Kor J Fish Aquat Sci 43(3), 223-230 한수지, 43(3), 223-230, 2010

순천만과 보성만의 새고막 *Anadara subcrenata*의 채묘와 성장 비교

임종윤·허성범*
부경대학교 해양바이오신소재학과

Comparison of Seed Collection and the Growth of *Anadara subcrenata* in Suncheon and Boseong Bays

Jong Yun Lim and Sung Bum Hur*
Department of Marine Bio-materials and Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

To compare seed collection and the growth of *Anadara subcrenata* in Suncheon and Boseong Bays, environmental factors and the growth of larvae and spats were investigated from August 2008 to July 2009 in commercial farming sites in both bays. The variation in water temperature in both bays was similar, but the salinity was lower in Suncheon Bay than in Boseong Bay. The chlorophyll-a content was higher in Suncheon Bay due to the large inflow of freshwater. The density and shell length of *A. subcrenata* larvae did not differ significantly between the two bays. However, the relative growth of shell height to shell length was significantly higher in Suncheon Bay ($P<0.05$). The growth of *A. subcrenata* spats attached to a collector was significantly faster in Suncheon Bay ($P<0.05$). The spats in Suncheon and Boseong Bays grew to 24.3 and 21.0 mm in shell length, respectively, within 1 year after spawning, and the shell length reached 35.6 and 34.8 mm, respectively, within 2 years of spawning. The initial spats density was higher in Boseong Bay, but the growth of spats was better in Suncheon Bay. The faster growth of *A. subcrenata* in Suncheon Bay can be explained by the high chlorophyll-a content in this bay. Based on the low survival (%) and slower growth rate of spats in Boseong Bay, the commercial culture density of *A. subcrenata* in Boseong Bay should be reduced to the optimum level of the carrying capacity.

Key words: *Anadara subcrenata*, Growth, Larvae, Seed collection, Spats

서 론

새고막 *Anadara subcrenata*는 한국의 남해 서부와 서해의 조간대로부터 수심 10 m의 진흙 갯벌에 널리 서식한다. 새고막은 고막 *A. granosa bisenenis*와 피조개 *A. broughtonii*와 함께 산업적으로 중요한 대표적인 고막류이다 (Yoo, 2000).

2007년 한국의 새고막 양식 면허 면적 9,770 ha로 다른 고막류에 비해 가장 넓다. 이중 전남 연안은 9,150 ha로 전국의 94%를 차지하고 있다. 또 전남에서는 순천만이 2,670 ha, 보성만이 2,430 ha로 이 두 해역은 전국의 52%를 차지하고 있다. 2007년 새고막과 고막의 국내 총 생산량은 28,372톤으로 이중 전남이 약 97%를 차지하고 있다 (MIFAFF, 2008). 새고막과 고막의 생산 통계는 구분 되지 않아 새고막의 정확한 생산량은 파악할 수 없으나, 순천만과 보성만은 전국 새고막 생산량의 약 70%를 차지하는 것으로 알려져 있다.

그러나 현재 순천만과 보성만에서의 새고막 양식은 장기간의 연작과 과밀 양식으로 양식 어장의 자가 환경오염이 증가하고 있으며 새고막 성패를 전량 채취함으로써 모패 자원이 감소하고 있다. 또 자연 채묘에만 의존함으로써 채묘 실패시의 종패 수급이 불안정하고, 이상 기후변화와 연안환경 오염에 의한 대량 폐사, 양식어민의 노령화로 인한 투자의욕 상실 등의 많은 문제점이 있다.

새고막에 관한 국내외 논문은 식성과 성장에 미치는 수온과 염분 (Nakamura, 2005; Nakamura and Shinotsuka, 2007; Shi et al., 2007), pH와 암모니아 (Fang et al., 2008)의 영향 등에 대한 보고가 있다. 또 새고막 양식에 관한 연구로는 생식소의 외부형태와 생식주기 (Lee, 1998; Kim et al., 2008), 계절 변동에 따른 조직 변화 (Park, 2000), 유생 분포 (Kim et al., 2006), 먹이생물 (Shen et al., 2006; Ge et al., 2008) 등이 보고되고 있으나, 새고막 양식장의 생산성에 대한 연구는 충분히 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 한국 새고막 양식의 주산지인 순천만의 장도 부근 해역과 보성만의 우도 부근 해역을 대상으로 새고막의, 산란, 유생 분포 및 성장 등에 영향을 주는 수온, 염분, chlorophyll-a 등의 해양 환경 요인을 조사하였다. 또 이 두 해역에서 채묘하고 양성시킨 새고막 유생, 치패 및 성패의 밀도와 성장을 비교하여 새고막 양식장의 생산성을 파악하기 위한 기초 자료로 삼고자 하였다.

재료 및 방법

환경요인 조사

순천만 (보성양식 357호 9 ha 장도 부근)과 보성만 (고흥양

*Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

식 1176호 20 ha 우도 부근)의 대표적 새고막 채묘 양식장에 조사 정점 (Fig. 1)을 정하여 2008년 8월부터 2009년 7월까지 매달 한번 사리 간조시를 중심으로 표층수온, 염분 및 chlorophyll-a 함량을 조사하였다. 수온과 염분은 YSI 30/10 FT를 사용하여 현장에서 조사하였다. Chlorophyll-a는 현장에서 표층해수 1 L를 채수하여 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후 25 μm CF/F filter로 500 mL를 여과하여 -20℃에서 냉동 보관한 후, 90% 아세톤으로 냉암소에서 24시간 동안 추출하여 UV Visible Spectrophotometer (HUMAS UV 3300, Korea)를 이용하여 측정하였다 (Parsons et al., 1984).

