

양식어장 활성화 방안 연구(갯벌참굴)

박애전

I. 서론

갯벌참굴(3배체 개체굴)은 수산분야 10대 수출전략 품목으로 선정된 품종으로 우리나라는 2007년부터 본격적으로 보급되기 시작하여 2011년 기준 전국 27개 어촌계에 43ha 양식장에 23,109set의 시설물이 설치되어 약 1,2700만패의 종패가 입식되어 400만패 생산된 수준이다(표 1).

인천시는 관내 갯벌을 이용한 어민소득 증대를 위한 지역특화사업으로 2008년에 옹진군 연평면 면적 4.3 ha에 수평망식 시설 2,335 set를 시작으로 수평망식 갯벌참굴 양식어장에 대한 관심이 점차적으로 증가하여 2011년 기준 15개 어촌계 면적 12.8 ha에 6,880 set가 설치되어 전국대비 29.8%를 차지하며, 종패 498만패를 입식하여 146만패를 생산하여 전국대비 36.1%를 차지하였다(표 2).

표 1. 전국 갯벌참굴 시설 및 생산현황

(단위 : 만패, set)

년도별	합계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
종패입식량	2,386.2	1,268.8		100	627	390.4
생 산 량	404.3	404.3				
시 설	39,309	23,109			16,200	

※ 2013~2015 국립수산물과학원 종패 자체생산 분양

※ 1set : 312cm×80cm×70cm(1set : 50×80cm 관리망 6개 설치가능)

2011년 이후 인천시는 관내 갯벌참굴 양식 기반구축사업 추진하던 중 갯벌참굴 종패 수급 문제가 발생하여 사업이 계속적으로 진행되지 못하여 관내 현안사업으로 대두됨에 따라, 우리연구소에서는 갯벌참굴 인공종자 생산기술 교육을 통해 기술을 확보하고, 이를 바탕으로 갯벌참굴 인공종자 시험생산 및 갯벌참굴 양식시스템 운용체계를 확립하여 최종적으로 갯벌참굴 종패의 안정적 생산 및 수급체계를 구축하고자 하였다.

이러한 연구방향의 일환으로 2015년에는 교육파견을 통해 갯벌참굴 인공종자 생산기술 확보하였으며, 2016년에는 인공종자 생산기술을 토대로 갯벌참굴 인공종자 시험생산 및 개체굴 인공종자 생산성 향상을 위한 개체굴 부착율 실험 등 시험연구를 실시하였다.

표 2. 인천시 갯벌참굴 시설 및 생산현황

(단위 : 만패, set)

년도별	합계	2011	2012	2013	2014	2015	2016
종패입식량	781.1	498.2				2.8	280.1
생산량	146.0	146.0					
시 설	23,080	6,880			16,200		

※ 농림수산식품부 2012년 자료 참고

II. 재료 및 방법

1. 모패구입 및 분양

갯벌참굴(3배체 개체굴) 인공종자 시험생산을 위한 2배체 참굴 모패는 2016년 4월20일에 경남 통영 소재 패류 인공종자생산업체에서 관리 중이던 모패 200마리 구입하였으며, 4배체 참굴 모패는 경남 남해 소재 국립수산과학원 남동해수산연구소 남해양식센터에서 관리 중이던 4배체 참굴 어미(수컷) 5마리를 분양받았다(그림 1).



그림 1. 3배체굴 종자생산용 어미

2. 채란 및 유생사육

산란유도는 간출자극과 수온자극방법을 사용하여 실시하였다. 2배체 참굴을 암, 수 선별하여 암컷만 사용하고, 4배체 참굴은 수컷만을 선별하여 1~2시간정도 간출자극을 실시한 후 어미를 FRP 사각수조(4톤)에 수용 26.5℃내외의 가온해수를 주입하여 산란을 유도하였으며, 방란·방정이 이루어지면 모패를 제거하고 1시간정도 수정이 되도록 방치한 후 세란 과정을 거쳐 수정란을 40톤 콘크리트 사각수조에 수용하였다 (그림 2).



