

연구교습어장 연구

- 참문어 종자생산 안정화 기술개발 -

송지훈*·한미강·김윤설·심철홍·이경식**

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

◎ 연구의 배경 및 목적

참문어(*Octopus vulgaris*)는 문어목 문어과에 속하는 종으로 우리나라 서·남해안, 일본 혼슈 이남의 전 연안, 지중해 등을 포함한 전 세계의 온·열대해역에 분포하는 것으로 알려져 있다. 참문어는 가까운 연안에서부터 수심 200m까지 서식하는 연안 저서종으로 야행성이고 주로 이매패류, 갑각류, 작은 어류 등을 먹으며 체색은 환경에 따라 상당한 변이를 보인다(Roper and Sweeny, 1984).

몸통의 외형은 타원형으로 외피는 근육질이며 체색은 자갈색, 암갈색에 갈색, 황색, 청색의 작은 반점이 있고, 머리 폭은 몸통 폭보다 다소 좁다. 팔길이식은 $3 > 2 > 4 > 1$ 이고 수컷 세 번째 팔의 끝부분은 교접시 난을 암컷의 생식소로 이동시키기 위해 구두주걱 모양으로 교접기화 되어있다(Okutani et al. 1987).

참문어는 우리나라, 일본, 스페인, 이탈리아 등에서 수산자원으로 매우 중요한 위치에 있다. 세계 총 어획량 50,577톤 중 대부분은 일본과 스페인에서 어획되며 우리나라와 이탈리아에서도 많이 어획된다. 수산자원보호령에서는 2006년 7월 14일 개정 전 문어류의 포획금지 체중을 300g으로 설정하였으나 개정 후 문어류가 아닌 대문어에 한한다고 명시하였다. 하지만 대문어는 동해안에서만 분포하는 동해 특산종인 반면 참문어는 우리나라 전 연안에 분포하는 중요한 자원이기 때문에 참문어에 관한 포획금지 체중의 설정과 같은 효과적인 자원관리 방안이 필요하다. 또 FAO의 어업통계자료에 따르면 최근 10년간 세계에서는 물론 우리나라에서의 참문어 어획량이 감소하는 추세이므로 참문어의 자원관리는 더욱 더 필요하다고 판단된다.

참문어에 대한 국외 연구로는 Smale and Buchan(1981)의 아프리카 남쪽해안에 서식하는 참문어의 생물학적 특성, Andrews and Tansey(1983)의 참문어 소화관 발달에 관한 보고가 있다. 이 외에 Canary 제도 해역에서 참문어의 어획현황(Hernandez-Garcia et al., 1988), Mallorca 지방에서의 참문어 어획과 생태(Quetglas et al., 1988), 참문어 유생사육(Villaneva et al., 2002; Paulo et al., 2004), 스페인 Asturias 지역에서 참문어 어업관리의 효과(Fernandez-Rueda and Garcia-Florez, 2007)에 관한 보고 등이 있다. 국내에서는 Chu and Kim(1990)의 참문어 종묘생산기술에 관한 보고와 Kim et al.(2008)의 참문어의 생식생물학적 연구가 있다.

현재 참문어 부화종자의 착저시기(부화후 35일까지)까지 양성하는 국내 초기종자 양성기술이 전무하므로 종자생산 기술연구를 통해 자원량을 확대하고 지역특화 양식대상

품종으로 개발해 어업인 소득증대에 기여하고자 한다.

수산자원생물의 성숙과 산란기에 관한 연구는 자원의 효율적인 관리에 중요한 기초 자료를 제공한다. 이에 전남해역의 참문어 산란기를 규명하기 위해 생식소중량지수 (Gonadosomatic Index, GSI)를 분석하였으며, 종자생산 적기 판단을 위한 과학적인 기초자료로 활용하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2014~2018)동안 문어류 생산현황

구 분		2014	2015	2016	2017	2018
생산량 (톤)	전국	9,881	8,753	9,415	10,082	9,744
	전남	3,388	2,761	2,348	2,506	3,224
	비율	34%	32%	25%	25%	33%
생산액 (백만원)	전국	171,295	169,974	155,266	161,105	173,992
	전남	50,108	44,264	31,189	32,008	46,375
	비율	29%	26%	20%	20%	27%

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

◎ 연구방법

1. 어미관리 및 종자생산 시설

종자생산을 위해 사용된 사육수조는 20톤 수조($\phi 6.5\text{m} \times \text{h}1\text{m}$) 1개(집단사육) 및 0.5톤 수조(개별사육)를 사용하였으며, 수조 내 산소공급을 위해 고압분산기와 에어스톤을 설치하였다. 그리고 수조 및 에어스톤 등은 염소 20ppm 이상의 농도로 사전 소독 후 담수 세척, 건조 하였다.

