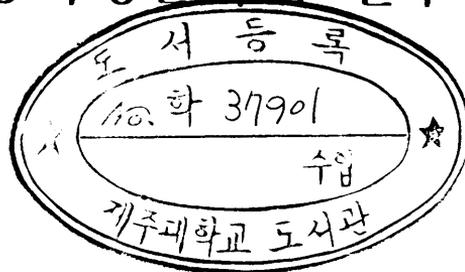


D  
f.p. 34  
H 388호

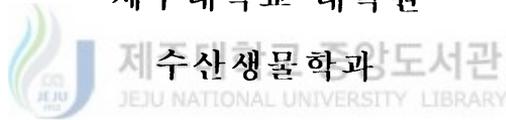
이학박사 학위논문

참가리비, *Patinopecten yessoensis*의

양식생물학적 연구



제주대학교 대학원



박 영 제

1998년 12월

# 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 양식생물학적 연구

지도교수 노 섬

박 영 제

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.



박영제의 이학박사 학위논문을 인준함.

심사위원장	장	영	진
위 원	정	상	철
위 원	이	기	완
위 원	최	광	식
위 원	노		섬



제주대학교 대학원

1998년 12월

# **Biological Studies on Aquaculture of the Scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay)**

**Young Je PARK**

(Supervised by Professor Sum RHO)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
DOCTOR OF SCIENCE

*Department of Marine Biology*

*Graduate School*

*Cheju National University*

1998. 12

# 목 차

목 차 .....	i
영문요약 (ABSTRACT) .....	v
I. 서 론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	7
1. 환경 .....	7
2. 생식주기 .....	9
3. 부유유생 .....	10
4. 자연채묘 .....	11
5. 중간육성 .....	13
6. 수하식 양성 .....	13
7. 바닥식 양성 .....	17
III. 결 과 .....	20
1. 환경 .....	20
1.1. 수온 .....	20
1.2. 염분 .....	27
1.3. 용존산소 .....	27
1.4. 화학적 산소요구량 .....	34
1.5. 투명도 .....	34
1.6. 바닥질의 입도조성 .....	34

2. 생식주기 .....	41
2.1. 생체중량지수의 변화 .....	41
2.1.1. 비만도 .....	41
2.1.2. 소화맹랑중량지수 및 폐각근중량지수 .....	41
2.1.3. 생식소중량지수 .....	41
2.1.4. 양식방법에 따른 GSI의 변화 .....	46
2.2. 생식소의 조직학적 관찰 .....	46
2.2.1. 난경, 핵경 및 난소소낭수의 월별 변화 .....	46
2.2.2. 생식소의 발달 .....	46
2.2.3. 자웅동체 .....	51
2.2.4. 배우자의 미세구조 .....	51
2.3. 생식주기 .....	53
3. 부유유생 .....	57
3.1. 유생의 형태 .....	57
3.2. 유생의 출현량 .....	57
3.2.1. 지역별 출현량 .....	57
3.2.2. 일별 출현량 .....	63
3.3. 유생의 분포 .....	63
3.3.1. 수평분포 .....	63
3.3.2. 수직분포 .....	70
3.4. 유생의 부유기간 .....	72
3.5. 성장단계별 출현 .....	72
4. 자연채묘 .....	79
4.1. 시기별 치패 부착량 .....	79

4.2. 수층별 치패 부착량 .....	79
4.2.1. 지역에 따른 수층별 부착량 .....	79
4.2.2. 크기에 따른 수층별 부착량 .....	83
4.3. 해역별 치패 부착량 .....	86
4.4. 부착치패의 성장 .....	88
4.4.1. 채묘기에서 치패의 일간 성장 .....	88
4.4.2. 채묘기에서 치패의 월간 성장 .....	88
4.4.3. 부착치패의 연별 크기 비교 .....	93
4.5. 기타 부착 조개류 .....	95
<b>5. 중간육성 .....</b>	<b>99</b>
5.1. 치패의 성장 .....	99
5.1.1. 수층에 따른 수용밀도별 성장 .....	99
5.1.2. 수용밀도별 일간성장 .....	99
5.1.3. 상대 성장 .....	102
5.2. 치패의 기형 발생 및 폐사 .....	102
5.2.1. 수층별 기형 발생 및 폐사 .....	102
5.2.2. 수용밀도별 기형 발생 및 폐사 .....	106
<b>6. 수하식 양성 .....</b>	<b>107</b>
6.1. 채룡식 양성의 성장과 생존율 .....	107
6.1.1. 수층별 성장 .....	107
6.1.2. 수용밀도별 성장 .....	107
6.1.3. 월별 성장 .....	110
6.1.4. 일간성장 .....	113
6.1.5. 생식소와 폐각근의 월변화 .....	115
6.2. 상대성장 .....	117
6.3. 채룡식과 귀매달이 양성의 성장 비교 .....	119

<b>7. 바닥식 양성</b> .....	121
7.1. 성장 .....	121
7.1.1. 각고와 전중량의 성장 .....	121
7.1.2. 생식소와 폐각근 중량의 변화 .....	125
7.1.3. 각고에 대한 각 부위별 상대성장 .....	125
7.2. 표지방류 .....	128
7.2.1. 이동 .....	128
7.2.2. 크기별 재포율 .....	131
7.2.3. 분포밀도 .....	131
7.2.4. 수역별 바닥식 양성장의 환경 .....	134
7.2.5. 서식형태 .....	136
 <b>IV. 고찰</b> .....	 139
1. 환경 .....	139
2. 생식주기 .....	143
3. 부유유생 .....	146
4. 자연채모 .....	151
5. 중간육성 .....	154
6. 수하식 양성 .....	157
7. 바닥식 양성 .....	161
8. 결론 .....	167
 <b>V. 요약</b> .....	 172
 <b>VI. 참고문헌</b> .....	 175
 감사의 글 .....	 186



## ABSTRACT

Studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), were carried out along the coast of East Sea during January 1989 and July 1998. Environmental parameters related to scallop culture ground, annual reproduction cycle, temporal and spatial distribution, and ecology of the larvae were analysed. With respect to the scallop aquaculture, techniques of natural spat collection, intermediate and growing out both in hanging and sowing culture is described. Transplantation, release and recapture of tagged scallops, optimal intermediate and growing out density in hanging method, and natural habitat of the scallops are also investigated in this study.

### 1. Environmental condition of the study area.

Hydrographic data along the scallop culture ground indicated that the coast of Kangwon province, in the East Sea explain the abundancy and successful aquaculture of the scallop in this area. Annual temperature variation at depth of 10 m was 3.4~22.9°C and is thought to be an optimal range for the scallop growth. Annual salinity fluctuation is also considered to be optimal for scallop growth, 31.31~34.48‰, and so is other parameters such as dissolved oxygen content (DO), 4.14~8.21 ml/l, chemical oxygen demand (COD), 0.23~1.18 mg/l, and water transparency 6.2~18.0 m.

### 2. Reproduction of the scallop.

Spawning period of the scallops along the coastal area of Kangwon province begins in April and it continues to early June, with a peak of late April to early May. The gonad somatic index (GSI) shows its maximum value in late April in hanging cultured populations while scallops raised on the bottom exhibited their maximum values two weeks later compare to the hanging cultured

scallops. Annual gametogenic cycle of the scallops is summerized as, inactive phase in October, growth phase from November to February, maturation phase from March to April, spawning phase from April to June, and recovery phase from July to September.

### 3. Spatial distribution of the swimming larvae.

Density of the swimming larvae higher in northern region than central and southern regions of the coast before 1992. Higher density of the scallop larvae found at the northern region before 1992 is possibly due to the mixing of two different origin of larvae; one possibly from upper northern area via North Korean Cold Current and the other from coastal area of northern Kangwon province. However, density of swimming larvae is found to be higher at central region such as Yangyang and Kangnung, after 1995. This phenomenon could be explained with the increase in hanging culture of the scallop at the central and southern area which increase brood stock of the scallop for the larvae. The swimming larvae appeared under the seawater temperature range 8~16°C, but its optimal temperature was analysed to be 8~13°C. They appeared from the early of April to the middle of August, but their major swimming period was from the late of April to the late of June. The most of coastal area in Kangwon province is open sea, and that the appearance period and densities of scallops swimming larvae was very irregular year to year, and its observed maximum density was 484 ind./m<sup>3</sup> in this study. The horizontal distribution range of swimming larvae was 25 km from coastal line in northern area where was influenced with North Korea Cold Current, but its range was more narrow about 12 km from coastal line in southern area below Donghae where was influenced with warm Kuroshio Current. The major horizontal distribution zone with higher densities of swimming larvae was estimated to be 10~25 m water depth zone within 4 km from coastal line. The daily growth rate of swimming

larvae measured as 4.4~6.0  $\mu\text{m}/\text{day}$  (average 5.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ ), and its need 38.1~47.8 days for growing to attachable spat size from spawning.

#### 4. Natural spat collection for the aquaculture.

Examination on the timing of settlement of the larvae and the density of settled spat on the collector bags indicates that the swimming larvae settle on substrates during middle of May and late June. However, the timing of the settlement varies year to year depending upon water temperature. It is obvious that the larvae spend longer swimming period with high survival and settlement during cold water period. In contrast, there is low survival and less settlement of the larvae during warmer period and the larvae spend short period of swimming stage. Vertical distribution of the larvae in the water column indicates that optimal water depth for the spat collection for aquaculture is 10~20 m in northern, 12~25 m in central, and 15~25 m in southern coast. Daily growth rate of the juvenile scallops in the collector bags is estimated to be 0.032~0.188 mm/day. High daily growth rate is observed during June and July.

#### 5. Intermediate culture of scallop.

Optimal density for the juvenile scallops in the pearl net (30×30 cm) is found to be 30~40 ind./net (shell height 1~2 cm). However, was satisfied 80~100 ind./net for sowing culture. Growth of the juvenile scallops during intermediate culture varied from 0.019~0.381 mm/day and seemed to be affected by water temperature. Growth of the scallops is considered to be faster during March and April and slower during January and February. Daily growth rate of the juvenile scallops placed on different water depth indicates that the optimal depth for the growth lies 10 to 15 m. Best timing for transplanting scallop spats from collector bags to intermediate

culture cage is considered to be in the middle of August to middle of October.

#### 6. Growing out of the scallops using hanging culture method.

Monthly growth rate of shell height (mm) of the scallops raised in the lantern net or ear-hanging in the water column shows that the growth has two peaks in an annual cycle; one in spring and the other in fall. The higher monthly growth rate is recorded from February to May, as 0.42 cm/month and the second highest observed from October to December. Growth of the scallops is relatively slower during warm water season during August and September, 0.16 cm/month. Shell growth of the scallops seems to be influenced by water temperature temporally and spatially. During winter period, December to March, scallops raised at depth of 12~17 m exhibit the highest growth rate in the water column. However, highest growth is observed from scallops placed at depth of 20~25 m water during summer, August to September.

The optimum density for grow out using hanging culture is estimated to be 10~15 individuals per each level of lantern net. Growth of the scallops during grow out period is greatly affected by density in the net : scallops placed on low density net (e. g., 5 shells/net) exhibited faster growth rate 0.124 mm/day while scallops placed on relatively high density (e. g., 18 shells/net) showed relatively slower growth rate, 0.098 mm/day. Dead scallop shells are not observed in the net containing less than 10 shells per net. Survival rate of the scallops in the low density net estimated as 93.7%. Scallops raised using ear-hanging method exhibit more rapid growth rate, in terms of shell height and total weight increase, than the scallops raised using lantern net.

It is estimated that scallop raised using hanging method take 20 to 28 months to become 10 to 12 cm in shell height and 130 to 200 g in total weight which is a marketable size of the scallop in Korea.

The best timing for start grow out in the study area is thought to be during April and May.

#### 7. Sowing culture of the scallops.

Scallops are also released on the sea bottom for sowing culture in this study. Underwater observations made by SCUBA and underwater photography indicate that a suitable habitat for the scallop is a sea bed composed of fine sand with bottom current of 6 to 9 cm/sec. It is also observed that the wild scallops avoid the place where any predators such as star fishes and crabs are abundant. Most scallops congregate fine sandy bottom at depth of 22 to 27 m.

Sowing culture ground chosen in this study located at depth of 15 to 30 m where water temperature varies between 6 to 20°C annually. As observed in the scallops raised using hanging culture method, monthly growth of the sowing culture scallops has two seasonal peaks, one in spring and the other in autumn. The survival rate of the sowing cultured scallops is estimated to be 80%.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

# I. 서 론

우리 나라 동해안의 연근해 어업은 연안어족의 자원감소와 함께 각국의 200해리 배타적 경제수역(exclusive economic zone, EEZ) 선포 및 한·일 어업협정에 의한 대화체 어장 등 공동 조업구역이 축소됨에 따라 근후에는 양적인 성장이 어려워질 뿐만 아니라 어업인의 소득도 감소가 예상되고 있다. 따라서 어업인의 소득을 지속적이고 안정적으로 향상시키기 위해서는 지금까지의 명태, 오징어 등 어선어업에서 탈피하여, 지역 특성에 알맞은 새로운 품종의 양식으로 전환이 시급하다. 동해안에서 양식가능한 참가리비는 성장과 품질면에서 세계적으로도 아주 우수한 품종의 하나이며, 국민의 식생활도 기존의 어류 소비 성향에서 흰색의 살을 지닌 고급 조개류를 선호하는 선진국형의 소비 성향으로 전환되고 있다. 따라서 대량 생산이 이루어질 경우 어선어업에 의한 소득을 양식생산 소득으로 대체시킬 수 있음은 물론 전량 수출이 가능한 고소득 품종이다.

조개류 양식은 동물성 단백질의 생산을 목적으로 하고 있으나, 어류나 갑각류 양식과 달라서 사료를 주지 않는 자연의 일차 생산을 이용하는 양식의 범주에 속한다. 따라서 생물 경제의 관점에서 보면, 조개류의 양식은 동물성 단백질의 생산에 있어 가장 합리적인 방법의 하나이다(Mori, 1994).

가리비의 종류는 전 세계적으로 300여종이 있으며, 우리 나라에는 동해안에 분포하는 한해성인 참가리비, *Patinopecten yessoensis*와 고랑가리비, *Chlamys swifti*, 전 연안에 분포하는 비단가리비, *Chlamys farreri nipponensis*, 제주도 연안에 서식하는 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* 및 혼한가리비, *Chlamys nobilis*, 동해안과 경남 연안에 서식하는 굴자가리비, *Pecten albicans albicans* 등 6종이 보고되고 있다. 이 중에서 참가리비는 북위 35도 이상의 고위도 해역인 한반도의 동해안을 포함, 일본의 북해도, 그리고 러시아의 동해 및 사할린에 주로 서식하며, 성장과 품질면에서 경제적 가치가 우수한 조개이다(유, 1994).

우리 나라에서 참가리비는 동해안 영일만(李·吉, 1980)에서부터 강원도 이북까지 분포하며(강원도, 1991), 강원도 연안에서는 주로 수심 20~45 m의 세립질 모래(fine sand)에 낮은 밀도로 자연 서식하고 있다.

전 세계적으로 가리비류의 총 생산량은 1995년에 1,651,602톤(FAO, 1995)이며, 이 중에서 참가리비 생산량은 1972년 이래 현저하게 증가되어 패각을 포함하여 507,319톤으로 가장 많았다. 한편, 일본의 생산량은 1995년에 502,702톤이었는데, 그 중에서 수하식 양식 생산이 227,823톤, 바닥식 양식 등 자연산이 274,879톤으로 세계에서 가장 많은 생산량을 보이며, 주 생산 지역은 북해도로 403,466톤에 이른다(Mori, 1994). 중국에서는 말해만을 중심으로 미단가리비와 미국에서 도입된 해방가리비, *Argopecten irradians*의 증·양식이 활발히 이루어지고 있다(中國經濟水產品原色圖集, 1992; Chew and Fusui, 1994). 중국의 가리비류 생산량은 1995년에 916,492톤(FAO, 1995)으로, 이 중에서 미단가리비 500,000톤 내외, 해방가리비 300,000톤 내외로 매년 현저하게 증가되고 있다. 그러나 참가리비는 소량이 인공채묘에 의해 바닥식 양식으로 생산되고 있다.

우리 나라의 참가리비 생산량은 1971년에 경북 영일만에서 자연산이 900여 톤 생산되었으나 이 후부터 거의 생산되지 않고 있으며, 최근에는 강원 연안을 중심으로 양식 생산이 활발히 이루어지고 있다.

우리 나라의 동해안은 수심이 깊고 파도가 심한 외해역의 단점이 있으나 북한해류가 통과하는 세계적인 청정해역으로 참가리비의 증·양식장 개발에 비교적 좋은 여건을 지니고 있다. 그러나 동해안에서의 참가리비 양식은 1980년 이전까지는 양식환경 여건상 외해역에서의 내파성 시설기술과 자연채묘의 기술 개발 비흡으로 양식산업화 단계에까지는 이르지 못하였다. 이후 1986년에는 국립수산물진흥원 주문진수산연구소에 의해 강원 연안에서 참가리비의 유생 분포가 밝혀지고 양양, 인구 연안의 돌김 시험양식 어망에 소수의 치패 부착이 발견됨으로써 양식 연구가 처음으로 시작되었다. 이후 민간인이 일본의 북해도에서 1988년에 양식용 종묘를 도입하여 주문진 연안에서 양식을 시도하였으나 모두 폐사된 바 있다. 1989년에는 참가리비의 자연채묘와 양식 기술개발을 위한 연구가 민간인과 강원도의 지원으로 주문진수산연구소에 의해 추진되었고,

1991년에는 농수산 특정연구과제 수행을 통해 양식산업화로 이행과정에 있다 (박, 1995).