그림 2. 모패 산란유도 및 채란

D형 유생발생은 수정 후 약 18~21시간 만에 이루어졌으며, D형 유생을 30 μ m 거름망으로 수거 연구소로 운송하여 어류생산동 콘크리트 원형수조 (ϕ 6.0 \times 1.5m, 40톤) 2개에 수용하였다.

수용밀도는 3마리/ml로 조절하였으며, 사육수온은 27.0~27.5℃내외를 유지하였고, 먹이생물 공급은 *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp.외 2~3종을 혼합하여 1일 1~2회씩 0.5~5×10⁴cell/ml 농도로 공급하였으며, 유생이 성장함에 따라 공급량을 증가시키며 사육하였다.

사육수는 고압모래여과기를 통과한 후 1μm 백필터로 여과한 해수를 사용하였으며, 환수는 2~3일 간격으로 전량 환수하고 유생 성장에 따라 거름망을 40~250μm 까지 사용하였다.

3. 채묘 및 치패사육

개체굴 채묘는 250μm 거름망에 걸린 부착기 유생을 수거하여 180~210μm 물러망을 붙여 자체 제작한 채묘기(φ52)를 사용하여 부착을 유도하였다.

개체굴 부착율 향상 연구를 위해 부착기유생 밀도별, 부착기질별 실험을 서해특성 화동 13톤 사각수조에 21개 채묘기를 설치하여 유생밀도는 60~150만마리, 부착기질은 패각분(300~400μm), 모래1(355~500μm), 모래2(250~355μm), 부착기질량은 400ml씩 2반복구, 부착기질량별 실험은 8톤 사각수조에 채묘기 12개를 설치하여 채묘기 1개당 부착기질(패각분, 모래1), 부착기질량 300~500ml, 부착기유생 50만마리씩 넣어 2반복구로 실험을 실시하였다.

부착기 유생을 수용한 후 2~3일간 지수식으로 관리하였으며, 3일 이후부터 부착을 확인한 후 1일에 1회전이상 환수를 하다가 유수식으로 관리하였다.

사육수는 고압모래여과기를 통과한 해수를 1μm 백필터로 여과하여 사용하였으며, 채묘시 사육수온 29.0℃에서 서서히 낮추어 자연수온으로 관리하였다.

부착치패의 먹이생물 공급은 *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp., *Tetraselmis* sp., *Chaetoceros* sp., *Phaeodactylum* sp.를 1일 1회씩 10~20×10⁴cell/ml 농도로 혼합하여 공급하다가 치패의 성장에 따라 공급량을 점차 늘리며 11월 16일(196일)까지 실내 수조에서 사육 관리하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어미관리 및 산란유도

2016년 4월 20일에 구입한 2배체 참굴 어미의 크기는 평균 각장 36.0 mm, 각고는 126.0mm, 각폭은 38.0 mm이었고, 전중은 110.0 g이었다.

2016년 4월 21일에 남동해수산연구소에서 분양 받은 4배체 참굴 어미의 크기는 평균 각고 54.1mm, 전중 16.0g이었다.

3배체 참굴 종자생산에 사용된 어미는 패류인공종자생산업체에서 종자생산용으로 관리 중이던 2배체 참굴 어미 200마리를 구입 후 암, 수 구별하여 암컷 86마리와 남동해수산연구소에서 분양 받은 4배체 참굴 어미 수컷 5마리를 사용 산란을 유도하였다(표 3).

표 3. 3배체 참굴 인공종자 생산에 사용한 모패의 크기

구분 (입식일자)	모패수	각 장(mm)	각 고(mm)	각 폭(mm)	전 중(g)
2배체굴 (2016. 4. 20)	86 (암컷)	36.0	126.0	38.0	110.0
4배체굴 (2016.4.21.)	5 (수컷)	-	54.1	-	16.0

2. 채란 및 유생사육

채란은 간출과 수온상승 자극을 병행하여 실시하였고 4시간 이내에 산란이 이루어졌으며, 수온 26.4~26.8℃에서 산란 후 약 18~21시간 내에 D형 유생으로 발생하였다(표 4).

