

굴 패각을 이용한 바지락 양식장 저질개선 효과

박광재¹, 윤상필¹, 송재희¹, 한현섭², 오해종²

¹국립수산과학원 갯벌연구소, ²국립수산과학원 서해수산연구소

Improvement of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) Habitat Condition by Adding Crushed Oyster (*Crassostrea gigas*) Shells to the Substratum

Kwang-Jae Park¹, Sang-Pil Yoon¹, Jae-Hee Song¹, Hyun-Seob Han² and Hae-Chong O²

¹Tidal Flat Research Institute, NFRDI, Kunsan 573-882, Korea

²West Sea Fisheries Research and Development Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea

ABSTRACT

In an attempt to improve the substrate condition for Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) culture, crushed oyster (*Crassostrea gigas*) shells were spread on the muddy tidal flat of Namseong-ri, Podu-myeon, Goheung-gun, Jeollanam-do in April 2008. To test the suitability of the crushed oyster shell added substrate, seed clams were transplanted from Taehwa river estuary in Ulsan city in June 2008. Over 23 months of sampling, the mean grain size and the sorting in the experimental site containing the crushed oyster shell were significantly higher than the control site. The ignition loss, water content, chemical oxygen demand (COD) and acid-volatile sulfide (AVS) level were also significantly higher in the crushed oyster shell added substratum. Survival of the clams transplanted to the crushed oyster shell added substratum was significantly higher and all the clams transplanted to the normal muddy substratum died in August 2009, 13 months after the transplantation. At the end of the experiment in April 2010, the transplanted clams reached 36.10 mm in shell length and 8.92 g in total weight with survival of 43.5%. Our study suggested that crushed oyster shell added in the mud dominant substratum greatly improved living condition and survivability of clams.

Key words: Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, Substratum improvement, Oyster shell

서론

바지락 (*Ruditapes philippinarum*) 은 한국, 일본, 중국을 비롯하여 미국 북서 해안과 유럽 국가들의 조간대에 널리 분포하는 양식 종으로서, 서해안 갯벌의 패류 생산량을 좌우하는 중요한 어업자원이다. 바지락은 담수의 영향을 받으면서 간출시간 2-3시간 되는 곳에서부터 수심 3-4 m 사이인 조간대에 주로 분포하는 유용 양식 대상종으로서 양식은 경기도 연안의 간석지에서 1910년에 시작되었다고 보고되어 있으며, 본격적인 양식은 1980년대로 알려져 있다 (유, 2000).

서해안 갯벌에서 가장 중요한 양식 품종인 바지락 양식 생산량은 1992년에 53,648 톤으로 최고치를 나타낸 후, 1997년에는 7,703 톤으로 급격히 감소하였다가 2010년에는 23,430 톤으로 안정세를 유지하고 있다 (농림수산식품부, 2010). 바지락의 생산량 감소는 대규모 간척과 매립사업으로 인한 패류 서식장의 축소를 비롯하여 양식어장의 오염, 기생충 감염 (Park *et al.*, 1999; Park and Choi, 2001), 기후변화로 인한 대량폐사 (박 등, 2010) 때문으로 알려져 있다.

바지락에 관해서는 서식환경 및 서식밀도, 형태적 특성 (Choi, 1965; Choi *et al.*, 2000; Lee *et al.* 1999; Park *et al.*, 2010b), 여과섭식을 통한 갯벌의 자정작용 (Kohata *et al.*, 2003), 양식장 저질의 특성 (Cho *et al.*, 2001), 성장과 생식 (Robert *et al.*, 1993), 형태적 변이 (Kim, 1978; Yoo *et al.*, 1978; Kwon *et al.*, 1999), Lee *et al.* (1996), Kang *et al.* (2000) 와 Park *et al.* (2010a) 의 양식밀도에 따른 성장 및 비만, 생존의 차이에 관한 연구들이 있었다.

Received: September 28, 2011; Accepted: December 21, 2011

Corresponding author: Kwang-Jae Park

Tel: +82 (63) 467-4350 e-mail: kjpark@nfrdi.go.kr

1225-3480/24405

바지락 양식장의 저질은 사질과 니질이 적절하게 혼합되어 있는 곳이어야 한다. 퇴적물 구성에서 니질이 너무 많으면 바지락의 서식처가 안정하지 못하고 부유물질이 많아 바지락이 서식하기 어렵다. 이러한 지역에 바지락이 서식할 수 있게 모래를 살포하는 경우가 일반적이다. 그러나 모래는 가격이 비싸 모래를 대신하여 주위에서 쉽게 구할 수 있는 굴 패각을 사용하기도 한다. 굴은 남해안 지역에서 대량으로 양식되어 육질부를 제외한 패각이 폐기물로 지정되어 있으며, 처리 방안에 대하여 다각적인 노력이 강구되고 있다. 본 연구에서는 굴 패각을 분쇄하여 바지락 양식장 저질개선을 실시한 후 바지락을 씨뿌림하여 굴 패각 분쇄물이 바지락 양식장 저질개선과 바지락 서식에 어떤 효과를 나타내는지 조사하였다.

