

서해 지역별 굴 *Crassostrea gigas* 성장 특성, 유생 출현량 및 채묘율

임현정¹, 백상호², 임매순³, 최은희¹, 김수경¹

¹국립수산물연구원 서해수산연구소, ²한국수산자원관리공단, ³충청남도 수산관리과 서산사무소

Regional Variations in Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* Growth and the Number of Larvae Occurrence and Spat Settlement along the West Coast, Korea

Hyun Jeong Lim¹, Sang Ho Back², Mae Soon Lim³, Eun Hee Choi¹ and Su Kyoung Kim¹

¹West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea

²Korea Fisheries Resources Agency, Busan, 612-020, Korea

³Seosan Branch, Fisheries Management Office, Chungcheongnam-do, Daesan, 356-870, Korea

ABSTRACT

Due to the oil spill incident in December 2007, every facility of oyster culture was removed in western coast especially in Taean and Seosan. To restore oyster resources in Taean and Seosan, we brought oyster seeds from southern area and monitored their growth. In addition we monitored the culture environment throughout the year, and observed the number of oyster larvae and attached spats on collectors during summer. The factors of water environment were appropriate for oyster culture in both study area. The growth of shell height was larger in Uihang-ri, Taean than Jungwang-ri, Seosan. Spawning was more intensive in a short time in Jungwang-ri, Seosan than Uihang-ri, Taean. The number of oyster larvae and spats of collectors were much more in Jungwang-ri, Seosan than Uihang-ri, Taean. This study showed that transplantation of healthy oyster seeds from southern area can be a way of restoration of oyster resources in western coast. In addition, systematic approaches are necessary by building a better understanding of regional characteristics to restore and enlarge the oyster culture farms in western coast. In summary Uihang-ri, Taean will be appropriate for cultivation farms and Jungwang-ri, Seosan for seedling grounds to increase oyster culture productivity.

Key word; oyster, *Crassostrea gigas*, growth, larvae, spat, restoration, transplantation

서론

굴은 2010년 기준 세계 총생산량이 460만톤에 달하는 주요 수산물의 하나이다 (MIFFAE, 2010). 우리나라의 굴 생산량은 중국에 이어 2위에 달할 만큼 굴 양식이 차지하는 비율은 매우 높다. 국내 굴 생산량의 대부분을 차지하는 굴, *Crassostrea gigas*은 남해안에서는 수하식, 서해안에서는 바닥식, 말복식, 포장끈식 및 간이수하식 등의 방법으로 양식된

다 (Hur *et al.*, 2008). 굴은 서식 지역과 양식 방법 등에 따라 형태적, 생화학적 차이를 나타내며 그 특징에 따라 생식용, 젓갈용 및 구이용 등 다양한 용도로 유통되고 있다. 특히 서해안의 전통적 굴 양식방법은 매일 일정시간 공기 중에 노출되는 단련 시간을 가져 남해안 굴에 비하여 작고 고유의 식감을 가지는 것으로 평가되어 서해안 굴을 선호하는 소비자층이 형성되어 있다. 그러나 2007년 12월 충남 태안 해상에서 발생한 Hebei Spirit호 (HS호)의 유류 유출 사고로 인하여 충남 서산 및 태안 지역의 굴 양식장이 대부분 철거되었다. 굴과 같은 정착성 패류는 운동성이 있는 어류에 비하여 유류 오염 사고에 의한 영향이 더욱 크고 회복 속도도 느린 것으로 보고되어 있다 (O'Conner, 1996; Vinas *et al.*, 2009). 따라서 사고 영향 지역의 패류 양식장을 복원하기 위해서는 양식 환경 개선을 확정한 후 모패의 이식, 양식방법의 개선 등과 같은 적극적인 노

Received: September 14, 2012 ; Accepted: September 22, 2012

Corresponding author: Su Kyoung Kim

Tel: +82 (10) 9061-6828 e-mail: sk6333@nfrdi.go.kr

1225-3480/24448

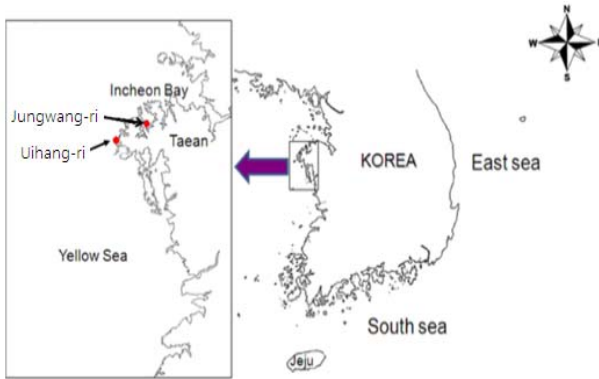


Fig. 1. Location of the study area.

력이 요구된다. Kim *et al.* (2010) 은 HS호 유류 유출 사고 이후 태안 양식어장에서 잔존유류의 농도 변화를 모니터링하여 2008년 2월 이후부터 해수 중 유분의 농도가 빠르게 회복됨을 보고하며 굴 양식장의 회복을 위해서는 건강한 자원의 유입이 필요함을 언급한 바 있다. 또한 Jeong *et al.* (2010) 은 HS호 유류 오염지역의 수산물 중 다환방향족탄화수소류 (PAHs) 분석 및 위해 평가를 통하여 사고 영향 지역의 수산물내 PAHs 함량이 인체 위해 영향 발생 우려가 낮은 수준이라고 보고한 바 있다.

이에 본 연구는 유류 사고의 영향이 컸던 서산과 태안 지역의 굴 양식장을 복원하기 위하여 2008년 남해안 거제에서 생산된 굴 채묘연을 2009년에 옮겨와 성장이 안정된 2010년 1월부터 12월까지 양성시험을 실시하여 두 지역의 굴 양식장 환경과 성장 특성을 파악하고 두 지역의 굴 유생 출현량과 채묘율을 조사하여 자원 복원 효과 및 양식장 개발 방향을 검토해 보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 굴 채묘연 운송 및 시설

남해안 거제 지역에서 2008년에 생산된 채묘연을 아이스팩이 담긴 스티로폼 박스에 넣고 해수로 적신 티슈를 덮어 2009년에 서해안으로 운반하였다. 이식시 치패의 크기는 각고 2-3 mm 내외였으며 운반된 채묘연은 바로 간이수하식 시설에 걸어 고정하였다.