표 4. 3배체굴 수정란수 및 D형 유생 부화율

채란일	채란량 ($\times 10^3$)	수정란수 ($\times 10^3$)	D형 유생		부화율(%)
			유생수 ($\times 10^3$)	평균각장 (μm)	
2016.4.21	950,000	660,000	150,000	82.89	22.7

표 5. 3배체굴 유생 사육

사육기간	D형 유생 ($\times 10^3$)	부착기 유생	
		유생수($\times 10^3$)	생존율(%)
15일	150,000	26,700	17.8

유생 사육은 D형 유생을 $30\ \mu\text{m}$ 거름망으로 수거 후 수거한 유생은 연구소로 운송하여 어류생산동 콘크리트 원형수조($\phi 6.0 \times 1.5\text{m}$, 40톤) 2개에서 사육하였으며, 사육밀도는 1mL 당 3개체로 수용하고 성장함에 따라 사육밀도를 1mL 당 0.5~1개체로 낮추어 사육하였다. 사육수온은 $24.2 \sim 30.1\ ^\circ\text{C}$ 범위에서 15일간 사육하였다(표 5).

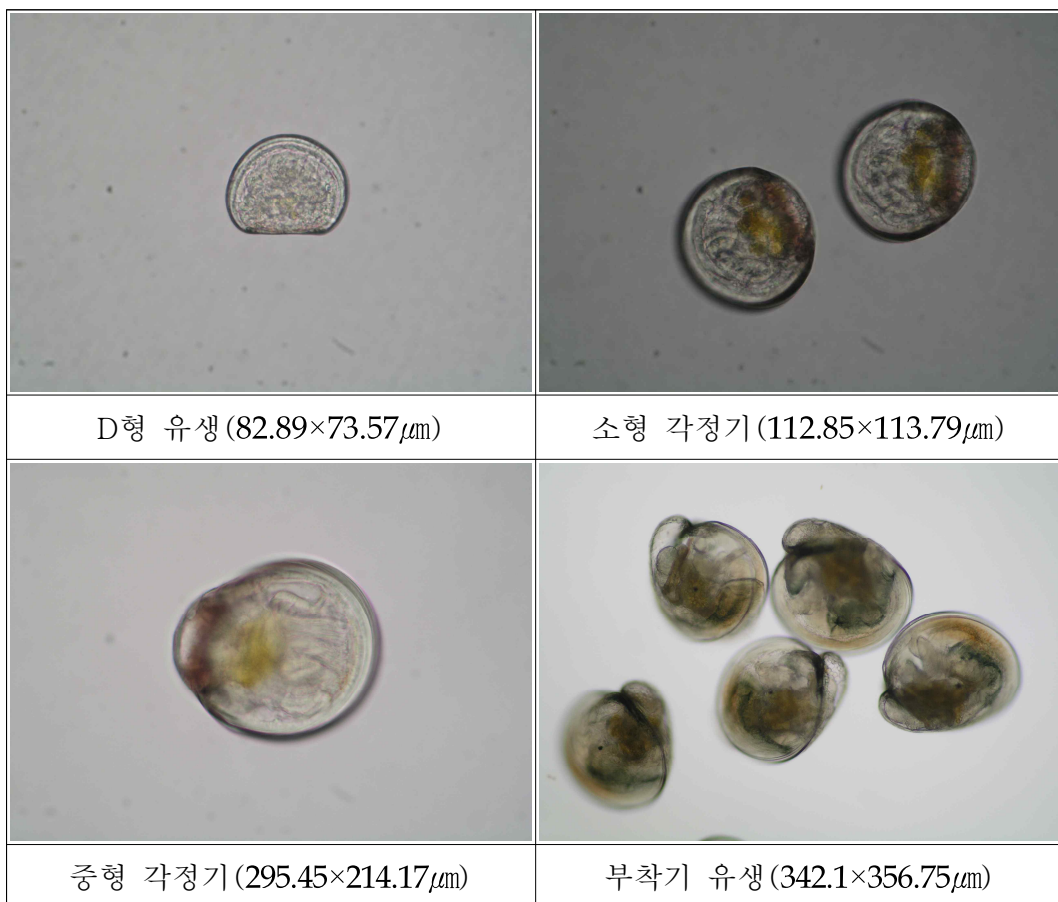


그림 3. 3배체굴 유생 발달 과정

유생사육 기간 동안 사육수 환수는 2~3일 간격으로 전환수를 실시하고, 환수 시 마다 유생크기별 선별작업을 실시하였다.

