

참문어 종자생산 안정화 기술 개발

심철홍, 송지훈, 김윤설, 정선경, 김종기

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

참문어(*Octopus vulgaris*)는 먹어목 문어과에 속하는 종으로 우리나라 서·남해안, 일본 혼슈 이남의 전 연안, 지중해 등을 포함한 전 세계의 온·열대 해역에 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 Sweeney., 1984).

몸통의 외형은 타원형으로 외피는 근육질이며, 체색은 자갈색, 암갈색에 갈색, 황색, 청색의 작은 반점이 있고, 머리 목은 몸통 폭보다 다소 좁다. 팔길이식은 $3 > 2 > 4 > 1$ 이고, 수컷 세 번째 팔의 끝부분은 교접 시 정액을 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. 수산자원령에서는 2006년 7월 14일 개정 전 문어류의 포획금지 체중을 300g으로 설정하였으나 개정 후 문어류가 아닌 대문어 한한다고 명시하였다. 하지만 대문어는 동해안에서만 분포하는 동해 특산종인 반면 참문어는 우리나라 전 연안에 분포하는 중요한 자원이기 때문에 참문어에 관한 포획금지 체중의 설정 등 효과적인 자원관리 방안이 필요하다. 또 FAO의 어업통계자료에 따르면 최근 10년간 세계에서는 물론 우리나라에서의 참문어 어획량이 감소하고 있어 참문어의 자원관리가 필요하다.

참문어에 대한 국외 연구로는 Smale and Buchan(1981)의 아프리카 남쪽해안에 서식하는 참문의 생물학적 특성, Andrews and Tansey(1983)의 참문어 소화관 발달에 관한 보고가 있다. 이 외에도 Canary 제도 해역에서 참문어의 어획현황

(Hernandez-Garcia et al., 1998), Mallorca 지방에서의 참문어 어획과 생태(Quetglas et al., 1998), 참문어 유생사육(Villanueva et al., 2002; Paulo et al., 2004), 스페인 Asturias 지역에서 참문어 어업관리의 효과(Fernandez-Rueda and Garcia-Florez., 2007)에 대한 보고 등이 있다. 국내에서는 Chu and Kim(1990)의 참문어 종묘생산기술에 대한 보고와 Kim et al.(2008)의 참문어의 생식생물학적 연구가 보고되어 있다.

현재 참문어 부화유생의 착저시기(부화 후 35일)까지 양성하는 국내에는 전무한 상태로 초기양성 기술 개발을 통한 자원조성과 지역특화 육상양식 대체품종으로 개발해 어업인 소득증대 및 양식품종 다변화가 필요하다.

본 연구소에서는 월별, 지역별 생식소중량지수(GSI) 조사로 성숙과 산란기에 대한 기초자료를 확보하였으며, 인위적 성 성숙유도 누적수온 확인, 부화유생 24일령까지 사육 성공, 한계 수온 조사, 참문어 축양기술 개발 등이 적극적으로 연구되고 있다.

표 1. 최근 5년(2015~2019)의 문어류 생산현황

구 분		2015	2016	2017	2018	2019
생산량 (톤)	전국	8,753	9,415	10,082	9,744	9,808
	전남	2,761	2,348	2,506	3,224	3,140
	비율(%)	32	25	25	33	32
생산액 (백만원)	전국	169,974	155,266	161,105	173,992	175,635
	전남	44,264	31,189	32,008	46,375	46,288
	비율(%)	26	20	20	27	26

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

재료 및 실험 방법

어미 확보

참문어 어미 및 소문어는 4월부터 10월까지 총 368마리(198kg)를 확보하였다. 확보지역 2019년에 생식소중량지수(GSI)가 좋았던 고흥, 진도 및 강진(신규지역)에서 확보하였다(그림 1).



그림 1. 참문어 확보

한계수온 조사

2019년에 확보한 참문어의 월동관리 실험에서 인위적으로 수온을 조절하여 최저 한계수온과 최고 한계수온을 조사하였다. 조사는 수온에 따른 감모량으로 확인하였다.

인위적 성 성숙 유도 및 은신처 선호도 조사

인위적 성 성숙 유도 실험은 은신처 선호도 조사와 함께 실시되었다. 자원조성연구소 제6시험연구동의 10톤 사각수조 3개를 활용하여, 각 수조에 PVC 정티, 우수받이, 문어단지 15개를 설치하였고, 수조당 15마리의 참문어를 입식하였다.

