

득량만 키조개, *Atrina pectinata*의 양성밀도에 따른 성장과 생존율

김대홍, 윤호섭¹, 안윤근¹, 이사동, 최상덕^{1*}

전남 장흥 수산기술관리소, ¹전남대학교 양식생물전공

Density Dependent Growth and Survival Rates of *Atrina pectinata* in Duekryang Bay, Korea

Dae Hong Kim, Ho Seop Yoon¹, Yun Keun An¹, Sa Dong Lee and Sang Duk Choi^{1*}

Jangheung Regional Maritime Affairs and Fisheries office, Jangheung 529-801, Korea

¹Aquaculture Program, Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

ABSTRACT

Growth and survival rates dependent on the density of a pen sell, *Atrina pectinata* were measured from Duekryang bay in Korea. Annual water temperature and salinity of the study area were ranged from 14.5 to 28.0°C and from 27.98 to 31.89 psu, respectively. The pH, DO, COD, DIN, Chl-a and SPM in the study area ranged from 7.78-8.35 mg/L, 7.07-7.90 mg/L, 1.20-1.70 mg/L, 2.88-6.02 mg/L, 0.20-0.79 mg/L and 10.8-21.4 mg/L. The IL, COD and AVS in sediments ranged from 4.0-4.6%, 7.28-10.76 mg/L and 0.03-0.05 mg/L respectively. The daily growth rate of shell height and total weight were 0.27%, 0.33% (5 indiv./m²), 0.26, 0.29% (10 indiv./m²) and 0.21, 0.20% (35 indiv./m²). The survival rate also decreased along the density gradient; highest at the lowest density of 5 indiv./m² and lowest at the maximum density of 35 indiv./m².

Key words: *Atrina pectinata*, daily growth rate, survival rate, density dependent

서 론

키조개, *Atrina pectinata*는 키조개과 (Family Pinnidae) 에 속하는 종으로서 일본, 대만, 중국, 인도 및 태평양연안에 널리 분포한다. 우리나라에서는 남해안의 가막만, 여자만, 득량만 및 진해만 등 주로 내만에 서식하고 있으며, 서해안은 충남 보령 연안의 도서해역과 전라북도의 고군산군도 인근 도서지역에서 다량 분포하고 있다 (Kim and Hur, 1998; Hong et al., 2002). 키조개의 종류는 제주연안에서 일부 이열대성 키조개 (*Pinna muricata*) 가 발견되고 있으나, 일반적으로 국내에는 키조개 (*Atrina pectinata*) 와 가시

키조개 (*Atrina pinnata lischkena*) 2종이 알려져 있다 (NFRDI, 1997).

키조개는 수온 18-25°C 범위에서 주로 산란하고, 성숙한 암컷의 난소는 적갈색이며, 수컷은 옅은 황백색이므로 암수를 쉽게 구별할 수 있다. 부유유생은 각장 600 μm 정도로 조개류 부유유생 중에서 가장 크며, 부유생활을 마치고 저질에 잠입하여 생활하는 이매패류로서 우리나라산 조개류 중에서 가장 대형종으로 조하대부터 수심 40 m까지의 연안 사니질에 서식하는 천해유용 정착동물이다 (Yoo, 2000).

키조개의 생산량은 연도별 변동이 심한 종으로, 2000년에 11,590 M/T으로 이후 급격히 생산량이 감소하여 2005년 6,906 M/T으로 최근 들어 더욱 생산량이 감소하는 경향을 나타내었다 (MOMAF, 2006). 이러한 원인은 키조개가 가입, 서식하는 해역의 수심이 비교적 깊고 대량발생하며, 2년- 4년 생의 패류를 식용으로 채취하기 때문에 대량 서식 장소가 발견되면 몇 년간은 생산량이 많지만, 곧 남획에 의하여 자원이 거의 소멸되며, 다시 몇 년간의 회복기를 거쳐 채취되기 때문

Received June 18, 2008; Revised July 26; Accepted August 2, 2008

Corresponding author: Choi, Sang Duk
Tel: +82 (61) 659-3166 e-mail: choisd@jnu.ac.kr
1225-3480/24209

로 추정된다 (Ryu *et al.*, 2001). 이러한 자원 변동의 극심화로 인하여 안정적인 조업이 불가능하고 남획으로 인한 문제가 제기되고 있다.