재료 및 방법

2008년 4월에 전남 고흥군 포두면 남성리 지선에서 바지락이 서식하기 어려운 니질의 양식장에 실험구와 대조구의 면적을 각각 30 m × 32 m로 같게 구분한 후, 실험구에는 폐기물로 처리되는 굴 패각을 2-3 cm로 분쇄한 20톤을 넣어주었다. 2개월이 경과한 2008년 6월에 울산 태화강에서 채취한 바지락 종패 (평균 각장 21.00 ± 2.83 mm, 전중량 1.86 ± 0.78 g) 를 실험구와 대조구에 각각 1 톤씩 씨뿌림하여 양식 가능성 여부를 조사하였다. 2008년 6월부터 2010년 4월까지 매월 1회 수온과 염분을 측정하였으며, 실험구와 대조구로 구분하여 저질을 채집하여 입도를 분석하였다.

퇴적물 입도분석은 퇴적물 시료에 유기물이 완전히 제거될 때까지 10% 과산화수소를 첨가하였으며, 잔류하는 과산화수소는 100℃ 이상으로 가열하여 증발시킨 후 3회 이상 증류수로 희석하여 퇴적물 내의 염분을 제거하였다. 처리된 시료는 63 μm의 표준체로 거른 후, 체에 걸린 사질 퇴적물은 건조하여 표준체로 분리하여 중량을 측정하였다 (Ingram, 1971). 63 μm의 표준체를 통과한 니질 퇴적물은 황산제 (Sodium hexametaphosphate) 를 0.5% 첨가한 후 자동입도분석기 (sedi-graph 5100) 로 분석하였다. 또한, 각 입도구간별로 측정된 자료는 통계 처리하여 평균 입도와 분급도를 계산하였으며, Folk (1968) 의 분류에 따라 퇴적물의 종류를 결정하였다.

퇴적물 환경을 파악하기 위하여 산취발성황화물 (AVS), 화학적산소요구량 (COD), 강열감량 (IL), 함수율은 해양환경공정시험방법 (해양수산부, 2002) 에 따라 분석하였다.

수질 환경을 파악하기 위하여 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소량은 다항목수질측정기 (Hydrolab MS 5, USA) 를 이용하여 현장에서 직접 측정하였다.

바지락을 씨뿌림한 조사지역에서 50 × 50 cm (0.25 m²) 방형구를 이용하여 무작위로 3회 반복 채집하여 생존개체와 폐사개체로 구분하여 생존률을 산정하였다. 채집된 바지락은

냉장 상태로 실험실로 옮긴 후 버니어캘리퍼스를 이용하여 각장, 각고, 각폭을 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 육중량은 개각하여 습중량으로, 패각 중량은 상온에서 건조시킨 후 전자저울로 0.1 g까지 측정하였다. 이것으로부터 비만도지수 (Condition Index) 를 다음과 같은 식으로 산출하였다. 비만도 (CI) = 체조직 습중량/패각 건조중량을 사용하였다.

굴 패각을 넣어준 저질 개선구와 넣어주지 않은 대조구의 퇴적환경 및 생물측정변수 차이의 유의성 검정을 위해 t-test 를 수행하였다. 이 때 등분산가정의 만족여부는 Levene's test를 통해 확인하였다. 통계분석에 사용된 패키지는 SPSS 11.0 (SPSS Inc. Chicago, IL)이었다.

결 과

조사해역의 수온은 2008년과 2009년 8월에 각각 26.3℃와 26.1℃로 높게 나타났다가 이후에 점차 감소하여 2009년과 2010년 1월에 각각 5.1℃와 4.2℃로 낮게 나타났다 (Fig. 1). 염분은 겨울철에 33.0-33.9 ‰로 높았다가 여름철에 강우의 영향으로 29.9-33.0 ‰로 낮게 나타났으며, 이후에 다시 증가하는 것으로 나타났다.

