



큰이랑피조개 *Scapharca satowi*의 양성 밀도별 성장

송홍인* · 박광재 · 조영록 · 박영제

국립수산과학원 서해수산연구소

Density Dependent Growth of Ark shell, *Scapharca satowi* in the West Coast of Korea

Hong-In Song*, Kwang-Jae Park, Young-Rok Cho and Young-Je Park

West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-201, Korea

Effect of density (30, 40, 65, 90 or 120/cage) of lantern and bottom cages on growth of the ark shell, *Scapharca satowi* was studied in the Korean west coast from April 2000 to October 2001, when the following range of environmental conditions prevailed : temperature : 4.2 -25.5 °C, salinity : 30.23-32.15 ‰, dissolved oxygen : 5.12-7.16 ml/l, pH : 7.84-8.17, phosphate : 0.22-0.56 μM, dissolved inorganic nitrogen : 3.16-9.10 μM, suspended solid : 7.6-17.9 mg/l, chemical oxygen demand: 0.46-1.61 mg/l and chlorophyll-a : 0.92-5.93 μg/l. Daily growth rate of shell length ranged from 0.066 to 0.071 mm/day for the lantern net cages, and from 0.079 to 0.082 mm/day for the bottom cages. Total weight also ranged from 0.067 to 0.082 g/day in the lantern net cages, as against 0.099 to 0.114 g/day in the bottom cages. Hemoglobin content of *S. satowi* (55 mm shell length), which was about 3.9 g/dl during February, 2001, increased to 6.0 and 7.0 g/dl during October, 2001 in animals culture in the lantern and bottom cages, respectively. ANOVA test of the growth rate showed that the growth rate of *S. satowi* was significantly dependent on rearing density and the tested culture methods ($P < 0.0001$). The daily growth rate of the shell length was more significantly correlated with water temperature; the growth rate of shell length and total weight showed a tendency decrease with decreasing temperature. In cages suspended at the bottom, not only the increase shell weight but also the meat obtainable from comparable sized *S. satowi* was greater. Survival decreased with increasing density and was optimal at the density of 30 individual/cage.

Key words: Ark shell, *Scapharca satowi*, Rearing density, Culture cage, Shell length, Total weight, Hemoglobin content

서 론

큰이랑피조개 (*Scapharca satowi*)는 분류학적으로 돌조개목 Arcoida, 돌조개과 Arcidae에 속하며 (Choe et al., 1999), 우리나라 서해 및 남해안의 서부 연안 외해에 서식

하는 조개류이다. 외형으로는 피조개(*Scapharca broughtonii*)와 비슷하나 크기가 다소 작고, 최대 방사늪은 길고 육질이 약간 단단한 편이며, 피의 색깔도 희미하여 일명 분홍피조개라고도 불린다.

큰이랑피조개의 생산은 극소량의 자연산만이 일부 형

*Corresponding author : hisong@nfrdi.re.kr

망어업에 의해 어획되고 있어 어업통계조차 잡히지 않고 있는 실정이다. 우리나라 양식 피조개의 생산량을 보면 1980년에 2,301톤이던 것이 급격히 증가하여 1986년에는 58,393 톤으로 수산 양식업에서 중요한 위치를 차지하였다. 그러나 1989년부터 점차 생산력이 떨어지기 시작하여 1995년에는 9,357 톤으로 감소 추세를 보이다가 1998년에는 23,029톤으로 생산량 변동이 크게 나타나고 있다 (해양수산통계연보, 1980~1998). 이러한 원인은 남해안에 있어서 장기간의 연작과 과밀양식으로 인한 양식장 저질의 악화, 자연채모 부진에 따른 종묘수급의 불균형, 채모장과 양식장의 어장환경 악화로 매년 대량 폐사가 발생되고 있기 때문으로 생각된다 (경상남도, 1993).

피조개 양식에 관한 연구는 Yoo and Park (1978), Kim et al., (1982), Park et al., (1983), Kim and Kang (1985), Kwon and Cho (1986), Yoo et al., (1990)의 보고가 있으나, 이들 연구는 대부분이 피조개를 대상으로 남해안 해역에서 이루어진 것으로, 서해안에서 큰이랑피조개를 대상으로 한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구는 남해안 피조개의 생산 감소에 따라 서해안 지역의 큰이랑피조개를 새로운 양식품종으로 개발하기 위하여 본양성의 어장환경, 적정 양성밀도 및 양성방법별 시험 등을 실시하였다.

재료 및 방법

큰이랑피조개의 적정 양성밀도와 양성방법에 따른 성장 관계를 알기 위하여 충남 태안군 안면읍 승언리 내파수도 앞바다에서 2000년 4월부터 2001년 10월까지 양성시험을 실시하였다 (Fig. 1).

수질조사는 매월 1회 만조 전후를 기준으로 표층과 저층에서 채수하였다. 수온은 봉상온도계로 현장에서 측정하였고, 염분은 Inductive coupled salinometer, 용존산소는 Winkler의 개량법, 수소이온농도(pH)는 Jenway (Model pH M 10) pH meter, 영양염류는 Strickland and Parsons (1972)방법으로 인산염($PO_4\text{-P}$)과 용존무기질소(DIN)를 측정하였다. 부유물질(SS)은 해수 1 L를 membrane여지(HA type, $0.45\ \mu\text{m}$)로 거른 후 $105\ ^\circ\text{C}$ 에서 6시간 동안 건조시켜 그 무게를 측정하였고, 화학적산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량하였다. Chlorophyll-a는 해수 1 L를 membrane여지(HA type, $0.45\ \mu\text{m}$)로 여과한 후 90%의 acetone과 1% $MgCO_3$ 용액에 24시간 동안 $4\ ^\circ\text{C}$ 정도로 냉장 보관한 후 원심분리기로 부유물을 제거한 다음

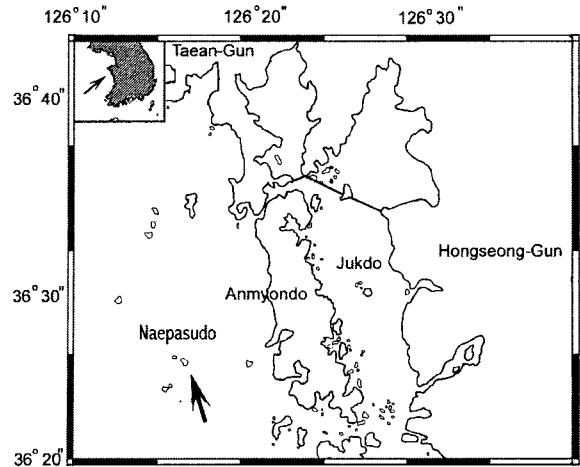


Fig. 1. Map showing the culture site of *S. satowi*.

