



동해안 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 성장

박영제* · 노 섬¹⁾ · 이채성²⁾

국립수산진흥원 서해수산연구소 · ¹⁾제주대학교 해양과학대학
²⁾국립수산진흥원 강릉수산종묘시험장

Growth of the Scallop, *Patinopecten yessoensis* in Suspended Culture in the East Coast of Korea

Young-Je Park*, Sum Rho¹⁾ and Chae-Sung Lee²⁾

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

¹⁾Department of Marine Biotechnology, Jeju National University, Jeju City 690-756, Korea

²⁾Gangneung Marine Hatchery, NFRDI, Gangneung, 210-807, Korea

To stabilize the lantern cage culture system of *Patinopecten yessoensis* (Jay) in the eastern coast of Korean peninsula, optimum conditions such as time of transplantation, rearing density and depth, and time of harvest were identified. During the period from January 1991 to December 1998, the water temperature ranged from 4.7 to 21.4°C at 15-30 m depth and 4.9 to 25.7°C at the surface; these thermal ranges were within the optimal ranges (5-23°C) prevailing at 15-30 m depth at surface water. Annual thermal changes indicated that the prevailing temperature during the years 1993 and 1996 was near optimum, but higher during the years 1994, 1997 and 1998, when mass mortality and growth retardation occurred. Salinity (32.0 - 34.4 ‰) and dissolved oxygen (4.14 - 8.11 ml/l) at 15 m depth were well within the optimum ranges. The chlorophyll concentrations (0.06 - 2.73 µg/l) indicated that the study area was oligotrophic, although mass mortality did occur, when chlorophyll concentrations were high, especially in summer. Hence water temperatures and chlorophyll concentration are major factors related to survival and growth of the scallop.

In terms of the shell height maximum growth occurred during spring (March-May; 8 - 13°C) and fall (October-December; 11-17°C) in the lantern cage culture. Slow growth was recorded during late winter (January-February; less than 7°C) and mid-summer (August- September; more than 18°C). Daily growth of shell height and total weight were 0.02~0.24 mm and -0.07~0.90 g at the rearing density of 12 individuals per net. Optimal rearing density in the lantern cage (φ 50×20 cm) was 10~15 individuals with the shell height of 5~6 cm. The fastest growth rates were observed at 15~20 m depth; however, it is recommended that 20~30 m would be optimal. The scallops require 22 months to attain the commercial size of 10 cm shell height and 140 g total weigh, and are best harvested and sold during March-April.

Key words: Lantern cage culture, Seasonal thermal oscillations, Optimum temperature, Stocking density, Rearing water depth, Chlorophyll level, Harvest time

*Corresponding author : scallop@shinbiro.com

서 론

참가리비는 세계적으로 성장과 품질 면에서 경제적 가치가 매우 우수한 종으로 1989년 이후 우리나라 동해안에서 상업적인 양식이 성공을 거둠에 따라 1997년에는 강원 연안에서만 1,250톤(박, 1998)이 생산되어 산업화 양식으로 정착되어가고 있다.

참가리비 양식과정에서 본양성이란 중간육성 단계를 거친 각고 5~7 cm 크기의 종패를 상품출하 크기인 각고 10 cm 내외의 어미로 양성시키는 최종단계의 양식과정이다. 본양성 방법 중 수하식 양성(suspended culture, Fig. 1)은 채롱양성(lantern cage)과 귀매달이 양성(ear suspended)으로 구분할 수 있는데, 그 중 채롱양성은 양식장에 연승줄을 띄운 다음 먹이생물량이 많은 수층에 채롱을 매달아 양식하는 것으로 가리비의 주된 양식방법의 하나이다.

참가리비의 양성에 관한 국내 연구로는 1970년대에 경북 영일만에서 수하양성과 성장(李와 張, 1977; Yoo et al., 1981)에 관한 연구가 있으나, 상품크기로의 양성시험은 이루어지지 못하였고, 강원 연안에서는 생식주기(張 等, 1997)와 성장(박, 1998), 중간육성(박 등, 2000) 등에 관한 연구가 있을 뿐이다. 국외에서는 Yamamoto (1964), Maru (1985a, 1985b), Belogrudov (1974), Imai (1977), Silina (1978), Ventilla (1982), Tomita et al. (1982), Ito et al. (1988), Kingzett and Bourne (1990) 등의 수하양성과 성장에 관련된 여러 연구들이 있다. 그러나 이들 연구 역시 내만의 낮은 수심에서 2년 이내의 짧은 기간동안 상품크기 이전까지 이루어진 연구가 대부분으로, 본 연구와 같이 외해수역에서 장기간에 걸쳐 행하여진 연구는 국·내외적으로 아직 없다.

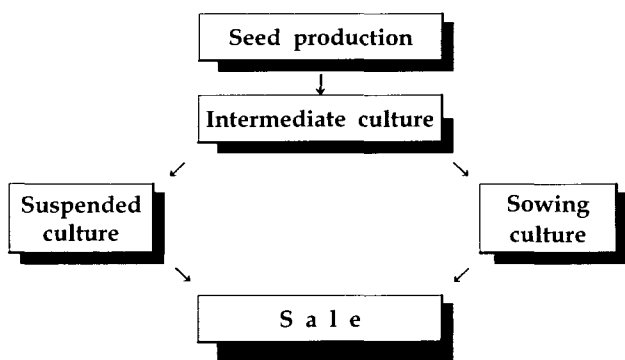


Fig. 1. Process of scallop culture.

참가리비는 한해성(Yamamoto, 1964)패류로 수온과 먹이, 수용밀도 등이 생존에 크게 영향을 미친다. 많은 연구들에 의하면 참가리비의 성장은 수온에 좌우되거나(Rhodes and Widman, 1980) 수온과 먹이생물, 유속 등 여러 환경요인들에 의해서 결정되고(Broom and Mason, 1978; Winson, 1987), 연령이나 양성 수층, 개체간의 경쟁에 의해서도 달라진다고 보고되고 있다. 특히 수용밀도는 가리비의 성장에 가장 크게 영향을 미친다(Widman and Rhodes, 1991). 이러한 결과는 다른 종의 가리비에서도 보고되고 있는데, 이들 연구로는 큰가리비(giant scallop, *Placopecten magellanicus*)의 밀도별 성장과 생존시험(Parsons and Dadswell, 1992; Penney, 1995; Penney and Mills, 2000), 아일랜드 가리비(iceland scallop, *Chlamys islandica*)의 양성시험(Wallace, 1982; Wallace and Reisnes, 1985) 등 많은 연구가 있다. 특히 가리비 양식은 채묘로부터 상품출하까지의 양식기간을 최대한 단축시키는 것이 경제성을 확보하는데 매우 중요한데, 이러한 연구로는 Cropp and Hortle (1992)의 연구가 있다.

지금까지 참가리비의 본양성은 국외의 경우 주로 파도의 영향을 적게 받는 내만 수역에서 이루어졌으며, 우리나라의 동해안과 같이 수심이 깊고 파도가 강한 외해 수역에서는 내파성 양성시설이 개발되지 않아 양식에 어려움이 컸다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 동해안 외해 수역의 특성에 적합한 내파성 수하양성 시설을 개발하여 시험을 수행하였다.

최근 동해안의 참가리비 양식어장 환경은 해에 따라 변동이 매우 심할 뿐만 아니라, 1997년 이후에는 양식어장의 환경변화와 함께 국지적인 육상오염원 등의 영향으로 자연채묘 부진, 성장 저하 및 대량폐사가 빈번히 발생하고 있어 가리비 양식의 생산성 향상과 산업적 안정화를 위해서는 장기간의 양식환경 변동이 성장과 생존에 어떤 영향을 미치는지를 파악하고 그 대책을 수립해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 동해안 참가리비 양식산업의 안정화와 지속적인 생산성 향상의 최적화를 위한 본양성의 적정 서식환경조건, 이식시기 및 양성기간, 적정수용밀도와 성장, 양성수층, 상품 크기 및 출하시기 등에 관한 연구를 장기간에 걸쳐 조사하였다.

재료 및 방법

1. 환경특성

환경요인이 참가리비의 서식과 성장에 미치는 영향을

알기 위하여 1991년 1월부터 1998년 12월까지 강원도 강릉시 주문진 연안 3 km 부근, 수심 40 m 내외 시험해역 (Fig. 2)에서 수온, 염분, 용존산소 및 chlorophyll *a* 등을 조사하였다.

수온은 Van Dorn 채수기와 Nansen 채수기에 부착된 봉상 온도계 및 전도온도계(0.01℃)로 수층별(0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 m)로 측정하였고, 염분은 Nansen 채수기로 수층별로 채수한 후 Inductively coupled salinometer (Watanabe 601 MK)로 측정하였다.

Chlorophyll *a*는 시료를 Van Dorn 및 Nansen 채수기로 1,000 mL씩 수층별로 채수하여 여과한 후 90%의 acetone과 1% MgCO₃ 용액에 24시간 동안 4℃ 정도로 냉장 보관한 후에 원심분리기로 부유물을 제거한 다음 분광광도계(Milton Roy, Model Spectronic 20D)로 750 nm의 흡광도를 보정하여 각 파장(664, 647, 630 nm)에서의 흡광도를 측정하였다(Parsons et al., 1984).

2. 양성시험

본양성 시험을 위한 밧줄 수하양식 시설은 수심이 깊고 파도가 센 동해안 외해수역에서 시설물 유지를 위해 Fig. 3과 같이 연승 시설을 설치한 후, 각 연승에 Fig. 4와 같이

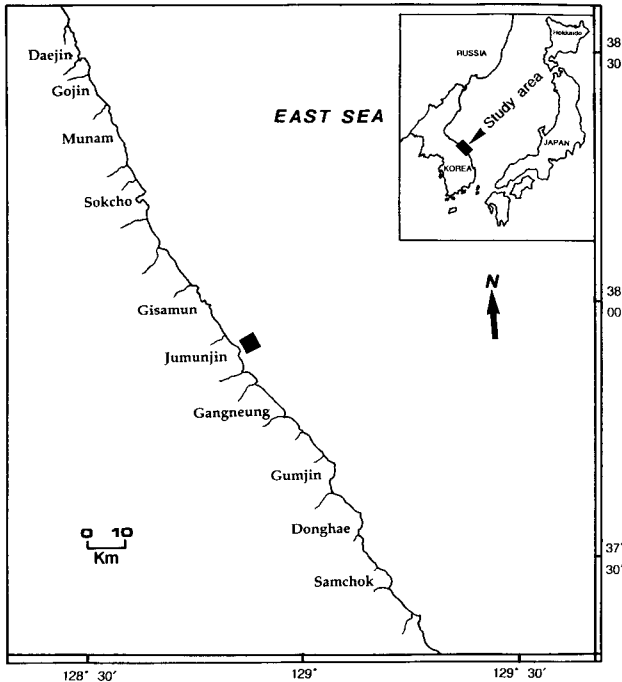


Fig. 2. The suspended culture ground of scallop, *Patinopecten yessoensis*.

