

혼한가리비, *Chlamys nobilis*의 치패성장 및 중간육성

원승환, 조규태¹, 한석중², 김재우

국립수산과학원, ¹동해수산연구소, ²제주수산연구소

Preliminary Studies on the Growth Performance of the Subtropical Noble Scallop *Chlamys nobilis* in Korean Waters - with a Special Focus on Nursery Life

Seung-Hwan Won, Q Tae Jo¹, Seock-Jung Han² and Jae-Woo Kim

National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), Busan 610-900, Korea

¹East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangnung 210-861, Korea

²Jeju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju-do, 690-192, Korea

ABSTRACT

To evaluate the aquaculture potential of a subtropical noble scallop, *Chlamys nobilis* in Korean waters, nursery growth of the species was studied on two remote Jeju coasts, Jigwido and Ongpori. The early growth performance of the first 60 days after settlement was expressed as: $SL = 0.1664e^{0.0579x}$ ($r^2 = 0.924$), where x stands for days after settlement and SL for shell length. The early spats sized 1 mm in average shell length became 4.1 ± 0.8 mm after a month of nursery culture, thereafter grew to 13.0 ± 1.9 , 23.1 ± 3.1 , 30.3 ± 4.3 , and 33.6 ± 5.2 mm for consecutive 4 months in Jigwido coastal area. Mean growth gains (mean daily gains in parenthesis) were 76.7 ± 7.7 ($165.6 \mu\text{m}$), 73.3 ± 7.3 ($154.0 \mu\text{m}$), 69.4 ± 8.4 ($140.0 \mu\text{m}$), and 68.7 ± 8.5 ($137.4 \mu\text{m}$), in depths of 5, 10, 15, and 20 m, respectively. The growth rate was significantly decreased as cultured in deeper place ($p < 0.05$). As culturing density was higher, growth performance of the scallop was decreased in both locations. Overall, in our preliminary study, the growth performance of scallop in Korean waters was not better than that in Japan, but it seems to be worth doing further study for successful introduction to Korean waters.

Key words: noble scallop, *Chlamys nobilis*, spawning stimulation, egg development.

서론

지난 수십 년간에 걸쳐 우리나라 연안 환경이 수온 상승으로 인해 점차 아열대 환경으로 변화할 가능성이 높아지고 있고, 특히 큰가리비, *Patinopecten yessoensis*의 남방한계는 이미 상당히 북상하여 북한으로 이동하고 있는 실정이다 (Kosaka and Ito, 2006). 이러한 온난화시대에 맞춰 아열대 성이 강한 가리비인 혼한가리비, *Chlamys nobilis*의 양식의 가능성이 고려될 수 있고, 본 연구는 이러한 취지에서 수행되었다.

일반적으로 가리비 양식은 채묘와 중간육성, 양성 등의 단계로 이루어지며, 이 중 초기 치패는 특별한 관리를 요구하는 시기로, 이 시기를 효과적으로 관리하는 것은 양식의 성공과도 관련이 있다(Guo and Luo, 2006). 최근 큰가리비의 경우 중간육성 필요성에 대한 의문이 제기되고 있으나(Jo *et al.*, 2007), 그럼에도 불구하고 전반적으로 초기 치패는 외부 환경 변화에 민감하게 영향을 받아 초기에 대량 폐사가 발생하기 때문에 생존을 향상과 성장 촉진을 위해서는 중간육성 단계가 반드시 필요한 것으로 인정되고 있다(Yamamoto, 1964; Park *et al.*, 2000). 가리비 중간육성에 관한 국내 연구로는 큰가리비를 대상으로 수하양식과 성장에 관한 연구가 있다(Lee and Chang 1977; Yoo *et al.*, 1981; Park, 1998; Park *et al.*, 2001; Jo *et al.*, 2007). 그리고 해만가리비, *Argopecten irradians*를 대상으로 해역별 동절기 성장(Oh and Jung, 1999), 밀도별 성장(Oh *et al.*, 2000), 양성 수심에 따른 성장(Oh *et al.*, 2002a, b) 등에 관한 연구가 있다.

Received October 6, 2008; Accepted December 6, 2008
Corresponding author: Seung-hwan Won
Tel: +82 (51) 720-2363 e-mail: wsh@nfrdi.go.kr
1225-3480/24306

본 연구는 혼한가리비를 대상으로 양식에서 중요한 단계인 초기 성장 및 중간육성 단계를 대상으로 사육 실험하였고, 특히 앞으로 제주 연안에서의 양식 가능성을 중심으로 분석하였다.

재료 및 방법

1. 시험생물

이 연구에 이용한 혼한가리비는 2001년 4월에 성패 2,000 마리(각고 89.2 ± 2.3 mm), 치패 4,500 마리(각고 42.6 ± 3.7 mm)를 일본 오이다현 가리비 양식장(Marudo Co.)에서 구입한 후, 국립수산물시험원 북제주수산종묘시험장 실내 생물 사육실에서 먹이생물을 배양공급하면서 순치 사육하였다. 이후 제주시 한림읍 옹포리 연안(이하, 옹포리 연안)과 서귀포시 남원읍 위미리 지귀도 연안(이하, 지귀도 연안)에 정사각형 (20.5×20.5 mm)으로 구멍이 뚫린 사각플라스틱 컨테이너 ($43.5 \times 43.5 \times 8.5$ cm)를 수하식으로 수용하여 사육 관리하였다.

2. 초기 치패 성장

초기 치패의 성장 시험은 지귀도 연안에서 2001년 7월부터 12월까지 수하식 방법을 이용하여 양성줄에 매달아 시험하였다. 실내 사육을 통해 부착기질에 부착한 치패의 크기가 약 1 mm 되는 시점에 수하식 시설로 옮기고 부착기질을 $300 \mu\text{m}$ 그물주머니에 넣어 수심 5 m 지점에 매달아 놓았다. 처음 한 달은 일주일, 2개월째에는 보름, 3개월 이후는 한 달 간격으로 청소하였고, 성장함에 따라 그물주머니의 망목 크기를 점차 큰 것으로 교체하였다. 성장도 측정은 매월 조사하였다.

3. 중간 양성

1) 환경조사

수온과 염분 농도 변화 조사는 2001년 2월부터 2002년 12월까지 치패 사육시험 기간 동안 옹포리에 위치한 제주시 수산종묘시험장과 위미리에 있는 서귀포시 수산종묘시험장에서 매일 10시에 측정된 정지해양관측 자료를 이용하여 조사하였고, 양성장의 먹이량과 관계있는 영양염류, chlorophyll-a량 및 용존산소량은 2001년 2월부터 2002년 12월까지 분기별로 1회씩 총 8회에 걸쳐 치패사육 시험지 현장에서 직접 채수한 시료를 분석하였다.

2) 시험구

시험에 사용한 수하식 양식의 시설구조는 Fig. 1과 같다.

사육수심은 5, 10, 15 및 20 m로 채롱 당 20 마리씩 수용하였고, 사육밀도에 따른 성장 실험을 위해 채롱 당 10, 20, 40, 80 마리의 밀도로 수용하였다. 시험 종료시까지 매월 1회 각장, 각고를 Vernier caliper로 0.01 cm까지 측정하였고, 생존율은 성장도 조사시 폐사 개체를 전수 계수하여 조사하였다.