본 연구동 주변 해수는 펄 함유량이 높아 자연해수를 사육수로 사용할 수 없었기 때문에, 자연침전 → 모래여과기 → 섬유여과기를 거친 여과수를 종자생산 수조 내 유수식으로 공급하였다

2. 지역·월별 성숙속도 조사

참문어 주요생산지(여수, 고흥, 완도, 진도)의 지역·월별 성숙속도를 조사를 위하여 매월 4개 지역에서 15마리씩 시료를 채취하고, 어미 참문어를 해부해 생식소중량지수 및 포란량을 조사하였다. 생식소중량(Gonad weight, GW)과 체중(Body weight, BW)은 전자저울로 측정하여 생식소중량지수(Gonadosomatic Index, GSI)를 나타내었다. 생식소중량지수는 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 다음과 같이 계산하였다.

$GSI = \text{생식소중량} / \text{전중량} \times 100$ 의 식에 의해 계산하였다.

포란수는 산란기 직전의 암컷을 대상으로 머리를 해부한 다음 적출된 알을 개수하는데, 포란량 계수는 1g 당 무게를 현미경을 활용, 카운터를 하여 평균 계수하였으며 난소중량에 대한 평균 포란 계수를 파악하였다(그림 1).

3. 종자생산 어미확보 및 자연채란

참문어의 종자생산을 위하여 성숙된 암·수 총 55마리를 확보하였는데 1차(집단사육)는 전남 여수 위판장에서 9월 18일(암·수 37마리), 2차(개별사육)는 고흥, 진도 위판장에서 9월 20일(암·수 18마리) 확보하였다(그림 2, 그림 3). 이때 집단사육 수조는 $2.5 \times 7\text{m}$, 개별사육 수조는 원형 1톤 수조에서 관리(사육수 5회전/일) 하였다.

참문어 수조 내 수질측정은 다항목 수질측정기(YSI-556MPS)로 측정하였으며, 알을 채란하기 위해 자연 암초 사이의 돌틈에 알을 붙이는 습성을 이용하여 시판용 문어단지(고무, 직경 150mm)를 수조 내 설치하였다.

어미 참문어 입식 후 폐사되는 개체가 관찰되면 수질오염방지 위하여 즉시 제거하였으며, 부화관리를 위해 일정량 알이 붙은 단지는 따로 관리하였다(그림 4).



그림 1. 참문어 생식소중량지수 및 포란량 조사



그림 2. 참문어 어미확보



그림 3. 어미 참문어 시험수조 입식



그림 4. 참문어 산란·부화수조

4. 초기먹이 탐색

참문어의 양식기술 개발을 위한 초기먹이 선택성을 알아보기 위해 부화하여 먹이 섭취를 시작하는 어린 참문어에게 알테미아, 로티퍼, 코페포다, 크릴새우, 초기 어류배합사료 등 다양한 먹이를 공급하였다(그림 5). 먹이탐색 관찰을 용이하기 위해 플라스틱 바구니와 어항수조를 활용하였다.



그림 5. 먹이생물 알테미아 및 먹이공급(로티퍼, 코페포다, 크릴새우, 어류배합사료)

5. 종자방류

참문어 종자는 『2019년 수산종자관리사업 지침』 의거 및 2019년도 방류대상 외 품종 수산생물 전염병 검사(흰반점병)를 의뢰하였다. 산란 직전 부화종자의 포획을 쉽게 하기 위하여 산란 예정인 문어단지를 뿔러가재 망으로 미리 썬 후 부화시기에 종자를 관찰하여 뿔러가재 안에서 수면 위로 부상한 종자를 수집하였다.

◎ 결과 및 고찰

1. 어미관리 및 섭식행동

어미 참문어는 9월 18일, 20일 총 55마리를 입식하여 종자생산 완료까지 25마리 폐사(생존율 55%) 하였고, 현재 계속 관리 중(12. 20.)이다. 수질환경은 수온 9.1~28.9℃, 염분 28.9~31.2psu, DO 7.5~12.5mg/L, pH 7.6~8.2의 범위를 나타내었으며(그림 6), 어미성숙도, 생존율 향상 및 많은 수정란 확보를 위해 조개류, 갑각류, 어류 등을 공급하였다. 갑각류를 선호하는 특성이 있으며, 먹이를 주는 순간 여러 마리가 다리를 이용해 순간적으로 낚아채어 먹는 것을 관찰할 수 있었다(그림 7).

