

연근해 수산자원조성 기술 개발

- 참갑오징어 종자생산 방류 및 초기양성 연구 -

김윤설, 심철홍, 송지훈, 정선경, 김종기
전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

참갑오징어(*Sepia esculenta*, Hoyle, 1985)는 연체동물문(Mollusca) 참갑오징어목(Sepioidea) 참갑오징어과(Sepiidae)의 무척추동물로서 장방형의 석회질 갑이 조직에 덮혀 체내에 존재하며, 연안 저서성으로 수심 약 10~100m 사이의 사니질 바닥에 서식한다. 무리를 이루는 성질이 있으나 유영집단을 형성하지는 않는다(전, 1983). 계절의 변화와 병행하여 생식회유를 하는데, 국내의 경우 수온이 10~21℃인 4월 초순과 5월 중순 사이에 산란을 하며, 산란장은 수심 10m 전후인 남·서해안의 연안으로 모래질 바닥에 서식하는 해초나 해조류에 길이 1 cm 정도의 알을 부착시킨다(Jae et al., 1990). 또한, 먼 바다에서 생활하다 번식을 위해 근해로 이동하는 습성을 지녀 광범위한 해양환경 속에서 직간접 외부 자극요인에 적응도가 높은 특성을 지니고 있다.

형태학적 특징으로는 몸통 양쪽의 가장자리에 걸쳐 지느러미가 있으며, 10개의 다리 중 8개는 약 10 cm 정도이고 나머지 2개는 약 20 cm로 먹이를 잡을 때 네 줄의 빨판을 사용하여 이를 촉완(觸腕)이라고 한다. 등 쪽에는 외투막이 싸여 있는 석회질의 뼈(갑, 甲)가 있고 그 뒤끝이 예리하게 튀어나와 있다. 뼈의 내부는 얇고 납작한 공기방으로 이루어져 있어 부력을 조절하는데 쓰인다. 살아있을 때 수컷은 등면에 물결무늬 모양의 암갈색 가로무늬가 뚜렷하며, 암컷은 특별한 무늬가 없다(전라북도, 2010).

현재 우리나라 수산업은 어류에 상당부분 치중되어 있어 어류의 종자생산 및 양식기술에 대한 체계적인 기술 개발이 확립되고 많은 연구가 진행되어 어업인 소득향

상에 지대한 역할을 하였다. 그러나 어업인이 종자생산과 양식을 병행하면서 과잉생산이 문제가 되고, 협소한 면적에서의 경쟁적인 생산으로 경제성이 떨어져 새로운 품종의 종자생산 기술개발을 통한 고부가가치 품종 개발이 필요한 시점이다.

1980년대 우리나라 참갑오징어류 연간 어획량은 37,000톤에 육박했으나 2008년 이후로는 어획량이 3,000톤 내외로 80년대 대비 8% 수준으로 하락하였다. 그 후 2019년 8,762톤으로 24%로 조금씩 증가하는 경향을 보이고 있다. 전라남도는 2014년 944톤에서 2016년 1,178톤, 2017년 1,361톤, 2018년 1,803톤, 2019년 4,195톤으로 증가하는 경향을 보였다(표 1). 참갑오징어 활어 판매 가격은 약 2만원 수준(크기 500g 내외)으로 거래되고 있어 ‘금오징어’로 불릴 정도로 고부가가치 품종이다. 또한, 단백질 함량, 성장률, 사료효율(20% 이상)이 높아 양식기술 개발을 통해 새로운 소득원으로 육성 가능한 품종이다.

국외 경우 일본은 참갑오징어 사육과 습성 및 산란에 대한 기초에서 응용까지 연구를 1960년부터 꾸준히 연구되었으며(Ohshima and choe, 1961; Wada et al., 2005; Fujita et al., 1995), 중국도 2000년대에 들어 기초연구를 바탕으로 2010년에는 참갑오징어 수정란과 종자 방류, 암수 교미 연구 등 가시적 성과를 거두고 있다(Houjun et al., 2004; Liuzhi et al., 2004; Weiwu, 2007; Haoyu et al., 2020). 미국은 관상어 관리방법 및 초기 사육실험(Dunlop and King, 2008; Ross, 2005) 등의 연구, 스페인에서는 유럽산 참갑오징어 초기먹이, 중간육성 및 육상양식 연구를 활발히 진행되었다(Domingues et al., 2003a; Domingues et al., 2003b; Perrin et al., 2004; Sykes et al., 2006). 이처럼 우리나라 주변국의 참갑오징어에 대한 기술개발 및 연구 활동이 활발해지고 있지만 아직 실용화 단계에 이르지 못한 참갑오징어 초기양성 연구 및 양식기술개발을 통해 지역특화 고부가가치 양식품종의 개발과 양식품종 다양화로 어업인 소득증대에 기여하고자 한다.

표 1. 최근 6년간(2014~2019년) 갑오징어류 생산현황

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019
생산량 (톤)	전국	3,329	5,329	4,453	4,870	6,039	8,762
	전남	944 (28%)	1,183 (22%)	1,178 (26%)	1,361 (28%)	1,803 (30%)	4,195
생산금액 (백만원)	전국	24,517	35,959	36,751	43,400	58,461	78,567
	전남	9,092 (37%)	11,850 (33%)	11,745 (32%)	14,318 (33%)	21,335 (37%)	41,518 (53%)

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

참갑오징어 어미확보 및 자연채란

참갑오징어 어미는 종자생산 및 채란을 위해 전남 강진군 마량 위판장에서 암수를 확보하였다. 확보된 어미는 산소공급장치가 설치되어 있는 활어차(수온 15℃ 이하)를 이용하여 운반 후 수조에 입식하였으며, 해초나 해조류에 알을 붙이는 습성이 있어 채란용 어구(PE망, 그물코 7~8 mm)를 알을 붙일 수 있는 면적을 최대한으로 하기 위해 깔대기 모양, 원통형 모양 등으로 만든 후 수조 내 설치하여 산란을 유도하였다(그림 1).

초기먹이생물 생산 및 확보

참갑오징어 초기먹이 생산을 위해 새우어미(대하)는 전남 고흥군 득량만 일대에서 선별하여 확보하였다. 어미 대하는 1톤 활어 운송차에 산소 공급 및 저수온상태(15℃)를 유지하여 수송하였으며, 수송 직후 채란용 수조에 수용하였다(그림 2). 산란유도를 위해 채란용 수조(20톤, 10톤)에 수용하였으며, 수온을 15℃→18℃→21℃로 상승시켜 수온차를 이용한 산란자극을 주었다. 바닥에 가라앉아 있는 수정란은 PVC 판으로 만든 물갈퀴로 수조 전면에 걸고루 분산되도록 저어주었으며, 약하게 에어를 공급하였다(김과 이, 1994, 해양수산부, 2000).

대하 부화유생은 지수식으로 관리하면서 매일 전체 수량의 약 10~20%씩 증수 환수하였으며, 필요시 유수식으로 관리하였다. 수질관리를 위해 수질정화제는 매일 오후 일정시간(17:00)에 1 ppm(1g/ton) 농도로 처리하였다(김과 이, 1994). 사료는 모든 유생단계(조에아~포스트라마)에서 4시간 간격으로 6회/일 공급하였으며, 미시스 단계부터는 영양강화를 위해 알테미아를 1회/일 급이 하였다(표 2).

꽃게 어미는 진도군 임회면에서 외포란 어미를 확보하였으며, 연구소 운반 후 50톤 수조에 입식하였다. 부화된 유생이 바로 먹이를 먹을 수 있도록 로티퍼(*Rrachionus rotundigormis*)를 30개체 이상/ml 유지하였으며, 해산클로렐라를 공급해 수색을 어둡게 유지하였다. 조에아 3기부터는 알테미아를 3개체/ml 공급하기 시작하여 메갈로파 시기까지 공급하였다. 메갈로파 시기부터는 크릴새우 및 바지락살을 잘게 분쇄하여 공급하였다.

참갑오징어 초기양성 과정 중 해남 제일수산에서 대하종자 30만(2~5 cm), 신안군 신한수산에서 흰다리새우 종자 83만 마리(1~3 cm)를 확보하여 관리하였다(그림 2).

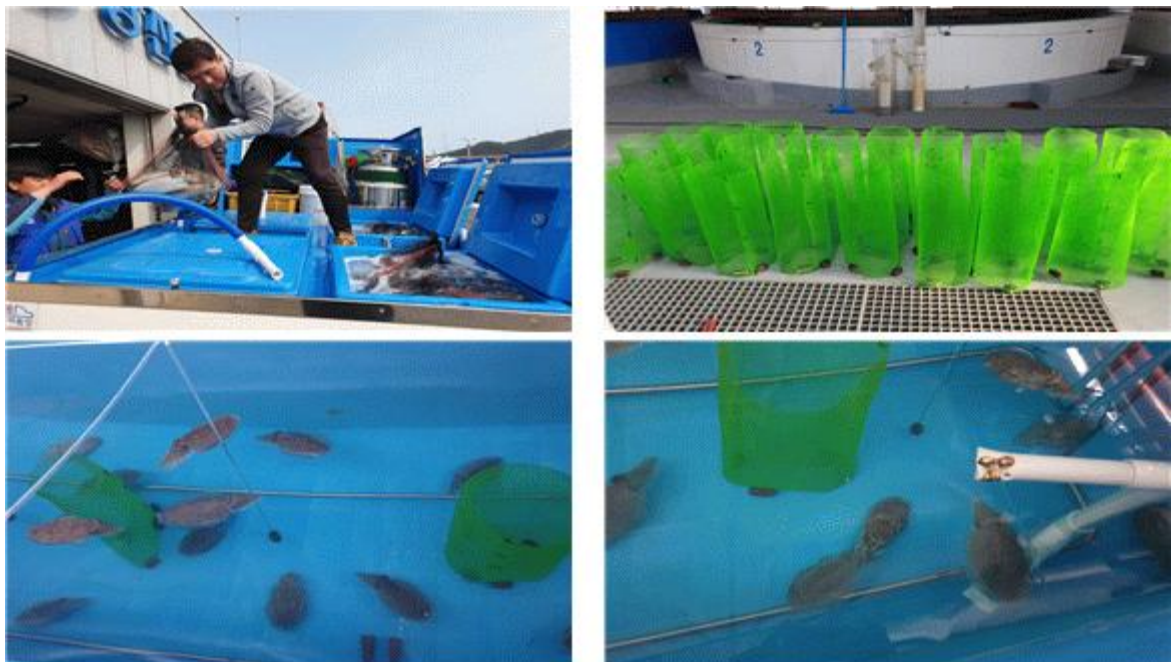


그림 1. 어미 참갑오징어 확보 및 자연채란



그림 2. 초기먹이생산용 어미확보 및 먹이생물 확보(대하, 꽃게, 흰다리새우)

표 2. 대하 및 꽃게 유생발달단계별 사료 급이 현황

구분			Zoea			Mysis			Postlarva
			I	II	III	I	II	III	
대하	배합사료	5~30μm							
		30~90μm							
		90~150μm							
		100~300μm							
	알테미아								
			Zoea				Megalopa	Crab	
			I	II	III	IV			
꽃게	로티퍼								
	알테미아								
	배합사료								
	바지락								

참갑오징어 양성관리 및 성장 변화

참갑오징어 양성관리는 부화 후 난황을 흡수하고 먹이섭이를 시작한 6월 1일부터 11월 3일까지 실시하였다. 양성관리를 위해 부화 종자 8천 마리를 수조 0.5톤×4개, 5톤×1개, 10톤×1개 수용하였다. 부화 종자 먹이공급은 대하종자(1~5 cm), 냉동새우류(1~2 cm), 꽃게 유생 및 치게(1 cm), 흰다리새우 종자(1~3 cm), 냉동크릴새우(3~5 cm) 등을 2~3회/일 공급하였으며, 수조 내 찌꺼기는 매일 사이폰으로 제거하였다. 성장변화를 측정하기 위하여 매주 외투장은 실체현미경(Olympus optical, JP/BX50), 버니어캘리퍼스(Cas, DC200-2)로 측정하였으며, 전중량은 분석용전자저울(Precisa, XB-220A)로 측정하였다.

종자방류

참갑오징어 종자는 방류 전 「수산생물질병 관리법」 제20조, 「2020년도 수산종자관리사업지침」에 의거 방류 비대상품종인 참갑오징어의 수산생물 전염병(흰반점병) 검사를 의뢰하였다. 종자 포획은 수조 내에 있는 에어공급을 중지한 후 PE망을 전량 수거하고 뜰채로 수면 위에 부상한 참갑오징어 종자를 포획하는 방법을 이용하였다. 종자 개수는 마리 당 무게를 측정하여 개수하였다.

결과 및 고찰

참갑오징어 어미확보 및 종자생산

참갑오징어 종자생산 및 채란을 위한 암·수 총 475마리는 전남 강진군 마량 위판장에서 4월 2일~5월 15일까지 암·수 375마리, 전남 신안군 송도 위판장에서 5월 15일 암·수 100마리를 확보하였으며(그림 1) 중량은 400~750g 내외였다. 수질환경 변화는 수온 11.7~27.7℃, 염분 26.1~31.9psu, DO 5.4~12.5 mg/L, pH 7.5~8.6의 범위를 나타내었다(그림 5). 어미의 높은 생식소중량지수, 생존율, 수정란 확보를 위해 냉동새우를 구입하여 공급하였다. 갑각류를 선호하는 특성이 있어 먹이를 주는 순간 여러 마리가 다리를 이용해 순간적으로 낚아채어 먹는 것을 관찰할 수 있었다(그림 3).

수온은 산란과 부화 등에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다. 본 연구에서는 참갑오징어 어미 입식 시 수온은 13℃ 내외로 기존 연구보다 매우 낮은 수온이었으나 산란에 큰 영향을 미치지 않았다.

참갑오징어는 입식 날부터 매일 산란하고 폐사하는 개체들이 지속적으로 나타났는데 특히, 참갑오징어 뿔 모양의 Inner cone 부위의 표피가 벗겨지며 활력이 저하되고 평균 3~4일 이내에 폐사하였다. 폐사한 어미는 먹이를 잡을 때 사용하는 촉완이 수조 벽이나 산란망에 살짝 걸쳐 있는 특징을 보였다.

참갑오징어는 주로 해초나 해조류에 투명한 형태의 원형의 알을 붙이기 때문에 산란 어미 입식 전에 수조 내에 녹색과 검정색의 PE망(그물코 7~8 mm)을 각 수조에 설치하였다. 참갑오징어 산란은 주로 이른 아침이나 빛이 어두운 밤에 산란이 이루어지는 것으로 보였다.

어미 참갑오징어는 이후 지속적으로 매일 교미행동과 산란이 이루어졌다. 참갑오징어 산란량은 약 4.5만개 정도였으며, 알의 직경은 6~8 mm 내외, 무게는 0.4~0.5 g 내외로 나타났다. 어미가 알을 붙일 때 보자기에 알을 감싸듯이 붙이는 모습을 보였으며, 참갑오징어 알은 반투명한 우유빛 원형의 형태이지만 위쪽에 돌기가 나와 있는 모양을 가지고 있었다.

산란된 알은 주로 채란용 어구의 바깥쪽 면에 알과 알 사이의 간격이 없도록 촘촘히 하나씩 붙였으며, 수조벽면에 가깝고 수조 내 PE망의 수면 노출이 적고 산소공급이 원활한 곳에 부착된 알이 많았다. 이는 노출되는 면적을 최소화하여

천적에 의한 알의 손상을 줄이고 산소의 충분한 공급을 통해 부화율을 높이려는 목적으로 보여진다.

채란망에 부착된 참갑오징어 알은 산란 후 약 10일 정도 지났을 때 팽창하여 알의 내부가 보이기 시작하였으며, 약 25~30일 지나면 성체와 같은 형태를 지닌 참갑오징어 종자 모습이 관찰되었다. 산란 후 약 35일 지나면 부화하기 직전 상태로 알 속에서 유영하는 모습이 관찰되며, 외형을 모두 발달시킨 참갑오징어 종자는 난막을 찢고 나오기 시작하였다(그림 4). 두족류 문어, 주꾸미, 낙지 등은 모성애가 매우 강해 산란 후 부화가 될 때까지 알에 이물질이 붙지 않도록 관리하면서 생을 마감하는데, 참갑오징어의 경우 산란을 한 이후 특별히 관리하는 모습을 보이지 않았으며, 부착망에 부착되었다가 떨어진 수정란을 뜬채로 수거해 바구니에 따로 관리한 결과 참갑오징어 종자로 부화하였다. 참갑오징어 수정란 부화량은 약 4.3만 마리 정도(부화율 약 96%) 높게 나타났으며, 외투장은 0.86 cm, 중량 0.08g 내외였다(그림 6). 또한, 외부적인 자극을 주었을 때 먹물을 분사하는 모습을 보였다.