분광광도계(Varian, Model Cary-1)로 750 nm의 흡광도를 보정하여 각 파장(664, 647, 630 nm)에서의 흡광도를 측정하였다 (Parsons et al., 1984).

본양성 시험은 간조시 수심 10 m 내외의 어장에 밧줄 수하식으로 시설하였으며(Fig. 2), 시설물 길이는 200 m, 밧줄간격은 20 m, 채롱간격은 80 cm로 하였고, 채롱의 맨 끝줄에는 3 kg의 콘크리트 추 또는 점토 벽돌을 매달았다.

종패는 충남 천수만에서 중간육성시킨 각장 $19.56 \pm 2.50\ \text{mm}$, 전중량 $1.73 \pm 0.23\ \text{g}$ 크기의 큰이랑피조개를 채롱수하식(lantern cage $35 \times 35\ \text{cm}$, mesh 5~9 mm)은 수용밀도 30, 40, 65, 90, 120개체로, 바닥식($75 \times 75\ \text{cm}$, mesh 9 mm)은 수용밀도 30, 65, 90, 120개체로 각각 채롱에 옮겨 바닥 속 15 cm 깊이에 수용한 후 성장과 생존율 등을 조사하였다.

성장도 조사를 위하여 채롱수하식은 월 1회, 바닥식은 격월로 30개체를 무작위 채취한 후 실험실로 운반하여 각장(shell length, SL), 각고(shell height, SH) 및 각폭(shell

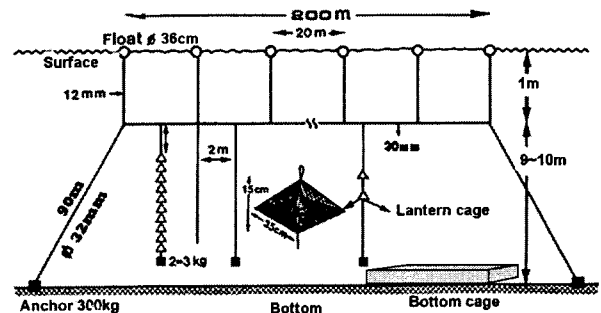


Fig. 2. Long line and bottom culture system designed for culture of *S. satowi*.

width, SW)은 Vernier caliper로 0.01 cm까지 전중량(total weight, TW)과 연체부 중량(meat weight, MW)은 해수에 의한 중량 오차를 줄이기 위해 몸체의 해수를 티슈로 가볍게 제거한 후 전자저울(A&D FY-300)로 0.01 g까지 측정하여 각장 및 전중량의 일간성장을 분석하였다(Ricker, 1975).

혈색소량 측정은 큰이랑피조개의 생체 혈액 중 순수혈액만을 분리하여 cyanmethemoglobin method (Davidson and Henry, 1969)에 의해 분석하였다. 채액과 순수 혈액의 분리는 생체를 개각한 후 붉은색의 혈액 2.5 ml를 pasteur 시험관에 넣고 4~8°C의 저온에서 24시간 침전시킨 다음 상등액을 버리고 침전된 혈액을 사용하였다.

양성밀도별 생존율은 성장도 조사시 폐사된 개체수를 파악하여 백분율로 표시하였다. 또한 모든 시험결과의 통계처리는 SAS program (1985)을 이용하여 최소 유의차 검정으로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

어장환경

양성시험 기간 중 표층수온은 4.2~25.5°C로 8월에 최고 수온을 나타낸 이후 서서히 하강하여 2월에 최저 수온을 나타냈고, 빠른 성장을 보인 6월부터 10월까지의 수온은 2000년에는 18.5~25.0°C로 평균 21.4°C, 2001년에는 18.4~25.5°C로 평균 21.9°C를 나타냈다. 염분은 30.23~32.15 ‰, 용존산소(DO)는 5.12~7.16 ml/L, 수소이온농도(pH)는 7.84~8.17, 부유물질(SS)은 7.6~17.9 mg/L, 화학적산소요구량(COD) 0.46~1.61 mg/L로 양성에 비교적 적합한 범위를 나타냈다. 영양염류 중 인산염(PO₄-P)은 0.22

~0.56 μM으로 12월에 높았고 4월이 낮았으며, 용존무기질소(DIN)는 3.16~9.10 μM으로 8월에 높았고 5월이 낮았다. Chlorophyll-a는 0.92~5.93 μg/L로 12월에 높았고 1월이 낮았다(Table 1).

밀도별 성장

각장의 성장

평균 각장 19.56±2.50 mm 크기를 19개월간 밀도별로 양성한 결과, 채롱수하식(Table 2)의 30개체구 평균 각장은 57.63 mm, 40개체구는 56.87 mm, 65개체구는 56.25 mm, 90개체구는 55.98 mm, 120개체구는 55.33 mm로 성장하였다. 바닥식(Table 3)의 30개체구는 63.89 mm, 65개체구는 63.21 mm, 90개체구는 62.44 mm, 120개체구는 61.97 mm로 성장하였다.

시기별 각장의 성장은 채롱수하식 및 바닥식 모두 6월부터 10월(수온 18.4~25.5°C) 사이에서 빨랐으며, 11월(수온 12°C 이하)부터 낮아지기 시작하여 12월에서 이듬해 4월(수온 4.2~9.2°C)까지는 매우 느렸다. 양성밀도별 성장은 저밀도구인 30개체구에서 가장 빨랐고, 밀도가 높아질수록 성장이 둔화되어 고밀도구인 120개체구에서 가장 느렸다.

각장의 일간성장

각장의 일간성장은 채롱수하식 (Table 4)의 30개체구는 0.014~0.279 mm/day, 40개체구는 0.014~0.272 mm/day, 65개체구는 0.014~0.239 mm/day, 90개체구는 0.012~0.197 mm/day, 120개체구는 0.012~0.178 mm/day로 성장하였고, 바닥식 (Table 5)의 30개체구는 0.016~0.272 mm/day, 65개체구는 0.014~0.238 mm/day, 90개체구는 0.013~0.226 mm/day, 120개체구는 0.012~0.220 mm/day로 성장하였다.