또한, 먹이섭이는 수온이 약 20℃일 때 가장 왕성하고, 수온이 25℃ 이상으로 되면 다소 둔해진다. 수온이 내려가서 14℃ 이하가 되면 먹이를 불규칙하게 먹고 7℃가 되면 먹이를 먹지 않았다. 양성 적수온은 15~23℃이다.

참문어는 입이 다리 사이에 있고 입 속에 앵무부리 모양의 이빨과 톱처럼 가장자리가 울퉁불퉁한 혀인 치설이 들락날락하며 꺾데기에 구멍을 뚫고 살을 빨아 먹는다.

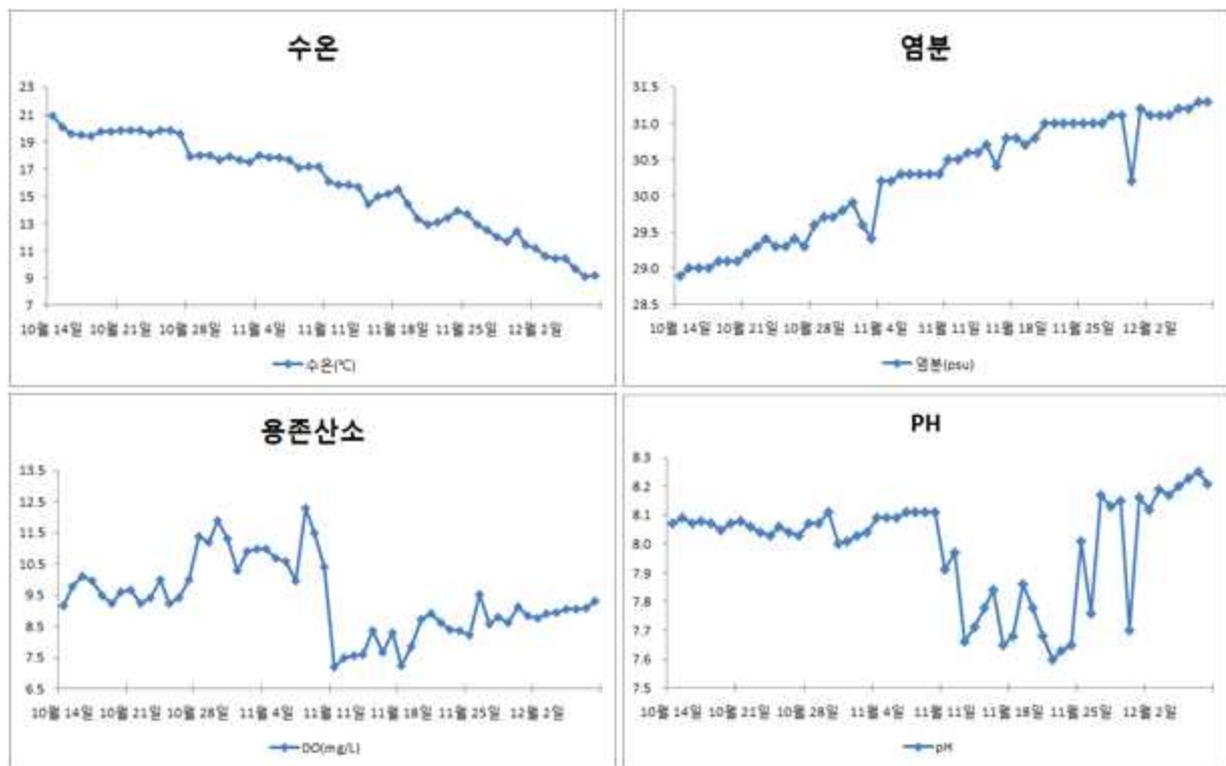


그림 6. 어미 참문어 관리시 수질환경 변화



그림 7. 어미 참문어 먹이공급(조개류, 생선류)

2. 생식소중량지수(GSI) 및 포란량 조사

매월 어미 확보 후 전남 주요생산지별(고흥, 여수, 완도, 진도) 15마리를 대상으로 몸통부분을 메스로 절제하여 생식소중량지수(생식소 중량/어체중량×100)를 조사한 결과, 5~7월경 생식소중량지수(GSI)가 가장 높았다(암컷 평균 5.3~8.4). 주 산란기인 5~7월경 고흥, 진도 위판장에서 확보한 암컷 어미는 GSI 5.7~15.2로 높게 나타났으며, 여수, 완도 위판장에서 확보한 암컷 어미는 GSI 3.8~5.4로 다소 낮게 나타났다(표 2, 그림 8). 수컷의 생식소중량지수(GSI)는 1.2 내외로 거의 변화가 없었다. 따라서 산란시기에 맞추어 종자생산을 한다면 고흥, 진도지역의 어미로 활용하기에 적절하다고 판단된다. 포란량은 Kim et al.,(2008) 자료와 같이 참문어 외투강의 크기 및 난소중량에 따라 100,000립(1kg) 내외다.