그러나 동해안 참가리비의 완전한 양식산업화를 위해서는 앞으로 해결해야 할 많은 문제점이 있다. 첫째, 최근의 환경 변화에 따른 수온 상승과 먹이생물의 불안정, 양식 모래 자원의 소형화 및 밀도 감소 등은 개체의 성숙과 산란에 작용하여 생식주기의 불규칙성을 증대시키고 있으며, 특히, 외해역의 유생분포는 하루 중에도 크게 변할 뿐만 아니라 성장과 출현시기 및 출현량도 해마다 변화가 커 자연채묘의 불안정성이 증대되고 있다. 참가리비 양식에 있어 자연채묘 방법은 치패의 대량생산이 가능할 뿐만 아니라 매우 경제적인 방법의 하나이다. 따라서 지금까지 전량을 자연채묘에 의존하고 있는 치패의 생산성을 더욱 높이기 위해서는 과학적인 채묘예보 기술개발이 필요하며, 자연채묘 부진에 대비한 인공채묘의 기술개발도 필요한 시점에 와 있다. 둘째는 최근에 빈발하는 양식장의 환경변화로 인한 중간육성과 수하식 양성에서의 성장 부진, 기형패의 발생 및 대량폐사 현상의 증가 문제이다. 이러한 문제 해결을 위해서는 생산성 향상과 폐사 저감을 위한 양식장의 지속적인 환경 모니터링을 통한 양식장 관리 개선책이 강구되어야 하며, 특히, 외해역에 적합한 적정 수용밀도, 양성 적수층, 해적생물 및 질병에 관한 연구와 양식자재 및 적정시설 기술개발, 내파성 양식기술 등의 개발이 이루어져야 한다. 셋째로 바닥식 양식을 위한 씨뿌림은 1991년 이후 크게 증가되고 있으나, 일부 수역을 제외하고는 양식 효과가 미미하다. 그러므로 바닥식 양식의 경제성을 향상시키기 위해서는 외해역에 적합한 새로운 적지선정 기준 마련을 위한 기초 연구가 시급하다.

참가리비에 관한 국내 연구는 경북 영일만을 중심으로 인공채묘와 자연채묘 (李·張, 1977; 卞·廬, 1978; 姜 等, 1982) 및 유생분포와 성장에 관한 연구(Yoo and Imai, 1968; Yoo, 1969; Yoo and Park, 1979; Yoo *et al.*, 1981) 등이 있으며, 최근에는 생식주기(張 等, 1997), 소화맹낭(張, 1991), 혈액세포(張, 1993)에 관한 연구가 있다. 한편, 해가리비의 생식생태와 초기발생(하, 1994), 연령과 성장(손 등, 1996) 및 양식생물(손, 1997) 연구가 있으며, 혼한가리비(李, 1991)와

비단가리비(나 등, 1995)의 인공 종묘생산에 관한 연구가 있다. 그러나 이러한 일련의 연구들은 기초 또는 실험수준의 자연채묘 및 인공 종묘생산과 양식 등에 관한 것이며, 동해안 외해역에서 양식산업화를 대상으로 하는 연구는 없다.

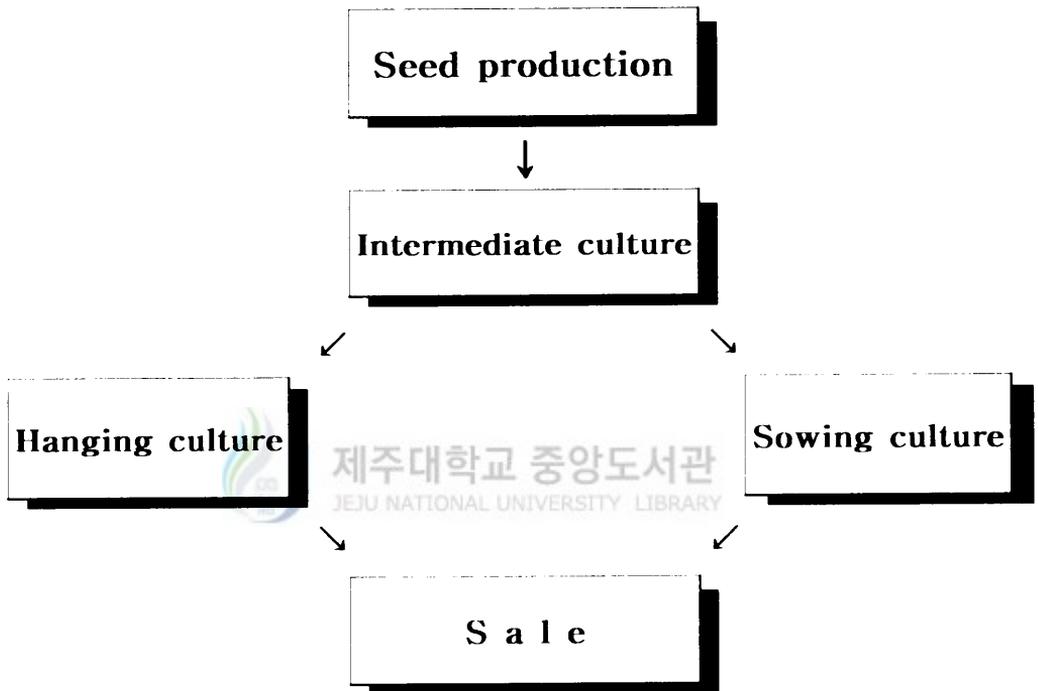
참가리비에 관한 국외 연구는 기초 생리생태와 양식 등에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 양식환경에 관하여 Yamamoto(1964), Maru(1972, 1985a, 1985b), Kawamata *et al.*(1981) 등의 연구가 있으며, 생식주기에 관한 연구로는 Yamamoto(1943, 1950), 森 等(1977), Maru(1976, 1978), 川眞田(1983), Chang *et al.*(1985) 등이 있다. 유생에 관한 연구로는 발생학 분야에 Drew(1906), Gutsell(1930), Yamamoto and Nishioka(1943), Sastry(1965)와 형태학 분야에 Jorgensen(1946), Rees(1950), Merrill(1961), 宮崎(1962), 吉田(1964), 林·寺井(1964), Maru(1972, 1985a), Bourne *et al.*(1989), Bower *et al.*(1990) 등이 있으며, 유생 출현과 분포에 관하여 Yamamoto(1956), 菅野(1971), 小原·丸(1970) 등의 연구가 있다. 그러나 부유유생의 동태 등 생태학 분야에서는 최근의 빈번한 서식 환경변화에 따른 지속적인 연구가 필요하다. 특히, 자연상태에서의 초기 유생은 다른 종과의 구분이 매우 어렵기 때문에(宮崎, 1962), hinge line에 의한 각정기 이상의 유생을 동정의 지표로 활용하기도 한다. 치패 부착에 관해서는 형태학적 연구(Merrill, 1961), 생태학적 연구(木下, 1934; Maru, 1985a), 감모에 관한 연구(Yamamoto, 1960) 및 환경내성에 관한 연구(Yamamoto, 1957; Maru, 1985b) 등이 있다. 양식에 관하여는 Yamamoto(1964), Ishihara(1966), Maru(1972), Belogradov(1974), Silina(1978), Ventilla(1982), Tomita *et al.*(1982), Ito *et al.*(1988) 등의 연구가 있다. 그러나 이들 연구는 주로 내만역에서의 단기간에 걸친 연구가 대부분이며, 외해역을 대상으로 한 장기간의 연구는 거의 없다. 한편, 바닥식 양식에 관한 연구는 지금까지 국내에서는 연구가 전혀 이루어지지 않았으며, 국외에서는 생식주기(Chang *et al.*, 1985)와 치패의 생존(Silina, 1983, 1990, 1994), 성장(Silina, 1978), 물의 흐름에 따른 습성, 성장 및 섭이(Kirby-smith, 1972; Wildish *et al.*, 1987; Thompson and Nichols, 1988; Wildish and Kristmanson, 1988; Eckman *et al.*, 1989; Wildish and

.Saulnier, 1992) 등의 연구가 있으나, 이들 연구는 수심 15 m 이내 또는 내만  
역에서 이루어진 것이 대부분이다.

우리 나라 동해안에서의 참가리비 양식 과정(Fig. 1-1)은 자연채묘에 의해  
치패를 생산한 이후, 중간육성과 분양성을 실시하며, 분양성은 수하식 양성과  
바닥식 양성으로 이루어지고 있다. 수하식 양성은 채방식 양식과 귀매달이식  
양식에 의해 이루어지고 있다. 그러나 최근에는 수하식 양성과 바닥식 양성의  
중간형태인 해저 수하양성 장치 등도 개발되고 있다.

이 연구에서는 우리 나라 참가리비의 산업화 양식기술 개발을 목적으로 수  
행하였다. 이를 위하여 참가리비의 서식환경, 생식주기, 유생의 분포, 외해역에  
서의 자연채묘 기술을 검토하였다. 그리고 중간육성과 수하식 양성시험에서는  
생산성 향상과 폐사 저감을 위한 이식시기, 적정 수용밀도, 양성 적수층 및 성  
장 등을 구명하고자 하였고, 바닥식 양성 시험에서는 적정 시식환경, 씨뿌림  
이후의 이동, 성장, 생존, 그리고 습성 등을 조사하였다.





**Fig. 1 -1. Process of scallop culture.**

## II. 재료 및 방법

### 1. 환 경

서식환경 조사는 1990년 1월부터 1997년 12월까지 거진, 주문진 그리고 동해에서 수층별(0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 m 층)로 수온, 염분, 용존산소, 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD), 투명도 등의 일반 관측을 실시하였다(Fig. II-1). 수온은 Van Dorn 채수기와 Nansen 채수기로 측정하였고, 일별 수온은 강릉수산종묘배양장의 연안경지 관측자료를 이용하였다. 염분은 Inductively coupled salinometer(Watanabe 601 MK)로, 용존 산소는 Winkler 법으로, COD는 알칼리성 100°C 과망간산칼륨법으로, 투명도는 Secchi disk(Φ30 cm)로, 유향과 유속은 Universal digital current meter(Tamaya UC-2)로 측정하였다.

참가리비의 부유유생 분포 특성을 조사하기 위한 line 관측으로 38° 30' N 으로부터 삼척에 이르는 연안 20 mile 해역까지 4개의 관측선(Fig. II-1의 J-1~J-4)을 정하였다. 현장조사는 국립수산진흥원 주문진수산연구소 소속 시험선 강원 867호와 민간 선박을 이용하였다. 각 정점에서 Smart CTD(EG & G Ocean product)를 이용하여 표층부터 500 m 층까지 수온과 염분을 수직적으로 연속 정밀 관측 하였으며, CTD 자료의 보정을 위해 보호 및 비보호 전도온도계를 부착한 Niskin 채수기를 사용하였다.

또한 광범위한 수역에서의 수온과 유생분포 특성을 파악하기 위하여 인공위성 NOAA-10, 12 및 14호에 의한 Multi-channel analysis(서울대학교 위성수신 system)의 방법을 적용하여 얻어진 해수면 온도에 의한 유생의 주 분포해역 예측과 현장관측을 통해 수온과 유생의 분포 밀도를 검증하였다.

바닥식 양식 조사를 위한 저질 시료채취는 강원 연안 6개소의 씨뿌림 해역에서 SCUBA 조사에 의해 표토층으로부터 0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm 층까지 채취하였다. 퇴적물의 입도분석은 시료에 10%의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 0.1 N의 HCl

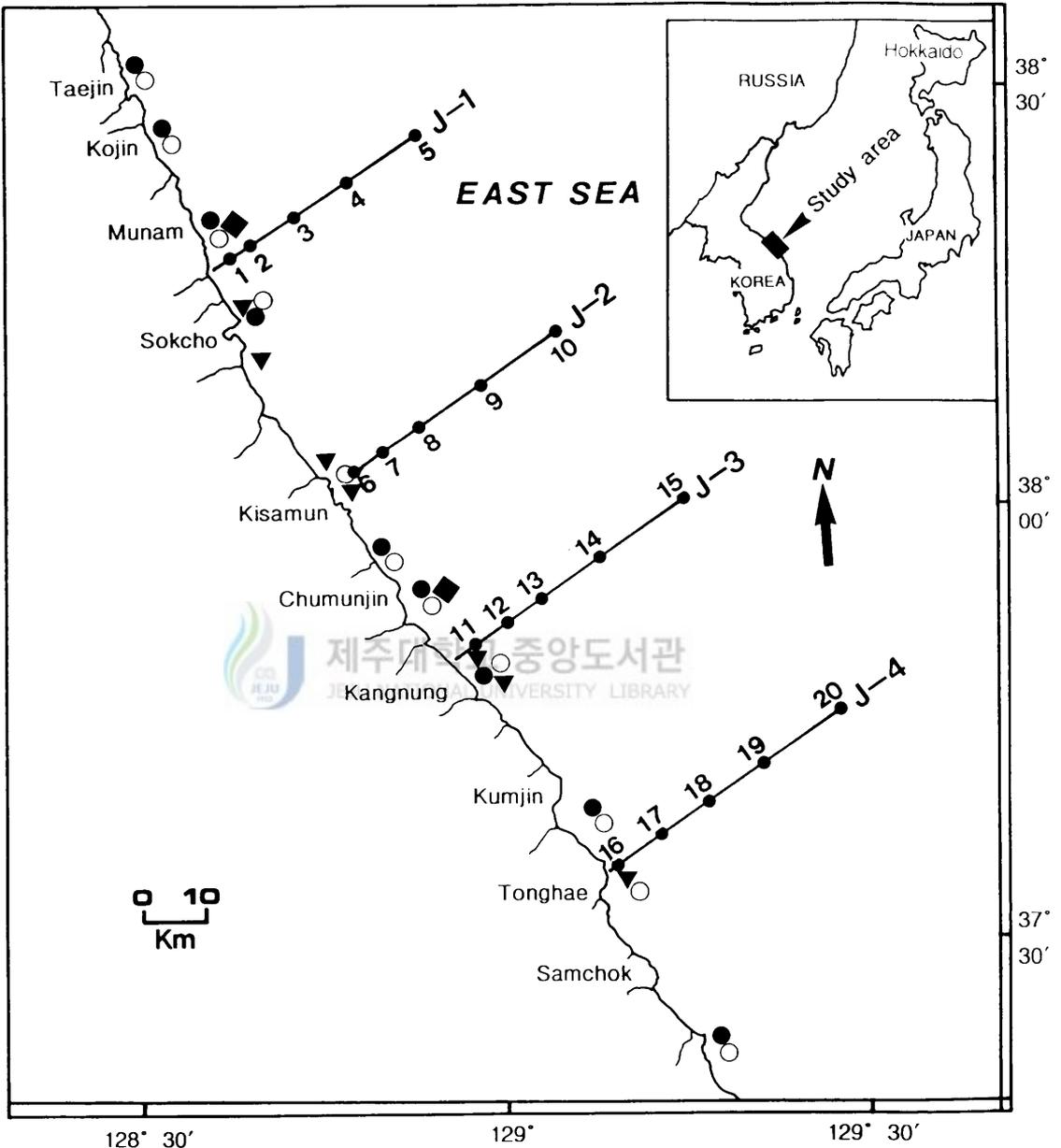


Fig. II-1. Location of the study area. ○ and ● ; sites for scallop larvae and environmental factors, ● ; site for scallop spat collection, ◆ ; site for out growing, ▼ ; site for sowing culture .

을 차례로 넣어 퇴적물 내의 유기물과 탄산염을 완전히 제거한 후 standard sieve를 사용하여 입경별로 습식체질(wet sieving)하여 조립질과 세립질로 분리하였고, 입경 4  $\phi$ (0.064 mm) 이하의 clay질은 침전시킨 후 전기오븐에서 110°C로 건조시켜 무게를 측정하였다.

## 2. 생식주기

생식주기 조사에 사용된 참가리비는 강원도 고성군 문암리에 위치한 수하식 양식장에서 1991년 5월에 채묘되어 중간육성된 종패를 1992년 7월에 채봉(lantern net,  $\phi$  50cm $\times$ 200cm) 1칸당 12개체씩 수용하여 수하식으로 양성한 후, 1992년 10월부터 1993년 9월까지 매월 무작위 채취한 314개체였다.

월별로 채취한 참가리비에 대하여는 각장(shell length: SL), 각고(shell height: SH), 각폭(shell width: SW)을 vernier caliper로 0.01 cm까지 측정하고, 전중량(total weight: TW), 연체부중량(meat weight: MW), 생식소중량(gonad weight: GW), 소화맹낭중량(digestive diverticula weight: DW) 및 폐각근중량(adductor muscle weight: AW)을 0.1 g까지 측정하여, 張(1986)의 방법에 따라 비만도(condition factor: CF,  $MW \times 1000 / SL \times SH \times SW$ ), 생식소중량지수(gonadosomatic index: GSI,  $GW \times 100 / MW$ ), 소화맹낭중량지수(digestive diverticula index: DDI,  $DW \times 100 / MW$ ) 및 폐각근중량지수(adductor muscle index: AMI,  $AW \times 100 / MW$ )를 계산하여 자료로 활용하였다.