유생크기는 D형 유생이 평균 $82.89 \times 73.57 \mu\text{m}$ (각장 \times 각고)였으며, 사육 4일째 평균 $112.85 \times 113.79 \mu\text{m}$ 로 소형각정기 유생으로 자랐고, 사육 7일째 평균 $295.45 \times 214.17 \mu\text{m}$ 로 중형각정기 유생으로 성장하였으며, 계속 성장이 이루어져 사육 12일째만에 안점을 지닌 부착기 유생이(평균 $342.1 \times 356.75 \mu\text{m}$) 처음으로 나타나기 시작하여 사육 15일째까지 4일 동안 부착기 유생 26,700,000마리를 생산하였다(그림 3).

3. 채묘 및 치패사육

채묘는 $250 \mu\text{m}$ 거름망에 걸린 부착기 유생을 수거하여 자체 제작한 채묘기에 수용하여 부착을 유도하였다.

부착된 치패는 부착기질과 분리하는 1차 선별시(6.8~21) 4,350,000마리를 생산하여 생존율 16.3%를 나타내었으며, 치패 성장에 따른 크기별 2차 선별시(10.24~26) 1,254,000마리를 생산하여 생존율 4.70%를 나타내었으며, 사육기간 동안 사육수온은 $17.1 \sim 30.0^\circ\text{C}$ 이었다.

2차 선별시(사육기간 173일) 개체굴 치패 크기는 평균 각장 13.98mm, 평균 각고 16.49mm, 평균 각폭 6.62mm, 평균 전중 0.60g으로 성장하였다(그림 4).

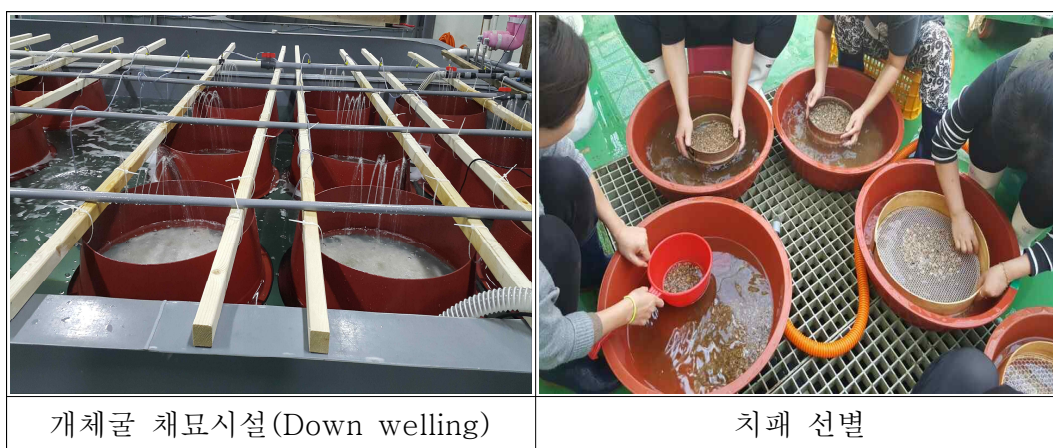


그림 4. 3배체 개체굴 채묘 및 선별

4. 개체굴 부착율 실험

개체굴의 부착율을 높이기 위해 부착기유생 밀도별, 부착기질별 실험을 2016년 5

월 4일부터 6월 15일까지 실시한 결과 패각분(300~400 μ m) 실험구에서는 유생밀도 60만에서 21.05%, 90만에서 21.17%, 120만에서 19.98%, 150만에서 19.41%로 유생밀도와 상관없이 부착율이 19.41~21.17%로 비슷한 결과치를 보였다(그림 5).