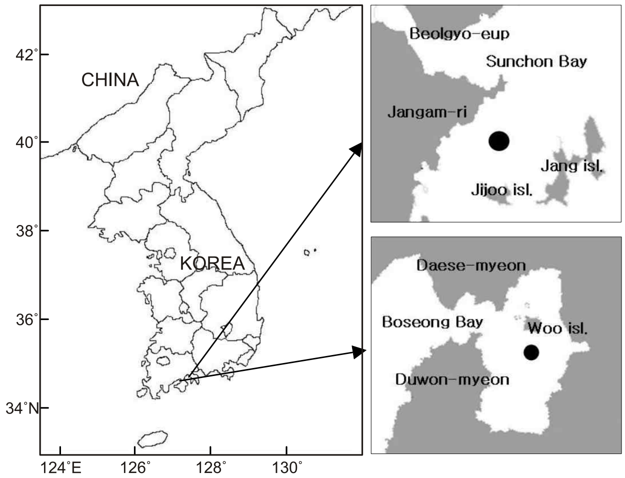

Fig. 1. Map showing the sampling station (●) of *Anadara subcrenata* in Suncheon and Boseong Bays in Korea.

유생 밀도 및 성장 조사

순천만과 보성만의 조사 정점에서 2008년 8월 1일과 15일에 20μm 식물성플랑크톤 망 (ø 30 cm)을 사용해 저층에서부터 수직으로 약 2 m 인망하여 유생을 2회 채집하였다. 유생은 5% 중성 포르마린에 고정한 후 실험실에서 Sedgwick-Rafter chamber에 1 mL씩 넣어 D형 유생과 veliger 단계의 유생을 구분하여 입체현미경 (Nikon Y-2A)하에서 개체수/mL를 3회 반복 조사한후 1 L 당 출현한 총유생수로 계산하였다. 유생의 각장과 각고는 현미경의 micro-meter를 이용하여 μm 단위로 측정하였다.

부착 치패의 밀도와 성장 조사

새고막 채묘는 순천만 조사 정점에서는 2008년 8월 1일, 보성만 조사 정점에서는 2008년 7월 31일에 망목 1 cm의 모지망 채묘기 (1×50 m)를 수평식으로 시설하여 채묘하였다. 2008년 9월, 10월, 11월 초순에 채묘기 망을 30×30 cm의 크기로 2회 절취하여 5%의 중성 포르마린에 고정한 후 실험실로 옮겨 채묘망에 붙어있는 새고막 치패의 총 개체수와 총 중량을 조사하였다. 그 중 무작위로 100개체를 취하여 현미경하에서 각 개체의 각장과 각고는 0.01 mm 단위로, 전중은 전자저울을 이용하여 0.01 g 단위로 측정하였다.

살포한 치패의 밀도와 성장 조사

부착상태의 채묘기 치패는 2008년 11월 중순에 전량 탈락시켜 수거한 후 기존 현지 양식방법에 따라 채묘기를 설치하였던 채묘장에 다시 살포하였다. 2008년 12월부터 2009년 7월까지 매달 한번 조사 해역에서 소형 형망 (56 cm(가로)×21 cm(세로)×76 cm(높이), 망목 1 cm)을 1 m씩 2회 인망하였다. 채집된 치패는 현장에서 총무게만을 측정한 후, 무작위로 약 1 kg을 취하여 5% 중성 포르마린에 고정하고, 실험실로 옮겨 총 개체수를 측정하였다. 이중에서 무작위로 100개체를 취하여 각장, 각고, 전중, 육중 등을 측정하였다. 이때 각장과 각고는 vernier calipers를 이용하여 0.01 mm까지, 전중과 육중은 0.001 g까지 측정하였다. 또 각장에 대한 육중, 전중에 대한 육중의 상대 성장을 조사하였다.

성패 성장 조사

2009년 8년 15월에 순천만과 보성만 새고막 양성장에서 2007년 8월에 채묘하여 2008년 5월에 살포한 2년생 새고막의 성장을 비교하였다. 치패조사에서와 동일한 방법으로 채집하였고, 실험실에서 무작위로 200개체를 취하여 각장, 각고, 각폭, 전중, 육중을 앞에서와 동일한 방법으로 측정하였다.

통계처리

순천만과 보성만에서 채집한 유생, 치패 및 성패의 평균 밀도와 성장 결과는 SPSS program (Ver. 17.0)으로 T-test 실시하여 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였다.

결 과

환경요인 조사

조사기간 중 월별 표층 수온과 염분의 변화는 Fig. 2와 같다. 수온의 경우 순천만 조사 정점에서는 2008년 8월 1일에 32.0℃로 가장 높았고, 그 이후 계속 감소하여 2009년 1월 15일에는 1.6℃로 최저치를 나타내었다. 보성만의 조사 정점에서는 2009년 8월 1일 33.0℃로 가장 높았고 2009년 1월에는 1.6℃로 가장 낮았다. 2009년 7월의 수온은 두 해역 모두 26.0℃로 전년도의 8월에 비하여 크게 낮은 결과를 보였는데 이는 2009년 하계의 이상 저온현상에 기인한 것으로 판단된다. 수온의 연변화가 이와 같이 컸던 이유는 본 조사해역의 수심이 낮아 기온에 따라 큰 영향을 받기 때문으로 판단된다. 두 해역에서의 월별 수온 변화는 유사하였다.

염분의 경우 순천만은 24.7~33.7 psu의 범위로 최고치는 2008년 4월에, 최저치는 2009년 7월에 나타났다. 보성만은 30.4~33.6 psu로 최고치는 2008년 11월과 2009년 4월에, 최저치는 2009년 7월에 나타났다. 순천만의 연평균 염분은 31.5 psu로 보성만은 32.2 psu 보다 낮은 경향이었다. 특히 2009년 7월에 순천만의 염분은 24.7 psu로 보성만의 30.4 psu보다 크게 낮았는데, 이는 순천만이 보성만에 비해 수심이 낮고 내만 연안에 분포한 하천의 담수 유입이 더 많기 때문으로 판단된다. 이러한 염분 차이는 2009년 7월 집중 호우시 더 뚜렷하게 나타났다.