그림 3. 어미 참갑오징어 먹이공급(냉동새우)

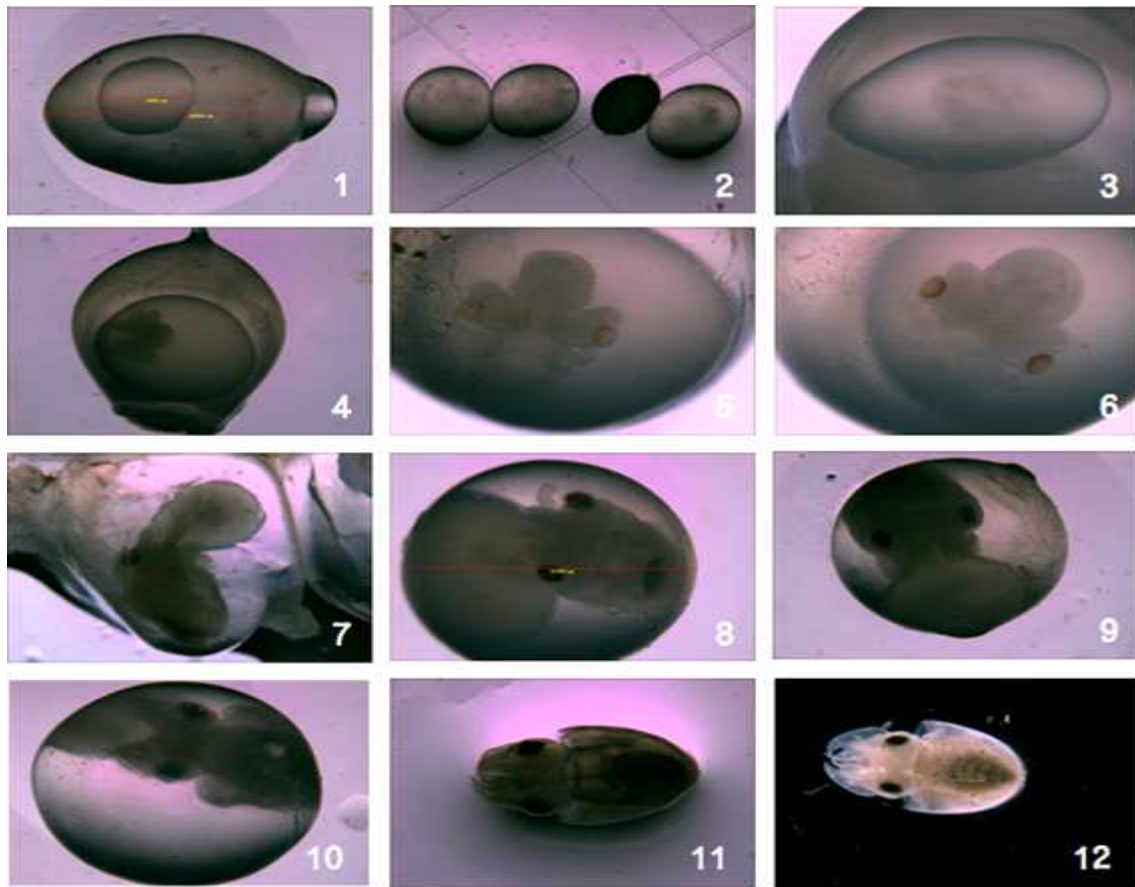


그림 4. 참갑오징어 난발생(1. Fertilized egg, 2. Yolk, 3. Embryo, 4. 21day Embryo(dorsal), 5. 22day Embryo, 6. 25day Embryo, 7. 25day Embryo, 8. 30day Embryo, 9. 32day Embryo, 10. 38day Embryo, 11. Premature larvae, 12. 40day larvae)

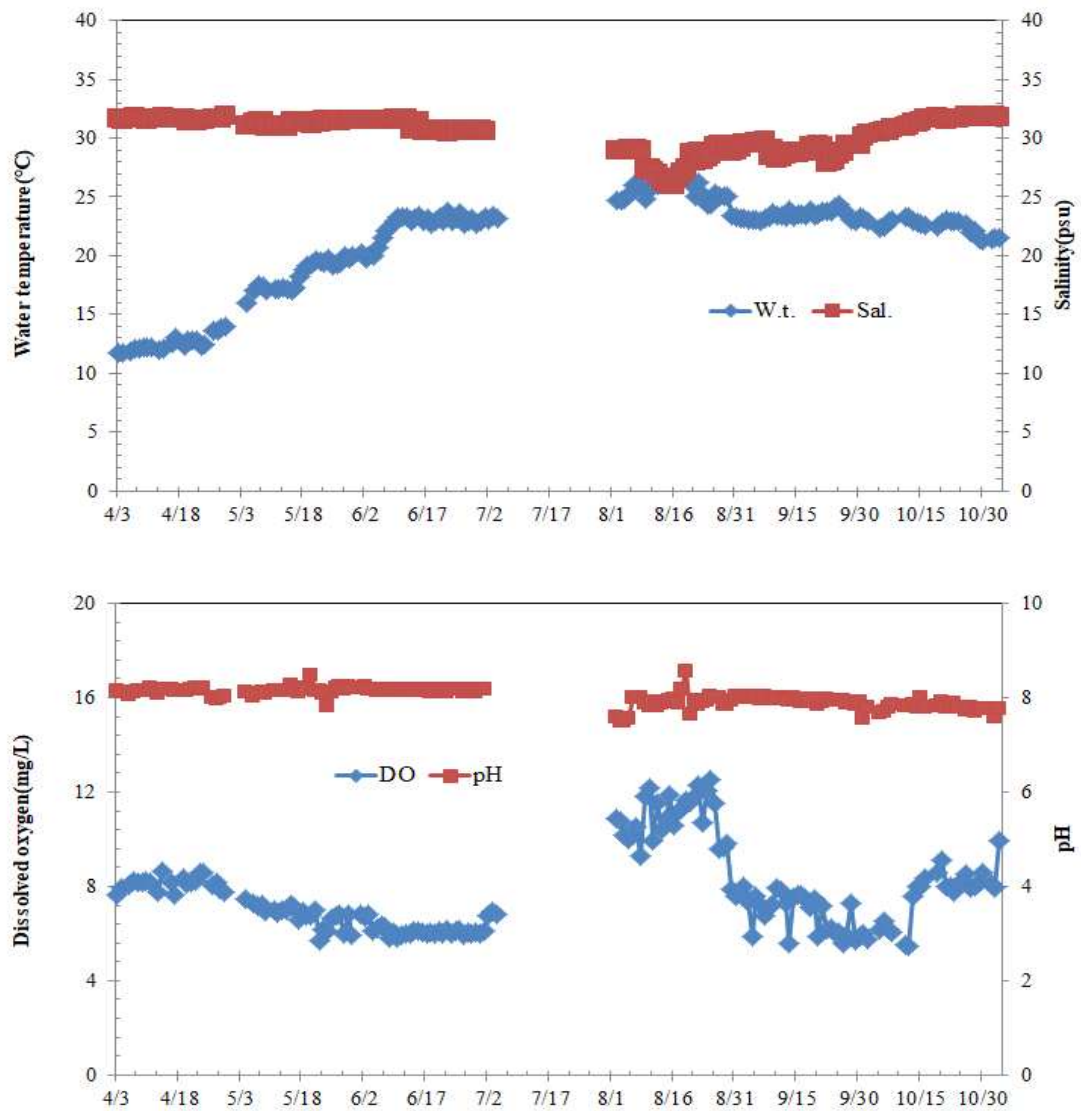


그림 5. 참갑오징어 종자생산 및 초기양성 시 수질환경 변화

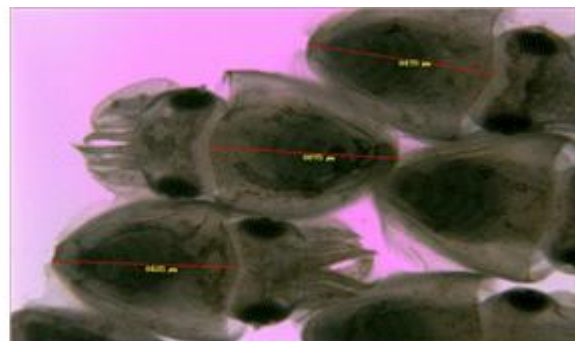


그림 6. 참갑오징어 부화 종자 및 측정

초기먹이생물 생산 및 관리

종자생산용 어미 대하는 전남 고흥군 득량만 일대에서 포획된 성숙한 암컷 100마리를 4월 27일 확보하였다.

성숙한 어미대하는 체장 24~26 cm, 중량 101~136 g, 생식소중량지수(GSI) 10.5~21.4로 나타났으며, 총 부화량은 약 1,000만 개체로 나타났다. 산란한 다음날 수정란은 대부분 노플리우스 단계로 부화하였다(난 크기 390~430 μ m). 부화 후 약 36시간 후에 다음 단계 조에아 유생으로 변태할 때까지 5회 탈피하는데 형태적으로 크게 변화는 없지만 몸의 길이가 길어지고 제2악각까지의 원기가 발달하고 촉각의 분절 등이 변화를 보였다. 이 시기부터 미세조류 및 사료를 공급하는데 건강 유생은 배설물을 실과 같은 형태로 달고 다니는 특성이 있다(김과 이, 1994.)

노플리우스 VI기 후 조에아 단계(체장 1~2 mm)로 발달하는데, 조에아(Zoea) I기는 단눈과 복부 형성, II기는 복눈, 복부 체절 형성, III기 복부 다섯 번째 마디의 가시와 꼬리마디(Telson)의 미지(Uropod) 발생 여부로 각각 구분된다(그림 6). 몸은 체절화가 되고 7쌍의 부속지가 나타나며 입과 소화기가 발달한다. 조에아 단계부터 구강 크기에 맞는 배합사료(5~30 μ m, 220~440 g/1,000만/day)를 6회/일에 나누어 급이 하였다(표 2, 그림 7).

미시스 단계 체장의 범위는 2.5~4.5 mm, 변태 기간은 4~5일 정도 소요되었으며 30~150 μ m 입자의 배합사료(665~760g/1,000만/day)를 6회/일에 나누어 급이 하였다(표 2, 그림 7). 미시스 단계 특징은 아직까지 힘이 부족하여 몸 전체 균형을 잘 유지할 수 없어 머리 부분을 바닥 쪽으로 향하여 부상해 있다(미시스 II~). 이 시기는 먹이 섭식 유무에 따라 포스트라바 단계로 변태 및 성장속도가 결정되기 때문에 알테미아와 같은 동물성 먹이생물을 1회/일 지속적으로 공급해 서로 잡아먹는 공식현상을 줄였다.

포스트라바 크기는 12~15 mm의 범위를 보였다. 이 기간 동안 100~300 μ m 입자크기의 배합사료(800~1,080g/1,000만/day) 및 알테미아를 병행 급이 하였다(표 2). 포스트라바 시기가 되면 유영각이 발달하여 수평으로 유영하게 되고, 아직은 불완전하지만 형태적으로는 어린 새우와 같은 모양을 하고 있다.

전반적으로 포스트라바 5령 이후부터 수조 바닥에 포복하기 시작하며, 본격적으로 포복하게 되는 것은 중기 이후다. 특히, 이때 바닥상태에 따라 폐사하는 개체도 많이 발생하며, 먹이가 부족해 서로 잡아먹는 공식현상 또한 두드러지게 나

타난다. 새우 종자 1개체를 여러 마리가 서로 붙어서 먹고 있는 모습이 보일 때 먹이양을 늘려 공식현상을 최소화해야 생산량 감소를 줄일 수 있다. 먹이로 공급할 수 있는 크기의 생산 기간은 약 28일 정도 소요되었다(충청남도수산연구소, 2014; 부산광역시수산자원연구소, 2015; 경남수산자원연구소, 2012)



그림 7. 대하 유생발달 과정(Eggs → Nauplius → ZoeaI~III → MysisI~III → Postlarva)

추가 먹이생물을 생산하기 위해 외포란 어미 꽃게는 6월 10일 전남 강진군 꽃게 양식장에서 3마리를 확보하였다. 중량은 519~552 g, 암흑색의 외포란을 가지고 있었다. 50톤 수조에 1~2마리씩 입식한 후 2~3일 내에 약 160만 마리를 산란하였다. 조에아 유생(갑장 0.6 mm)은 부화 직후부터 로티퍼를 잡아먹기 시작하였으며, 2~3일 간격으로 조에아 4기(1.2~1.6 mm)까지 변태하였다. 메갈로파 유생(1.7~2.2 mm)은 약 4~5일 정도 지나서 어린기체로 변태하여 알테미아 공급을 중지하고 바지락살과 냉동 크릴새우를 잘게 분쇄하여 공급한 결과 갑장 10 mm 내외로 성장하였다(그림 8).

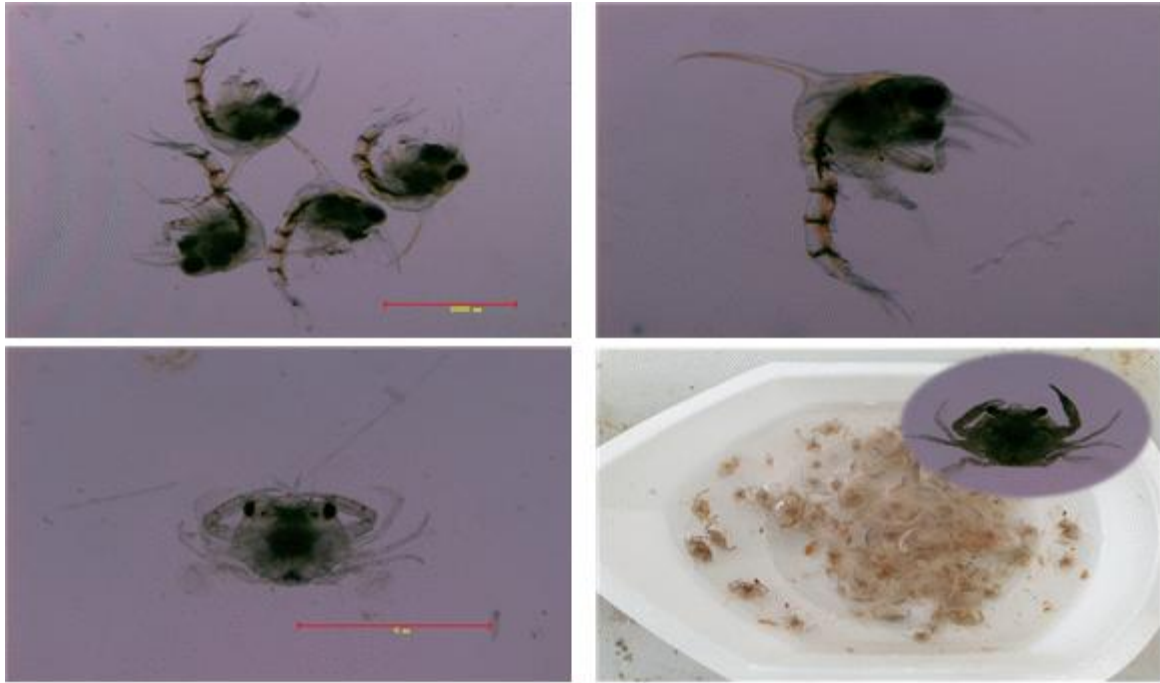


그림 8. 꽃게 유생발달 과정(Zoea I~IV → Megalopa → Crab)

참갑오징어 양성관리 및 성장 변화

참갑오징어 양성관리 및 먹이전환을 위해 6월 1일부터 11월 3일까지 성장변화를 살펴보면 외투장은 부화 1일 0.83~0.97 cm(평균 0.86 cm)로 나타났으며, 전중량은 0.06~0.09 g(평균 0.08 g), 부화 후 30일에는 외투장 1.50~2.03 cm(평균 1.65 cm), 0.34~0.79 g(평균 0.42 g), 살아있는 먹이에서 죽어있는 먹이로 전환시기인 50일 이후에는 1.8~4.44 cm(평균 2.46 cm), 1.24~9.53 g(평균 2.69 g)으로 나타났다. 이후 지속적인 성장을 보여 부화 후 100일에는 3.83~5.53 cm(평균 4.37 cm), 10.73~26.99 g(평균 16.40 g), 부화 후 마지막 163일에는 외투장 5.65~7.22 cm(평균 6.43 cm), 전중량 37.93~60.73 g(평균 49.33 g)으로 나타났다(그림 9). 국립수산물과학원에서 발표한 자료에서는 축제식 양식장에서 90일 정도 지났을 때 외투장이 4.20~9.30 cm(평균 6.00 cm), 전중량 9.10~72.40 g(평균 28.60 g)으로 나타나 본 연구 결과인 3.59~5.17 cm(평균 4.35 cm), 9.92~31.44 g(평균 14.69 g)과 차이를 보였다. 어류의 경우 먹이를 공급하지 않아도 일정 기간동안 살아갈 수 있지만 참갑오징어의 경우 자신의 다리 길이와 비슷한 크기의 살아있는 먹이(갑각류 등)를 공급하지 않으면 대부분 죽게 된다. 국외 초기먹이 탐색 연구(Sykes et al., 2006; Rojano et al., 2010)를 보면 알테미아, 해조류에 붙어있는 단각류, 새우류 등을 이용하였지만 알테미아와 단각

류를 공급한 구간은 생존율 및 성장률이 매우 낮게 나타나 본 연구와 비슷한 결과를 보여주었다.

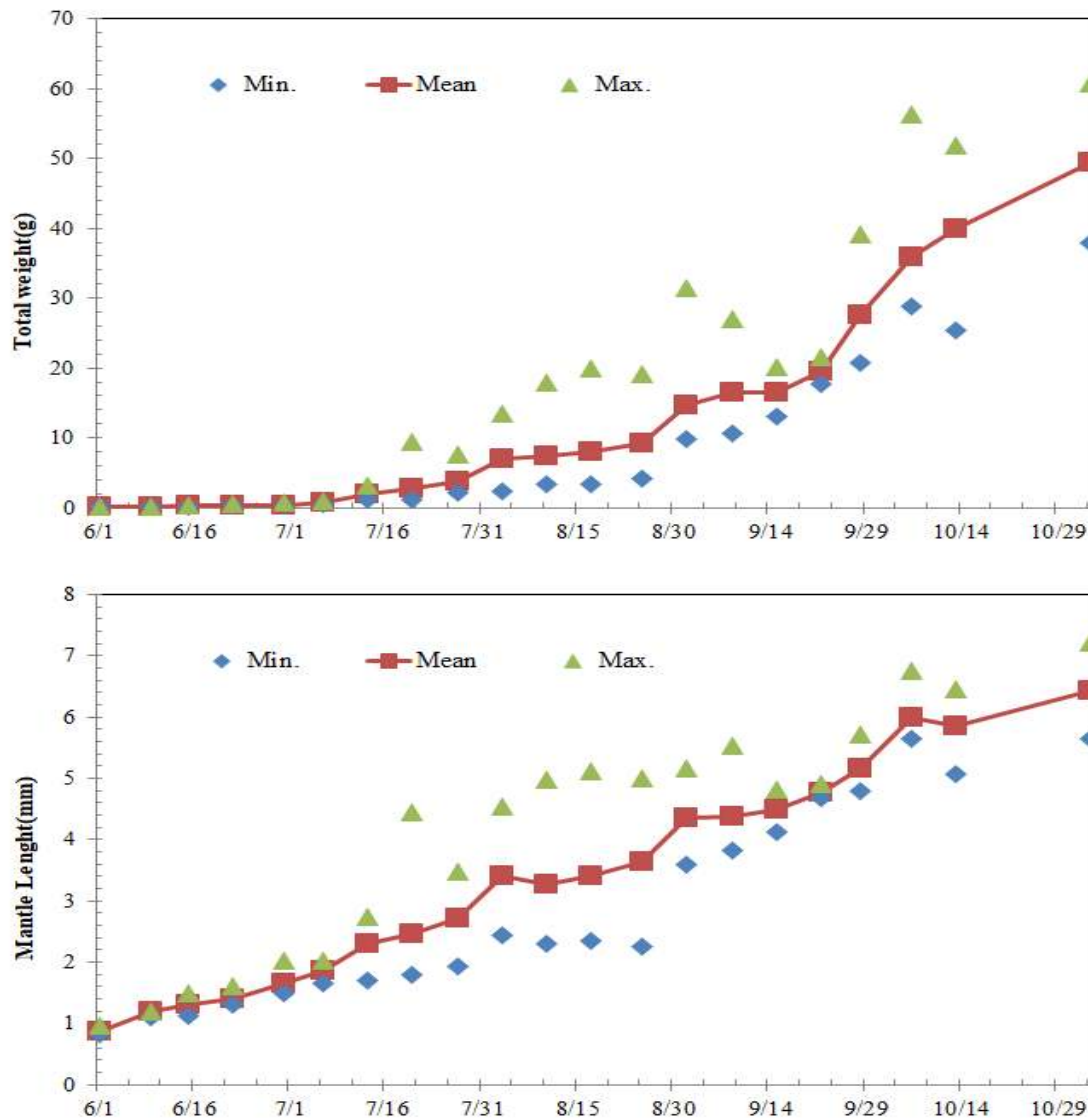


그림 9. 참갑오징어 외투장(mantle length) 및 전중량(total weight) 변화

일반적으로 참갑오징어는 죽어있는 생물을 잘 먹지 않는 습성으로 살아있는 먹이 선택성이 매우 강한 종이다. 축제식 환경에는 단각류, 새유류, 계류, 곤쟁이류 등 여러 가지 생물이 서로 공존하면서 먹이생태계를 유지하고 있다. 하지만 육상 수조에서는 인위적으로 환경을 만들어 주고 먹이를 공급해야 생물이 살아갈 수 있는 환경을 만들 수 있다. 참갑오징어 종자에게 살아있는 먹이를 지속적으로 공

급하는 과정은 매우 힘든 일이다. 본 연구에서는 대하 종자를 생산한 후 포화상태로 공급하여 먹이불임을 하였으며, 먹이전환을 위해 주기적으로 냉동곤쟁이, 냉동새우 등을 공급하였다. 결과적으로 부화 후 약 50일 이후 참갑오징어 종자에게 살아있는 새우류를 공급하지 않고 냉동 크릴새우를 공급함으로써 먹이전환에 성공하였다(그림 10). 유럽산 참갑오징어(*Sepia officinalis*)의 경우에도 *Palaemonetes varians*를 활용한 양식연구(Sykes et al., 2006)를 하였으며, 참갑오징어 부화종자 먹이종류별 연구(Rojano et al., 2010)에서도 본 연구와 같이 먹이공급을 지속적으로 공급하는 것은 매우 중요한 것으로 판단된다.