3) 성장, 일간성장량 및 생존율

혼한가리비의 시간 변화에 따른 성장도 조사는 매월 1회 측정하였고, 월별 일간 각장 성장량(daily shell length increment)을 구하였다. 사육수심 및 사육밀도별 생존율은 매월 성장도 조사 시 폐사된 개체수를 파악하여 백분율로 표시하였다.

4. 통계처리

모든 사육결과와 통계처리는 ANOVA test를 실시하여 최소 유의차 검정(least significant difference)으로 평균간의 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

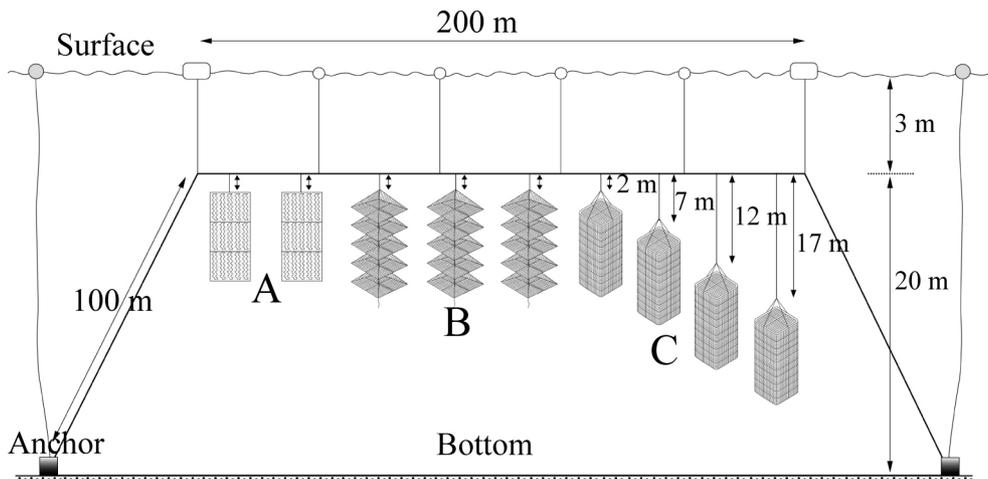


Fig. 1. Schematic diagram of the hanging culture facilities for outdoor intermediate culture. A: rearing cage of attached juvenile, B: rearing cage of young shell, C: intermediate culture.

결 과

1. 치패 및 자패 성장

부착 자패 성장은 부화 후 12일째 채묘기에 부착한 부착 자패에서 성장하여 60일째 부착 자패까지 측정된, 부화 경과 일수(X)에 따른 각장(SL) 성장은 $SL = 0.1664e^{0.0579x}$ ($r^2 = 0.924$)의 회귀직선식으로 나타났다(Fig. 2).

치패 양성지인 지귀도 연안의 수온변화는 시험 시작시인 7월에는 21.6°C이었으며, 8월에 25.1°C로 가장 높은 수온을 나타내었다. 이후 수온이 점차 내려가기 시작하여 12월에는 14.9°C로 가장 낮은 수온을 나타내었다(Fig. 3).

치패 성장은 지귀도 연안에서 수하한지 1개월 경과한 8월에

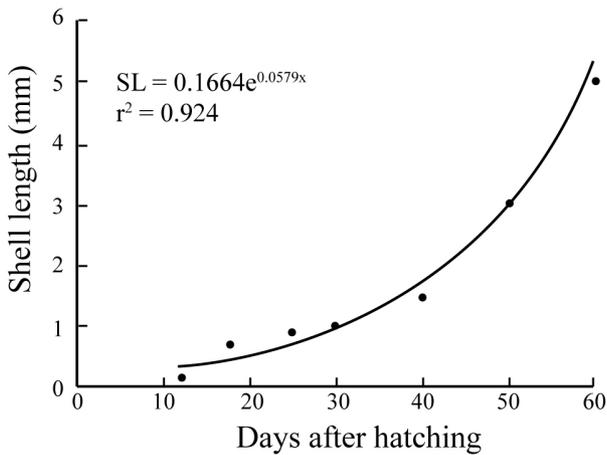


Fig. 2. Growth curve of early larvae of *Chlamys nobilis* reared in the temperature-controlled indoor tank at $22.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

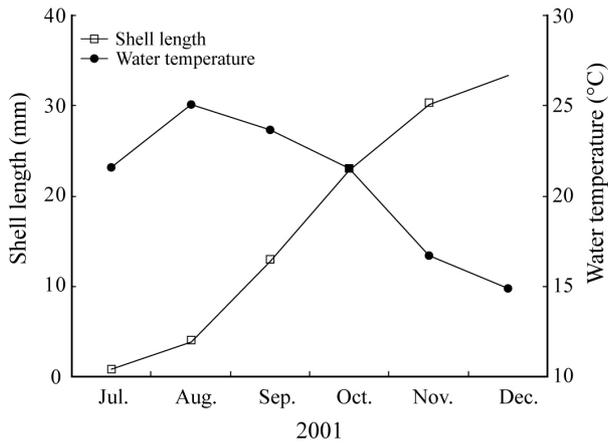


Fig. 3. Water temperature and monthly growth of *Chlamys nobilis* spat reared with the hanging culture method in Jigwido site during July to December, 2001.

는 각장 4.1 mm로 성장하였고, 각각 9월, 10월, 11월에는 각장 13.0, 23.1, 30.3 mm로 성장하였으며, 12월에 각장 33.6 mm로 성장하였다. 지귀도 연안에서 치패 성장 조사 결과 5개월 동안 약 32.6 mm 성장하였다(Fig. 3).

월별 일간 각장 성장은 8월에는 $106.8 \mu\text{m/day}$ 이었으며, 이후 점차 증가하여 10월에 일간 각장 성장률이 $303.3 \mu\text{m/day}$ 로 최고치를 보인 후 점차 감소 추세를 보여 12월에는 $123.4 \mu\text{m/day}$ 이었다(Fig. 4).

2. 중간양성

1) 양성지 환경

2001년에서 2002년까지 시험장소인 지귀도 연안과 옹포리

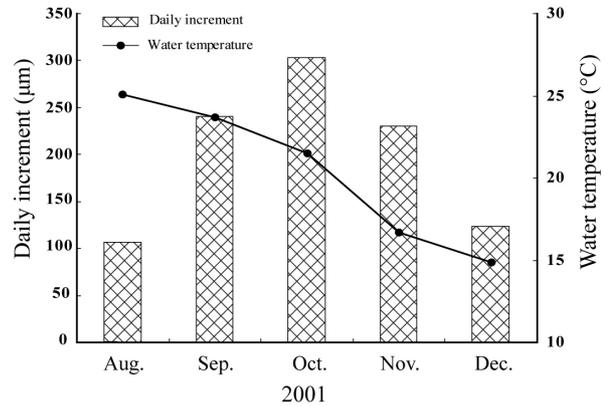


Fig. 4. Water temperature and daily increment of shell length calculated from monthly growth of *Chlamys nobilis* spat reared with the hanging culture method in Jigwido site during August to December, 2001.