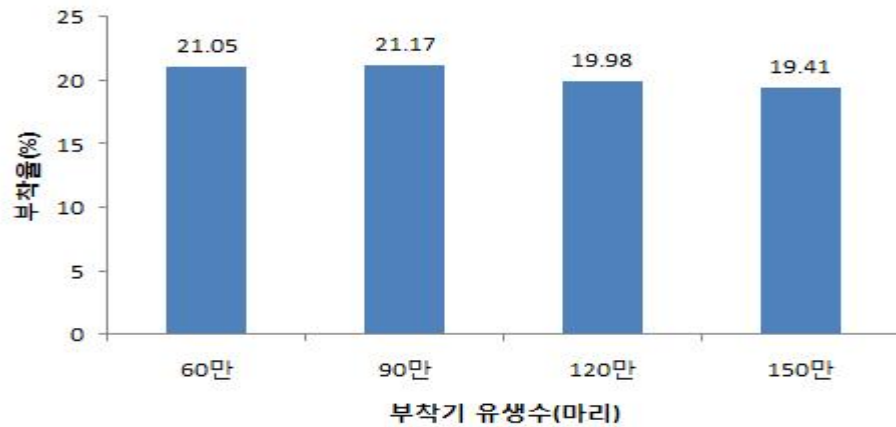


그림 5. 부착기유생 밀도별 패각분 부착율

모래 1(355~500 μ m) 실험구에서는 유생밀도 60만에서 23.14%, 90만에서 12.35%, 120만에서 12.37%, 150만에서 10.0%로 60만에서 부착율이 23.1%로 가장 높은 경향을 보였다(그림 6).

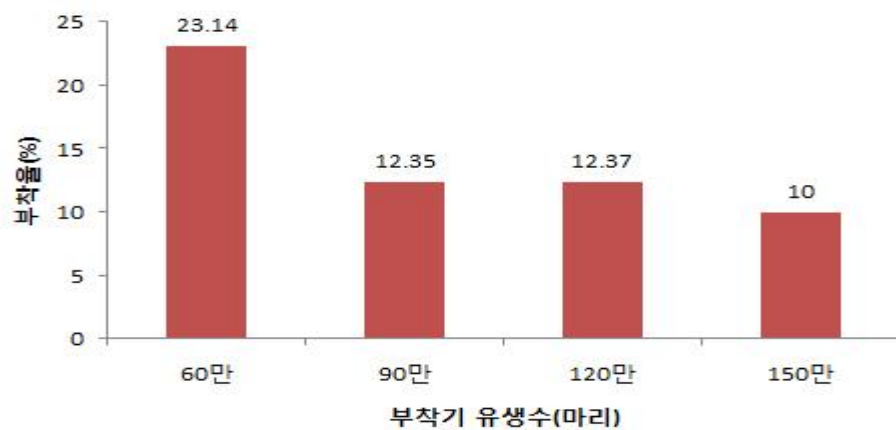


그림 6. 부착기유생 밀도별 모래 1(355~500 μ m) 부착율

모래 2(250~355 μ m) 실험구에서는 유생밀도 60만에서 12.19%, 90만에서 11.32%, 120만에서 9.82%, 150만에서 10.2%로 유생밀도 60만, 90만에서 부착율이

12.2%, 11.3%로 비슷한 결과치를 보였다(그림 7).

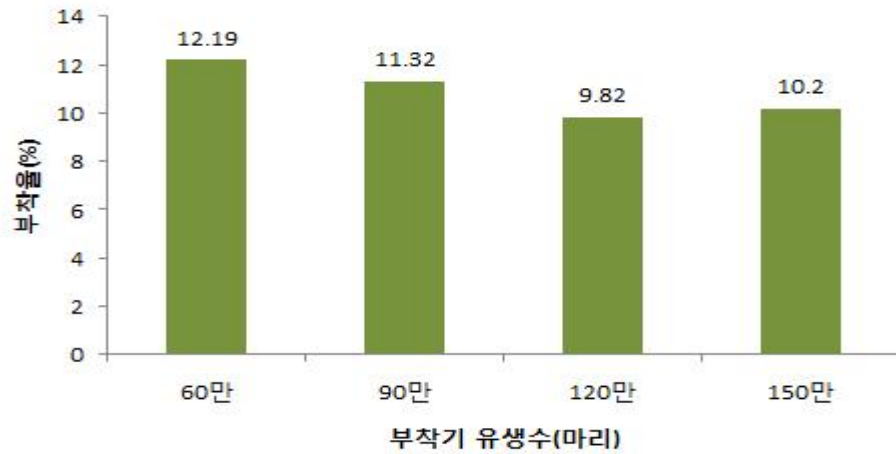


그림 7. 부착기유생 밀도별 모래 2(250~355 μ m) 부착율

실험결과를 종합하여 보면 부착기질별은 패각분이 가장 좋은 결과치를 보였으며, 부착기유생 밀도별은 60만 마리를 넣은 실험구가 가장 좋은 경향을 보였다(그림 8).