표 2. 월별 생식소중량지수 조사자료

지역별	구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
여수	암컷	1.2	2.0	2.0	2.3	4.1	-	3.8	3.8	3.5	1.3	1.3	1.2
	수컷	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2	-	1.2	1.3	1.4	0.7	0.6	0.6
고흥	암컷	1.6	4	4.1	4.7	6.5	10.4	9	7	6.8	1.7	1.7	1.6
	수컷	0.6	0.5	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3
진도	암컷	1.0	1.3	2.4	2.5	5.7	6.8	15.2	5.1	1.9	1.9	1.8	1.8
	수컷	0.8	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	0.9	0.9	0.6	0.5
완도	암컷	2.3	2.5	2.7	3.4	4.9	5.0	5.4	4.8	3.3	3.2	1.6	1.6
	수컷	0.5	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	0.9	0.9	0.6	0.5
평균	암컷	1.5	2.5	2.8	3.2	5.3	6.5	8.4	5.1	3.3	2.0	1.6	1.3
	수컷	0.7	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	0.7	0.7	0.5	0.3

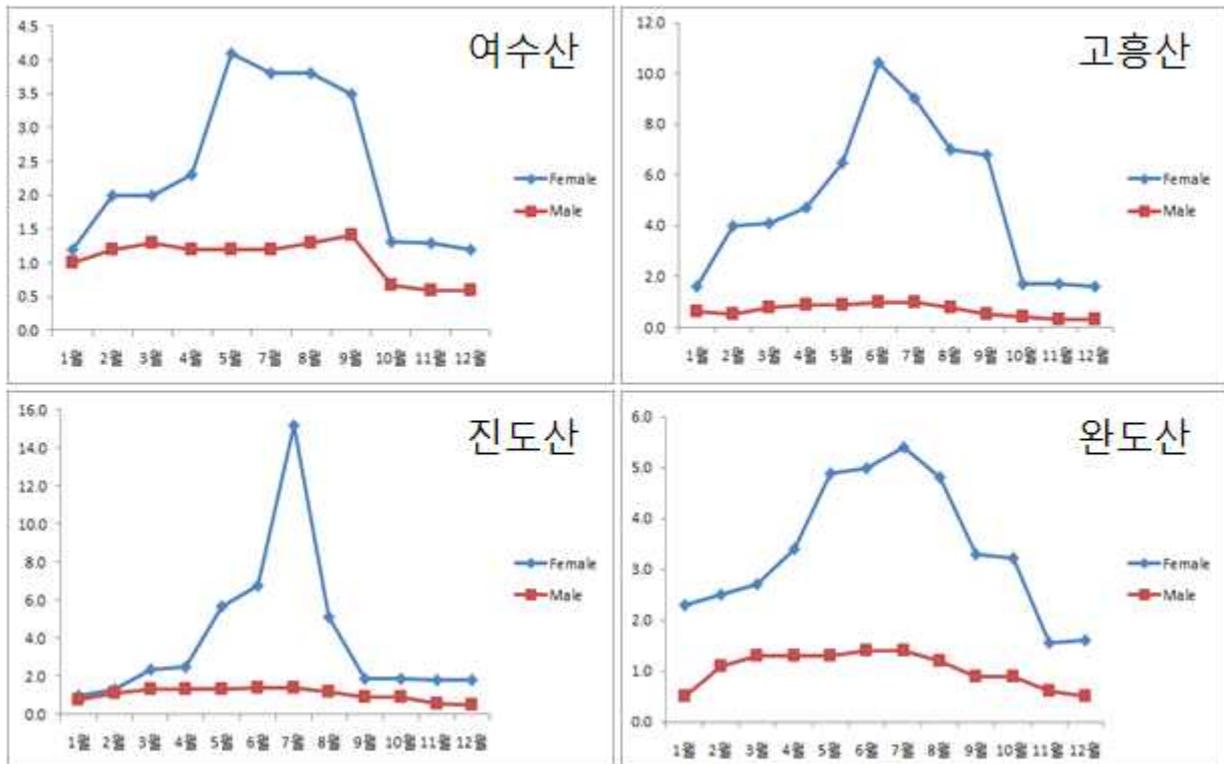


그림 8. 어미 참문어 생식소중량지수 조사

3. 산란 및 부화

참문어는 암초 사이의 오목한 곳이나, 해저에 투입된 단지와 같은 해저의 오목한 곳을 산란지로 이용한다. 산란은 한꺼번에 다 마치는 것이 아니고 며칠에 걸쳐서 한다. 긴 타원형 알을 붙이기 때문에 산란 어미 입식 전 수조 내에 문어단지(시중판매용) 및 pvc관(직경 150mm)을 각 수조에 설치하였는데 문어단지, pvc관, 수조벽면 등에 산란하는 것을 관찰하였다. 알은 수두관과 누두를 거쳐 나오는데, 좌우 4번째 팔로 몸으로부터 나오는 점액실에 알을 붙인다. 그리고 알들이 붙은 송이를 적당한 길이로 만드는데, 이 길이는 문어 단지 내 경우에는 5~6cm로 그다지 길지 않았다(그림 9).

산란을 마친 어미는 외투강과 누두의 운동으로 수류를 쉴 새 없이 일으켜 알에 찌꺼기가 묻지 않도록 부화할 때까지 보호한다. 부화시기 어미는 먹이활동을 하지 않는다고 알려졌지만 먹이를 주위에 떨어주면 먹이섭이 하는 것이 관찰되었다.

참문어 주 산란기는 5~7월이지만 10~11월(추계)에도 산란개체가 관찰되었으며, (표 3). 이때 수온은 12~17°C 이었다. 한 마리가 1회에 10만 개내 외(전중량 1kg 기준)의 알을 낳으며 암컷 체중에 따라 차이가 있다. 산란 직후 알은 키틴질성으로 백색투명한 긴 타원형으로 알의 크기는 장경 2.3~2.5mm, 단경 0.85~0.95mm이며 5~7mm 실 모양의 끈으로 점액질이 연결되어 있어 다른 물체에 부착시키기 적당하다.

부화과정에 있어 알이 붙은 단지는 타 참문어의 공격 등을 방지하고 참문어 알의 부화과정 관찰, 부화유생의 안정적 수집을 위하여 1톤 원형수조에서 분리하여 관리하였다.

참문어의 알은 난황란이며, 난황은 부분 난황로서 배반을 형성한다. 부화 속도는 수온에 따라 다르나, 24°C에서 25일경 난황을 가진 채로 부화한다. 부화한 유생 형태는 성체의 모양이지만 크기는 2~3mm로 매우 작다(그림 10).