2. 시험어장

시험어장은 충남 태안군 소원면 의항리 지선과 서산시 지곡면 중왕리 지선으로 전통적으로 굴 양식이 성행하던 지역이었으며 공기 중 노출이 일간 3-5시간 정도되는 지점에 간이수하식 시설을 설치하였다 (Fig. 1).

3. 양식 환경

두 지역의 양식 환경을 모니터링하기 위하여 매월 1회 수온, 염분, 용존산소, pH, 부유물질 (Suspended Particulate Matter; SPM), COD 및 영양염류 (TN, TP) 를 측정하였다. 수온, 염분, 용존산소 및 pH는 YSI 6000 microprobe system (Yellow Springs, YSI Life Science, OH, USA) 을 사용하여 현장에서 측정하였다. SPM, COD 및 영양염류는 해양환경공정시험법 (MOMAF, 2005) 에 따라 분석하였다. 또한 두 지역의 식물플랑크톤 현존량, 종 조성 및 우점종을 파악하여 먹이환경에 따른 성장 특성을 비교 검토하였다. 식물플랑크톤의 채집은 Van Dorn 채수기로 채수하였다. 채집된 해수시료는 1 L용 폴리에틸렌 표본병에 넣어 Lugol's 용액으로 최종농도가 0.2%가 되도록 현장에서 고정하였다. 실험실에서 고정된 해수시료를 침전법에 의하여 24시간 침전시킨 후 상등액을 버리고 농축된 시료를 사용하여 정량과 정성 분석하였다. 시료의 농축은 Siphone을 이용하여, 자연낙하방법으로 최종농도가 100-200 mL이 되도록 농축하여 검경 시료로 사용하였다. 정량분석은 농축된 시료를 균일하게 희석한 후 1 mL를 취하여 Sedgwick Rafter 계수판에 넣고 광학현미경 (BX40F, Olympus Optical Co. LTD, JAPAN) 의 150배에서 엽록체를 함유하고 있는 세포를 계수한 후 해수의 단위체적당 세포수를 플랑크톤 현존량으로 환산하였다. 정성분석은 농축된 시료를 적당량 slide glass위에 놓고 400-1,000배하에서 검정동정하였다. 우점종의 선별은 전체 현존량의 5%이상 생물량을 기록한 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 정점의 식물플랑크톤 현존량 중에서 어떤 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제 1우점종으로 선정하였다.

4. 성장 특성

이식된 굴은 2009년 당년에 서해안 양식 환경에 적응시키고 난 후 2010년부터 성장특성을 파악하기 시작하였다. 성장 모니터링은 월별 50개체씩 패각의 성장, 전중량 및 육중량을 측정하였으며 이를 토대로 연체부지수를 환산하였다. 패각 성장은 각고를 기준삼아 버어니어 캘리퍼스 (CD-20CPX, Mitutoyo Corp., Japan) 로 측정하였고 전중량 및 육중량은 전자저울로 0.01 g (HH320, Ohaus Corp., USA) 까지 계측하였다. 연체부지수는 Akashige and Fushimi (1992) 의 방법에 따라 계산하였다.

$$\text{연체부지수 (Fatness)} = (\text{육중량} / \text{전중량}) \times 100$$

5. 굴 이식 효과

두 지역의 굴 자원 복원 효과를 판단하기 위하여 유생 출현량과 채묘율을 조사하였다. 유생 출현량은 2010년 7월부터

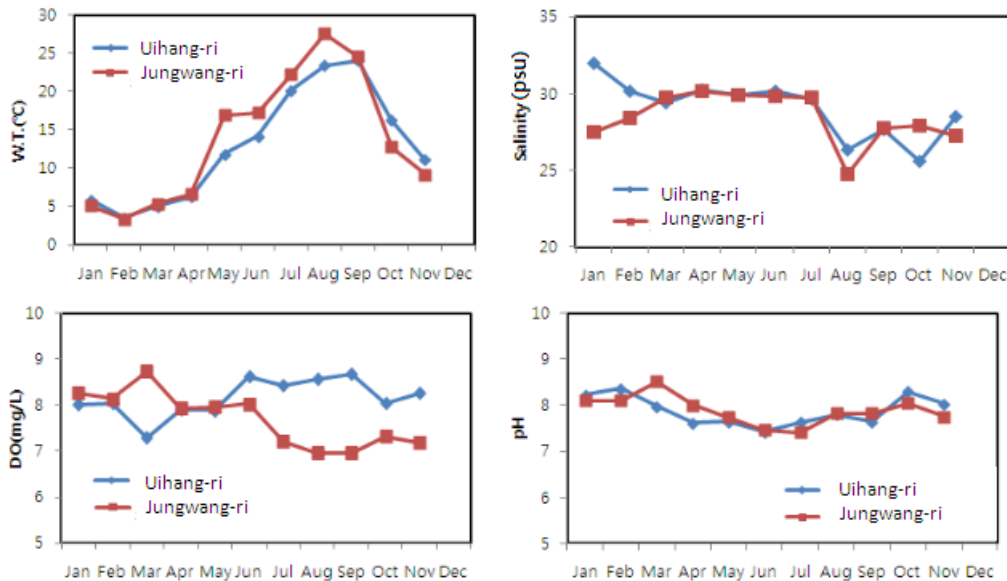


Fig. 2. Monthly changes of water temperature, salinity, DO and pH in study area.

10월초까지 2주 간격으로 만조시 선박에 승선하여 망목 50 μm의 플랑크톤 네트를 표층에서 5 m 끌어 채집하였다. 채집된 유생은 Lugol 용액으로 고정하여 실험실로 운반하여 농축된 시료를 균일하게 희석한 후 1 mL를 취하여 Sedgwick Rafter 계수판에 넣고 광학현미경 (BX40F, Olympus Optical Co. LTD, JAPAN) 하에서 검경하였다.