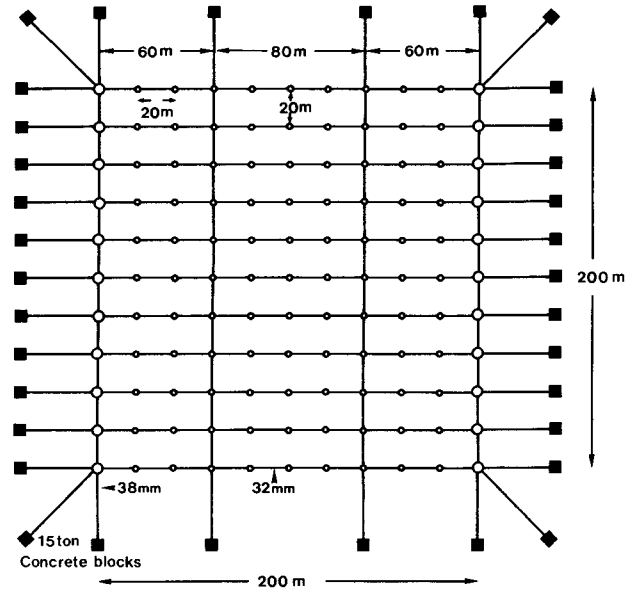


Fig. 3. Top view of the long line system designed for the scallop culture in this study.

채룡을 결착하였다. 시설물의 길이는 200 m, 밧줄 간격은 20 m, 채룡 간격은 1.5~2.0 m로 하였고, 채룡의 맨 끝줄에는 3 kg의 콘크리트 추를 매달았다. 채룡양성(lantern cages $\phi 50 \times 20$ cm, mesh 20 mm, 10단)에 의한 1차 시험은 중간육성기에서 양성된 각고 $6.48 \pm 0.51 \sim 6.74 \pm 0.48$ cm 크기의 가리비를 수층별(5, 10, 15, 20, 25 m), 수용밀도별(5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20개체)로 채룡에 옮겨 수용한 후 1992년 7월부터 1994년 6월까지 매월 성장과 생존율 등을 조사하였다. 2차 시험은 각고 6.33 ± 0.36 cm 크기의 가리비를 15 m 수층, 수용밀도 12개체만을 대상으로 1996년 7월부터 1998년 6월까지 실시하였다. 성장도 조사를 위하여 각장(shell length, SL), 각고(shell height, SH) 및 각폭(shell width, SW)은 vernier caliper로 0.01 cm까지, 전중량(total weight, TW)과 연체부 중량(meat weight, MW), 각중량(shell weight, SWe), 폐각근 중량(adductor muscle weight, AMW) 및 생식소 중량(gonad weight, GW)은 해수에 의한 중량 오차를 줄이기 위해 몸체의 해수를 티슈로 가볍게 제거한 후 전자 저울로 0.01 g까지 측정하였다. 특히 고수온기인 7~9월중 양성 시험은 참가리비의 폐사 방지를 위해 조사선의 갑판에 직사광선을 피할 수 있는 천막을 치고 수심 20 m 아래층에서 수온 17℃ 이하의 해수를 갑판으로 양수하여 여기에 가리비를 수용한 후 측정하였다.

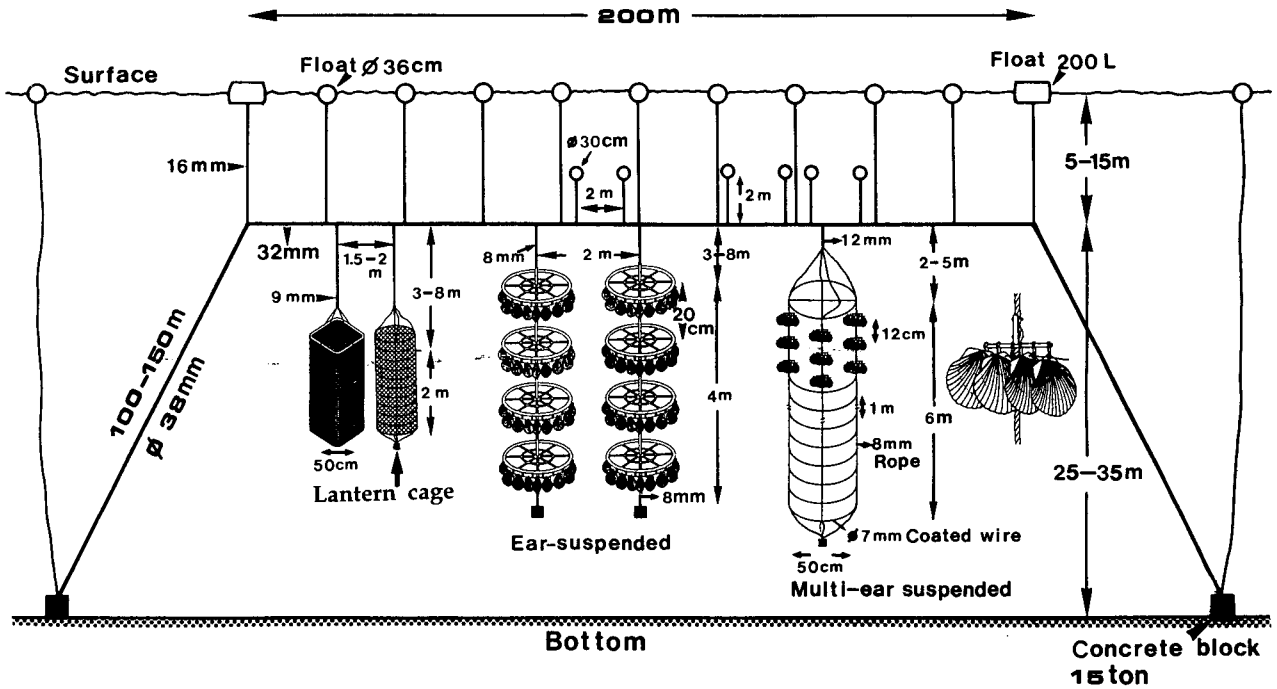


Fig. 4. Long line culture system designed for suspended culture of the scallops.

결 과

1. 환경특성

1) 수 온

시험해역인 강원도 강릉시 주문진 연안에서 1991년부터 1998년까지 조사한 월별 수층별 수온은 Fig. 5와 같다.

수층별 수온은 표층 4.9~25.7°C, 5 m층 4.9~25.3°C, 10 m층 4.9~23.8°C, 15 m층 4.8~21.4°C, 20 m층 4.8~20.8°C 및 30 m층 4.7~20.2°C로 10 m 이하의 상층에서 높게 나타났다.

주 시험양식 수층인 15~30 m층에서 연중 20°C 이하의 낮은 수온을 보인 해는 1993년(6.8~19.1°C), 1995년(7.9~17.9°C)과 1996년(6.1~19.1°C)이었고, 20°C 이상의 고수온이 나타난 해는 1991년(4.7~20.8°C), 1994년(5.1~21.4°C), 1997년(6.5~20.2°C) 및 1998년(8.4~21.3°C)이었다. 특히 1994년 8월과 9월은 지속적으로 21°C 이상의 고수온을 보였고, 1997년은 8월에 20°C 이상, 1998년은 8월과 9월에 20°C 이상으로 해가 갈수록 상승하였다.

표·저층 간의 수온 차가 큰 시기는 매년 4월부터 8월 사이였으며, 특히 1994년 8월은 표층과 30 m 층의 수온 차가 12.4°C로 매우 컸다. 한편, 1997년과 1998년의 15 m 시험 수층은 4월에 12.0°C로 다른 해보다 2.6~5.3°C 높았

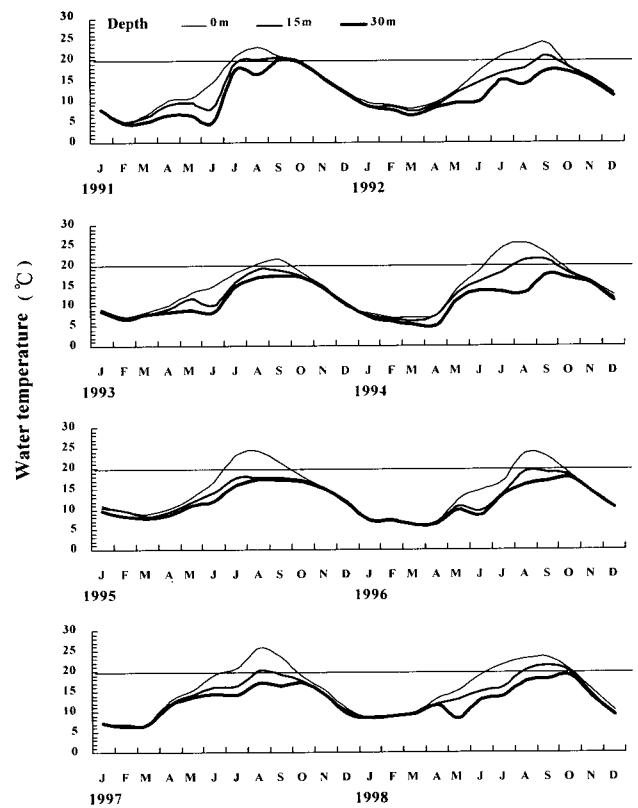


Fig. 5. Monthly changes in vertical distribution of water temperature at the scallop culture ground in Jumumjin from 1991 to 1998.

고, 5월은 13.1~14.2°C로 1.0~5.4°C, 6월은 15.1~16.2°C로 0.5~7.6°C 각각 높아 시기적으로 변동폭이 크면서 높은 수온을 보였다. 특히 1997년 3월 수온은 7.1°C에서 4월에 12.0°C로 짧은 기간동안 5°C 내외의 급격한 수온상승이 나타났다.

2) 염분 및 용존산소

수층별 염분농도는 표층 31.54~34.48‰, 10 m층 32.34~34.38‰, 15 m층 32.38~34.41‰, 20 m층 32.36~34.40‰, 30 m층 32.68~34.43‰로 2월에서 4월까지 높았고 8월과 9월에 낮았다. 수층별 분포는 표층은 1993년 4월을 제외하고는 7~9월에 모두 저염분을 나타냈고, 특히 1991년 8월은 표층에서 수심 5 m층까지 31.5~31.6‰의 저염분을 나타내었다. 그러나 시험 수층인 15 m 층은 전 조사기간 중 32‰ 이상의 고염분으로 안정된 분포를 보였다(Fig. 6).