인위적 성 성숙 유도 실험은 최저 한계수온인 8℃부터 최고 한계수온인 23℃까지 하루에 0.5℃씩 수온을 올려 최고 수온에 맞춘 후 수온을 유지하였으며, 산란까지 누적수온을 파악하고자 하였다.

은신처 선호도 조사는 3종의 은신처에 얼마나 안정하게 들어가서 생존하는지를 육안으로 확인하고 이후 실험의 기초자료를 확보하고자 하였다(그림 2).

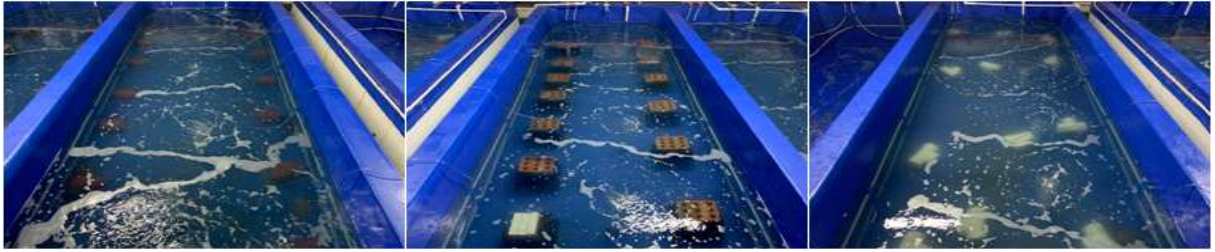


그림 2. 참문어 인위적 성 성숙유도 실험 및 은신처 선호도 조사 수조

종자생산 및 부화유생 먹이 탐색

참문어 종자생산은 5월과 7월에 2차에 걸쳐 실시하였다. 5월에는 강진에서 확보한 어미를 사용하였으며, 7월에는 2019년 연구결과 생식소중량지수(GSI) 조사에서 가장 높은 결과를 보인 고흥에서 확보한 어미를 사용하였다. 수온은 히트펌프를 사용하여 최적 수온인 21℃를 유지하였고, 1일 3회전 유수식으로 관리하였다. 먹이는 냉동어류를 공급하였으며, 주로 냉동삼치를 전중량의 10%를 급이하였다.

부화 후 유생 관리 및 효율적인 실험을 위해 475 µm 필터거즈를 활용한 가두리를 만들어 1차 실험(8월 강진)에서는 가두리 당 유생 2천 마리씩 4개 구간(알테미아, 알테미아+냉동코페포다 5g, 알테미아+분쇄한 냉동크릴 5g, 알테미아+광어사료 특호 5g)에 3반복으로 총 12개 가두리에서 실험하였다. 환경조건은 8일차까지는 알테미아만 급이하면서 지수식을 유지하였고, 이후 수온 21℃ 내외, 1일 3회전, 광주기 23L:1D, 광량 100 Lux 조건으로 성장률 및 감모율을 측정하였다. 2차 실험(9월 고흥)은 가두리 내 주수방법 및 광어사료 대신 새우사료로 조건을 변경하여 실시하였다. 먹이공급은 알테미아 1일 2회 10시, 17시, 영양식 1일 1회 14시에 공급하였다.

참문어 축양기술 개발

참문어 축양기술 개발 실험은 자원조성연구소 제3시험연구동 20톤 사각수조 3개를 활용하였다. 실험은 참문어의 적정밀도와 먹이량을 구명하고, 최종 감모율 조사하였다. 축양용 참문어는 200~300 g 사이이며, 완도와 진도에서 확보하였다.

실험구는 3개 구간으로 1구간 70마리(21 kg), 2구간 50마리(10 kg), 3구간 35마리(10 kg)로 단위면적당 4마리, 3마리, 2마리를 입식하였다.

수온은 어업인들이 요구하는 자연수온으로 유수식(1일 3회전)으로 관리하였고,

20% 미만의 감모량 목표로 하였다.