조사기간 동안 퇴적물의 입도를 분석한 결과, 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 2.61 ± 0.81, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 5.46 ± 0.83로 입도는 시험구에서 유의하게 컸다 (p < 0.001, Fig. 2). 시험구에서 평균 입도가 증가한 이유는 필만 있는 지역에 굴 패각이 넣어져 입자의 크기를 증가시켰기 때문이다. 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 시설 초기인 2008년 6월부터 9월까지 1.70-1.97 φ로 나타났으나, 시간이 경과하여 2010년 1월부터 4월까지 3.73-3.91 φ로 세립화되는 경향을 보였다. 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구에서는 시설 초기인 2008년 6월부터 9월까지 3.88-5.45 φ로 나타났으나, 시

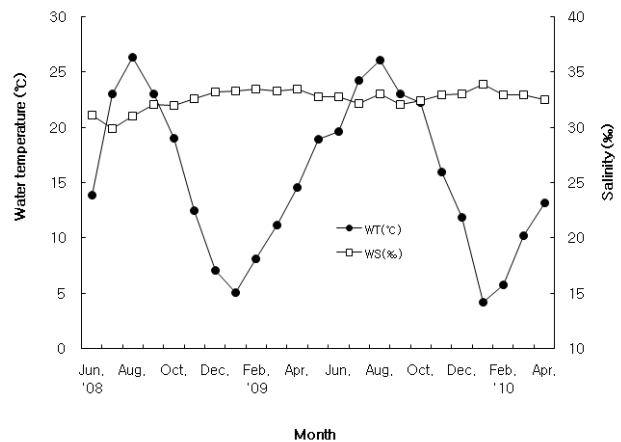


Fig. 1. Monthly variations in the water temperature and salinity in Goheung.

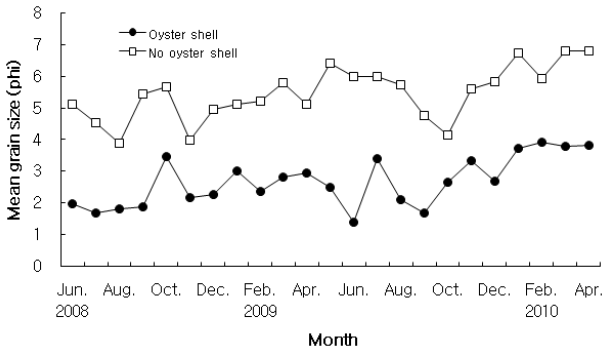


Fig. 2. Monthly variations in the mean grain size in the control site and the crushed oyster shell added site.

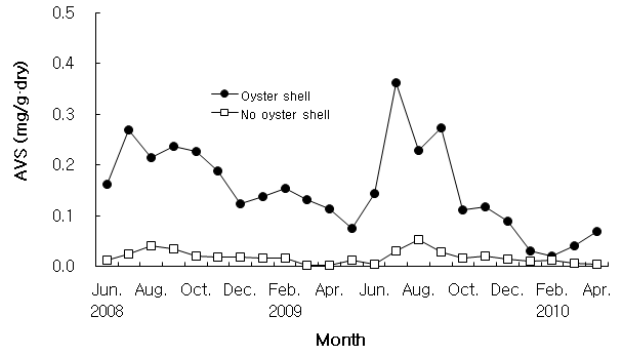


Fig. 4. Monthly variations in the acid volatile sulfide (AVS) content in the control substrate and the crushed oyster shell added substrate.

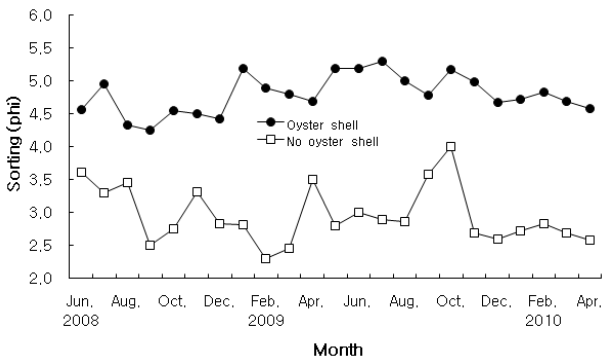


Fig. 3. Monthly variations in the sorting in the control substrate and the crushed oyster shell added substrate.

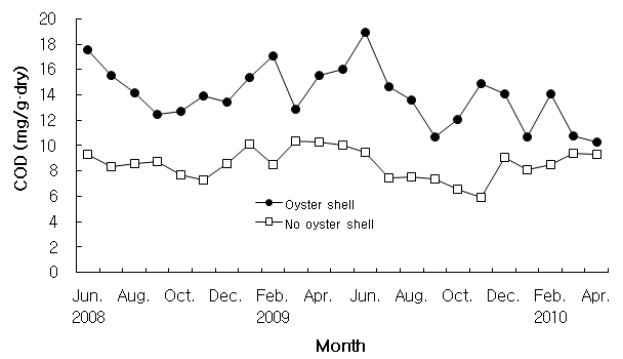


Fig. 5. Monthly variations in the COD in the control sediments and the crushed oyster shell added substrate.