용존산소(Fig. 6)는 수심 15 m층에서 4.14~8.11 ml/L로 2월과 3월에 높고, 8월과 9월에 낮았으며, 특히 1993년 8월은 4.14 ml/L로 매우 낮았다. 수층별 분포는 표층에서 10 m 층까지 높게 나타났다.

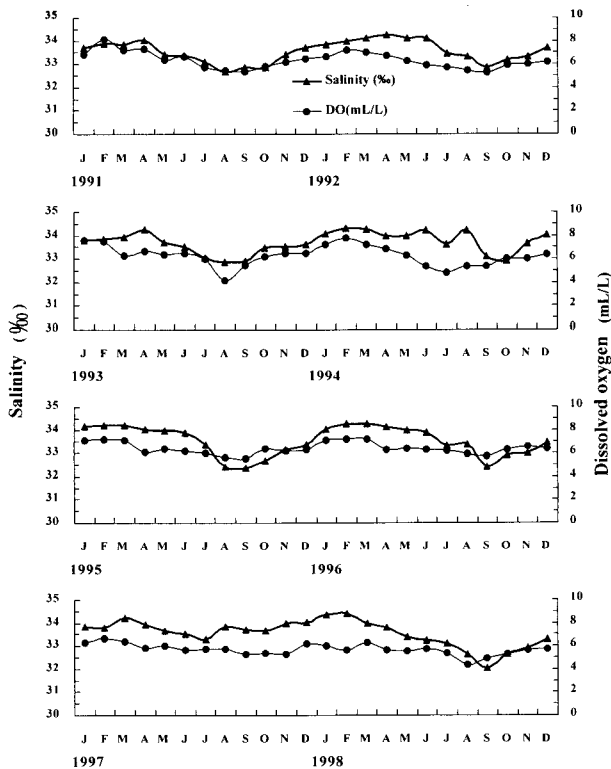


Fig. 6. Annual changes in salinity(‰) and dissolved oxygen(ml/L) at 15 m depth in the scallop culture ground in Jumunjin.

3) Chlorophyll a의 농도

주문진 연안 15 m 수층에서 조사한 chlorophyll a의 분포는 Fig. 10과 같다. 시험기간 중 chlorophyll a의 농도는 0.06~2.73 μg/L로 3~4월에 0.82~2.73 μg/L로 가장 높았고, 7~9월에 0.06~1.14 μg/L로 가장 낮았다. 연별 분포는 1993년과 1996년은 각각 0.26~2.73 μg/L 및 0.49~1.47 μg/L로 높게 나타난 반면, 1997년과 1998년은 각각 0.06~0.97 μg/L 및 0.36~1.34 μg/L로 낮은 값을 보였다. 15 m 수층에서 chlorophyll a의 농도는 참가리비의 성장이 빠른 해는 2월부터 증가하기 시작하여 3~4월에 가장 높았고, 6월까지 높게 나타났으며, 7~9월에 최저치를 보이다가 10월 이후 다시 증가하는 경향이였다. 그러나, 고수온 시기에는 6월부터 10월까지 지속적으로 낮았다.

2. 양성시험

1) 수층별 성장

중간육성 이후 본양성 기간동안 참가리비의 수층별 성장은 Fig. 7과 같다. 각 수층별(5~25 m)로 설치된 채롱(lantern cages)에서의 월간 성장량은 고수온기로 접어드는 6월에서 9월은 25 m층(0.18~0.49 cm), 20 m층(0.14~0.45 cm), 15 m층(0.16~0.41 cm)의 순으로 표층에 비해 수온이 낮은 저층에서 성장이 빨랐고, 10월과 11월은 20 m층에서 0.45~0.78 cm, 12월은 15 m층에서 0.65 cm로 높은 성장을 보이나 그 외의 수층에서도 비교적 고른 성장을 보였다. 겨울시기인 1월은 5 m층에서 0.53 cm, 2월은 10 m층에서 0.28 cm로 저층에 비해 표층역에서 성장이 빨랐

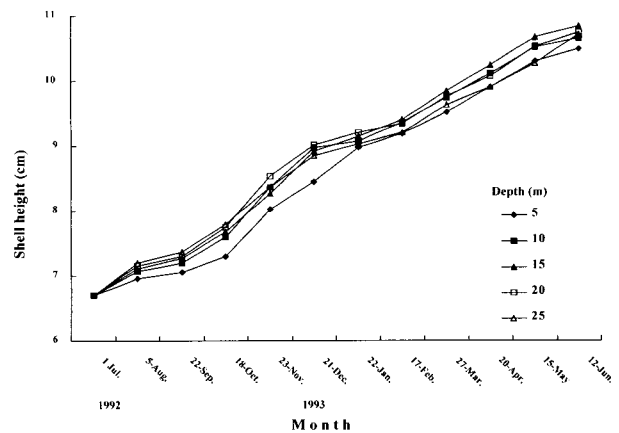


Fig. 7. Growth of shell height of scallop, *Patinopecten yessoensis* in lantern cages kept at different water depths during 1992-1993.

다. 수온 상승이 시작된 3월에서 5월까지의 15 m층의 중층수역에서 언제나 성장이 빨랐고, 다음으로 20 m, 10 m 순이었다. 따라서 본양성 기간동안 수층별 성장은 15~20 m의 중층에서 성장이 빠르고, 표층부근인 5 m층은 1월과 2월을 제외하고는 다른 층에 비해 언제나 성장이 늦었다.

2) 수용밀도별 성장

본양성 시험기간 중 수심 15 m층에서의 수용밀도별 성장과 생존율은 Table 1과 같다. 1992년 7월 1일 시험시작 이후 1993년 7월 15일 시험 종료 때까지 수용밀도별 각고의 최종 성장량은 수용밀도 5개체구에서는 평균각고 6.48 ± 0.51 cm에서 11.44 ± 0.74 cm로 일간 성장량이 0.130 mm/day였고, 수용밀도 10개체구는 6.74 ± 0.48 cm에서 11.06 ± 0.71 cm로 일간 성장량은 0.114 mm/day였다. 수용밀도 12개체구는 6.71 ± 0.47 cm에서 10.99 ± 0.69 cm로 일간 성장량 0.113 mm/day, 수용밀도 16개체구는 6.51 ± 0.42 cm에서 10.35 ± 0.58 cm로 일간 성장량 0.101 mm/day, 수용밀도 20개체구는 6.58 ± 0.43 cm에서 시험 종료시에 10.38 ± 0.59 cm로 일간 성장량은 0.100 mm/day였다. 따라서 수용밀도 12개체구까지는 본양성 9개월 짜인 이듬해 4월까지 평균 각고 10 cm 내외에 도달하였으나 16개체구 이상에서는 6월에 10 cm 이상을 보여 성장이 2개월 정도 늦었다.

한편, 시험 종료시까지의 생존율은 수용밀도 5~10개체구에서는 100%였고, 12개체구에서 91.2%, 14개체구에서 92.9%, 16개체구에서 93.7%, 18개체구에서 88.9%, 20개체구에서 90.0%였다. 따라서 수용밀도가 증가할수록 생존율이 낮아졌으나, 수용밀도 18개체를 제외하고는 양성시험 기간 중 90% 이상의 높은 생존율을 보였다.

3) 월별 성장

수심 15 m 수층에서 채롱 1단당 12개체의 밀도로 10단씩 수용하여 2차에 걸친 성장시험 결과는 Fig. 8과 같다.

1차 시험기간인 1992년 7월부터 1994년 6월까지의 월별 각고 성장은 1992년 7월 1일 이식시 평균각고 6.71 cm에서 8월에 7.12 cm, 9월 7.28 cm, 10월 7.68 cm로 8월에서 9월의 여름시기 성장은 0.16 cm로 연중 가장 낮았다. 이러한 저성장 현상은 10월 이후부터 회복되기 시작하여, 11월에 8.27 cm, 12월 8.92 cm로 11월에서 12월 사이의 성장이 0.65 cm로 매우 빨랐다. 그러나 1993년 1월에는 평균각고 9.15 cm, 2월 9.40 cm로 1월부터 2월까지의 성장량은

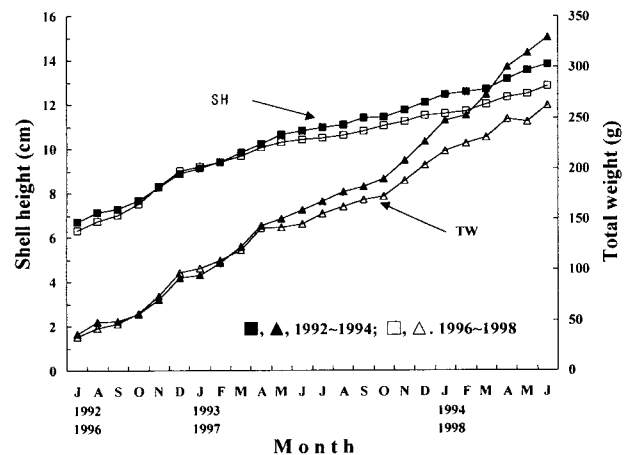


Fig. 8. Growth of shell height (SH) and total weight (TW) of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in lantern cages. Two experiments were conducted, first from 1992 through 1994, and second from 1996 through 1998 in ten layer lantern cages with 12 individuals per cage at 15 m depth.

Table 1. Growth and survival of the scallop, *Patinopecten yessoensis* at different stocking densities at 15m (July 1, 1992~ July 15, 1993) using lantern cages

Density per net	July 1, 1992	Nov. 23, 1992		Mar. 27, 1993		July 15, 1993		Growth rate (mm/day)
	Initial mean shell height (cm)	Mean SH	Survival (%)	Mean SH	Survival (%)	Mean SH	Survival (%)	
5	6.48 ± 0.51	8.59 ± 0.71	100	10.33 ± 0.61	100	11.44 ± 0.74	100	0.130
7	6.56 ± 0.40	8.25 ± 0.51	100	9.91 ± 0.56	100	11.13 ± 0.68	100	0.120
10	6.74 ± 0.48	8.17 ± 0.58	100	9.81 ± 0.48	100	11.06 ± 0.71	100	0.114
12	6.71 ± 0.47	8.27 ± 0.76	100	9.84 ± 0.54	100	10.99 ± 0.69	91.2	0.113
14	6.60 ± 0.49	8.09 ± 0.48	100	9.61 ± 0.50	100	10.61 ± 0.56	92.9	0.106
16	6.51 ± 0.42	8.01 ± 0.42	100	9.47 ± 0.43	93.7	10.35 ± 0.58	93.7	0.101
18	6.64 ± 0.40	8.06 ± 0.54	94.4	9.26 ± 0.49	94.4	10.35 ± 0.51	88.9	0.098
20	6.58 ± 0.43	7.97 ± 0.56	100	9.33 ± 0.41	90.0	10.38 ± 0.59	90.0	0.100

0.25 cm에 불과해 겨울 성장이 8월과 9월의 여름성장 다 음으로 느렸다. 이후 3월에는 9.84 cm, 4월에 10.23 cm, 5 월에 10.66 cm로 3월부터 5월까지의 봄 성장이 매우 빨랐 다. 각고 성장량은 6월 이후 10 cm 이상크기부터 크게 낮 아지기 시작하였는데, 채묘 후 24개월째인 1993년 6월에 10.83 cm, 7월에 10.99 cm, 8월에 11.09 cm로 양성기간이 길어질수록 성장은 크게 둔화되었다. 각고 성장은 채묘후 36개월, 본양성 24개월째로 1차 시험기간이 종료된 1994 년 6월 28일까지는 평균각고 13.85 cm로 시험시작시의 크 기인 6.71 cm보다 7.14 cm가 더 성장하였다.