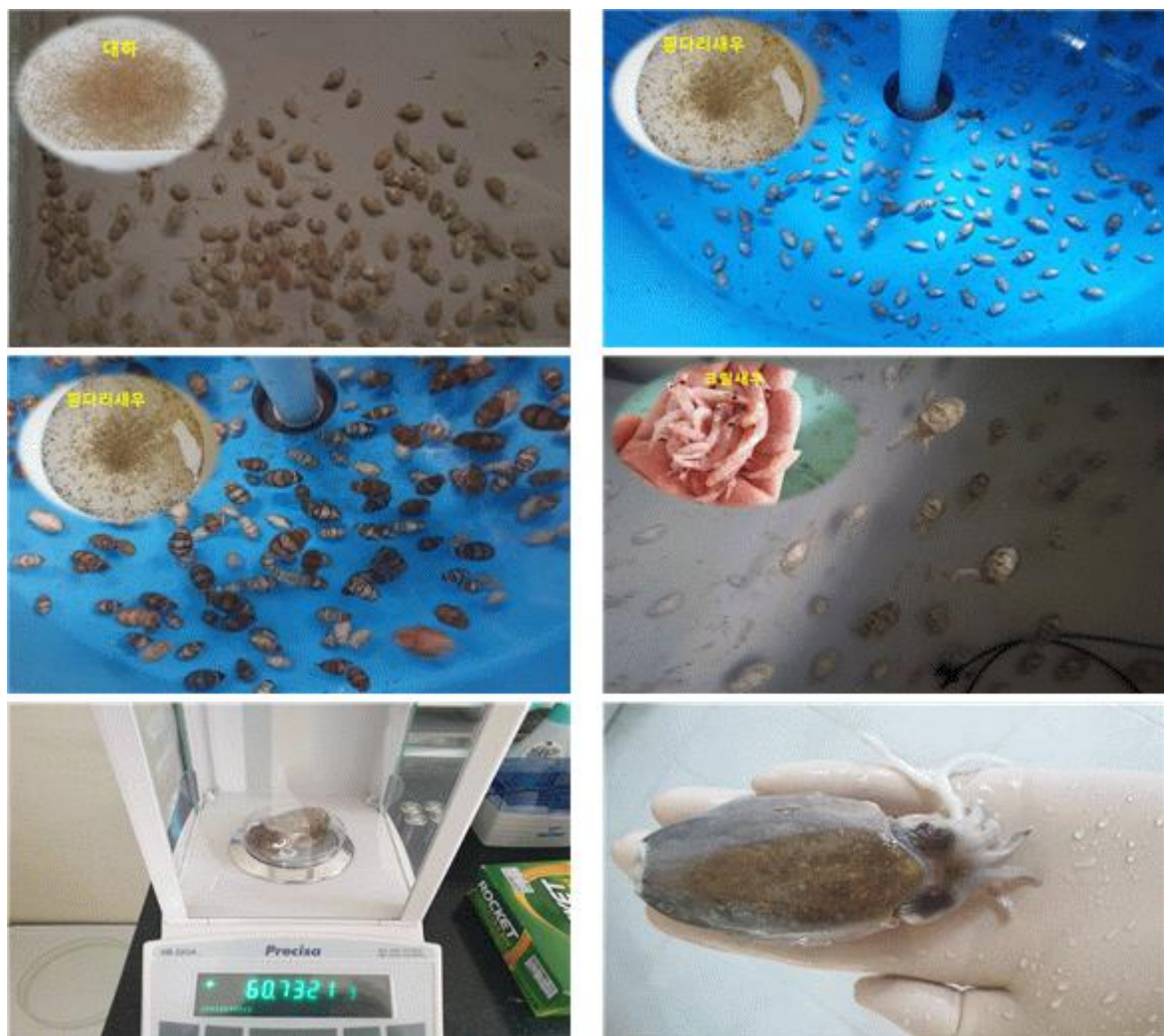


그림 10. 참갑오징어 종자 먹이전환 (生먹이 → 死먹이)

수조 내 먹이전환 이후 표면에 유막이 많이 형성되었으며, 수조 벽에 머리 부분

을 부딪치는 현상으로 폐사량이 증가하는 경향을 보였다. Sykes et al.,(2011)는 수조 색상에 따른 참갑오징어 생존율, 성장률 등이 변화를 보였는데 어두운색의 수조를 사용함으로써 안정된 환경을 조성해 준다고 보고하였다. 본 연구서는 PP수조(Poly propylene)에서 참갑오징어를 관리하다 보니 수조 벽으로 빛이 많이 투과되어 검정비닐과 차광막(90% 이상)으로 수조를 덮어 안정화를 유지하였지만, 벽에 부딪치는 개체들이 완전히 없어지지 않았다(그림 12). 또한, 7~9월 전남 지역에 집중 호우(200~300 mm 이상)가 10일 이상 유지되어 여과해수의 저염분(26psu) 현상으로 인해 참갑오징어 양성과정에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다(그림 11, 표 3)

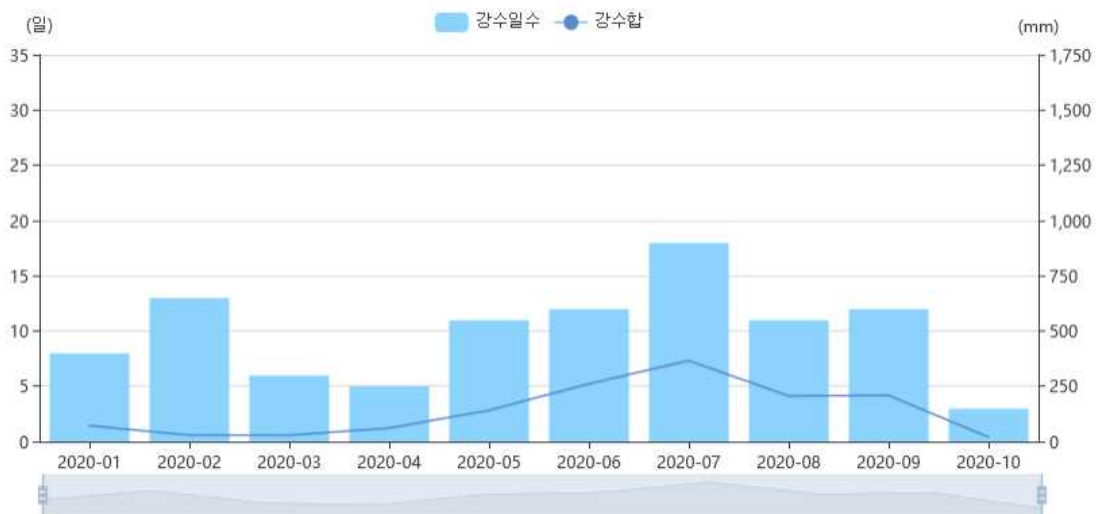


그림 11. 2020년 전남(목포) 강수일수 및 강수합

표 3. 최근 10년 전남(목포) 지역 강수일수

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
평년	11.6	9.5	9.7	8.4	9.4	10.4	13.5	12.4	8.9	6.5	8.4	10.2	119
최근 10년	10.5	9.3	8.3	10.7	8.3	8.3	12.7	11.6	9.0	6.8	9.2	13.1	117.8
최근 5년	10.6	8.6	7.8	12.0	8.4	7.8	11.4	9.0	9.2	7.0	9.2	12.4	113.4
2020년 (일수)	8.0	13.0	6.0	5.0	11.0	12.0	18.0	11.0	12.0	3.0	2.0	-	101.0
2020년 (강수합)	72.0	28.9	28.8	60.9	141.4	261.5	366.3	206.4	208.6	20.5	-	-	1,395.3

※ 기상청 기상자료개발포털(<https://data.kma.go.kr>)

선행연구 자료를 살펴보면 참갑오징어 종자에게 살아있는 먹이 및 냉동먹이를 공급한 후 F2(2대 잡종)에서도 먹이전환이 더 빠르게 일어나며, 생존율, 산란율, 전중량도 매우 높게 나타난다 하였다(Sykes et al., 2006; Domingues et al., 2003a; Domingues et al., 2003b). 참갑오징어 양식기술 개발을 위해서는 F2 생산을 통한 먹이전환 시기 단축과 더불어 벽 부딪힘 문제 개선, 성장을 향상을 위한 선별문제, 염분변화 내성, 먹이전환 이후 생존율 향상 연구 등의 연구가 필요할 것으로 보인다(그림 11). 또한, 해상가두리를 활용한 참갑오징어 양성방법 등을 개발하여 육상수조 내에서 발생하는 문제점, 경제적인 문제 등을 개선할 수 있을 것으로 판단된다.



그림 12. 참갑오징어 양성 과정 중 폐사 원인(선별, 벽 부딪힘 형상 및 저염분 현상)

참갑오징어 종자 방류

부화한 종자는 수조 표층에 바구니를 띄워 관리하였고, 높은 수온에 의한 대량 감모가 우려되어 부화 직전의 제4시험연구동으로 옮겨져 부화를 유도하고 종을 포집하였다. 「수산생물질병 관리법」 제20조, 「2020년도 수산종자관리사업지침」에 의거 검사 결과 유효기간이 15일로 정해져 있어 2회에 걸쳐 수산생물 전염병 검사를 실시하였고, 모두 불검출되었다(그림 14).

참갑오징어 종자 1차 방류는 7월 6일 무안군 현경면 홀통 해역에 25천 마리, 2차 방류는 7월 9일 신안군 증도면 증도 해역에 8천 마리를 방류하였다(그림 13, 15).



그림 13. 참갑오징어 종자 포집 및 방류(1차 무안군 현경면 홀통 해역)



그림 15. 참갯오징어 종자 방류(2차 신안군 증도면 증도해역)

향후 계획

본 연구는 육상수조에서 초기양성을 추진하면서 여러 가지 문제점을 발견하였다. 가장 큰 문제는 초기양성 과정 폐사율이 매우 높게 나타난 점이다. 2020년 7~9월 집중호우로 여과해수 저염분(26psu) 현상이 지속되고 냉동먹이 전환 시기 이후와 겹쳐 지속적인 대량 폐사가 발생하였다. 국외 관련 자료의 경우 염분 범위가 32~34psu 범위로 일반적인 우리나라 연안의 해수 염분보다 높게 관리한 것으로 보아 향후 참갑오징어 양성과정에서 염분관리를 철저하게 관리하여 참갑오징어 종자 초기·중간 양성 기술개발을 위한 단계별 생존율 향상 연구를 추진할 계획이다.

참갑오징어 부화종자 초기 FRP 수조(0.5~5톤)에서 관리하였을 때에는 수조 전체 차광시설을 해주지 않았지만 양성 중인 참갑오징어 종자가 수조 벽에 머리 부분을 부딪치는 현상을 보이지 않았으며 폐사 개체도 많이 나타나지 않았다. 하지만 성장 후 PP수조(3~5톤) 수조로 변경 해주었을 때 벽 부딪힘 현상이 발생하여 수조 벽 주변을 차광시설을 하였지만 지속적으로 폐사하는 개체가 발생하여 향후 주변 빛이 수조 내부로 들어오지 않는 FRP 수조 또는 시멘트 수조에서 연구를 추진해 벽 부딪힘 현상 문제를 해결할 계획이다. 일반적인 종자생산 과정에서 종자의 크기 차이가 발생하게 되면 주기적으로 선별과 분조를 통해 관리하게 된다. 참갑오징어 양성 과정에서는 공식현상이 발생하지 않지만 먹이경쟁이 매우 심해 크기 차이가 많이 발생하였다. 향후 주기적으로 크기별 선별을 통해 단계별 먹이종류와 먹이양을 공급할 계획이다.

어느 품종을 양식하기 위해서는 안정적으로 공급할 수 있는 먹이가 가장 중요하다. 하지만 참갑오징어의 경우 양성과정에서 살아있는 생물 선호도가 매우 높고 죽어있는 생물은 먹이로 잘 인식하지 않는 특성이 있다. 향후 참갑오징어 F1 양성을 통한 F2(2대 잡종) 생산을 통해 먹이전환(生→死) 시기를 좀 더 빨리 단축시킬 계획이다. 이를 위해서는 체계적인 환경관리와 먹이생물의 대량 확보가 필요할 것이다.

해상가두리 경우 여름철 고수온, 저염분 현상 문제를 해결할 수 있으며, 자연산 먹이생물 유집을 통해 안정적이고 경제적인 먹이생물을 공급할 수 있는 장점이 있다. 해상가두리 내 양성종자를 입식 하여 기존 육상수조와 해상가두리 방법 병행 연구를 추진할 계획이다. 또한, 도내 해역 참갑오징어 자원량 증대를 위해 종자생산 방류를 지속적으로 추진해 어업인 소득 창출에 기여할 계획이다.

참고문헌

- 경남수산자원연구소, 2012. 2011년도 연구사업보고서. 256pp.
- 기상청 기상자료개발포털(<https://data.kma.go.kr>)
- 김진호, 이종화, 1994. 보리새우류 양식. 아카데미서적. 399pp.
- 부산광역시 수산자원연구소, 2015. 2014년도 연구 및 지도 사업보고서. 165pp.
- 손민호, 1989. 한국산 갑오징어속의 분류학적 연구. 부산수산대학교 석사학위논문, 41pp.
- 이동근, 2011. 참갑오징어, *Sepia esculenta* 외투 바깥 상피층의 미세구조. 전남대학교 대학원 석사학위 논문, 58pp.
- 전라북도, 2010. 참갑오징어(*Sepia esculenta* Hoyle) 종묘생산 기술개발 시험. 37pp.
- 전임기, 1983. 갑오징어 분류와 생태. 새어민 수협중앙회, pp. 92-95.
- 충청남도수산연구소, 2014. 2013년도 연구사업 보고서. 127pp.
- 해양수산부, 2000. 새우양식과 질병관리. 127pp.
- 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)
- Domingues, P., Sykes, A.V. and Andrade, J.P., 2003a. Effects of feeding live or frozen prey on growth, survival and the life cycle of the cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture International* 11(5), 397-410.
- Domingues, P.M., Poirier, R., Dickel, L. Almansa, E. Sykes, A. and Andrade, J.P., 2003b. Effects of culture density and live prey on growth and survival of juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Aquaculture International* 11, 225-242.
- Dunlop C and Nancy King, 2008. Cephalopds-Octopuses and Cuttlefish for the home Aquarium. T.F.H. Publications Inc, 23, 97-100.
- Fujita Takayasu, Izumi Hirayama, Tausuro Matsuoka and Gunzo Kawamura, 1995. Spawing Behavior and Seldction of Spawning Substrate by Cuttlefish *Sepia esculenta*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63(2), 145-151.
- Haoyu Guo, Dongxue Zhang, Liang Wang, Wentao Li, Pingguo He, Joacim Näslund and Xiumei Zhang, 2020. Sperm competition in golden cuttlefish *Sepia esculenta*: The impact of mating order and male size. *Aquaculture* 530.

- Houjun Zhao, Wei Bangfu, Hu Ming, Du Zhenxi, Wu Tingshan, Wang Ma and Liuzhi, 2004. Preliminary study on *Sepia esculenta* sperm hatching and effect of different. Transaction of oceanology and limnology, 3, 64-68.
- Je JG, Yoo JM and Shon MH., 1990. Preliminary study on the cephalopod molluscs of the Korean waters. Rep Korea Ocean Res Dev. Inst, 1-146.
- Ohshima Yasuo and Sang Choe, 1961. On the rearing of young cuttlefish and squid. Bullentin of Japanes Society of Scient Fisheries, 27(11), 979-986.
- Perrin A., Le Bihan, E. and Koueta, N., 2004. Experimental study of enriched frozen diet on digestive enzymes and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca Cephalopoda). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 311, 267-285.
- Ross Richard, 2005. Keeping Cephalopods and especially cuttlefish in home aquariums in still in its infancy. Advalced Aquarist, 25-30.10.
- Rojano E.B, Sandra, G., Garrido, D., Jose Guerra-Garcia, M. and Domingues P., 2010. Use of Amphipods as alternative prey to culture cuttlefish(*Sepia officinalis*) hatchlings. Aquaculture, 300. 243-246.
- Sykes A.V., Domingues, P.M. and Andrade, J.P., 2006. Effects of using live grass shrimp (*Palaemonetes varians*) as the only source of food for the culture of cuttlefish, *Sepia officinalis*(Linnaeus, 1758). Aquaculture International 14(6), 551-568.
- Sykes A.V., Domingues, P.M. Lorenzo, M. and Andrade, J.P., 2011. The effects of tank colours on the growth and survival of cuttlefish(*Sepia officinalis*, Linnaeus 1758) hatchlings and juveniles. Aquaculture Research, 42, 441-449.
- Wada Toshiumi, Takeshi Takegaki, Tohru Mori and Yutaka Natsukari, 2005. Sperm displacement behavior of the cuttlefish *Sepia esculenta*(Cephalopda : Sepiidae). J Ethol 23, 85-92.
- Weiwu Z, 2007. Techinques of articfical breeding and rearing for *Sepia esculenta* Hoyle. Modenrn fisheries information, 22(11), 27-29.