채묘 시설은 양식 실험을 진행하고 있는 간이수하식 시설 주변에 6월에 설치하였다. 설치 면적은 의항리는 50 m × 25 m 면적에, 중왕리는 50 m × 50 m 면적에 6월에 설치하였다. 채묘연은 각고 8.5 cm 내외의 가리비 패각을 10 cm 간격으로 끼워 1.2 m 길이로 제작하였고 50 cm 간격으로 시설하였다. 채묘율은 7월부터 매달 5개의 채묘연 중 상층 (상층부터 20-50 cm), 중층 (50-80 cm), 하층 (80-120 cm) 에 해당하는 채묘기 각 3개에 부착된 치패의 수를 계수하여 파악하였다.

6. 통계분석

두 지역에서 자란 굴의 각고의 차이는 매월 측정값을 ln 값으로 환산하고 지수식으로 추세선을 구한 뒤, 추세선의 기울기에 대한 유의차를 0.05 수준에서 t-test를 통하여 유의성을 검정하였다. 유생 출현량 및 채묘율 또한 t-test (쌍체비교) 로 유의성을 검정하였다 (p < 0.05). 통계 프로그램은 MS Excel 2007을 사용하였다.

결 과

1. 양식환경

두 지역의 수온은 20-30°C 범위로 크게 차이는 없었으며,

굴 양식에 적합한 범위로 조사되었다. 다만 여름철 수온 상승은 중왕리에서 급격하게 관찰되었고, 여름철 고수온과 겨울철 저수온이 중왕리에서 더 뚜렷하게 관찰되었다. 염분은 1월에 의항리에서 가장 높게 나타났으며, 8월 중왕리에서 강우에 의하여 가장 낮게 관찰되었다. 그러나 두 지역 염분의 범위는 25-33 psu 사이로 굴 양식에 적합한 범위였다. 수온, 염분과 달리 용존산소는 두 지역간 다소의 차이가 있었다. 즉 5월 이후 중왕리보다 의항리에서 용존산소가 약간 높은 경향을 나타내었으나, 두 지역 모두 수산생물 양식에 적합한 범위를 유지하였다. pH는 두 지역 모두 7-9의 범위로 수산생물 양식에 적합한 범위였으며, 겨울철에는 태안 의항리에서, 봄·가을에는 서산 중왕리에서 약간 높은 경향을 나타내었다 (Fig. 2).

영양염 농도 중 총질소의 농도는 0.035-0.806 mg/L의 범위로 6월 중왕리에서 최고값을 나타내었으며, 10월 의항리에서 최저값을 나타내었다. 연간 범위 및 월간 농도 변화는 의항리에서 다소 완만한 경향을 나타내었다. 총인 농도는 두 지역 비슷하게 0.013-0.066 mg/L의 범위로 조사되었다. 의항리, 중왕리 두 지역에서 공통적으로 8월에 총인의 농도가 최고값을 나타내었으며, 봄, 가을에 낮은 경향을 나타내었다. SPM의 양은 5월부터 중왕리에서 높은 경향을 나타내었다. 특히 9월에 두 지역 모두 연간 최고값을 나타내었다. COD 농도의 변화는 의항리가 0.42-2.99 mg/L, 중왕리가 0.22-3.67 mg/L의 범위로 조사되어 중왕리 지역의 변화 폭이 더 큰 것으로 조사되었다. 특히 10월 중왕리의 COD 농도는 조사 기간 중 최고값이었다 (Fig. 3). 두 지역의 해수 수질은 일부 기간을 제외하고는 해역별 수질등급 기준 등급 II에 해당하여 수산생물의

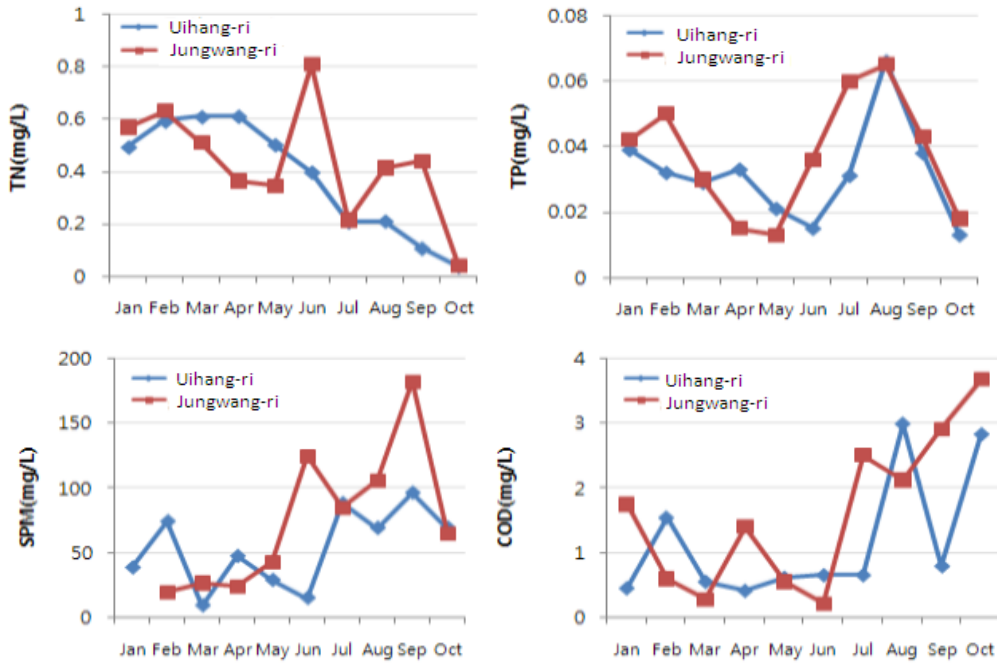


Fig. 3. Monthly changes of TN, TP, SPM and COD in study area seawater.

