

양식적지 개발을 통한 어장 활성화 방안 연구

김동우, 김응원

I. 서 론

개불(*Urechis unicinctus*)은 분류학적으로 의충동물문(Annelida), 의충강(Echiura), 의충동물목(Echiurida), 개불과(Urechidae), 개불속(*Urechis*)에 속하며 우리나라 중부 이남해역과 태평양 연안에 분포하고 있다. 보통 몸길이는 10~15cm, 굵기는 2~4cm 정도이며 체색은 붉은빛이 도는 유백색이며 암수가 따로 있으나 육안으로 구분하기 어렵다. 개불은 주로 조간대에서 수심 100m 정도까지의 바다 밑 사니질에 U자형의 구멍을 파고 서식하며 L자나 J자형의 구멍을 파고 서식하고 있는 개체도 있다. 먹이는 부유유기물이나 플랑크톤을 포식하며 산란기는 11월과 3월 두 번이고 체외수정을 한다.

개불은 번식력이 강하고 저질에 뚫은 U자형의 굴로 바닷물의 순환을 용이하게 하여 유기성분을 변화시켜 저질을 정화시키는 능력이 탁월하며 갯지렁이보다 16배 이상 갯벌정화능력이 있는 것으로 알려져 있어 연안생태계에서 매우 중요한 위치를 점하고 있다. 또한, 방류한 어린개불의 생존율이 높고 환경적응력이 뛰어나며 정착성으로 어업인들에게 직접적인 소득 증대 효과가 있어서 남해군에서는 개불잡이 체험행사 등으로 겨울철 비수기에 수익을 창출하고 있으며, 국립수산물학원에서는 축제식 복합양식을 추진하였고 해남군에서는 방류를 통하여 갯벌정화 사업을 추진한 바 있으며 전남해양수산물학원에서는 강진군 사초리 연안어장에 어린개불 방류를 실시한 결과 90% 이상이 성체로 성장하였고 50~60 개체/m²의 어린개불도 확인되는 등 향후 어업인들의 소득창출이 예상 된다고 발표하였다.

개불은 단맛이 강하고 타우린, 글리신 등의 함유량이 수산물 중 가장 많으며, 비타민 C와 E가 풍부해 항암이나 면역 강화에도 도움이 되고 열량이 낮아 다이어트에도 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한, 단백질이 풍부하고 혈전을 용해하는 성분도 들어있어 고혈압 환자나 다이어트를 원하는 사람에게 좋으며 아스파라긴산이 풍부하여 체내의 알코올대사를 촉진시켜 숙취해소 및 간장보호에 효과적인 것으로 알려져 있다. 특히, 개불류 중 *Urechis caupo*의 경우 황화합물을 분해하는 해마틴이라는 성분이 풍부한 것으로 알려져 있으며(Arp, et al., 1992), 개불의 체내에는 다른 무척추 동물에서 합성할 수 없는 5종의 sterols 등을 함유하고 있어 생리활성 물질을 추출하고 있다(여수대학교, 2002).

인천광역시 수산자원연구소에서는 과거 개불이 서식하지 않던 지역에 개불의 서식이 확인됨에 따라 개불 서식지 및 서식적지의 생태·환경조사와 어린개불 종자생산 및 방류를 통해 어업인들의 새로운 소득원 창출을 위하여 본 연구를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 어미개불 관리 및 산란(채란)

개불 종자 시험생산에 사용한 어미는 전라남도 여수근해와 인천 옹진군 선재해역에서 채집한 것으로 2017년 4월 중순 여수 잠수기 수협에서 경매를 통해 750마리를 구입하였고, 2017년 5월 말 인천 선재어촌계에서 300마리를 구입하였다. 어미는 아이스박스에 해수 없이 수용하여 운반하였으며, 운반된 어미는 2톤 FRP 수조에 수용하였고 수온은 13℃내외로 관리하였다. 수조에 수용 전 체색이 검게 변하거나 활력이 좋지 않은 개체는 별도로 수용하였다.