Table 1. Monthly changes in environmental parameters at the culture site of *S. satowi* in Taean from April 2000 to October 2001

Parameter	2000										2001									
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
W.T (°C)	8.5	13.5	18.5	24.7	25.0	21.5	17.3	12.0	6.8		5.0	4.2	5.0	9.2	14.7	18.4	25.2	25.5	22.0	18.6
Salinity (‰)	32.15	32.14	32.02	31.72	30.32	31.66	31.82	30.88	30.95		32.14	31.76	32.11	32.06	31.72	31.87	30.86	30.23	30.83	30.74
D.O (ml/L)	6.88	6.36	6.21	5.86	5.42	5.26	6.06	6.93	7.02		7.12	7.16	7.14	6.95	6.27	6.02	5.86	5.12	5.33	6.26
pH	7.86	8.16	8.14	8.17	8.02	8.13	8.16	7.92	7.95		8.02	7.86	7.94	7.84	8.13	8.09	8.07	8.09	8.02	7.98
PO ₄ -P (μM)	0.31	0.47	0.52	0.47	0.48	0.53	0.42	0.33	0.56		0.45	0.49	0.47	0.22	0.46	0.36	0.54	0.51	0.48	0.53
DIN (μM)	4.67	3.16	5.46	7.35	9.10	7.06	5.56	6.83	8.05		7.26	7.35	8.24	4.76	4.34	6.38	6.58	7.26	5.09	6.59
SS (mg/L)	10.6	12.8	9.3	15.2	7.6	8.4	8.8	10.6	11.8		14.6	17.9	16.6	11.3	9.8	11.6	13.0	10.8	9.8	11.3
COD (mg/L)	1.16	0.85	1.03	1.19	1.23	1.61	1.04	1.04	1.18		0.82	0.46	0.64	1.06	1.12	1.25	1.38	1.57	1.12	1.16
Ch. a (μg/L)	3.89	4.11	4.88	5.25	5.02	4.93	5.11	5.15	5.93		0.92	4.29	2.80	5.60	4.42	5.10	5.12	3.98	3.54	5.49

Table 2. Growth of shell length (mm) of *S. satowi* at different stocking densities using lantern cages from April 2000 to October 2001

Density (No./ /cage)	2000										2001									
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
30	19.56	22.36	26.98	35.36	42.41	44.05	45.56	46.12	46.57	47.00	47.56	48.49	49.53	50.53	51.86	54.37	56.26	56.91	57.63	
40	19.56	22.17	26.31	34.47	39.58	41.35	43.53	44.73	45.24	45.65	46.23	47.14	48.27	49.15	50.34	52.67	55.24	56.14	56.87	
65	19.56	21.96	26.08	33.25	38.12	39.56	41.94	43.16	43.73	44.14	44.69	45.34	46.32	47.28	48.35	51.12	54.67	55.56	56.25	
90	19.56	21.47	25.25	31.17	35.63	37.34	39.97	40.56	41.23	41.60	42.15	42.98	44.12	45.23	46.34	50.01	54.18	55.32	55.98	
120	19.56	21.25	24.93	30.28	34.52	36.12	38.32	39.36	40.37	40.73	41.53	42.76	43.87	45.12	46.12	49.23	53.43	54.69	55.33	

Table 3. Growth of shell length (mm) of *S. satowi* at different stocking densities using bottom cages from April 2000 to October 2001

Density (No./cage)	2000						2001					
	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.		
30	19.56	21.63	37.94	42.36	45.26	46.21	50.46	54.76	59.67	63.89		
65	19.56	21.05	35.35	39.73	42.48	43.32	47.15	52.34	58.30	63.21		
90	19.56	20.86	34.39	38.67	41.46	42.22	45.93	51.50	57.21	62.44		
120	19.56	20.75	33.97	37.62	40.24	40.98	44.71	49.45	55.38	61.97		

Table 4. Daily growth of shell length (mm/day) of *S. satowi* at different stocking densities using lantern cages from May 2000 to October 2001

Density (No./ /cage)	2000										2001									
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Mean	
30	0.093	0.154	0.279	0.235	0.055	0.050	0.019	0.015	0.014	0.019	0.031	0.035	0.033	0.044	0.084	0.063	0.022	0.024	0.071	
40	0.087	0.138	0.272	0.170	0.059	0.073	0.040	0.017	0.014	0.019	0.030	0.038	0.029	0.040	0.078	0.086	0.030	0.024	0.069	
65	0.080	0.137	0.239	0.162	0.048	0.079	0.041	0.019	0.014	0.018	0.022	0.033	0.032	0.036	0.092	0.118	0.030	0.023	0.068	
90	0.064	0.126	0.197	0.149	0.057	0.088	0.020	0.022	0.012	0.018	0.028	0.038	0.037	0.037	0.122	0.139	0.038	0.022	0.067	
120	0.056	0.123	0.178	0.141	0.053	0.073	0.035	0.034	0.012	0.027	0.041	0.037	0.042	0.033	0.104	0.140	0.042	0.021	0.066	

Table 5. Daily growth of shell length (mm/day) of *S. satowi* at different stocking densities using bottom cages from June 2000 to October 2001

Density (No./cage)	2000						2001				
	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Mean	
30	0.035	0.272	0.074	0.048	0.016	0.071	0.072	0.082	0.070	0.082	
65	0.025	0.238	0.073	0.046	0.014	0.064	0.087	0.099	0.082	0.081	
90	0.022	0.226	0.071	0.047	0.013	0.062	0.093	0.095	0.087	0.079	
120	0.020	0.220	0.061	0.044	0.012	0.062	0.079	0.099	0.110	0.079	

시기별 성장은 채룡수하식이 2000년 5월의 초기성장기에는 0.056~0.093 mm/day를 나타낸 후 성장이 빨라지기 시작하여 7월에는 0.178~0.279 mm/day로 가장 빠른 성장을 나타내다가 서서히 늦어지기 시작하여 저수온기인 12월부터 이듬해 2월까지의 성장이 주춤하였다. 그 후 다시 4월부터 8월까지의 성장을 계속하다가 9월에는 0.022~0.042 mm

/day로 느렸는데, 이는 산란군에 가입함으로써 성장이 느린 것으로 보여진다. 바닥식 역시 채룡식과 같은 양상으로 2000년 6월의 초기성장기에는 0.020~0.035 mm/day로 매우 낮은 값을 나타냈으나 8월에는 0.220~0.272 mm/day로 가장 높은 성장을 나타내다가 서서히 낮아지기 시작하여 저수온기인 12월부터 이듬해 2월까지의 성장이 주춤하였다.