간이 경과하여 2010년 1월부터 4월까지 5.91-6.81 φ로 세립화되는 경향을 보였다. 위의 결과에서 본 지역은 펄이 쌓이는 지역으로 판단된다.

조사기간 동안 퇴적물의 분급도를 분석한 결과, 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 4.78 ± 0.31, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 2.97 ± 0.43로 평균 분급도는 유의한 차이가 있었다 (p < 0.001, Fig. 3). 시험구에서 분급도가 증가한 이유는 펄만 있는 지역에 굴 패각이 시설되어 입자의 크기를 다양화시켰기 때문이다.

퇴적물에서 산취발성화합물의 평균 농도는 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 0.150 ± 0.085 mg/gdry, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 0.019 ± 0.013 mg/gdry로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.001). 조사시기에 따라 황화물의 농도는 시험구에서는 변동 폭이 컸으나 대조구에서는 변동폭이 작았다 (Fig. 4).

퇴적물의 화학적산소요구량은 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 14.022 ± 2.240 mg/gdry, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 8.617 ± 1.202 mg/gdry로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.001). 조사시기에 따라 화학적산소요구량의 농도는 시험

구에서는 변동 폭이 컸으나 대조구에서는 변동 폭이 작았다 (Fig. 5).

퇴적물의 강열감량은 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 6.572 ± 0.856%, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 4.109 ± 0.696%로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.001). 조사시기에 따라 강열감량의 농도는 시험구에서는 변동 폭이 컸으나 대조구에서는 변동 폭이 작았다(Fig. 6).

퇴적물에서 함수율은 굴 패각을 넣어준 시험구에서는 43.77 ± 2.70%, 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구는 37.38 ± 2.36%로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.001). 조사시기에 따라 강열감량의 농도는 시험구에서는 변동 폭이 컸으나 대조구에서는 변동폭이 작았다 (Fig. 7). 퇴적물 환경에서 황화물을 비롯한 화학적산소요구량, 강열감량, 함수율은 시기에 따라 차이를 보이고 있었으나, 바지락이 서식하는데 지장이 없는 범위로 판단된다.

시험기간 동안 바지락의 각장과 전중량의 성장은 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 2008년 6월에 평균 각장 21.00 ± 2.83 mm, 전중량 1.86 ± 0.78 g의 씨뿌림된 바지락이 23개월이 경과한 2010년 4월에 굴 패각을 넣어 저질개선을 한 실

굴 패각을 이용한 바지락 양식장 저질개선 효과

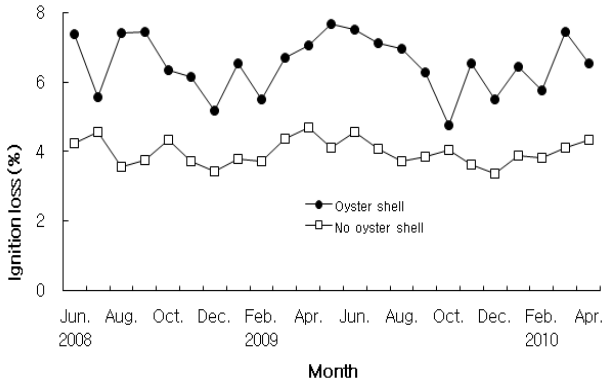


Fig. 6. Monthly variations in the ignition loss in the control sediment and the crushed oyster shell added sediment.

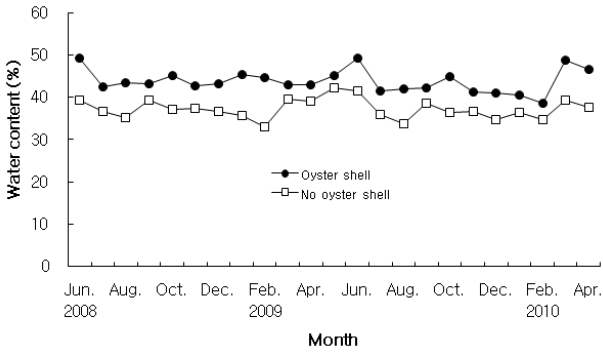


Fig. 7. Monthly variations in the water contents in the control sediment and the crushed oyster shell added sediment.

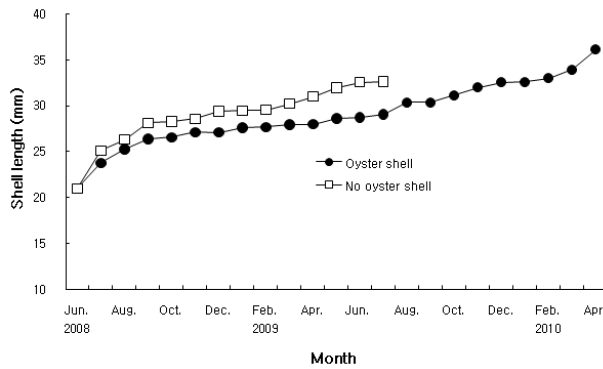


Fig. 8. Monthly variation in the shell lengths of *R. philippinarum*.