키조개에 관한 연구로는 수심에 따른 어장 환경 특성 (Choi *et al.*, 1995), 연령과 성장 (Ryu *et al.*, 2001), 환경특성이 분포양상에 미치는 영향 (Hong *et al.*, 2002) 및 자연채묘 연구 (Son *et al.*, 2005), 이식효과 (Yang *et al.*, 1998) 등이 있다.

본 연구에서는 키조개의 자원관리와 합리적이고 안정적인 생산을 위한 기초 자료를 제시하기 위하여 사육밀도에 따른 성장과 생존율을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 수질환경 조사

키조개 서식지 실험어장의 수질환경 조사를 위해 득양만의 장흥군 안양면 수문리 지역을 선정하여 2000년 4월부터 2000년 10월까지 매월 1회 현장조사 및 시료채취를 실시하였다 (Fig. 1). 수온과 염분은 디지털 수온계 (YSI-85)와 염분계를 이용하여 측정하였다. 수소이온농도 (pH)는 ORION-420 pH 미터를 사용하여 측정하였으며, 용존산소 (DO)는 Winkler 적정법으로 분석, 화학적 산소요구량 (COD)은 채수 당일 바로 알칼리법으로 분석하였고, 영양염류는 Spectrophotometer (GENESYS-5)로 분석, 표준 검량선을 미리 작성하여 구해진 흡광도 (Abs)를 농도로 환산하였다. 영양염류 중 암모니아성 질소 ($\text{NH}_4\text{-N}$)는 Indophenol법에 의해 비색 정량하였으며, 아질산성 질소 ($\text{NO}_2\text{-N}$)는 Sulfanilamid-NED 법에 의해 비색 정량하였다. 질산성 질소는 ($\text{NO}_3\text{-N}$)는 Cadmium reduction법에 의해 질산을 아질산으로 환원시킨 후 Sulfanilamid-NED법에 의해 비색 정량하였다. 총 질소는 암모니아성 질소, 아질산성 질소 및 질산성질소의 합으로 구하였으며, 총인 ($\text{PO}_4\text{-P}$)은 Ascorbin acid법에 의해 비색 정량하였으며, Chlorophyll-a는 $0.45 \mu\text{m}$ membrane filter로 여과하여 엽록소 색소를 90% 아세톤으로 추출한 후 상등액에 흡광도를 630, 647, 664 및 750 nm에서 측정하여 정량하였다. 부유입자물질 (SPM, Suspended Particulate Matter)은 미리 무게를 측정된 유리섬유 여과지 (GF/F, 공극 $0.45 \mu\text{m}$)를 이용하여 해수를 통과시켜 110°C 에서 2시간 건조한 후 여과 전, 후의 무게차로 구하였다.

2. 저질환경 조사

채취된 저질시료를 이용하여 함수율, 강열감량, 저질 COD 및 입도분석을 실시하였다. 함수율은 채니기로 채취한 조사지점의 저질 상층부를 20-30 g 정도 취하여 dry oven에 105°C 로 24시간 동안 건조시킨 뒤 건조량과의 차이로서 계산하였으

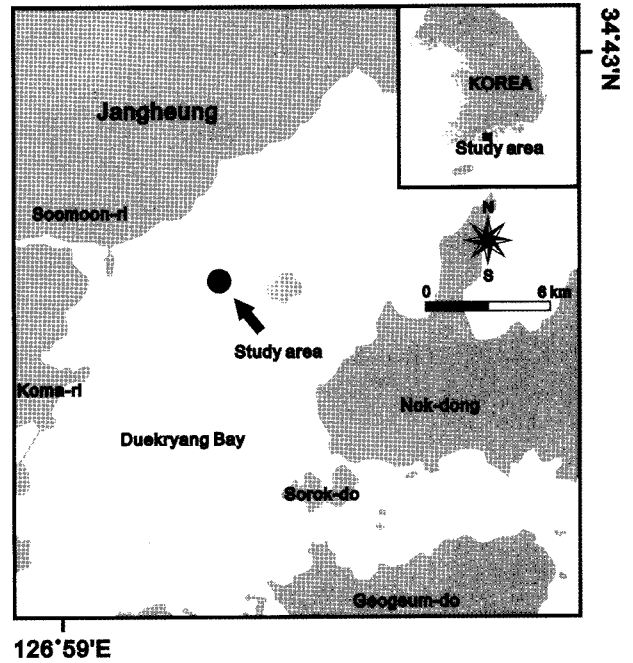


Fig. 1. Study area and sampling site.