그 후 다시 4월부터 8월까지 성장을 계속하다가 10월에는 0.070~0.110 mm/day로 느렸는데, 이것 역시 채롱식과 같이 산란군에 가입함으로써 성장이 느려진 것으로 보여진다.

전중량의 증가

평균 전중량 1.73 ± 0.23 g의 것을 19개월간 양성한 결과, 채롱수하식 (Table 6)의 30개체구의 평균 전중량은 45.93 g, 40개체구는 44.50 g, 65개체구는 41.36 g, 90개체구는 39.38 g, 120개체구는 38.12 g로 증가하였고, 바닥식 (Table 7)의 30개체구는 63.33 g, 65개체구는 61.08 g, 90개체구는 57.06 g, 120개체구는 54.91 g으로 증가하였다.

시기별 전중량은 각장의 성장과 같이 채롱수하식 및 바닥식 모두 6월부터 10월까지의 전중량의 증가가 빨랐으나 수온이 낮은 12월부터 이듬해 4월까지의 매우 느렸다. 양성밀도별 전중량의 증가는 저밀도구인 30개체구에서 가장 빨랐고, 밀도가 높아질수록 둔화되어 고밀도구인 120개체구에서 가장 느렸다.

전중량의 일간성장

전중량의 일간성장은 채롱수하식의 30개체구는 -0.112 ~ 0.199 g/day, 40개체구는 -0.110 ~ 0.188 g/day, 65개체구는 -0.109 ~ 0.141 g/day, 90개체구는 -0.077 ~ 0.117 g/day, 120개체구는 -0.078 ~ 0.127 g/day이었다 (Table 8). 바닥식의 30개체구는 0.004 ~ 0.263 g/day, 65개체구는 0.003 ~

0.292 g/day, 90개체구는 0.002 ~ 0.273 g/day, 120개체구는 0.002 ~ 0.261 g/day이었다 (Table 9).

시기별 성장은 채롱수하식이 2000년 5월의 초기성장기에는 0.020~0.035 g/day로 매우 낮은 값을 나타낸 후 증가하기 시작하여 7월에 30, 40 및 65개체구는 0.141~0.199 g/day, 90 및 120개체구는 8월에 0.117~0.127 g/day로 가장 높은 증가를 나타내다가 서서히 낮아지기 시작하여 저수온기인 12월부터 이듬해 2월까지의 가장 낮은 값을 나타낸 이후 다시 증가하기 시작하였다. 산란전인 7월에는 각장 49.23~54.37 mm 크기에서 성장값이 0.132~0.224 g/day이었으나 산란이 시작된 8월에는 0.054~0.138 g/day로 낮아졌고, 산란성기인 9월에는 -0.077 ~ -0.112 g/day의 성장을 보였는데, 이는 각장 50 mm 내외의 크기가 산란군에 가입함으로써 육중량이 감소한 것으로 보여진다. 바닥식은 2000년 6월의 초기성장기에는 0.002~0.004 g/day로 매우 낮은 값을 나타냈으나 8월에는 0.131~0.158 g/day로 가장 높은 증가를 나타내다가 서서히 낮아지기 시작하여 저수온기인 12월부터 2001년 2월까지의 증가가 주춤하였다. 이후 다시 4월부터 6월까지의 계속 증가하다가 8월에는 0.059~0.066 g/day로 느렸다.

상대성장

채롱수하식의 각장 (SL)에 대한 각고 (SH)의 성장은 Fig. 3

Table 6. Growth of total weight (g) of *S. satowi* at different stocking densities using lantern cages from April 2000 to October 2001

Density (No./ cage)	2000										2001									
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
30	1.73	2.78	4.19	10.17	14.63	17.23	19.16	21.25	22.95		24.56	26.32	28.55	31.95	34.35	38.60	42.56	44.18	40.83	45.93
40	1.73	2.66	4.07	9.70	13.17	16.58	18.46	20.31	21.82		23.25	24.89	27.14	29.72	31.62	35.12	40.49	42.85	39.56	44.50
65	1.73	2.54	4.02	8.25	11.16	15.06	16.92	18.23	19.95		21.38	23.12	24.98	26.43	28.55	32.03	38.75	40.60	37.32	41.36
90	1.73	2.42	3.94	7.25	10.77	13.39	15.62	17.01	18.16		19.32	20.89	22.27	23.92	26.97	30.12	35.27	38.42	36.12	39.38
120	1.73	2.34	3.87	6.72	10.54	12.24	15.15	16.34	17.39		18.42	19.85	21.38	23.48	26.37	29.02	33.53	37.66	35.31	38.12

Table 7. Growth of total weight (g) of *S. satowi* at different stocking densities using bottom cages from April 2000 to October 2001

Density (No./cage)	2000					2001				
	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.
30	1.73	1.97	11.46	18.33	22.79	27.28	36.53	43.56	47.53	63.33
65	1.73	1.92	10.58	17.47	21.34	25.48	33.47	39.66	43.59	61.08
90	1.73	1.87	9.95	16.23	20.24	23.65	29.83	37.15	40.69	57.06
120	1.73	1.84	9.68	15.86	19.28	22.78	27.02	35.24	39.23	54.91

Table 8. Daily growth of total weight (g/day) of *S. satowi* at different stocking densities using lantern cages from May 2000 to October 2001

Density (No./ /cage)	2000								2001										
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Mean
30	0.035	0.047	0.199	0.149	0.087	0.064	0.070	0.057	0.054	0.059	0.074	0.113	0.080	0.142	0.132	0.054	-0.112	0.170	0.082
40	0.031	0.047	0.188	0.116	0.114	0.063	0.062	0.050	0.048	0.055	0.075	0.086	0.063	0.117	0.179	0.079	-0.110	0.165	0.079
65	0.027	0.049	0.141	0.097	0.130	0.062	0.044	0.057	0.048	0.058	0.062	0.048	0.071	0.116	0.224	0.062	-0.109	0.135	0.073
90	0.023	0.051	0.110	0.117	0.087	0.074	0.046	0.039	0.038	0.052	0.046	0.055	0.102	0.105	0.172	0.105	-0.077	0.109	0.070
120	0.020	0.051	0.095	0.127	0.057	0.097	0.040	0.035	0.034	0.048	0.051	0.070	0.096	0.088	0.150	0.138	-0.078	0.094	0.067

Table 9. Daily growth of total weight (g/day) of *S. satowi* at different stocking densities using bottom cages from June 2000 to October 2001