어미는 2일간 배설물 제거 및 안정시킨 후 산란에 사용하였으며, 산란을 위해 2시간 동안 공기 중에 노출시키는 간헐자극과 사육수온을 5℃ 상승시키는 수온자극을 실시하였다. 산란은 수온자극 후 약 1시간 뒤에 수컷의 방정이 시작되었고 이에 자극받은 암컷이 방란하기 시작하였다. 방란행정이 일어나고 1~2시간 경과 후 사이폰을 이용하여 망목 40 μm 크기의 물러가제로 수정란을 수거하여 3~4회 여과해수로 세란 한 뒤 부화수조에 수용하여 관리하였다.

2. 유생사육

부화된 유생은 40, 55 μm 물러가제를 이용하여 거른 후 30톤 사각수조에 수용하였으며, 사육수온은 18℃내외를 유지시켜 주었다. 사육기간 동안 먹이생물은 *Phaeodactylum* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp.를 혼합하여 1일 2회씩 공급하였다. 유생사육에 사용한 사육수는 고압모래여과기를 거쳐 나온 해수를 1 μm 필터로 다시 여과하여 사용하였으며, 수질관리를 위해 2~3일에 한번 씩 전량 환수해 주었다. 환수를 하지 않을 때에는 바닥에 가라앉은 배설물 및 먹이찌꺼기를 사이폰을 이용하여 제거하여 주었다.

3. 채묘 및 어린개불 사육

잠입기 유생의 채묘를 위해 23톤 사각수조(3.0×7.0×1.1m) 바닥에 8cm 높이의 모래를 깔아 채묘를 실시하였으며, 다른 수조에는 사각플라스틱상자(59×38×15 cm)에 8cm 높이의 모래를 깔아 수조바닥에 1단으로 설치하여 채묘 하였다. 채묘에 사용된 모래는 500 μm 이하 크기의 것을 담수로 소독하여 사용하였다. 채묘가 완료된 후에는 플라스틱상자를 엇갈리게 4단으로 쌓아올려 사육하였다.

사육수는 고압모래여과기를 거쳐 나온 해수를 1 μm 백필터로 다시 여과하여 사용하였고 채묘가 완료될 때 까지는 수질관리를 위해 1일 1/2회전씩 환수해 주면

서 지수식으로 사육하였다. 채묘가 완료된 후에는 자루필터로 여과한 해수를 주입하여 유수식으로 전환하였으며 환수량은 점차 증가시켜 1일 3회전 이상 환수하였다. 먹이생물은 *Phaeodactylum* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp. 3종을 상황에 따라 2종 이상씩 혼합하여 1일 1회 공급하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 산란(채란)

자연산란을 유도하기 위해 2시간 간출자극과 5℃ 수온자극을 실시하였고 자극 후 약 1시간 뒤에 수컷의 방정이 시작 되었으며 간출자극 도중 1개체가 방란 하는 것이 관찰되었다(그림 1). 이후 자극받은 암컷의 방란이 시작되었으며 방란행정이 일어나고 1~2시간 경과 후 수정란을 수거하였다. 개불은 암수 모두 4개의 튜브 형태의 생식소를 가지고 있으며, 산란 시 두부에 위치한 한 개가 아닌 2개 이상의 생식공을 통해 방란행정을 하는 것이 관찰되었다.