먹이는 냉동삼치 및 냉동고등어를 전중량의 10%를 주 3회 공급하였고, 매주 청
소 및 먹이의 잔량을 측정하였다. 먹이의 종류는 냉동삼치, 냉동고등어, 냉동오징
어, 냉동자숙굴 4가지로 선호도 조사를 하였다(그림 3, 4).



그림 3. 참문어 축양 먹이 손질



그림 4. 먹이 잔량 조사

결과 및 고찰

어미 확보

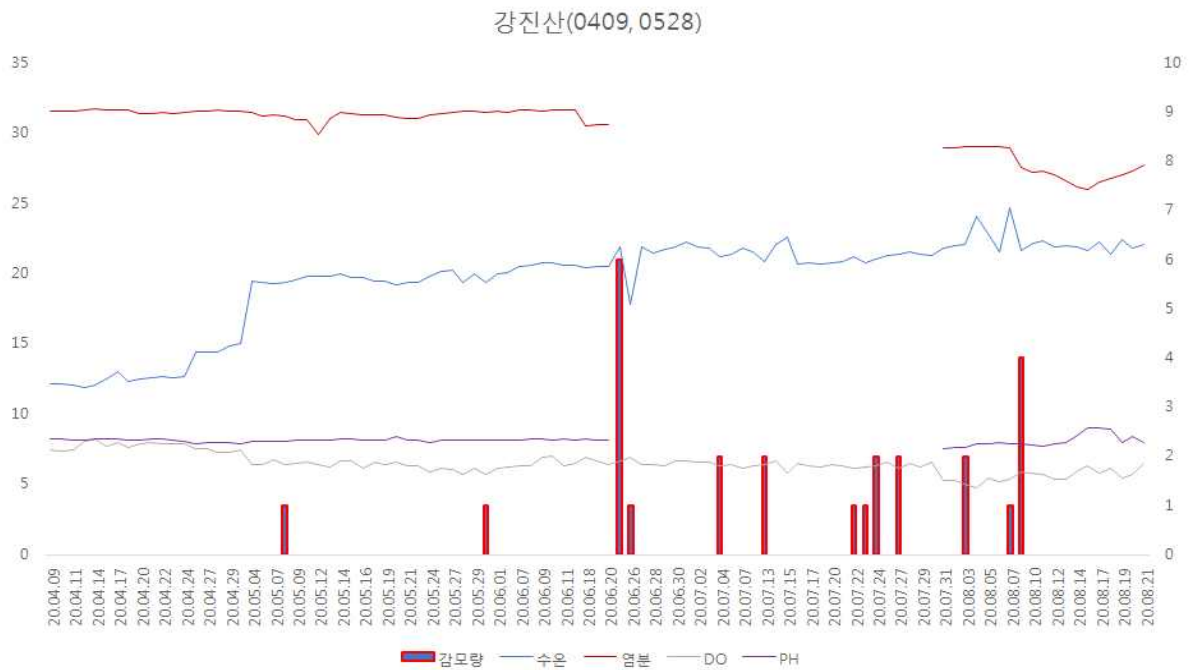
참문어는 4월 9일 인위적 성 성숙 유도 및 은신처 선호도 조사를 위해 50마리(합계 32 kg), 5월 13일 생식소중량지수(GSI) 조사를 위해 10마리(합계 13 kg)를 확보하였고 종자생산용으로 5월 28일 50마리(합계 42 kg), 7월 4일 50마리(합계 48 kg) 확보하였다. 또한 축양기술 실험을 위해 9월 24일과 28에 완도에서 101마리(평균 300 g), 진도에서 86마리(평균 200 g)를 확보하였고, 먹이탐색 실험을 위해 10월 13일에 19마리(합계 14 kg)를 확보하였다(그림 5).