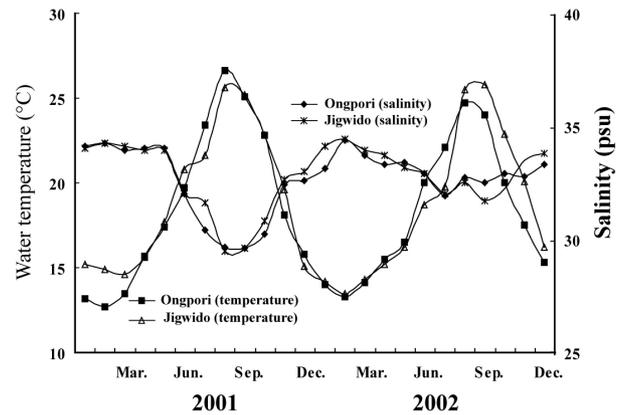


Fig. 5. Monthly variation of water temperature and salinity in Jigwido and Ongpори coastal sea from January 2001 to December 2002.

연안의 월별 표층수온 변화는 지귀도 연안이 13.6-25.9°C 범위였고, 옹포리 연안은 12.8-26.7°C 범위였다. 두 지역 모두 2월에 가장 낮았고 8월에 가장 높았다.

표층 염분은 연중 29.6-34.5 psu 범위였으며, 여름철인 8월에 29.6 psu로 가장 낮았고, 겨울인 2월에 34.5 psu로 최고 값을 나타냈다. 옹포리 연안의 염분농도에 있어서도 지귀도 연안의 경우와 비슷하게 29.7-34.5 psu의 범위로 8월에 가장 낮았고 2월에 가장 높았다(Fig. 5).

2001년 2월부터 2002년 11월까지 지귀도 연안에서의 계절별 표층 용존산소의 변화는 2001년 2월에 10.91 mL/L로 가장 높고, 2001년 11월에 6.38 mL/L로 가장 낮았다. 옹포리 연안의 경우도 지귀도와 비슷하게 2001년 2월에 9.87 mL/L로 가장 높았고, 2001년 11월에 6.08 mL/L로 가장 낮았다. 지귀도와 옹포리 연안의 지역별 표층 용존산소량은 지귀도 연안에서 다소 높게 나타났다(Table 1).

2001년 2월부터 2002년 11월까지 시험기간 동안, 영양염류 중 표층 인산인(PO₄-P) 농도는 지귀도 연안 표층의 경우 0.11-2.40 μg-at/L 범위로 2001년 2월에 가장 높은 값을 나타내었으나, 2001년 5월에 가장 낮았다. 옹포리 연안 표층의 인산인 농도는 0.11-1.30 μg-at/L로 2001년 11월에 가장 높았고, 2002년 8월에 가장 낮았다. 지귀도 연안 저층 인산인의 농도는 조사기간 동안 0.28-1.65 μg-at/L 범위로 표층과 큰 차이를 보이지 않았으나 옹포리 연안 저층의 인산인 농도범위는 0.01-2.20 μg-at/L으로 5월에 가장 낮았고 2월에 가장 낮았다(Table 1).

용존성무기질소(DIN)는 지귀도 연안은 표층에서

4.25-21.06 μg-at/L 범위이고 저층에서는 6.81-16.90 μg-at/L의 농도로 나타났다. 옹포리 연안에서 용존성 무기질소 농도는 표층에서 4.45-48.65 μg-at/L 범위이고, 저층에서는 3.70-36.82 μg-at/L 농도로 나타났다(Table. 1).

조사지역 두 개소의 chlorophyll-a 농도는 지귀도 연안에서

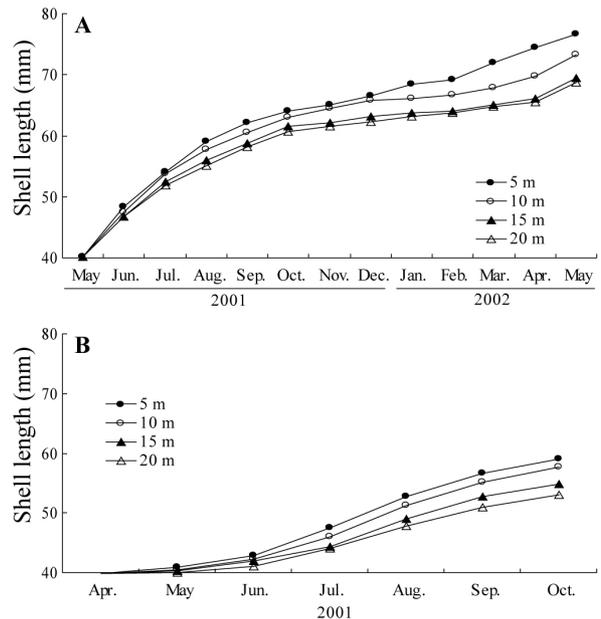


Fig. 6. Monthly growths in shell length of *Chlamys nobilis* cultured at different water depths in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

Table 1. Seasonal variation of DO, PO₄-P, DIN and chlorophyll-a in Jigwido and Ongpori coastal sea.

			2001				2002			
Site			Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.
DO (m /lL)	Jigwido	Surface	10.91	7.92	6.78	6.38	8.66	8.45	7.03	6.90
		Bottom	8.36	7.60	7.06	6.24	8.65	8.32	6.34	6.80
	Ongpori	Surface	9.87	8.00	6.92	6.08	9.39	7.82	6.81	6.90
		Bottom	8.92	7.92	7.72	5.78	9.34	7.64	6.97	5.74
PO ₄ -P (μg-at/L)	Jigwido	Surface	1.09	0.29	0.54	1.60	2.40	0.11	0.25	0.57
		Ongpori	1.33	0.28	1.65	0.90	1.90	0.57	0.52	0.68
	Ongpori	Surface	0.40	0.38	0.50	1.30	1.10	0.99	0.11	0.84
		Bottom	2.04	0.01	1.16	1.30	2.20	0.84	0.62	1.90
DIN (μg-at/L)	Jigwido	Surface	13.76	4.25	8.19	21.06	17.69	6.60	8.48	12.53
		Bottom	12.78	8.25	12.87	16.26	16.90	6.81	7.13	11.76
	Ongpori	Surface	7.04	5.53	4.45	48.65	15.74	19.95	4.45	11.19
		Bottom	14.52	5.00	8.62	36.82	14.65	20.72	3.70	17.31
Chlorophyll-a (μg-at/L)	Jigwido	Surface	4.61	1.98	2.49	1.05	1.09	2.97	3.26	2.42
	Ongpori	Surface	1.34	0.95	0.60	1.20	0.70	0.70	0.21	0.50

는 1.05-4.61 $\mu\text{g-at/L}$ 범위로 2001년 11월과 2002년 2월에 각각 1.05, 1.09 $\mu\text{g-at/L}$ 로 낮은 값을 나타냈고, 2000년 2월과 2001년 8월에는 4.61, 3.26 $\mu\text{g-at/L}$ 로 높게 나타났다. 옹포리 연안에 있어서는 0.21-1.34 $\mu\text{g-at/L}$ 범위로 측정조사 전 기간 동안 지귀도 연안에 비해 전반적으로 낮은 수치를 나타냈다(Table 1).

2) 수심별 성장

지귀도 연안에서 390일 동안 치패 월별 평균 각장과, 옹포리 연안에서 196일의 시험기간 동안 치패 월별 평균 각장 변화를 조사하였다.