표 3. 어미 참문어 월별 산란 개체수 조사자료

지 역 별	9월	10월	11월	12월
여 수	2	-	2	-
고 흥	1	-	-	-
진 도	-	2	-	-
완 도	-	-	-	-
합 계	3	2	2	-

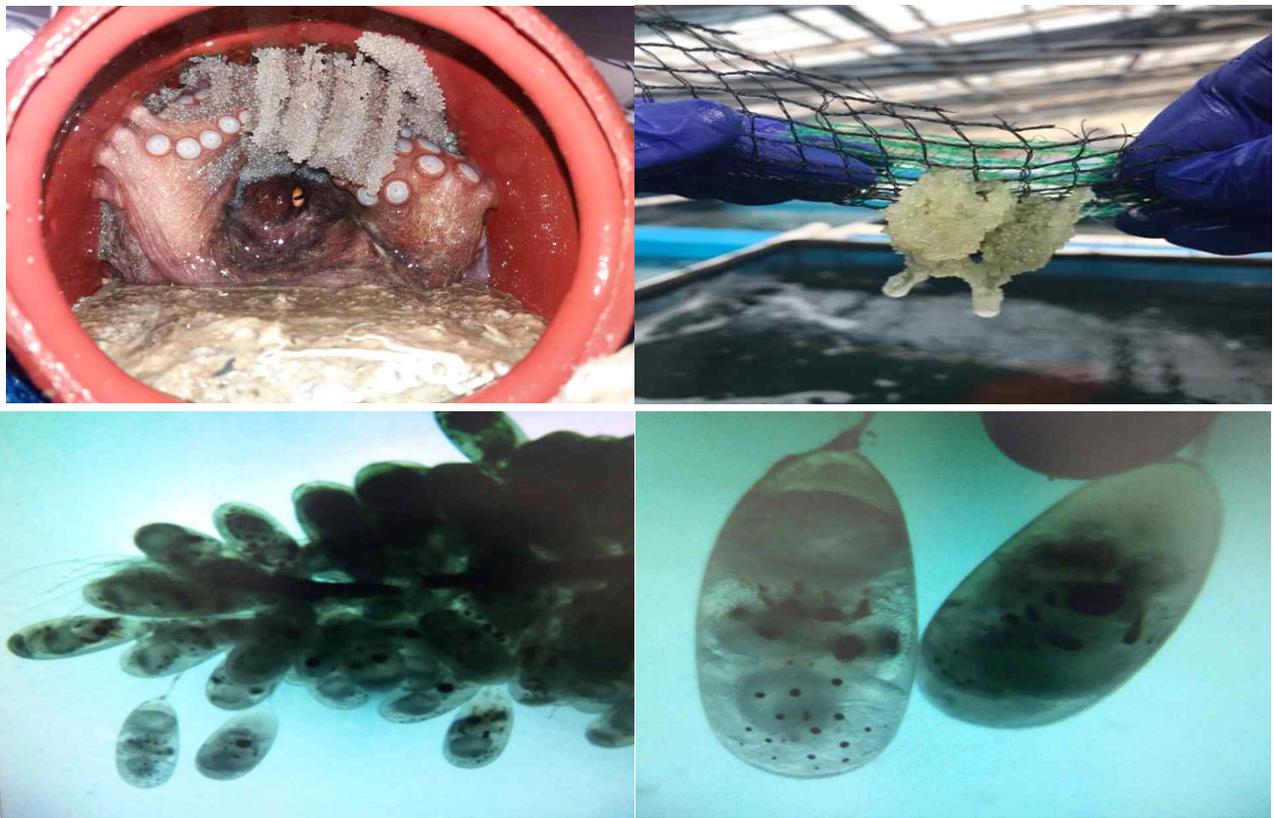


그림 9. 부화 직전 수정란

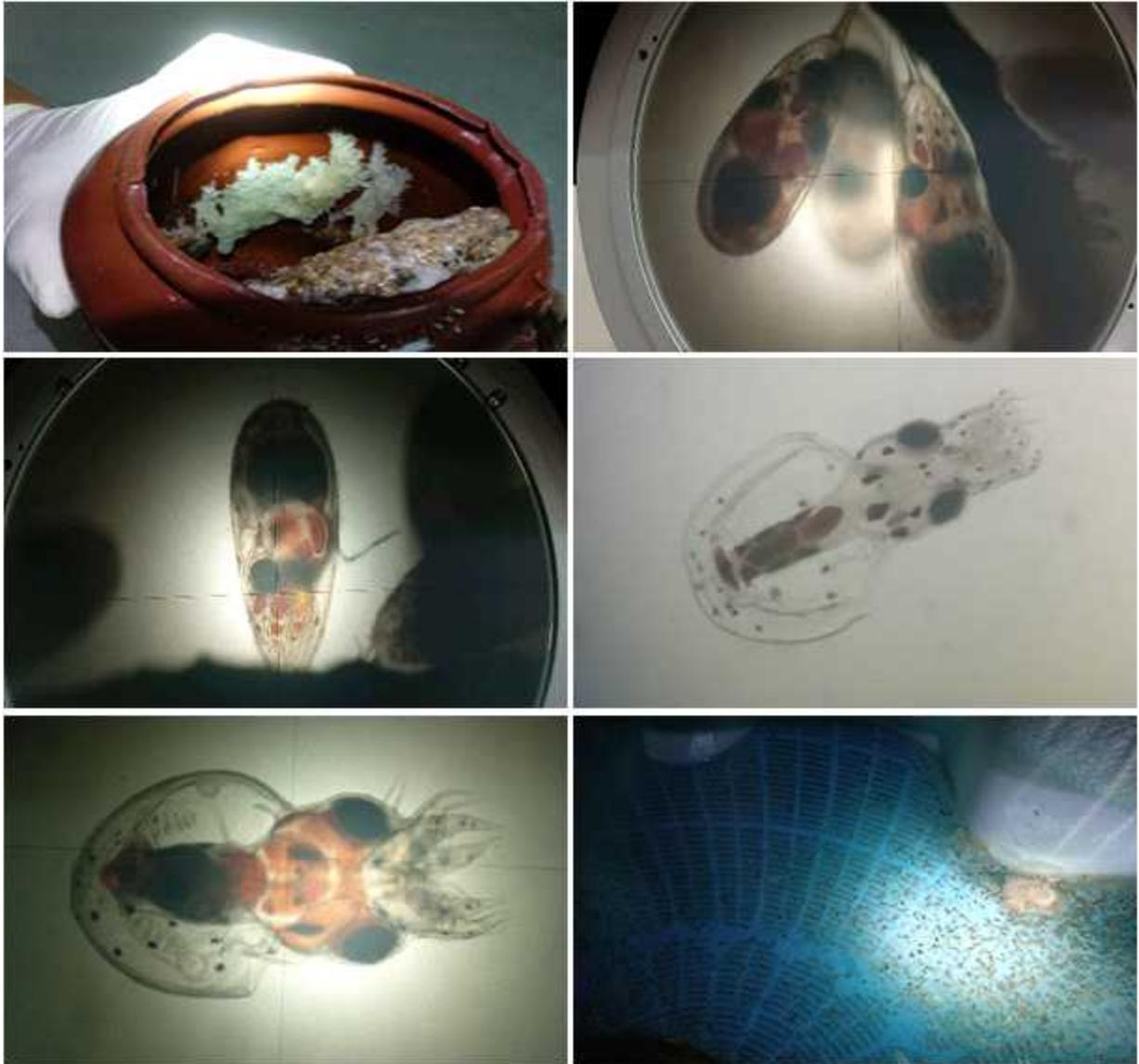


그림 10. 부화과정 및 먹이급여

참문어 알 부화는 24℃일때 산란 2일째가 되면 배반이 한쪽으로 치우쳐 동물극을 덮고 알은 무색투명하다. 3일째가 되면 팔의 형태가 나타나고 알의 색은 우유빛으로 된다. 5일째는 눈의 원기가 확실해지고 난황의 일부가 흡수되기 시작하며 알은 반투명하다. 7일째에 안점이 나타나는데 안점은 적색을 띤 등색이며, 심장 및 새심장의 형태를 조금 알 수 있다. 알의 색은 유백색이다. 9일째는 심장과 새심장이 명확해지고 고동치는 것을 볼 수 있다. 안점은 등적색이다. 11일째는 외투가 발달하고 누두부도 확실해진다. 이때의 안점은 홍색이다. 13일째는 외투에 희미한 갈색 색소포가 나타나고 누두가 완성된다. 15일째는 아가미가 만들어져 호흡하는 것을 알 수 있으며, 양쪽 눈 사이와 팔에 색소포가 나타난다. 19일째는 아가미가 완성되고 외투막을 움직여 활발한 운동을 시작한다. 색소포는 모두 갈색이다. 22일째가 되면 난각 내의 배체는 한번 회전하여 위아래의 위치를 바꾼다. 팔에는 2줄의 색소포와 흡반이 나타나며, 색소포는 활발하게 움직이고 24일째가 되면 난황을 가진 채로 부화한다.