험구에서는 각각 36.10 ± 3.12 mm, 전중량 8.92 ± 3.25 g으로 성장하였으며, 굴 패각을 넣지 않고 니질이 많은 대조구에서는 13개월이 경과한 2009년 7월에 각각 32.62 ± 2.47 mm, 전중량 7.34 ± 1.39 g으로 모두 폐사하는 결과를 나타냈다. 각장과 전중량은 시간이 경과함에 따라 양호한 성장을 보였으며, 굴 패각을 넣어준 시험구와 굴 패각을 넣어주지 않

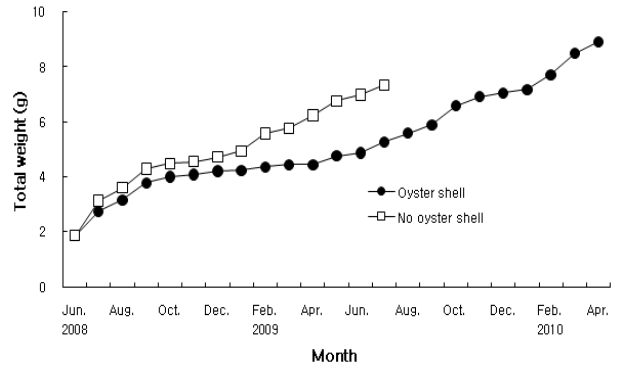


Fig. 9. Monthly variations in the total weight of *R. philippinarum*.

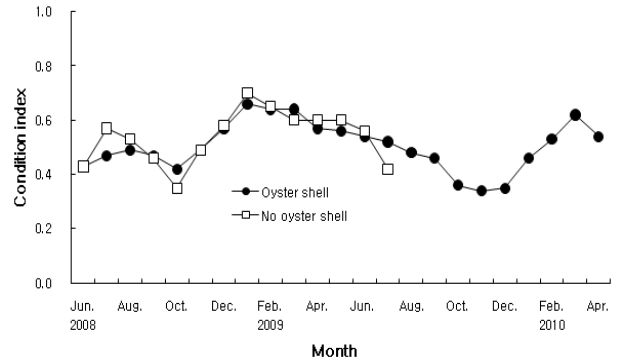


Fig. 10. Monthly variations in the condition index of *R. philippinarum*.

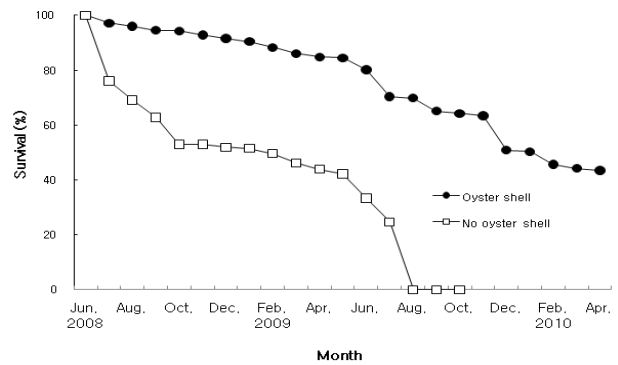


Fig. 11. Monthly variations in survival of *R. philippinarum*.

은 대조구간의 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다 ($p > 0.05$). 바지락의 비만도는 1월부터 5월까지 0.56-0.70으로 높았다가 이후에 지속적으로 감소하여 10월부터 12월까지 0.34-0.36으로 낮은 경향을 보였으며 (Fig. 10), 굴 패각을 넣어준 시험구와 굴 패각을 넣어주지 않은 대조구간의 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다 ($p > 0.05$).

시험기간 동안 바지락의 생존율은 Fig. 11에 나타내었다. 굴 폐각을 넣어 저질개선을 한 시험구에서 최종 생존율은 43.5%로 나타났으며, 굴 폐각을 넣지 않고 니질이 많은 대조구에서는 13개월이 경과한 2009년 7월에 모두 폐사하여 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.01$). 시험구에서는 점차적으로 생존율이 낮아진 반면, 대조구에서는 시험 시작 1개월 후인 2008년 7월과 2009년 8월에 급격하게 생존율이 낮아진 것으로 나타났다.