지귀도 연안에서 390일 동안, 수심 5, 10, 15, 20 m에서 중간양성 결과는 시험 종료 시 평균 각장은 각각 76.7 ± 7.7 , 73.3 ± 7.3 , 69.4 ± 8.4 , 68.7 ± 8.5 mm이었다. 치패의 각장성장은 수심 5 m에서 10 m 범위까지 다소 높게 나타났으나 각 수심별 치패의 각장 성장에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$, Fig. 6A, Table 2). 옹포리 연안에서 196일 동안 수심 5, 10, 15, 20 m에서의 중간양성 결과는 시험 종료 시 평균 각장은 각각 59.0 ± 5.7 , 57.7 ± 7.5 , 54.8 ± 5.4 , 53.1 ± 4.8 mm였고, 수심 5-10 m에서 성장이 양호하였고 수심이 깊어질수록 성장은 낮게 나타났다($p < 0.05$) (Fig. 6B, Table 2).

지귀도 연안에서 중간 양성에 따른 일간각장성장은 수심 5-20 m 범위에서 각각 165.6, 154.0, 140.0, 137.4 $\mu\text{m/day}$ 로 나타났다(Fig. 7A, Table 2). 옹포리 연안에서 중간

양성에 따른 일간 각장 성장량은 수심 5 m에서 20 m 까지 각각 199.6, 188.2, 161.8, 145.8 $\mu\text{m/day}$ 로 나타났다(Fig. 7B, Table 2).

지귀도 연안의 수심 5, 10, 15, 20 m에서 양성시킨 치패의 평균중량은 시험 종료시 각각 77.2 ± 22.6 g, 73.2 ± 16.0 g, 66.6 ± 17.6 g, 64.9 ± 15.3 g로 성장하였으나, 각 시험구 별로 유의한 차이는 관찰할 수 없었다($p > 0.05$, Fig. 8A). 또한 옹포리 연안의 수심 5 m에서 사육한 치패는 시험 종료 시 44.8 ± 12.1 g로 가장 빠르게 성장하였고($p < 0.05$), 수심 10 m와 15 m에서는 각각 40.2 ± 13.1 g, 32.9 ± 10.2 g으로 유의한 차이가 없었고, 수심 20 m에서 29.5 ± 8.7 g으로 가장 느리게 성장하였다($p < 0.05$) (Fig. 8B).

지귀도 연안에서 중간 양성에 따른 전중량의 일간 성장량은 각장 성장 및 각고 성장량과 비슷한 양상을 보였고, 저수온 시기인 11월부터 이듬해 2월까지의 전중량의 일간 성장량이 수심 5 m부터 20 m 범위에서 100 $\mu\text{g/day}$ 이하로 나타났고 그 외의 시기에서는 100.0 $\mu\text{g/day}$ 이상이었고, 7월부터 9월에는 207.4-351.7 $\mu\text{g/day}$ 로 높게 나타났다(Fig. 9A). 옹포리 연안에서 중간 양성에 따른 일간 중량 성장은 시험 초기인 5월과 6월에는 수심 5-20 m 범위에서 34.3-86.2 $\mu\text{g/day}$ 로 낮았고, 이후 7월부터 9월까지 66.7-342.9 $\mu\text{g/day}$ 로 높아졌으나 지귀도 연안에 비해서는 일간 중량 성장량이 낮게 나타났다(Fig. 9B).

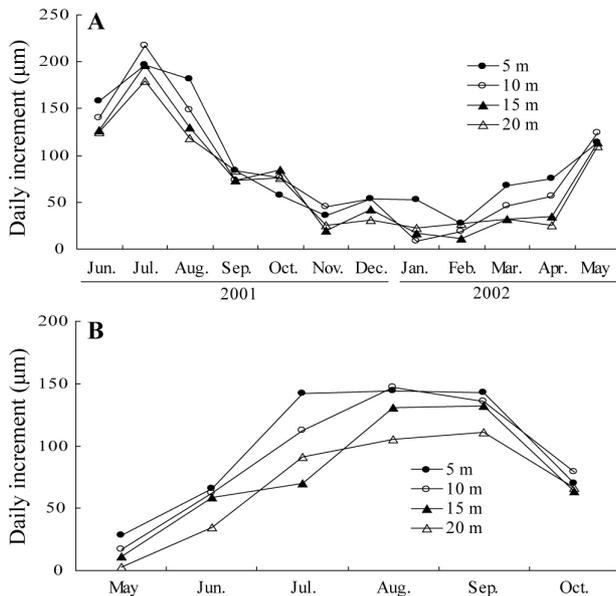


Fig. 7. Monthly changes of shell length increment per day of *Chlamys nobilis* cultured at different water depths in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

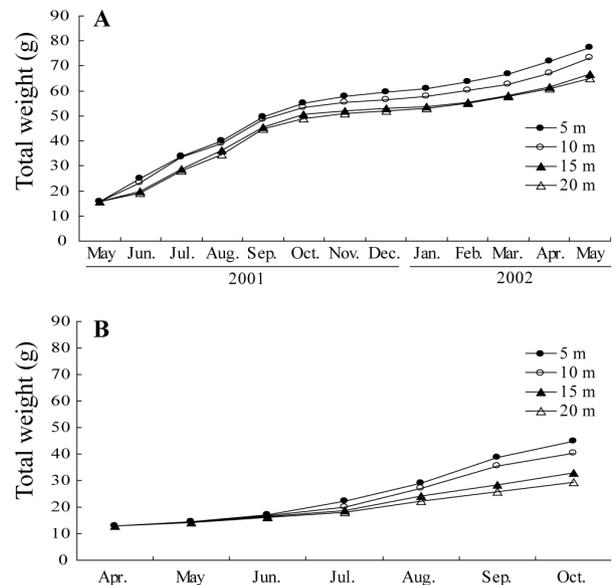


Fig. 8. Monthly changes in total weight of *Chlamys nobilis* cultured at different water depths in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

3) 밀도별 성장

지귀도 연안에서 평균 각장 40.2 ± 3.8 mm 치패와 옹포리 연안에서 평균 각장 39.9 ± 3.2 mm 치패를 플라스틱 재질의 폐류양성용 채롱에 10, 20, 40, 80 마리를 수용하여 수심 5 m의 수층에 수하 후 지귀도에서는 390일, 옹포리 연안에서는 196일 동안 양성한 치패 평균 각장 변화를 조사하였다.

지귀도 연안에서 밀도별로 사육한 결과를 보면 10 마리 밀도구의 치패는 시험 종료시 77.5 ± 9.8 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 168.3 μm/day로 가장 빠르게 성장하였다 (p < 0.05). 20 마리 밀도구에서 치패는 평균 각장 71.0 ±

13.0 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 145.8 μm/day였고 40 마리 밀도구에서는 시험 종료 시 평균 각장 63.0 ± 8.1 mm로 성장하여 각장의 일간성장량은 115.2 μm/day였다. 80 마리 밀도구에서는 평균 각장 59.8 ± 7.5 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 101.8 μm/day로 성장이 가장 느렸다(p < 0.05). 이와 같이 지귀도 연안 5 m 수층에서 10-80 마리를 수용한 채롱에서 치패의 성장은 밀도가 높을수록 성장이 더딘 결과를 얻었다(p < 0.05, Fig. 10A, Table 3).