4. 부화종자 포획 및 방류

부화종자 포획은 수조 내에 있는 에어공급을 중지한 후 미세한 뜰채를 활용 사육해수와 같이 떠서 수집하였다. 참문어 종자는 『2019년 수산종자관리사업 지침』 의거 및 2019년도 방류대상 외 품종 수산생물 전염병 검사(흰반점병) 결과 불검출 되어 합격 판정을 받았다(그림 12). 방류된 부화종자는 부화 후 5일 된 부화유생이며(그림 11), 전장 3 mm 정도 크기로 나타났다. 수온변화를 방지하기 위하여 해수와 같이 산소 포장한 참문어 부화종자를 아이스박스에 담아 이송하여 11월 7일 진도군 초사리 해역, 선상에서 5만 마리를 방류하였다(그림 13).



그림 11. 참문어 방류 부화유생

방류수산생물 전염병검사 증명서					
신청인	전라남도 해양수산과학원 자원조성연구소	접수일 (시료접수일)	2019. 11. 4. (2019. 11. 4.)		
검사시료	품종 참문어 (자체생산 / 종자생산동_시험연구3동 1~5번 수조)	크기(cm)	0.1 ~ 0.1		
임상검사 결과	육안 관찰 양 호				
	그 밖의 검사 결과 특이적 질병 증상 없음				
정밀검사 결과	검사항목	합격기준	검사결과	판정	비고
	흰반점병 (WSD)	불검출	불검출	합격	
종합의견	상기 시료(참문어)에서 검사대상 병원체가 불검출 되었음.				