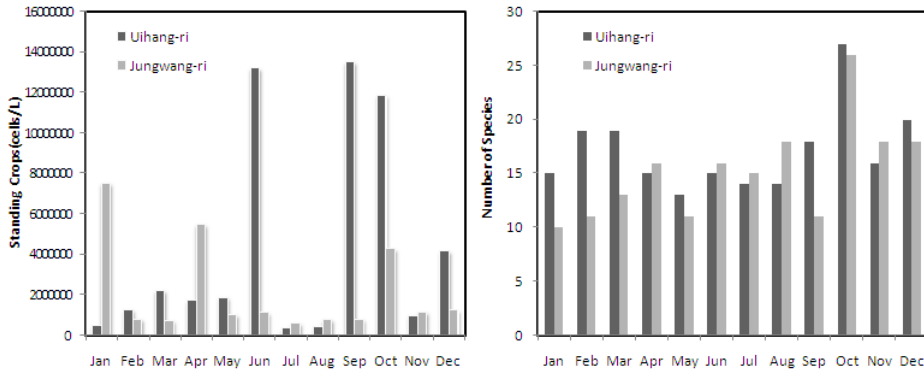


Fig. 4. The standing crops and number of species of phytoplankton in study area sea water.

양식에 적합한 것으로 조사되었다.

연간 식물플랑크톤 현존량의 범위는 의항리가 $50\text{-}1,352 \times 10^4$ cells/mL, 중왕리가 $63\text{-}753 \times 10^4$ cells/mL로 봄, 가을철 의항리 지역 식물플랑크톤 현존량은 중왕리에 비하여 높았으며, 여름철 현존량은 두 지역에서 비슷하였다. 의항리 지역 6월, 9월 및 10월에는 식물플랑크톤 현존량의 폭발적 증가가 있었는데, 이 시기의 우점종은 규조류 *Chaetoceros* sp., *Cylindrotheca* sp., *Skeletonema* sp. 등이었다. 또한 두 지역의 식물플랑크톤 종 조성은 10종-25종 내외로 단일종이 우점하여 적조가 발생하는 등의 식물플랑크톤에 의한 양식 저해 현상은 발생하지 않았다 (Fig. 4 및 Table 1, 2).

2. 굴 성장

남해안에서 채묘된 굴을 서해안으로 이식하여 2년 양성한 결과, 의항리에서 양성한 굴의 각고는 6.0 ± 0.8 cm, 중왕리에서 양성한 굴은 5.5 ± 0.6 cm로 성장하여 의항리에서 키운 굴이 약간 큰 경향을 나타내었다 ($p < 0.05$). 연체부지수는 의항리산이 14.0-22.8, 중왕리산이 13.5-23.0의 범위로 조사되어, 연간 연체부지수는 큰 차이가 없었으나 월별 연체부지수 간에는 다소 차이가 관찰되었다. 즉, 중왕리산 굴은 연체부지수가 4월부터 높아지기 시작하여 7월까지 높았으며, 8월에 급격한 저하가 관찰되었고 의항리에서도 8월에 연체부지수의 급격한 저하가 관찰되기는 하였으나 중왕리산에 비하여 완만한 저하를 나타내었다 (Fig. 5).

Table 1. The composition and standing crops of phytoplankton in Uihang-ri, Taean

Species	Jan	Fed	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Achnanthes</i> sp.	36,946	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinoptychus senarius</i>	0	12,296	0	0	0	0	0	0	0	0	12,200	24,634
<i>A. splendens</i>	0	12,296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	12,307	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,200	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	12,315	0	123,061	98,421	36,895	0	0	24,586	24,597	0	0	295,610
<i>A. kariana</i>	0	0	258,333	36,908	0	48,571	0	0	24,597	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,429	0	0
<i>Bacteriastrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,037	0	0
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123,037	12,200	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,429	0	0
<i>C. danicus</i>	0	0	86,111	0	12,298	0	0	0	0	123,037	0	492,683
<i>C. debilis</i>	0	245,924	332,143	0	0	0	0	0	2,558,065	7,382,199	0	1,576,585
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	86,073	86,111	0	0	0	0	12,293	98,387	369,110	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	24,631	12,296	73,810	49,211	24,597	0	24,613	0	0	418,325	305,000	73,902
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	24,597	0	0	24,634
<i>Coscinodiscus</i> sp.	61,576	135,258	36,905	24,605	0	24,286	0	12,293	393,548	123,037	73,200	221,707
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	12,296	0	0	0	4,857,143	12,307	0	0	24,607	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	12,307	0	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	36,946	61,481	24,603	12,303	0	0	0	12,293	122,984	73,822	0	24,634
<i>Eucompia zodiacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	73,757	49,194	98,429	0	0
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	0	0	5,780,000	24,613	0	0	196,859	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	49,194	221,466	73,200	197,073
<i>G. flaccida</i>	0	0	0	0	0	0	0	24,586	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,607	0	0
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	0	0	0	12,303	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	194,286	12,307	0	0	0	12,200	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	98,387	0	0	0
<i>Melosira nummuloides</i>	49,261	122,962	24,603	0	0	0	0	0	0	98,429	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	24,603	24,605	36,895	242,857	61,534	24,586	24,597	24,607	36,600	0
<i>Nitzschia levidensis</i>	0	0	0	12,303	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. longissima</i>	0	24,592	2	12,303	12,298	388,571	12,307	12,293	0	0	0	24,634
<i>N. longissima v. reversa</i>	0	12,296	0	0	0	24,289	0	24,586	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	73,892	24,592	209,127	49,211	36,895	1,214,286	110,760	110,635	541,129	123,037	85,400	73,902
<i>Odonella aurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,200	0
<i>O. sinensis</i>	0	12,296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	98,522	405,774	147,619	1,033,421	147,581	194,581	36,920	61,464	0	1,328,796	280,600	73,902
<i>Pleurosigma</i> sp.	24,631	49,185	0	0	12,298	0	0	0	0	0	12,200	24,634
<i>P. angulatum</i>	0	12,296	0	12,308	0	0	0	0	24,597	0	0	0
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	12,315	0	0	0	0	48,571	0	0	0	0	0	147,805
<i>Raphoneis</i> sp.	12,315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia indica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	49,194	0	0	0
<i>R. robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,429	0	0
<i>R. setigera</i>	0	0	0	0	12,298	48,571	12,307	0	49,194	24,607	36,600	492,683
<i>R. stouterfothii</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,293	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,607	0	0
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	0	0	12,302	12,303	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	0	0	738,095	332,171	1,512,702	72,857	0	24,586	9,297,581	0	0	270,976
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	49,194	418,325	0	0
<i>Streptotheca thamesis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,607	0	0
<i>Surirella</i> sp.	12,315	0	12,302	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,215	0	0
<i>T. niszchioides</i>	0	0	0	0	12,298	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira condensata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123,037	0	0
<i>T. eccentrica</i>	12,315	24,592	12,302	0	24,597	48,571	12,307	0	0	49,215	12,200	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	12,315	0	0	12,303	0	24,286	0	0	0	0	0	73,902
DINOPHYCEAE												
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,200	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,634
<i>Cyrodinium spirale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,634
<i>Cyrodinium</i> sp.	0	12,296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0	0	12,302	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	12,302	0	0	0	12,307	0	0	0	0	0
SILICOFLAGELLATE												
<i>Dictyocha fibula</i>	12,315	12,296	0	0	0	0	0	0	0	0	12,200	0
CRYPTOPHYCEAE												
<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0	12,302	0	12,298	0	24,613	12,293	49,194	0	0	24,634
Total standing crops (cells/L)	492,611	1,291,101	2,238,899	1,734,671	1,893,952	13,211,429	381,508	442,541	13,528,226	11,885,340	1,000,400	4,187,805
Number of species	15	19	19	15	13	15	14	14	18	27	16	20