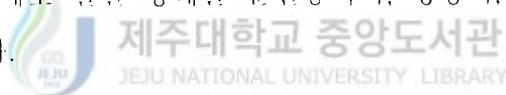
산란기 및 GSI의 연변화를 조사하기 위하여, 주문진 연안 30 m 수심에서 중층에 수하 양식중인 것을 이용하여 1991년부터 1998년까지 산란기로 추정되는 3월부터 5월 사이에 매월 3회에 걸쳐 참가리비의 GSI를 구하였다. 한편, 수하식 양식과 바닥식 양식에 의한 산란기와 GSI의 차이를 알기 위하여 1996년 1월부터 1998년 5월까지 주문진의 수하 양식 참가리비와 기사문의 수심 25~30 m 수역에 서식하는 바닥 양식 참가리비를 함께 조사하였다.

조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 5~8 mm 크기로 절단하여 Bouin 용

액에 24시간 고정한 다음, paraffin 상법으로 5~6  $\mu\text{m}$  두께의 조직표본을 제작하였다. 표본은 Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중 염색한 다음 광학현미경으로 관찰하였다.

난경과 핵경은 매월 인(nucleolus)이 명확히 관찰되는 난모세포 만을 골라 60개씩 현미경에 장착된 micrometer로 측정하였으며, 단위 면적( $\text{mm}^2$ )당 난소 소낭수는 매월 5개의 서로 다른 조직표본에서 30회 측정하여 평균하였다. 또한 성장중인 난모세포와 정모세포 및 성숙한 난모세포와 정자의 미세 구조를 관찰하기 위하여, 1993년 12월과 1994년 3월에 생식소를 2.5% glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 고정한 후, 70 nm 두께로 박절한 절편을 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중 염색하여 투과전자현미경(transmitted electron microscope, TEM 1200 E·XII)으로 관찰하였다.

생식소의 조직학적 발달 단계는 Chang and Lee(1982)의 기준에 따라 생식소 소낭 내의 생식세포 발달 상태를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기 및 회복기로 구분하였다.



### 3. 부유유생

부유유생의 분포 밀도 및 범위, 성장 등을 파악하기 위하여 강원 북부의 거진 연안으로부터 남부의 삼척 연안에 위치한 16개 양식장 주변 해역에서 산란기 전후 또는 연중 유생조사를 실시하였다.

유생의 수평분포는 망구직경 24 cm, 망목 65  $\mu\text{m}$ 인 plankton net를 이용하여 각 조사 정점에서 수심 30 m 층부터 표층까지 수직 인양하여 개체수/ $\text{m}^3$ 으로 환산하였고, 수층별로는 해수 양수 pump로 2, 5, 10, 15, 20, 25 및 30 m 층 깊이 호스를 넣어 수심별로 1  $\text{m}^3$ 의 해수를 plankton net에 통과시켜 유생을 채집하였다. 채집된 시료는 즉시 선상에서 5%의 중성 formalin으로 고정한 후 실험실에서 투영기(Nikon profile projector V-16E)와 현미경(Olympus BH-2 TV camera)으로 유생을 동정하고 계수하였다.

참가리비 부유유생을 동정하기 위하여 함께 출현하는 다른 종의 조개류 유생과 식별 가능한 크기인 각장 130  $\mu\text{m}$  내외의 유생을 宮崎(1962), Maru(1972, 1985a) 및 Bower *et al.*(1990)의 유생 식별 기준에 따라 동정하여 각 stage별로 계수한 후 개체수/ $\text{m}^3$ 로 환산하였다. 특히, 참가리비 부유유생의 형태와 극히 유사한 진주담치 유생(Rees, 1950) 등 다른 종의 조개류 유생과 보다 확실히 구분하기 위하여 산란유발 및 인공수정에 의해 얻어진 참가리비와 진주담치의 각 단계별 유생에 대한 형태적 특징과 각장 및 각고비에 의한 정밀 동정을 실시하였다.

#### 4. 자연 채묘

치패 부착을 위한 채묘기는 Fig. II-2와 같이 맞출 수하식으로 설치된 채묘 시설에 1989년부터 1997년까지 매년 5월 하순에서 6월 상순 사이에 설치하였다. 채묘기의 부착기질은 monofilament 그물(채묘기 내망 100 g, 망길이 약 350 m)을 양과주머니(30 $\times$ 50 cm, 망목 2 mm)에 넣어 1개의 채묘연에 20개의 채묘기를 1 m 간격으로 고정시켜 수면 아래로부터 25 m 수층까지 수직으로 설치하였다. 연별, 지역별 치패부착량은 채묘연의 상층부터 하층까지 5 m 내외 간격으로 5개의 채묘기에 부착된 치패 개체수를 평균하여 구하였다.

시기별 치패부착 밀도는 1992년부터 1993년중 부착기 유생출현 시기인 5월부터 8월까지 매회 채묘기를 치패 부착밀도가 비교적 높은 수심 15 m 수층에 투입한 후 10일 또는 15일 간격으로 조사하였다. 채묘기에 부착한 치패의 월별 성장과 현존량 조사는 6월부터 12월까지 1개월 간격으로 실시하였다.

채묘기는 수심별로, 현장에서 10% 중성 formalin으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 치패가 부착된 monofilament 그물 표면을 담수에 용해된 합성세제로 세정한 후 standard sieve로 부착물과 치패를 분리하여 부착수를 계수하였다.

채집된 치패는 각장, 각고, 각폭, 중량 등을 vernier caliper로 측정하였고, 어린 치패는 실물투영기(Nikon profile projector V-16)와 Olympus BH-2 TV

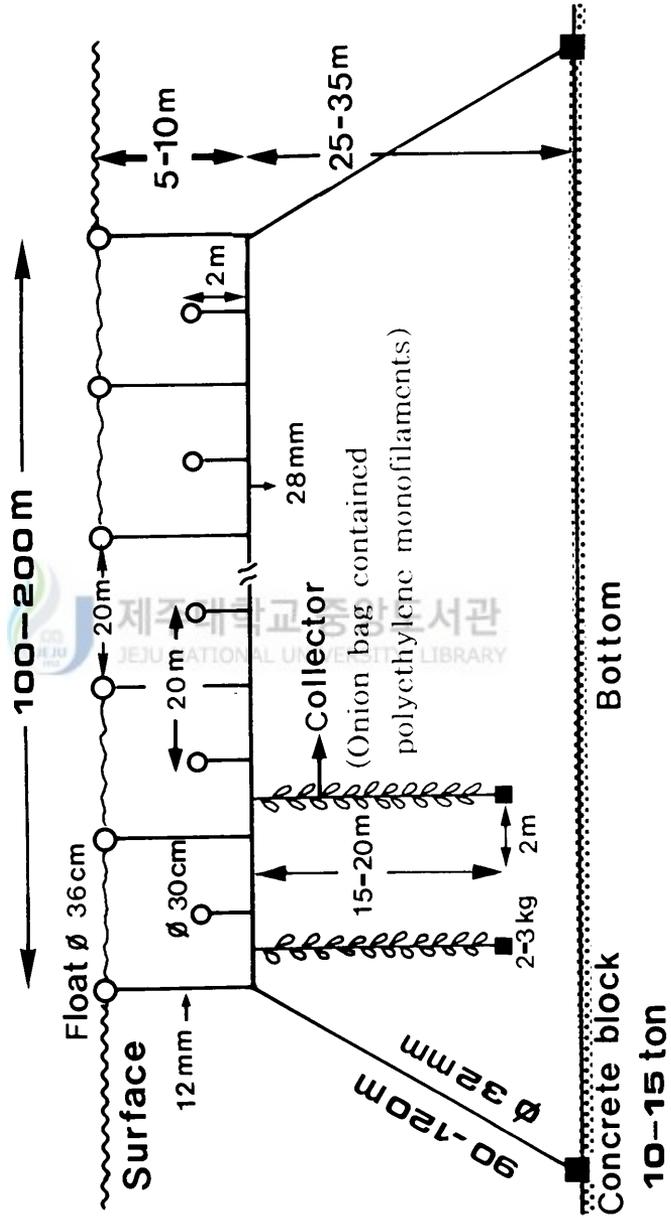


Fig. II -2. Spat collection facilities for the scallops.

camera 현미경으로 0.01 mm까지 측정하였다.

## 5. 중간육성

치패의 중간육성 시험은 1992년 10월 30일에 Fig. II-3과 같이 밧줄 수하식 방법으로 채묘기에서 분리한 평균각고 1.6~1.8 cm 되는 치패를 중간육성기 (pearl net 30×30 cm, 망목 5 mm)에 밀도별(10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 300개체), 수층별(10, 15, 20, 25, 30 m)로 이식한 후 다음해 4월 분양성 이식때까지 매월 성장량, 폐사체 및 기형패 발생 등을 조사하였다.

## 6. 수하식 양성

분양성을 위한 밧줄 수하양식 시설은 수심이 깊고 파도가 센 동해안 외해역에서의 시설물 유지를 위해 Fig. II-4와 같이 기본시설을 한 후, 각 시설들을 Fig. II-5와 같이 60~80 m 간격으로 횡으로 걸착하였다. 시설물은 100 m와 200 m 길이를 함께 사용하였고, 밧줄 간격은 20~30 m, 채붕 간격은 1.5~2.0 m로 하였다. 채붕식(lantern net  $\Phi$  50 cm×200 cm, 10단) 양성 시험은 Fig. II-4의 A와 같이 1992년 7월부터 1994년 6월까지 중간육성기에서 양성된 각고 6.3~8.2 cm의 중간 크기의 가리비를 수층별(10, 12, 15, 18, 20, 23, 25 m), 밀도별(5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20개체)로 양성용 채붕에 옮겨 수용한 후 매월 성장과 생존을 등을 조사하였다. 귀메달이 양식 시험은 1993년 12월부터 1994년 12월까지 평균각고 6.76 cm의 중간 크기의 참가리비를 여러줄 밧줄수하식으로 시설하였다. 귀메달이 양식 기구는 코팅 wire로 직경 50 cm의 ring을 만들어 Fig. II-4의 B와 같이 6 m 길이의 수하연을 4줄씩 걸착시켜 10~20 m 수층에 유지시키고, 고리의 상하 간격은 15 cm, 수하연의 간격은 2.0~2.5 m로 하였다. 그리고 맨 끝줄에는 3 kg의 콘크리트 추를 매달았다. 성장 조사는 각고, 각장, 각폭은 vernier caliper로 0.01 cm까지, 전중량과 각 부위별 중량은 체내에 함유

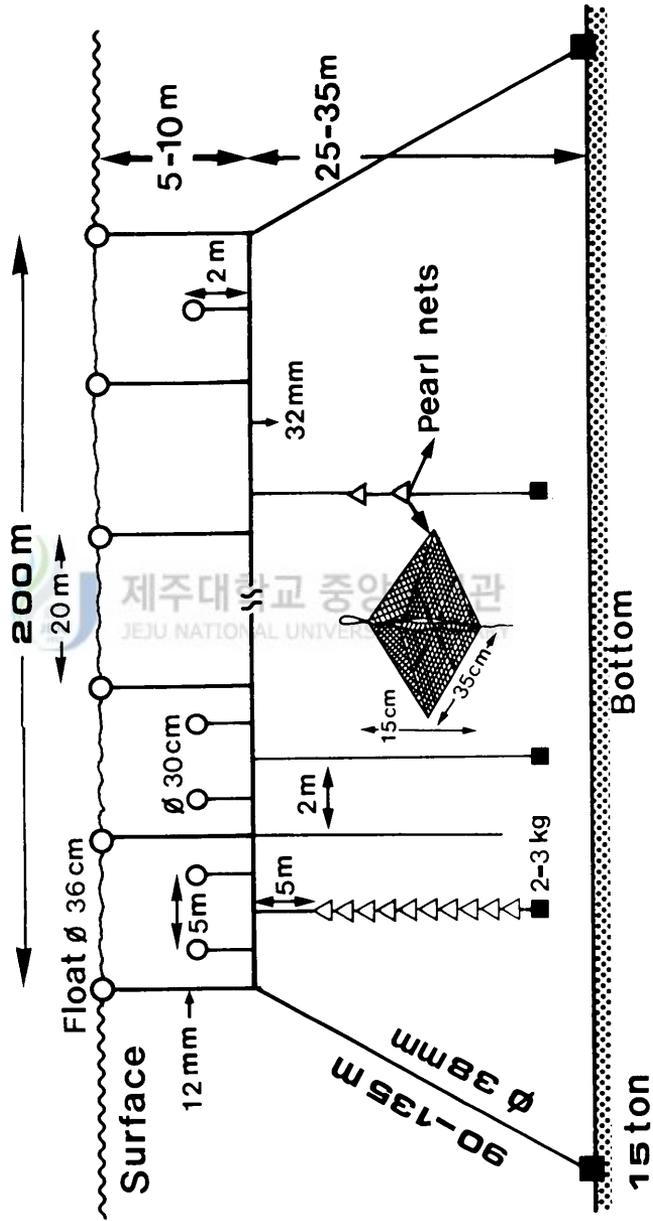


Fig. II -3. Facilities for intermediate culture of the scallops.

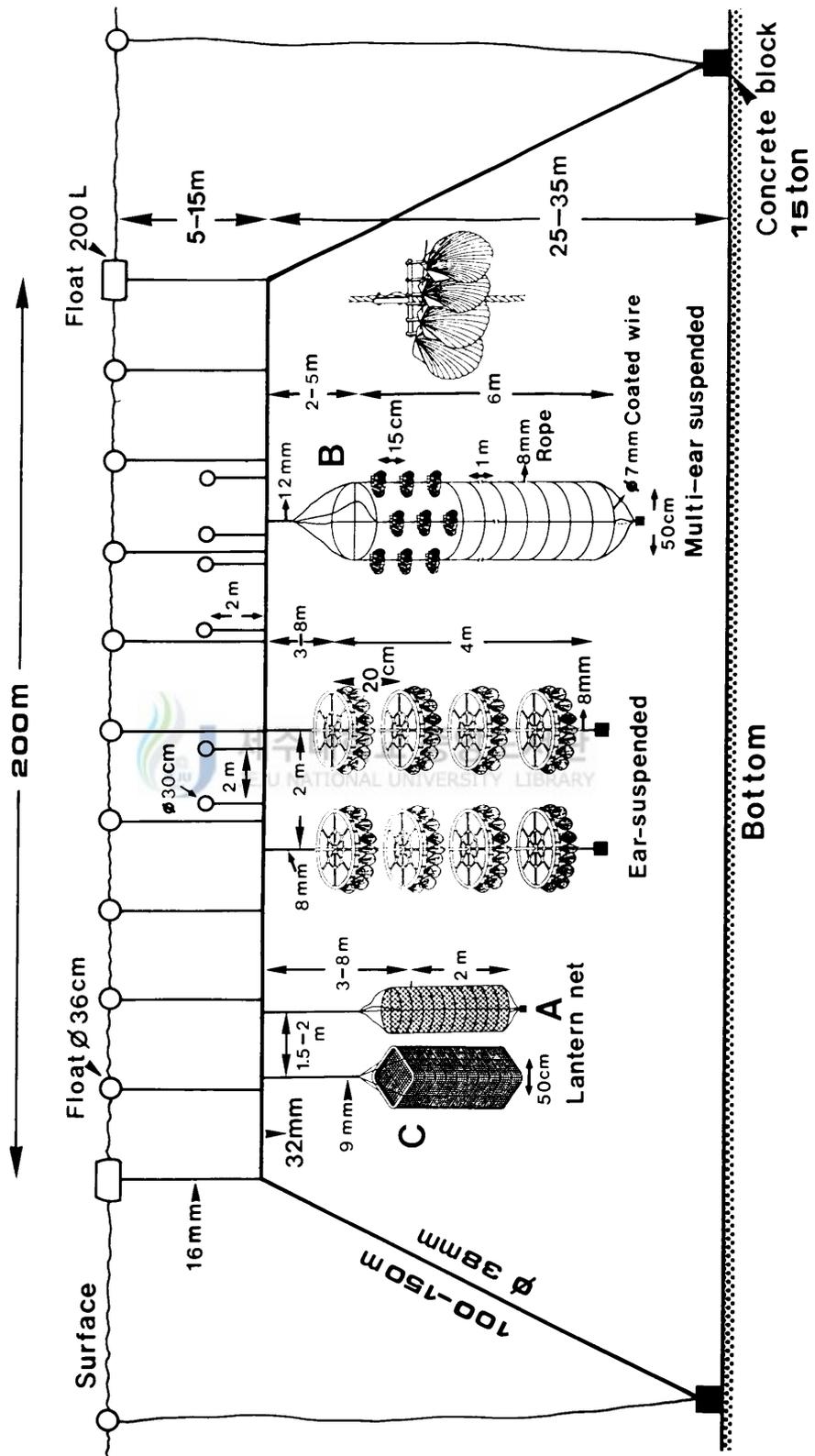
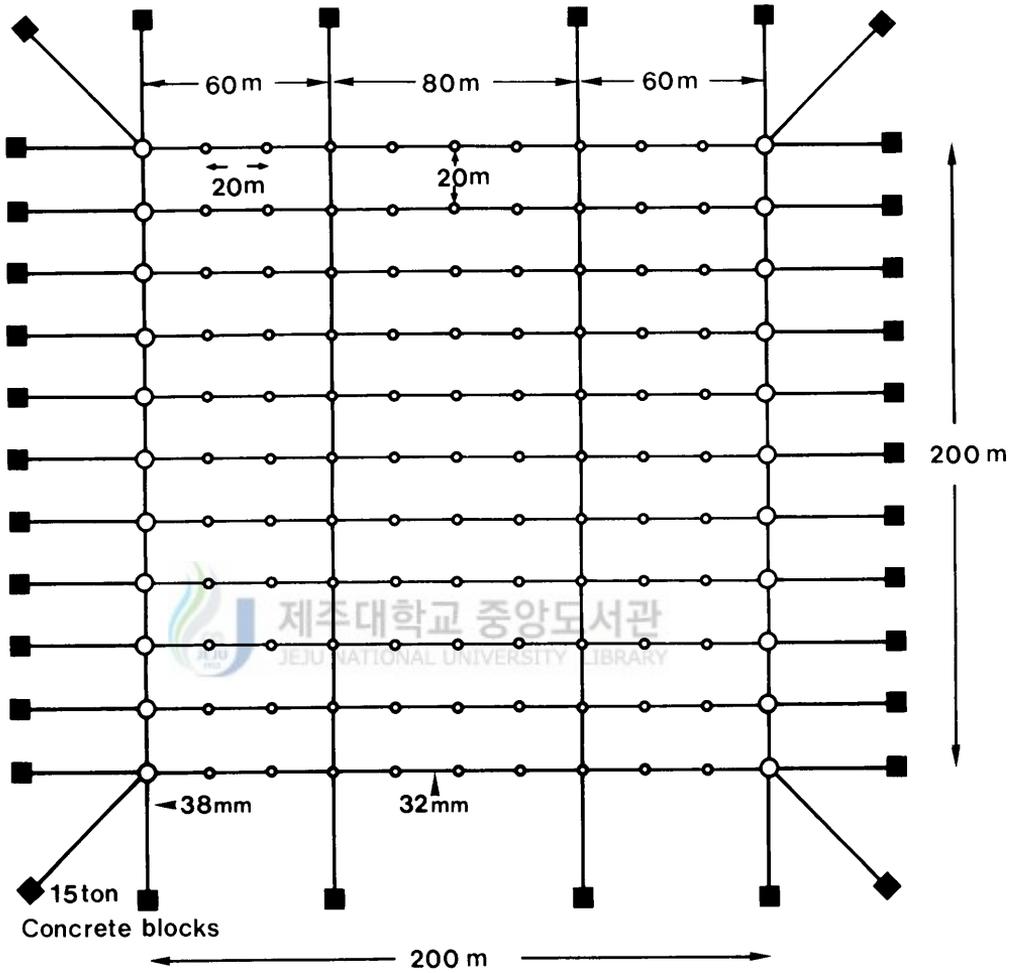