며, 강열감량은 도가니에 건조된 시료 5 g을 넣고 550°C 의 온도로 2시간 동안 가열한 후 desiccator에 냉각시키고, 실온으로 식힌 후 측정하였다. 저질 COD는 과망간산알칼리법으로 측정하였다.

3. 밀도별 성장률 및 생존율 조사

본 연구는 2000년 4월부터 2000년 10월까지 6개월 동안 양성밀도별 성장률과 생존율을 조사하였다 (Fig. 1). 실험에 사용된 종묘는 1999년 10월에 Scuba diving을 통해 여수시 삼산면 손죽도 인근해역에서 채취한 개체를 5개월 동안 순치한 것으로 외부에 상처가 없고, 이식종묘 크기는 각각 $162.5 \pm 5.34 \text{ mm}$ 및 전중량 $7.02 \pm 4.2 \text{ g}$ 의 활력이 좋으며, 죽사가 완전한 개체를 선별하여 총 1500개체를 실험에 사용하였다. 저면에 구획한 틀에 5, 10 및 35 indiv./ m^2 의 밀도로 100, 200, 700 개체로 이식하여 월별 성장률을 조사하였으며, 50, 100 및 350 개체를 이식하여 밀도별 생존율 조사를 실시하였다. 조사기간 동안 매월 방형구 ($1 \times 1 \text{ m}$)를 이용하여 1 m^2 내의 키조개를 채취하여 vernier caliper를 사용하여 각 고를 0.01 mm까지 측정하였으며, 전중량은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다.

4. 성장도 분석

조사기간 동안 매월 조사된 성장자료를 이용하여 각고 및 전중량의 절대성장 (Absolute growth = $(\text{Sh}_2 - \text{Sh}_1)/T$ 및 $(\text{Sw}_2 - \text{Sw}_1)/T$; Sh_2 : 시험 종료 시 평균 각고, Sh_1 : 시험 개시

Table 1. Monthly variations in the environmental factors of water column in Duekryang Bay

Month	Water temperature (°C)	Salinity (psu)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	DIN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl.-a (µg/L)	SPM (mg/L)
2000 Apr.	14.5	31.71	7.86	7.69	1.20	2.88	1.42	0.32	12.2
May.	17.1	31.89	7.78	7.25	1.23	3.71	2.09	0.20	11.8
Jun.	24.9	30.06	7.79	7.09	1.18	5.04	1.88	0.62	12.2
Jul.	27.4	27.98	7.95	7.90	1.28	6.02	2.24	0.79	10.3
Aug.	28.0	28.12	8.10	7.32	1.70	3.86	0.06	0.74	12.4
Sep.	22.4	29.77	8.21	7.56	1.09	4.02	0.48	0.68	10.8
Oct.	18.3	31.12	8.35	7.07	0.82	3.48	1.08	0.42	11.6

Table 2. Levels of ignition loss (IL), chemical oxygen demand (COD) and acid volatile sulfide (AVS) in surface sediments during study period

	Items		
	IL (%)	COD (mg/g.dry)	AVS (mg/g.dry)
Initial	4.6	7.28	0.03
Final	4.0	10.76	0.05

Table 3. The grain size composition of surface sediments in the area

(Unit : %)

Composition (%)			
Coares sand (Ø > 2.9 mm)	Sand (Ø2.0-0.062 mm)	Silt and clay (Ø2.0-0.062 mm)	Sediment type
1.93	62.64	35.43	Sandy silt

시 평균 각고, Sw_2 : 시험 종료 시 평균 전중량, Sw_1 : 시험 개시 시 평균 전중량, T: 사육 일수)과 일간성장률 (DGR; Daily growth rate = $100 \times (\ln L_2 - \ln L_1) / T$ 및 $100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T$; L_2 : 시험 종료 시 평균 각고, L_1 : 시험개시 시 평균 각고, W_2 : 시험 종료 시 평균 전중량, W_1 : 시험개시 시 평균 전중량, T: 사육 일수)을 분석하였으며, 절대성장 및 일간성장률을 구하였다 (Ricker, 1975).

5. 통계처리

본 연구의 모든 사육결과 나타난 성장자료와 생존 자료는 통계 처리하여 각 실험구간 유의한 성장률과 생존율에서의 차이를 보고자 하였으며, 유의성 여부는 유의수준 $p < 0.05$ 에서 Student's t-test로 검정하였다.