각고에 대한 월별 전중량의 변화는 1992년 7월 1일 시 험 시작시의 평균 전중량 35.92 g에서 8월에 48.06 g, 고수 온이 지속된 9월에는 48.57 g으로 조사기간 중 중량증가 량이 가장 적었다. 전중량은 10월에 55.68 g, 11월에 70.70 g으로 빠르게 증가하였고 특히, 12월에는 91.89 g으로 11 월에 비해 21.2 g이 증가하였다. 그러나 수온이 하강된 1993년 1월에는 95.93 g으로 1992년 12월에 비해 증가량 이 4.0 g에 불과하였다. 1993년 2월에는 106.47 g으로 다시 증가속도가 빨라졌고, 생식소가 증가하기 시작한 3월에는 122.31 g으로 2월에 비해 15.8 g이 증가하였다. 생식소 가 더욱 성숙된 4월 20일에는 143.24 g으로 3월에 비해 증 가량이 20.9 g으로 크게 높았다. 그러나 산란이 진행된 5 월 15일에는 150.12 g, 8월 17일에는 176.57 g으로 월간 증 가량이 10 g 이하로 낮아졌고, 9월에는 182.02 g으로 8월 에 비해 증가량이 5.4 g에 불과하였다. 전중량은 10월 이 후부터 다시 빠르게 증가하여 11월 23일에는 207.83 g, 12 월 27일에는 226.74 g을 나타냈다.

특히 연령과 각고가 증가함에 따라 전중량은 더욱 빠르 게 증가하여 1994년 1월 28일에는 240.20 g, 2월 20일에 251.60 g, 3월 20일에 272.75 g으로 증가되었고, 4월 20일 에는 300.56 g으로 27.8 g이 증가되어 산란직전의 생식소 발달에 의한 중량증가가 매우 높았다. 그러나 산란이 거 의 완료된 5월 24일에는 313.82 g으로 전중량의 증가 속도 가 낮아졌다. 전중량은 채묘후 36개월, 본양성 24개월째 로 1차 시험기간이 종료된 1994년 6월 28일까지 평균 329.75 g으로 시험시작시의 중량인 35.92 g보다 293.83 g이 더 증가되었다.

한편, 2차 시험기간인 1996년 7월부터 1998년 6월까지 의 월별 각고 성장은 1996년 7월 3일 이식시 평균각고 6.33 cm에서 8월에 6.76 cm, 9월 7.01 cm, 10월 7.51 cm로 8월에서 9월의 성장이 0.25 cm로 연중 가장 낮은 값이나

1차 시험 때보다는 약간 빨랐다. 이후 11월은 8.30 cm, 12 월 9.02 cm로 월간 성장도가 각각 0.79, 0.72 cm로 1996년 12월까지의 전 시험기간 중 가장 빠른 성장을 보였다. 그 러나 1997년 1월에는 평균각고 9.20 cm, 2월 9.42 cm로 성 장이 느렸으며, 3월에서 5월까지의 성장량도 같은 기간의 1차 시험 때보다 크게 낮았다. 특히 1997년 7월의 평균각 고는 10.50 cm로 월간 성장량은 0.05 cm에 불과하였고, 11 월과 12월의 성장량도 1993년에 각각 0.34 cm 인데 반해 1997년은 각각 0.21, 0.27 cm로 크게 낮은 성장을 보였다. 이와 같은 저성장 현상은 1998년 1월에서 2월까지 지속되 었으며, 3월 이후의 성장량도 같은 시기의 1차 시험 때보 다 크게 느렸다. 각고 성장은 채묘후 36개월, 본양성 24개 월째로 2차 시험기간이 종료된 1998년 6월까지 평균각고 12.86 cm로 시험시작시의 크기인 6.33 cm보다 6.53 cm가 더 성장하였지만 1차 시험에 비해서는 0.61 cm가 덜 성장 하였다.

각고에 대한 월별 전중량의 변화는 1996년 7월 3일 양 성 시작시 평균 전중량 33.39 g에서 8월에 42.16 g, 9월 46.34 g으로 나타났다. 특히 9월의 중량증가량은 4.18 g으 로 1차 시험 때인 0.51 g에 비해 크게 증가하였고, 10월에서 12월까지의 중량 증가량도 각각 9.88, 17.80 및 23.02 g 으로 1차 시험 때보다 월등히 높았다. 그러나 1997년 2월 에서 4월까지의 각각 7.7 g, 9.9 g 및 21.4 g으로 생식소가 발달한 4월을 제외한 2월과 3월은 1차 시험 때보다 중량 증가량이 크게 낮았다. 이후 1997년 5월부터 시험 종료기 인 1998년 6월까지의 전중량 증가량은 1997년 7월과 9월, 1998년 1월과 6월을 제외하고는 1차 시험 때보다 크게 낮 았으며, 특히 1998년 5월에는 중량증가량이 -2.25 g으로 부의 성장을 보였다. 전중량은 채묘후 36개월, 본양성 24 개월째로 2차 시험기간이 종료된 1998년 6월 15일까지 평균 262.66 g으로 시험시작시의 중량인 33.39 g보다 229.27 g이 더 증가되었지만 1차 시험에 비해서는 증가량이 64.56 g이나 낮았다.

4) 수온과 일간 성장

15 m 수층에서 채룡 1단당 12개체 밀도로 시험된 수온 과 일간 성장과의 관계는 Fig. 9와 같다. 1차 시험기간인 1992년 7월부터 1994년 6월까지 월별 각고의 일간 성장량 은 0.018~0.232 mm/day로 성장이 가장 빠른 수온은 1992 년은 12월에 0.232 mm/day(11.6°C), 11월 0.164 mm/day(15.5 °C)였고, 1993년은 5월에 0.172 mm/day(11.7°C), 4월 0.163

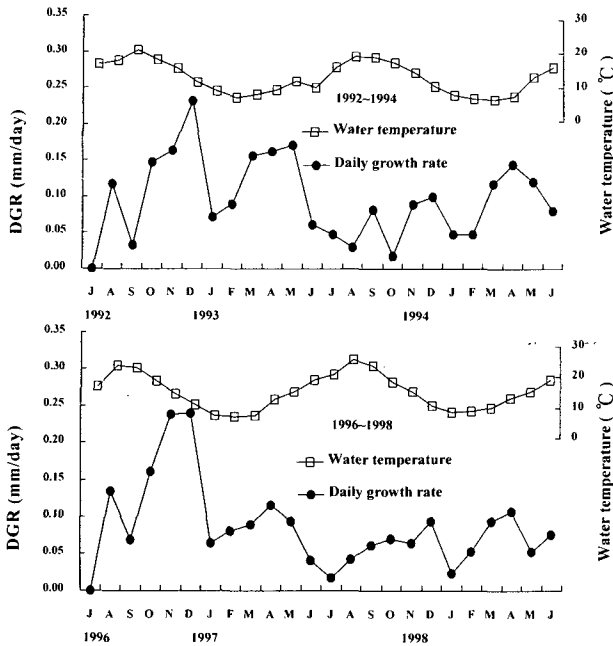


Fig. 9. Relationships between water temperature and daily growth of shell height of scallop, *Patinopecten yessoensis*.

mm/day(9.3°C), 3월 0.157 mm/day(7.9°C)였다. 1994년은 4월에 0.145 mm/day(7.5°C), 5월에 0.121 mm/day(13.1°C)로 나타났다. 반면, 성장이 가장 늦은 수온은 1992년은 9월에 0.033 mm/day(21°C), 8월 0.117 mm/day(17.9°C), 1993년은 10월에 0.018 mm/day(17.4°C), 8월에 0.030 mm/day(19.1°C)였고, 1994년은 2월에 0.048 mm/day(6.8°C)였다.

2차 시험기간인 1996년 7월부터-1998년 6월까지 월별 각고의 일간 성장량은 0.017~0.240 mm/day였다. 성장이 가장 빠른 수온은 1996년 12월의 0.240 mm/day(10.6°C), 11월 0.239 mm/day(14.2°C)로 전 시험기간 중 최대치인 반면, 성장이 가장 늦은 수온은 1997년 7월로 0.017 mm/day(16.4°C), 8월 0.042 mm/day(20.2°C)였고, 1998년 1월에도 0.024 mm/day(8.4°C)로 느렸다.

따라서 각고의 성장은 봄, 가을 연간 2회의 주 성장기가 있었으며, 봄 성장기는 3~5월로 이때의 수온은 8~13°C였고, 가을 성장기는 10~12월로 이때의 수온은 11~17°C였다. 반면, 저성장 시기도 연간 2회로 나타났는데, 성장이 늦은 겨울시기는 1~2월로 수온 7°C 이하였고, 여름시기는 7~9월로 수온 18°C 이상일 때 성장이 느렸다.

5) Chlorophyll a와 일간 성장

1차 시험기간인 1992년 7월부터 1994년 6월까지의 chlo-

rophyll a의 농도와 각고의 일간 성장은 Fig. 10과 같다. 1992년 7~9월의 chlorophyll a 값은 0.12~0.19 µg/L로 낮았고, 이때의 각고 성장량도 0.033~0.117 mm/day로 매우 느렸다. 그러나 10~12월의 chlorophyll a 값은 0.52~0.77 µg/L로 증가하였고, 각고 성장량도 0.148~0.232 mm/day로 매우 빠르게 나타났다. 1993년의 chlorophyll a 값은 0.26~2.73 µg/L로 시험기간 중 가장 높았으며, 특히 3~5월은 1.44~2.73 µg/L로, 이때의 각고 성장량도 0.157~0.172 mm/day로 빨랐다. 그러나 chlorophyll a 값이 0.26~0.57 µg/L로 낮아진 7~9월의 성장은 0.030~0.082 mm/day로 느렸다. 1994년 1~6월의 chlorophyll a 값은 0.46~1.46 µg/L로서 1월이 가장 낮았고, 이때의 성장량은 0.047 mm/day였으며, 3~5월은 0.58~1.46 µg/L(0.118~0.145 mm/day)로 비교적 성장이 빨랐다.