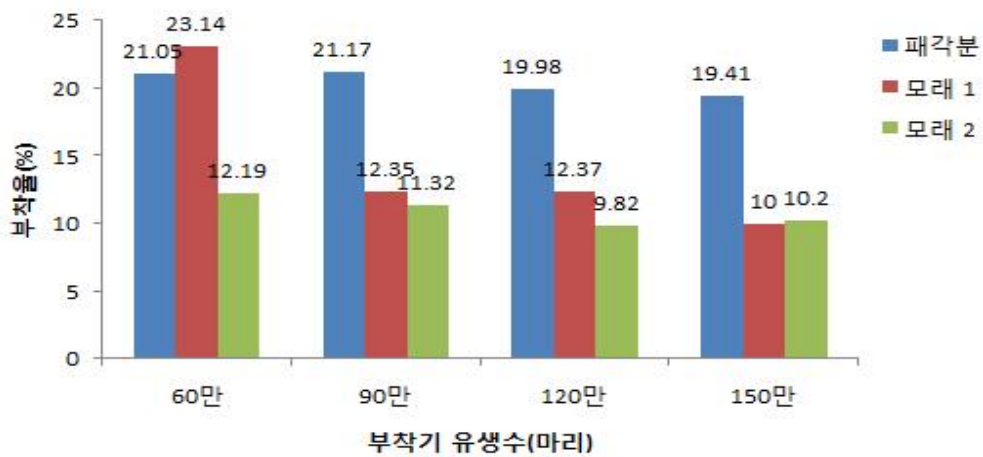


그림 8. 부착기유생 밀도에 따른 부착기질별 부착율

패각분이 가장 좋은 결과치를 보였던 이유 중에 하나는 패각분은 유생이 1~2일만에 모두 부착하는 반면 모래의 경우는 유생이 빨리 부착 못하고 계속 떠돌아다니는 현상을 보여 부착하는데 3~7일정도 소요되어 부착율 차이가 보였던 것으로 사료된다.

다음은 부착기질 및 기질량별 실험을 2016년 5월 7일부터 6월 21일까지 실시한 결과로 패각분 실험구는 부착기질량 300ml에서 28.24%, 400ml에서 37.95%, 500ml에서 28.81%로 부착기질량을 400ml 사용했을 때 부착율이 37.95%로 가장 좋은 경향을 보였으며, 300ml, 500ml은 비슷한 결과치를 보였다(그림 9).