그림 5. 참문어 운송

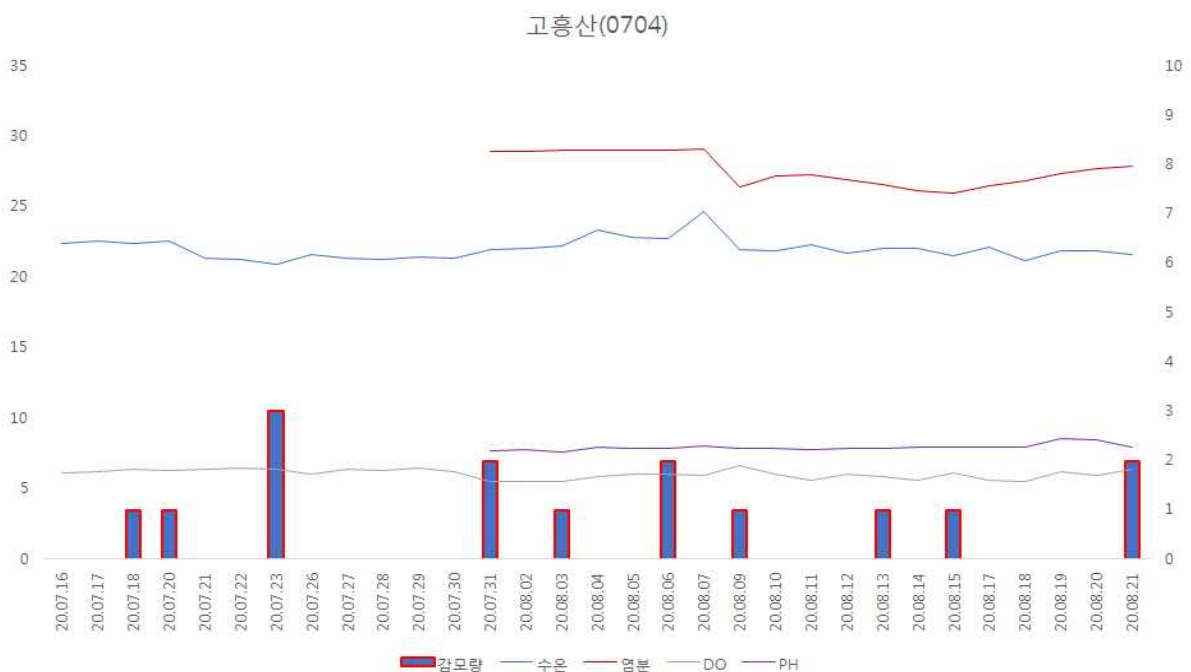
한계수온 조사

2019년에 확보한 참문어는 수온 15℃에서 폐사가 나오는 수온까지 인위적으로 수온을 조절하였다. 수온 13℃부터 먹이활동을 하지 않고 활성도가 떨어졌으며, 10℃부터 폐사가 발생하였고 8℃ 이후부터 폐사량이 급격히 늘어났다. 이를 통해 8℃를 최저 한계수온으로 간주하고 8℃부터 하루에 0.5℃씩 수온을 인위적으로 높였다. 수온 23℃ 이상에서 폐사가 발생하여 23℃를 최고 한계수온으로 판단하였고, 21℃내외가 최적 수온임을 알 수 있었다(그림 6, 7).



✓ 입식일 : 2020. 04. 09., 2020. 05. 28., 입식량 : 100마리(82kg), 감모량 : 26마리

그림 6. 참문어 수온에 따른 감모량 조사(강진산)



✓ 입식일 : 2020. 07. 04., 입식량 : 48마리(50kg), 감모량 15마리(31.3%)

그림 7. 참문어 수온에 따른 감모량 조사(고흥산)

인위적 성 성숙 유도 및 은신처 선호도 조사

성숙 유도 및 은신처 선호도 조사는 한계수온 조사 결과를 바탕으로 실험하였다. 실험 수온은 4월 16일 8℃에서 하루에 0.5씩 올려 12일 후 20℃까지 높여주었다. 수온 20℃에서 39일을 유지하였으며, 실험 시작일로부터 총 51일 만에 첫 산란을 확인하였고, 누적수온은 1,110℃로 확인되었다. 은신처 선호도는 문어단지 > PVC정티 > 우수받이 순으로 나타났으나 문어단지를 선호하기 보다는 좁고 어두운 곳을 선호하는 것으로 판단되었다(그림 8).