Fig. II -4. A long line culture system designed for hanging culture of the scallops.



**Fig. II-5. Top view of the long line system designed for the scallop culture in this study.**

된 해수에 의한 중량오차를 줄이기 위해 해수를 제거한 후 전자 저울로 0.01 g 까지 측정하였다. 고수온기인 7월중 수하식 양식 시험을 위한 종패의 수하는 참가리비의 폐사 방지를 위해 조사선의 갑판에 직사광선을 피할 수 있는 천막을 치고 수심 20 m 아래층에서 수온 17°C 이하의 해수를 양수하여 현장에서 실시하였다.

## 7. 바닥식 양식

바닥식 양식 시험은 1995년 6월에 채묘된 치패를 1995년 10월 중순부터 1996년 11월 23일까지 각고 4.76~5.98 cm(평균 5.34 cm)로 중간육성 시킨 종묘 1,760천 개체를 씨뿌림하였다. 참가리비의 이동경로와 성장을 조사하기 위하여, 50천 개체의 우각 오른쪽 귀부분을 전기드릴로 직경 1.8 mm의 구멍을 뚫어 표지방류 하였다. 표지방류된 참가리비의 이동거리 측정 및 위치 확인은 씨뿌림 해역 주변에 100 m 간격으로 100 kg 중량의 사각 콘크리트를 설치하여 표지하였고, 100 m 이내의 이동은 SCUBA에 의해 직접 확인하였으며, 100 m 이상의 이동은 SCUBA가 확인한 지점에서 어군탐지기 겸용 위성 GPS(Fugi royal video finder, RV-105GPII)로, 서식형태 관찰은 수중 camera와 Universal digital current meter(Tamaya UC-2)로 측정하였다.

SCUBA 조사가 어려운 수심 30 m 이상 해역은 길이 100 m, 폭 2 m(외망 2 겹 그물코 46 cm, 내망 1겹 그물코 8 cm)의 삼중자망을 Fig. II-6과 같이 1회 당 8 set씩 설치하여 조사하였다. 분포밀도 측정은 12개소의 SCUBA 조사수역에서는 50 cm 또는 100 cm 크기의 방형구로 조사하여  $m^2$ 로 환산하였다. 삼중자망에서는 설치 후 3일간 어획된 개체를  $m^2$ 로 환산하였으며, 자망 어획지점에 대한 분포밀도 환산은 SCUBA 조사시 실제 분포량의 10% 내외가 자망으로 어획되는 점을 감안하여 추정하였다. 또한 동해안에서 참가리비의 서식한계 수심을 알기위하여 외해측으로 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100 m 수심에서

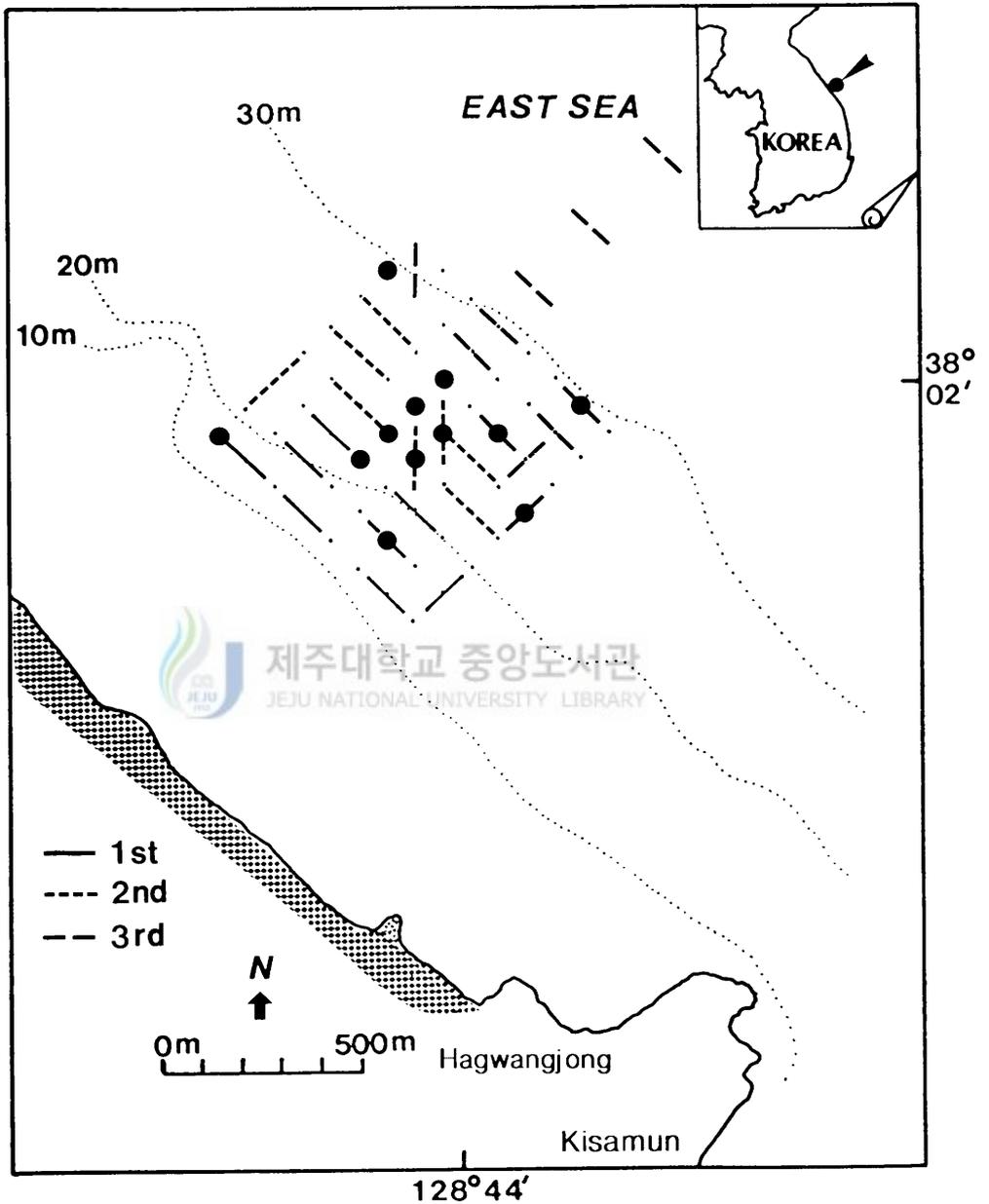


Fig. II-6. Schematic diagram of the gill net straight-line and SCUBA point (●) for recapturing sowing cultured scallops from December, 1996 to August, 1998.

삼중자망에 의한 어획조사도 아울러 실시하였다.

한편, 기사문 연안에서 1996년 11월 23일 씨뿌림 한 것과는 별도로, 1994년 6월에 채묘되어 10월에 중간육성 후 1995년 5월 14일에 각각 2.31~4.98 cm(평균 3.38 cm) 크기로 씨뿌림된 3,920천 개체에 대한 3년생 참가리비의 분포밀도 조사를 1996년 씨뿌림한 것과 같은 방법으로 SCUBA와 삼중자망에 의해 조사하였다.



### Ⅲ. 결 과

#### 1. 환 경

##### 1.1. 수 온

강원 북부의 거진 연안에서 1991년부터 1994년까지 조사한 일별 표층수온과 수층별 수온은 Fig. Ⅲ-1 및 Fig. Ⅲ-2와 같다. 조사기간 중 일별 표층수온은 2.5~27.0℃로서 가장 낮은 수온은 1991년 2월에 2.5℃, 가장 높은 수온은 1994년 8월에 27.0℃이었다. 그러나 여름철 저수온이 지속된 1993년은 7월에 최고 21.8℃로 1994년에 비해 5.2℃ 낮았고, 1991년과 1993년은 저수온을, 1994년은 고수온 현상이 지속되어 일별 수온 차가 매우 컸다. 수층별 수온은 5 m 층 4.1~25.6℃, 10 m 층 4.1~25.2℃, 15 m 층 4.1~24.4℃, 20 m 층 4.0~21.1℃ 및 30 m 층 4.0~17.6℃였다. 특히 참가리바 폐사가 증가된 1994년 7월 중순부터 9월 상순은 표층부터 15 m 층까지 서식 한계수온인 23℃ 이상의 고수온이 50일 이상 지속되었다. 한편, 서식에 알맞은 20℃ 이하의 수온이 연중 지속된 1991년부터 1993년의 15~30 m 수층은 폐사 현상이 거의 없었고, 유생 출현과 채묘 시기인 3월부터 6월까지의 수온은 4.1~12.5℃로서 산란과 치패 부착에 적합하였다.

강원 중부의 주문진 연안에서 1990년부터 1997년까지 조사한 일별 표층수온과 수층별 수온은 Fig. Ⅲ-1 및 Fig. Ⅲ-3과 같다. 조사기간 중 일별 표층수온은 2.5~26.8℃로서 가장 낮은 수온은 1991년 2월에 2.5℃, 가장 높은 수온은 1994년 8월의 26.8℃였고, 1993년 7월은 최고 22.1℃로 여름철 수온 중에서 가장 낮았다. 특히, 서식에 영향을 미치는 수온의 일교차는 치패 부착과 성장 시기인 1991년 6월 15일의 17.2℃에서 6월 17일에는 10.1℃로 급강하하여 외해역에서의 일교차가 매우 컸다. 수층별 수온은 5 m 층 4.9~25.3℃, 10 m 층 4.9~23.8℃, 15 m 층 4.8~21.4℃, 20 m 층 4.8~20.4℃ 및 30 m 층 4.7~17.5℃로

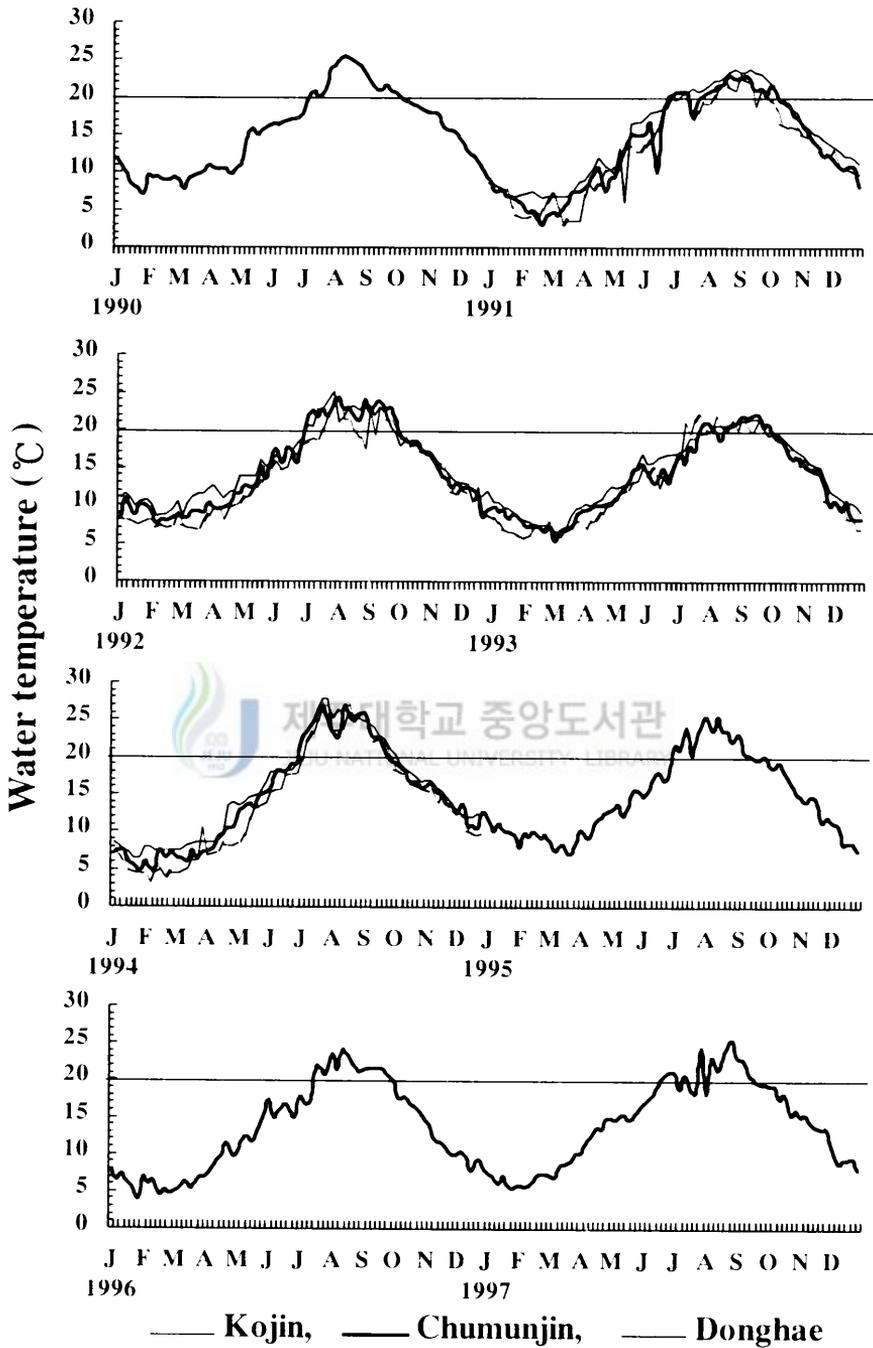


Fig. III-1. Daily variation of surface water temperature from 1990 to 1997.