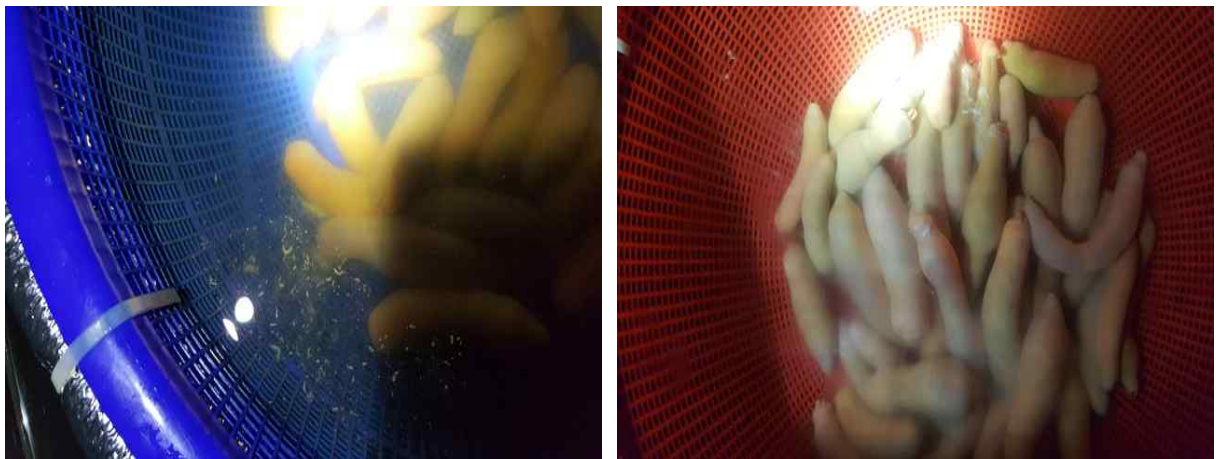


그림 1. 개불의 방란·방정(좌 : 암컷 방란, 우 : 수컷 방정)

산란 유도 시에는 개불을 원형 바구니에 수용한 후 수조위에 띄워 산란을 유도하였으며 난과 정충이 잘 섞일 수 있도록 아래쪽에서 에어레이션을 실시하였다. 수정란은 수거 후 3~5회 여과해수로 세란을 실시하였고 채란량은 약 2,000만립 정도였으며 세란 후 부화수조로 옮겨 관리하였다.

선재해역에서 채집한 어미개불은 자연산란을 유도하기 위해 간출자극과 수온자극을 실시하였으나 산란이 이루어지지 않아 어미개불을 절개하여 난자와 정자를 수정시키는 절개법을 이용하여 인공수정 시켰으며, 수정 시 암컷과 수컷의 비율은 9:1의 비율로 실시하였다. 절개법의 경우 성숙한 난뿐만 아니라 미성숙한 미숙난도 섞이게 되므로 세란 도중 50 μ m 망에도 걸리지 않고 빠져나가는 경우가 많았고 수정률 또한 좋지 않았다. 선재해역 개불의 채란결과 채란량은 약 2,500만립 정도였다.

2. 유생사육

자연산란의 경우 수정란의 크기는 약 100~150 μ m 이었으며 부화유생의 크기는 약 150~180 μ m 이었다. 수정란 수는 약 2,000만립 정도였으며, 부화량은 약 1,800만미로 부화율은 약 90% 이었다. 유생사육기간 동안 사육수온은 18~22 $^{\circ}$ C 범위였고 아침과 저녁의 온도편차도 약 3 $^{\circ}$ C로 상당히 변화폭이 컸다.

부화까지의 소요시간은 18 $^{\circ}$ C내외에서 수정 후 약 18시간 정도 소요되었다. 채묘까지 유생의 사육기간은 약 22일 정도 소요되었고, 수질악화를 방지하기 위해 2~3일에 한번 씩 사육수를 전량 교체하여 주었으며 사육수를 교체하지 않을 때는 바닥에 쌓인 배설물과 찌꺼기를 싸이폰으로 제거해 주었다. 사육수 전량교체는 사이폰을 이용해 사육유생을 채집하여 새로운 수조로 이동시키는 방법을 사용하였다. 개불 유생은 점액질을 분비하기 때문에 사이폰 시 채집망이 막혀 거름망을 자주 교체하였다. 하지만 점액질로 인해 거름망에 끼여 빠지지 않는 개체도 있고 폐사하는 개체도 발생하였다. 따라서 사육수조교체(전량환수)는 최대한 천천히 실시하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

절개법을 이용해 인공 수정한 유생의 경우 자연 산란한 유생과 비교해 크기가 작았다. 수정란 수는 약 2,500만립 정도였고 부화량은 약 1,200만미로 부화율은 약 48% 이었으며 자연산란에 비해 부화율이 상당히 낮았다. 절개법을 이용해 부화한 유생 중에는 기형이 많이 발견되었으며 유생의 발달도 평상시에 비해 늦은 편이었다. 또한 대부분 체절 형성 단계에서 폐사하였다.