그림 8. 참문어 산란

종자생산 및 부화 유생 먹이 탐색

1차(8월) 실험은 강진에서 확보한 참문어로 수온 20℃, 유수식(1일 3회전) 환경에서 실시하였고, PVC 정티와 문어단지를 넣어 은신처를 만들어주었다. 산란 후 부화한 문어 유생은 포집하여 12개의 밀러가제 가두리에 각각 2천 마리를 넣어주었으며, 알테미아와 분쇄한 냉동크릴을 급이한 결과 24일령까지 생존하였으며, 크기는 0.8 cm이었다. 2차(9월) 실험은 1차 실험에서 문제가 되었던 사육수 문제를 해결하고 10톤 사각수조당 가두리 한 개씩 설치하고 주름호스 이용하여 가두리 내로 직접 주수하였다. 유생 먹이 탐색 실험에서 광어사료 특호은 전혀 관심을 보이지 않아 새우사료로 변경하여 재연 실험을 실시하였다. 실험 실시 6일 후 가두리 전체에서 대량 폐사가 일어났는데 원인은 실험 5일차에 근거리에서 있었던 공사로 인한 진동에 스트레스를 받았을 거라고 판단되었다. 이후 어미 참문어 어획량이 급격하게 줄어들어 어미를 구할 수가 없었고, 한 달 후 완도와 진도에서 참문어가 어획되었으나 너무 작아(200~400g) 3차 실험이 이루어지지 못하였다(그림 9, 10, 11).