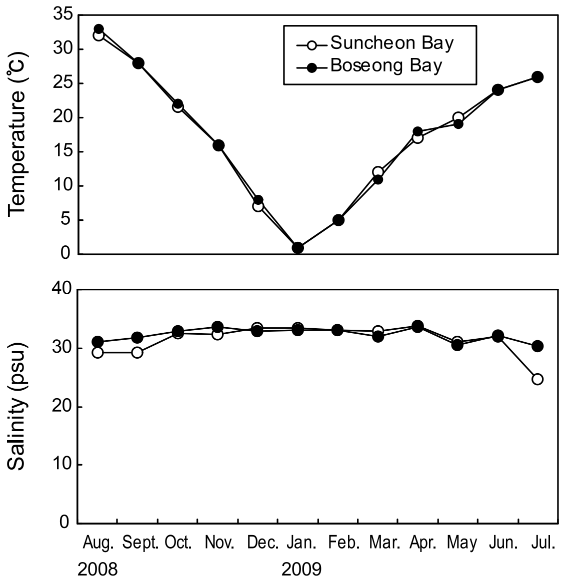

Fig. 2. Monthly variations of surface water temperature (up) and salinity (bottom) in Suncheon and Boseong Bays.

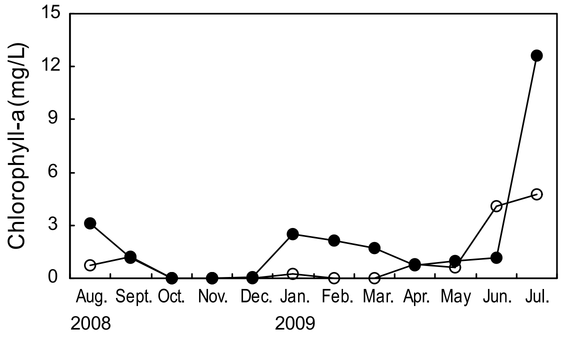

Fig. 3. Monthly variations of chlorophyll-a content in Suncheon (●) and Boseong Bays (○).

조사해역 표층수의 chlorophyll-a 함량 분포 결과는 Fig. 3과 같다. 2008년 8월 순천만의 chlorophyll-a 함량은 3.13 mg/L로 보성만 0.76 mg/L에 비해서 높게 나타났다. 그 후 9월에는 두 해역에서 1.20 mg/L로 동일하였고 10월~12월에는 모두 0.01 mg/L로 매우 낮았다. 그러나 2009년 1월~3월에 순천만의 chlorophyll-a 함량은 1.69~2.48 mg/L 였으나 보성만에서는 0.2 mg/L 이하로 매우 낮았다. 그 후 4월과 5월에는 순천만과 보성만이 모두 0.60~0.98 mg/L로 비슷한 수준이었다. 그러나 6월에 순천만에서는 1.16 mg/L로 보성만 4.0 mg/L에 비해서 낮았으나 7월에는 순천만이 12.6 mg/L로 보성만의 5.0 mg/L에 비해 급격히 증가하였다. 이러한 이유는 2009년 7월의 집중호우로 순천만으로의 담수유입이 더욱 많았기 때문으로 판단된다.

유생 밀도 및 성장 조사

2008년 8월 1일과 2008년 8월 15일 조사 정점에서의 새고막 D상 유생과 veliger 유생의 출현 개체수를 조사한 결과, 순천만의 D상 유생은 2008년 8월 1일에는 98 개체/L였으나 8월 15일에는 201 개체/L로 증가하였다. 보성만은 2008년 8월 1일에는 54 개체/L로 순천만에 비해 개체수가 유의적으로 적었으나 8월 15일에는 199 개체/L로 증가하여 순천만과 유의적 차이가 없었다 (*P*<0.05) (Table 1). Veliger 유생은 순천만의 경우 8월 1일에 4 개체/L가 출현했고 8월 15일에는 50 개체/L로 증가하였다. 그러나 보성만은 8월 1일에는 19 개체/L였으나 8월 15일에는 4 개체/L로 감소하였다. 순천만은 시간이 경과함에 따라 veliger 개체수가 증가하였으나 보성만은 감소하였다. 총 유생수를 보면 순천만은 8월 1일에 102 개체/L로 보성만에 비해서 유의적으로 높았으나 8월 15일에는 유의적인 차이가 없었다 (*P*<0.05).

Table 1. Larval density (number of larvae/L) of *Anadara subcrenata* in Suncheon and Boseong Bays

Larvae	Date	Suncheon Bay	Boseong Bay
D-shape	Aug. 01, 2008	98 ± 4.0^{a}	54 ± 7.8^{b}
	Aug. 15, 2008	201 ± 59.2^{a}	199 ± 41.2^{a}
Veliger	Aug. 01, 2008	4 ± 1.4^{b}	19 ± 4.3^{a}
	Aug. 15, 2008	50 ± 14.5^{a}	4 ± 1.2^{b}
Total	Aug. 01, 2008	102 ± 4.7^{a}	73 ± 8.5^{b}
	Aug. 15, 2008	251 ± 72.0^{a}	203 ± 41.2^{a}

Different letter in the same row means significantly difference (*P*<0.05).

Table 2. Growth of *Anadara subcrenata* larvae in Suncheon and Boseong Bays

Larvae	Date	Shell length (μm)		Shell height (μm)	
		Suncheon	Boseong	Suncheon	Boseong
D-shape	Aug. 01, 2008	76 ± 8.5^{b}	82 ± 6.4^{a}	59 ± 5.4^{b}	67 ± 5.4^{a}
	Aug. 15, 2008	85 ± 14.5^{a}	85 ± 7.0^{a}	70 ± 11.9^{a}	66 ± 5.6^{a}
Veliger	Aug. 01, 2008	134 ± 32.9^{a}	127 ± 28.1^{a}	115 ± 30.2^{a}	108 ± 22.4^{a}
	Aug. 15, 2008	139 ± 28.2^{a}	130 ± 41.8^{a}	116 ± 23.3^{a}	107 ± 30.0^{a}

Different letter in the same row for shell length and shell height means significantly difference (*P*<0.05).