2차 시험기간인 1996년 7월부터 1998년 6월까지의 chlorophyll a의 농도와 각고의 일간 성장을 검토한 결과 1996년 9월의 chlorophyll a 값은 0.49 µg/L로 낮았고, 일간 각고 성장량도 0.069 mm/day로 낮았다. 이후 chlorophyll a

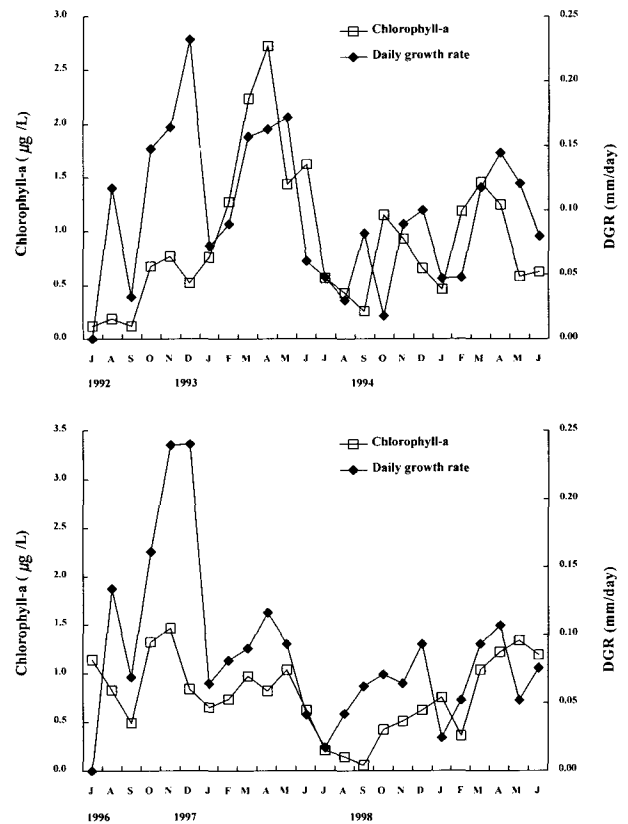


Fig. 10. Relationships between chlorophyll a and daily growth of shell height of scallop, *Patinopecten yessoensis*.

값이 1.32~1.47 $\mu\text{g/L}$ 로 증가한 10월과 11월의 성장량은 0.161~0.239 mm/day로 매우 빠르게 증가하였으며, 12월은 0.84 $\mu\text{g/L}$ 로 낮아졌음에도 불구하고 성장량은 0.240 mm/day로 매우 빨랐고, 특히 1996년은 전 시험기간 중 최대 성장을 나타내었다. 1997년의 chlorophyll *a* 값은 0.06~1.04 $\mu\text{g/L}$ 로 전 시험기간 중 가장 낮았고, 연중 각고 성장량도 0.017~0.116 mm/day로 매우 느렸다. chlorophyll *a* 값은 1998년 1~6월에도 0.36~1.34 $\mu\text{g/L}$ 로 낮았고, 각고 성장량도 0.024~0.107 mm/day로 느렸는데, 1997년과 함께 1998년에도 chlorophyll *a*와 각고 성장량이 가장 낮았다.

한편, chlorophyll *a*와 일간 전중량의 관계는 Fig. 11과 같다. 1차 시험기간인 1992년 7월부터 12월까지의 일간 전중량 증가는 0.011~0.897 g/day로 chlorophyll *a* 값이 0.52~0.77 $\mu\text{g/L}$ 를 보인 11~12월은 0.417~0.757 g/day로 높게 나타났고, 0.12 $\mu\text{g/L}$ 로 낮은 값을 보인 9월은 0.011 g/day로 증가량이 낮았다. 1993년의 일간 전중량 증가는 0.126~0.872 g/day로 연중 높은 증가량을 보였다. 특히 전 시험기간 중 chlorophyll *a* 값이 2.24~2.73 $\mu\text{g/L}$ 로 가

장 높게 나타난 3~4월은 0.566~0.872 g/day로 증가량이 매우 높았고, 0.26 $\mu\text{g/L}$ 를 보인 9월은 0.143 g/day로 낮았으나 다른 해보다는 높았다. 1994년 1월~6월의 일간 전중량 증가는 0.390~0.897 g/day로 특히 3월과 4월은 chlorophyll *a* 값이 1.25~1.46 $\mu\text{g/L}$ 로 크게 높지 않는데도 불구하고 전중량 증가는 0.755~0.897 g/day로 전 시험기간 중 가장 높았다.

2차 시험기간인 1996년 7월부터 12월까지의 일간 전중량 증가는 0.116~0.767 g/day로 높은 값을 나타내었는데, 이때의 chlorophyll *a* 값은 0.49~1.47 $\mu\text{g/L}$ 였다. 1997년의 일간 전중량 증가는 0.046~0.690 g/day로 증가량이 전 시험기간 중 가장 낮았고, chlorophyll *a* 값도 0.06~0.97 $\mu\text{g/L}$ 로 연중 가장 낮았다. 특히 조기 산란이 이루어진 5월의 증가량이 0.046 g/day로 가장 낮은 반면, 생식소가 발달한 4월은 0.690 g/day로 높게 나타났다. 1998년의 일간 전중량 증가는 -0.068~0.517 g/day로 크게 낮았으며, 특히 5월은 대량 산란에 의한 생식소의 중량감소로 인해 -0.068 g/day로 부의 성장을 보였다.

6) 상대성장

채용식 수하양성에서 각고(SH)에 대한 각 부위별 상대성장은 Fig. 12와 같다. 각고(SH)에 대한 각장(SL)의 성장은 $SL=1.0429SH-0.096$ ($R^2=0.9981$)로 각고와 각장이 거의 같은 비율로 성장하였으며, 각고에 대한 전중량(TW)은 $TW=5.6643e^{0.3041SH}$ ($R^2=0.987$)로 각고 10 cm 전후부터 전중량이 매우 빠르게 증가하였다. 각고에 대한 각중량(SW)은 $SW=3.8732e^{0.2874SH}$ ($R^2=0.9891$), 각고에 대한 육중량(MW)은 $MW=1.8641e^{0.3283SH}$ ($R^2=0.9709$)로 전중량과 같이 각고 10 cm 전후부터 증가량이 빠르게 나타났다. 또한 각고에 대한 폐각근 중량(AMW) $AMW=1.0101e^{0.3002SH}$ ($R^2=0.9786$)과 각고에 대한 소화맹낭중량(DW) $DW=0.224e^{0.2887SH}$ ($R^2=0.8886$)도 모두 각고 10 cm 전후부터 증가량이 매우 빠르게 나타났는데, 특히 육중량과 폐각근, 소화맹낭 중량은 각고가 성장함에 따라 증가하면서도 산란기와 수온, 먹이생물의 양에 영향을 미치는 계절변화에 따라 차이가 컸다.

고 찰

본 시험해역은 대마난류에서 분리되어 동해안을 따라 북상하는 동한난류(East Korean Warm Current)와 시베리아 연안으로부터 남하하는 리만난류(Liman Current)에

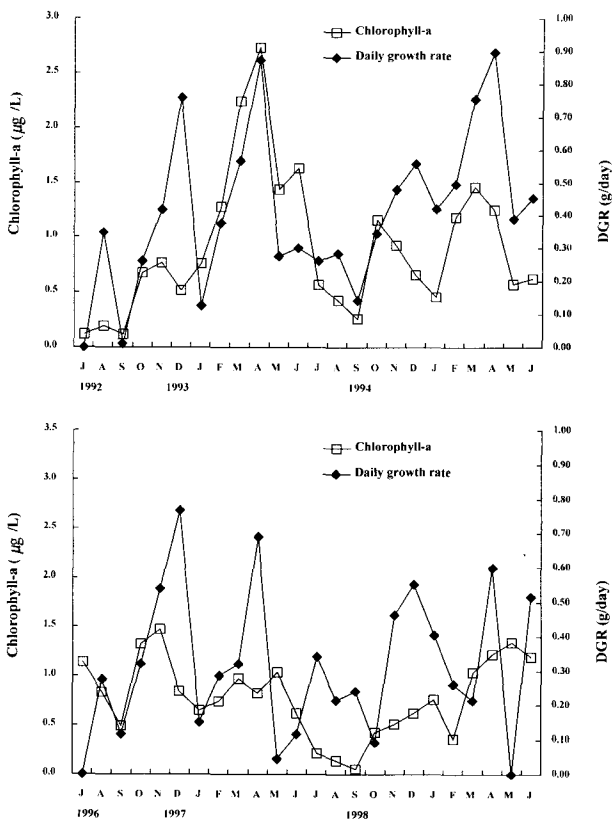


Fig. 11. Relationships between chlorophyll *a* and shell weight of scallop, *Patinopecten yessoensis*.

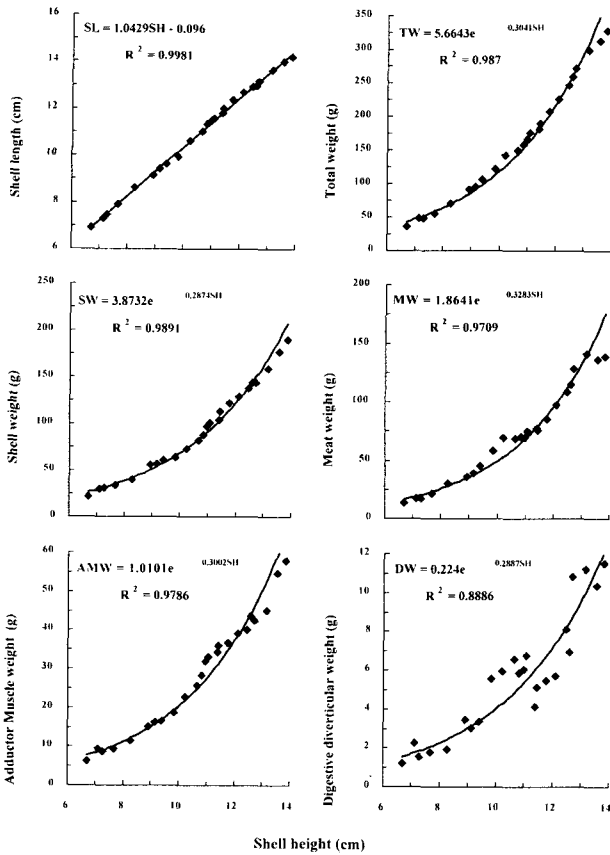


Fig. 12. Relationships between shell height and the other growth parameters of the scallop, *Patinopecten yessoensis* reared with lantern cages.