연근해 수산자원조성 기술 개발

- 주꾸미 종자생산 및 자원조성 -

심철홍, 김윤설, 송지훈, 정선경, 김종기

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

주꾸미 (*Amphioctopus fangsiao*) 는 문어목 (Octopoda), 문어과 (Octopodidae), 주꾸미속 (*Amphioctopus*) 에 속하며(FAO 2014), 한국의 서남해, 중국, 일본 북해도 이남 연안 조하대의 모래와 자갈 또는 사rak질에 주로 서식한다. 주꾸미는 1년 생으로 산란기는 3-6월이며, 피빨고둥의 죽은 패각이나 페타이어 등 인공 구조물의 움푹 파인 곳을 선호하는 생태적 습성을 가지는 것으로 알려져 있다 (Chung et al., 1999, NIFS, 2011).

주꾸미는 몸통은 난형이고 피부에 많은 주름이 있다. 크기는 전장 약 20cm 이상이고, 암컷은 성숙된 알을 가졌을 때 다소 가늘고 긴 꼴이 된다(유, 2015; 김 등 2002)

주꾸미 생산량은 1998년 7,999톤으로 최대 어획량을 기록하였고, 1990년부터 2009년까지 약 4,000~5,000톤이 어획되었으나, 어구·어법의 발달에 따른 어획강도 증가와 어장환경 변화로 2010년 2,977톤으로 급격한 감소에 이어 2015년 2,232톤으로 최저치를 기록하며 2016년까지 지속적으로 감소하였다(MAFRA. 2017). 2017년, 2018년과 2019년 각각 3,460톤, 3,773톤, 3,828톤으로 전국 어획량은 증가하였지만, 전남은 2018년 385톤, 2019년 318톤으로 2017년 542톤 대비 41.3% 감소하였다(표 1).

지금까지 국내 두족류에 관해 연구·보고된 것으로는 생태학적 연구(이 등, 1971), 번식생태(Chun et al., 1999), 종자생산(Kim et al., 1997) 등이 보고되어 있다.

주꾸미는 한국의 남해안과 서해안의 주요 수산자원이지만, 최근 간척 사업과

무분별한 남획 등으로 인해 자원량이 감소하고 있어 자원의 보존과 관리를 위하여 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도내 해역 서식하는 고소득 수산자원인 주꾸미 종자를 대량으로 생산·방류하여 어업인의 소득증대와 연안 어장의 먹이 생태계를 건강하게 유지하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2015~2019) 생산 현황

구 분		2015년		2016년		2017년		2018년		2019년	
		전국	전남	전국	전남	전국	전남	전국	전남	전국	전남
주꾸미	생산량 (톤)	2,232	490	2,281	460	3,460	542	3,773	385	3,828	318
	생산액 (백만원)	44,441	7,723	44,015	7,348	56,760	8,434	64,346	6,833	64,346	67,233

해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

어미 확보

주꾸미 어미는 생식소중량지수(GSI) 조사(그림 1) 후 2020년 2월부터 4월까지 총 305kg(2,430마리)를 성숙시기에 따라 경남 남해, 전남 해남, 충남 대천에서 확보하였다.



그림 16. 어미 주꾸미 생식소중량지수(GSI) 조사

어미 입식 및 종자생산 시설

주꾸미 어미는 자원조성연구소 내 제3시험연구동 10톤 사각수조 1개, 제6시험연구동 10톤 사각수조 6개에 설치된 중층가두리(가두리별 인공소라방 300개 설치) 27개에 확보 시기 및 지역별로 입식하였다(그림 2).



그림 17. 주꾸미 종자생산 시설

어미 산란 및 부화유도

본 연구소의 주변 해수는 펄 함유량 높아 자연해수를 종자생산 사육수로 바로 사용 할 수 없어, 자연침전 → 저압모래여과 → 섬유여과를 거친 여과수를 사용하였으며, 유수식(3회전/일)으로 사육수를 관리하였다. 종자생산 기간 대부분 자연수온으로 관리하였고, 필요(부화촉진)에 따라 인위적으로 수온을 조절해 주었다. 수질은 다항목수질측정기(YSI-556MPS)를 이용하여 수온(℃), 염분(psu), DO(mg/L), pH를 매일 측정하였다.

먹이공급은 주 1회 살아있는 바지락을 가두리 당 2.5kg을 산란 전까지 공급하였다.

전염병 검사 및 종자 방류

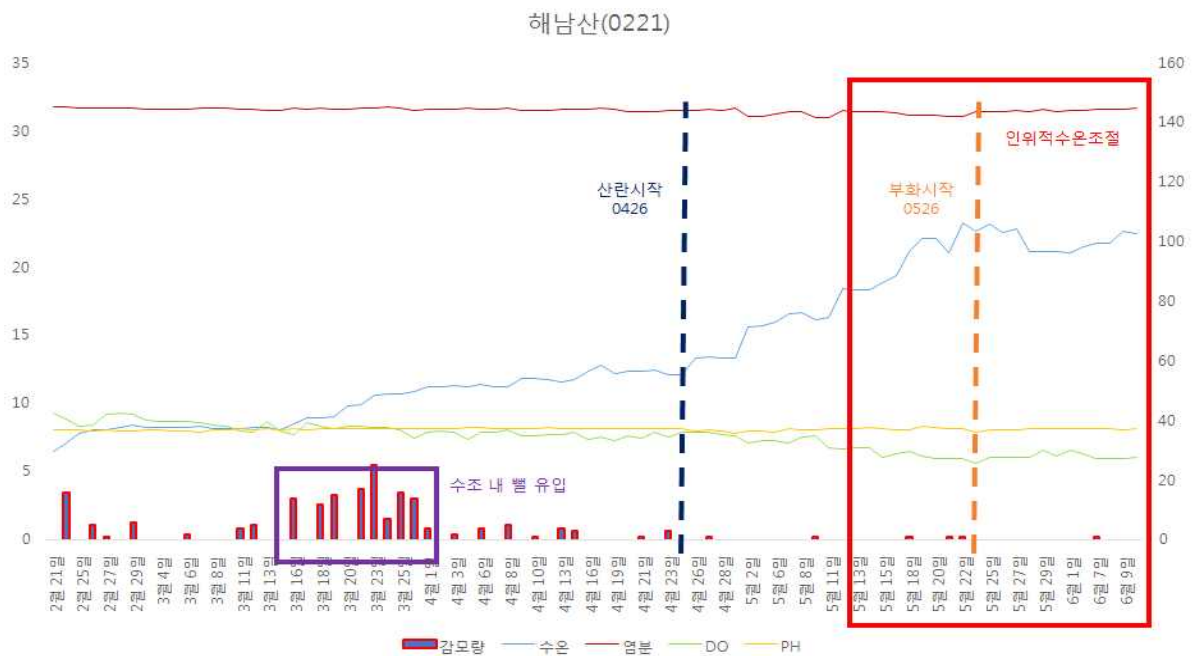
전염병 검사는 방류 전 「수산생물질병 관리법」 제20조, 「2020년도 수산종자관리사업지침」에 의거 방류 대상품종인 주꾸미는 수산생물 전염병(흰반점병) 검사를 의뢰하였다.

종자포획은 초기에는 메쉬 재질의 뜰채로 표층에 떠있는 종자를 모으고 최종적으로 수조 내부의 시설을 걷어내고 배수구에 메쉬망을 달아서 포집하였다.

결과 및 고찰

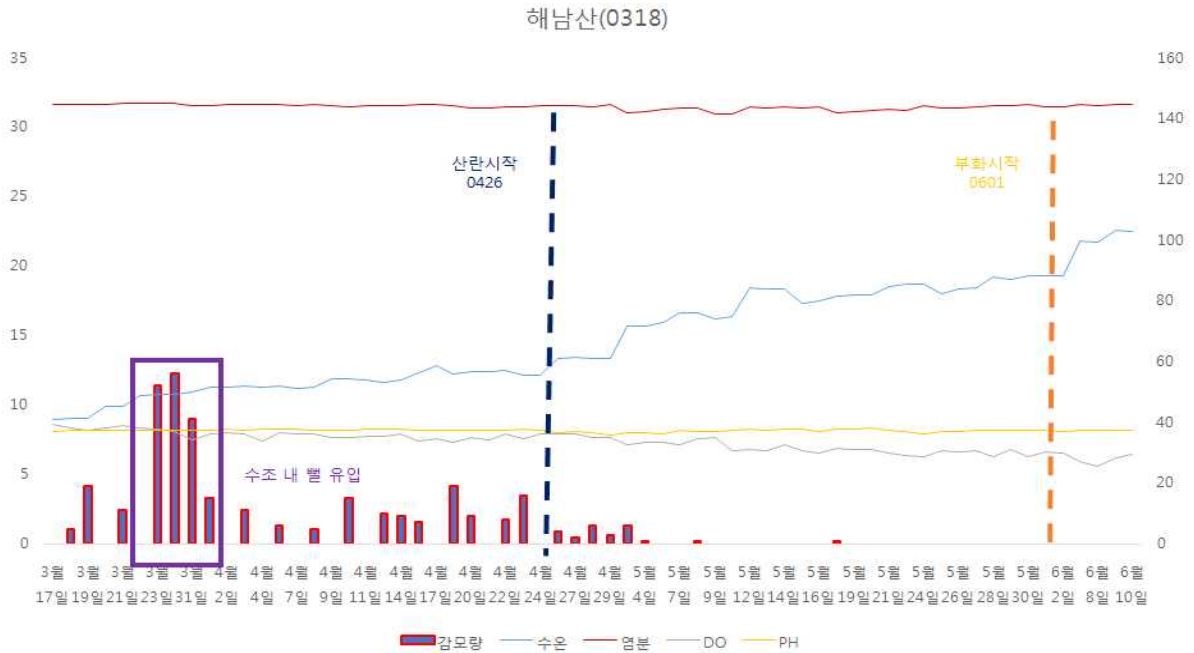
어미 확보

어미 주꾸미는 2019년 하계 저수온과 동계 고수온으로 성수도 조사 결과 예년보다 성숙이 한 달 정도 빨랐고, 남해안에 서식하는 주꾸미가 서해안 서식하는 주꾸미보다 월등하게 큰 점을 고려해 우량종자를 생산하고자 남해안에 서식하는 주꾸미를 대량 확보하였다. 1차 2월 21일 전남 해남에서 50kg(300마리), 2차 2월 24일 경남 남해에서 50kg(240마리), 3차 3월 18일 전남 해남에서 105kg(640마리), 4차 4월 8일 충남 대천에서 50kg(600마리), 5차 4월 15일 충남 대천에서 50kg(650마리) 확보를 마지막으로 총 305kg(2,430마리)를 확보하였다. 서해안 주꾸미 확보는 남해안 주꾸미와 산란 및 부화 비교를 위한 것이다(그림 3, 4, 5, 6, 7).



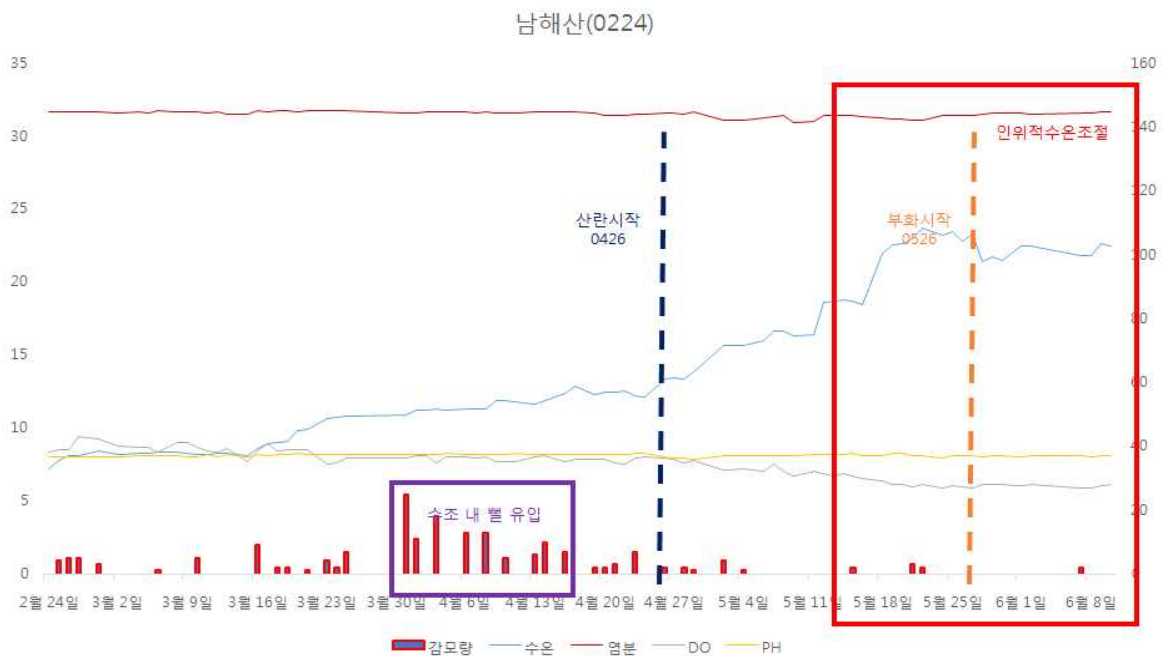
✓ 입식일 : 2020. 02. 21., 입식량 : 300마리(50kg, 6마리/kg), 감모량 192마리(64.0%)

그림 18. 해남에서 1차 확보한 주꾸미 종자생산 수온 및 감모



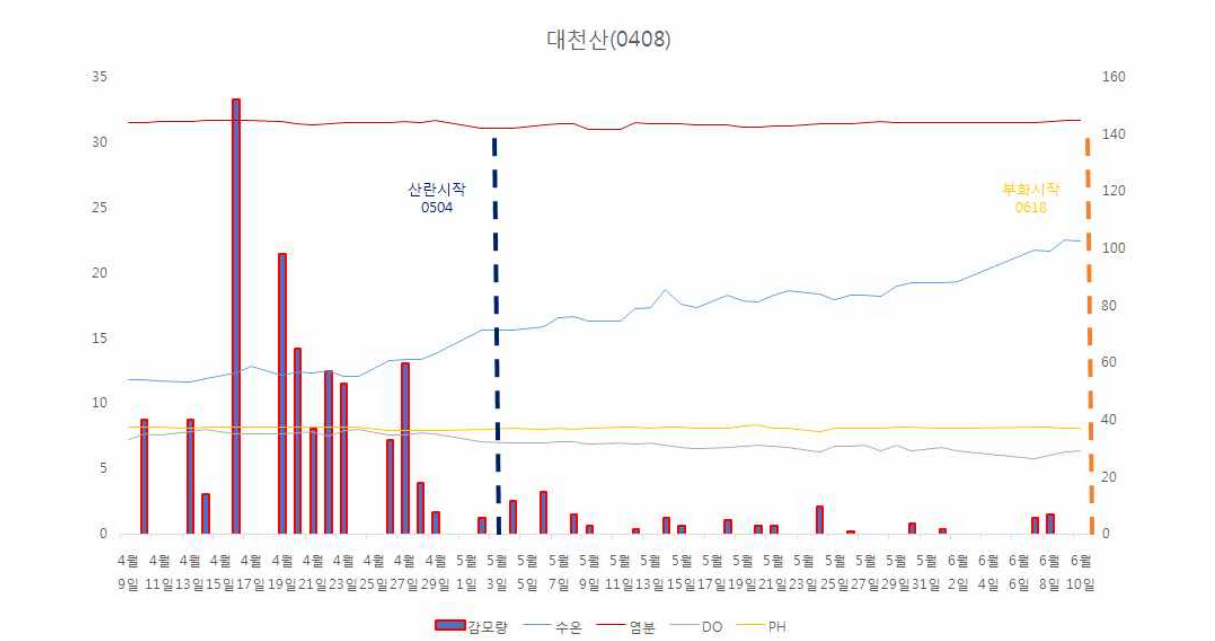
✓ 입식일 : 2020. 03. 18., 입식량 : 640마리(50kg, 6마리/kg), 감모량 : 338마리(52.8%)

그림 19. 해남에서 2차 확보한 주꾸미 종자생산 수온 및 감모



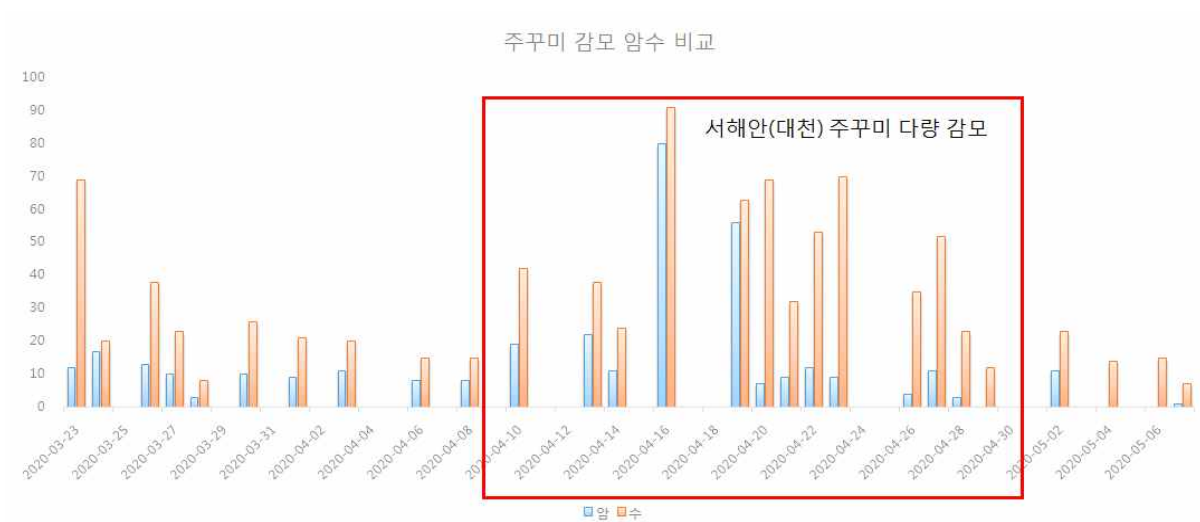
✓ 입식일 : 2020. 02. 24., 입식량 : 240마리(50kg, 4~5마리/kg), 감모량 : 191마리(79.6%)

그림 20. 남해에서 확보한 주꾸미 종자생산 수온 및 감모



✓ 입식일 : 2020. 04. 8. ~ 15. 입식량 : 1,250마리(100kg, 12~13마리/kg), 감모량 : 770마리(61.6%)

그림 21. 대천에서 확보한 주꾸미 종자생산 수온 및 감모



✓ 조사기간(3.23.~5.7.) 동안 총 1,274 마리가 감모, 암(356)수(918) 비율은 수컷이 72.1% 차지

✓ 산란 이후 급격하게 감모 감소(산란 시작일 : 남해안 4. 26., 서해안 5. 4.)