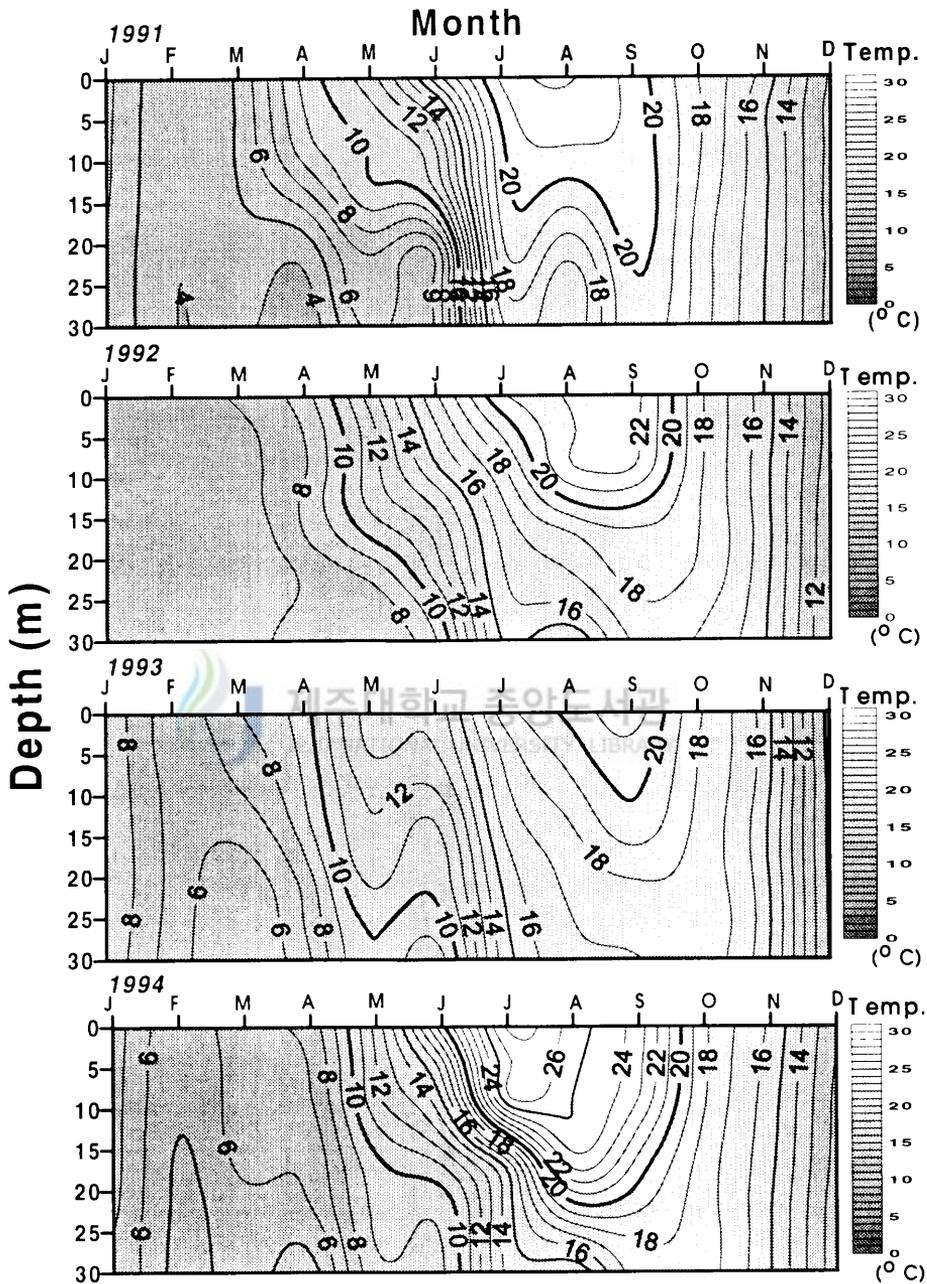


Fig. III-2. Vertical distribution of water temperature at scallop culture ground in Kojin.

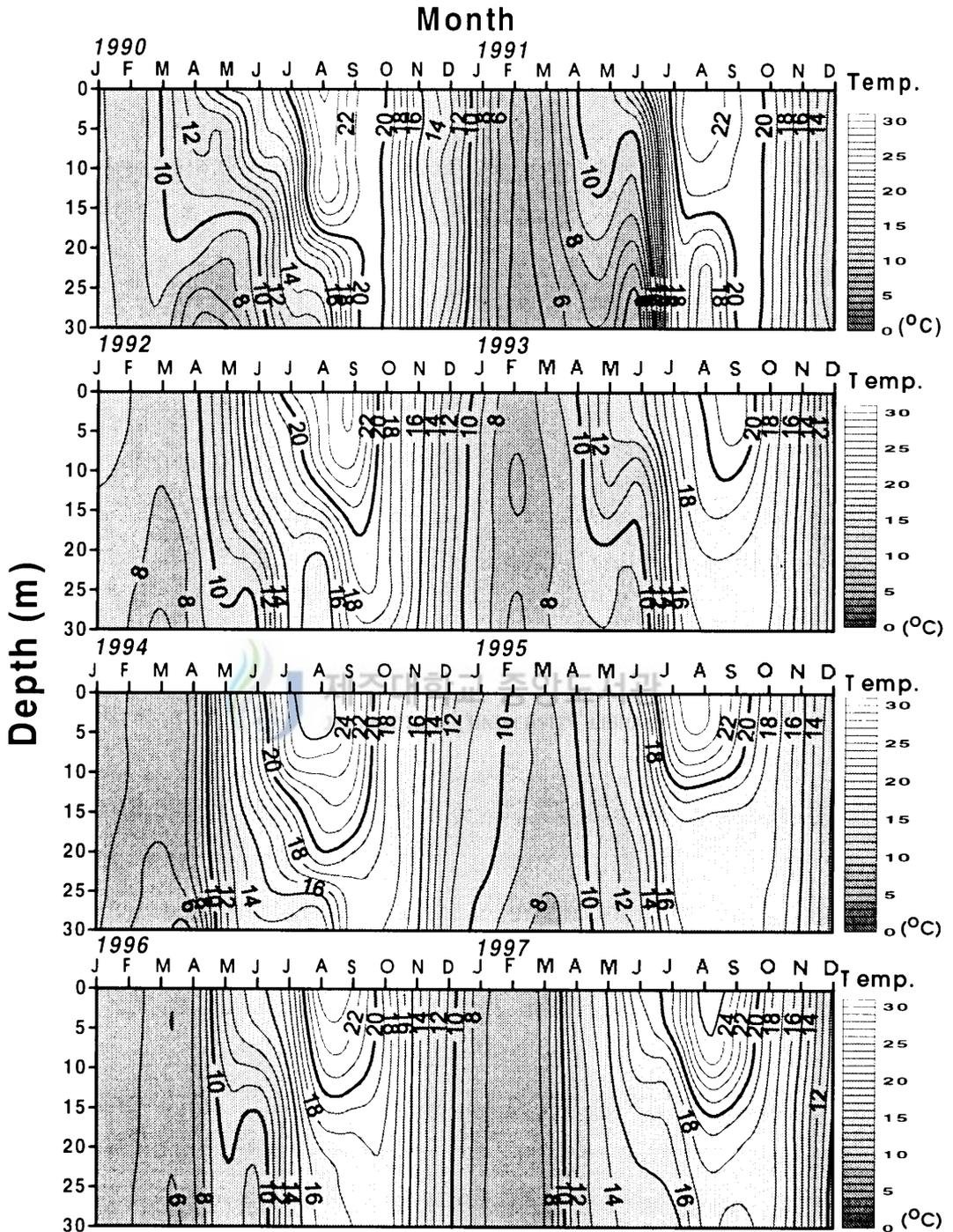


Fig. III-3. Vertical distribution of water temperature at scallop culture ground in Chumunjin.

겨울 수온은 북부의 거진에 비해 높았으나 여름 수온은 오히려 낮았다. 특히 참가리비 폐사가 일부 나타난 1994년 7월 중순부터 9월 상순은 표층에서 5 m 층까지 서식 한계수온인 23℃ 이상이었고, 표층과 저층 사이의 수온 차이가 12.4℃로서 저층이 크게 낮았다. 1996년의 15~30 m 수층은 연중 19℃ 이하로 유생 출현 및 치패 부착과 모패 성장에 알맞은 수온이 유지되었고, 대량 폐사가 발생한 1997년은 표층에서 10 m 층까지 23℃ 이상으로, 특히, 6월 수온은 7월에 비해 1.2~1.8℃ 높아 저수온과 고수온의 불규칙한 반복이 지속되었다. 한편, 양성수층인 15~30 m 층에서 서식에 알맞은 20℃ 이하의 수온이 연중 지속된 해는 1991년, 1992년, 1993년, 1995년 및 1996년으로 폐사 현상이 거의 없었고, 10 m 층에서 23℃ 이상의 서식 한계수온을 보인 1997년은 폐사가 많았으며, 구분진 이북에서의 서식 가능한 수심층은 15 m 층이었다.

남부의 동해 연안에서 1991년부터 1994년까지의 일별 표층수온과 수층별 수온은 Fig. III 1 및 Fig. III 4와 같다. 일별 표층수온은 6.5~27.9℃로서 조사 해역 중에서 가장 높았다. 수온이 낮은 해는 1993년이며, 높은 해는 1994년이였다. 한편, 1991년부터 1993년까지 수층별 수온은 5 m 층 6.8~23.4℃, 10 m 층 6.7~23.0℃, 15 m 층 6.7~22.8℃, 20 m 층 6.5~22.2℃ 및 30 m 층 6.4~21.6℃로 1991년 9월은 30 m 층까지 21.6℃, 1992년 8월과 9월은 25 m 층까지 20℃ 이상의 고수온이 지속되었으나, 20 m 이심 층은 서식 가능한 수온(5~23℃)이었다.

바닥적 양성장인 기사문 연안의 1996년부터 1997년까지의 수층별 수온은 Fig. III-5와 같다. 1996년은 표층 6.2~23.6℃, 10 m 층 6.2~22.1℃, 15 m 층 6.2~18.9℃, 20 m 층 6.2~18.2℃, 25 m 층 6.1~17.5℃ 및 30 m 층 6.1~17.6℃로 씨뿌림 수층인 20~30 m 층은 참가리비 서식에 적합한 20℃ 이하의 수온이 연중 유지되었고, 1997년은 표층 7.0~25.5℃, 10 m 층 6.9~24.9℃, 15 m 층 6.5~20.1℃, 20 m 층 6.5~18.4℃, 25 m 층 6.4~17.7℃ 및 30 m 층 6.4~17.3℃로서 수하적 양성에서 폐사를 보인 1997년에도 바닥적 양성은 폐사가 없었다.

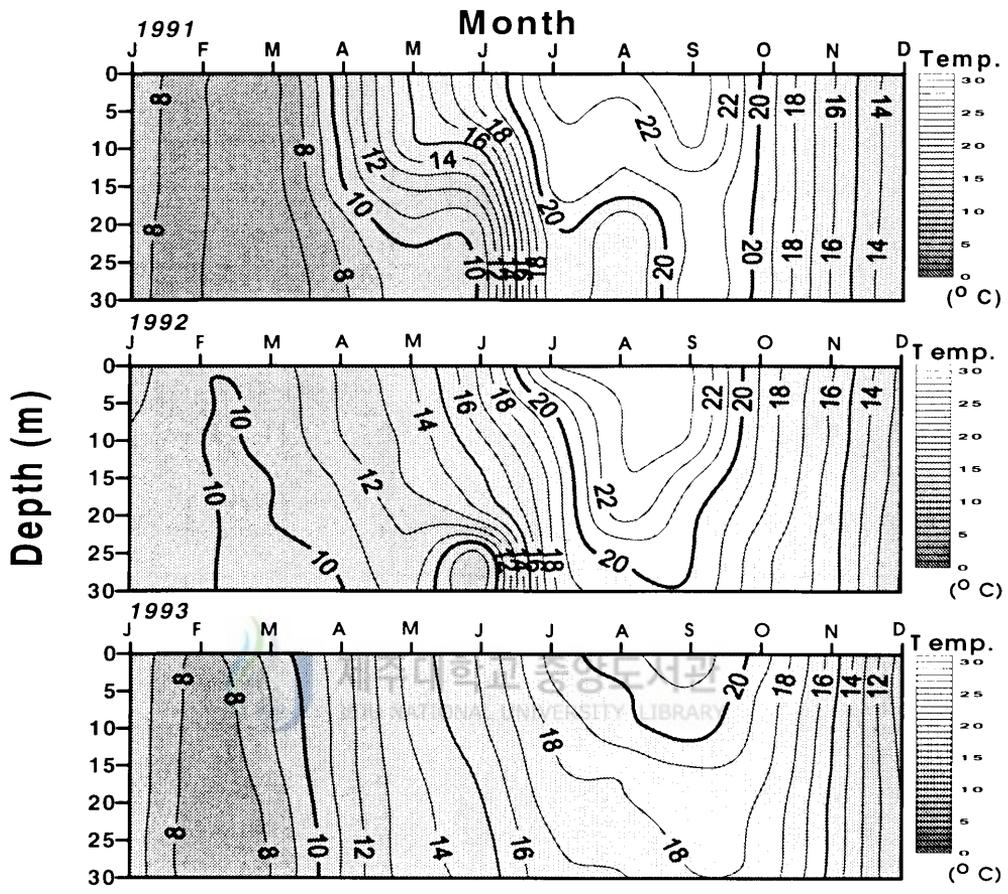


Fig. III-4. Vertical distribution of water temperature at scallop culture ground in Donghae.

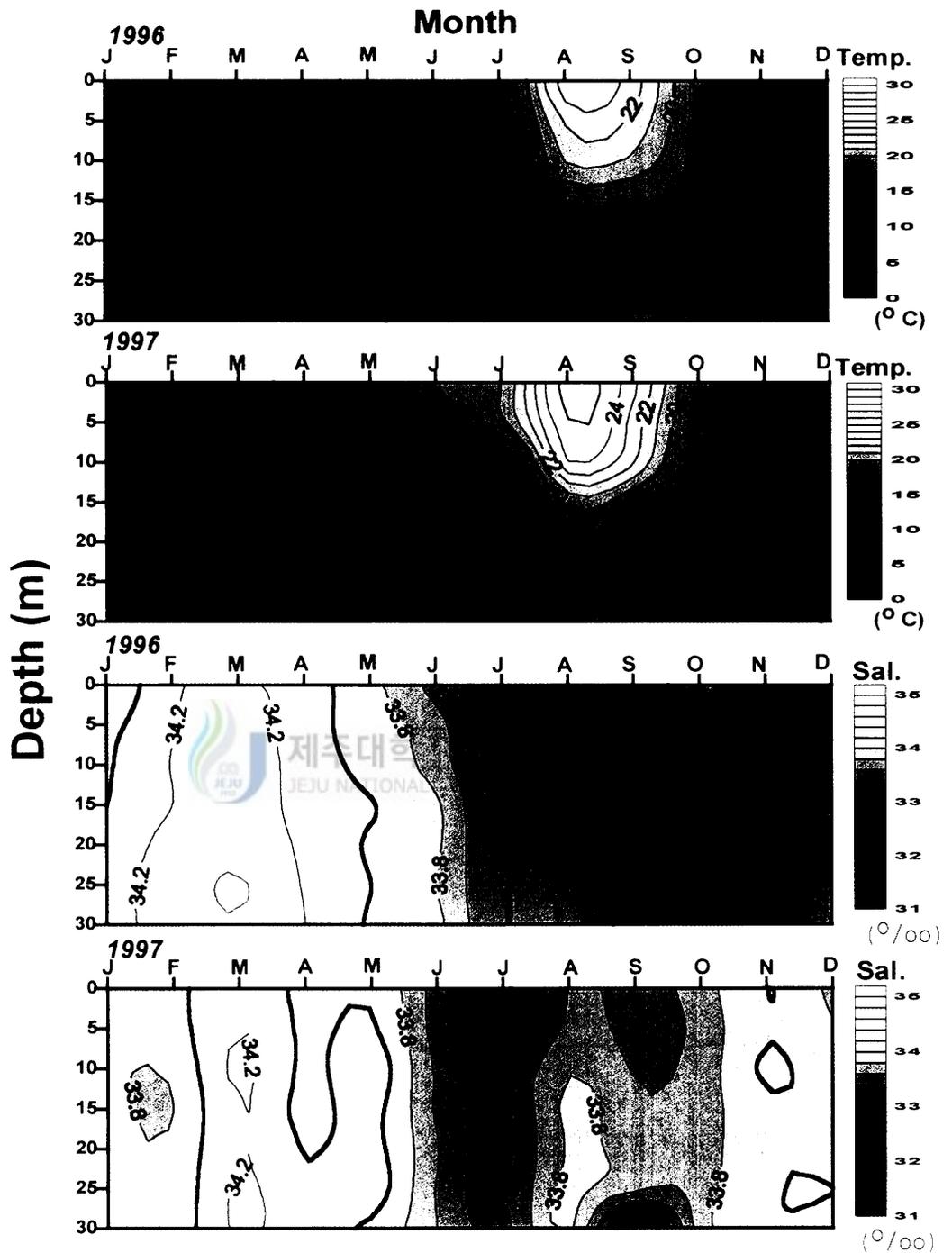


Fig. III-5. Vertical distribution of water temperature and salinity on the scallop sowing culture ground at Kisamun.

## 1.2. 염 분

강원 북부의 기진 연안에서 1991년부터 1994년까지의 수층별 염분은 Fig. III-6과 같다. 표층 염분은 31.3~34.3‰, 10 m 층 32.6~34.3‰, 15 m 층 32.8~34.2‰, 20 m 층 32.4~34.2‰ 및 30 m 층 32.7~34.2‰로서 참가리비 양성층인 10 m 이하 층은 연중 32.7‰ 이상으로 서식에 적합하였다.

강원 중부의 주문진 연안에서 1991년부터 1997년까지의 수층별 염분은 Fig. III-7과 같다. 표층 염분은 31.5~34.5‰, 10 m 층 32.3~34.3‰, 15 m 층 32.4~34.3‰, 20 m 층 32.4~34.3‰, 30 m 층 32.7~34.4‰였고, 특히 1991년 8월은 표층에서 수심 5 m 층까지 31.5~31.6‰의 저염분이었다. 따라서 1991년 8월과 1995년 8월의 표층을 제외하고는 수심 10 m 이심의 양성층은 연중 32.3~34.4‰로 서식에 적합하였다.

강원 남부의 동해 연안에서 1992년부터 1993년까지의 수층별 염분은 Fig. III-8과 같다. 표층 염분은 32.4~34.5‰, 10 m 층 32.8~34.5‰, 15 m 층 33.0~34.5‰, 20 m 층 33.1~34.5‰, 30 m 층 33.2~34.4‰로서 표층의 저염분을 제외하고는 서식에 적합하였다.