검사기간	2019. 11. 4. ~ 2019. 11. 7. (4일)				
※ 이 질병검사 결과의 유효기간은 증명서 발급일부터 15일입니다. - 검사기관 : 전라남도 해양수산과학원 동부지부 여수지원 (연락처 : 061-655-6963) 「수산생물질병 관리법」 제20조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제22조 제2항에 따라 위와 같이 방류수산생물의 전염병 검사 결과를 증명합니다.					
국립수산과학원장			2019 년 11 월 7 일		
					

210mmx297mm [백상지 80g/㎡]

그림 12. 방류수산생물 전염병검사 증명서



그림 13. 참문어 종자 방류(2019. 11. 7. / 진도 초사리 해역)

5. 초기먹이 탐색

초기 참문어 부화종자는 2~3mm 매우 크기가 작기 때문에 일정기간 양성이 필요한데 현재 착저기까지(부화 후 35일경)까지의 국내 종자기술이 전무한 실정이다. 이에 참문어 종자생산 및 양성을 위해 먹이탐색을 진행하였다. 초기 참문어 종자 먹이공급 시 알테미아, 코페포다에서 활발히 유집(모이는 현상)이 관찰되었고 먹이섭이를 잘하는 것으로 보였다. 하지만 12일령 이후 감모현상이 보이고 18일령까지 전량 감모 하였다. 먹이공급 시 섭이는 하지만 먹이 영양성분이 참문어 유생의 생존에 영향을 미치는 것으로 보여 다양한 추가 먹이시험이 필요한 부분이다.