옹포리 연안에서 실시한 10 마리 밀도구에서 치패는 평균 각장 63.8 ± 6.5 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은

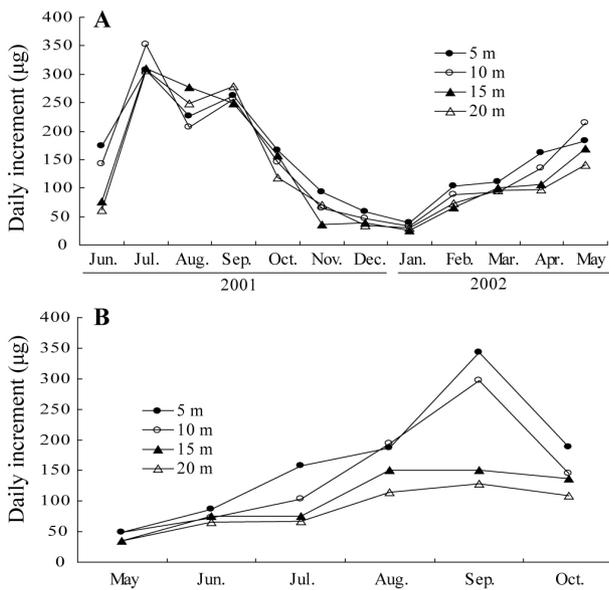


Fig. 9. Monthly changes of total weight increment per day of *Chlamys nobilis* cultured at different water depths in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

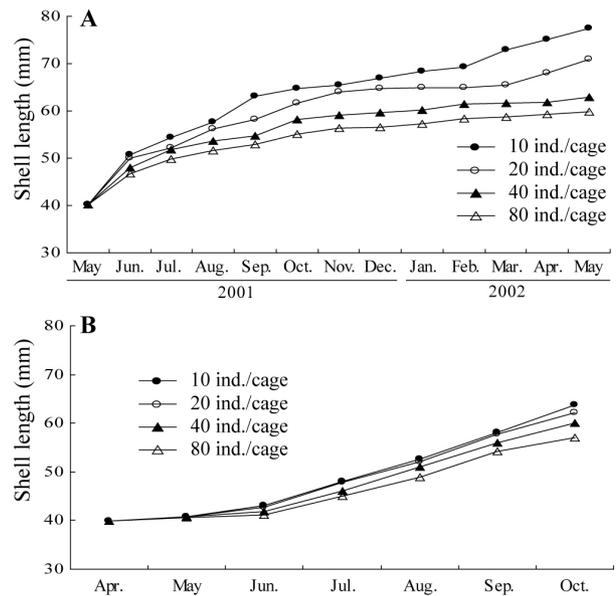


Fig. 10. Monthly changes in shell length of *Chlamys nobilis* cultured with different rearing densities in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

Table 2. Comparison of growth and survival of *Chlamys nobilis* cultured at different water depths in Jigwido and Ongpori coastal sea.

Culture site	Rearing depth	Initial shell length (Mean ± S.D.; mm)	Final shell length (Mean ± S.D.; mm)	Shell length increment/day (μm)	Survival rate (%)	Rearing days
Jigwido	5 m	40.2 ± 3.8	76.7 ± 7.7	165.6	70.0	390
	10 m	40.2 ± 3.8	73.3 ± 7.3	154.0	70.0	390
	15 m	40.2 ± 3.8	69.4 ± 8.4	140.0	55.5	390
	20 m	40.2 ± 3.8	68.7 ± 8.5	137.4	51.6	390
Ongpori	5 m	39.9 ± 3.2	59.0 ± 5.7	199.6	60.0	196
	10 m	39.9 ± 3.2	57.7 ± 7.5	188.2	65.0	196

S.D.: standard deviation

239.5 $\mu\text{m/day}$ 였고, 20 마리 밀도구에서 시험 종료시 평균 각장 62.1 \pm 7.0 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 225.7 $\mu\text{m/day}$ 였다. 40 마리 시험구에서는 시험 종료시 평균 각장 60.0 \pm 6.0 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 208.1 $\mu\text{m/day}$ 였고, 80 마리 밀도구에서 치패는 시험 종료시 평균 각장 58.5 \pm 7.0 mm로 성장하여 각장의 일간 성장량은 195.2 $\mu\text{m/day}$ 였다. 4 개의 밀도별 시험구에서 시험기간 중의 밀도에 따른 치패의 성장은 차이가 없었다($p > 0.05$, Fig. 10B, Table 3).

지귀도 연안에서 평균 중량 15.9 \pm 1.9 g 치패와 옹포리 연안에서 평균 중량 12.9 \pm 1.7 g 치패를 대상으로 각각 390 일과 196일 동안 사육하면서 각 밀도별 시험구의 평균 중량 변화를 조사하였다.

지귀도 연안에서 10 마리 밀도구에서 치패성장은 시험 종료시 평균 중량 83.2 \pm 23.2 g로 가장 빠르게 성장하였다($p < 0.05$). 20 마리와 40 마리 밀도구에서 치패 성장은 71.8 \pm 25.0 g, 56.6 \pm 16.8 g로 성장하였고 80 마리 밀도구에서는 평균 중량 치패는 49.0 \pm 15.2 g로 성장이 가장 느렸다($p < 0.05$, Fig. 11A). 옹포리 연안에서 10 마리 밀도구에서 치패 성장은 50.1 \pm 11.7 g이었고, 20 마리 밀도구에서는 평균 중량은 48.7 \pm 14.2 g이었다. 40 마리 밀도구에서 치패 성장은 46.2 \pm 14.8 g이었고 80 마리 밀도구에서는 평균 중량 43.2 \pm 15.1 g이었다. 시험사육 기간 중 밀도별 시험구 4 개에서 중량에 대한 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$, Fig. 11B).

고 찰

가리비 유생부착은 양식방법에 따라 자연채묘와 인위적인 채묘가 있는데, 동해안 큰가리비는 자연채묘를 선호하고 있다. 자연채묘를 통한 종묘생산 안정화를 위한 조건으로는 부착기 유생의 출현량과 유생 부착을 위한 기질의 종류, 유생의 밀집 수역 및 부착 적정 수심, 채묘시기 정확한 예측 등 채묘의 경제성(채묘기 당 치패 부착량 200 개체 이상) 을 확보할 수 있는 기술이 필요하다(Park, 1998).

지귀도 연안에서 1 mm 정도의 부착 자패를 대상으로 초기 치패의 성장을 조사한 결과 사육수온이 21.5-25.1 $^{\circ}\text{C}$ 범위인 8월부터 10월까지 각장크기가 각각 13.0, 23.1, 30.3 mm로 비교적 높은 성장을 나타내었으나 수온이 낮아지는 11월부터는 성장이 둔화되었다. 이때 일간각장성장량에 있어서도 8월부터 10월까지 106.9, 240.5, 306.1 $\mu\text{m/day}$ 로 지속적으로 높아지다가 11월 230.2 $\mu\text{m/day}$, 12월 123.7 $\mu\text{m/day}$ 로 감소하였고 이것은 수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 를 기점으로 그 이상일 때는 계속적으로 성장이 증가경향이었으나 수온이 20 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 내려가는 11월부터는 감소하기 시작했다.

일본에서 혼한가리비 유생의 부착 전 생존율은 평균 31-

90% 범위였다. 부착 후 바다로 나가 성장시킨 후 각장 1 mm 크기의 치패 생존율은 0.7-8.8%였고, 8 톤 콘크리트 수조에서 유생 사육시 생존율은 90%였다. 이후 1 mm 치패의 생존율은 1.9%로 대형 수조에서 부착 치패 사육가능성을 시사하고 있다(難波, 1973).