Density (No./cage)	2000						2001			
	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Mean
30	0.004	0.158	0.115	0.075	0.074	0.154	0.117	0.066	0.263	0.114
65	0.003	0.144	0.115	0.069	0.065	0.133	0.103	0.066	0.292	0.110
90	0.002	0.135	0.105	0.067	0.057	0.103	0.122	0.059	0.273	0.103
120	0.002	0.131	0.103	0.058	0.057	0.071	0.137	0.066	0.261	0.099

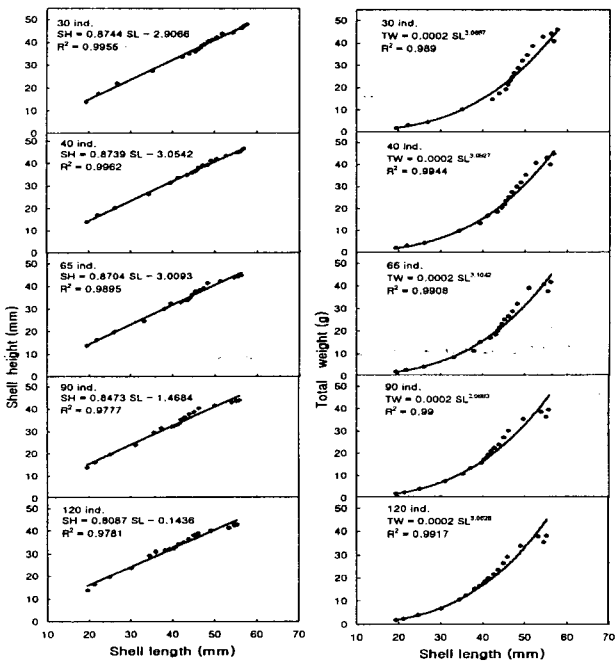


Fig. 3. Relationship between shell length and shell height, total weight of *S. satowi* reared with lantern cages.

과 같이 각각의 수용밀도구에서 각장과 각고는 거의 같은 비율로 성장하였으며, 각장 (SL)에 대한 전중량 (TW)은 각장 40 mm 전후부터 전중량이 빠르게 성장하였다. 바닥식의 각장 (SL)에 대한 각고 (SH)의 성장은 채롱수하식과 같이 각장 (SL)에 대한 전중량 (TW)의 관계는 곡선식으로 표시

되었다 (Fig. 4).

전중량, 육중량 및 폐각중량 비교

각장 크기별 전중량, 육중량 및 폐각중량을 비교한 결과 (Table 10) 전중량과 육중량은 30~40 mm까지는 채롱수

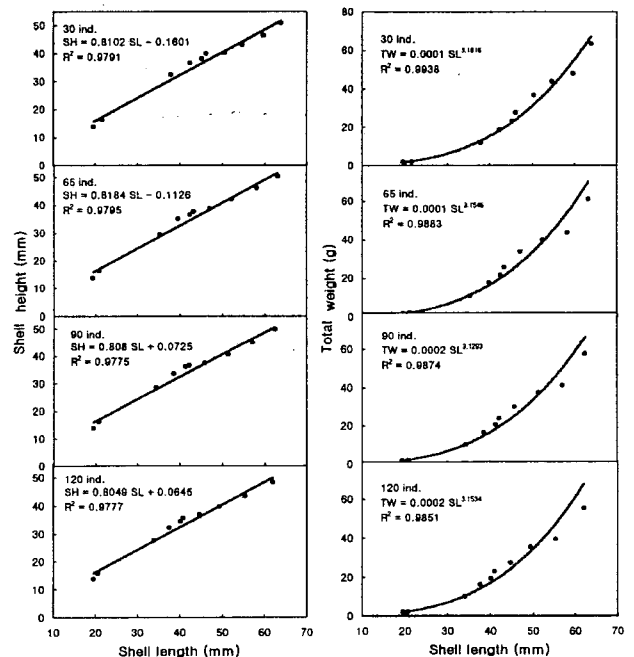


Fig. 4. Relationship between shell length and shell height, total weight of *S. satowi* in bottom culture.

하식이 바닥식보다 높은 값을 나타냈으나 50 mm 이상으로 성장한 후에는 바닥식이 채룡식보다 높게 나타났다. 따라서 시험종료시 (19개월)까지 양성했을 때 채룡수하식은 각장 55.33~57.63 mm, 바닥식은 61.97~63.89 mm 크기로 채룡수하식으로 양성한 것이 바닥식에 비해 패각 중량은 높았으나 육질 중량이 낮아 동일 각장에서 개체의 무게가 가벼웠다.

혈색소 함량

혈색소 함량 (Table 11)은 채룡수하식은 각장 51.19~58.26 mm에서 3.92~6.02 g/dL (평균 4.97 g/dL), 바닥식은 각장 51.47~63.19 mm에서 3.94~6.97 g/dL (평균 5.49 g/dL)로 채룡수하식보다 바닥식에서 높았으며, 각장이 클수록 혈색소량이 높았다.

생존율

양성밀도 및 양성방법별로 19개월 동안 양성한 후의 생존율은 채룡수하식 (Fig. 5)은 42.5~93.3 %으로 30개체구 93.3 %, 40개체구 87.5 %, 65개체구 70.8 %, 90개체구 62.2 %, 120개체구 42.5 %이었고, 바닥식 (Fig. 6)은 83.3~93.3 %로 30개체구 93.3 %, 65개체구 92.3 %, 90개체구 86.7 %, 120개체구 83.3 %이었다. 따라서 채룡수하식 및 바닥식 모두 밀도가 낮은 30개체구에서 생존율이 가장 높았으며, 밀도가 높은 120개체구에서 가장 낮았다.

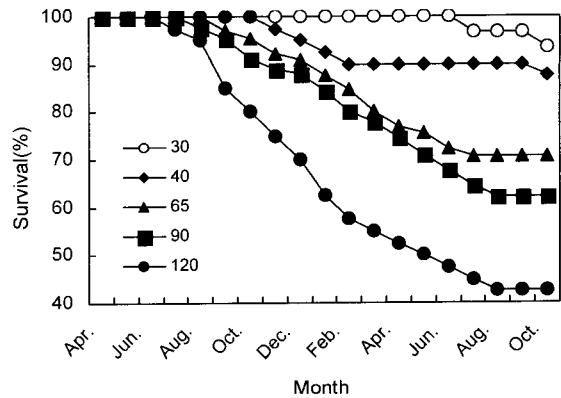


Fig. 5. Survival of *S. satowi* at different stocking densities (ind/cage) using lantern cages from April 2000 to October 2001.

