 어류 종자생산 실적(1999~2016)

(단위 : 천마리)

연도별	계	참돔	돌돔	넙치	개볼락	참조기	자바리	붉바리	능성어	말쥐치
계	12,728	4,870	5,862	430	815	262	189	30	120	150
1999	350	20	-	330	-	-	-	-	-	-
2000	910	900	-	-	10	-	-	-	-	-
2001	1,110	1,100	10	-	-	-	-	-	-	-
2002	1,450	1,250	200	-	-	-	-	-	-	-
2003	1,710	1,600	10	100	-	-	-	-	-	-
2004	1,000	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-
2005	1,600	-	1,600	-	-	-	-	-	-	-
2006	900	-	900	-	-	-	-	-	-	-
2007	122	-	60	-	-	-	62	-	-	-
2008	725	-	660	-	30	-	5	30	-	-
2009	630	-	270	-	350	-	10	-	-	-
2010	620	-	260	-	360	-	0	-	-	-
2011	205	-	170	-	5	-	30	-	-	-
2012	112	-	52	-	50	10	0	-	-	-
2013	222	-	170	-	0	2	-	-	50	-
2014	222		50	-	-	100	52	-	20	-
2015	440	-	150	-	10	150	30	-	50	50
2016	400	-	300	-	-	-	-	-	-	100

▢ 어류 방류실적(1999~2016)

(단위 : 천마리)

연도별	계	참돔	돌돔	넙치	개볼락	참조기	자바리	붉바리	능성어	말쥐치
계	12,081	4,820	5,520	310	765	251	130	30	105	150
1999	230	20	-	210	-	-	-	-	-	-
2000	850	850	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	1,110	1,100	-	-	10	-	-	-	-	-
2002	1,450	1,250	200	-	-	-	-	-	-	-
2003	1,710	1,600	10	100	-	-	-	-	-	-
2004	1,000	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-
2005	1,530	-	1,530	-	-	-	-	-	-	-
2006	820	-	820	-	-	-	-	-	-	-
2007	63	-	58	-	-	-	5	-	-	-
2008	660	-	595	-	30	-	5	30	-	-
2009	585	-	255	-	320	-	10	-	-	-
2010	500	-	160	-	340	-	-	-	-	-
2011	205	-	170	-	5	-	30	-	-	-
2012	103	-	52	-	50	1	-	-	-	-
2013	205	-	170	-	-	-	-	-	35	-
2014	220	-	50	-	-	100	50	-	20	-
2015	440	-	150	-	10	150	30	-	50	50
2016	400	-	300	-	-	-	-	-	-	100

▢ 패류, 홍해삼 종자생산 실적(2000~2016)

(단위 : 천마리)

연도별	합계	생산량					홍해삼
		소계	전복	오분자기	개량조개	바지락	
합 계	42,502	33,458	7,798	7,560	7,050	11,050	9,044
2000	600	600	600	-	-	-	-
2001	1,340	1,340	1,280	60	-	-	-
2002	1,350	1,350	1,300	50	-	-	-
2003	1,010	1,010	1,000	10	-	-	-
2004	870	870	650	220	-	-	-
2005	800	800	500	300	-	-	-
2006	858	850	500	350	-	-	8
2007	1,318	1,250	750	500	-	-	68
2008	708	638	38	600	-	-	70
2009	800	730	130	600	-	-	70
2010	180	110	40	70	-	-	70
2011	2,260	2,000	600	1,400	-	-	260
2012	1,430	1,100	200	800	50	50	330
2013	2,410	1,210	10	200	500	500	1,200
2014	3,968	2,000	-	1,000	500	500	1,968
2015	7,400	3,900	200	700	3,000	-	3,500
2016	15,200	13,700	-	700	3,000	10,000	1,500

▢ 패류, 홍해삼 방류실적(2000~2016)

(단위 : 천마리)

연도별	합 계	패 류					홍해삼
		소계	전복	오분자기	개량조개	바지락	
합 계	30,964	25,098	2,743	4,255	7,050	11,050	5,866
2000	20	20	20	-	-	-	-
2001	178	178	128	50	-	-	-
2002	80	80	80	-	-	-	-
2003	295	295	235	60	-	-	-
2004	180	180	180	-	-	-	-
2005	650	650	485	165	-	-	-
2006	565	565	395	170	-	-	-
2007	728	660	290	370	-	-	68
2008	740	670	350	320	-	-	70
2009	570	500	70	430	-	-	70
2010	510	510	90	420	-	-	-
2011	320	70	40	30	-	-	250
2012	1,580	1,250	210	940	50	50	330
2013	2,300	1,200	-	200	500	500	1,100
2014	3,558	1,900	-	900	500	500	1,658
2015	4,890	3,370	170	200	3,000	-	1,520
2016	13,800	13,000	-	-	3,000	10,000	800

2016년 연구사업보고서

발행일 : 2017. 2. 28

발행인 : 제주특별자치도 해양수산연구원장 **양희범**

발행처 : **제주특별자치도 해양수산연구원**
(제주특별자치도 서귀포시 표선면 민속해안로 292

TEL : 064-710-8484 FAX : 064-710-8509



해양수산연구원

2016 연구사업보고서