수산생물에 영향을 미치는 환경요인으로는 수온, 염분, 용존 산소 등 여러 가지가 있으며, 수온은 대사활동과 성장에 많은 영향을 미치고, 큰가리비 생육과 성장에 가장 큰 영향을 준다(Hong, 1987; Choi and Koh, 1990; Lim et al., 1991). 가리비류 서식 수온은 *Amusium balloti*는 호주의 동부와 서부의 19-24 $^{\circ}\text{C}$ 수온 범위에서 서식하며(Rose et al., 1988), *A. pleuronectes*는 필리핀과 태국 등 더운 지역에 분포하며 적정양식 수온은 26-28 $^{\circ}\text{C}$ 로 알려져 있다(Beldam and del Norte, 1988). 해만가리비는 생존 가능한 수온 범위가 -1-3 1 $^{\circ}\text{C}$ 로 광범위하고, 성장에 적합한 수온범위는 18-28 $^{\circ}\text{C}$ 이며 10 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 성장이 지체되고, 5 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 정지된다(YSFRI, 1991). *C. opercularis*의 성장도 수온에 영향을 받는다(Broom and Mason, 1978).

수온 23 $^{\circ}\text{C}$ 이상에서는 가리비 섬모운동이 지장을 받고 약 5 $^{\circ}\text{C}$ 이하 기간이 오랫동안 지속될 때에는 생존에 영향을 미친다(Yamamoto, 1964). 국내에서 큰가리비 양식에 관한 연구에서 강원도 북부 거진 연안의 경우 7월부터 9월까지 수층별 최고 수온이 표층 27.2 $^{\circ}\text{C}$, 10 m 층 25.2 $^{\circ}\text{C}$, 15 m 층 24.4 $^{\circ}\text{C}$

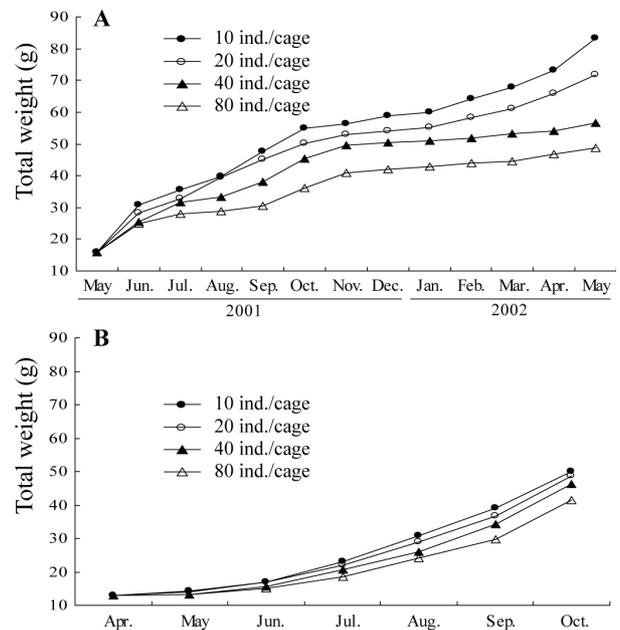


Fig. 11. Monthly changes in total weight of *Chlamys nobilis* cultured with different rearing densities in Jigwido (A) and Ongpori (B) coastal sea.

로 10-15 m 수층에서는 7월 중순부터 9월 상순까지 서식 한계수온 이상의 고수온이 50일 이상 지속되어 북부해역에서 양식중인 큰가리비의 폐사현상이 크게 발생하였다(Park, 1998).

이 연구에서 옹포리 연안과 지귀도 연안의 측정수온은 12.0-29.0°C 범위였다. 그리고 치패 성장 및 중간육성시 겨울철 월동이 가능하였으며, 여름철 고수온 시기에 폐사개체가 발생하지 않는 점으로 보아 지역적인 수온 범위 내에서 혼한가리비의 생존에 직접적인 큰 영향이 없는 것으로 생각된다.

용존산소는 수산생물의 생존에 제한인자로 작용하여 어패류의 대사에 필요한 농도 4.3 mL/L 이하에서는 생리적 장애를 받고 3.6 mL/L 이하에서는 해저의 정상적인 저서생물 분포를 위협하며, 2.2 mL/L 이하에서는 패류에도 나쁜 영향을 주는 것으로 밝히고 있다. 용존산소량 1.4-2.7 mL/L에서 어패류를 폐사시킨다고 하였으며, 저서생물의 생리적 변화를 일으키는 농도를 2.7-4.3 mL/L라 하였다(臧本中田, 1992). 따라서 조사연안의 용존산소량은 옹포리 연안의 경우 표층과 저층이 5.74-9.87 mL/L이고, 지귀도 연안은 6.24-10.91 mL/L로 지귀도 연안이 옹포리 연안보다 다소 높았고, 이러한 수치는 혼한가리비의 서식에 적합한 농도였다.

Chlorophyll-a는 먹이생물 양을 간접적으로 파악할 수 있는 지표로 생각할 수 있다. 해만가리비의 경우, 최적 성장을 유지하기 위한 chlorophyll-a 농도는 1.40 $\mu\text{g-at/L}$ 이상이며, 식물성플랑크톤 감소가 해만가리비의 성장 차이를 일으키는 환경요인으로 작용한다고 보고가 있다(Andi, 1993). 옹포리 연안에서 chlorophyll-a 농도는 2001년 8월에 0.21 $\mu\text{g-at/L}$ 로 최저치를, 2001년 2월에는 1.34 $\mu\text{g-at/L}$ 로 최고치를 보였고, 지귀도 연안에서는 2001년 11월에 1.05 $\mu\text{g-at/L}$ 농도로 최저치를, 2001년 2월에 4.61 $\mu\text{g-at/L}$ 로 최고치를 보여, 지귀도 연안의 최저치와 옹포리 연안의 최고치는 비슷한 경향이였다. 지역별 chlorophyll-a량을 비교한 결과, 지귀도 연안에서의 chlorophyll-a량이 옹포리에 비해 1-4 배 높았다. 이것은 수심별 및 밀도별 중간양성 결과에도 나타났듯이 지귀도 연안에서 중간양성을 했던 경우 치패 성장이 높게 나타난 이유가 수온뿐만 아니라 chlorophyll-a량이 높은 데에도 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

우리나라에서 가리비양성은 주로 채룡식 양성에 의해 이루어지고 있다. 그러나 채룡식 양성의 경우, 단위 면적당 생산성과 해적생물에 의한 어장관리의 어려움 등으로 인해 생산성을 높일 수 있도록 귀매달이 양성이 함께 시도되고 있다. 중간양성의 적정 수용밀도는 본 양성 이식 후의 성장과 생존율에 큰 영향을 미치는데, 성장률과 수용밀도 사이에는 반비례 관계에 있다(Ventilla, 1982). 이와 같은 결과는 giant scallop(*P. magellanicus*)와 진주담치(*Mytilus edulis*)와 같은 다른 조개류에서도 나타나고 있다(Parsons and Dadswell, 1992;

Rodhouse *et al.*, 1984). 많은 조개류에서 성장률 변화는 온도와 영양조건에 관계가 있으며, 특히 고밀도 수용에 의한 성장률 감소는 한정된 먹이생물에 대한 경쟁과 상호간의 스트레스에 기인한다(Kirby-Smith and Barber, 1974; Wilson, 1987; MacDonald and Thompson, 1985).