자연산란 유생은 기형 개체도 거의 발견되지 않았으며 활력도 양호하였다. 담륜자 유생 초기에는 표피 전체에 섬모가 관찰되었으나 부화 후 8일경부터는 앞과 뒤의 섬모가 탈락되고 몸의 중앙부분에 섬모가 관찰되었으며, 부화 후 약 13일경부터 체절이 형성되기 시작되어 부화 후 17일경에는 10개 내외의 체절이 형성되었다. 또한 체절이 10개 정도 형성될 시기에는 신축성이 상당히 강해졌다. 부화 후 23일경에는 체절이 12개 정도 형성되었으며 부화 후 25일경에는 내장이 보일 정도로 변태한 유생이 관찰되기 시작했다(그림 2).

유생사육기간 동안 먹이는 *Phaeodactylum* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였으며, 부화 후 1~2일간은 수색이 약하게 나타날 정도로 공급하다가 이후 섭식상태를 보며 먹이공급량을 증가시켜 주었다.

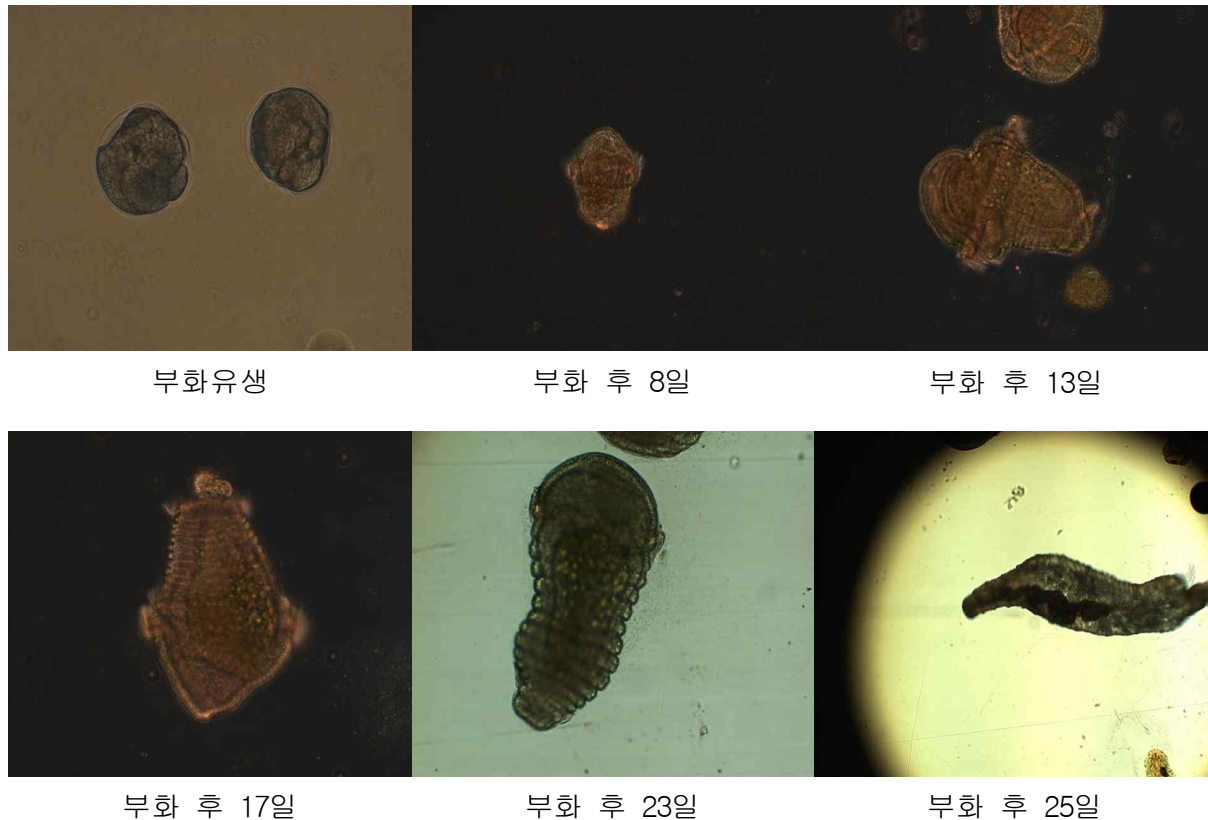


그림 2. 부화 후 개불유생의 성장

3. 채묘 및 어린개불 사육

채묘는 부화 후 23일경 체절이 11개 정도 형성되었을 때 미리 준비한 채묘수조에 실시했으며 채묘에 사용한 침착기 유생 수는 300만미였고, 사육수온은 18℃ 내외를 유지시켜 주었다. 채묘수조는 23톤 사각수조(3.0×7.0×1.1m) 3개를 사용하였으며, 1개 수조는 바닥에 8cm 높이의 모래를 깔아 채묘를 실시하였고 다른 2개 수조에는 사각플라스틱상자(59×38×15cm)에 8cm 높이의 모래를 깔아 수조바닥에 1단으로 설치하여 채묘 하였다. 플라스틱상자를 이용해 채묘 한 수조는 채묘가 완료된 후 1개 수조에 4단으로 엇갈리게 쌓아올려 사육하였다(그림 3).

채묘가 완전히 끝나기 전까지 환수는 2일에 한 번씩 사육수의 1/2을 환수하였으며 환수 시 유생이 빠져나가지 않게 50 μ m 망을 이용하여 걸러주었다. 채묘기간 동안 먹이는 *Phaeodactylum* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였으며, 먹이 섭이상태를 보며 먹이 공급량을 조절하였다.