Table 2. The composition and standing crops of phytoplankton in Jungwang-ri, Seosan

Species	Jan	Fed	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Actinocyclus senarius</i>	0	0	0	0	0	0	12,336	0	0	0	0	0
<i>A. splendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>Amphipora</i> sp.	0	0	11,538	0	12,321	0	12,336	0	0	0	24,554	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	12,277	12,264
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	85,331	34,615	12,492,935	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. kariana</i>	0	12,190	34,615	3,442,935	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,021	0	0
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122,768	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123,404	0	0
<i>C. compressus</i>	0	0	0	1,869,022	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. danicus</i>	0	0	0	49,185	0	12,241	0	0	0	12,340	12,277	12,264
<i>C. debilis</i>	0	0	0	8,558,152	0	0	0	0	0	3,344,255	0	98,113
<i>C. decipiens</i>	0	36,570	0	0	0	0	0	0	0	37,021	0	0
<i>C. didymus</i>	0	0	0	147,554	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. socialis</i>	0	0	0	196,739	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	24,650	24,380	0	1,327,989	0	24,483	0	0	0	98,723	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	0	0	49,246	0	0	0	0	0	24,554	0
<i>Coccinodiscus radiatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>C. wailiesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>Coccinodiscus</i> sp.	12,325	36,570	0	0	0	0	74,017	24,556	284,144	49,362	73,661	24,528
<i>Cyclotella</i> sp.	0	12,190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca clostrium</i>	0	0	0	0	0	110,172	0	0	0	0	24,554	0
<i>C. gracilles</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,277	0
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	23,077	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,264
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	98,370	0	12,241	0	12,278	0	49,362	12,277	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,681	0	0
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	23,077	0	0	0	0	49,112	0	0	0	24,528
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	295,109	0	122,241	0	0	0	160,426	0	0
<i>G. flaccida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	12,354	0	0	12,264
<i>G. scalproides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	24,623	0	12,336	0	0	0	0	0
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,277	0
<i>Licmophora</i> sp.	12,325	0	0	0	0	12,241	0	0	0	0	0	12,264
<i>Melosira moniliformis</i>	197,196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. nummuloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220,755
<i>Navicula salinarum</i>	12,325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	73,949	0	0	49,185	344,724	12,241	37,009	73,669	37,062	0	49,107	85,849
<i>Nitzschia longissima</i>	160,222	0	11,538	49,185	98,492	0	0	171,893	0	0	171,875	12,264
<i>N. longissima v. reversa</i>	0	0	0	0	0	12,241	0	12,278	12,354	24,681	49,107	12,264
<i>N. sigma</i>	0	0	0	0	12,312	0	12,336	0	12,354	0	0	12,264
<i>N. sigmoidea</i>	0	0	0	0	0	0	37,009	12,278	0	0	12,277	0
<i>Nitzschia</i> sp.	6,901,869	12,190	103,846	98,370	418,593	12,241	74,017	36,834	12,354	24,681	331,473	306,604
<i>Odontellaaurita</i>	0	12,190	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>Parahia sulcata</i>	0	0	219,231	3,738,043	24,623	807,931	246,725	282,396	395,331	111,064	208,705	355,660
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	11,538	0	0	12,241	24,672	0	0	12,340	12,277	24,528
<i>P. angulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	12,241	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia indica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>R. robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>R. setigera</i>	0	0	0	0	0	12,241	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	49,299	511,983	242,308	22,083,967	36,935	0	37,009	0	0	0	0	0
<i>Streptothecha thamesis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	12,354	0	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	0	12,312	0	0	36,834	12,354	0	0	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	12,264
<i>T. nordenskiöldii</i>	0	0	23,077	98,370	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	86,273	73,140	11,538	0	0	36,724	12,336	0	0	0	0	0
<i>Triceratium favus</i>	0	0	0	0	0	0	12,336	0	0	12,340	0	0
<i>Tropidoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
DINOPHYCEAE												
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,340	0	0
<i>Cyrodinium spirale</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>Cyrodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	12,354	0	0	12,264
<i>Heterocapsa rotundata</i>	0	0	0	0	0	12,241	0	0	0	0	12,277	0
<i>H. triquetra</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,278	0	0	0	0
<i>Scripsiella trochoidea</i>	0	0	0	0	0	0	12,336	0	0	12,340	0	0
SILICOFLAGELLATE												
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	0	0	0	12,336	0	0	37,021	0	0
<i>Ebria tripartita</i>	0	0	11,538	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE												
<i>Cryptomonas</i> sp.	0	12,190	0	0	12,312	36,724	0	0	12,354	24,681	0	0
Total standing crops (cells/L)	7,530,432	828,926	761,538	54,595,109	1,046,482	1,150,690	629,148	810,335	815,370	4,294,468	1,178,571	1,263,208
Number of species	10	11	13	16	11	16	15	18	11	26	18	18