한편 바닥식 양성장인 기사문 연안의 연중 염분 분포(Fig. III-5)는 1996년에 씨뿌림 서식층인 20~30 m 층은 32.4~34.4‰, 1997년은 33.6~34.2‰로서 9월을 제외하고는 연중 32.7‰ 이상으로 서식에 적합한 고염분이었다.

## 1.3. 용존산소

용존산소 분포는 기진 연안(Fig. III-9)은 1991년부터 1994년 중 5.16~8.21 ml/l였고, 주문진 연안(Fig. III-10)은 1991년부터 1997년 중 4.14~8.11 ml/l, 동해 연안(Fig. III-11)은 1991년부터 1993년 중 4.65~7.86 ml/l였다. 용존산소는 대체로 2월과 3월에 높고, 8월과 9월에 낮았으며, 특히, 1993년 8월의 주문진 연안은 4.14~4.31 ml/l로 매우 낮았다. 수층별 분포는 표층에서 10 m 층까지 높았고, 여름철 표층에서 10 m 층을 제외하고는 양식에 비교적 적합하였다.

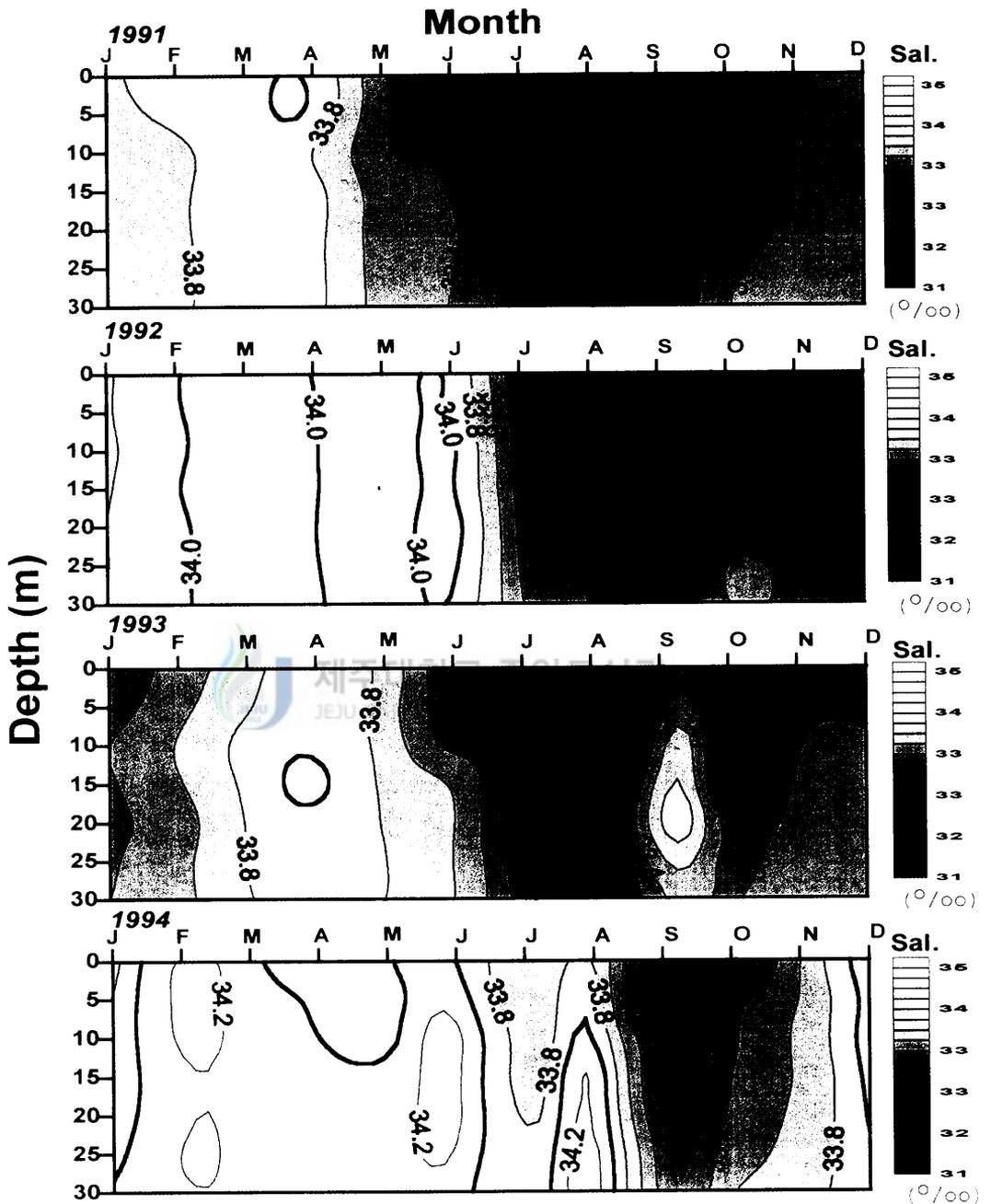


Fig. III-6. Vertical distribution of salinity at scallop culture ground in Kojin.

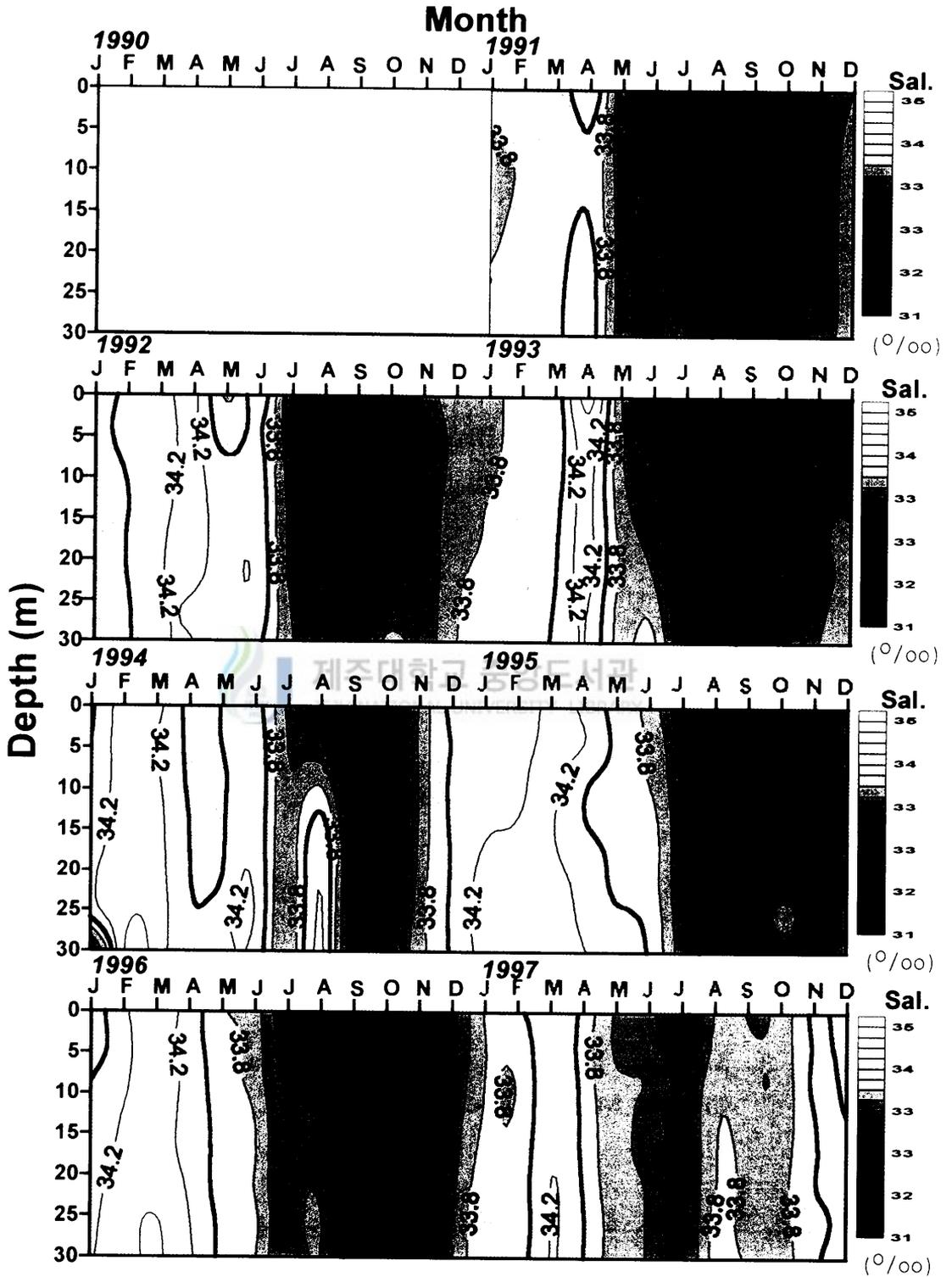


Fig. III-7. Vertical distribution of salinity at scallop culture ground in Chumunjin.

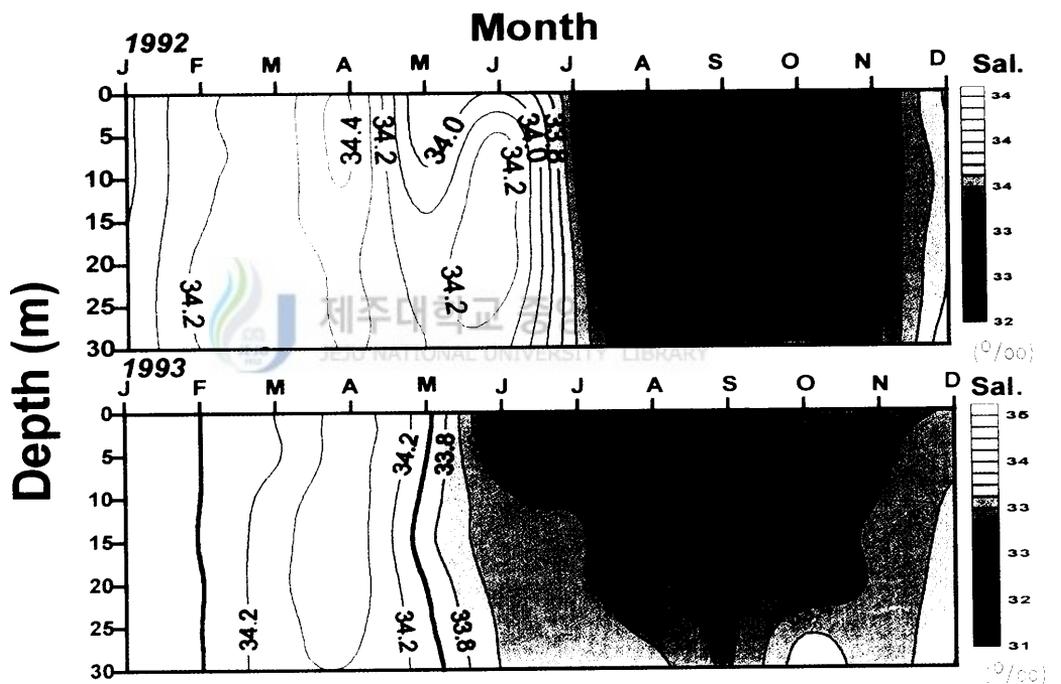


Fig. III-8. Vertical distribution of salinity at scallop culture ground in Donghae.

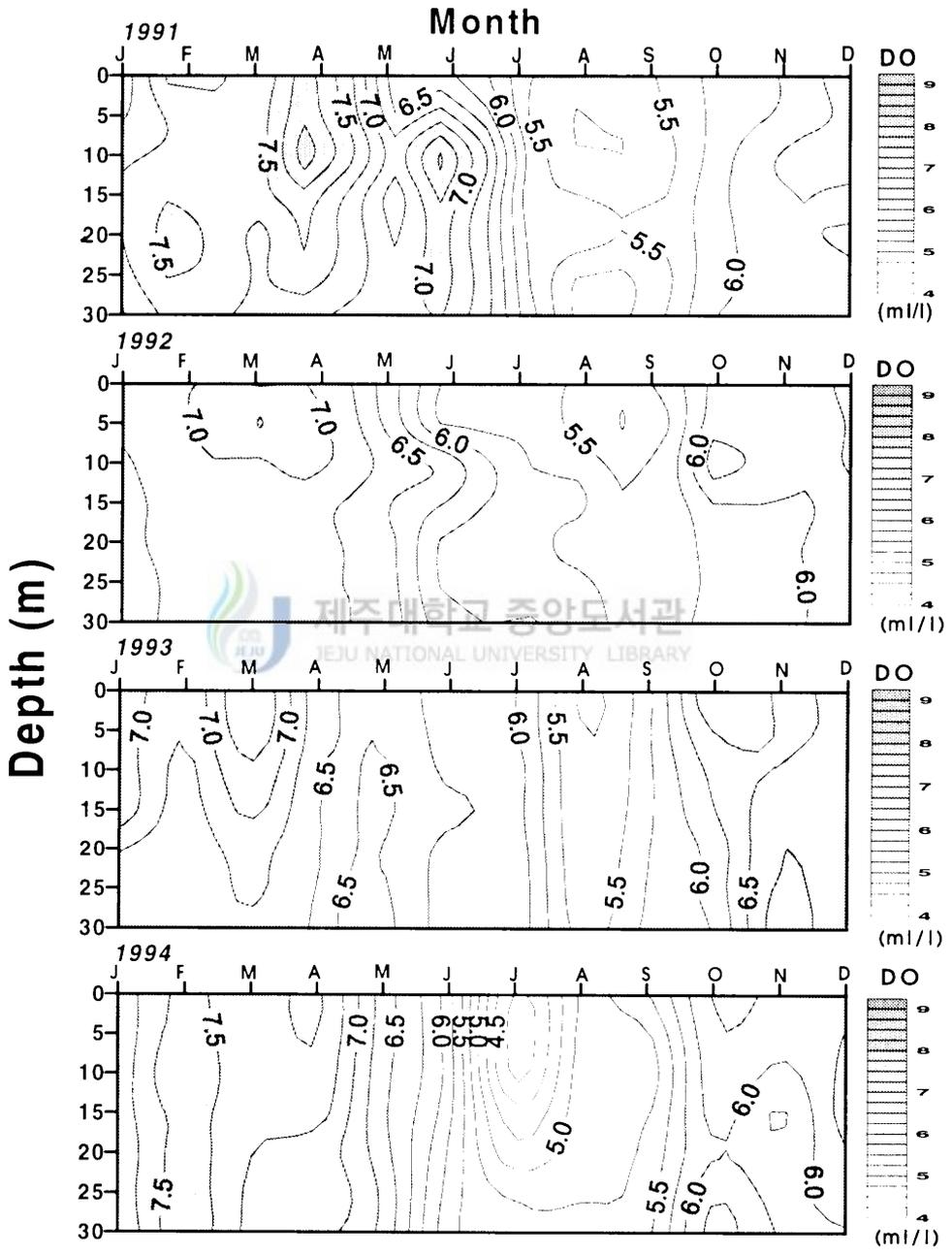


Fig. III-9. Vertical distribution of dissolved oxygen at scallop culture ground in Kojin.

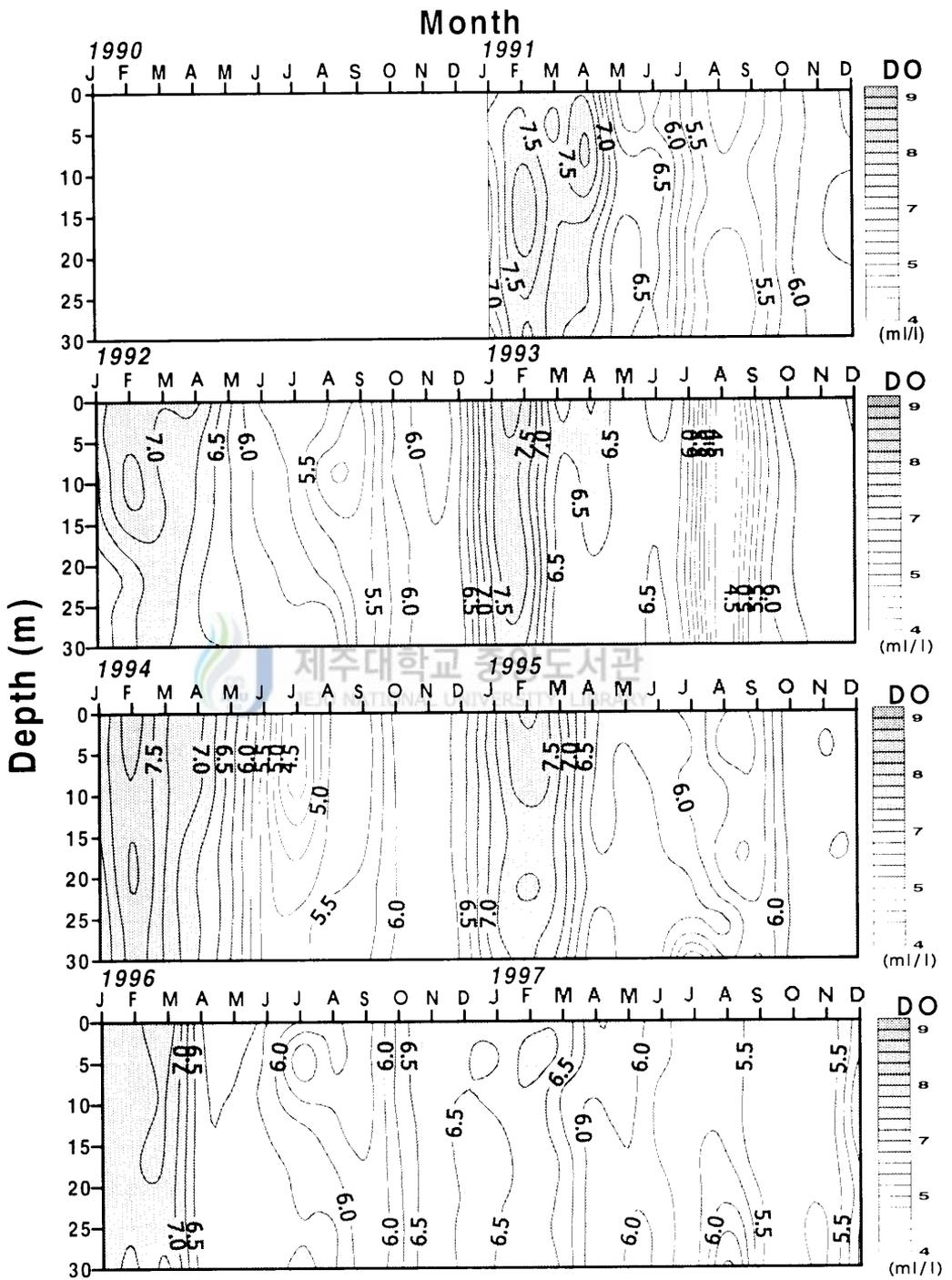


Fig. III-10. Vertical distribution of dissolved oxygen at scallop culture ground in Chumunjin.