통계처리

양성방법에 따른 성장률의 유의적 차이를 검증한 결과 (Table 12), 각장은 채룡수하식과 바닥식 모두 유의적 차이가 없었으나 (P = 0.08), 전중량에서는 유의차가 있었다 (P = 0.0004). 따라서 각장의 성장은 채룡수하식과 바닥식 모두 유사하나, 전중량은 바닥식이 더 큰 것으로 나타났다.

양성밀도에 따른 각장 성장률의 유의적 차이를 검증한 결과 (Table 13), 밀도에 따른 각장의 차이가 뚜렷하였으며 (P < 0.0001), 채룡수하식은 30개체구, 40개체구와 65개체구, 90개체구와 120개체구에서 유의차가 있었고 (P <

Table 10. Total and meat weights of different size classes of *S. satowi* reared in lantern and bottom cages

Shell length (mm)	Total weight (g)		Meat weight (g)		Shell weight (g)	
	Lantern cage	Bottom cage	Lantern cage	Bottom cage	Lantern cage	Bottom cage
11~20	1.73	1.73	0.65	0.65	0.87	0.87
21~30	3.28	3.12	1.07	0.96	1.94	1.75
31~40	11.70	10.93	4.25	3.27	6.29	5.92
41~50	22.26	19.57	7.61	5.05	10.90	10.02
51~60	39.42	43.07	12.37	13.99	19.10	19.59
61~70	-	59.91	-	19.64	-	25.30

Table 11. Monthly changes in the hemoglobin content of *S. satowi* reared in lantern and bottom cages

Month	Lantern cage		Bottom cage	
	Shell length (mm)	Hemoglobin (g/dL)	Shell length (mm)	Hemoglobin (g/dL)
Feb.	51.19	3.92	51.47	3.94
Apr.	51.09	4.38	46.84	5.02
Jun.	53.74	4.98	54.46	5.54
Aug.	58.26	5.56	59.27	5.96
Oct.	58.10	6.02	63.19	6.97
Mean	54.48	4.97	55.05	5.49

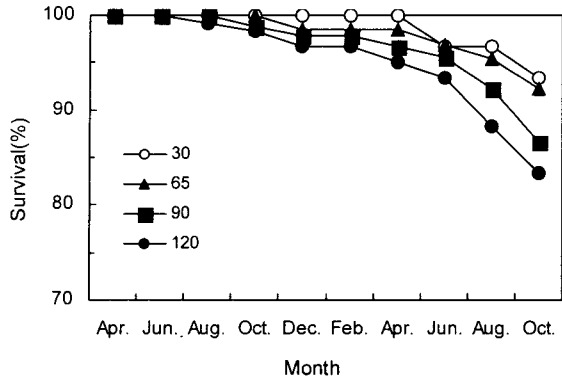


Fig. 6. Survival of *S. satowi* at different stocking densities (ind/cage) using bottom cages from April 2000 to October 2001.

0.0001), 바닥식은 30개체구와 65개체구, 90개체구와 120개체구에서 유의차가 있었다 ($P < 0.0001$).

양성밀도별 전중량도 각장과 같이 채롱수하식은 30개체구, 40개체구와 65개체구, 90개체구와 120개체구에서 유의차가 있었고 ($P < 0.0001$), 바닥식은 30개체구와 65개체구, 65개체구와 90개체구와 120개체구에서 유의차가 있었다 ($P = 0.0012$). 따라서 채롱수하식은 30개체구 이하, 바닥식은 65개체구 이하에서 성장률이 가장 빠른 것으로 나타났다 (Table 14).

고찰

패류 어장환경 요인 중에서 패류 성장의 제한요인을 수온 (Barber and Blake, 1983; Wildish et al., 1988)과 먹이

생물 (Palmer and Williams, 1980; Urban and Langdon, 1984; Whyte, 1987)이라고 밝히고 있다. 큰이랑피조개에 관한 연구는 지금까지 잘 알려져 있지 않지만 서식환경이 비슷한 피조개, *Anadara broughtonii*의 서식수온은 5~30°C로서 산란 적수온이 18~21°C이고, 성장기 적수온은 20~26°C이다 (日本水産資源保護協會, 1980). 시험기간 중 표층수온은 4.2~25.5°C로 8월에 최고 수온을 나타낸 이후 서서히 하강하여 2월에 최저 수온을 나타냈으며, 주성장기인 6월부터 10월까지의 수온은 18.4~25.5°C이었고, 이 기간 중의 평균 수온은 21.9°C로 큰이랑피조개의 서식에 호적한 수온 범위이었다. 각장과 전중량의 일간성장 값을 보면 초기성장기인 2000년 6월부터 10월까지의 수온이 18.4~25.5°C에서 채롱수하식은 양성밀도가 낮은 30개체구 (평균 각장 0.155 mm/day, 평균 전중량 0.109 g/day)와 40개체구 (평균 각장 0.142 mm/day, 평균 전중량 0.106 g/day), 바닥식은 양성밀도가 낮은 30개체구 (평균 각장 0.127 mm/day, 평균 전중량 0.092 g/day)와 65개체구 (평균 0.112 mm/day, 평균 전중량 0.087 g/day)에서 각장 및 전중량이 약간씩 빠른 성장을 나타냈으나 수온이 낮아지는 11월부터 늦어지기 시작하여 12월부터 이듬해 4월의 수온 4.2~9.2°C일 때까지 매우 느린 성장을 보여 각장과 전중량의 증가는 수온이 낮을 때보다 높은 시기에 증가율이 높았다. 이와 같은 성장은 Kwon and Cho (1986)의 결과와 일치함으로써 개체 성장율은 성장 적수온 범위 내에서 수온이 높고 먹이가 풍부할 때 생리적 활성이 활발해지는 것으로 보고한 Yoo et al.(1990)의 결과와 유사하였

Table 12. ANOVA table for testing the significant difference in growth of shell length and total weight between two culture methods

Source of variation		N	Mean	SD	Min.	Max.	T	df	Pr>T
Shell length	Lantern cage	1,161	41.39	±11.40	14.84	65.13	-1.7379	2,163.1	0.0824
	Bottom cage	1,130	40.45	±14.18	13.88	69.02			
Total weight	Lantern cage	1,161	21.30	±13.64	0.40	61.57	3.5561	2,138.8	0.0004
	Bottom cage	1,130	23.62	±17.40	0.40	76.50			

Table 13. ANOVA table for testing the significant difference in growth of shell length between two culture methods