서 분리된 북한한류(North Korean Cold Current)가 교차하는 곳으로 한·난류의 영향과 동해 중층수의 영향을 함께 받는 해역이다(Uda, 1934). 따라서 북한한류와 동한난류 및 동해 중층수의 상호작용은 한해성인 참가리비의 서식에 큰 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

시험해역에서 1991년부터 1998년까지 본양성 주 수심 층인 15~30 m 층의 수온은 15 m 층 4.8~21.4°C, 30 m 층 4.7~20.2°C였으나, 표층은 4.9~25.7°C였다. Yamamoto (1964)는 수온은 참가리비의 생육과 성장에 영향을 크게 미치는 요인으로 23°C 이상의 수온은 가리비의 섭모운동에 지장을 주고 한해성 종이라도 약 5°C 이하의 저수온이 오랫동안 지속될 때에는 생존에 영향을 미친다고 하여 서식 적수온을 5~23°C라 하였다. 그러나 본 시험에서 양성수층의 수온이 20°C 이상으로 30일 이상 지속될 때 극히 일부에서 생존에 영향을 미칠 수 있는 것으로 보아 Yamamoto(1964)의 결과와는 차이가 있었는데, 장기간의 수하양식에서 수온은 여름시기라도 20°C 이하가 유지되

는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 시험기간 중 수온은 매년 상승하면서 변동이 컸는데, 15~30 m 수층에서 수온이 낮은 해는 1993년(6.8~19.1°C) 및 1996년(6.1~19.1°C) 이었고, 높은 해는 1994년(5.1~21.4°C), 1997년(6.5~20.2°C) 및 1998년(8.4~21.3°C)이었다.

또한 수온의 극심한 일교차도 서식에 영향을 미칠 수 있는데, 강원 중·북부 해역은 11월부터 봄까지는 북한한류의 영향을 주로 받고, 여름에는 동한난류와 동해 중부 해역에 존재하는 중층 냉수의 영향을 받는다. 따라서 이들의 연안역 확장 정도에 따라 상·하층의 수온차 및 일교차가 크게 나타나는 현상이 빈번하다. 이로 인해 강원 북부 해역의 수온이 중부 해역보다 높은 수온 역전현상이 가끔씩 나타나고 있으며, 급격한 온도 충격과 조류 유동의 감소는 참가리비의 생리기능 저하와 먹이생물인 식물 플랑크톤의 발생에 영향을 미치는 하나의 요인으로 추정된다.

한편, 본 연구해역은 아니지만 휴전선이남 강원도 거진~문암 연안은 1994년 7월 중순부터 9월 상순까지 수층별 최고 수온이 10 m 층 25.2°C, 15 m 층 24.4°C로 10~15 m 층에서 22°C 이상의 고수온이 50일 이상 지속될 때 참가리비의 폐사가 나타났다. 또한 1997년과 1998년에도 일부 해역에서 고수온 및 저수온의 온도충격과 조류 유동이 정체된 시기에 부분적으로 폐사가 나타났으며, 특히 하천을 통한 육상 오염원으로부터 대량의 담수방류수와 고농도의 토사성 부유물질 영향을 받는 곳에서는 수온과 관계없이 대량 폐사가 나타났다. 반면, 시험기간 중 서식 적수온을 보인 1993년과 1996년의 저수온 기간에는 일부 하천의 육상 오염원 영향을 받는 곳을 제외하고는 여름에도 성장지속과 함께 폐사가 나타나지 않았고, 1997년과 같이 일부해역에서 폐사가 발생한 해에도 표층역의 고수온을 피해 수심 25~30 m 부근의 저층에서 안정되게 양성 관리한 것에서는 폐사가 적었다.

따라서 본양성 기간 중 15°C 이상의 고수온으로 진행하는 7월에서 10월 상순까지는 성장이 다소 억제되더라도 20~30 m 내외의 안정된 수층으로 채종을 내려 관리하는 것이 폐사를 줄이는 데 효과적이라 할 수 있으며, 15°C 이하의 수온이 유지되는 시기에는 성장 촉진을 위해 15 m 내외 층(12~17 m)으로 채종을 올려 관리하는 것이 바람직할 것이다. 이때 채종의 노출 등 취급 부주의는 폐사의 원인(Ventilla, 1982; Wildish et al., 1988)이 될 수 있으므로 세심한 주의가 필요하며, 수온에 따른 양성수심 조절

은 폐사 감소와 성장 촉진은 물론 폭풍 등에 의한 시설물의 손상을 줄일 수 있는 합리적인 방안이 될 수 있다.

시기별로 참가리비의 성장이 늦은 해는 12월 이후 최저 수온으로 하강하는 이듬해 1월과 18°C 이상의 고수온이 지속되는 7~9월 사이였고, 특히 20°C 이상의 수온이 15일 이상 지속되는 여름이 겨울보다 현저히 느린 성장을 보였다. 반면, 성장이 빠른 해는 2월의 수온이 6~7°C로 매우 낮아졌다가 3~5월의 수온이 8~12°C 내외로 큰 편차 없이 안정적으로 상승하는 시기였고, 성장은 Cote et al., (1993)의 결과와 같이 온도와 먹이생물 등에 의해 계절에 따라 달라지고 있다.

많은 조개류에서 성장률의 변화는 온도와 영양 조건에 관계(Kirby-Smith and Barber, 1974; Rodhouse et al., 1981; MacDonald and Thompson, 1985; Wilson, 1987)가 있는데, Kirby-Smith and Barber (1974)는 가리비의 성장은 명확히 수온과 관련이 있고, Rhodes and Widman (1980)은 성장은 온도에 좌우될 뿐 플랑크톤 양에 의존하지 않는다고 보고하였다. 그러나 Broom and Mason (1978)은 수온과 플랑크톤이 비단가리비류(*Chlamys opercularis*)의 계절성장에 동시에 영향을 미친다고 하였으며, 西浜 (1991)은 여름철 고수온은 참가리비의 성장에 악영향을 미칠 뿐만 아니라 고밀도 수용에 의한 성장률 감소는 한정된 먹이생물의 경쟁과 상호간의 스트레스에 기인한다고 했다. 본 연구에서도 본양성 중 성장과 생존은 수온과 수용밀도, 계절 및 해에 따른 먹이생물 변동이 관여하는 것으로 보인다. 그러나 육상 오염원 등 인위적인 영향에 의한 폐사를 제외한다면 생존에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인중의 하나는 수용밀도보다는 과도하고 부적당한 기계장치(선별기 등)의 사용에서도 일부 영향을 받을 수도 있으며(Ventilla, 1982; Wildish et. al., 1988; Parsons and Dadswell, 1992), 생존은 수용밀도에 관계없이 외부 환경의 지속적인 충격에 의해서도 영향을 받는 것으로 보인다(박 등, 2000).

염분의 내성에 대하여 Maru(1985b)는 1년 생의 개체는 염분농도 22.5‰ 이하에서 폐사가 일어나고, 섬모운동은 32.4~33.7‰에서 최적이라 하였다. 본 연구에서 시험해역의 15 m 수층의 염분은 32.0~34.4‰로 생육에 적합한 염분 범위였다. 그러나 강 하구 부근에서는 30‰ 이하의 저염분에 노출될 가능성이 있으며, 염분의 큰 변동은 성장을 저해하는 원인이 됨(Andersen and Nass, 1993)은 물론, 스트레스에 의한 생리기능을 저하시켜 폐사에 이르게

할 수 있기 때문에, 여름시기의 양성 수층은 염분이 안정되어 있는 20~30 m 층 부근으로 채종을 내려 주는 것이 좋을 것으로 여겨진다.

용존산소는 여름시기인 7월부터 9월까지 최저 4 ml/L 내외의 낮은 값을 제외하고는 연중 5 ml/L 이상이 유지되고 있어 참가리비의 서식에 미치는 영향은 적을 것으로 판단된다. 그러나 20°C 이상의 고수온 지속과 저산소 현상이 장기간 지속될 경우에는 생존에 제한인자로 작용할 수 있다. 특히 1995년과 2001년 9월에 동한난류를 타고 강원 연안까지 북상한 유해성 편모조류, *Cochlodinium* 등과 같은 적조생물에 의해 양식어장이 노출될 경우 용존산소 결핍 또는 가리비의 아가미를 손상시켜 호흡에 영향을 미칠 수 있으므로 적조생물의 영향이 적게 미치는 20 m 이하 층으로 양성채종을 내려주는 것이 좋을 것으로 본다.

식물플랑크톤의 분포량과 먹이질은 성장과 중량 증가에 영향을 미친다(Wallace and Reinsnes, 1984). 시험기간 중 15 m 수층에서 연별 chlorophyll *a* 분포농도는 0.06~2.73 µg/L로 부영양화 기준치인 연평균 10 µg/L(Yoshida, 1973)에 크게 미달하는 전형적인 빈영양 해역의 특성을 보이고 있다. 이는 마산, 진해만(조 등, 1998)의 1.4~55.3 µg/L에 비해서도 크게 낮고, 일본 북해도의 Abashiri와 Saroma호 참가리비 양식장에서 4~11월까지 조사한 0.8~4.6 µg/L(藏田 등, 1989)에 비해서도 낮은 값이다. 시기적으로 chlorophyll *a* 농도는 2월부터 증가하기 시작하여 3~4월에 최고 값에 이른 후 해에 따라서는 6월까지도 높았고, 7~9월 사이에 최저 값을 보이다가 10월 이후 다시 증가하는 경향이였다. 본양성 기간 중 수심 15 m층에서 성장이 빠른 해인 1993년 3~5월은 chlorophyll *a*의 농도가 1.44~2.73 µg/L, 1996년 10~12월은 0.84~1.32 µg/L 범위였고, 반대로 성장이 늦은 해인 1997년 7~9월은 0.06~0.21 µg/L로 chlorophyll *a*의 농도가 1 µg/L 이하로 낮은 시기인 것으로 보아 먹이생물 량의 풍도가 성장에 영향을 미치는 것으로 보인다. 또한, chlorophyll *a*의 농도가 증가할 때 투명도가 낮아지고 성장이 빠르게 나타나는 것으로 보아, 동해안에서의 투명도 값은 간접적으로 먹이생물인 식물플랑크톤의 분포를 추정하는 지표로 활용될 수 있고(박 등, 2000), 풍파가 높고 빈번한 시기에 chlorophyll *a*가 증가되는 것으로 보아 적당한 바람과 파도는 먹이발생에 유리한 것으로 추정된다.