2008년 8월 1일과 8월 15일 순천만과 보성만에서 채집한 유생의 각장과 각고는 Table 2와 같다. D형 유생의 평균 각장의 길이는 8월 1일에는 보성만이 82 μm로 순천만 76 μm보다 유의적으로 더 컸으나 8월 15일에는 각장의 길이가 모두 85 μm로 나타났다. 또한 같은 기간 동안 veliger 유생의 각장은 8월 1일과 15일 모두 유의적인 차이가 없었다 (*P*<0.05). 각고의 경우도 각장과 유사한 경향이었다.

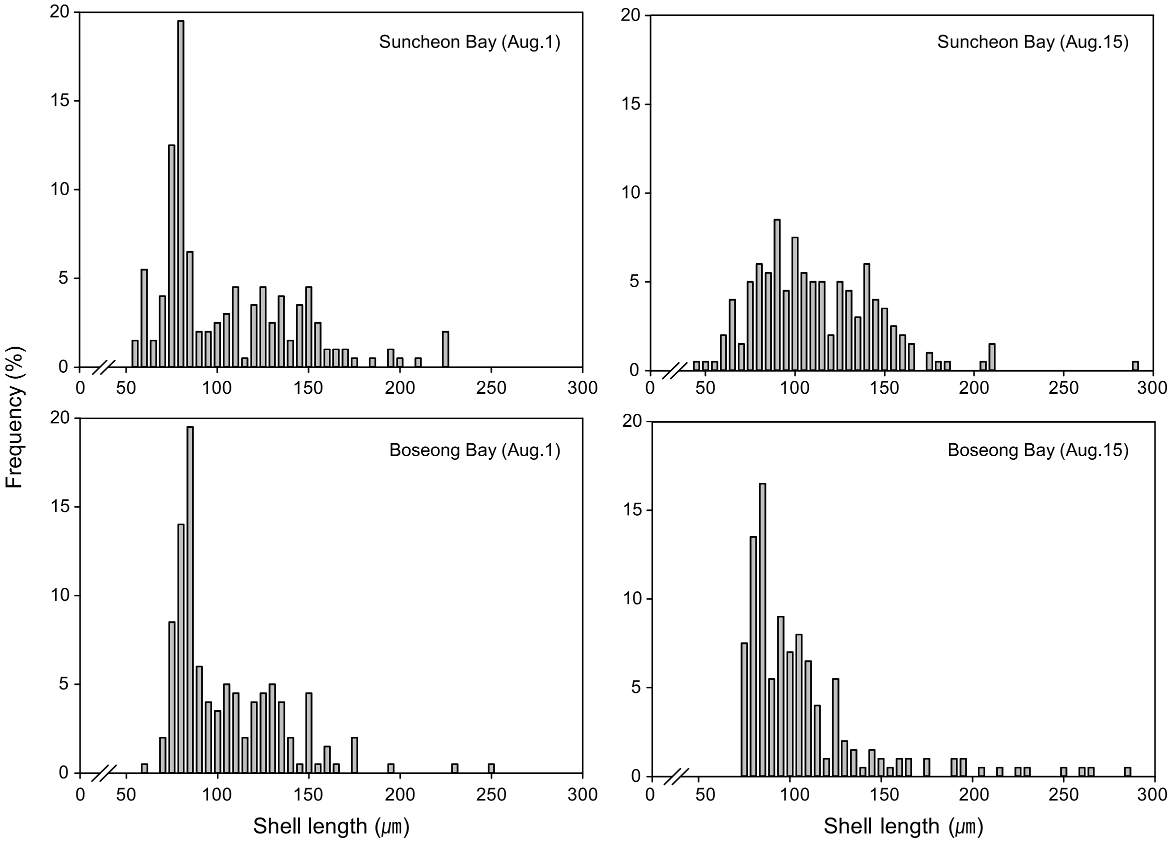

Fig. 4. Frequency distribution of shell length of *Anadara subcrenata* larvae in Suncheon and Boseong Bays in August 2008.

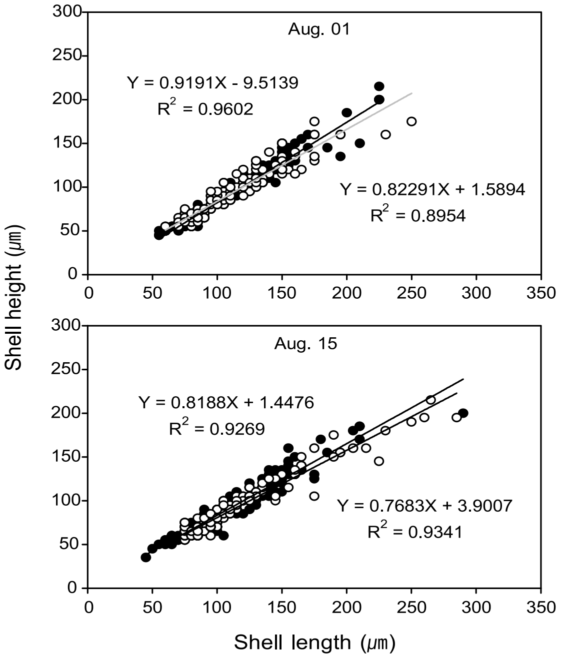

Fig. 5. Linear equation between shell length and shell heigth of *Anadara subcrenata* larvae sampled in Suncheon (●) and Boseong Bays (○) in August 2008.

2008년 8월 1일과 15일에 채집된 유생의 각장 빈도 분포는 Fig. 4와 같다. 8월 1일 순천만의 유생은 55~210 ㎛까지 분포하였고 75~85 μm 사이의 개체 크기가 우점적으로 나타났다. 그 중에 peak를 이룬 80 μm의 출현 빈도는 19%였다. 보성만의 유생은 60~250 μm의 범위로 분포하였다. 그중 75~85 μm 사이에 개체수가 많았으며 peak를 이룬 85 μm의 개체는 순천만에서와 같이 19%로 나타났다. 8월 15일의 경우, 순천만에서는 45~290 μm까지의 유생이 분포하였고 D상 유생은 75~115 μm, veliger 유생은 125~160 μm의 각장에서 우점적으로 나타났다. 보성만은 75~285 μm까지 분포하였고 D상 유생은 75~115 μm까지로 순천만과 동일하였으나, 각장이 큰 veliger 유생은 보성만에서 더 넓은 분포를 보였다. 순천만은 45~70 μm의 작은 D상 유생이 출현하는데 비해 보성만은 75 μm이하의 작은 D상 유생이 출현하지 않았다.