결 과

1. 수질환경

실험어장의 수온은 14.5-28.0°C로 4월에 14.5°C로 가장 낮았고, 8월에 28°C로 최고 수온을 나타냈으며, 염분은

27.98-31.89 psu로 강수량이 많았던 7월과 8월에 비교적 낮은 값을 나타내었다. 수소이온 농도 (pH)는 7.78-8.35 범위로서 육수의 영향이 적은 일반 연안해수의 pH 값과 비슷한 경향을 보였고, 용존산소 (DO)의 변화를 보면, 조사기간 동안 7.07-7.90 mg/L로 나타났다. 일반적으로 유기물 오염의 간접적인 지표로 사용되는 화학적 산소요구량 (COD)은 1.20-1.70 mg/L로 변화폭이 적었다. 해수 중에 녹아있는 용존무기질소 (DIN)는 2.88-6.02 mg/L로 나타났고, 인산인 (PO₄-P)의 경우는 0.06-2.09 mg/L로 나타났다. 실험어장의 Chlorophyll-a는 0.20-0.79 µg/L였으며, 부유입자물질 (SPM)은 10.80-12.4 mg/L로 나타났다 (Table 1).

2. 저질환경

저질 환경조사는 퇴적물 시료를 실험 시작 전과 후에 채취하여 분석한 결과, 총 강열감량 (IL)은 4.0-4.6%로 저질에 유기탄소량이 비교적 낮은 값으로 나타났으며, 화학적 산소요구량 (COD)은 7.28-10.76 mg/g, 황화물 (AVS)의 경우는 0.03-0.05 mg/g으로 비교적 안정된 값을 보였다 (Table 2).

Table 4. Monthly change in the shell height of *Atrina pectinata* at each rearing density

(unit: mm; mm·d⁻¹; %)

Density (indiv./m ²)	Item	Month						
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
5	Shell height	172.80±3.40	180.10±5.20	189.50±8.70	197.20±5.40	199.40±7.80	206.10±2.40	211.40±6.80
	Growth rate		1.29	0.64	0.42	0.32	0.25	0.21
	DGR		0.67	0.34	0.22	0.17	0.13	0.11
10	Shell height	173.60±2.10	180.30±6.00	190.20±5.80	197.60±6.20	199.60±8.40	205.60±5.80	210.10±6.80
	Growth rate		1.22	0.61	0.40	0.30	0.24	0.20
	DGR		0.64	0.32	0.21	0.16	0.12	0.10
35	Shell height	172.00±4.80	175.50±3.10*	180.80±6.20*	187.80±7.40*	191.20±5.80*	196.60±11.00*	200.20±9.20*
	Growth rate		0.94	0.47	0.31	0.23	0.18	0.15
	DGR		0.51	0.25	0.17	0.12	0.10	0.08

*Significant differences in growth rate at p=0.05 level

저질 입도 분석은 자갈 (coars sand)이 1.93%로 낮은 비율을 나타냈고, 모래 (sand)가 62.64%로 가장 높은 비율을 보였으며, 니질 (silt and clay)은 35.43%로 나타났다 (Table 3).

3. 성장율

키조개를 5, 10 및 35 indiv./m²의 밀도로 이식하여 사육한 결과, 월별 평균 각고의 변화는 Table 4와 같다. 사육기간 중 각고의 증가 및 사육 종료시 평균 각고는 5 indiv./m² 시험구는 각각 172.80±3.40 mm, 211.40±6.80 mm 였으며, 10 indiv./m² 시험구는 173.60±2.10 mm, 210.10±6.80 mm, 35 indiv./m² 시험구는 172.0±4.80 mm, 200.20±9.20 mm 로 성장하였다. 월별 각고의 성장을 살펴보면 5 indiv./m² 및 10 indiv./m² 두 시험 구간의 유의차가 없었으며 (p>0.05), 35indiv./m² 시험 구간에서는 사육 기간 동안 다른 두 구간에 비해 성장이 지체되는 경향을 보여 각고 성장의 유의차를 보였다 (p<0.05).

각고의 절대성장은 5 indiv./m² 시험구가 0.52 mm·d⁻¹ 이었고, 10 indiv./m² 시험구는 0.49 mm·d⁻¹, 35 indiv./m² 시험구가 0.38 mm·d⁻¹ 이었다. 월별 각고의 성장을 살펴보면, 전 구간에서 5월에 각고가 가장 많이 성장하였으며, 8월부터 점차 감소하였고, 이후 9월 및 10월에는 0.25 mm·d⁻¹ 이하로 각고의 성장이 점차적으로 느린 경향을 보였다.