그림 22. 주꾸미 감모 암수 비교

어미 산란 및 부화 유도

올해 확보한 주꾸미는 수컷들의 암컷 공격이 평년보다 심하였고, 여과기 고장으

로 인한 펄의 유입으로 초기에 확보한 주꾸미의 피해가 커 감모율이 높게 나왔다. 수온은 2월 6℃를 시작으로 7월 23℃내에서 관리되었고, 부화기간 단축을 위해 20℃였던 자연수온을 하루에 0.5℃씩 올려 23℃로 인위적으로 수온을 올렸다. 최초 산란은 2월에 입식한 주꾸미가 산란유도 54일 만에 4월 14일 첫 산란이 확인되었다. 이후 4월 26일에 전 수조에서 산란이 이루어졌다(그림 8). 김 등(2001), 이 등(2017)의 연구결과에서는 암컷 주꾸미의 생식소중량지수와 포란량의 변화가 3월부터 증가하여 5월에 최대값을 나타내 3월부터 산란이 시작되는 것으로 보고하여 본 연구 결과와 입식 날짜의 차이를 보였지만 산란에는 큰 차이를 보이지 않았다.



그림 23. 주꾸미 산란 및 부화

전염병 검사 및 종자 방류

한 달간 산발적으로 부화하는 주꾸미 종자는 「수산생물질병 관리법」 제20조, 「2020년도 수산종자관리사업지침」에 의거 검사 결과 유효기간이 15일로 정해져 있어 2회에 걸쳐 수산생물 전염병 검사를 실시하였고, 모두 불검출 되었다(그림 9).

방류수산물 전염병검사 증명서					
신청인	전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소			접수일 (시료접수일)	2020. 6. 29. (2020. 6. 29.)
검사시료	품종 주꾸미 (자체생산 / 증자생산동_제6시험연구동 9~14번 수조)			크기(cm)	0.7 ~ 1.5
임상검사 결과	육안 관찰 양 호				
	그 밖의 검사 결과 특이적 질병 증상 없음				
정밀검사 결과	검사항목	합격기준	검사결과	판정	비고
	회반정병 (WSD)	불검출	불검출	합격	
종합의견	상기 시료(주꾸미)에서 검사대상 병원체가 불검출 되었음.				
검사기간	2020. 6. 29. ~ 2020. 7. 1. (3일)				
* 이 질병검사 결과의 유효기간은 증명서 발급일로부터 15일입니다. - 검사기관 : 전라남도 해양수산과학원 남부지부 완도지원 (연락처 : 061-550-0621) 「수산물질병 관리법」 제20조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제22조 제2항에 따라 위와 같이 방류수산생물의 전염병 검사 결과를 증명합니다. 국립수산과학원장  2020 년 7 월 1 일					

210mmx297mm[복합지 80g/㎡]

그림 24. 전염병 검사 결과

주꾸미 종자 방류는 1차 6월 23일 완도군 군외면 영풍리 해역에 10만 마리를 방류하였고(그림 10), 연구소와 거리가 멀어 냉장탑차를 이용하여 종자의 스트레스를 최소화 하였다. 2차는 7월 2일 함평군 손불면 월천리 해역에 5만 마리를 방류하여 총 15만 마리의 종자를 전남 해역에 방류를 완료하였다(그림 11).



그림 25. 1차 완도군 군외면 영풍리 해역 냉장탐차 이송 및 선상 방류



그림 26. 2차 함평군 손불면 월천리 해역 1톤 트럭 운송 및 선상 방류

향후 계획

두족류는 대부분 단년생으로 종자 방류의 효과가 빠르기는 당해 연도부터 늦어도 후년에 나타난다. 두족류 종자생산을 위한 시설을 개선하고, 우량 어미 확보를 통한 우리 도 해역에 우량종자를 방류하여 지역 어업인의 소득 창출에 기여하고자 한다. 또한 두족류는 생산량 대비 방류량이 적다. 수조 환경 개선 및 초기양성 기술 개발을 통한 방류량 확대 및 양식품종 확대를 어촌 경제 활성화가 기대된다.

참고문헌

- 김병균, 정의영, 전제천, 김치홍 2001. 주꾸미(*Otopus ocellatus*)의 산란과 부화, 생존 및 공식. Korean J. Malacol. 17(2), 85-94.
- 김병균, 정의영, 전제천, 2002. 주꾸미(*Octopus ocellatus*) 암컷의 성숙, 산란 및 생존율. 한국발생생물학회, p19.
- 유성규, 2015. 천해양식. 도서출판 해암. 639pp.
- 이병돈, 이택열, 진평 1971. 두족류 증식에 관한 연구. 부산수산대학 임해연구소 연구보고, 4, 11-16.
- 이승환, 김영혜, 신민규, 2017. 한국 남해 연안에 분포하는 주꾸미(*Amphioctopus fangsiao*)의 산란특성. 한국패류학회, 33(2), 131-136.
- 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)
- Chung, E.Y., Kim, B.G., Kim, S.W. and Ko, T.S. 1999. Reproductive dcology of *Octopus ocellatus* on the west coast of Korea. *Yellow Sea*. 5: 33-45.
- FAO. 2014. Cephalopods of the world an annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date Volume 3. Octopods and vampire squids. FAO species catalogue for fishery purposes, 4(3). p72.
- NIFS. 2011. Monitoring for fisheries regulation on fishery resources. 280-282.
- MAFRA. 2017. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on June 1.
- Kim, B.G., Kim, S.W., Jun, J.C., Kim, V.H. and Kim, J.S. 1997. Studies on the development of techniques on seedling production of *Octopus ocellatus*. Rep. West Sea Fish, Rde. inst., National Fish. RES. Dev. Inst., 297-304

연근해 수산자원조성 기술개발

- 대하 종자생산 방류 및 보리새우 인위적 성 성숙유도 연구 -

김윤설, 정선경, 송지훈, 심철홍, 김종기
전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

대하(*Fenneropenaeus chinensis* Osbeck, 1765)는 보리새우과(科)에 속하며 우리나라의 서해 및 동중국해역에 분포하고 있는 대표적인 새우이며 최대성장에 있어, 두흉갑 크기 50 mm, 체장 200 mm, 무게 70 g에 이르는 대형 종이다(박 과 허, 2005)

보리새우(*Marsupenaeus japonicu* Spence Bate, 1888)는 십각목(Order Decapoda) 보리새우과(Family Penaeidae) 갑각류에 속하는 대형 새우류 중의 하나로 일본, 대만, 필리핀, 베트남, 남아프리카 등지의 해역에 분포한다(최, 2012). 우리나라에서는 남해와 서해 남부해역에 분포하는데 특히, 6~9월 거제연안을 중심으로 가장 많이 어획되며(최, 2012), 전남에서는 고흥, 함평, 무안, 영광, 신안 등에서 어획되고 있다. 여름과 가을 사이의 5~6개월 양성하면 상품가치가 있는 크기인 20g 내외로 성장하게 되며, 살아있는 상태로 소비가 되기 때문에 부가가치가 높은 최고급 품종으로서 어민소득 증대에 기여도가 매우 높다.

2019년 기준, 전남의 새우생산량은 4,916톤으로 전국 7,955톤의 61.8%를 차지하는데 흰다리새우 4,871톤(99.1%), 대하 23톤(0.5%), 보리새우 22톤(0.4%) 순으로 흰다리새우가 주를 이루고 있다(표 1).

국내 대하와 보리새우의 생산량 급감으로 각 지자체 수산연구소는 매년 꾸준히 종자생산을 통해 방류활동을 지속하고 있으나, 질병, 경제적 문제, 어미 새우의 수급의 한계 등으로 양식은 거의 이루어지고 있지 않고 있다. 또한, 새우류 종자생산 및 자원조성 연구를 위해서는 가장 먼저 안정적인 어미확보 가장 중요한 요인으로 작용한다. 대하의 경우는 득량만 일대에서 매년 생식소중량지수가 높은

어미를 충분히 확보할 수 있지만 보리새우의 경우 어미확보 경쟁, 기상악화, 조업문제 등 여러 가지 원인으로 인해 충분한 어미확보가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 높은 소득이 보장된 대하 종자생산 및 방류로 어업 자원조성 및 생산성을 극대화시켜 전남 어업인의 소득증대에 기여하고자 하며, 보리새우 인위적 성 성숙 유도를 통한 조기 종자생산 기술개발 및 안정적인 종자생산 시스템을 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2015~2019) 동안의 새우 생산현황

구 분			2015		2016		2017		2018		2019	
			일반 해면	천해 양식	일반 해면	천해 양식	일반 해면	천해 양식	일반 해면	천해 양식	일반 해면	천해 양식
전 국	생산량 (톤)	대하	581	13	665	1	359	18	143	-	115	1
		보리 새우	76	-	556	-	852	-	543	-	297	-
		흰다리 새우	-	5,515	-	5,791	-	5,144	-	5,492	-	7,542
	생산 금액 (백만원)	대하	13,909	191	16,819	14	10,724	372	5,092	-	3,293	23
		보리 새우	2,943	-	7,989	-	7,490	-	3,268	-	4,304	-
		흰다리 새우	-	83,653	-	93,525	-	99,595	-	95,691	-	105,447
전 남	생산량 (톤)	대하	50	-	81	-	25	3	29	-	23	-
		보리 새우	12	-	59	-	14	-	16	-	22	-
		흰다리 새우	-	4,418	-	4,235	-	3,487	-	3,609	-	4,871
	생산 금액 (백만원)	대하	1,547	-	1,623	-	539	57	673	-	590	-
		보리 새우	425	-	2,594	-	370	-	358	-	490	-
		흰다리 새우	-	64,575	-	64,402	-	60,948	-	58,121	-	61,872

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

대하 종자생산 시설

대하 종자생산을 위해 사육수조는 50톤 수조($\phi 8.0\text{m} \times h1.0\text{m}$) 3개, 33톤 수조($\phi 6.5\text{m} \times h1.0\text{m}$) 2개를 사용하였으며, 건강한 종자생산을 위한 방역 사육관리기술(국립수산과학원, 2007)에 의해 어미 새우를 수용한 수조 및 에어스톤 등을 염소 20ppm의 농도로 소독 후 담수로 세척, 건조하였다.

본 연구소 주변 해수는 펄 함유량이 높아 자연해수를 사육수로 바로 사용할 수 없기 때문에, 자연침전 → 모래여과기 → 섬유평과기를 거친 여과수를 연구동에서 다시 필터시설($10\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$)로 여과하여 사육수로 사용하였다.

대하 종자생산은 지수식이기 때문에 사육수조 내 바닥의 찌꺼기 쌓임 및 공식 현상을 최소화하기 위해 사육수조 당 80~120개의 에어스톤을 50~100cm 간격으로 지그재그 설치하였으며(그림 1), 환수작업을 위해 유생이 빠져나가지 않을 정도의 물러가제($300\mu\text{m}$)를 이용하여 환수틀을 제작·설치하였다(그림 1). 유생사육 가온시설은 히트펌프 및 보일러 시설을 활용하였다.



그림 1. 사육수조 내 에어레이션 및 환수틀

어미새우 산란 및 부화

종자생산용 어미 대하는 전남 고흥군 득량만 일대에서 확보하였으며, 성숙 어미 구별은 두흉갑과 복부 사이에 있는 난소의 폭이 넓고 짙은 녹색을 띠는 것으

로 판별하여 선별·확보하였다. 어미새우는 1톤 활어 운송차에 산소 공급 및 저수온상태(대하 15℃)를 유지하여 수송하였으며, 수송 직후 채란용 수조에 수용하였다(그림 2).

어미 대하는 산란유도를 위해 채란용 수조(50톤) 3개에 각각 수용하였으며, 수온을 15℃→18℃→21℃로 상승시켜 수온 차를 이용한 산란자극을 주었다. 산란유도는 수조 당 이틀을 넘기지 않도록 하였으며, 충분한 양이 산란하였을 경우 다음 날 어미 대하를 수거 후 또 다른 수조에 옮겨 산란을 유도하였다. 산란유무는 육안으로 수조 표면의 거품으로 1차 확인하고, 2차 현미경 검경을 통해 확인하였으며, 산란유도 기간 동안 먹이는 공급하지 않았다. 부화율을 높이기 위해 사육수조 내 바닥에 가라앉아 있는 수정란은 PVC 판으로 만든 물갈퀴로 수조 전면 에 끌고루 분산되도록 저어주었으며, 수정란이 다치지 않을 정도로 약하게 에어를 공급하였다(김과 이, 1994; 해양수산부, 2000; 박과 허, 2005).



그림 2. 어미 대하 수송 및 수조 내 입식(수온 15℃→18℃)

대하 유생 및 치하관리

대하 종자생산 시 수질관리는 부화유생 Nauplius(노플리우스), Zoea(조에아) 단계에서는 지수식으로 관리하면서 매일 전체 수량의 약 10%씩 증수, Mysis(미시스), Postlarva(포스트라바) 단계는 매일 전체 수량의 20%를 환수하였으며, 필요시 유수식으로 관리하였다.

수조 내 수질관리를 위해 수질정화제는 매일 오후 일정시간(17:00)에 1ppm (1g/ton) 농도로 처리하였다(김과 이, 1994). 사료는 모든 유생단계(조에아~포스트라바)에서 4시간 간격으로 6회/일 공급하였는데 종자생산 기간 동안 배합사료는 유생 단계별로 입자크기를 달리하여 담수에 풀어 골고루 섞은 후 사육수조 전체에 균일하게 뿌려주었고, 미시스 단계부터는 영양강화를 위해 알테미아를 1회/일 급이 하였다(표 2). 수조 내 수온관리를 위해 공급 여과해수는 공기열원 히트펌프(40RT)로 가온시킨 여과해수를 공급하였으며, 수조 자체는 보일러(20만 kcal/h)를 이용하여 수온을 유지하였다.

표 2. 새우류(대하, 보리새우) 유생발달단계별 사료 급이 현황

구	분	Zoea			Mysis			Postlarva
		I	II	III	I	II	III	
배합사료	5~30 μ m							
	30~90 μ m							
	90~150 μ m							
	100~300 μ m							
알테미아	200~400 μ m							

대하 종자 분양 및 방류

생산된 종자는 『2020년 수산종자관리사업 지침』에 의거, 방류 전 수산생물 전염병 검사(흰반점병, 타우라병 불검출)를 실시하였으며, 전남 도내 시·군에 무상분양 수요조사를 실시하여 방류량 및 방류지를 선정하였다. 방류작업은 주광성을 이용 새벽(02:00~06:00)에 수조 내 전등을 설치한 후 뜰채 및 배수구에서 망지를 이용해 포획하였으며, 포획한 종자는 시군 방류물량만큼 활어차에 상차하여, 각 군 해역에 방류하였다.

보리새우 인위적 성 성숙유도 연구

보리새우 인위적 성 성숙유도 연구를 위해 수조는 50톤 수조 1개, 10톤 수조 6개를 사용하였다(그림 3). 미성숙 어미는 경남 거제시 능포 해역에서 암컷, 수컷을 확보하였으며(그림 4), UV 살균기, 10 μm 필터를 거친 여과해수는 공급하였다. 여과해수는 매일 1℃씩 상승하여 수컷은 최대 27℃, 암컷은 28℃로 관리하였다. 광주기는 14L:10D, 먹이는 체중의 10~20% 내외로 오징어 절편과 갯지렁이를 1일 2회 공급하였다. 저질개선제는 1~2 ppm, 환수량은 10% 이상 하였으며, 필요시 유수식으로 관리하였다. 저질모래는 상황에 따라 주기적으로 세척 및 교체하였다.

실험은 대조구(모래저질 ×, 안병절제 ×)와 실험구 A(모래저질 ×, 안병절제 ○), 실험구 B(모래저질 ○, 안병절제 ×), 실험구 C(모래저질 ○, 안병절제 ○) 4개 구간으로 실시하였다. 안병절제는 뜨거운 핀셋으로 우측 안병을 절단하였으며(그림 5), 생식소중량지수는 매주 1회 3~5마리를 측정하였다. 수정란 생산을 위해 암·수 교미 비율은 1:3으로 수조 내 입식 하였으며, 교미전(交尾栓)을 확인하였다.

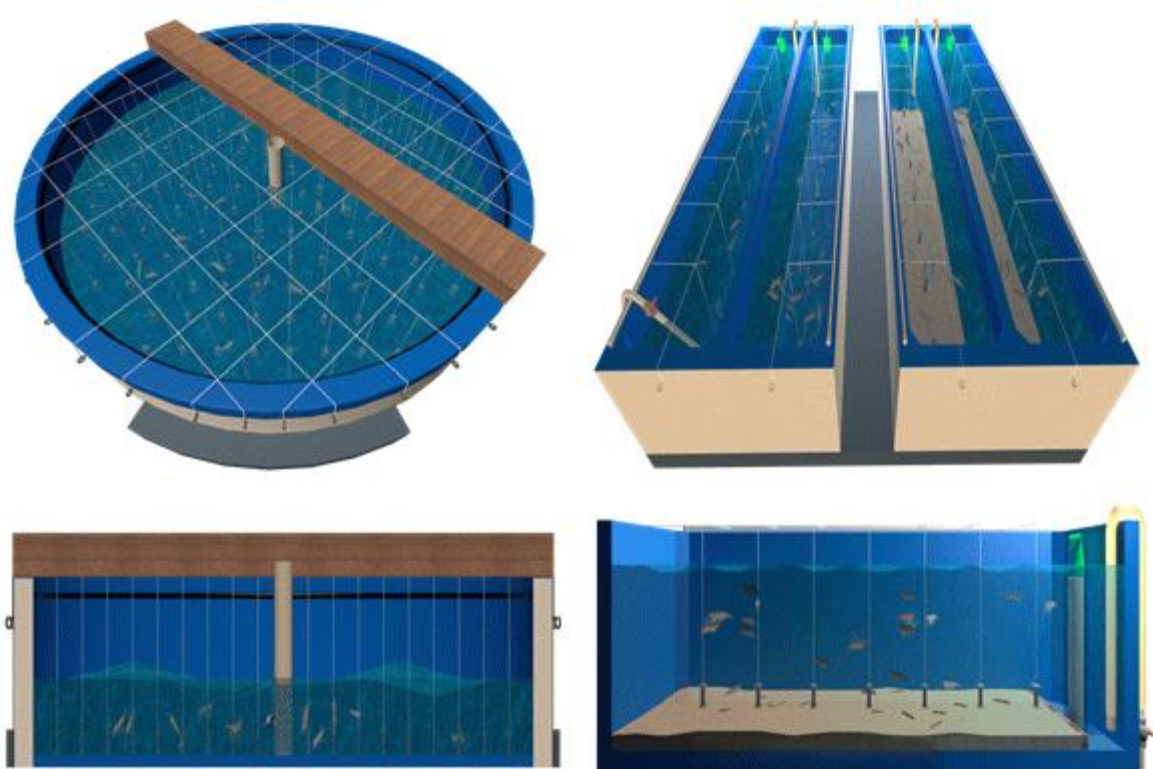


그림 3. 보리새우 인위적 성 성숙유도 위한 관리용 수조(원형 50톤, 사각 10톤)



그림 4. 미성숙 보리새우 확보 및 수조 내 입식



그림 5. 보리새우 안병절제

결과 및 고찰

어미새우 산란 및 부화

종자생산용 어미 대하는 전남 고흥군 득량만 일대에서 포획된 성숙한 암컷 250마리를 4월 11일 확보하였다. 체장 20~25 cm, 전중량 70~130 g, 생식소중량지수(GSI) 6~26으로 나타났으며(그림 6, 7), 산란은 2020년 4월 11일~15일까지 이루어졌다. 산란량은 수조마다 다소 차이를 보였지만 총 부화량은 수조 1, 2, 3, 4, 5번을 합쳐서 약 3,800만 개체로 나타났다. 산란 부화 시 수조 수심은 40 cm(20톤), 관리 수온은 20~21℃였다. 산란 다음날 수정란은 대부분 노플리우스 단계로 부화하였다(난 크기 390~430 μ m).