고 찰

바지락은 주로 갯벌에 서식하므로 온도와 염분의 변화에 강한 것으로 알려져 있으나, 고수온과 저염분의 복합적인 영향이 바지락의 생존, 성장 및 생식 등에 주요한 영향을 미친다고 하였다 (Shin *et al.*, 2000). 본 연구기간 동안 양식장의 수온은 4.2-26.3°C, 염분은 29.9-33.9 ‰로 고수온과 저염분 현상이 관찰되지 않아 수온과 염분은 바지락 서식에 적합한 것으로 판단된다. 바지락 양식장의 염분은 강우기인 여름철에도 대체적으로 높게 나타났는데 이는 양식장 쪽으로 유입되는 하천이 없어서 나타난 현상으로 생각된다.

Lee *et al.* (1999) 은 지역에 따라 차이가 있으나 바지락의 서식에 적합한 퇴적물은 사질 니토나 역사질 니토이며 분급이 매우 불량한 퇴적물에서 바지락의 서식량이 많을 것이라 하였다. 또한 서해안 주요 바지락 양식장 28개소의 퇴적물 분석 결과 바지락 서식밀도가 높은 어장의 퇴적물은 역니질사, 약역니질사로 나타났다 (국립수산과학원 서해수산연구소, 2010). 본 연구에서 굴 폐각을 넣어주지 않은 대조구의 입도는 5.46 ± 0.83 , 저질 형태는 사질 니토로 나타났으며, 굴 폐각을 넣어준 시험구의 입도는 2.61 ± 0.81 로 증가하고 니질역으로 나타났다. 대조구의 분급도는 2.97 ± 0.43 였으며, 시험구에서는 4.78 ± 0.31 로 시험구에서 분급도가 불량한 것으로 나타났다. 저질형태에서 시험구는 니질역으로 분급도가 불량하여 바지락이 생존할 수 있었으며, 대조구에서는 사질 니토로 분급도가 양호하여 바지락이 생존하기 어려웠던 것으로 판단된다.

굴 폐각을 넣어주지 않은 대조구에 비하여 굴 폐각을 넣어준 실험구의 퇴적물에서 산취발성화합물, 화학적산소요구량, 강열감량, 함수율이 높게 나타났다. 니질이 많은 대조구에는 수분의 침투공간이 적었으나 2-3 cm의 굴 폐각이 있음으로 인하여 공극이 증가하여 함수율이 증가하였으며, 굴 폐각에 부착한 유기물로 인하여 산취발성화합물, 화학적산소요구량, 강열감량이 모두 증가한 것으로 판단된다. 그러나 사질니의 지역에 역사질의 굵은 모래를 살포한 경우에는 산취발성화합물, 화학적산소요구량, 강열감량, 함수율이 모두 감소한 것으로 나타나 (국립수산과학원 갯벌연구소, 2011), 본 연구결과와는 상반된 결과를 보여 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Kang *et al.* (2000) 은 평균 각장 13.8 ± 0.04 mm, 전중

0.5 ± 0.08 g의 고흡산 바지락 치패를 12개월간 양성한 결과, 가막만에서 각장 35.4 ± 1.22 mm, 전중 10.0 ± 0.61 g, 진해만에서 각장 31.9 ± 1.72 mm, 전중 7.8 ± 0.41 g으로 가막만이 진해만보다 성장이 좋았다고 보고하였다. 본 연구에서는 평균 각장 21.00 ± 2.83 mm, 전중량 1.86 ± 0.78 g의 울산산 바지락 치패를 23개월간 양성한 결과, 굴 폐각을 넣어 저질개선을 한 실험구에서는 각장 36.10 ± 3.12 mm, 전중량 8.92 ± 3.25 g으로 성장하였으며, 굴 폐각을 넣지 않은 대조구에서는 13개월이 경과하여 각장 32.62 ± 2.47 mm, 전중량 7.34 ± 1.39 g으로 성장하였으나 모두 폐사하는 결과를 나타냈다. 시험을 시작한 바지락의 크기와 양성기간은 다르지만 가막만과 성장을 비교하여 보면, 본 연구지역인 고흡에서 성장이 느린 것으로 나타났는데, 이러한 원인이 해역의 차이인지 저질 조성 때문인지에 대한 연구는 계속되어야 할 것으로 생각된다.

경기만 4개 바지락 양식장에서 바지락의 건강도를 나타내는 요소 중 하나인 비만도는 1월 평균 0.48에서 2월에는 0.39로 감소하여 최저를 보였으며, 이후 점차 증가하여 5월에 0.64로 최대를 보이고 지속적으로 감소하여 12월에 0.40으로 감소하는 경향을 보였다 (Park *et al.*, 2010). 본 연구에서 바지락의 비만도는 1월부터 5월까지 0.56-0.70으로 높았다가 이후에 지속적으로 감소하여 10월부터 12월까지 0.34-0.36으로 낮은 경향을 보였다. 바지락과 같은 이매패류는 산란기에 비만도의 값이 급격히 변화하는 것으로 알려져 있다 (Won and Hur, 1993). 따라서 비만도의 시기에 따른 차이는 서해안과 남해안의 바지락 산란시기의 차이로 인한 결과로 판단된다.