각고의 일간성장률은 5 indiv./m² 시험구가 0.27% 이었고, 10 indiv./m² 시험구는 0.26%, 35 indiv./m² 시험구가 0.21% 이었다. 이를 월별로 보면, 5월에 모든 시험구에서 일

간성장률이 가장 많이 증가한 후 이후 감소하는 경향을 나타내었다 (Table 4).

사육기간 중 전중량의 증가 및 사육종료 시 평균 전중량은 5 indiv./m² 시험구는 각각 234.50±2.40 g, 300.08±10.80 g 였으며, 10 indiv./m² 시험구는 234.76±2.40 g, 289.83±8.20 g, 35 indiv./m² 시험구는 211.98±3.60 g, 244.88±9.80 g 로 나타났으며, 35 indiv./m² 시험구에 비해 다른 두 시험구가 비교적 높은 값을 나타냈다 (p<0.05). 한편, 월별 평균 전중량의 변화를 보면 각고의 경우와 같이 4월부터 6월까지 시험구 간의 유의차가 없었으나 (P>0.05), 7월부터 10월까지 5 indiv./m² 및 10 indiv./m² 시험구가 35 indiv./m² 시험구보다 높아 양성 밀도별로 유의차를 보였다 (p<0.05).

전중량의 절대성장은 5 indiv./m² 시험구가 0.89 g·d⁻¹ 이었고, 10 indiv./m² 시험구는 0.75 g·d⁻¹, 35 indiv./m² 시험구가 0.45 g·d⁻¹ 이었다. 월 변화를 살펴보면 각고와 유사한 경향을 나타냈다.

사육기간 중 전중량의 일간 성장률은 5 indiv./m² 시험구가 0.33% 이었고, 10 indiv./m² 시험구는 0.29%, 35 indiv./m² 시험구가 0.20% 이었다. 이를 월별로 보면, 5월에 모든 시험구에서 일간 성장률이 가장 많이 증가한 후 이후 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

4. 생존율

생존율은 모든 밀도별 시험구에서 5월까지 100%의 생존율을 보였으나, 6월에 35 indiv./m² 시험구에서 97.7%의 생존율을 보였다. 이후 7월에 35 indiv./m² 시험구에서 91.4%의

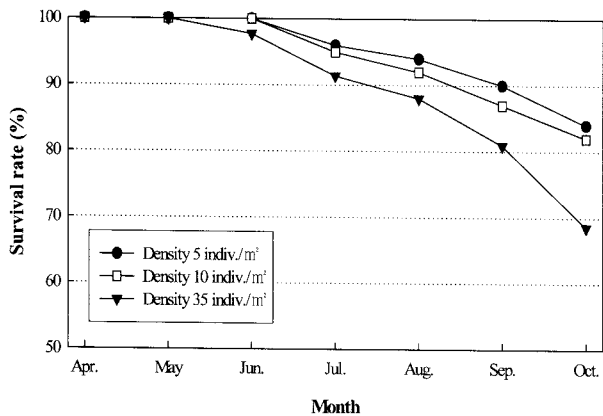


Fig. 2. Survival rates of *Atrina pectinata* at different densities.

생존율을 보였으며, 이를 제외한 모든 구간에서는 95%의 높은 생존율을 보였다. 한편 10월에 5 indiv./m² 및 10 indiv./m²의 구간에서는 82%의 생존율을 보였으나, 35 indiv./m² 시험구에서는 68%의 생존율을 나타내었다 (Fig. 2).