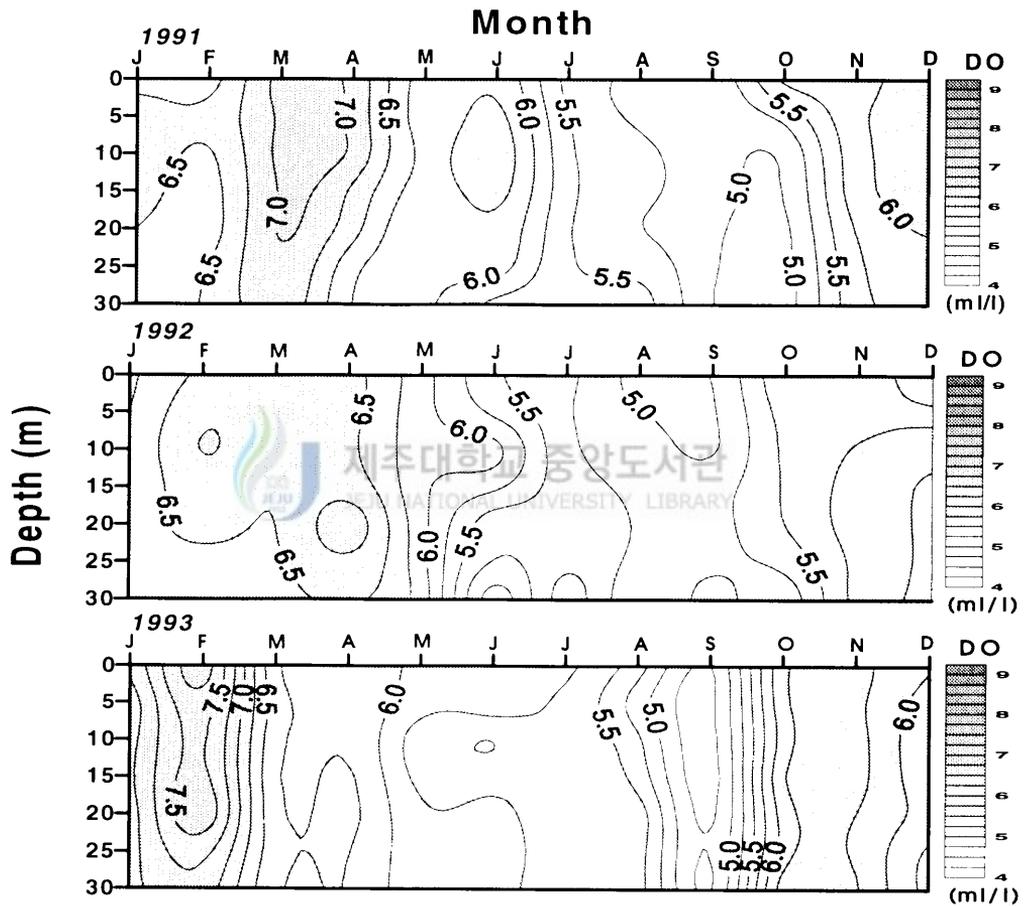


Fig. III-11. Vertical distribution of dissolved oxygen at scallop culture ground in Donghae.

#### 1.4. 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD)

주문진 연안에서 COD 분포(Fig. III-12)는 1991년에 0.23~0.92 mg/l(평균 0.49 mg/l), 1992년 0.34~1.06 mg/l(평균 0.57 mg/l), 1993년 0.24~1.14 mg/l(평균 0.55 mg/l) 및 1994년 0.28~1.18 mg/l(평균 0.60 mg/l)으로 COD 값은 1991년 이후 약간씩 증가되고 있으며, 7월에서 9월을 제외하고는 연중 1 mg/l 이하였다.

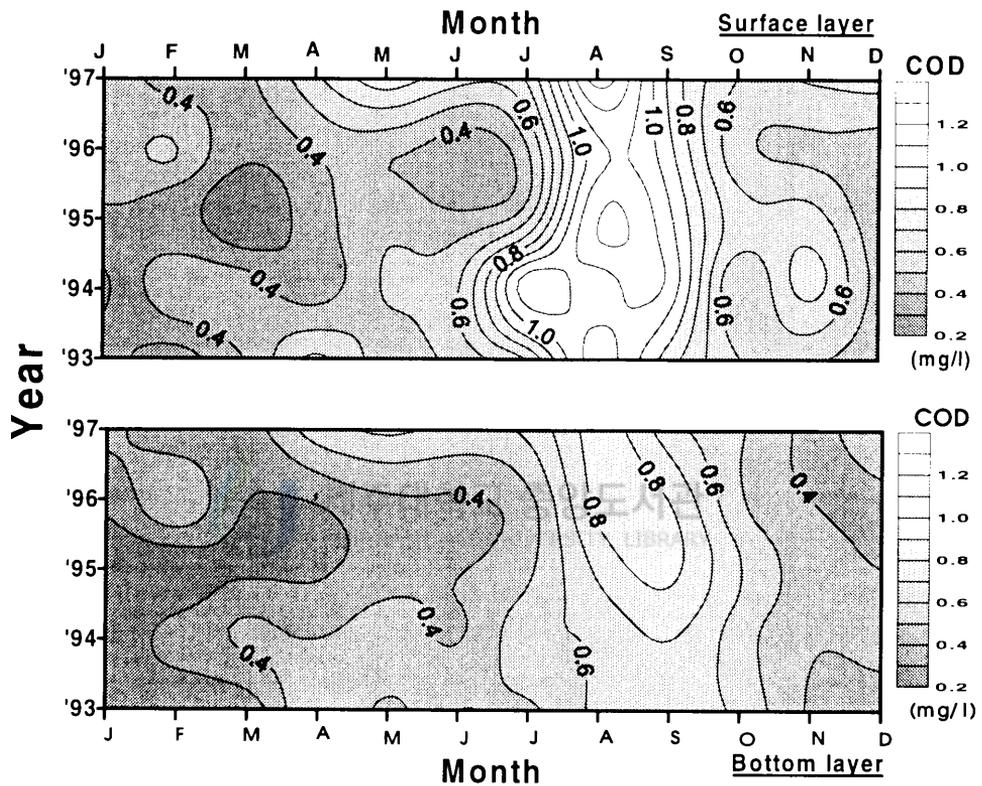
#### 1.5. 투명도

투명도 분포는 가진 연안(Fig. III-13)은 1991년부터 1994년 중 6.2~16.4 m로 참가리비의 성장이 양호한 1992년 5월부터 8월 사이는 6.6~8.8 m로 낮은 값을 보인 반면, 폐사가 발생한 1994년 5월부터 8월 사이는 11.4~13.5 m로 높았다. 주문진 연안(Fig. III-14)은 1990년부터 1998년 5월까지 6.0~18.1 m로 1990년, 1991년 및 1997년에 높고, 참가리비의 성장과 채묘가 양호한 1993년과 1996년 및 1998년에 낮았다. 특히, 대량폐사가 발생한 1997년 6월부터 9월의 투명도는 13.1~16.0 m로 조사기간 중 가장 높은 반면, 대량의 치패 생산이 이루어진 1996년의 같은 기간에는 6.0~7.7 m로 가장 낮았고, 치패 생산이 최대를 보인 1998년에도 투명도를 8 m 이하로 낮았다.

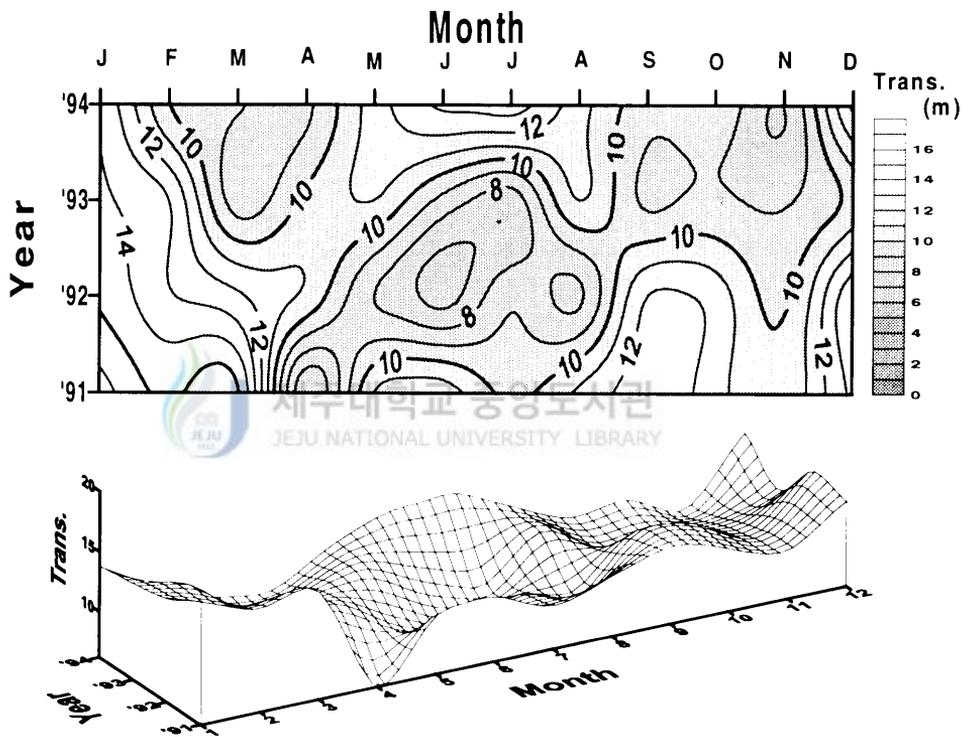
동해 연안(Fig. III-15)에서 1991년부터 1993년까지의 투명도는 7.3~15.9 m로, 북부 해역과 같이 성장이 양호한 1993년에 특히 낮았다.

#### 1.6. 바닥질의 입도조성

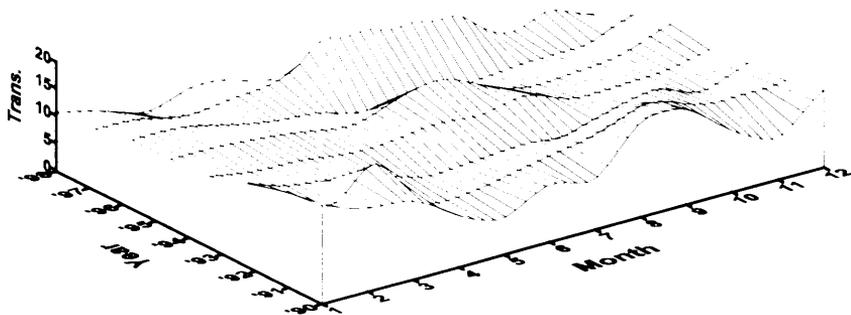
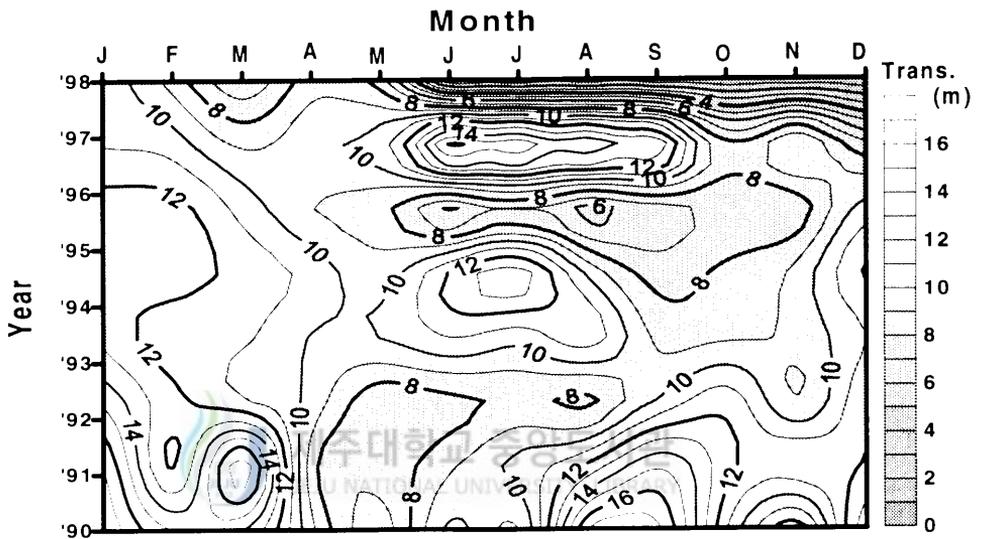
강원 연안 바닥양식장 6개소에 대한 퇴적물의 입도를 Folk and Ward(1957)의 방법으로 Table III-1과 같이 분류하였다. 전 해역에서 채취된 퇴적물의 입도분석 결과, 공현진의 입도 분포는 1~6  $\phi$ 로, 0~30 cm 퇴적층에서는 모두 비슷한 입도를 나타냈다. 참가리비가 서식하는 0~10 cm 표토층은 3  $\phi$ 의 세립질 모래(fine sand)가 52.04%로 가장 높고, 2  $\phi$ 의 중립질 모래(medium sand)가 23.34%, 4  $\phi$ 의 극세립질 모래(very fine sand)가 17.26%, 5  $\phi$ 의 실트질(silt)이 4.93%였고, 다른 해역에 비해 씨뿌림 이후의 서식밀도가 가장 높았다.



**Fig. III-12. Chemical oxygen demand (COD) distribution at surface and bottom layer at scallop culture ground in Chumunjin from 1993 to 1997.**



**Fig. III-13. Distribution of transparency (m) at scallop culture ground in Kojin from 1991 to 1994.**



**Fig. III-14. Distribution of transparency (m) at scallop culture ground in Chumunjin from 1990 to 1998.**

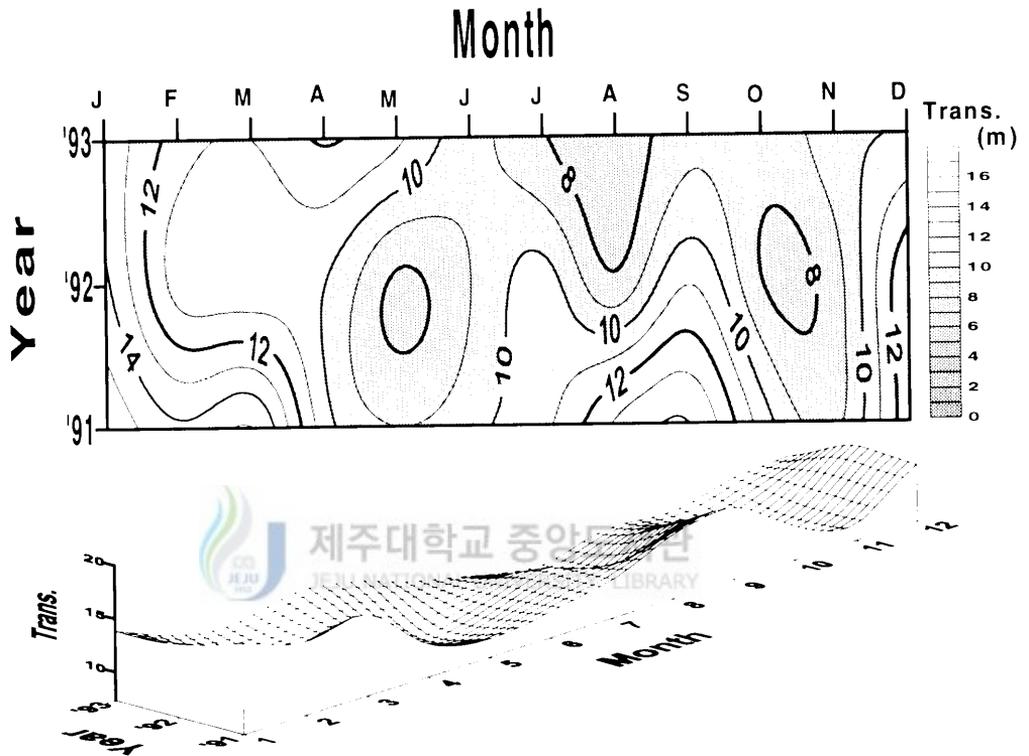


Fig. III-15. Distribution of transparency (m) at scallop culture ground in Donghae from 1991 to 1993.