수층별 성장차이에 대해 Wallace and Reinsnes(1984, 1985)는 *Chlamys islandica*의 연구에서 표층역인 2~12 m

수층이 40 m 수층보다 빠르게 성장하는 원인을 온도와 먹이 이용성의 차이로 하였다. Rhodes and Widman(1980)은 식물플랑크톤보다는 온도 의존성에 기인한다 하였으나 Broom and Mason(1978)은 *Chlamys opercularis*의 성장은 온도와 식물플랑크톤 량에 상호 영향을 받는다고 하였다. 본 연구에서 수층별 성장은 15~20 m층에서 빠른 성장을 보였는데, 이는 수온은 물론 먹이생물의 분포수집과 관련(박 등, 2000; Ogilvie et al., 2000)이 있으며, 고수온이 지속되는 7~10월에는 20~25 m 수층, 저수온기인 11~1월까지는 10~20 m 수층, 2~6월은 15 m 수층에서 성장이 좋았다. 그러나 *C. islandica*에 대한 Wallace and Reinsnes(1984, 1985)의 보고와는 달리 5 m 부근의 상층은 성장이 느렸는데, 이는 저층에 비해 수온변동이 크고 파도의 진동에 의한 스트레스를 많이 받은 탓으로 여겨진다.

채롱식 수하양성에서 고밀도로 수용한 경우의 성장률 저하는 한정된 먹이와 공간의 상호경쟁에 원인이 있으며(Widman and Rhodes, 1991) 적정 수용밀도와 양성 수층은 성장과 생존율에 영향을 미친다(박, 1998; 박 등, 2000). 또한, 성장률과 수용밀도는 반비례 관계(Imai, 1977; Ventilla, 1982)로, giant scallop, *Placopecten magellanicus*(Dadswell and Parsons, 1991; Penny and Mills, 2000)에서도 수용밀도가 성장은 물론 상품크기와 출하시기 및 생존에도 관여하고 있으며, 이는 진주담치(Rodhouse et al., 1981)와 같은 다른 조개류에서도 나타나고 있다.

본 연구에서 단위 채롱당 밀도별 성장(Table 1)은 수용밀도 5개체구는 일간 성장량이 0.130 mm/day, 수용밀도 10개체는 0.114 mm/day, 18개체는 0.098 mm/day로 나타나 위 결과와 마찬가지로 밀도가 높을수록 성장이 낮았다. 본양성 시험기간 중 수용밀도 12개체까지는 상품으로 출하 가능한 평균각고 10 cm에 도달하는 시간이 10개월이 소요된 반면, 수용밀도 16개체에서는 12개월로 2개월이 지연되는 것으로 보아 폐사를 최소화하면서 양식의 경제성과 조기출하를 위해서는 채롱(lantern cages $\phi 50 \times 20$ cm, 10단) 1칸에 10~15개체로 적정수용밀도를 유지하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한 수용밀도별 폐사는 밀도가 높을수록 증가하나 수용밀도 10개체 이하에서는 폐사체가 없었고, 수용밀도 16개체까지는 생존율이 93.7% 이상으로, 수용밀도 18~20개체를 제외하고는 생존율이 양호한 편이었다.

채롱수하식 양성에 의한 성장은 강원해역에서는 봄·가을 연중 2회의 주 성장기가 나타났다. 봄 성장기는 3~5

월 사이로 월간 성장량이 0.17~0.45 cm였고, 고수온기인 8~9월에 0.10~0.43 cm로 연중 최저였다가 11~12월까지 0.21~0.79 cm로 성장이 지속되었다.

1~2년 생 참가리비의 일간 각고 성장량은 일본 북해도 북부의 Saroma호에서는 6월과 7월에 0.22~0.33 mm/day, 9월과 10월에 0.16~0.29 mm/day로 성장이 빠른 반면, 12월부터 이듬해 3월까지는 0.01 mm/day, 4월은 -0.03 mm/day로 겨울성장은 거의 성장이 정지되었으며(網走水産試験場, 1989), 북해도 남부인 Funka만에서는 5월과 6월에 0.07 mm/day, 8월에 0.17 mm/day, 9월에 0.03 mm/day, 10월에 0.24 mm/day, 12월 0.05 mm/day, 이듬해 1~3월에는 0.16 mm/day였다(噴火灣漁場環境協議會, 1990).

시험해역에서 일간 각고 성장량은 1~2월에 0.02~0.09 mm/day, 3~4월에 0.09~0.16 mm/day, 5~6월에 0.04~0.17 mm/day, 7~8월에 0.02~0.13 mm/day, 9월에 0.03~0.08 mm/day, 1월~11월에 0.02~0.24 mm/day, 12월에 0.09~0.24 mm/day로 Funka만과 비슷한 성장을 보였다. 그러나 Saroma호에 비해서는 여름철의 성장은 늦으나 11월에서 이듬해 5월까지는 성장이 월등히 빨랐다. 이러한 원인은 동해안의 강원해역은 여름에는 고수온으로 성장이 억제된 반면, 북위 42°의 고위도 해역인 Saroma호는 여름에 성장 적수온이 나타나고, 겨울에는 -1.4°C 이하의 저수온으로 성장이 거의 정지되기 때문으로 판단된다.

전중량은 각고 성장과 같이 주된 증가 시기가 봄·가을 2회로, 봄 성장은 2월부터 중량이 증가되기 시작하여 산란 직전인 4월에 최고에 이르고, 가을 성장은 10월부터 중량이 증가되기 시작하여 12월까지 중중이 계속되었으며, 8~9월의 고수온기에는 매우 낮았다. 중량증가는 1993년의 경우 생식소가 최대로 발달된 4월은 2월에 비해 35%, 3월에 비해서는 17%의 증가를 보이고 있어 출하 시기는 전중량 증가가 최대에 이르는 3월 중순에서 4월 중순의 산란기 직전이 경제적일 뿐만 아니라 폐사에 의한 손실을 줄일 수 있다고 판단된다. 그러나 고수온기인 8~9월은 생식소가 퇴화되어 중량 증가가 거의 정지되거나 육질부가 빈약해져 출하시기로는 적합하지 않을 뿐만 아니라 수송도중 고온에 의한 스트레스로 폐사현상이 나타날 수 있다. 한편, 폐각근의 중량 증가는 산란에 의해 생식소가 감소되는 4~5월에 빠르고, 8~9월에 낮아졌으며, 11~12월에 다시 증가하고, 이후 생식소가 발달하는 2~3월에는 증가 속도가 매우 느렸다.

Cropp and Hortle(1992)은 Australia 남부 연안에서 참

가리비와 비슷한 *Pecten fumatus*를 상품크기인 8 cm까지 성장시키는데 20개월이 소요되었는데, 본 시험에서는 상품출하 크기인 평균각고 10 cm이상, 전중량 140 g내외로 성장시키는데는 채묘 후 22개월이 소요되었고, 그 중 본양성 기간은 9개월로 참가리비의 성장이 매우 빠름을 알 수 있다. 또한 상품출하 기간을 앞당기기 위하여 본양성 이식시기를 채묘후 이듬해 3월에 실시할 경우 출하기간을 18개월 정도까지 앞당길 수 있고, 특히 11월~12월 상순에 각고 3 cm 내외로 성장한 당년생 치패를 본양성 채룽에 10~12개체의 밀도로 수용할 경우, 채묘로부터 16개월이 경과한 이듬해 10월까지 각고 9~10 cm, 전중량 100~120g 크기의 상품으로 성장시킬 수 있어 조기출하가 가능할 것으로 여겨진다(박 등, 2000). 한편, 양성 방법별 성장에서 MacDonard(1986)와 Parsons and Dadswell(1992)는 giant 가리비, *Placopecten magellanicus*의 경우 바닥양성에 비하여 수하식 양성에서의 성장이 더 빠르다고 보고하였는데, 동해안에서 바닥식 양성에 의한 출하기간이 채묘 후 30개월 정도(해양수산부, 1999)가 소요되는데 비해 수하양식산은 18~22개월이면 출하가 가능한 것으로 나타났다.

따라서 성장과 출하시기를 앞당기기 위한 본양성 이식은 1회 엽힘을 3~4월에, 해적생물 제거와 어장관리를 위한 2회 엽힘은 9월 하순에서 11월에 채룽을 교환해 주는 봄·가을 분산이식이 필요하다. 또한 수온이 상승하는 7월 상순에 수심 20 m에서 17°C 이하의 저층수를 끌어올려 주의 깊게 본양성으로 이식한 경우에도 스트레스에 의한 성장 장애 또는 폐사 현상이 나타나지 않는 것으로 보아, 고수온기인 8~9월을 제외하고는 연중 본양성 이식이 가능할 것으로 여겨진다.

본양성 채룽에 부착되는 해적생물은 성장과 폐사에도 관여하며, 이들은 물의 흐름을 방해하여 먹이의 이용성을 감소시키거나(Paul and Davice, 1986; Wildish and Sautinier, 1993) 부착생물 자신이 먹이생물을 여과 섭식하는 먹이경쟁자로서, 또한 산소를 경쟁 소비함에 따라 성장을 저해한다(Wallace and Reisnes, 1985). 본 연구에서도 여과섭식 및 공간의 최대 경쟁자인 진주담치(Widman and Rhodes, 1991)가 봄시기(4~7월)에 채룽 및 패각 껍질에 대량 부착하였는데, 최근에는 가을 발생량도 증가하고 있다. 진주담치의 대량 부착은 성장저하와 기형패 또는 폐사를 초래할 수 있기 때문에 금후 이에 대한 방제 연구는 물론 질병에 관한 연구도 필요한 시점에 와 있다. 또한 폐

사를 최소화시키기 위해서는 채묘로부터 본양성 출하까지 각 단계별로 세심한 관리가 필요하다.

이상을 종합하면 강원 연안에서 출하 가능한 경제적인 상품크기를 각고 10~12 cm, 전중량 130~200 g으로 할 때 채묘로부터 출하까지는 18~28개월이 소요된다. 그러나 각고 12 cm이상, 전중량 200 g 이상의 대형 크기로 출하할 경우에는 양성 기간이 길수록 성장이 늦어지고 장기간 양식에 따른 폐사 위험과 해적생물에 의한 어장관리의 어려움이 가중되므로 채묘 후 18~28개월 이내에 출하하는 것이 합리적이며, 환경이 악화될 경우에는 조기 분산 출하가 필요할 것으로 본다.