일반적으로 자연상태에서 대하의 경우 어미 산란량은 20만~100만개로 보고되어 있지만 부화장에서의 산란량은 현저하게 저하된 4.5만~16만 정도로 개체의 크기, 성숙상태에 따라 변화 범위가 매우 크게 나타난다. 또한, 부화 수조에 모든 어미 새우들이 산란을 하지 않으며, 산란을 하더라도 부화되지 않은 난을 산란하는 특성이 있어 수질관리가 철저하게 필요하며, 어미확보를 할 때에도 최저 산란량을 대비하여 완숙상태의 많은 어미확보가 필요할 것으로 보인다.



그림 6. 어미대하(체장 20~25 cm, 중량 70~130 g)



그림 7. 성숙 어미대하의 난소 상태(GSI 6~26)

유생 및 치하관리

난에서 갓 부화한 노플리우스(Nauplius)는 Maxilliped의 setae 개수 및 복부의 발생여부로 I~VI기로 나누어진다. 노플리우스 단계에는 수온 18~21℃, 염분 31 psu, DO 10~8 mg/L, pH 7.8~7.9 관리하였으며, 유생크기는 350~670 μm 의 범위였다. 노플리우스 유생 기간은 3~4일이 소요되었다(그림 8, 9).

난에서 바로 부화되어 나온 노플리우스는 앞쪽이 둥글고 크며, 뒤쪽은 가늘고 길다. 운동은 주로 측각으로 유영하고, 주광성으로 불이 비추었을 때 불쪽으로 몰려드는 특성이 있으며, 구강이 발달하지 않아 먹이를 섭취하지 않고 난황을 흡수하면서 점점 성장해 배합사료는 공급하지 않았다(표 2). 다음 단계 조에아 유생으로 변태할 때까지 5회 탈피하는데 형태적으로 크게 변화는 없지만 몸의 길이가 길어지고 제2악각까지의 원기가 발달하고 측각의 분절 등이 변화를 보였다. 이 시기부터 미세조류 및 사료를 공급하는데 건강한 유생은 배설물을 실과 같은 형태로 달고 다니는 특성이 있다(김과 이, 1994).

노플리우스 VI기 후 조에아 단계(체장 1~2 mm)로 발달하는데, 조에아(Zoea) I기는 단눈과 복부 형성, II기는 복눈, 복부 체절 형성, III기 복부 다섯 번째 마디의 가시와 꼬리마디(Telson)의 미지(Uropod) 발생 여부로 각각 구분된다(그림 8). 몸은 체절화가 되고 7쌍의 부속지가 나타나며 입과 소화기가 발달한다.

조에아 유생 관리 수온은 21~25℃로 발달 단계에 맞추어 점점 상승시켰고, 약 7일 정도 소요되었다. 조에아 단계부터 구강 크기에 맞는 배합사료(5~30 μm , 220~440 g/1,000만/day)를 하루에 6회 나누어 급이 하였다(표 2).

일반적인 대하 종자생산 과정에서 수질안정 및 먹이공급을 위해 노플리우스 단계에서 식물성 먹이생물을 배양하거나 시중에 판매되는 농축 규조류를 공급하지만, 본 연구에서는 식물성 플랑크톤 변화로 갑작스런 수질환경 악화를 염려해 배합사료만을 공급한 결과 유생단계별 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

미시스(Mysis) 단계는 체장 2.5~4.5 mm의 범위를 보였으며, I 기에는 두흉갑(Carapace)과 복눈이 확실하게 나누어지고 미지가 확연히 길어지며 복부의 유영다리(Pleopod)의 원기가 형성된다(체장 2.5~3.8 mm). II기에는 복부의 원기 5쌍이 출현하지만 체절은 형성되지 않고(체장 4.0~4.5 mm), III기에는 복지 체절이 형성되어 새우의 형태(체장 4~6 mm)를 갖추기 시작한다(그림 8).

미시스 단계 동안에 관리 수온은 24~25℃로 4~5일 정도 소요되었으며, 30~150 μ m 입자의 배합사료(665~760g/1,000만/day)를 6회/일에 나누어 급이 하였다(표 2).

미시스 단계 특징은 아직까지 힘이 부족하여 몸 전체 균형을 잘 유지할 수 없어 머리 부분을 바닥 쪽으로 향하여 부상해 있다(미시스 II~). 이 시기는 먹이 섭식 유무에 따라 포스트라바 단계로 변태 및 성장속도가 결정되기 때문에 알테미아와 같은 동물성 먹이생물을 1회/일 지속적으로 공급해 서로 잡아먹는 공식 현상을 줄였다.

김과 허(1993) 연구에서는 조에아~미시스 단계에서 수온 20℃ 이상 올렸을 때 생존율이 급 감소해 수온범위가 21~22℃가 가장 적합하다고 하였지만 Rha(1990)는 20~24℃, Liao and Chien(1990)는 22~25℃가 적합하다고 보고하여 본 연구 결과인 21~25℃에서 관리 한 결과 생존율에 큰 영향을 미치지 않았으며, 수온범위도 가장 적합한 것으로 판단된다.

포스트라바(Postlarva)로 변태한 후부터 방류시까지 대하는 약 10일 정도 소요되었고, 크기는 1.2~1.5 mm였다. 이 기간 동안 100~300 μ m 입자크기의 배합사료(800~1,080g/1,000만/day) 및 알테미아를 병행 급이 하였다(표 2). 포스트라바 시기가 되면 유영각이 발달하여 수평으로 유영하게 되고, 아직은 불완전하지만 형태적으로는 어린 새우와 같은 모양을 하고 있다.

전반적으로 포스트라바 5령 이후부터 수조 바닥에 포복하기 시작하며, 본격적으로 포복하게 되는 것은 중기 이후다. 특히, 이때 바닥상태에 따라 폐사하는 개

체도 많이 발생하며, 먹이가 부족해 서로 잡아먹는 공식현상 또한 두드러지게 나타난다. 새우 종자 1개체를 여러 마리가 서로 붙어서 먹고 있는 모습이 보일 때 먹이양을 늘려 공식현상을 최소화해야 생산량 감소를 줄일 수 있다.

어미 새우 입식에서 산란유도, 유생관리 및 방류까지의 종자생산 기간은 대하의 경우 28일이 소요 되었다(충청남도수산연구소, 2014; 부산광역시수산자원연구소, 2015; 경남수산자원연구소, 2012)

종자분양 및 방류

대하 종자는 『2020년 수산종자관리사업 지침』에 의거, 방류 전 수산생물 전염병 검사(흰반점병, 타우라병) 결과 불검출 되어 합격 판정을 받았다(그림 10). 대하 종자 사육수온은 방류날짜를 고려해서 서서히 온도를 낮춘 후 수온(21℃ 전후)을 유지하였으며, 평균 크기 1.2 cm 이상 종자(그림 11) 계수는 무작위로 무게를 측정한 결과 평균 3 kg/100만 산정하였다.

대하 종자는 전남 도내 시·군에서 무상 분양 신청(5월 8일~10일)을 받아 도내 7개 군에 분양하여 5월 13일에 종자 2천 7백만 마리를 방류하였다(표 3, 그림 12). 방류된 대하 종자는 연안에서 멀리 이동하지 않으며, 생존율 및 성장도가 높아 9~10월에 15~18 cm(체중 40g 내외) 정도로 성장해 어업인 소득향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

매년 각 지자체에서 연안 해역의 자원회복을 위해 대하 종자 방류를 추진하고 있다. 하지만 방류에 대한 효과조사가 정확히 이루어지고 있지 않아 실질적인 효과가 어느 정도 인지 데이터를 구축할 수 없는 실정이다. 현재 예산 및 구조상 지자체에서 방류효과 조사를 실시하기에는 무리가 있는 상태지만 각 시군 어촌계 설문조사를 통해 매년 생산량을 파악할 수 있는 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

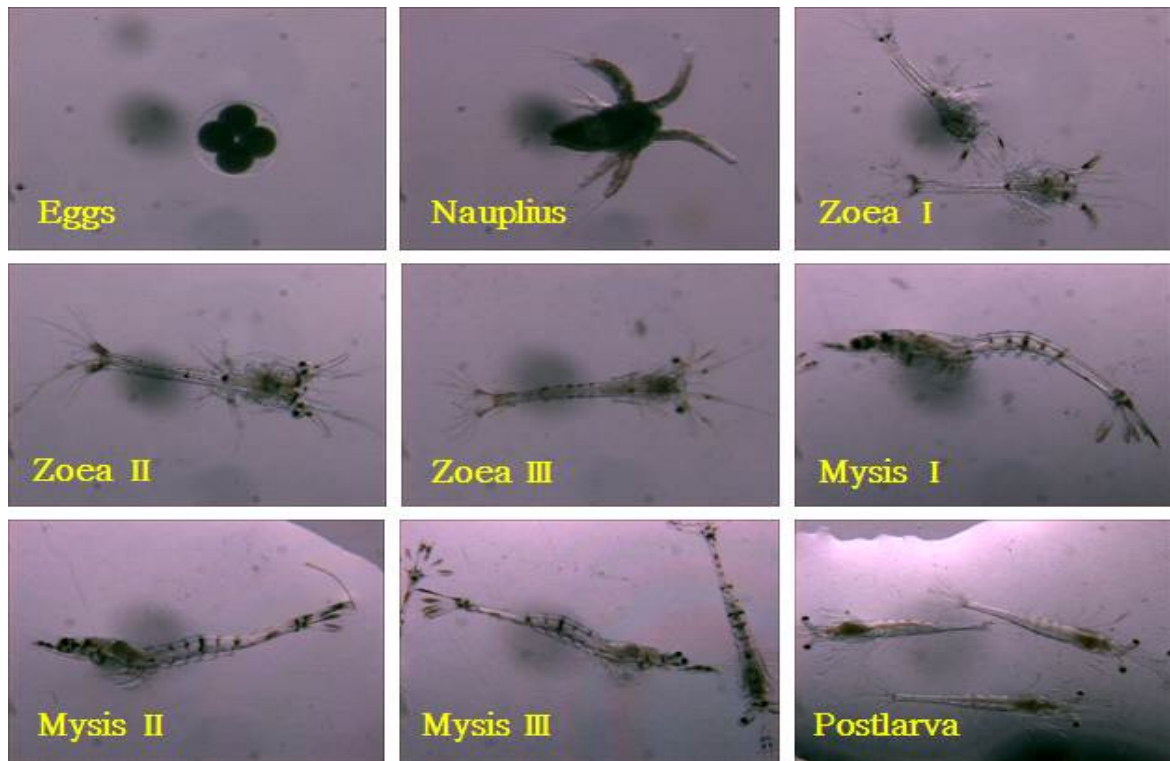


그림 8. 대하 유생발달 과정(Eggs → Nauplius → Zoea I~III → Mysis I~III → Postlarva)

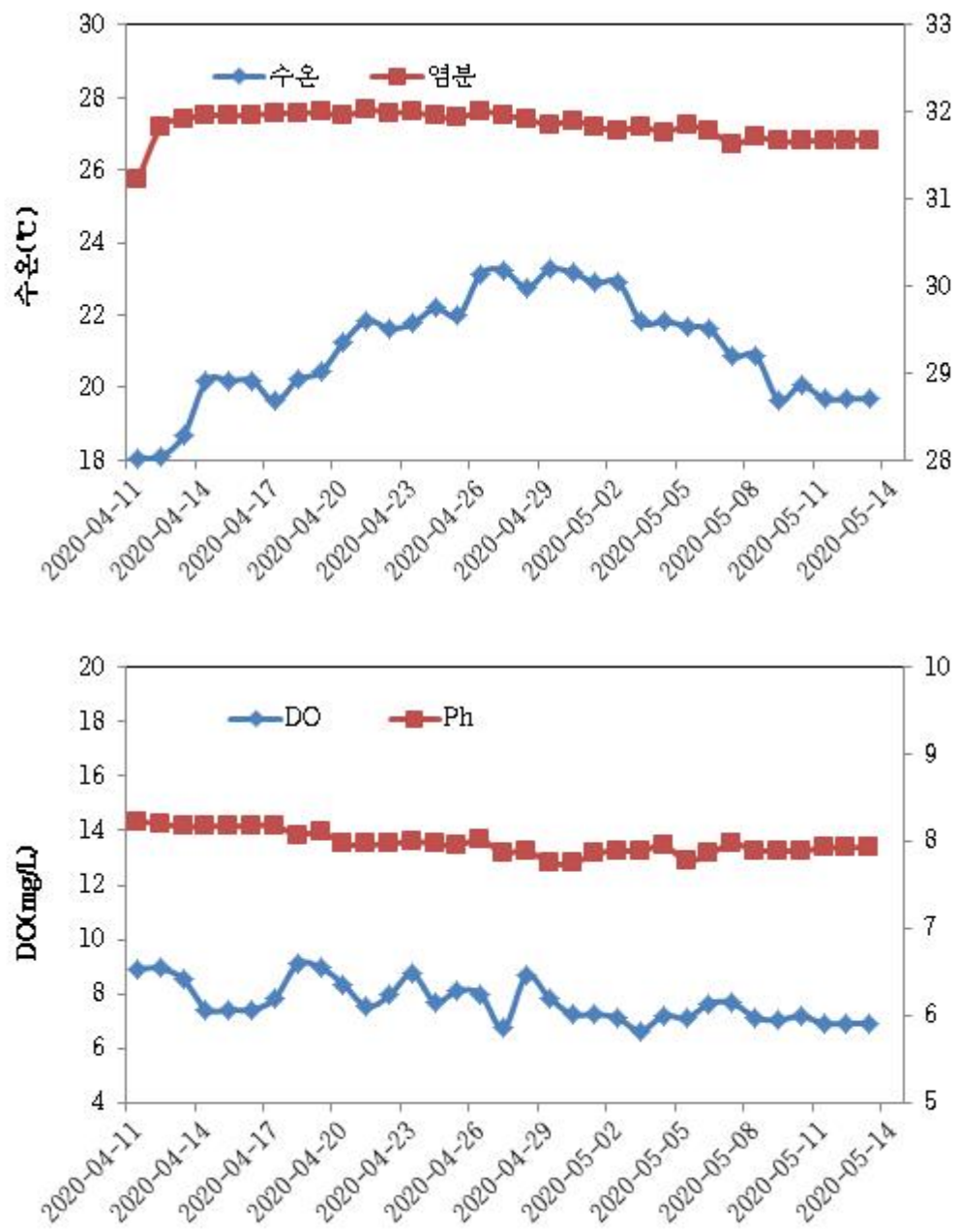


그림 9. 대하 종자생산 기간 수온, 염분, DO, pH 변화

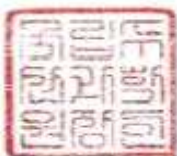
방류수산생물 전염병검사 증명서					
신청인	전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소			접수일 (시료접수일)	2020. 5. 4. (2020. 5. 4.)
검사이료	품종 대하 (자체생산 / 종자생산동_1~5번 수조)			크기(cm)	0.5 ~ 0.8
임상검사 결과	육안 관찰 양 호				
	그 밖의 검사 결과 특이적 질병 증상 없음				
정밀검사 결과	검사항목	합격기준	검사결과	판정	비고
	타우라증후군 (TS)	불검출	불검출	합격	
	흰반점병 (WSD)	불검출	불검출		
종합의견	상기 시료(대하)에서 검사대상 병원체가 불검출 되었음.				
검사기간	2020. 5. 4. ~ 2020. 5. 8. (4일)				
* 이 질병검사 결과의 유효기간은 증명서 발급일부터 15일입니다. - 검사기관 : 국립수산물과학원 남해수산연구소 (연락처 : 061-690-8995) 「수산생물질병 관리법」 제20조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제22조 제2항에 따라 위와 같이 방류수산생물의 전염병 검사 결과를 증명합니다.					
국립수산물과학원장				 2020 년 5 월 8 일	

그림 10. 방류수산생물 전염병검사 증명서(대하)