관련 문헌자료들에서 부유생활기 먹이로 줄새우류(*Palaemon sp.*), 쪽(*Upogebia major*) 미시스기의 유생을 활용한 예를 참고하여 2년차에는 지역연안에서 활용 가능한 먹이를 수집하여 초기먹이탐색 연구를 추진하고자한다 .

참문어 종자 먹이탐색 시 종자크기가 매우 작기 때문에 유수식(사육수 오염 방지)으로 수조를 운영할 경우, 종자가 배수 물봉에 달라붙는 등의 문제로 감모가 발생하였다(그림 14). 이를 개선하고자, 시험수조를 개선하여 수압에 의하여 위아래로 배수되는 방식이 아닌 옆면으로 사육수가 배수되게 운영하면서 종자가 배수구에 달라붙는 현상이 줄어들었다. 또한, 배수구에 밀러가재를 활용하여 종자 상처방지 등을 가능하게 하였고 에어레이션을 적절한 위치에 설치하면 발생하였던 감모현상이 매우 적어졌다(그림 15).

향후 참문어 양식기술개발을 위해 타 연구현황을 파악하고 본 연구와 외국 관련 자료를 바탕으로 참문어 초기먹이생물 대량배양, 자연먹이 대량공급 연구를 추진할 계획이다.

참문어 초기부화유생을 착저 종자까지 양성방법을 연구하여 안정적인 자원조성 및 종자 생산기술을 확립하여 전남도내 지역특화품종으로 어업인의 소득증대에 기여할 수 있도록 발판을 마련하고자 한다.



그림 14. 초기종자 먹이탐색 시험수조(개선 전) 및 코페포다 먹이급여



그림 15. 초기종자 먹이탐색 시험수조(개선 후)

◎ 참고문헌

1. 수산정보포탈(<http://www.fips.go.kr>)
2. Andrews, P.L.R. and Tansey, E.M., 1983. The digestive tract of *Octopus vulgaris*: The anatomy, physiology and pharmacology of the upper tract. *Marine Biology*, 63(1), 109-134.
3. Chu, C. and Kim, S.G., 1990. Studies on the development of Techniques on seedling production of *Octopus vulgaris*. National Fisheries Research Development Institute, 86, 92-97. [in Korean]
4. Fernandez-Rueda, P. and Garcia-Florez, L., 2007. *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) fishery management assessment in Asturias (north-west Spain). *Fishery Research*, 83, 351-354.
5. Hernandez-Garcia V., Hernandez-Lopez, J.L. and Castro-Hernandez J.J., 1998. The octopus (*Octopus vulgaris*) in the small-scale trap fishery off the Canary Islands (Central-East Atlantic). *Fishery Research*, 35, 183-189.
6. Kim, Y.H., Kang, H.J., Lee, E.H., Lee, D.W., Chang, D.S. and Gwak. W.S., 2008. Reproductive biology of common octopus, *Octopus vulgaris* in the South Sea of Korea. *Korean Journal of Malacology*, 24(3), 161-166.
7. Okutani, T., Tagawa, M. and Horikawa, H., 1987. Cephalopods from Continental Shelf and Slope around Japan. pp. 156-157.
8. Paulo, V.P., Pedro, S. and Alexandra, B., 2004. Aquaculture potential of the Common octopus(*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture*, 238, 221-238.
9. Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A., Merella, P. and Sanchez, P., 1998. Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fishery Research*, 36, 237-249.

10. Roper, C.F.E. and Sweeney, M.J., 1984. FAO Species Catalogue Vol. 3 Cephalopods of The World, 211pp.
11. Smale, M.J. and Buchan, P.R., 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the Coast of South Africa. Marine Biology, 65, 1-12.
12. Villanueva, R., Koueta, N., Riba J. and Boucaud-Camou, E., 2002. Growth and proteolytic activity of *Octopus vulgaris* paralarvae with different food rations during first feeding, using Artemia nauplii and compound diets. Aquaculture, 205, 269-286.