고 찰

본 연구에서 득양만의 키조개 양식밀도에 따른 성장시험을 실시하였으며, 해양환경 중에서 키조개의 성장과 생존율에 영향을 미치는 환경요인 수온, 염분 및 저질 (Yang *et al.*, 1998) 등을 조사하였다. 그 결과 조사지역의 환경특성을 살펴본 결과, 수온은 13.8-28.0°C로 4월에 최저치를 보였고, 최고치는 8월로 수온의 변화 폭이 일반 연안 해역에 비하여 비교적 크게 나타났다. 염분은 27.98-31.89 psu의 범위를 나타냈으며, 강우량이 많은 여름철인 7월 27.98 psu, 8월 28.12 psu로 낮게 나타났으며, pH 및 용존산소 (DO)는 각각 7.65-8.35, 7.07-8.86 mg/L의 범위를 보였다. 그리고 화학적 산소요구량 (COD)은 0.90-1.70 mg/L로 나타났으며, 용존 무기질소 (DIN)는 0.12-3.86 mg/L로 나타났다. 인산염의 경우 0.008-2.09 mg/L 나타내었으며, 해역의 수질환경은 비교적 안정된 상태를 보였으며, 기존의 득양만 키조개 양식장을 대상으로 보고된 해양환경과 유사한 경향을 나타내었다 (Choi *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 1998).

저질 환경은 화학적 산소요구량, 유기탄소량, 황화물이 낮게 나타남과 동시에 저질 입도 조성은 silt질의 양이 전체조성의 60% 이상을 차지하고 있는 니질로 키조개를 비롯한 잠입성 이매패류 서식에 적합한 환경으로 나타났다. 일반해황 및 수질, 저질 환경은 득양만 어장환경편람 (JRMAF, 2001)의 평년 환경과 비슷한 경향을 보였다.

밀도별 성장을 분석하여 보면, 각고 및 전중량은 5

indiv./m² 및 10 indiv./m² 시험구의 성장이 35 indiv./m² 시험구보다 높게 나타났으며, 사육종료 시 각고 및 전중량 또한 저밀도에서 높은 성장율을 보였다. 이처럼 저밀도에서 비교적 높은 성장률을 보인 것은 이식을 통한 먹이 생물 섭취양호, 환경개선 및 적정밀도 등으로 성장에 영향을 미친 것으로 추정된다 (Yoo and Yoo, 1984; Song *et al.*, 1988; Yang *et al.*, 1998). 밀도별 전중량 변화를 살펴보면 모든 실험 구간에서 7월과 8월로 넘어가는 시기에 전중량이 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 키조개는 연중 1회 산란기를 가지는 하계 산란 종으로, 키조개는 8월에 비만도 (Condition index)가 최저값을 보이며, 7월에 키조개의 산란기라고 보고하였다 (Yoo, 2000). 전중량의 감소하는 경향은 이러한 시기에 키조개의 비만도의 변화와 산란기의 영향으로 판단된다. 이러한 결과는 Yang *et al.* (1998)이 보고한 바와 같이 이식지의 수질 환경, 먹이량, 조류소통 및 저질 환경 등에 기인되는 결과라고 사료된다. 조개류의 성장은 먹이의 양 및 서식밀도에 좌우되며 (Yoo and Yoo, 1984; Yang *et al.*, 1998), 본 연구에서는 저밀도로 분산 이식하여 관리한 시험구에서 밀도별로 각고 및 전중량의 성장차이가 나타났으며, 높은 밀도보다는 낮은 밀도에서 성장도가 높게 조사되었으며, 이러한 결과는 Yoo *et al.* (1972) 과 Yang *et al.* (1998)이 보고한 결과와 유사하게 나타났다.

키조개의 밀도별 생존율은 시험 종료 시에는 5 indiv./m² 및 10 indiv./m² 시험구는 82% 이상의 높은 생존율을 보였으나, 35 indiv./m² 시험구에서는 68%의 낮은 생존율을 나타내었다. 밀도별 생존율을 조사한 결과 수온이 급격하게 상승하는 고수온기인 7월에 전 구간에서 폐사개체가 발생하기 시작하였으며, 이러한 결과는 급속한 수온상승으로 인한 개체의 스트레스 및 서식환경 악화로 인한 것으로 판단되나, 명확한 요인을 규명하기 위하여 향후 다각적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

양성밀도별 키조개의 성장과 생존율을 조사한 결과, 키조개 양식의 이식 효과를 높이기 위해서는 키조개의 서식생태를 고려하여 고밀도로 서식하는 서식지역에 일부 개체들을 채취하여 이식적지에 채취한 키조개를 적정밀도로 이식한다면 보다 높은 생산량과 이식효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 향후 보다 효과적인 이식 기준을 확립하기 위해서는 이식수심에 따른 성장을 조사도 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

요 약

본 연구를 위하여 득양만 키조개, *Atrina pectinata*의 양성밀도별 성장과 생존율을 조사하였다. 실험기간 중 이식해역의 수질환경을 살펴보면 수온은 14.5-28.0°C였으며, 염분농도는 27.98-31.89 psu로 나타났다. 수소이온농도 (pH)는