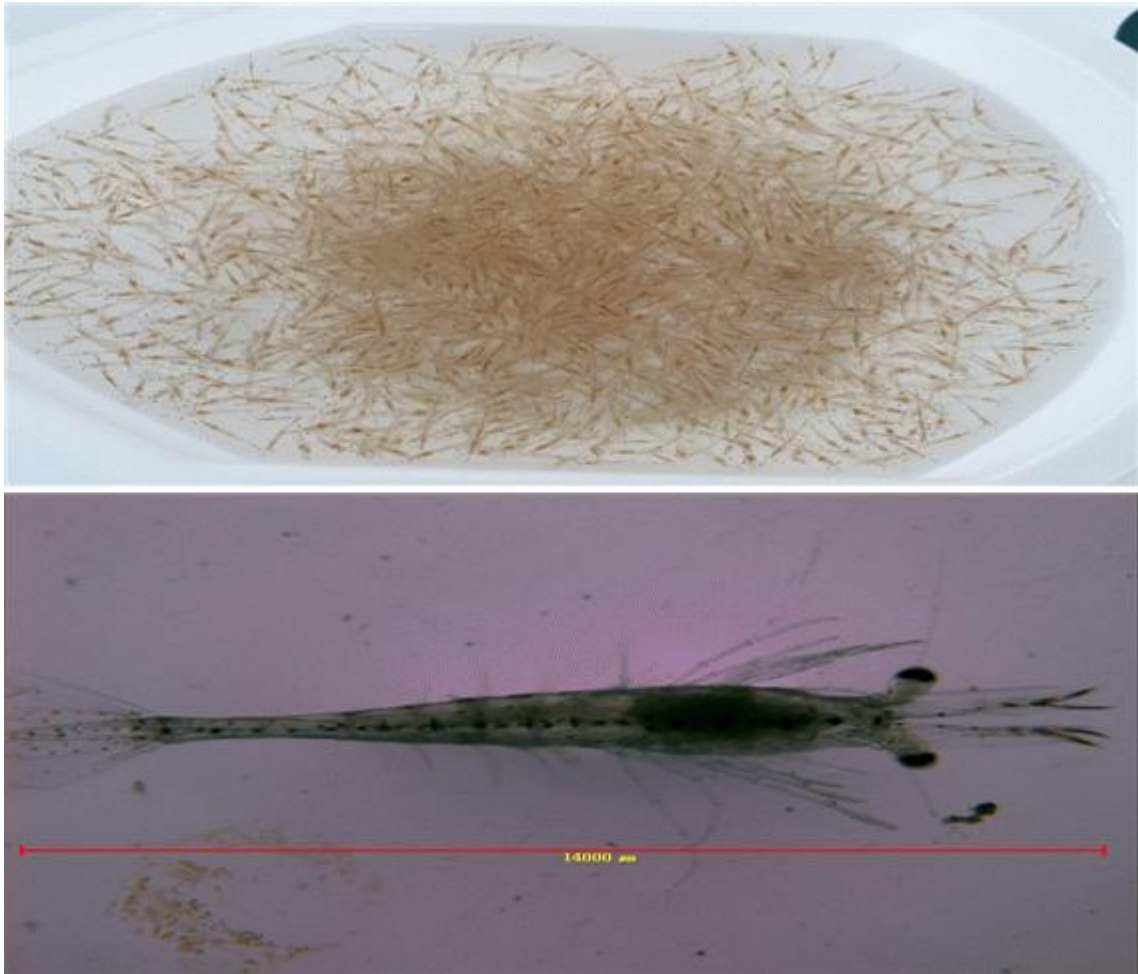


그림 11. 방류품종(대하) 크기 측정(전장 1.2 cm 이상)

표 3. 전남 도내 대하 방류해역 및 방류량

시 군		방류해역	방류량	차량
대하	계	6개 시·군 해역	27백만 마리	
	여수	돌산읍 임포해역	500만	5톤
	고흥	도덕 용동지선 봉래면 신금지선	500만	5톤(2대)
	해남	황산면 정의지선	400만	5톤
	무안	현경면 월두지선	400만	1톤
	신안	임자면 전장포지선	500만	1톤
	함평	손불면 월천지선	400만	1톤(산소포장)

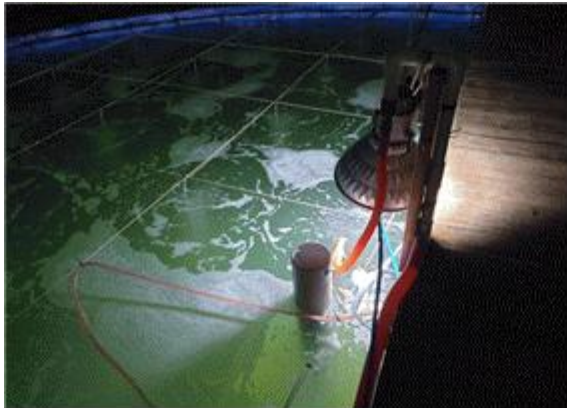


그림 12. 대하 종자 포획, 계수, 활어차 수송 및 방류

보리새우 어미확보 및 전중량변화

보리새우 인위적 성 성숙 유도 연구를 위해 수컷 245마리, 암컷 374마리를 경상남도 거제시 능포 해역에서 확보하였으며, 조건별 실험을 위해 대조구 95마리, 실험구 A 95마리, 실험구 B 93마리, 실험구 C 93마리씩 10톤 관리 수조에 입식하였다. 어미관리는 2020년 10월 21일부터 2021년 1월 12일까지 관리하였으며, 사육기간 환경범위는 수온 16.6~28.4℃, 염분 31.6~32.6psu, DO 6.0~11.7 mg/L, pH 7.0~8.0으로 나타났다(그림 14).

2020년 10월 21일 실험 시작 시 대조구 전중량은 41.1~71.5 g의 범위였으나, 실험이 끝나는 2021년 1월 12일에는 68.5~96.9 g으로 나타나 평균 20 g 이상 전중량이 증가하는 결과를 보였다. 실험구 A는 46.3~86.4 g → 60.7~88.0 g, 실험구 B는 56.0~75.6 g → 58.5~78.7 g, 실험구 C는 50.5~89.2 g → 58.1~85.2 g으로 나타났다(표 4, 그림 15). 대조구와 실험구 A는 저질모래가 없어 주간에도 수조를 유평하는 모습이 보였으며, 먹이활동도 실험구 B, C 구간보다 활발하였다. 저질모래 실험구에서는 잠복습성이 있어 주간에 움직임이 거의 없었으며, 먹이활동도 거의 하지 않아 Shane et al.(1993)연구 자료와 유사한 결과를 보였다.

보리새우 생식소중량지수 및 성숙변화

생식소중량지수(GSI)는 대조구 구간에서 0.5~1.1(0.8) → 2.2~8.4(평균 4.2)로 나타났으며, 실험구 A는 0.8~1.2(1.0) → 2.1~5.6(평균 3.6), 실험구 B는 0.8~1.4(1.1) → 2.2~7.6(평균 3.4), 실험구 C는 0.7~1.7(1.1) → 3.5~5.8(평균 4.0)로 나타났다(표 4, 그림 16). 생식소 변화를 살펴보면 2020년 11월 16일~27일까지 stage II(발달기)로 초기성숙, 난자를 관찰할 수 있고 생식소가 형성되고 있는 모습을 볼 수 있었다. 난소 색깔은 투명색 또는, 연한 노란색이 관찰되었다(그림 18, 19). 이후 stage III(완숙)까지 생식소 단계 변화를 보였다. 하지만 연구기간 동안 개체간의 생식소중량지수의 차이가 매우 크게 나타났으며, 생식소 단계 변화도 크게 나타났다(그림 20, 21, 22, 23).

간중량지수(HSI)는 기존 연구자료(Deenam et al, 2018)와 생식소중량지수가 높아지면 낮아지는 반비례 상관관계를 보여주었다(그림 17). 갑각류에서 안병(눈자루)을 절제하게 되면 생식소 성숙의 촉진뿐만 아니라 탈피도 촉진된다는 점이 밝혀져 있다. 이는 안병 내에 있는 X-organ에서 생성, 분비되는 생식소 성숙 억제

호르몬(GIH, gonad-inhibiting hormone)과 탈피 억제 호르몬(MIH, molting inhibiting hormone)의 의하여 생식소 성숙과 탈피가 억제되기 때문에 안병절제 방법을 많이 사용하고 있다. Shane et al.(1993) 연구결과를 보면 안병절제한 보리새우를 hard substrate(수조바닥에 모래를 깔지 않은 경우)와 sand substrate(수조바닥에 모래를 깔 경우)의 수조에 수용한 결과 산란량, 부화율, 유생의 생존율에 있어 유의적인 차이가 없다 하였으며, 오히려 hard substrate에 있어 높은 먹이 섭취로 인해 산란율과 전체 산란량은 더욱 많았다고 하였다. 본 연구에서는 실험구 A, 실험구 C 구간을 안병절제 직후 생식소 형성 및 생식소 변화가 다른 구간과 큰 차이를 보이지 않았지만 최종 2021년 1월 21일 생식소 색깔 변화 관찰을 위해 샘플한 결과 대조구에서는 6마리, 실험구 A는 11마리, 실험구 B는 6마리, 실험구 C구간에서는 18마리로 가장 많은 개체가 성숙변화를 보였다(표 4, 그림 25).

생존율은 최종 19.4~23.7% 나타났으며, 실험구 C(모래저질 ○, 안병절제 ○) 구간이 가장 높게 나타났다(표 4, 그림 13). 이는 저질이 있는 구간이 보리새우 생태와 연관되어 안정적인 환경 영향에 의한 결과로 보인다.

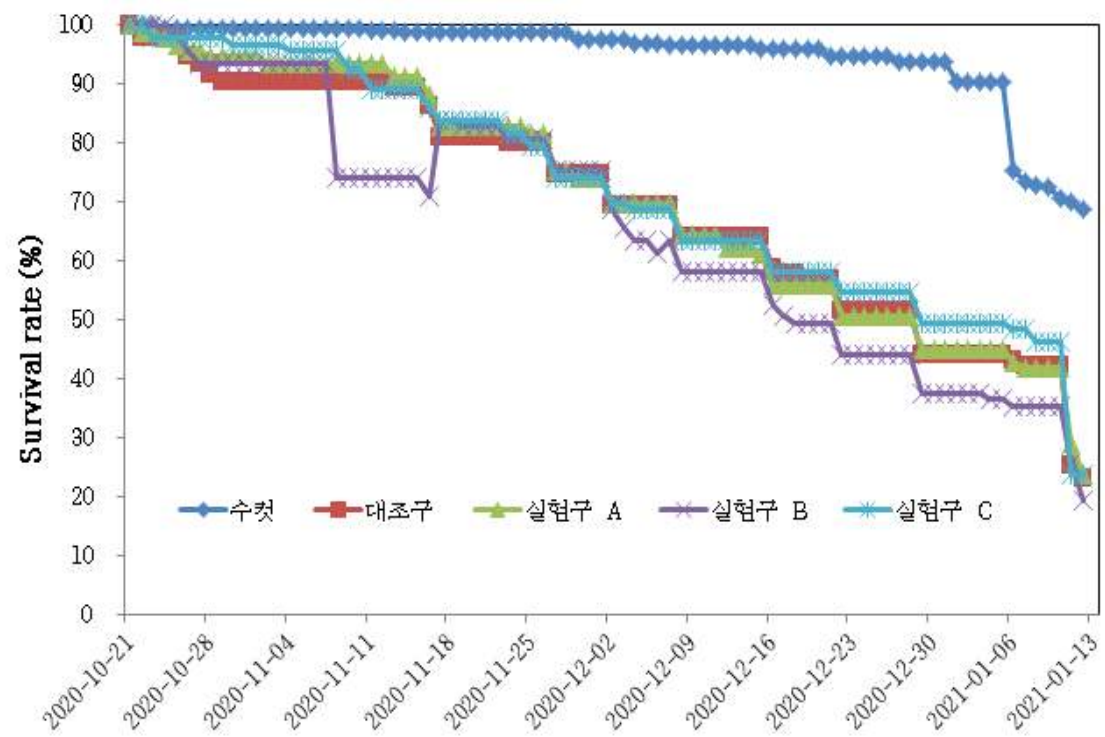


그림 13. 보리새우 생존율 변화

표 4. 보리새우 크기, 생식소중량지수, 간중량지수 및 생존율 변화

		실험시작	실험종료
크기	전장(cm)	대조구	16.2~21.3
		실험구 A	16.3~20.6
		실험구 B	19.6~21.4
		실험구 C	18.3~22.2
	전중량(g)	대조구	41.1~71.5
		실험구 A	46.3~86.4
		실험구 B	56.0~75.6
		실험구 C	50.5~89.2
생식소중량지수 (GSI, gonadosomatic index)	대조구	0.5~1.1	2.2~8.4
	실험구 A	0.8~1.2	2.1~5.6
	실험구 B	0.8~1.4	2.2~7.6
	실험구 C	0.7~1.7	3.5~5.8
간중량지수 (HSI, hepatosomatic index)	대조구	2.4~4.2	3.9~5.2
	실험구 A	2.9~4.5	2.7~5.0
	실험구 B	3.4~4.1	3.0~4.8
	실험구 C	3.7~4.3	3.1~4.5
생존율(%)	대조구	100	23.2
	실험구 A	100	23.6
	실험구 B	100	19.4
	실험구 C	100	23.7
성숙개체/최종 남은 마리수	대조구		6/28
	실험구 A		11/33
	실험구 B		6/24
	실험구 C		18/40

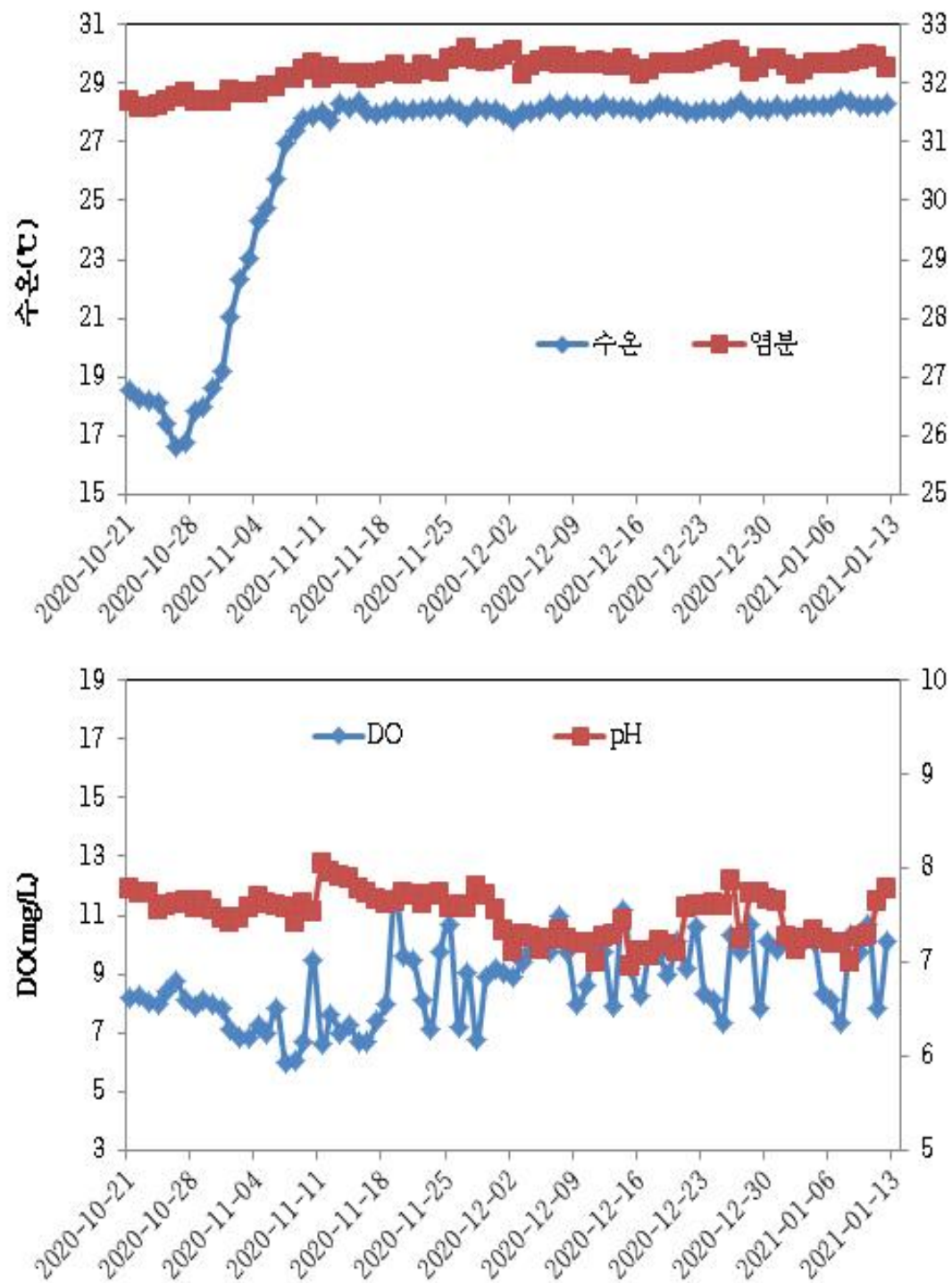


그림 14. 보리새우 인위적 성 성숙유도 기간 수온, 염분, DO, pH 변화

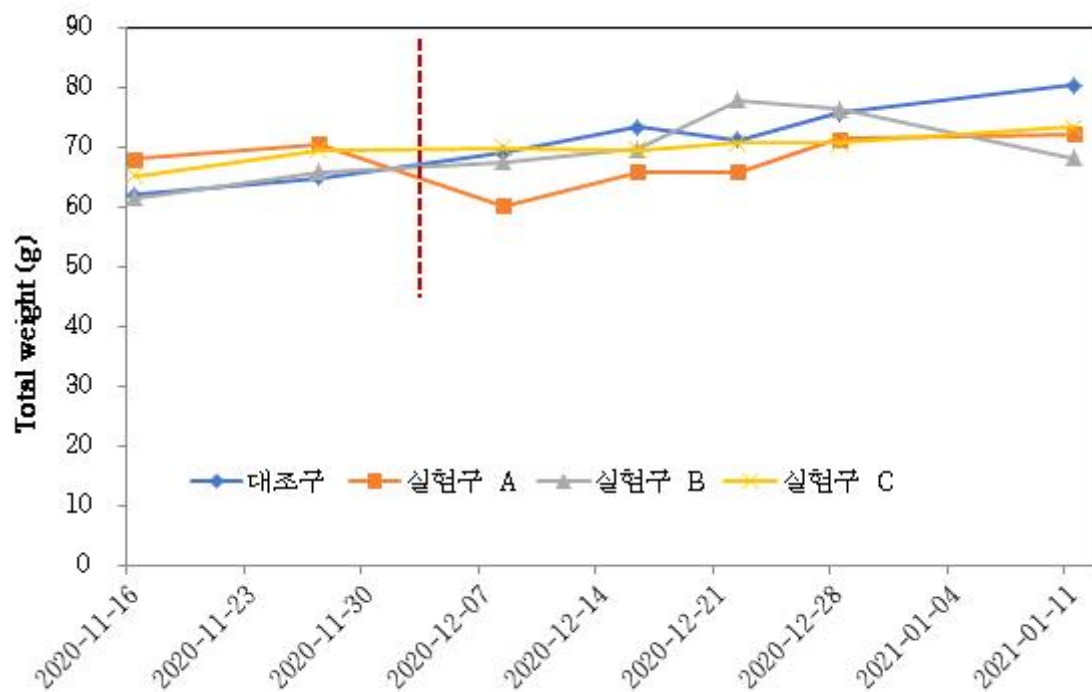


그림 15. 보리새우 전중량 변화(| , 안병절제)