채묘는 수조 내에 부유하고 있는 유생이 보이지 않을 때까지 실시하였으며 기간은 5일정도 소요되었다. 채묘가 끝난 후부터 환수는 1일 1회전 정도 실시하였으며, 먹이는 *Phaeodactylum* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종 중 먹이상태에 따라 2~3종씩 혼합하여 1일 2회 공급하였다.

채묘 후 20일 정도부터 어린개불이 잠입한 곳의 작은 구멍이 보이기 시작했으

며 사육기간이 늘어남에 따라 구멍크기가 증가하고 구멍수도 증가하기 시작하였다. 개불 구멍은 시간이 지남에 따라 조금씩 증가하기 시작하여 채묘 후 약 40~50일경에 최대치를 보였다(그림 3).



그림 3. 플라스틱상자를 이용한 어린개불사육

채묘 후 30~40일경에는 어린개불이 체장 1cm 이상으로 성장하였으며 체색은 내장기관이 보일 정도로 투명하였다. 모래 속에 잠입해 있는 어린개불을 밖으로 꺼냈을 때 체표에 점액질이 많이 분비되어 모래가 뒤덮고 있었으며 모래 밖으로 꺼내놓고 30분정도 지나자 개불의 움직임에 의해 모래가 제거 되었다(그림 4).

채묘 초기에는 수색이 하루 종일 유지 될 정도로 먹이 섭취량이 적었으나 개불 구멍이 육안으로 확인되기 시작하면서 부터는 섭취량이 늘어나 먹이 공급 후 2~3시간 만에 먹이를 전부 섭취하여 수색이 맑아졌다. 개불은 해수 내 식물성플랑크톤 및 부유물질을 여과하여 섭취하는 여과식자로 먹이를 많이 공급하여도 체내에서 소화되기 전 새로운 먹이를 다시 섭취하고 기존 완전히 소화되지 않은 먹이를 다시 배출함으로 먹이를 공급함에 있어 하루 2~3회 정도 나누어 공급하는 것이 효율적일 것으로 사료된다. 채묘 후 약 100일 후에는 어린개불의 체장이 3cm 내외로 성장하였으며 체색은 옅은 주황색 또는 노란색을 띠고 있었고 어미개불의 형태를 띠고 있었다(그림 4).