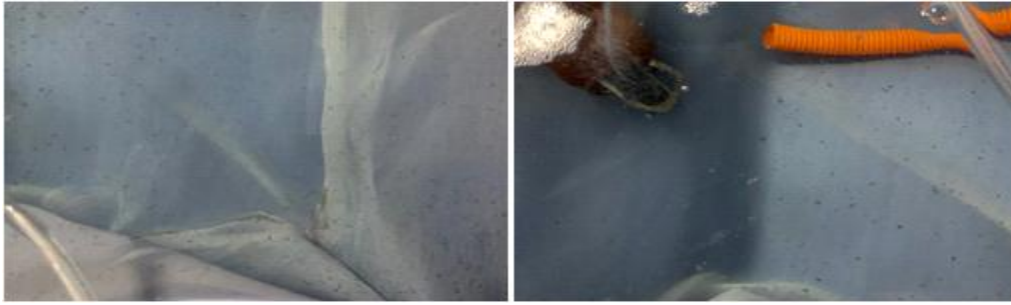


그림 9. 참문어 부화유생

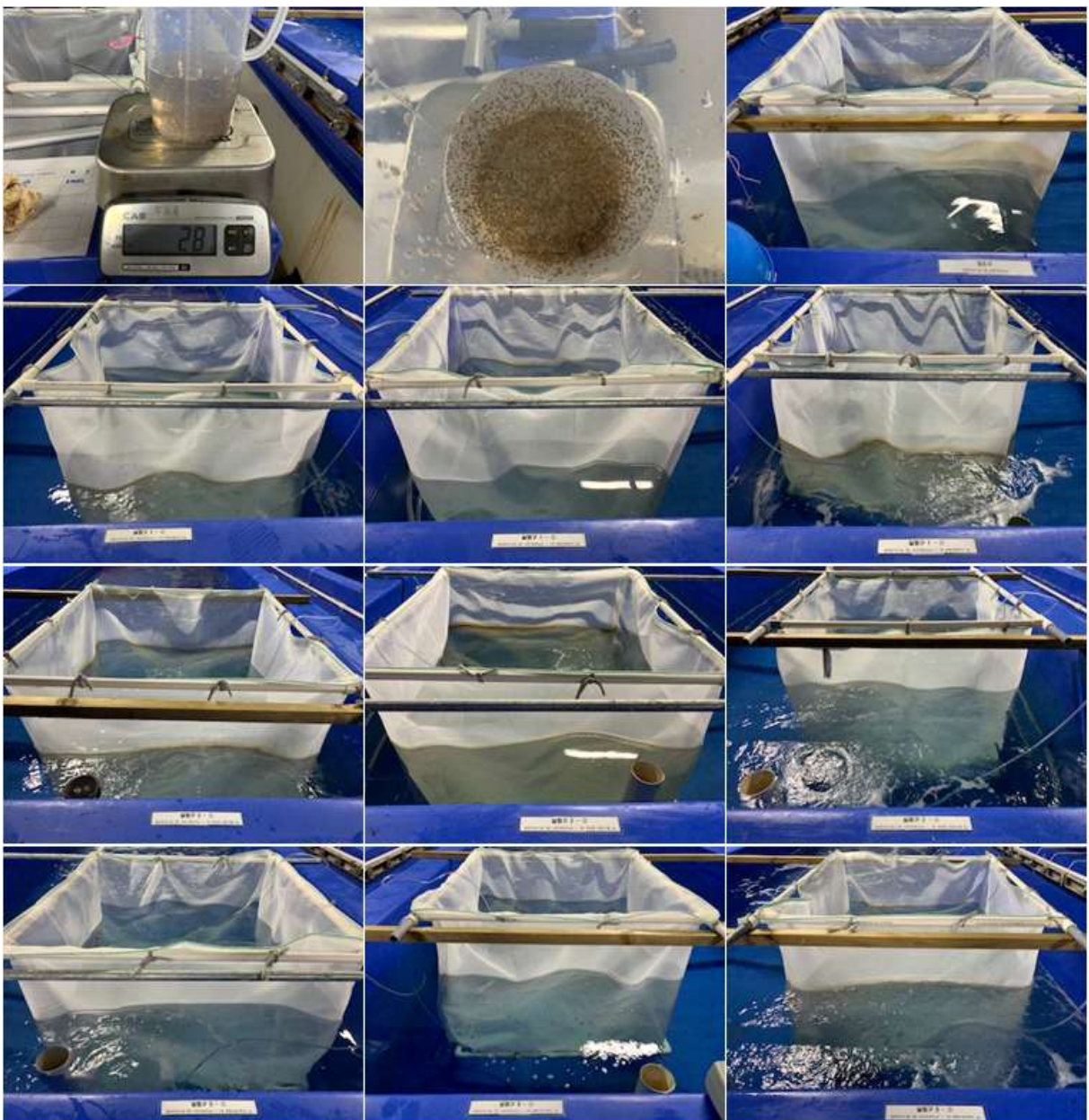


그림 10. 참문어 부화유생 먹이탐색 실험

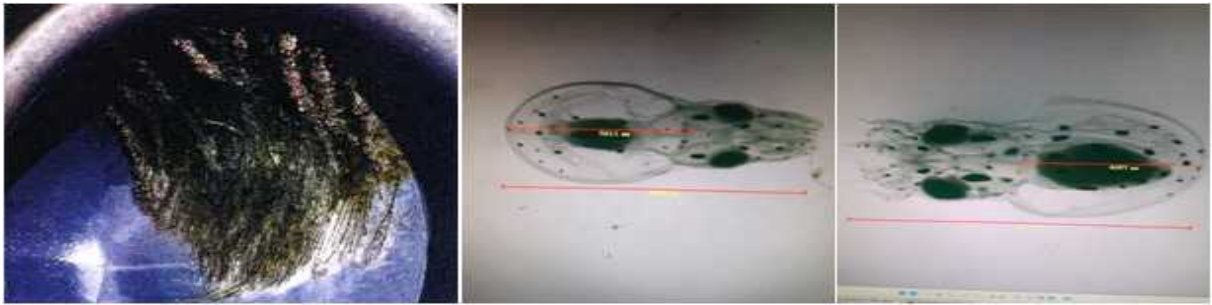


그림 11. 유생 부화 및 10일령, 12일령 유생

참문어 축양기술 개발

참문어의 먹이는 냉동 삼치를 9월 28일부터 10월 14일까지 공급하였고, 이후 11월 2일까지 냉동 절단고등어, 냉동 새우, 냉동 자숙굴을 혼합 공급하다가 경제성 및 먹이 선호도를 고려하여 냉동 절단고등어를 공급하였다. 먹이량은 10월 19일까지는 전중량의 10%를 공급하였고, 공급량을 증가시켰을 때 섭취량을 알아보고자 일주일간 전중량의 15%를 공급하였으나 섭취량이 전중량의 10%였을 때와 유의한 차이를 보이지 않아 다시 전중량의 10%를 공급하였다. 11월 중순부터 수온이 낮아지자 섭취량이 현저히 감소하여, 11월 11일부터 공급량을 전중량의 3%로 감소시켰다. 참문어 먹이 섭취 관찰결과 먹이의 크기에 따라 섭취량이 달라지는 것을 확인하고, 11월 25일부터 먹이 크기를 기존보다 2배로 절단하고 공급량 또한 3%에서 6%로 늘려 공급하니 섭취량이 2배 가까이 증가하였다.