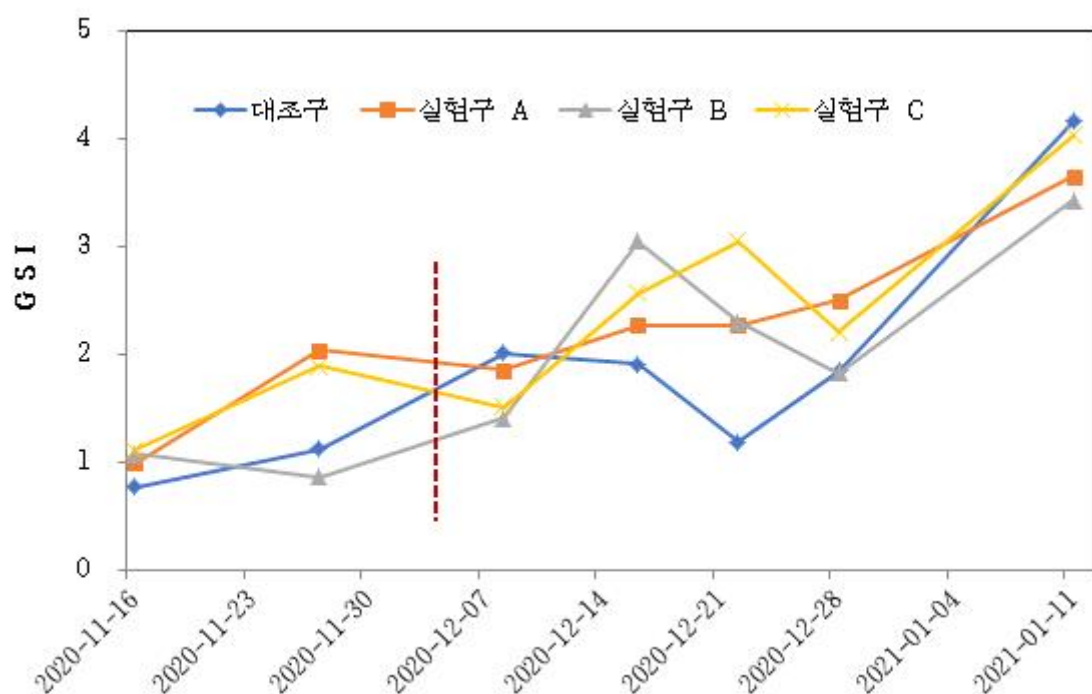


그림 16. 보리새우 생식소중량지수 변화(| , 안병절제)

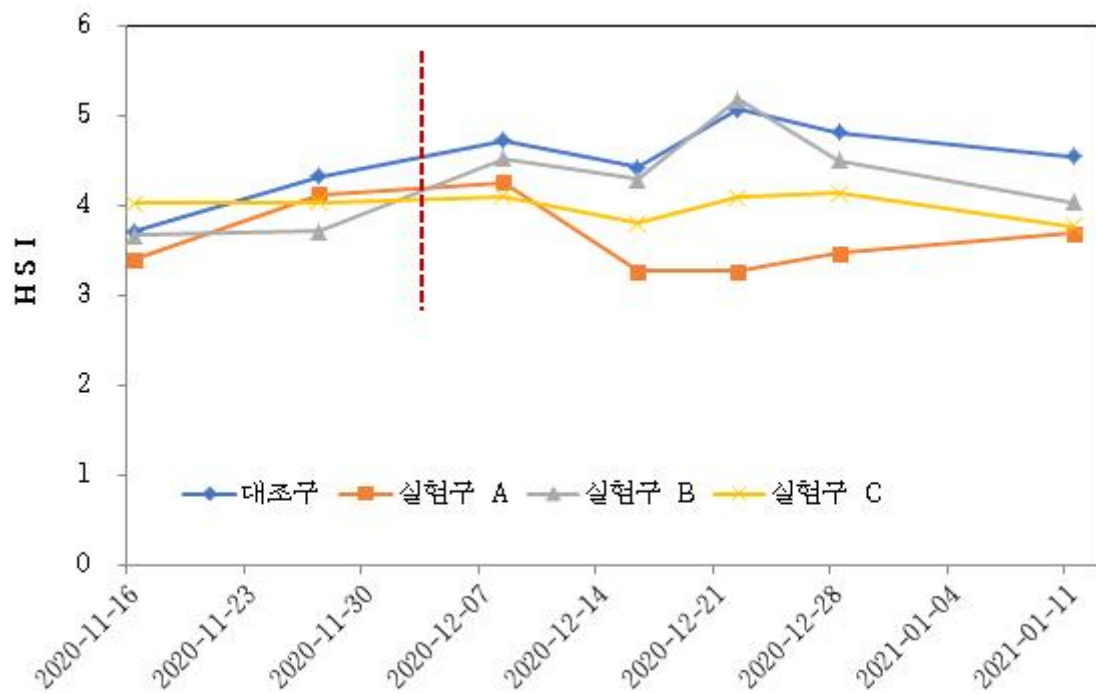


그림 17. 보리새우 생식소중량지수 변화(| , 안병절제)



그림 18. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 11월 16일)

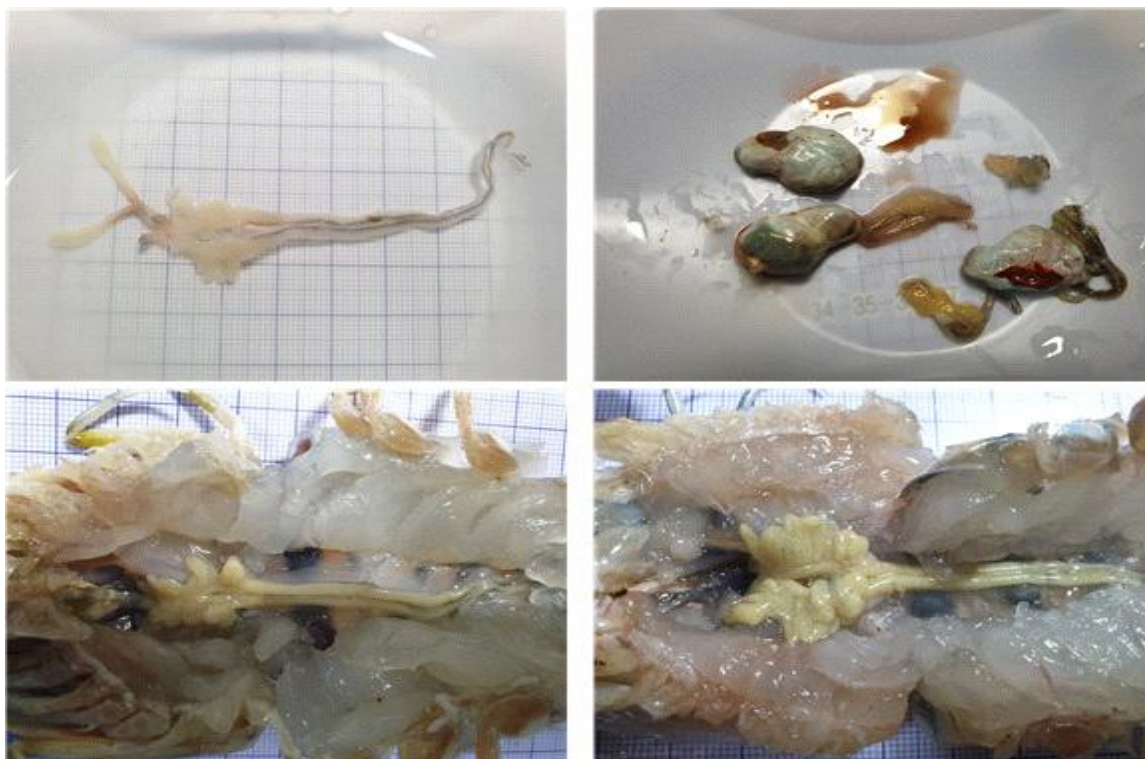


그림 19. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 11월 27일)



그림 20. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 12월 8일)



그림 21. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 12월 16일)

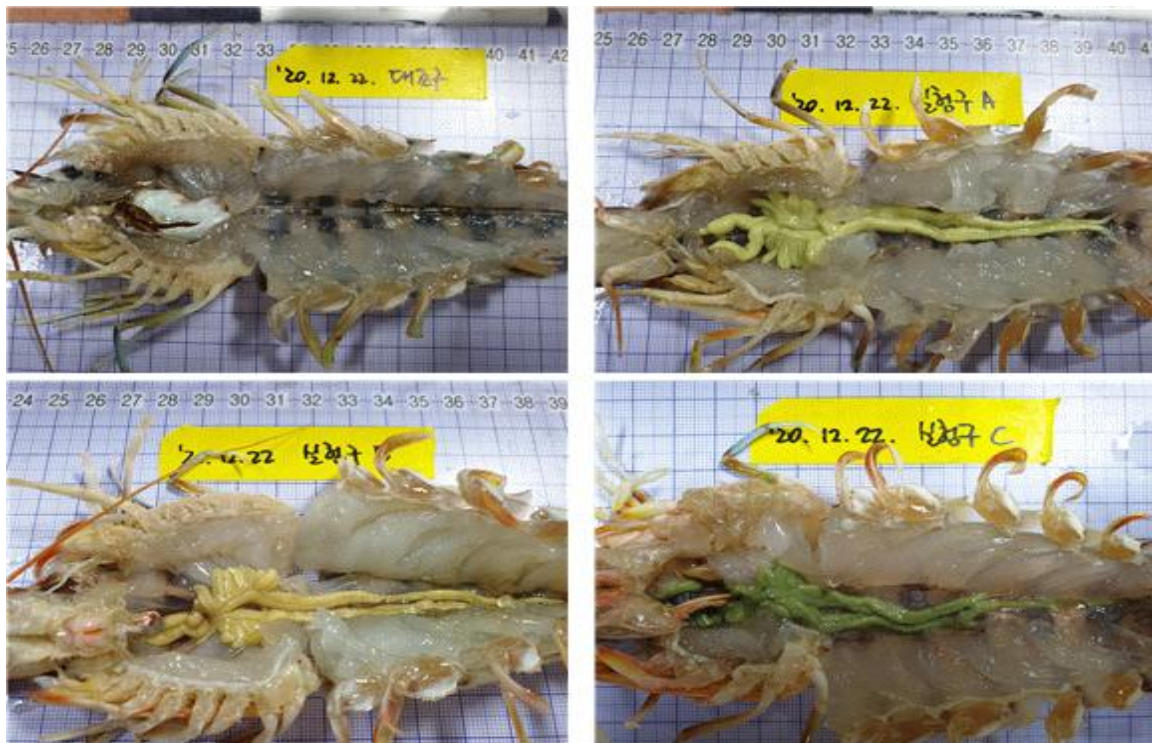


그림 22. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 12월 22일)



그림 23. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2020년 12월 28일)

보리새우 교미유도

보리새우 과(科)에 속하는 새우류(대하, 보리새우, 홍다리얼룩새우 등)는 탈피 직후 갑각이 단단해지기 전에 교미를 하며, 교미는 난소 성숙 몇 주일 전에 이루어 진다. 보리새우 실험구간 별 생식소변화 확인 후 2021년 1월 5일~7일까지 대조구 구간 암컷 7마리, 실험구 A구간 15마리, 실험실 B구간 2마리, 실험구 C구간 15마리를 각각 5톤 수조에 암수 1:3 비율로 일몰 전에 교미 유도한 결과 모든 구간에서 교미전(交尾栓)을 확인할 수 없었다. 또한, 어미가 자극을 받아 산란하는 개체가 많아 수조 내 탁도가 높게 나타나 여과수를 현미경 검경 결과 미수정난이 대부분이었다(그림 24).

본 연구에서 보리새우 생식소중량지수, 성숙단계 변화를 관찰한 결과 산란할 수 있는 단계까지 기초자료를 확보하였다고 볼 수 있지만 수정란 생산을 위해서는 일정한 성숙단계 변화 방법(호르몬 처리 등), 정확한 교미유도방법, 폐사율을 낮추기 위한 어미관리 방법 등 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

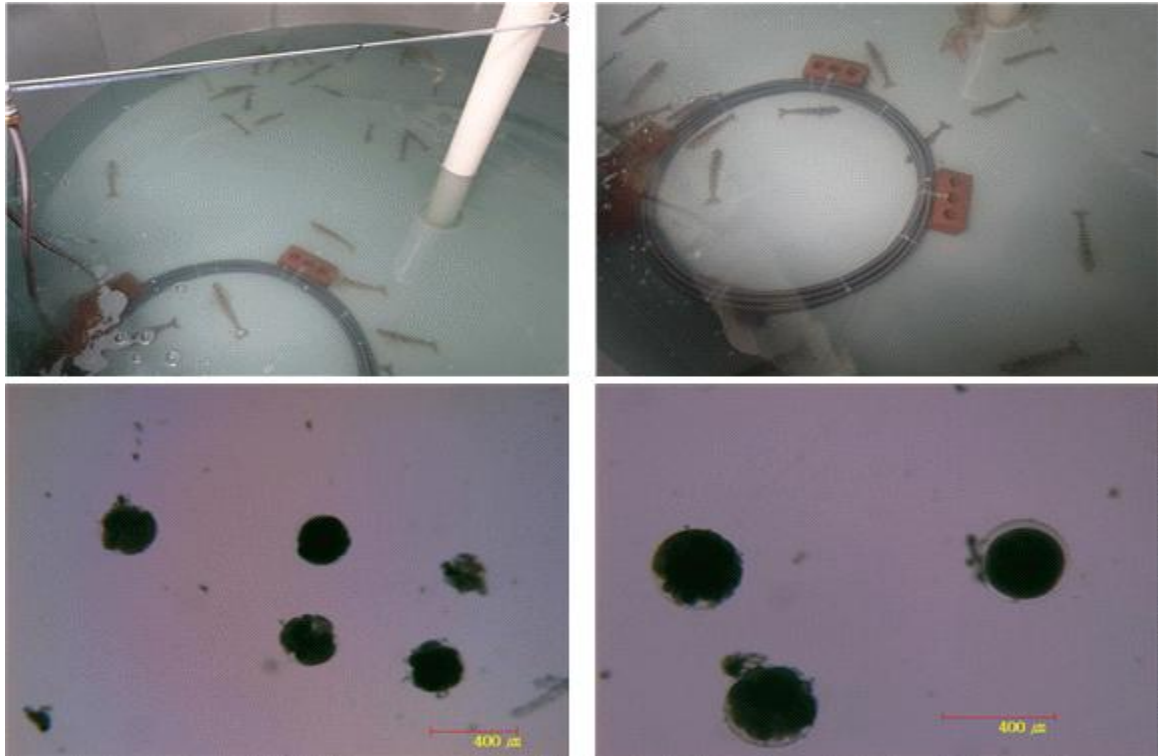


그림 24. 성숙어미 암수 교미유도(2021년 1월 5일~7일)



그림 25. 보리새우 생식소 형성 및 변화 관찰(2021년 1월 11일)

향후 계획

대하, 보리새우 어업인 소득증대에 기여도가 매우 높은 품종이다. 매년 지자체에서 매입방류와 각 연구소에서 연안 해역의 자원회복을 위해 꾸준히 생산 방류를 추진하고 있다. 대하의 경우 어미확보 시스템이 안정화 되어 있어 매년 4월에 성숙도가 높고 완숙되어 있는 우량 어미를 확보할 수 있다. 2021년에는 대하 종자 2,000만 마리를 생산하여 도내 해역에 방류를 추진할 계획이다. 또한, 매년 방류에 대한 효과조사가 정확히 이루어지고 있지 않아 실질적인 효과가 어느 정도 인지 데이터를 구축할 수 없어 방류 시군 어촌계 설문조사를 통해 매년 생산량을 파악할 수 있는 기초자료를 구축할 계획이다.

보리새우 종자생산 및 자원조성을 위해서는 8~9월에 어미를 확보해야 한다. 하지만 매년 태풍, 집중호우, 기상악화 등의 조업문제로 성숙된 어미확보가 어려운 실정이다. 그래서 2020년 보리새우 인위적 성 성숙유도 기초연구를 바탕으로 실험조건 구간별 성숙도 변화 등 수정란 생산을 위한 연구를 추진할 계획이며, 암·수 교미유도 방법을 달리하여 기존 방법과 비교 분석할 계획이다. 또한, 자연산 성숙 어미 확보를 위해 각 지자체 연구소와 네트워크를 구축하고 시장조사를 통해 성숙 어미 확보에 최선을 다해 2021년 보리새우 종자 300만 마리를 생산하여 방류할 계획이다.

참고문헌

- 국립수산물과학원, 2007. 대하, 꽃게 건강종자생산을 위한 방역사육관리기술. 31pp.
- 경남수산자원연구소, 2012. 2011년도 연구사업보고서. 256pp.
- 김진호, 이종화, 1994. 보리새우류 양식. 아카데미서적. 399pp.
- 김현준, 허성범, 1993. 대하 (*Penaeus chinensis*)의 Zoea와 Mysis기 유생의 성장과 생존율에 미치는 환경요인 및 먹이생물의 영향. 한국양식학회. 6(3), 159-171.
- 박인석, 허준옥, 2005. 대하(*Fenneropenaeus chinensis*)의 초기 유생성장. 한국환경생물학회. 23(1), 27-31.
- 부산광역시 수산자원연구소, 2015. 2014년도 연구 및 지도 사업보고서. 165pp.
- 수산정보포털(<http://www.fips.go.kr>)
- 충청남도수산연구소, 2014. 2013년도 연구사업 보고서. 127pp.
- 최연주, 2012. 남해 연안의 보리새우(*Marsupenaeus japonicus*) 개체군의 생식 생물학적 연구. 부경대학교 석사학위논문, 32pp.
- 해양수산부, 2000. 새우양식과 질병관리. 127pp.
- Deenarn, P, Punsu Tobwor, Rungrapa Leelatanawit and Somjai Wongtriphop, 2018. Dynamics of fatty acid regulatory genes during ovarian development in *Penaeus monodon*. *Reproduction*, 156, 527-544.
- Liao, C. and Y. H. Chin, 1990. Evaluation and comparison of culture practices for *Penaeus japonicus*, *P. penicillatus* and *P. chinensis* in Taiwan. 49-63. In K. L. Main and W. Fulks, *The Culture of Cold-Tolerant Shrimp : Proceedings of an Asian U. S. Workshop on Shrimp Culture*. The Oceanic Institute, Hawaii, U. S. A.
- Rha, Y.G. 1990. Present status of fleshy prawn(*Penaeus chinensis*) and kuruma prawn(*P. japonicus*) seed in Korea. 29-41. In K. L. Main and W. Fulks, *The Culture of Cold-Tolerant Shrimp : Proceedings of an Asian U. S. Workshop on Shrimp Culture*. The Oceanic Institute, Hawaii, U. S. A.
- Shane, W. H., J. J. McGuren and G. E. Marsden, 1993. The effect of substrate type on the ovarian maturation of *Penaeus japonicus* Bate. *Asia Fish. Sci.*, 6, 283-293.