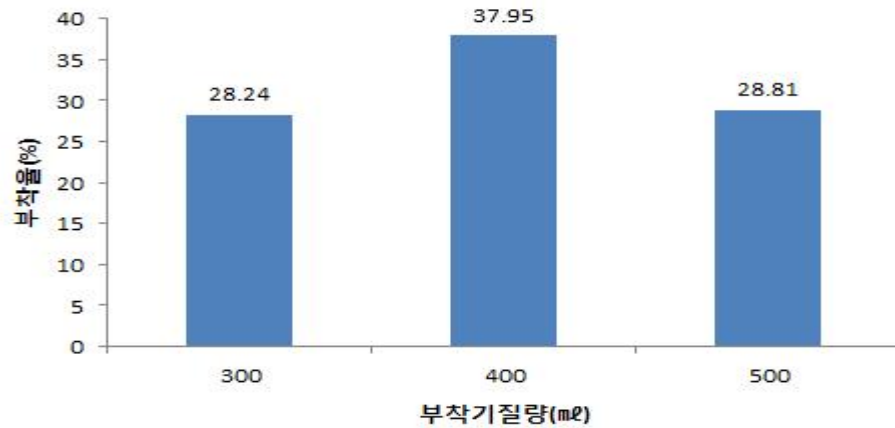


그림 9. 부착기질량에 따른 패각분 부착율

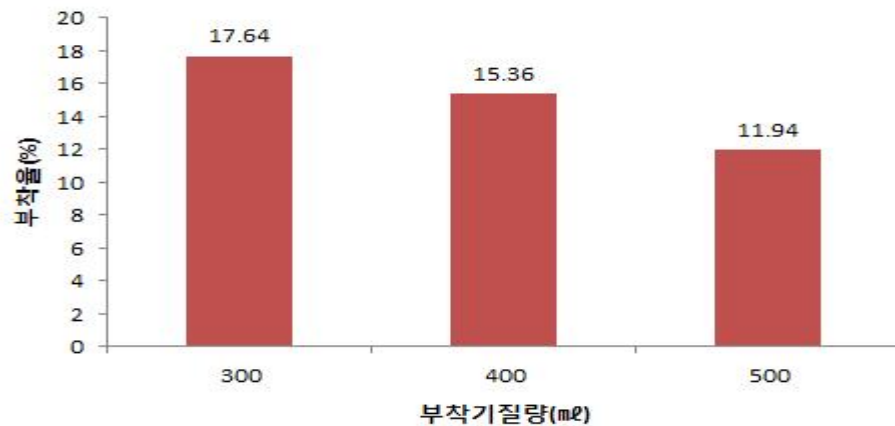


그림 10. 부착기질량에 따른 모래 부착율

모래(250~355 μ m) 실험구는 부착기질량 300ml에서 17.64%, 400ml에서 15.36%, 500ml에서 11.94%로 부착기질량을 300ml 사용했을 때 부착율이 17.64%로 가장 좋은 결과치를 보였다(그림 10).

실험결과를 종합하여 보면 개체굴 채묘시 부착율을 높이기 위해서는 패각분 400ml를 사용하는 것이 가장 적절한 것으로 사료된다(그림 11).

향후 이러한 결과를 토대로 1kg에 100,000원을 호가하는 수입산 패각분을 대체할 수 있는 기질을 찾기 위해 흔히 구할 수 있는 모래를 활용하여 지속적인 실험을 실시할 계획이다.

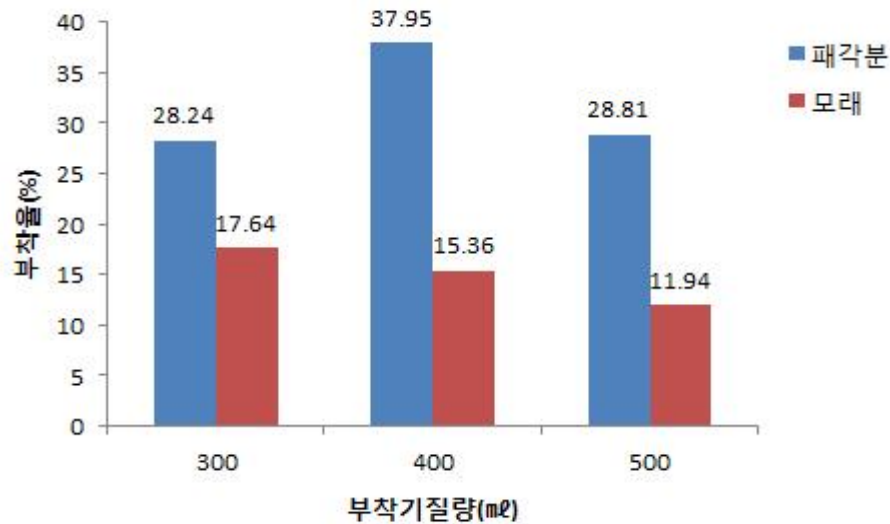


그림 11. 부착기질량에 따른 부착기질별 부착율

5. 개체굴 치패 분양

갯벌참굴(개체굴) 분양은 총 3차에 걸쳐 총 539,000마리를 분양하였다.

1차 분양은 2015년에 생산한 각장 6~10mm내외의 개체굴 치패 250,000마리를 2016년 2월 23일에 웅진군 자월면 승봉어촌계와 소이작어촌계에 각각 125,000마리씩 분양 입식하였다.