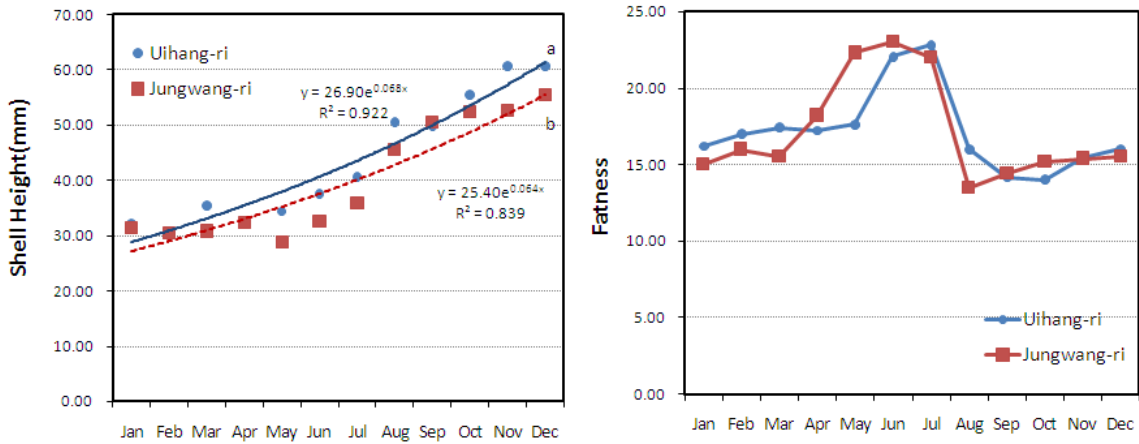


Fig. 5. The shell height growth and fatness of Pacific oyster, *C. gigas* in study area.

3. 유생 출현량 및 채묘율

유생 출현은 의항리에서 먼저 나타나기 시작하였으나 중왕리에서 8월에 집중적인 유생의 출현이 관찰되었다. 의항리에서는 7월초와 10월초에 유생이 다수 관찰되었으며, 일반적으로 집중 산란기인 8월에 유생 출현량이 오히려 적게 관찰되었다 (Fig. 6).

부착 치패는 8월초부터 관찰되기 시작하였다. 중왕리에서는 8월 초 부착 치패가 3마리에 불과하던 것이 8월말에 19마리 내외로 증가하였으며, 10월 초순에는 30마리 내외로 증가한 것을 관찰할 수 있었다. 의항리에서는 8월 하순에 7마리 내외로 관찰되었고 점차 증가하여 10월 초에는 20마리 내외가 관찰되었다 (Fig. 7).

토 론

서해안의 굴 자원을 회복시키기 위하여 남해안의 건강한 종패를 이식하여 서해안에서의 안정적 성장과 정상적 산란 여부 및 자원 회복에 미치는 영향을 파악하고자 본 실험을 실시하였다. 이식 첫 해에는 종패의 크기가 작아 각고의 성장과 생존율

파악만이 가능하여 이에 관한 조사를 실시하였으며 (미발표자료), 이식 2년째인 2010년에 각고의 성장 및 연체부지수를 조사하고 산란 후 유생 출현율과 치패 부착율 등을 조사하였다. 또한 조사지역 굴 성장과 산란에 관한 이해를 돕기 위하여 양식 환경을 조사하였다.

먼저 두 지역의 물리·화학적 양식 환경 (수온, 염분 등 8개 항목) 은 태안군에서 굴 양식장이 확대되고 있는 타 지역 (이원면 관리, 원북면 신두리) 과 비교하여 두드러진 특징을 나타내지 않았으며, 모든 항목의 농도 범위가 비슷한 수준을 나타내었다 (미발표자료). 단지 계절적·지리적 특징, 양식 시설 설치 수심 등에 따라 수온, 염분 및 영양염의 농도가 다소 차이를 나타내었고, 또한 SPM과 총인 및 COD 농도에 약간의 차이를 나타내었다. 하계인 7, 8월의 영양염 및 COD의 증가는 강우로 인하여 육상으로부터의 담수 유입에 따른 영양염의 공급과 퇴적물에서의 영양염 용출에 기인하는 것으로 보여진다. 특히 높은 SPM과 총인을 고려할 때, 하계이후 COD의 증가는 퇴적물 내 유기물의 재부유에 따른 영향이 큰 것으로 보여진다. 퇴적물 내 유기물은 식물플랑크톤 외 굴의 먹이원이

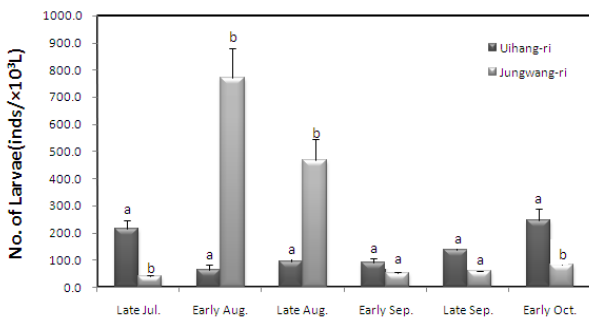


Fig. 6. Appearance number of oyster larvae in study area.

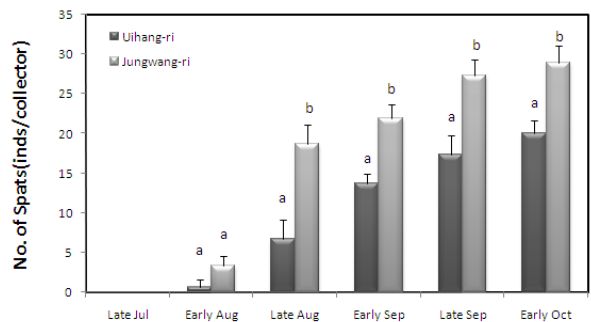


Fig. 7. Number of oyster spat on collector in hanging culture facilities.