2008년 8월 1일과 15일에 채집된 유생의 각장 (X)과 각고 (Y)의 상관 관계를 직선회귀식으로 나타낸 결과는 Fig. 5와 같다. 상관계수 (R2)는 0.8954~0.9602의 범위로 모든 식에서 상관관계가 유의적으로 매우 높았다 (P<0.05). 각장과 각고 사이의 직선식의 기울기를 비교했을 때 2008년 8월 1일 순천만의 유생은 0.919였고 보성만은 0.8229로 순천만 유생이 보성만 유생에 비해 각장에 대한 각고의 상대 성장률이 더 높았다. 8월 15일에서도 순천만에서 각장에 대한 각고의 성장률이

보성만에서 보다 더 빨랐다. 두 해역에서 모두 8월 1일의 유생이 15일 유생에 비해 각장에 대한 각고의 상대 성장률이 높았다.

치패의 밀도 조사

2008년 9월에서 11월까지 채묘기에 부착된 1 m^2당 새고막 치패의 월별 평균 개체수는 채묘기의 위치에 따라 밀도의 편차가 크게 나타나 해역별 또는 월별로 유의적인 경향을 보이진 않았다 (순천만 2,496~6,163 개체, 보성만 3,883~10,365 개체). 2008년 11월에 채묘기를 치패털이하여 채묘한 위치에 살포한 후 2009년 7월까지 매월 중순에 조사한 치패의 생존 밀도는 Table 3과 같다. 순천만에서 2008년 12월 1 ㎡당 개체수는 3,598개체였으나 점차 감소하여 2009년 7월에는 639개체였다. 보성만의 경우는 2008년 12월 19,483 개체로 부터 다음해 7월 899 개체로 감소하였다. 순천만과 보성만에서의 7개월간의 치패 개체수의 월 평균 생존율 (S)을 분석해 보면 {S=[(R2+R3+ --- +Rn)/(R1+R2+ --- +Rn-1)]×100, R= 매월 생존 개체 밀도} 보성만 (57%)은 순천만 (77%)의 74% 수준이었다.

Table 3. Density per m^2 of *Anadara subcrenata* spat in Suncheon and Boseong Bays (TW, total weight (g); TN, total number)

Date	Suncheon Bay		Boseong Bay	
	TW	TN	TW	TN
Dec. 2008	3,123	3,598	4,208	19,483
Jan. 2009	2,365	2,355	2,282	7,736
Feb. 2009	3,394	2,847	3,414	5,149
Mar. 2009	3,485	2,687	2,680	3,626
Apr. 2009	2,927	1,979	3,512	4,347
May 2009	2,096	1,119	2,293	2,618
Jun. 2009	2,272	1,105	4,181	3,493
Jul. 2009	2,295	639	1,983	899

Table 4. Growth of *Anadara subcrenata* spat in Suncheon and Boseong Bays

Date	Shell length (mm)		Body weight (g)	
	Suncheon Bay	Boseong Bay	Suncheon Bay	Boseong Bay
Sept. 2008	4.24 ± 0.81[a]	3.44 ± 0.56[b]	0.009 ± 0.006[a]	0.004 ± 0.002[b]
Oct. 2008	9.70 ± 1.93[a]	7.23 ± 1.34[b]	0.227 ± 0.129[a]	0.069 ± 0.043[b]
Nov. 2008	10.46 ± 1.29[a]	8.55 ± 1.24[b]	0.251 ± 0.094[a]	0.119 ± 0.060[b]
Dec. 2008	14.94 ± 1.40[a]	10.20 ± 1.09[b]	0.893 ± 0.279[a]	0.232 ± 0.091[b]
Jan. 2009	15.52 ± 1.17[a]	11.28 ± 0.96[b]	1.004 ± 0.266[a]	0.295 ± 0.096[b]
Feb. 2009	15.95 ± 1.23[a]	13.10 ± 0.92[b]	1.192 ± 0.315[a]	0.663 ± 0.153[b]
Mar. 2009	16.28 ± 1.24[a]	13.62 ± 0.93[b]	1.297 ± 0.307[a]	0.739 ± 0.178[b]
Apr. 2009	17.30 ± 1.27[a]	14.09 ± 1.00[b]	1.476 ± 0.383[a]	0.808 ± 0.194[b]
May 2009	19.23 ± 1.29[a]	15.21 ± 1.03[b]	1.874 ± 0.434[a]	0.876 ± 0.234[b]
Jun. 2009	21.15 ± 1.71[a]	17.21 ± 0.85[b]	2.061 ± 0.580[a]	1.197 ± 0.267[b]
Jul. 2009	24.28 ± 1.80[a]	21.03 ± 1.46[b]	3.670 ± 0.915[a]	2.270 ± 0.553[b]

Different letter in the same row for shell length and body weight means significantly difference ($P<0.05$).

2008년 9월부터 2009년 7월까지 새고막 치패의 성장은 Table 4와 같다. 2008년 9월 순천만에서 채묘된 부착기 치패의 각장 크기는 4.24 mm였으나 2009년 7월에는 24.28 mm로 성장하였다. 보성만에서는 3.44 mm에서 21.03 mm로 성장하였다. 2008년 12월부터 2009년 3월까지의 성장은 낮은 수온으로 완만하였으나 봄철 수온이 증가함에 따라 성장은 다시 빠르게 증가 하였다. 2008년 12월~2009년 3월까지의 동계기간의 성장은 순천만에서는 평균 각장이 14.94 mm에서 16.28 mm로 1.34 mm 성장하였으나 보성만은 10.20 mm 에서 13.62 mm으로 3.42 mm 성장 하여 동계 저수온기에는 보성만이 순천만에 비해 성장이 더 빨랐던 점이 특이하였다. 이러한 현상은 체중에서도 같은 경향이었다. 그러나 매월 순천만은 보성만 보다 성장이 유의적으로 빨랐다 ($P<0.05$).