7.78-8.35 범위였으며, 용존산소는 (DO) 7.07-7.90 mg/L, 화학적 산소요구량 (COD)은 1.20-1.70 mg/L로 나타났다. 용존 무기질소 (DIN)는 2.88-6.02 mg/L였으며, 인산염인 (PO₄-P) 0.06-2.09 mg/L, Chlorophyll-a는 0.20-0.79 mg/L, 부유입자물질 (SPM) 은 10.8-21.4 mg/L의 범위로 나타났다. 저질 환경을 살펴보면 총강열감량 (IL)은 4.0-4.6%, 저질COD는 7.28-10.76 mg/L, 황화물 (AVS)은 0.03-0.05 mg/L의 범위를 나타냈다. 밀도에 따른 키조개의 성장을 살펴보면, 저밀도의 시험구에서 높은 성장률을 보였다. 각고의 일간성장률은 5 indiv./m² 시험구가 0.27%이었고, 10 indiv./m²는 0.26%, 35 indiv./m² 시험구는 0.21%이었다. 전중량의 일간성장률은 5 indiv./m² 시험구가 0.33%이었고, 10 indiv./m²는 0.29%, 35 indiv./m² 시험구는 0.20%이었다. 생존율은 5 indiv./m²와 10 indiv./m² 시험구에서 높은 생존율을 나타냈다.

REFERENCES

- Choi, Y.K. Cho, K.D. Lee, B.G. and Hong, C.H. (1995) Environmental characteristics according to the depth in Deukryang Bay, culturing ground of Pen Shell (*Atrina Pectinata*). *Journal of Korean Society Fish Technology*, **31**: 127-141.
- Hong, S.H., Ma C.W. and Oh C.W. (2002) Biological resources of Pen shell, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica* in the coastal waters of Chungchung-namdo, Korea. 1. Effects of environmental factors on distribution pattern. *The Korean Journal of Malacology*, **18**: 53-59.
- JRMAF (2001) Guide of mariculture farm on Deukryang Bay, pp. 160. Jangheung Regional Maritime Affairs and Fisheries office, Korea.
- Kim, C.W. and Hur, S.B. (1998) Distribution of the bivalve resources in Deukryang Bay. *Journal of Aquaculture*, **11**: 249-260.
- MOMAF (2006) Statistical yearbook of maritime affairs and fisheries. pp. 334. Ministry Of Maritime Affairs and Fisheries, Seoul.
- NFRDI (1997) Studies on the Development of Techniques on pen shell natural spat collection. pp. 149. National Fisheries Research and Development Institute, Korea.
- Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation for biological statistics of fish population. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **191**: pp. 382.
- Ryu, D.K., Baik, S.H., Park, K.H. and Chung, E.Y. (2001) Age and growth of the Pen Shell, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica* (Reeve), on the west coast of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **17**: 71-78.
- Son, P.W., Ha, D.S., Lee, C.H., Jang, D.S. and Kim, D.K. (2005) Study on the natural spat collection of the Pen shell, *Atrina pectinata*. *Korean Journal of Malacology*, **21**: 113-120.
- Song, H.I., Kim, B.G. and Kim, K.Y. (1988) Studies on the growth of transplanted oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) from western coast of Korea. *Bulletin of Fisheries Research Devision Agency*, **41**: 55-63.
- Yang, M.H, Choi, S.D., Rho, Y.G., Kim, S.Y. and Jung, C.G. (1998) A study on the growth of Pen shell, *Atrina pectinata japonica* transplanted into Deukryang Bay in southern Korea I. Environmental factors and transplanted effect on different shell size groups. *Journal of Aquaculture*, **11**, 193-201.
- Yoo, S.K. (2000) Shallow sea culture. Guduk Pub. Co., pp. 639. Guduk Publishing Co., Busan.
- Yoo, S.K. and Yoo, M.S. (1984) Studies on the pen shell culture development (I). Reproductive ecology of pen shell in Yoja Bay. *Journal of Korean Fisheries Society*, **17**: 529-535.
- Yoo, S.K., Yoo, M.S. and Park, J.N. (1972) Biological studies on oyster culture (I) Growth of the *Crassostrea gigas*. *Bulletin of Pusan Fisheries College*, **12**: 63-67.