될 수 있으며, 7월 이후 중왕리 해역 굴에서 환경 영향으로 판단되는 대량 폐사는 관찰되지 않았으므로 7월 이후 COD 함량 증가는 우려할 수준이 아닌 것으로 판단된다. 이밖에 식물플랑크톤 양에 있어서 중왕리의 경우, 5-9월의 현존량이 $63-115 \times 10^4$ cells/L로 봄, 겨울에 비하여 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 중왕리 굴의 성 성숙과 산란이 정상적으로 진행된 것을 보면 현존량이 부족하지 않은 수치인 것으로 판단된다. 의항리의 경우, 6월을 비롯하여 9-10월 식물플랑크톤 현존량이 매우 높았으나 연체부지수의 증가와 바로 연관지어지는 않았다. 이는 양식 굴의 에너지 축적과 소비는 단순히 식물플랑크톤의 양에 의하여 좌우되지 않으며, 수온, 양식 생물의 크기와 밀도, SPM 및 암모니아 농도 등 다양한 요인에 영향을 받는다는 것을 입증하여 준다 (Dabrowski, 1986; Gerritsen *et al.*, 1994; Brumbaugh *et al.*, 2000; Shin *et al.*, 2008).

굴 이식 첫 해의 성장과 생존율은 두 지역에서 크기가 차이 나지 않았으나 2년차에는 의항리의 굴이 다소 큰 것으로 파악되었다 ($p < 0.05$). 두 지역의 굴은 2년 양성시 각고 5.5-6.0 cm 내외로 남해안 굴에 비하여 작았으나, 이는 일간 공기 중 노출시간에 의한 것으로 중왕리가 의항리에 비하여 노출시간이 길어 각고의 성장도 다소 낮은 것으로 판단된다. 이 외에 연간 연체부지수의 범위는 두 지역간 비슷한 경향을 나타내었으나 월별로는 약간 다른 경향을 나타내었다. 즉, 중왕리에서는 연체부지수가 4월부터 일찍 증가하기 시작하여 8월 급격한 감소가 관찰되었다. 수온은 굴의 자연 서식 및 산란을 위한 주된 환경 제한요인으로 간주된다 (Shatkin *et al.*, 1997). 일정한 수온 범위 내에서 굴의 성장률은 수온이 상승할수록 증가하며 특히 15-19°C에서 가장 높은 성장률을 보이는 것으로 보고되어 있다 (Askew, 1972; Dame, 1972). 이는 본 조사에서 해당 수온의 기간이 중왕리에서 빨리 도달하였고 또 이 시기에 연체부지수의 급격한 상승이 있었던 것과도 일치한다. 또한 8월 연체부지수의 급격한 감소는 중왕리 굴의 산란이 8월에 집중적으로 일어났음을 짐작하게 해준다. 반면 의항리 굴은 중왕리에 비하여 2개월 늦은 6월부터 연체부지수의 급격한 증가가 관찰되었고 8월의 가파른 감소 이후에도 10월까지 더 지속적인 감소가 관찰되었다. 8월 이후 의항리 굴의 연체부지수 감소는 9, 10월 의항리 지역의 식물플랑크톤 현존량 및 종 다양성이 중왕리에 비하여 높았으므로 먹이생물의 부족으로 인한 것으로는 판단되지 않으며, 산란이 8월 이후에도 지속적으로 일어난 때문으로 추측된다. 의항리에서 산란이 일시에 이루어지지 않고 지속적으로 일어난 것은 수온, 염분 및 노출시간의 차이에 의한 것으로 판단된다. 즉, 중왕리 지역은 공기 중 노출시간이 의항리보다 길고 여름철 수온 변화와 염분 변화의 변동이 커 산란 자극이 보다 효과적으로 이루어진 것으로 추측된다.

다. 수온 변동과 공기 중 노출은 굴의 대사 스트레스를 유발하는 것으로 보고되어 있으며 (Widdows and Shick, 1985; Shpigel *et al.* 1992) Zhang *et al.* (2006) 은 수온 변동보다 공기 중 노출 시간이 양식생물에게 보다 큰 스트레스의 원인이 되는 것으로 분석하였다. 본 연구에서는 스트레스로 분류될 수 있는 환경 요인들의 변화가 중왕리에서 컸던 것으로 조사되었다. 그러나 이러한 스트레스 요인들은 성장 혹은 생존의 제한 요인이 될 만큼 변동 폭이 크지 않아 산란을 위한 자극으로 작용한 것으로 판단된다.

유생 출현량에 있어서 두 지역 간 차이가 있었던 것은 의항리의 경우, 외해와 접해 있는 해역으로서 조수 간만의 차에 의한 체류 시간이 짧아서 유생의 확산 현상이 빠르게 이루어지며 해수의 활발한 유동으로 확산 범위가 넓어짐에 따라 의항리 해역의 유생 출현량이 낮았던 것으로 판단된다. 반면 중왕리의 경우 만 안쪽에 위치하여 유생의 가입이 용이하고 해수의 체류 시간이 상대적으로 길어서 유입된 부유 유생이 외해로 유실되지 않아 부착율이 보다 높았던 것으로 판단된다. 또한 이외에 굴 유생의 변태와 부착율을 높이기 위해서는 비교적 높은 염분과 수온에 관리하는 것이 효과적이라고 보고되고 있다 (Jeon *et al.*, 2012). 따라서 유생 발생 및 부착 시기에 두 지역 중 수온과 염분이 높았던 중왕리에서 유생 출현량과 부착율이 높았던 것 것으로 추정된다.