2008년 9~11월까지 채묘기 부착 상태의 새고막 치패의 각장 빈도 분포는 Fig. 6과 같다. 순천만은 9, 10, 11월의 peak가 각각 4, 9, 11 mm에서, 보성만에서는 3, 7, 9 mm에서 나타나 보성만은 순천만에 비해 각장이 작았다.

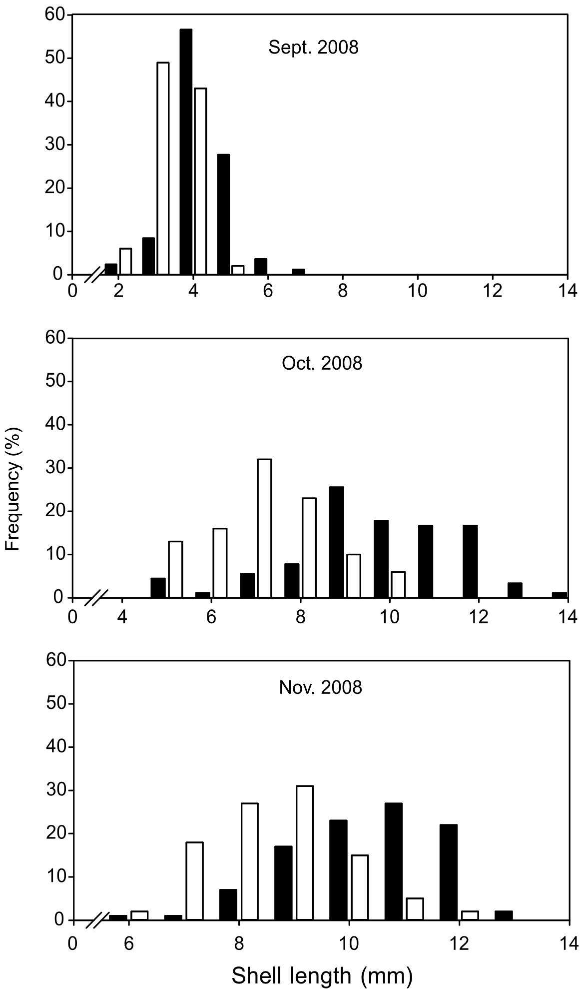

Fig. 6. Frequency distribution of shell length of *Anadara subcrenata* spat in Suncheon (■) and Boseong Bays (□).

Table 5. Exponential equation between shell length (X) and meat weight (Y) of *Anadara subcrenata* spat in Suncheon and Boseong Bays (R^2 = correlation coefficient)

Month	Suncheon Bay			Boseong Bay		
	No	Exponential equation	R^2	No	Exponential equation	R^2
Oct. 2008	83	$Y=3E\text{-}06X^{4.1643}$	0.9038	100	$Y=3E\text{-}06X^{3.8289}$	0.7579
Nov. 2008	90	$Y=1E\text{-}06X^{4.4141}$	0.8694	100	$Y=3E\text{-}06X^{4.11}$	0.7489
Dec. 2008	100	$Y=2E\text{-}05X^{3.4652}$	0.8473	100	$Y=2E\text{-}06X^{4.3519}$	0.7857
Jan. 2009	100	$Y=7E\text{-}05X^{3.0405}$	0.7608	100	$Y=6E\text{-}06X^{3.7826}$	0.6504
Feb. 2009	100	$Y=7E\text{-}05X^{3.1032}$	0.8877	100	$Y=4E\text{-}05X^{3.14}$	0.6330
Mar. 2009	100	$Y=0.0003X^{2.6136}$	0.6398	100	$Y=0.0002X^{2.6143}$	0.6265
Apr. 2009	100	$Y=4E\text{-}05X^{3.357}$	0.8844	100	$Y=0.0002X^{2.706}$	0.6265
May 2009	100	$Y=4E\text{-}05X^{3.2151}$	0.7465	100	$Y=8E\text{-}05X^{2.921}$	0.8463
Jun. 2009	100	$Y=5E\text{-}05X^{3.0819}$	0.8189	100	$Y=0.0001X^{2.8362}$	0.7781
Jul. 2009	100	$Y=0.0001X^{2.8362}$	0.7781	100	$Y=0.0001X^{2.8232}$	0.7904

Table 6. Linear equation between total weight (X) and meat weight (Y) of *Anadara subcrenat*a spat in Suncheon and Boseong Bays (R^2 = correlation coefficient)

Month	Suncheon Bay			Boseong Bay		
	No	Linear equation	R^2	No	Linear equation	R^2
Oct. 2008	83	Y=0.2382X-0.0086	0.9101	100	Y=0.121X-0.0003	0.7610
Nov. 2008	90	Y=0.2508X-0.0114	0.8804	100	Y=0.1926X-0.0017	0.8202
Dec. 2008	100	Y=0.2994X-0.0192	0.9045	100	Y=0.1786X+0.0004	0.7494
Jan. 2009	100	Y=0.2498X+0.0394	0.7823	100	Y=0.2024X-0.0025	0.6734
Feb. 2009	100	Y=0.3057X+0.0437	0.8689	100	Y=0.2148X-0.0073	0.7554
Mar. 2009	100	Y=0.3551X+0.0125	0.8898	100	Y=0.1854X+0.0419	0.6631
Apr. 2009	100	Y=0.3513X+0.0042	0.9454	100	Y=0.121X-0.0003	0.7610
May 2009	100	Y=0.2683X+0.023	0.8066	100	Y=0.2173X+0.0514	0.8773
Jun. 2009	100	Y=0.3052X-0.0054	0.9183	100	Y=0.209X+0.0748	0.6802
Jul. 2009	100	Y=0.2681X+0.2053	0.798	100	Y=0.2321X+0.1049	0.8443