수조 바닥에 모래를 깔고 사육한 바닥식 사육방법과 플라스틱상자를 이용해 사육한 다단식 사육방법의 수조 당 표면적을 비교해보면 바닥식은 21m², 다단식은 32.4m²로 다단식 사육방법의 수조 당 사육 표면적이 11.4m² 더 넓었다. 바닥식 사육에서의 생산량은 약 1만미, 다단식 사육에서의 생산량은 약 2만미로 2배 정도의 생산량 차이가 나타났다. 바닥식 사육에서 어린개불의 체중범위는 0.8~4.2g으로 대부분 3g이상 이었으며, 다단식 사육에서 어린개불의 체중범위는 0.2~3.4g으로 1~2g 사이의 개체가 많았다. 이러한 차이는 사육밀도와 먹이공급량 등에서 나타나는 것으로 사료되며 플라스틱상자를 이용한 다단식 사육 시 먹이공급량 증가와

분조를 통해 빠른 성장을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

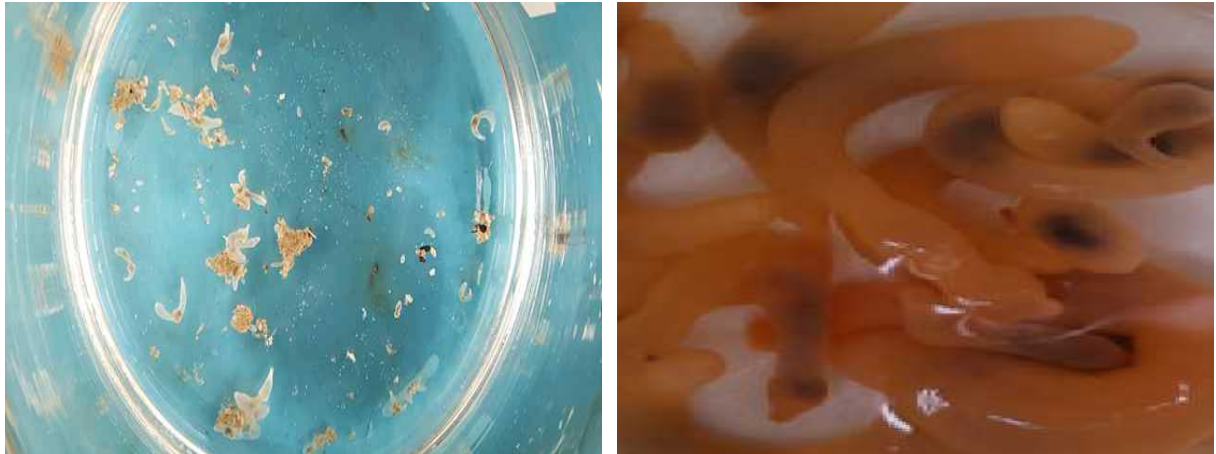


그림 4. 성장에 따른 어린개불의 형태 변화(좌 : 채묘 후 30일, 우 : 채묘 후 100일)

다단식 사육방법은 바닥식 사육방법에 비해 표면적을 높일 수 있어 생산량을 증가시킬 수 있으며 분조, 채집 등이 용이하여 어린개불 사육 시 사육편리성이 좋았다.

4. 어린개불 방류

생산된 어린개불은 2017년 10월 19일 인천 옹진군 선재해역에 30,000마리를 방류하였다. 선재해역에 방류한 어린개불은 방류 시 모래가 많이 섞인 사니질 바닥에 고랑을 파서 살포하는 방식과 물웅덩이에 살포하는 방식을 병행하여 실시하였다. 방류한 어린개불은 방류 후 저질 속으로 빠른 시간 내에 잠입하였다(그림 5).

잠입을 하지 못한 개체는 갈매기 등의 포식자에 의해 포식될 위험이 있어 방류한 대부분의 어린개불이 잠입할 때까지 방류지역 인근에 머물면서 포식자의 접근을 최대한 차단하였다.