참문어 축양의 목적은 참문어 가격이 싸고 작을 때(10월 경) 확보하여 추계에 비육하고 동계에는 폐사 및 산란을 억제하여 명절 전에 파는 것이다. 참문어 산란을 하면 먹이를 먹지 않고 난 관리를 하여 비육도가 떨어지고 부화 후 대부분 폐사한다.

11월 말부터 수조에 이유를 알 수 없는 대량의 펄이 일주일 이상 유입되었고, 이후 스트레스를 받은 참문어가 대량 폐사 및 산란을 하여 실험이 중단되었다.

먹이는 수온이 15~20℃ 일 때는 전중량의 10%를 주 3회, 15℃ 이하는 전중량의 5%를 공급하여야 하고, 먹이의 크기는 냉동 절단고등어의 경우 덩이 당 약 30g이 최적인 것으로 판단된다(그림 12, 표 2).



그림 12. 참문어 먹이 포획 및 섭취

표 2. 참문어 축양 먹이 공급표

날 짜	수조번호	공급량(g)	잔량(g)	섭취량(g)	섭취비율	비고
10/20	3번(4마리/㎡)	6,000	1,506	4,494	74.9%	전중량 10%
	4번(3마리/㎡)	2,700	944	1,756	65.0%	
	5번(2마리/㎡)	2,400	348	2,052	85.5%	
10/27	3번(4마리/㎡)	9,310	5,118	4,192	45.0%	전중량 15%
	4번(3마리/㎡)	4,400	2,260	2,140	48.6%	
	5번(2마리/㎡)	4,155	1,652	2,503	60.2%	
11/3	3번(4마리/㎡)	5,060	3,058	2,002	39.6%	전중량 10%
	4번(3마리/㎡)	2,550	1,738	812	31.8%	
	5번(2마리/㎡)	2,400	1,400	1,000	41.7%	
11/10	3번(4마리/㎡)	2,520	430	2,090	82.9%	전중량 5%
	4번(3마리/㎡)	1,290	520	770	59.7%	
	5번(2마리/㎡)	1,125	482	643	57.2%	
11/17	3번(4마리/㎡)	1,512	148	1,364	90.2%	전중량 3%
	4번(3마리/㎡)	774	354	420	54.3%	
	5번(2마리/㎡)	648	114	534	82.4%	
11/24	3번(4마리/㎡)	1,458	182	1,276	87.5%	전중량 6%
	4번(3마리/㎡)	732	198	534	73.0%	
	5번(2마리/㎡)	621	200	421	67.8%	
12/1	3번(4마리/㎡)	2,916	808	2,108	72.3%	(먹이 크기 2배)
	4번(3마리/㎡)	1,440	396	1,044	72.5%	
	5번(2마리/㎡)	1,242	368	874	70.4%	

향후 계획

2021년 3년차 연구에서는 2019년 일회성에 그쳤던 참문어 생식소중량지수(GSI) 조사를 보다 객관성 있는 자료 확보를 위해 주요 성숙시기였던 5월부터 7월까지 3개월간 반복 조사를 할 계획이다. 또한 펄 유입 등 수조환경 악화로 중단되었던 참문어 축양기술 실험을 재연하고, 고수온으로 어업인이 꺼리는 하계 축양실험을 실시하여 연 2회 참문어 축양을 해보고자 한다.

마지막으로 참문어 부화유생의 초기 먹이를 구명하여 유생을 방류 크기인 1.0cm 이상 사육하고, 착저(35일)까지 초기양성 기술을 확보하고자 한다.

참고문헌

수산정보포탈(<http://www.fips.go.kr>)

- 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.
- 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]
- 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.
- 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.
- 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.
- Okutani, T., Tagawa, M. and Horikawa, H., 1987. Cephalopods from Continental Shelf and Slope around Japan. pp. 156-157.
- 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.
- 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.
- Roper, C.F.E. and Sweeney, M.J., 1984. *FAO Species Catalogue Vol. 3*

Cephalopods of The World, 211pp.

Smale, M.J. and Buchan, P.R., 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the Coast of South Africa. Marine Biology, 65, 1-12.

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.