조사기간 동안 월별로 측정된 새고막 치패의 각장과 육중의 지수식을 보면 상관계수는 순천만에서 0.6398~0.9038, 보성만에서 0.6265~0.8463으로 모두 유의적이었다 ($P<0.05$). 기울기는 순천만에서 2.6136~4.4144, 보성만에서 2.6143~4.3519로 서로 유사하였다. 그러나 겨울철 (12월~3월)에는 각장의 성장에서와 같이 보성만이 순천만에 비하여 육중의 상대 성장률이 더 높았다 (Table 5). 전중과 육중의 직선식에서는 순천만의 상관계수는 0.7823~0.9454, 보성만은 0.6631~0.8773으로 모두 유의적이었다 ($P<0.05$). 전중에 대한 육중의 상대 성장률은 순천만에서는 0.2382~0.3551의 기울기로 보성만의 0.121~0.2321 보다 빠른 성장률을 보였다 (Table 6).

2년산 성패의 성장

순천만과 보성만에서 2007년 8월에 채묘하여 2009년 8월까지 양성한 2년생 새고막 성패의 성장은 Table 7과 같다. 순천만의 새고막은 보성만에 비해 각장, 각고, 각폭, 전중, 육중에서 모두 유의적으로 더 높은 성장을 보였다 ($P<0.05$). 특히 전중은 순천만이 보성만에 비해 약 19% 더 높은 성장을 보였다.

Table 7. Growth of two-years-old *Anadara subcrenata* in Suncheon and Boseong Bays

Growth	Suncheon Bay	Boseong Bay
Shell length (mm)	35.60 ± 2.47[a]	34.81 ± 2.27[b]
Shell height (mm)	28.08 ± 2.03[a]	27.28 ± 1.74[b]
Shell width (mm)	23.17 ± 1.81[a]	22.40 ± 1.56[b]
Total weight (g)	12.53 ± 2.61[a]	10.52 ± 2.12[b]
Meat weight (g)	3.21 ± 0.68[a]	2.92 ± 0.57[b]

Different letter in the same row means significant difference ($P<0.05$).

고 찰

해산 조개류의 생식주기 및 성 성숙은 먹이, 수온, 염분, 빛, 조석주기, 수심, 밀도, 염분 등의 외부 요인과 유전 및 내분비 특성의 내부요인에 영향을 받으나, 특히 수온과 먹이가 가장 중요한 요인이라 할 수 있다 (Mackie, 1984). 이러한 관점에서 본 연구에서 조사한 수온, 염분 및 chlorophyll-a 함량은 순천만과 보성만 해역의 새고막 성장 차이에 가장 큰 요인이 될 수 있다.

순천만과 보성만은 반 폐쇄적만이며 3~5 m의 낮은 수심으로 인하여 표층수온은 대기중의 온도에 영향을 많이 받는다. 따라서 본 조사에서도 8월에는 32~33℃의 고온을 보이고 1월에는 1℃의 저온을 나타내었다. 2009년 하계에는 이상 저온현상으로 7월의 수온이 26℃로 비교적 낮았다. 순천만과 보성만의 염분 분포는 29~33 psu의 범위로 서로 유사하였으나, 집중호우가 발생하는 시기에는 담수의 유입이 많은 순천만의 염분이 24 psu로 크게 감소하였다. 이와 같은 수온과 염분의 계절별 변화 현상은 득량만 입구와 순천만 입구에서 조사한 2008년 연안 정지 해양관측 결과 (KHOA, 2009)에서도 유사하였다.

Chlorophyll-a 함량은 10~12월 수온이 하강함에 따라 낮아졌다. 6~7월에는 집중호우에 따른 담수의 증가로 영양염이 많아져서 chlorophyll-a함량이 증가한 것으로 생각된다. 전체적으로 순천만은 보성만에 비해 chlorophyll-a 함량이 높았고 이는 순천만으로 유입되는 담수량이 많았기 때문이다. 또 본 조사는 수심이 낮은 해역의 표층수를 조사한 것이므로 조석 간만의 차이에 의해서도 chlorophyll-a 함량은 영향을 받았을 것으로 생각된다.

새고막의 암·수 구분은 대부분 성숙 시기에 가능하며 새고막의 주 산란기는 7~8월 사이로 보고된바 있다 (Kim et al., 2008). Kim et al. (2006)은 순천만과 보성만에서 평균 수온이 25℃ 이상인 7~8월에 유생 출현량이 가장 많고 수온이 낮아지는 9월~11월 사이에는 급격한 감소를 보인다고 하였다. 따라서 순천만과 보성만에서의 새고막의 자연채묘는 주 산란기인 7~8월 사이에 수직식 또는 수평식의 방법으로 이루어지고 있다.

조개류 부유유생의 시・공간적 분포는 바람이나 조류의 영향을 크게 받는다 (Quayle, 1964; Sekiguchi, 1997). 순천만은 보성만에 비해 더욱 폐쇄적인 만으로, 북서풍의 영향을 많이 받는 보성만에 비해 바람과 파도의 영향이 적다. 이와 같은 두 해역의 지리적 차이는 순천만이 보성만에 비하여 새고막 유생이 다소 일찍 출현하고 또 분산되지 않는 현상을 초래할 수 있다. 그러나 본 조사에서 채묘한 부착치패의 밀도는 일정한 경향을 보이지 않았다. 전라남도수산기술사업소 여수지소에서 순천만 어민들의 새고막 채묘를 위해 2008년과 2009년 7월 중순에서 8월 초순에 걸쳐 새고막 D형 유생의 밀도를 조사한 결과를 보면 유생은 7월 중순이후 계속 증가하기 시작하여 8월 초순에 최고 밀도 (2008년 8월 5일 1,423 개체/m^3, 2009년 8월 4일 1,681 개체/m^3)에 달했다. 이와 같은 결과를 보면 순천만과 보성만에서의 새고막 주 산란시기는 8월 초순에서 중순 사이일 것으로 판단된다.