본 연구에서는 혼한가리비에 대한 양식 가능성을 타진하기 위해 옹포리 연안과 지귀도 연안에서 수심별 및 밀도별로 성장과 생존율을 조사한 결과, 지역별 성장은 지귀도 연안에서의 성장이 양호하였다. 본 연구에서 조사된 chlorophyll-a 농도는 옹포리 연안의 경우 전 조사기간 동안 0.21-1.34 $\mu\text{g-at/L}$ 에 머물러 가리비 성장에 필요한 농도를 충족시키지 못하였다. 그러나 지귀도 연안의 chlorophyll-a 농도는 1.05-4.61 $\mu\text{g-at/L}$ 로, 분기별로 총 8 회 측정하는 동안 2001년 11월과 2002년 2월에만 각각 1.05, 1.09 $\mu\text{g-at/L}$ 로 낮게 나타났을 뿐 그 이외의 기간에서는 적정 농도보다 훨씬 높게 나타났다. 그리고 조사기간 동안의 수온에 있어서도 옹포리 연안에 비해 지귀도 연안에서는 겨울철 3-4개월 동안 수온이 0.5-1.0°C 정도 높게 나타나는 것도 두 지역에서의 성장 차이를 나타내는 원인 중 하나일 것으로 사료된다.

어패류의 성장은 식물플랑크톤보다는 온도 의존성에 기인한다고 보고된 바 있으나(Rhodes and Widman, 1980), *Chlamys opercularis*의 성장은 온도와 식물플랑크톤의 농도에 상호 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Broom and Mason, 1978). *C. islandica*를 대상으로 한 연구 결과에 의하면(Wallace and Reines, 1985) 수층별 성장은 표층역인 2-12 m 수층이 40 m 수층보다 빠른 성장을 보이는 원인은 온도와 먹이 이용성 차이에 의해 발생된다고 한다. 동해안에서 양식되는 큰가리비의 경우, 수층별 사육 비교실험 결과, 고수온기인 8-9월에는 20-25 m 수층, 저수온기인 12월-3월에는 12-17 m 수층에서 성장이 활발하였으며, 5 m 부근의 상층은 성장이 느렸다고 한다(Park *et al.*, 2000). 이와 같이 큰가리비의 적정 성장 수심은 *C. islandica*에 비해 깊었는데, 그 이유는 온도와 식물성플랑크톤의 수층별 농도에 영향을 받는 것으로 사료된다(Broom and Mason, 1978).

비단가리비에 대한 수심별 성장 조사 결과에 의하면, 각장 및 증량은 표층 시험구의 성장이 저층 시험구보다 좋았고, 사육 종료시 각장은 표층 시험구에서 보다 저층 시험구에서 성장이 양호하였다고 한다(Park, 2005). 이와 같은 결과는 sea scallop을 여러 해역에 수심별로 사육한 결과, 수심이 얇은 곳이 깊은 곳보다 성장이 양호하였다는 보고와 일치하고 있다(MacDonald and Thompson, 1985). 제주 연안에 서식하는 해가리비의 인공치패 중간육성 결과, 수심별로 성장의 차이는 나타나지 않았으나, 각장 41.7-44.7 mm의 자연산 치패를 수심 10, 15, 20 m에서 90일간 사육한 결과는 수심 20 m에

서의 성장량 및 생존율에서 양호하였다고 보고되어(Son *et al.*, 1998) 큰가리비의 결과와 유사하였다. Giant scallop(*P. magellanicus*)는 바다양성에 비하여 수하식 양성에서의 성장이 더 빠르다고 한다(MacDonard and Thompson, 1985; Parsons and Dadswell, 1992).

본 연구에서 혼한가리비에 대해 옹포리 연안 및 지귀도 연안에서 수심 5, 10, 15, 20 m로 사육한 결과는 2개소 모두 수심 5 m에서 성장이 빠르고, 수심이 깊어질수록 낮아지는 경향을 나타내어, 비단가리비와 *C. islandica*의 결과와 일치하였다(박, 2002). 이와 같은 결과는 용존산소나 기타 환경조사항목에서 표층에서 높은 수치를 나타낸 것과 관련이 있는 것으로 사료된다. 일본에서의 혼한가리비 6 mm 치폐에 대해 61일간 수심별 1.5, 2.0, 2.5 m 성장시험 결과, 수심 1.5 m에서 6.14 mm, 일간성장량 0.109 μm 이고, 수심 2.0 m에서 일간성장량 0.121 μm , 수심 2.5 m에서의 일간성장량은 0.124 μm 로 나타나 시험수심에서는 수심이 깊어질수록 성장이 좋은 것으로 나타났다.

밀도별 성장은 채룡식 수하양성에서 고밀도로 수용한 경우의 성장률 감소는 한정된 먹이와 공간의 경쟁에 원인이 있다. 생물사육시 밀도별 성장은 저밀도에서 고밀도로 밀도가 높아질수록 성장이 지연되는 것이 일반적인 사항으로 이 때 고려해야 할 점은 사육밀도와 성장량간의 양식경제성을 고려하는 것이 바람직하다고 생각된다. 동해안 양식산 큰가리비에 대한 밀도별 성장 결과, 수용밀도 5 개체에서는 일간 성장량이 0.124 $\mu\text{m}/\text{day}$, 수용밀도 18 개체는 0.098 $\mu\text{m}/\text{day}$ 로 밀도가 높을수록 성장이 낮았다. 양성기간 중 수용밀도 12개체까지는 평균 각고 11 cm 내외의 상품성이 있는 개체로 성장하였으나, 수용밀도 16개체 이상에서는 평균 각고 10.3 cm로 낮아져 상품성이 저하되어 양식의 경제성을 확보하기 위해서는 양성 채룡 1칸 당 10-15 개체 내외로 수용하는 것이 바람직하다고 알려져 있다(Park, 1998).

일본 오이다현에서 6 mm의 혼한가리비 치폐에 대해, 100 마리/채룡, 200 마리/채룡의 밀도별로 사육한 결과 100 마리구에서 일간 평균 성장량은 117 μm , 200 마리구에서 일간 성장량은 100 μm 로, 100 마리구에서 높게 나타났다(木谷, 1985).

본 연구에서 혼한가리비에 대한 밀도별 사육시험은 10, 20, 40, 80 마리/채룡별로 실시한 결과, 옹포리 연안 및 지귀도 연안 2 개소 모두에서 10 마리/채룡에서 가장 양호하였고, 20, 40, 80마리/채룡에서는 성장이 더디게 나타났다. 10 마리구와 20 마리구에서는 유의차는 없었으나 40 마리, 80 마리구와는 차이가 있는 것으로 보아, 종합적인 측면에서 제주연안에서의 혼한가리비 중간양성시 사육밀도는 10-20 마리/채룡으로 사육하는 것이 바람직하다고 생각된다.