Lee *et al.* (1996) 은 13개월간 전남 승주 바지락 양식장에서 산지별 바지락 최종 생존율은 하동산, 울산산, 고창산이 각각 69.4%, 63.8%, 41.7%로 고창산이 가장 낮았다고 보고하였다. 본 연구에서는 굴 폐각을 넣어 저질개선을 한 시험구에서 23개월간 최종 생존율은 43.5%로 나타났으며, 굴 폐각을 넣지 않은 대조구에서는 13개월이 경과하여 모두 폐사하였다. 또한 시험구에서는 점차적으로 생존율이 낮아진 반면, 대조구에서는 시험 시작 1개월 후인 2008년 7월과 2009년 8월에 급격하게 생존율이 낮아진 것으로 나타났다. 시험 개시 13개월 후에 시험구에서는 80.1%, 대조구에서는 33.3%와 비교하면 시험구에서는 생존율이 높으나 대조구에서는 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 굴 폐각을 분쇄하여 양식장에 투입하였을 때 바지락이 서식할 수 있는 효과를 나타내었지만 굴 폐각 입자 크기와 면적당 투입량, 시멘트 같은 경질화 진행 등에 대한 연구도 계속되어야 할 것으로 생각된다.

본 실험의 목적이 굴 폐각을 이용한 바지락 양식장 저질개선 시험으로 저질조성이 양호한 양식장에 울산산 바지락 종패를 씨뿌림 하였을 경우에는 더욱 높은 생존율을 보일 것으로

생각된다. 본 실험에 사용된 울산 태화강의 바지락 종패는 전남 등 남해안에서 선호하는 종패로 알려져 있으나, 울산산 바지락은 노출과 추위에는 적응하지 못한 집단으로 서해안 양식장에 씨뿌림은 충분한 실험이 필요할 것으로 판단된다.

Lee *et al.* (1969) 은 바지락이 밀집되어 서식하는 퇴적물 조성은 가는 모래가 10~35%, 굵은 모래가 50~90%라고 보고하였다. 바지락 양식장을 확대하거나 저질개선을 위하여 사질이 적고 니질이 풍부한 지역을 이용하는데, 이때 저질에 바지락이 서식할 수 있게 굵은 모래를 살포하는 경우가 일반적이다. 주변에 굴 패각이 많은 지역에서는 모래 대용으로 굴 패각을 활용하고 있으나, 본 연구결과 니질 바지락 양식장의 저질개선을 위하여 굴 패각만으로는 정상적인 양식이 어려우므로 굵은 모래 살포가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

2008년 4월에 전남 고흥군 포두면 남성리 지선에서 바지락이 서식하기 어려운 니질의 양식장에 폐기물로 처리되는 굴 패각을 분쇄하여 넣어준 후, 2008년 6월에 울산 태화강에서 채취한 바지락 종패를 씨뿌림하여 양식 가능성 여부를 조사하였다. 조사해역 저질의 입도분석에서 굴 패각을 넣어준 시험구에서 대조구에 비하여 평균 입도와 평균 분급도는 증가한 것으로 나타났다. 또한 퇴적물에서도 산화발성황화물 (AVS), 화학적 산소요구량 (COD), 강열감량 (IL), 함수율이 굴 패각 시험구에서 증가한 것으로 나타났다.

굴 패각을 이용한 바지락 양식장 저질개선 후, 2008년 6월에 평균 각장 21.00 mm, 전중량 1.86 g을 씨뿌림하였다. 23개월이 경과한 2010년 4월에 굴 패각 시험구에서는 각장 36.10 mm, 전중량 8.92 g으로 성장하였으며, 최종 생존율은 43.5%로 나타났다. 그러나 굴 패각을 넣지 않은 대조구에서는 13개월이 경과한 2009년 7월에 각장 32.62 mm, 전중량 7.34 g으로 성장은 빠르게 나타났으나, 모두 폐사하는 결과를 나타냈다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 갯벌의 생태환경 특성을 활용한 생산성 평가 및 향상 (RP-2011-AQ-46) 과제의 일환으로 추진되었습니다.