요 약

동해안의 주문진 연안에서 1991년 1월부터 1998년 12월까지 한해성 패류인 참가리비, *Patinopecten yessoensis* (Jay) 양식산업의 안정화와 지속적 생산을 위한 채룽식 본양성의 적정 서식환경조건, 이식시기 및 양성기간, 적정수용밀도와 성장, 양성 적수층, 상품출하시기 등에 관한 연구를 수행하였다.

북한한류의 영향을 받는 본 연구해역에서 참가리비의 주 양식수층인 15~30 m 층의 수온은 4.7~21.4°C로 참가리비의 서식에 적합한 5~23°C 범위였으나 표층은 4.9~25.7°C로 서식수온을 벗어났다. 양식 적정수온을 보인 해는 1993년과 1996년이었고, 고수온을 보인 해는 1994년, 1997년, 1998년이었다. 특히 고수온과 함께 일교차가 크고 불규칙한 변동이 지속되는 시기에 나타나는 성장저하 및 폐사 현상은 수온과도 일부 관련이 있는 것으로 추정된다. 수심 15 m층에서 염분은 32.0~34.4‰, 용존산소는 4.14~8.11 ml/L로 생육에 비교적 적합하였다. Chlorophyll a의 농도는 0.06~2.73 µg/L로 빈영양 해역의 특성을 보이고 있으며, 해에 따른 변동이 크고 특히, 현저히 감소하는 여름시기에 참가리비의 폐사가 일부 나타나는 것으로 보아 수온과 함께 참가리비의 성장을 지배하는 하나의 제한요인임을 시사한다.

채룽식 수하양성에 의한 성장은 봄, 가을 연중 2회의 주 성장시기가 있었다. 봄 성장기는 3~5월로 이때의 수온은 8~13°C였고, 가을 성장기는 10~12월로 11~17°C였다. 반면, 저성장 시기도 연간 2회로 나타났는데, 성장이 늦은 겨울시기는 1~2월로 수온 7°C 이하였고, 여름철은 7~9월로 수온 18°C 이상일 때 느렸다. 일간 각고 성장량

은 수용밀도 12개체에서 0.02~0.24 mm/day였고, 전중량은 -0.07~0.90 g/day였다. 전중량의 주된 증가 시기는 역시 연중 2회로, 봄 성장은 2월부터 증가되기 시작하여 산란 직전인 4월에 최고에 이르고, 가을 성장은 10~12월이었으며, 고수온기인 8~9월은 중량증가가 매우 낮았다. 채롱(lantern cages $\phi 50 \times 20$ cm)에 의한 적정 양성수용밀도는 각고 5~6 cm 크기의 경우 10~15개체가 적합하였다. 수층별 성장은 15~20 m 수층에서 빨랐으며, 성장촉진과 폐사를 줄이기 위해서는 고수온이 지속되는 7~10월에는 20~30 m 수층으로 채롱을 내려 양성하고 그 외 시기에는 15 m 수층 내외가 좋은 것으로 나타났다. 상품으로 출하 가능한 크기인 각고 10 cm 이상, 전중량 140 g 내외로 성장시키기까지는 채묘후 22개월이 소요되었고, 출하시기는 전중량 증가가 최대에 이르는 3월에서 4월 중순이 경제적인 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Andersen, S. and K. E. Nass, 1993. Shell growth and survival of scallop (*Pecten maximus* L.) in a fertilized, shallow seawater pond. *Aquaculture*, 110 : 71-86.
- Belogradov, E. A., 1974. Growth of the sea scallop *Mizuhopecten yessoensis* in submerged cages. *Fish. Mar. Ser. Can. Trans. Ser.*, 3266 : 4 pp.
- Broom, M. J. and J. Mason, 1978. Growth and spawning in the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. *Mar. Biol.*, 47 : 277-285.
- Cropp, D. A. and M. E. Hortle, 1992. Midwater cage culture of the commercial scallop *Pecten fumatus* Reeve 1852 in Tasmania. *Aquaculture*, 102 : 55-64.
- Cote, J., J. H. Himmelman, M. Claereboudt and J. C. Bonardelli, 1993. Influence of density and depth on the growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50 : 1857-1869.
- Dadswell, M. J. and G. J. Parsons, 1991. Potential for culture of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* using natural spat. pp. 300-307. (*In*) An International Compendium of Scallop Biology and Culture, (eds.) S. E. Shumway and P. A. Sandifer. World Aquaculture Society, World aquaculture Workshops. no. 1.
- Imai, T., 1977. Aquaculture in shallow seas: progress in shallow sea culture. Part II. The evolution of scallop culture. Translation from original Japanese. National Technical Information Service, Springfield, VI, USA, : 261-364.
- Ito, H., H. Moriya and T. Sasaki, 1988. Larval distribution and offshore spat collection technology of Japanese scallop in Hokkaido's coasts. Spring Meeting Japan. *Sci. Soc. Fish.*, 255 pp.
- Kingzett, B. C. and Bourne, N., 1990. Overwintering growth of juvenile Japanese scallops *Patinopecten yessoensis* in pearl nets; effects of density and wave exposure. *J. Shellfish Res.*, 10 : 238
- Kirby-Smith, W. W. and R. T. Barber, 1974. Suspension feeding aquaculture system: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop. *Aquaculture*, 3 : 135-145.
- MacDonald, B. A. and R. J. Thompson, 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. 1. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25 : 279-294.
- MacDonald, B. A., 1986. Production and resource partitioning in the giant scallop *Placopecten magellanicus* grown on the bottom and in suspended culture. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34 : 79-86.
- Maru, K. 1985a. Ecological studies on the seed production of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY). *Sci. Rept. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 27 : 1-53.
- Maru, K. 1985b. Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) to temperature and specific gravity during early developmental stages. *Sci. Rept. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 27 : 55-64.
- Ogilvie, S. C., A. H. Ross and D. R. Schiel, 2000. Phytoplankton biomass associated with mussel farms in Beatrix Bay, New Zealand. *Aquaculture*, 181 : 71-80.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M., 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. 173 pp.
- Paul, J. D. and I. M. Davice, 1986. Effects of copper and tin based anti fouling compounds on the growth of scallops (*Pecten maximus*) and oyster (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture*, 54 : 191-203.
- Parsons, G. J. and M. J. Dadswell, 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.
- Penney, R. W. 1995. Effect of gear type and initial stocking density on production of meats and large whole scallops *Placopecten magellanicus*, using suspension culture in Newfoundland. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 2079 : v-9.
- Penny, R. W. and T. J. Mills. 2000. Bioeconomic analysis of a sea scallop, *Placopecten magellanicus*, aquacul-

- ture production system in Newfoundland, Canada. J. Shellfish Res., 19 : 113-124.
- Rhodes, E. W. and J. C. Widman, 1980. Some aspects of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). Proc. World Maricult. Soc., 11 : 235-246.
- Rodhouse, P. G., B. Ottway and G. M. Burnell, 1981. Bivalve production and food chain efficiency in an experimental nursery system. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 61 : 243-256.
- Silina, A. V., 1978. Determination of age and growth rate of the yezo scallop by the culture of its shell surface. Biol. Morya, 5 : 39 pp.
- Tomita, K., K. Tajima, M. Uchida, M. Mori and T. Wakui, 1982. On the population of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY), in sarufutsu, Hokkaido. J. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 39 : 111-125.
- Uda, M., 1934. The results of simultaneous oceanographic investigations in the Japan sea and its adjacent waters in May and June, 1932. J. Imp. Fisher. Exp. St., 5 : 57-190.
- Ventilla, R. F. 1982. The scallop industry in Japan. Mar. Biol., 20 : 309-350.
- Wallace, J. S., 1982. The culture of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Muller). I. Spat collection and growth during the first year. Aquaculture, 26 : 311-320.
- Wallace, J. S. and T. G. Reisnes, 1984. Growth variation with age and water depth in the Iceland scallop (*Chlamys islandica*, Pectinidae). Aquaculture, 41 : 141-148.
- Wallace, J. S. and T. G. Reisnes, 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.
- Widman, J. C. and E.W. Rhodes, 1991. Nursery culture of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*, in suspended mesh nets. Aquaculture, 99 : 257-267.
- Wildish, D. J. and A. M. Saulnier, 1993. Hydrodynamic control of filtration in *Placopecten magelinicus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 174 : 65-82.
- 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 Fund. Can. Tech. Rep. Fish. Aqua. Sci., 1658 : 1-22.
- Yamamoto, G., 1964. Scallop culture in Mutsu Bay. Suisan zoyoshoku Sosho, (Tokyo) 6 : 77 pp.
- Yoshida, Y. 1973. Changes in biological production in low trophic levels. (in) Fisheries Series, 1, Koseisha Koseikaku, Tokyo : 92-103.
- Yoo, S. K., H. Y. Ryu and K. Y. Park, 1981. The growth of the culture scallop, *Patinopecten yessoensis*. Bull. Korea Fish. Soc., 14 : 221-226.
- 박영제, 1998. 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 양식 생물학적 연구. 제주대학교 이학박사학위 논문 : 185 pp.
- 박영제 · 노 심 · 이정용, 2000. 동해안 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 중간육성. 한국양식학회지, 13(4) : 339-351.
- 張榮振 · 林漢奎 · 朴榮濟, 1997. 東海岸 養殖産 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 生殖週期. 한국양식학회지, 10 : 133-141.
- 조경제 · 최만영 · 광승국 · 임성호 · 김대윤 · 박종규 · 김영익, 1998. 마산-진해만의 수질 부영양화 및 계절 변동. 한국해양학회지 바다, 3(4) : 193-202.
- 李輔橫 · 張聖益, 1977. 가리비 양식에 관한 연구. (1) 자연체묘 및 수하양식시험. 수진연보, 16 : 165-178.
- 해양수산부, 1999. 강원연안 참가리비 씨뿌림 양식의 효과 조사 및 적지개발에 관한 연구 : 98-144.
- 網走水産試験場, 1989. ホタテガイの攝餌量の關する研究. 北海道網走水産試験場 1988年度 事業報告 : 157-177.
- 噴火灣漁場環境協議會, 1990. ホタテガイ 養殖許容量調査報告書 : 1-8.
- 西浜 雄二, 1991. 湧別~網走沖 ホタテガイ漁場の海洋條件, 1990年度 北海道立網走水産試験場 事業報告 : 176-181.
- 藏田 護 · 下川 裕 · 西浜 雄二, 1989. ホタテガイの攝餌量の關する研究. 北海道立網走水産試験場 1988年度 事業報告 : 157-177.

(접수 : 2001년 8월 28일, 수리 : 2001년 9월 17일)