요 약

혼한가리비 종묘생산시 부화 유생사육시 파판에 부착 후 60 일째까지의 경과일수(X)에 따른 자폐의 각장(SL) 성장은 $SL = 0.1664e^{0.0579x}$ ($r^2 = 0.924$) 회귀직선식으로 나타낼 수 있었다. 지귀도에서 사육한 각장 1 mm 치폐는 1개월후에 4.1 ± 0.8 mm로 성장하였고 2, 3, 4 및 5개월째에는 각각 각장 13.0 ± 1.9 , 23.1 ± 3.1 , 30.3 ± 4.3 , 33.6 ± 5.2 mm로 성장 하였다. 시험기간 동안 지귀도 연안에서 혼한가리비의 수심별 일간 각장 성장량은 165.6, 154.0, 140.0, 137.4 $\mu\text{m}/\text{day}$ 순으로 수심이 깊어질수록 성장량은 낮았고($p < 0.05$), 사육밀도별에서는 각각 168.3, 145.8, 115.2, 101.8 $\mu\text{m}/\text{day}$ 로 사육밀도가 높을수록 성장이 느렸다($p < 0.05$). 제주연안에서의 혼한가리비 치폐의 중간육성은 제주시 옹포리 연안보다는 서귀포시 지귀도 연안이 성장 및 생존율에서 높아서 양식가능성이 높았고, 일본의 경우와 비교해서는 성폐까지 사육할 경우, 3-6개월 정도 더디었지만 양식가능성은 충분하다고 생각되며, 양식의 성공률을 높이기 위해서는 여름철 태풍 내습에 대한 시설물의 안정성이 우선 고려되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Andi, A. (1993) Differential growth characteristics of sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) in suspended culture. M.S. Thesis, Acadia University. 95 pp.
- Beldam, C.A. and del Norte, A.C. (1988) Notes on the induced spawning and larval rearing of the Asian moon scallop, *Amusium pleuronectes* (Linne) in the laboratory. *Aquaculture*, **72**: 173-179.
- Broom, M.J. and Mason, J. (1978) Growth and spawning in the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. *Marine Biology*, **47**: 277-285.
- Choi, J.W. and Koh, C.H. (1990) Distribution pattern of polychaete worms on the continental shelf and slope of the East Sea. *Journal of Oceanological Society of Korea*, **25**(1): 36-48. [in Korean]
- Guo, X. and Luo, Y. (2006) Scallop culture in China. In: Scallop: Biology, Ecology and Aquaculture. (ed. by Shumway, S.E. and Parson, G.J.) pp. 1143-1161, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Hong, J.S. (1987) Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay System, Korea. *Journal of Oceanological Society of Korea*, **22**(4), 246-256. [in Korean]
- Jo, Q., Lee, C., Oh, B.S., Bang, J.D., Kim, Y., Jeon I.G. and Ahn, M.M. (2007) Batch-specific quality of the reproductive outputs and nursery acclimation in the seed production of *Patinopecten yessoensis* - case study on Korean coasts of the East Sea. *Journal of*

- Aquaculture*, **20**: 81-84.
- Kirby-Smith, W.W. and Baber, R.T. (1974) Suspension feeding aquaculture system: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop. *Aquaculture*, **3**: 135-145.
- Kosaka, Y. and Ito, H. (2006) Japan. In: Scallop: Biology, Ecology and Aquaculture. (ed. by Shumway, S.E. and Parson, G.J.) pp. 1093-1141, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Lee, B.H. and Chang, S.I. (1977) A study on the culture of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) (1). Experiment on spat collection and culture by hanging in the eastern coast of Korea. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute, Korea*, **16**: 165-178.
- Lim, H.S., Je, J.G., Choi, J.W. and Lee, J.H. (1991) Distribution pattern of macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. *Ocean Research, Korea*, **13**(2): 31-45. [in Korean]
- MacDonald, B.A. and Thompson, R.J. (1985) Influence temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Marine Ecology Progress Series*, **25**: 279-294.
- Oh, B.S., Jung, C.G., Yang, M.H. and Kim, S.Y. (2000) Effect of rearing density in culture cage on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute, Korea*, **58**: 88-95. [in Korean]
- Oh, B.S., Jung, C.G. and Kim, S.Y. (2002a) Growth of bay scallop, *Argopecten irradians* at different rearing depths. *Journal of Aquaculture*, **15**(1): 61-68. [in Korean]
- Oh, B.S., Yang, M.H., Jung, C.G., Kim, J.I., Kim, Y.S. and Kim, S.Y. (2002b) Effect of selected spat on growth of bay scallop, *Argopecten irradians* during aquaculture. *Journal of Aquaculture*, **15**(3): 123-129. [in Korean]
- Park, Y.J. (1998) Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Ph.D. Thesis, Cheju National University, 187 pp. [in Korean]
- Park, Y.J., Rho, S. and Lee, J.Y. (2000) Intermediate culture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in the East Coast of Korea. *Journal of Aquaculture*, **13**(4): 339-351. [in Korean]
- Park, Y.J., Rho, S. and Lee, C.S. (2001) Growth of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in suspended culture in the East Coast of Korea. *Journal of Aquaculture*, **14**(3): 181-195. [in Korean]
- Park, K.Y., Kim, S.K., Seo, H.C. and Ma, C.W. (2005) Spawning and larval development of the Jicon scallop, *Chlamys farreri*. **18**(1): 1-6. [in Korean]
- Parsons, G.J. and Dadswell, M.J. (1992) Effect of stocking density on growth, production, and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy bay, New Brunswick. *Aquaculture* **103**: 291-309.
- Rhodes, E.W. and Wildman, J.C. (1980) Some aspects of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). *Proc. World Maricult. Soc.*, **11**: 235-246.
- Rodhouse, P.G., Roden, C.M., Hensey, M.P., McMahon, T., Ottway, B. and Ryan, T.H. (1984) Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. *Journal of Marine Biology Association, U.K.* **64**: 513-529.
- Rose, R.A., Campbell, G.R. and Sanders, S.G. (1988) Larval development of the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi). *Australian Journal Marine and Freshwater Research*, **39**: 153-160.
- Son P.W., Ha, D.D., Rho, S., Chang, D.S., Lee, C.H. and Kim, D.K. (1998) Study on spat production of the sun and moon Scallop, *Amusium japonicum japonicum*. *Journal of Aquaculture*, **11**(3): 371-380.
- Ventilla, R.F. (1982) The scallop industry in Japan. *Marine Biology*, **20**: 309-350.
- Wallace, J.S. and Reines, T.G. (1985) The significance of various environmental parameters for growth of the iceland scallop, *Chlamys islandica* (Pectinidae) in hanging culture. *Aquaculture*, **44**: 229-241.
- Wilson, J.H. (1987) Environmental parameters controlling growth of *Ostrea edulis* L. and *Pecten maximus* L. in suspended culture. *Aquaculture*. **64**: 119-131.
- Yamamoto, G. (1964) Scallop Culture in Mutsu Bay. 6, pp. 77, Suisan Zoyoshoku Soshu, Tokyo.
- Yoo, S.K., Ryu, H.Y. and Park, K.Y. (1981) The growth of the culture scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Bulletin of Korea Fisheries Society*, **14**: 221-226. [in Korean]
- YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institute) (1991) Training Manual on Breeding and Culture of Scallop and Sea Cucumber in China. Regional Sea Farming Development and Demonstration Project pp. 84, (RAS/90/002).
- 難波武雄 (1973) ヒオウギの種苗生産に関する研究. 栽培技研. **2**(1): 11-17.
- 木谷益邦 (1985) ヒオウギガイ種苗生産(中間育成)期におけるシェルターの効果. 水産増殖, **33**(3): 157-165.
- 臧本武明, 中田喜三郎 (1992) 物質循環モデル. 87, pp. 85-103, 水産学シリーズ.
- 박기열 (2002) 비단가리비 *Chlamys farreri*의 번식생태와 종묘생산. pp. 68, 순천향대학교 대학원 박사학위논문.