Source of variation		DF	Sum of squares	Mean square	F value	Pr > F
Lantern cage	Density	4	9,398.28	2,349.57	20.86	0.0001
	Error	2,737	308,259.99	112.63		
	Corrected total	2,741	317,658.27			
Bottom cage	Density	3	6,190.32	2,063.44	10.52	0.0001
	Error	1,126	220,860.07	196.15		
	Corrected total	1,129	227,050.39			

Table 14. ANOVA table for testing the significant difference in growth of total weight between two culture methods

Source of variation		DF	Sum of squares	Mean square	F value	Pr > F
Lantern cage	Density	4	10,961.31	2,740.33	16.79	0.0001
	Error	2,737	446,601.08	163.17		
	Corrected total	2,741	457,562.39			
Bottom cage	Density	3	4,808.71	16,023.90	5.36	0.0012
	Error	1,126	336,960.25	299.25		
	Corrected total	1,129	341,768.96			

다. 그러나 수온이 가장 높은 8월에 일간성장값은 오히려 감소하는 경향을 보여 큰이랑피조개의 수온에 대한 생리적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Kwon and Cho (1986)는 여자만에서 3월에 평균 각장 25.0mm 피조개 종패를 1m²당 30개체를 씨뿌림하여 양성했을 때 9월에 54.4 mm, 익년 2월에 60.6 mm로 성장하였다. 본 연구에서는 4월에 19.56mm 큰이랑피조개 종패를 1m²당 54개체를 바닥식으로 양성했을 때 10월에 42.36 mm, 익년 2월에 46.21 mm로 피조개와 성장의 차이를 보였다. 이러한 성장 차이는 씨뿌림시 종패의 크기와 밀도, 양성장의 환경, 해적생물 등에 의하여 영향을 받은 것으로 생각된다.

본 실험에서 채룡수하식의 밀도별 성장 및 생존율은 채룡당 30 개체가 가장 양호하게 나타났으며, 바닥식의 성장 및 생존율도 54개체/m²에서 양호하였다. 이러한 결과는 피조개의 수하식에서 채룡당 20~30개체 (Park et al., 1983)가 비교적 성장이 빠르고, 바닥식에서 최적 양성밀도가 70~90개체 (Kim and Kang, 1985)와 비슷하였다.

Yoo and Park (1978)은 피조개 치패부터 만 1년생까지 수하양성법으로 양성한 것은 비교적 성장이 빨랐지만, 이것을 바닥에 방양해서 만 2년생이 될 때까지 양성한 것은 성장이 예상외로 늦었고, 만 3년생이 될 때까지 바닥식으로 양성한 것은 성장이 빨랐다고 밝혔다. 본 시험에서 큰이랑피조개도 채룡수하식이 바닥식에 비하여 초기의 일정기간 동안은 성장이 빨랐으나 양성기간이 길어짐에 따라 바닥식은 꾸준한 성장을 나타내고 있는 반면, 채룡수하식은 성장이 느려지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 채룡수하식의 수층인 중층이 바닥에 비해 해수의 유동에 의한 호흡 및 섭이조건이 좋을 뿐만 아니라 수질 등의 환경이 좋아 중층에서 양성한 것이 바닥에서 양성한 것보다 피조개의 성장도가 빠르게 나타나지만 (Yoo and Park, 1978), 점차 채룡의 표면과 피조개의 폐각에 굴과 같은 부착생물 등이 부착하여 피조개의 성장을 저해하여 성장이 느려지는 것으로 생각된다. 또한 채룡수하식이 바닥식으로 양성한 것에 비하여 폐각이 얇고 각표면의 색택이 양

성용기 내에서 서로 퇴색 또는 마모되는 단점이 뚜렷하게 나타난 Kim et al.,(1982)의 결과와 유사하였다. 그리고 채룡수하식에 있어서 서해안은 조석간만의 차가 심하여 양성시설물이 저층에 닿거나 침하되지 않도록 시설물의 관리를 잘 해야만 할 것으로 생각된다.

피조개의 혈색소량에 대하여 Kim (1983)은 수하식으로 양성한 각장 50~59 mm에서는 7.3~7.7 g/dL이었고, 각장 60~64 mm는 8.9 g/dL, 각장 65~74 mm는 10.1~10.5 g/dL이었으며, 바닥식으로 양성된 피조개는 각장 50~54 mm는 8.9 g/dL, 각장 55~64 mm는 10.8~11.5 g/dL, 각장 65~74 mm는 12.1~12.2 g/dL라고 밝혔다. 한편 큰이랑피조개의 혈색소 함량은 채룡수하식이 51.19~58.26 mm에서 3.92~6.02 g/dL, 바닥식은 51.47~63.19 mm에서 3.94~6.97 g/dL을 나타냄으로서 피조개에 비해 큰이랑피조개의 혈색소 함량은 채룡수하식이 약 2~3 g/dL, 바닥식은 약 4~5 g/dL이 낮았다. 이러한 결과는 피조개와 분홍피조개라 불리는 큰이랑피조개의 차이로 생각되며, 혈색소의 함량 부족은 상품으로서 기호도를 떨어뜨리는 요인이 되기 때문에 혈색소량을 증가시키기 위한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

피조개의 생존율에 대하여 Kim et al., (1982)은 1980년 4월부터 1981년 5월까지 14개월간 양성했을 때 침지식 바구니에서 78%로 가장 높은 생존율을 보였고, 수하식 바구니가 63%, 수하식 채룡이 47%로 생존율이 낮게 나타났다. 본 실험에서 큰이랑피조개를 19개월간 밀도별로 양성했을 때 생존율은 채룡수하식이 42.5~93.3%, 바닥식은 83.3~93.3%로 채룡수하식 및 바닥식 모두 밀도가 낮은 30개체구에서 가장 높은 생존율을 나타냈으며, 양성밀도가 높아질수록 낮았다. 또한 채룡수하식보다 바닥식에서 생존율이 높았는데, 이는 본래 서식지가 빨 속이므로 안정된 서식환경과 환경변화에 대한 적응 정도, 면적당 밀도의 한계 등에서 뚜렷한 원인을 찾을 수 있을 것으로 생각된다.

양성방법에 따른 성장률의 유의적 검증 결과 각장은 채룡수하식과 바닥식 모두 유의적 차이가 없었으나 (P =

0.08), 전중량에서는 유의차가 있었고 ($P = 0.0004$), 양성밀도에 따른 각장 성장률의 유의적 검증에서는 밀도에 따른 각장의 차이가 뚜렷하였다 ($P < 0.0001$). 또한 전중량도 각장과 같이 채룡수하식 ($P < 0.0001$)과 바닥식에서도 유의차가 있었다 ($P = 0.0012$).