REFERENCES

Cho, T.J., S.B. Lee and S.Y. Kim, (2001) Sedimentological and hydromechanical characteristics of bed deposits for the cultivation of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Gomso tidal flat. *J. Korean Fish. Soc.*, **34**: 245-253 (in Korean).
 Choi, S., (1965) On the morphological variations and

special feature of the elongated and the stunted forms in the short necked clam, *Tapes japonica* in the west coast of Korea. *The Korean Journal of Zoology*, **58**: 56-63 (in Korean).
 Choi, Y.S., Y.R. Cho and C.S. Lee, (2000) The relationship between environmental conditions and morphological characteristics of manila clam, *Ruditapes philippinarum* in the west coast of Korea. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, **58**: 56-63 (in Korean).
 Folk, R. L., (1968) Petrology of sedimentary rocks Hemphill's Aystin, Texas, 170pp.
 Ingram, F. L., (1971) Sieve analysis in procedures in sedimentary petrology. Ed by Carver, R. E. Wiley-Interscience, 69-94.
 Kang, K.H., J.Y. Chang and Y.H. Kim, (2000) Growth comparison of short neck clams, *Tapes philippinarum* between the two culturing areas. *Korean Journal of Malacology*, **16**(1-2): 49-54 (in Korean).
 Kim, Y.H., (1978) Study on the morphological variation of short necked clam, *Tapes japonica* (DESHAYES). *Bull. Gunsan Fish. J. Coll.*, **12**(2): 23-26 (in Korean).
 Kohata, K., T. Hiwatarai, T. Hagiwara, (2003) Natural water-purification system observed in a shallow coastal lagoon. *Mar. Pollut. Bull.*, **47**(1-6): 148-154.
 Kwon, J.Y., J.W. Park, Y.H. Lee, J.Y. Park, Y.K. Hong and Y.J. Chang, (1999) Morphological variation and genetic relationship among populations of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* collected from different habitats. *J. Fish. Sci. Tech.*, **2**(1): 98-104.
 Lee, C.K., N.K. Chang and S.S. Choi, (1969) Studies on environmental factors in marine bivalve culture. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **2**(1): 33-40 (in Korean).
 Lee, Y.H., Y.J. Chang, H.K. Lim and G.S. Chung, (1996) Comparison of growth and survival rate in shortnecked clams, *Ruditapes philippinarum* from different seedling production areas. *Journal of Aquaculture*, **9**(3): 223-232 (in Korean).
 Lee, C.S., Y.S. Choi and Y.R. Cho, (1999) Stocking density and culturing environment of the manila clam (*Ruditapes philippinarum*). *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, **56**: 177-186 (in Korean).
 Park, K.I., K.S. Choi and J.W. Choi, (1999) Epizootiology of *Perkinsus* sp. found in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Komsoe bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, **32**: 303-309 (in Korean).
 Park, K.I. and K.S. Choi, (2001) Spatial distribution of the protozoan parasite *Perkinsus* sp. found in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Korea. *Aquaculture*. 203: 9-22.
 Park, K.I., H.S. Yang, D.H. Kang and K.S. Choi, (2010a) Density dependent growth and mortality of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* reared in cages in Gomso-bay, Korea. *Korean J. Malacol.*, **26**:

- 91-95.
- Park, K.J., Y.S. Choi, S. Heo, H.W. Kang, H.S. Han and H.C. O, (2010b) Report on the sediment types, environmental parameters, density and biometry of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Gyeonggi Bay off the west coast of Korea. *Korean J. Malacol.*, **26**: 267-273 (in Korean).
- Robert, R., G. Trut and J.L. Laborde, (1993) Growth, reproduction and gross biochemical composition of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in the Bay of Arachon, France. *Marine biology*. **116**: 291-299.
- Shin, Y.K, Y. Kim, E.Y. Chung and S. B. Hur, (2000) Temperature and salinity tolerance of the manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *J. Korean Fish. Soc.* **33**(3): 213-218 (in Korean).
- Won, M.S. and S.B. Hur, (1993) Fatness index and spat occurrence of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Aquaculture*, **6**(3): 133-146 (in Korean).
- Yoo, S.K., Y.J. Chung and H.Y. Ryu, (1978) Biological studies on the propagation of important bivalves. 6. morphological characteristics of the short necked clam, *Tapes japonica*. *Bull. Nat'l. Fish. Univ. Busan Nat. Sci.*, **18**(1-2): 89-94 (in Korean).
- 국립수산물과학원 서해수산연구소, (2010) 태안어장 정밀조사 및 복원사업. 498pp.
- 국립수산물과학원 갯벌연구소, (2011) 태안군 유류피해지역 채묘 환경 개선사업. 93pp.
- 농림수산물식품부, (2010) 2010 농림수산물식품 통계연보. 457pp.
- 박광재, 송재희, 한현섭, 오해중, (2010) 서해안 봄철 바지락 폐사현황 및 원인. FSAK 2010, 39pp.
- 유성규, (2000) 천해양식. 구덕인쇄소. 부산, 262pp.
- 해양수산부, (2002) 해양환경공정시험방법. 서울, 330pp.