본 연구가 실시된 의항리와 중왕리에는 현재 굴 양식 만을 하고 있어 채묘기에 부착하는 생물은 따개비와 굴 뿐이었다. 서해안에서 굴 채묘 성적을 좌우하는 요인 중 하나는 채묘기의 설치시기이다. 지금까지 서해안에서는 유생 출현량의 조사에 근거하지 않은 채 경험에 의하여 6월부터 채묘연을 설치함으로써 따개비가 먼저 부착하여 굴 채묘에 실패한 경우가 많았다. 본 실험에서도 6월에 채묘기를 설치하여 채묘기에 따개비가 부착하고 난 후, 7월 이후 굴 치패가 관찰되었다. 따라서 향후 채묘 성적을 향상시키기 위해서는 유생 조사를 통한 적기 채묘기 설치가 필요할 것으로 판단된다. 채묘기당 부착 치패의 수는 남해안에 비하여 매우 낮은 수치였으나 2007년 말에서 2008년 초에 실험지역의 굴 자연 자원이 폐사하고 모패군의 굴 양식 시설이 철거된 것과 일간 공기 중 노출 시간이 3-5시간 정도 인 것을 감안한다면 20-30 개체의 채묘율은 매우 성공적인 것으로 판단된다. Jeon *et al.* (2012) 는 채묘 후 바로 양성하는 굴 종묘의 적정 부착치패 마리수는 30-40마리 (평균 35마리) 이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서 채묘된 부착 치패의 수는 이에 비하여 다소 낮은 수치이기는 하지만, 향후 굴 자원의 증가로 부착치패의 수는 증가할 것으로 예상된다.

본 연구는 남해안 굴 종묘를 서해안으로 이식하여 양성한 결과, 안정적 성장과 산란이 일어난다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 남해안의 건강한 종패를 서해안으로 이식하는 것은 서

해안 굴 자원의 증강을 위하여 효과가 있는 것으로 파악되었다. 서해안 굴 양식 산업의 체계적인 재편을 위해서는 지역 환경에 적합한 양식장으로 조성, 운영하는 것이 요구된다. 따라서 본 연구 결과를 토대로 태안 의항리는 양성장으로, 서산 중왕리는 채묘장으로 조성, 개발해 나가는 것이 굴 양식 생산성을 높이는 방안이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원 연구사업 “갯벌참굴 양식생산성 향상 연구 (RP-2012-AQ-32)” 의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Akashige S. and Fushimi T. (1992) Growth, Survival and glycerol content of triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Hiroshima, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**: 1063-1071.
- Askew, C.G. (1972) The growth of oysters, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Elmsworth Harbor. *Aquaculture*, **1**: 237-259.
- Brumbaugh, R.D., Sorabella, L.A., Garcia, C.O., Goldsborough, W.J. and Wesson, J.A. (2000) Marking a case for community-based oyster restoration: an example from Hampton Roads, Virginia, USA. *Journal of Shellfish Research*, **19**(1): 397-400.
- Dabrowski, K.R. (1986) Active metabolism in larval and juvenile fish: ontogenetic changes, effect of water temperature and fasting. *Fish Physiology and Biochemistry*, **1**: 125-144.
- Dame, R.F. (1972) The ecological energies of growth, respiration, and assimilation in the intertidal American oyster, *Crassostrea virginica*. *Marine Biology*, **17**: 243-250.
- Gerritsen, J., Holland, A.F. and Irvine, D.E. (1994) Suspension-feeding bivalves and the fate of primary production: an estuarine model applied to Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts*, **17**(2): 403-416.
- Hur, Y.B., K.S. Min, T.E. Kim, S.J. Lee and S.B. Hur. (2008) Larvae growth and biochemical composition change of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, larvae during artificial seed production. *Journal of Aquaculture*, **21**(4): 203-212 (in Korean).
- Jeong, J., C. Choi, T. Ryeom, K. Cho, S. Park, H. Shin, K. Lee and H. Lee. (2010) Analysis and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seafood from oil contaminated bay. *Analytical Science and Technology*, **23**(2): 187-195.
- Jeon, C.Y., Y.B. Hur and K.C. Cho. The effect of water temperature and salinity on settlement of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Pediveliger larvae. (2012) *The Korean Journal of Malacology*, **28**(1): 21-28.
- Kim, H.C., W.S. Lee, U.K. Hwang and Y.S. Choi. (2010) Variation in the residual oils in the culture grounds on the Taean coast, Korea after the Hebei Spiril oil spill. *The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science*, **43**(6): 705-714.
- MIFAFF (2010) Food, agriculture, forestry and fisheries statistical yearbook, MIFAFF. 319p
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). (2005) Standard methods for the examination of sea water, sediment and marine organism. Seoul, Korea. 389.
- O'Connor, T. (1996) Trends in chemical concentrations in mussels and oysters collected along the US coast from 1986 to 1993. *Marine Environmental Research*, **41**: 183-200.
- Shatkin, G., Shumway, S.E., Hawes, R. (1997) Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) to the Gulf of Marine: a reviews of global experience. *Journal of Shellfish Research*, **16**: 463-477.
- Shin, Y.K., Y.B. Hur, J.I. Myeong and S. Lee. (2008) Effect of temperature and body size on oxygen consumption and ammonia excretion of oyster, *Crassostrea gigas*. *Korean Journal of Malacology*, **24**(3), 261-267.
- Shpigel, M., Barber, B.J., Mann, R. (1992) Effects of elevated temperature on growth, gametogenesis, physiology, and biochemical composition in diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **161**: 15-25.
- Vinas, L., Franco, M.A., Soriano, J.A., Gonzalez, J.J., Ortiz, L., Bayona, J.M., Albaiges J. (2009) Accumulation trends of petroleum hydrocarbons in commercial shellfish from the Galician coast (NW Spain) affected by the Prestige oil spill. *Chemosphere*, **75**: 534-541.
- Widdows, J., Shick, J.M. (1985) Physiological responses of *Mytilus edulis* and *Cardium edule* to aerial exposure. *Marine Biology*, **85**: 217-232.
- Zhang, Z., X. Li, M. Vandeppeer, Zhao W. (2006) Effects of water temperature and air exposure on the lysosomal membrane stability of hemocytes in Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, **256**: 502-509.