2차 분양은 2015년에 생산 월동 사육시킨 각장 6~21mm내외의 개체굴 치패 69,000마리를 2016년 6월 23일에 중구 무의도 포내어촌계 45,000마리, 7월 4일에 웅진군 영흥면 영암어촌계 24,000마리를 분양 입식하였다.

3차 분양은 2016년에 생산한 각장 6mm이상의 개체굴 치패 220,000마리를 2016년 11월 15일~16일 2일간 중구 무의도 포내어촌계에 190,000마리, 웅진군 영흥면 영암어촌계에 30,000마리를 분양 입식하였으며, 분양 후 각장 6mm이하의 개체굴은 실내수조에서 월동 사육하여 2017년 상반기에 분양할 예정이다(표 6).

표 6. 개체굴 치패 사육 및 분양(2016년산)

사육기간	부착기 유생		개체굴 치패 분양		
	유생수 ($\times 10^3$)	크기(μm)	치패수 ($\times 10^3$)	크기(mm)	생존율(%)
2016. 4. 22~ 2016. 11. 16	26,700	342.1 \times 356.7	220	6.0이상	8.2

갯벌참굴(개체굴) 치패를 분양 입식한 양식어장을 중심으로 2016년 9월부터 2017년 3월까지 5회에 걸쳐 현장 모니터링을 실시하여 개체굴 성장도, 생존율 등 생태환경조사 및 양식어장 관리 실태를 점검하고 어민들에게 갯벌참굴 양식어장 관리요령 등을 지도하였으며, 주기적으로 치패 입식어장 생태환경조사 및 모니터링을 실시할 계획이다(그림 12).

IV. 요약

1. 모패는 4월 20~21일 구입, 분양 후 간출자극과 수온자극으로 4월 21일 산란을 유도하였으며, D형 유생 발생률은 22.7%로 나타났다.
2. 유생사육은 수온 24.2~30.1℃ 범위에서 15일간 사육하였으며, 부착기 유생까지의 생존율은 17.8%로 나타났고, 분양치패(2016년산) 생존율은 8.2%를 나타내었으며, 분양 후 각장 6mm이하의 치패는 월동 사육하였다.
3. 시험연구용으로 생산한 갯벌참굴(개체굴) 치패는 3차에 걸쳐 인천 관내 갯벌참굴 양식어장 4개소에 2016년 2월부터 11월까지 539,000마리를 분양 입식하였다.



그림 12. 개체굴 분양 및 양식어장 모니터링

V. 참고문헌

- 국립수산과학원, 2016. 참굴 양식 표준 매뉴얼. 137pp.
- 국립수산과학원 남동해수산연구소, 2016. 굴 건강종묘 생산 기술 개발. 82pp.
- 국립수산과학원 남동해수산연구소, 2016. 부유망식 개체굴 및 3배체 수하양식 연구. 57pp.
- 국립수산과학원 서해수산연구소, 2014. 갯벌참굴 양식 생산성 향상 연구. 56pp.
- 김운혁, 2015. 동절기 3배체 갯벌참굴 *Crassostrea gigas* 중간육성 방법에 따른 성장. 군산대학교(석사논문). 55pp.
- 김정우, 2014. 참굴 *Crassostrea gigas*의 3배체 종묘생산을 위한 번식생리학적 연구. 부경대학교(박사논문). 147pp.
- 심재형, 1994. 한국동식물도감, 해양식물플랑크톤, 교육부, 487pp.
- 이상원, 2009. 참굴 인공종묘생산. 2008년도 경상남도수산자원연구소 연구사업보고서. 39~45 p.
- 이상원, 2009. 기능성 굴 개발 시험. 2008년도 경상남도수산자원연구소 연구사업보고서. 203~207 p.
- 이영철 등, 1999. 굴 가상식 양식기법 개발 연구. 해양수산부, 136pp.
- 한국해양수산개발원 등, 2013. 갯벌참굴 종묘생산 기술개발 연구. 해양수산부, 304pp.
- 해양수산부, 2005. 해양환경공정시험방법. 389pp.
- 山路 勇. 1991. 日本海洋プランクトン圖鑑. 保育社, 日本. 538pp.