채묘기에 부착된 치패의 성장은 9월과 10월은 보성만에 비해서 순천만이 빨랐다. 기간 9~11월에 관찰된 채묘기에 부착된 종밋 (*Musculus senhausia*) 치패의 밀도를 보면 순천만은 9월에 평균 1,154 개체/m^2, 10월 333 개체/m^2, 11월 18,670 개체/m^{2}로 급격하게 증가한 반면, 보성만은 9월 평균 3,952 개체/m^2, 10월 4,329 개체/m^2, 11월 2,264 개체/m^{2}로 나타났다. 본 연구에서 2008년 12월부터 2009년 3월까지의 치패의 성장 증가율은 순천만보다 보성만 치패에서 더 높았다. 또 각장과 육중의 상대 성장에서도 이 기간에는 보성군이 순천만 보다 치패 육중의 상대 성장률이 높았다. 따라서 이 기간 순천만 새고막의 성장 증가율이 보성만에 비해 낮았던 이유는 종밋의 이상증가로 인한 먹이 경쟁의 영향 때문으로 생각된다.

본 실험에서 채묘 후 1년생 개체의 각장은 순천만에서 24.28 mm, 보성만에서 21.03 mm로 순천만에서 성장이 더 빨랐다. 또한 채묘 후 양성장으로 이동하여 성장시킨 새고막 2년생 개체의 전장도 순천만에서 약 1.2배 더 높은 성장을 보였다.

이와 같이 결과들을 종합해 볼 때 순천만과 보성만은 수심이 낮고, 하절기 고수온이 새고막 모패의 성성숙을 유도하여 집약적인 채묘가 가능하므로 새고막 양식의 적지로 판단된다. 또 순천만은 외부에서 유입되는 담수의 양이 많아 기초생산력 (chlorophyll-a)과 먹이생물이 보성만에 비해 더 풍부하며 이러한 지역적 특성은 순천만 새고막의 성장이 보성만에 비해 빠른 원인으로 해석된다. 또 겨울철 종밋의 발생은 새고막의 성장에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 보성만은 순천만에 비하여 치패 개체수 밀도의 월 평균 생존율이 약 74%로 낮았다. 또 2년산 성패의 전중 성장도 보성만이 순천만의 약 84% 수준이었다. 이러한 결과로 보아, 보성만 새고막 양식시설은 순천만에 비하여 과다한 것으로 판단되어 적정수용력에 맞게 감소할 필요가 있다. 두 해역에서의 chlorophyll-a 함량, 새고막 치패의 생존율과 성장률 및 성패의 성장 등을 종합적으로 비교할 때 보성만에서의 양식 규모를 현재보다 약 1/3 수준으로 감소하면 순천만의 생산성 수준이 될 것으로 예측된다.

사 사

본 연구는 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(NO. R21-2005-000-10022-0)의 지원과 국토해양부 해양생명공학연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Fang J, Yan M, Zhang J and Xiao G. 2008. Preliminary studies on the effects of pH and ammonia on growth and survival to *Scapharca subcrenata* juveniles. J Zhejiang Ocean Univ 27, 281-285.

Ge LJ, Yang YX and Liang WB. 2008. The Effect of different diets on the growth of larval clam *Scapharca subcrenata*. Fish Sci 27, 226-229.

KHOA. 2009. Oceanographic observation, Korea

Hydrographic and Oceanographic Administration, http://www.khoa.go.kr/info/tide_search.asp. on October 2009.

Kim CW, Kim SB and Hur SB. 2006. Distribution of bivalve larvae in Deukryang Bay. J Aquacult 19, 288-298.

Kim SY, Shin YK, Lim HK and Lee WC. 2008. Gonadal development and reproductive cycle of the ark shell *Scapharca subcrenata* (bivalvia: arcidae) from Yeoja Bay. J Aquacult 21, 252-258.

Lee JH. 1998. A studfy on sexual maturation of the ark shell, *Scapharca subcrenata* Lischke. J Malacol 14, 91-102.

Mackie GL. 1984. Bivalves. In: The Mollusca, Vol. 7. Reproduction. Wilbur KM, Tompa AS, Verdonk NH and Biggelaar JAM, eds. Academic Press, New York, U.S.A., 351-418.

MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. 301-302.

Nakamura Y. 2005. Suspension feeding of the ark shell *Scapharca subcrenata* as a function of environmental and biological variables. Fish Sci 71, 875-883.

Nakamura Y and Shinotsuka Y. 2007. Suspension feeding and growth of ark shell *Anadara granosa* : composition with ubiquitous species *Scapharca subcrenata*. Fish Sci 73, 889-896.

Park CK. 2000. Seasonal variation of proximate composition in ark shell (*Scapharca subcrenata*) tissues. J Kor Soc Food Sci Nutr 29, 10-14.

Parsons TR, Maita Y and Lalli CM. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford, U.K., 1-184.

Quayle DB. 1964. Distribution of introduced marine mollusca in British Columbia water. J Fish Res Canada 21, 1155-1181.

Sekiguchi H. 1997. A new look of plankton and benthos communities viewed through the supply side ecology. Bull Fac Bioresour Mie Univ 17, 78-80.

Shen H, Zhang Y, Lu H and Zhou P and Wu J. 2006. Filtration rate, selectivity and digestion of *Scapharca subcrenata* for microalgae. J Shanghai Fish Univ 15, 195-200.

Shi X-Y, You Z-J, Shen W-L and Liu W-J. 2007. Effects of salinity on growth and survival in juvenile clam *Scapharca subcrenata*. Fish Sci/Shuichan Kexue 26, 554-556.

Yoo SK. 2000. Mariculture. Guduck Publishing, Busan, Korea, 203-218.

2010년 2월 4일 접수
2010년 4월 6일 수정
2010년 6월 15일 수리