그림 5. 어린개불 방류작업

IV. 요 약

1. 채란에 사용한 어미는 연구소로 이동 후 수온 13℃에서 2일간 안정시키며 장속의 배설물과 펄, 모래 등을 배출시켰다. 산란유도는 간출자극법과 수온자극법을 이용하였고, 플라스틱바구니를 이용하여 암컷과 수컷을 한 수조에 수용하여 채란을 실시하였다.
2. 수정란의 크기는 약 100~150 μm 이었으며 부화유생의 크기는 약 150~180 μm 이었다. 수정란 수는 약 2,000만립 정도였으며, 부화율은 약 1,800만미로 부화율은 약 90% 이었다.
3. 채묘까지 유생의 사육기간은 약 22일 정도 소요되었고, 수질악화를 방지하기 위해 2~3일에 한번 씩 사육수를 전량 교체하여 주었으며 사육수를 교체하지 않을 때는 바닥에 쌓인 배설물과 찌꺼기를 싸이폰으로 제거해 주었다. 먹이는 *haeodactylum* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였다.
4. 채묘는 부화 후 23일경 체절이 11개 정도 형성되었을 때 미리 준비한 채묘수조에 실시했으며, 1개 수조는 바닥에 8cm 높이의 모래를 깔아 채묘를 실시하였고 다른 2개 수조에는 사각플라스틱상자에 8cm 높이의 모래를 깔아 수조바닥에 1단으로 설치하여 채묘 하였다.
5. 수조 바닥에 모래를 깔고 사육한 바닥식 사육방법과 플라스틱상자를 이용해 사육한 다단식 사육방법의 수조 당 표면적을 비교해보면 바닥식은 21m², 다단식은 32.4m²로 다단식 사육방법의 수조 당 사육 표면적이 11.4m² 더 넓었다.
6. 바닥식 사육에서의 생산량은 약 1만미, 다단식 사육에서의 생산량은 약 2만미로 2배정도의 생산량 차이가 나타났다. 바닥식 사육에서 어린개불의 체중범위는 0.8~4.2g으로 대부분 3g이상 이었으며, 다단식 사육에서 어린개불의 체중범위는 0.2~3.4g으로 1~2g 사이의 개체가 많았다.
7. 생산된 어린개불은 2017년 10월 19일 인천 옹진군 선재해역에 30,000마리를 방류하였다. 선재해역에 방류한 어린개불은 방류 시 모래가 많이 섞인 사니질 바닥에 고랑을 파서 살포하는 방식과 물웅덩이에 살포하는 방식을 병행하여 실시하였다. 방류한 어린개불은 방류 후 저질 속으로 빠른 시간 내에 잠입하였다.

V. 참고문헌

- 여수대학교, 해양수산부 보고서, 2002. 개불 대량종묘생산 기술개발
- 경상남도수산자원연구소, 2011. 연구사업보고서. 130 ~ 138
- 인천광역시 옹진군, 2008. 옹진군 도서별 양식어장 적지조사 및 바지락 폐사저감 대책. 572PP.
- 해양수산부, 2006. 해양환경공정시험방법. 389pp.
- 강경호, 김재민, 2003. 개불, *Urechis unicinctus* 치충의 저질선택성 및 성장. 한국 양식학회지 16(1) : 24 ~ 30
- 최상덕, 김호진, 이원교, 곽은주, 윤호섭, 라성주, 이인곤, 2000. 한국산 개불의 생식주기. J. Aquaculture, 13(2) : 169 ~ 174.
- Arp, A.J., B.M. Hansen and D. Julian, 1992. Burrow environment and coelomic fluid characteristics of the echiuran worm *Urechis caupo* from populations at three sites in northern California. Marine Biology, 113 : 613 ~ 623.
- Choi, S. D., H. J. Kim, S. J. Rha, K. J. Choe and H. L. Suh, 1998. Studies on the commercial scale production of *Urechis unicinctus*(von Drasche) in southern Korea. I. The effect of temperature on embryos development. Bull. Yosu Natl. Univ. 13 : 983-992.
- Choi, S. D., H. J. Kim, S. J. Rha, S. Y. Hong, W. K. Lee and W. B. Lee, 1999. The effect of pH and salinity on egg development of *Urechis unicinctus*(von Drasche) in southern Korea. J. Aquaculture, 12 : 155-161
- Gould-Somero, M. and L. Hallands, 1975. Fine structural investigation of the insemination response in *Urechis caupo*. Dev. Biol., 46 : 358-369.
- Suer, A. L. and D. W. Phillips, 1983. Rapid, gregarious settlement of the larvae of the marine echiuran, *Urechis caupo* Fisher & MacGinitie 1928. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 67 : 243-259