요 약

큰이랑피조개의 적정양성밀도와 양성방법에 따른 성장관계를 구명하기 위하여 충남 태안군 안면읍 승언리 내과수도 앞바다에서 2000년 4월부터 2001년 10월까지 양성시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

양성시험 기간 중 표층수온은 $4.2 \sim 25.5^{\circ}\text{C}$, 염분은 $30.23 \sim 32.15 \text{‰}$, 용존산소는 $5.12 \sim 7.16 \text{ ml/L}$ 이었고, pH는 $7.84 \sim 8.17$ 이었다. 영양염류 중 인산염은 $0.22 \sim 0.56 \mu\text{M}$ 및 용존무기질소는 $3.16 \sim 9.10 \mu\text{M}$, 부유물질은 $7.6 \sim 17.9 \text{ mg/L}$, COD는 $0.46 \sim 1.61 \text{ mg/L}$ 및 chlorophyll-a는 $0.92 \sim 5.93 \mu\text{g/L}$ 로 양성에 비교적 적합하였다.

각장의 일간성장 값은 채룡수하식이 $0.066 \sim 0.071 \text{ mm/day}$, 바닥식은 $0.079 \sim 0.082 \text{ mm/day}$ 로 밀도가 높을수록 낮았으며, 전중량의 일간성장 값은 채룡수하식이 $0.067 \sim 0.082 \text{ g/day}$, 바닥식은 $0.099 \sim 0.114 \text{ g/day}$ 로 밀도가 높을수록 낮았다. 양성방법에 따른 성장률의 유의적 검증에서 각장은 채룡수하식과 바닥식 모두 유의적 차이가 없었으나 ($P = 0.08$), 전중량에서는 유의차가 있었다 ($P = 0.0004$). 양성밀도에 따른 각장 성장률의 유의적 검증에서 밀도에 따른 각장의 차이가 뚜렷하였다 ($P < 0.0001$). 또한 전중량도 각장과 같이 채룡수하식 ($P < 0.0001$)과 바닥식 모두 유의차가 있었다 ($P = 0.0012$).

각장과 전중량의 일간성장률은 수온이 낮아짐에 따라 성장률도 낮아지는 경향으로 전중량보다는 각장 성장에 뚜렷한 영향을 미쳤다. 특히 수하식으로 양성한 것은 바닥식에 비해 꽤 각 중량은 무거웠으나 육중량이 가벼울 뿐만 아니라 동일 각장에서 개체의 무게가 가벼웠다. 밀도별 생존율은 채룡수하식이 $42.5 \sim 93.3\%$, 바닥식은 $83.3 \sim 93.3\%$ 로 채룡수하식 및 바닥식 모두 밀도가 낮은 30개 체구에서 가장 높은 생존율을 나타냈으며, 양성밀도가 높아질수록 낮았다.

참 고 문 헌

Barber, B. J. and N. J. Blake, 1983. Growth and

reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (L.). J. North W. Atl. Fish. Sci., 5 : 103-104.

Choe, B. L., M. S. Park, L. G. Jeon, S. R. Park and H. T. Kim, 1999. Commercial molluscs from the fresh-water and continental shelf in Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 197 pp.

Davidson, I. and J. B. Henry, 1969. Clinical Diagnosis by Laboratory Methods. Saunders, 104-110.

Kim, B. Y., Y. Kim, J. H. Koo and J. S. Hue, 1982. Studies on the hanging culture of ark shell *Anadara broughtonii* Schrenck. The growth by culture method. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 30 : 103-110.

Kim, Y. G. and Y. J. Kang, 1985. Culturing density and production of ark shell, *Anadara broughtonii* (Schrenck). Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 36 : 81-88.

Kim, Y., 1983. The variation of hemoglobin by keeping mud at ark shell hanging culture. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 31 : 69-75.

Kwon, W. S. and C. H. Cho, 1986. Culture of the ark shell, *Anadara broughtonii* in Yoja Bay. Bull. Korean Fish. Soc., 19(4) : 375-379.

Palmer, R. E. and L. G. Williams, 1980. Effect of particle concentration on filtration efficiency of the bay scallop and *Argopecten irradians* and the oyster *Crassostrea virginica*. Ophelia, 19(2) : 163-174.

Park, K. Y., W. S. Kwon and Y. S. Kong, 1983. On the growth of the ark shell, *Anadara broughtonii*. The growth depending on the density and the culture method. Bull. Tongyeong Fish. Jr. Coll., 18 : 1-7.

Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M., 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, N. Y. 173 pp.

Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191, 382 pp.

SAS, 1985. SAS user's guide: Statistic, SAS Inst. Inc., Cary. NC. USA.

Strickland, J. D. and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., pp. 167-310.

Urban, E. R. and C. J. Langdon, 1984. Reduction in cost of diets for the American oyster, *Crassostrea* (GMELIN), by the use of non-algae supplements. Aquaculture, 38 : 277-291.

Whyte, John N. C., 1987. Biochemical composition and energy, content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. Aquaculture, 60 : 231-241.

Wildish, D. J., A. J. Wilson, W. Young-Lai, A. M. DeCoste, D. E. Aiken and J. D. Martin, 1988. Biological and economic feasibility of four grow-out

- methods for the culture of giant scallops in the Bay of Fundy. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1658 : 1-22.
- Yoo, S. K. and K. Y. Park, 1978. Biological studies on ark shell culture. II. Growth of the *Anadara broughtonii*. Bull. Nat'l. Fish. Univ. Busan Nat. Sci., 18 (1, 2) : 83-88.
- Yoo, S. K., Y. J. Chang, K. H. Kang and Y. K. Kim, 1990. Growth comparison of ark shell, *Anadara broughtonii* between the two culturing areas. J. of Aquaculture, 3(1) : 65-77.
- 日本水産資源保護協會, 1980. 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣, pp. 256-257.
- 田中邦三・須田恭光・庄司泰雅, 1974. アカガイ類養殖試験. (I) アカガイの成長歩留りについて. 水産増殖, 21(4) : 155-156.
- 경상남도, 1993. 피조개 인공종묘 생산에 관한 연구. 221 pp.
- 해양수산부, 1980~1998. 해양수산통계연보.

(접수: 2002년 3월 5일, 수리: 2002년 6월20일)