속초시 대포는 광현진과 같은 1~6  $\phi$ 로, 층별 입도는 0~10 cm의 표토층이 20~30 cm 층에 비해 기질었다. 참가리비 서식층인 0~10 cm 층의 입도는 3  $\phi$ 가 56.28%로 가장 높고, 씨뿌림 이 후 서식밀도가 비교적 높았다.

양양 기사문은 1~6  $\phi$ 로 참가리비 서식층인 0~10 cm 층은 3  $\phi$ 가 55.86%, 2  $\phi$ 가 26.74%, 4  $\phi$ 가 13.33%, 5  $\phi$ 가 0.60%로 fine sand의 비율이 높고, 씨뿌림 이 후 서식밀도가 광현진 다음으로 높았다.

강릉시 사천은 3  $\phi$ ~3  $\phi$ 의 락질모래(gravelly sand) 또는 잔자갈(pebbles), 패각질(shell fragment)이 주류를 이루었다. 0~10 cm 층의 입도는 -1~-2  $\phi$ 가 36.89%로 가장 높고, 0~-1  $\phi$ 가 33.07%, 1  $\phi$ 가 12.74%, 2  $\phi$ 가 6.63%로 3  $\phi$  이하의 세립질 모래는 거의 분포하지 않았다. 특히, 이 지역은 참가리비와 함께 개랑조개, 접시조개 등의 사패 집단이 조개 무더기를 이루고 있으며, 강한 유속에 의해 표토층은 50~80 cm 폭의 고랑지역이 많았고, 생존 개체보다는 폐사 개체가 가장 많았다.

강릉시 안북은 0~6  $\phi$  범위로, 0~10 cm 층은 3  $\phi$ 가 43.36%로 가장 높고, 2  $\phi$ 가 32.23%, 1  $\phi$ 가 10.04%, 4  $\phi$ 가 8.29%였고, 0  $\phi$ 의 극조립질 모래(very coarse sand)도 5.76%로 높았다. 이 지역은 바닥식 양식이 가능한 곳이나 강릉 남대천 하구 주변에서는 폐사체가 많았다.

동해시 어담은 1~6  $\phi$  범위로 0~10 cm 층의 입도는 3  $\phi$ 가 54.04%로 가장 높고, 2  $\phi$ 가 20.92%, 4  $\phi$ 가 18.36%, 5  $\phi$ 가 3.63%로 광현진, 사천과 같은 세립질 모래였고, 씨뿌림된 참가리비의 서식밀도가 높았다.

**Table III-1. Composition of sediments grain size on the sowing culture grounds along the coastal area of East Sea.**

Site	Vertical depth of sediment (cm)	Shell fragment (mm)	Percent of sediment particles with diameter									
			Sand (mm)				Clay ( $\mu$ m)					
			10 <	10.0-4.75	4.74-2.0	1.99-0.9	0.89-0.5	0.49-0.25	0.24-0.125	0.124-0.062	62.3-1	>31
Konghyunjin	0-10	a				1.92	23.34	52.04	17.26	4.93	0.51	
		b				1.92	25.26	77.30	94.56	99.49	100.00	
	10-20	a				2.36	23.66	52.51	16.21	1.80	0.16	
		b				2.36	26.02	78.53	94.74	99.54	100.00	
20-30	a				2.14	22.14	52.61	18.91	4.04	0.16		
	b				2.14	24.28	76.89	95.80	99.84	100.00		
Taepo	0-10	a				3.88	26.97	56.28	11.92	0.90	0.05	
		b				3.88	30.85	87.13	99.05	99.95	100.00	
	10-20	a				2.64	24.21	58.32	12.93	1.83	0.07	
		b				2.64	26.85	85.17	98.10	99.93	100.00	
20-30	a				2.66	23.86	56.49	13.80	3.10	0.09		
	b				2.66	26.52	83.01	96.81	99.91	100.00		
Kisamun	0-10	a				3.26	26.74	55.86	13.33	0.60	0.21	
		b				3.26	30.00	85.86	99.19	99.79	100.00	
	10-20	a				2.14	25.26	59.21	12.13	1.12	0.14	
		b				2.14	27.40	86.61	98.74	99.86	100.00	
20-30	a				2.49	23.36	61.83	10.20	2.06	0.06		
	b				2.49	25.85	87.68	97.88	99.94	100.00		
Sachon	0-10	a	1.11	6.47	36.89	33.07	12.74	6.63	0.09			
		b	1.11	10.58	47.47	80.54	93.28	99.91	100.0			
	10-20	a	2.60	4.62	33.10	37.14	15.12	7.26	0.16			
		b	2.60	7.22	40.32	77.46	92.58	99.84	100.0			
20-30	a	1.70	2.8	31.20	36.34	18.33	9.32	0.31				
	b	1.70	4.50	35.70	72.04	90.37	99.69	100.0				
Anmok	0-10	a				5.76	10.04	32.23	43.36	8.29	0.30	
		b				5.76	15.80	48.03	91.39	99.68	99.98	
	10-20	a				4.62	10.61	31.39	45.03	7.11	1.14	
		b				4.62	15.23	46.62	91.65	98.76	99.90	
20-30	a				5.02	9.26	26.88	46.11	10.46	2.06		
	b				5.02	14.28	41.16	87.27	97.73	99.79		
Odal	0-10	a				2.74	20.92	54.04	18.36	3.63	0.31	
		b				2.74	23.66	77.70	96.06	99.69	100.00	
	10-20	a				1.20	23.66	54.30	17.63	3.11	0.10	
		b				1.20	24.86	79.16	96.79	99.90	100.00	
20-30	a				1.60	20.88	52.07	20.57	4.72	0.16		
	b				1.60	22.48	74.55	95.12	99.84	100.00		

## 2. 생식주기

### 2.1. 생체중량지수의 변화

#### 2.1.1. 비만도

월별 비만도 변화는 암수 모두 1992년 10월에 각각  $0.163 \pm 0.025$ 와  $0.160 \pm 0.011$ 로 가장 낮았다가 점차 상승하여 이듬해 4월에 암수 각각  $0.204 \pm 0.015$ ,  $0.193 \pm 0.011$ 로 최대값이 되었다(Table III 2).

#### 2.1.2. 소화맹장중량지수(DDI) 및 폐각근중량지수(AMI)의 변화

DDI는 암수 각각 12월에  $11.14 \pm 1.25$ 와  $11.10 \pm 1.13$ 으로 최대값 이었다가 이듬해 암컷은 9월에  $5.61 \pm 0.71$ , 수컷은 8월에  $5.58 \pm 1.84$ 로 최저값으로 되었다. AMI는 4월에 암수 각각  $31.36 \pm 2.27$ 과  $32.13 \pm 3.18$ 로 최저로 되었다가, 이 후부터 급격하게 증가하여 7월에 암컷  $47.71 \pm 3.17$ , 수컷  $48.70 \pm 3.55$ 로 가장 높았다(Fig. III 16).

#### 2.1.3. 생식소중량지수(GSI)의 변화

암컷의 월별 GSI 변화는  $2.84 \pm 0.37$ (8월)~ $22.66 \pm 4.38$ (4월)로 9월부터 서서히 높아지다가 3월에 급격히 증가하여 4월에 최고값을 보였다. 수컷의 GSI 변화는  $2.03 \pm 0.80$ (8월)~ $20.46 \pm 1.49$ (4월)로 암컷과 같은 변화 경향이었다(Fig. III 17).

1991년부터 1998년까지 산란기 전후의 GSI의 연변화를 조사한 결과, 1991년에는 4월 초순에 최고에 이를 후 급격히 감소하였으며, 1993년에는 4월 초순에 최고점에 이르렀으나 예전에 비하여 낮은 값으로 서서히 감소하였다. 1994년은 3월 초순부터 빠르게 증가하여 3월 하순에 가장 높은 값으로 1개월간 지속되다가 서서히 감소하였으며, 1995년은 3월 초순부터 증가하여 4월 하순에 가장 높았다. 그러나 고수온을 보인 1997년과 1998년은 3월 하순에 최고값을 보인 후 빠르게 감소하여 산란기가 매우 빨랐다(Fig. III 18).

**Table III-2. Comparison of monthly growth of cultured scallops and its condition factors**

Month	Sex	Indiv.	SL (mm)	SH (mm)	SW (mm)	TW (g)	MW (g)	CF
Oct. 1992	♀	9	79.1 ± 2.4	76.8 ± 2.2	22.3 ± 1.4	60.5 ± 6.3	22.2 ± 2.8	0.163 ± 0.025
	♂	8	79.8 ± 2.8	78.0 ± 3.4	21.9 ± 1.2	60.0 ± 6.3	21.9 ± 3.2	0.160 ± 0.011
Nov.	♀	5	75.5 ± 4.0	73.2 ± 3.5	19.6 ± 2.2	51.9 ± 4.4	20.1 ± 2.4	0.189 ± 0.038
	♂	15	77.4 ± 4.3	75.1 ± 3.9	20.4 ± 2.7	54.0 ± 7.6	20.7 ± 2.9	0.177 ± 0.022
Dec.	♀	7	95.7 ± 3.5	92.5 ± 4.5	26.0 ± 2.3	105.1 ± 10.3	40.7 ± 4.3	0.178 ± 0.020
	♂	13	98.3 ± 3.9	94.9 ± 3.8	25.5 ± 1.4	104.0 ± 7.5	39.0 ± 3.1	0.165 ± 0.016
Jan. 1993	♀	8	99.9 ± 3.0	97.1 ± 3.5	27.0 ± 3.3	113.6 ± 9.6	42.5 ± 4.0	0.164 ± 0.021
	♂	11	98.2 ± 4.1	94.4 ± 3.1	25.8 ± 2.6	105.0 ± 6.7	41.0 ± 3.6	0.174 ± 0.022
Feb.	♀	17	100.9 ± 9.0	95.3 ± 10.0	26.7 ± 3.4	123.8 ± 23.4	47.0 ± 9.8	0.184 ± 0.025
	♂	12	101.1 ± 8.6	96.8 ± 10.9	27.7 ± 3.1	123.9 ± 31.1	47.3 ± 8.3	0.177 ± 0.034
Mar.	♀	11	94.6 ± 4.7	99.7 ± 5.3	29.3 ± 2.1	127.9 ± 18.0	55.9 ± 6.6	0.202 ± 0.012
	♂	19	94.0 ± 5.6	97.4 ± 5.7	27.9 ± 2.1	114.9 ± 18.6	49.0 ± 8.9	0.190 ± 0.022
Apr.	♀	11	109.3 ± 6.1	104.8 ± 6.1	29.3 ± 1.5	151.9 ± 19.6	68.5 ± 7.7	0.204 ± 0.015
	♂	17	105.2 ± 4.5	101.2 ± 3.4	29.5 ± 1.9	136.5 ± 10.5	60.4 ± 5.5	0.193 ± 0.011
May	♀	17	109.4 ± 5.5	106.6 ± 5.1	30.5 ± 2.5	146.6 ± 23.5	66.7 ± 9.1	0.188 ± 0.017
	♂	13	106.9 ± 4.8	103.9 ± 4.8	29.9 ± 1.7	142.6 ± 14.3	61.3 ± 6.8	0.185 ± 0.012
Jun.	♀	4	112.2 ± 7.1	119.9 ± 5.5	31.6 ± 2.2	169.0 ± 22.9	74.2 ± 8.7	0.187 ± 0.014
	♂	25	109.5 ± 7.6	104.3 ± 4.9	30.3 ± 2.6	148.7 ± 23.1	61.0 ± 9.7	0.176 ± 0.017
Jul.	♀	12	113.0 ± 7.7	106.8 ± 14.1	30.2 ± 1.8	145.3 ± 20.8	57.6 ± 11.2	0.161 ± 0.037
	♂	18	112.1 ± 8.0	110.1 ± 6.5	31.2 ± 2.1	156.9 ± 22.8	64.4 ± 12.2	0.167 ± 0.020
Aug.	♀	18	108.3 ± 4.4	106.0 ± 3.2	30.3 ± 2.7	172.1 ± 14.2	68.4 ± 5.4	0.197 ± 0.017
	♂	12	109.4 ± 5.8	107.3 ± 4.3	29.9 ± 1.7	169.5 ± 18.2	63.9 ± 8.2	0.182 ± 0.018
Sep.	♀	10	118.8 ± 5.0	113.5 ± 5.4	34.8 ± 4.3	190.2 ± 31.9	76.3 ± 15.3	0.162 ± 0.017
	♂	22	115.2 ± 5.6	112.1 ± 5.9	32.3 ± 1.6	182.5 ± 32.1	68.2 ± 12.4	0.162 ± 0.016

Data are represented with mean ± SD, SL ; shell length, SH ; shell height, SW ; shell width, TW ; total weight, MW ; meat weight, CF ; condition factor.

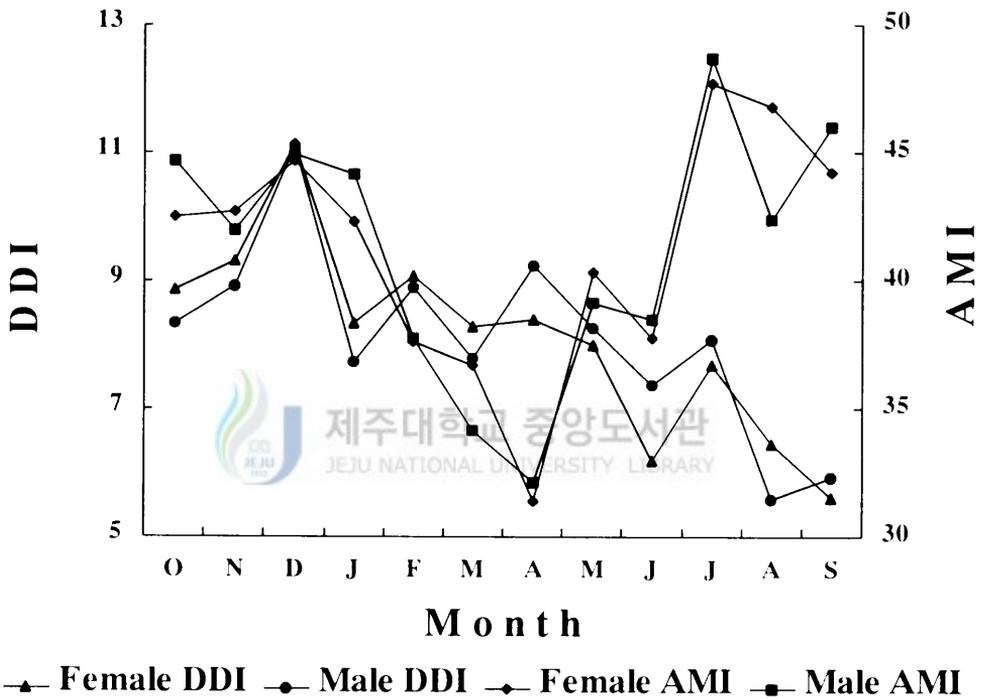


Fig. III-16. Monthly changes in digestive diverticula index (DDI) and adductor muscle index (AMI) of the hanging cultured scallops.

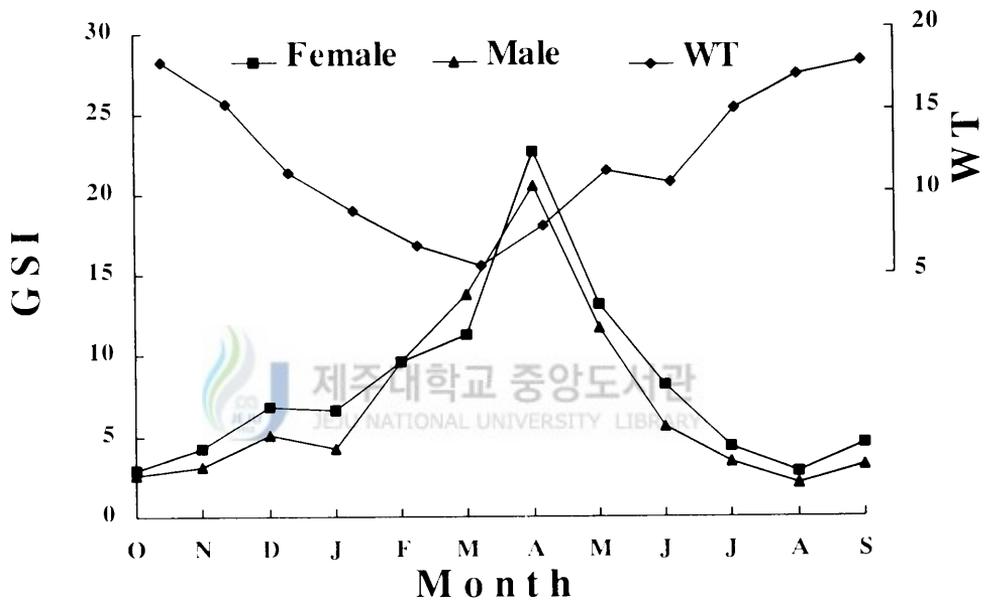


Fig. III-17. Monthly changes in water temperature (WT) and gonadosomatic index (GSI) of the hanging cultured scallops.

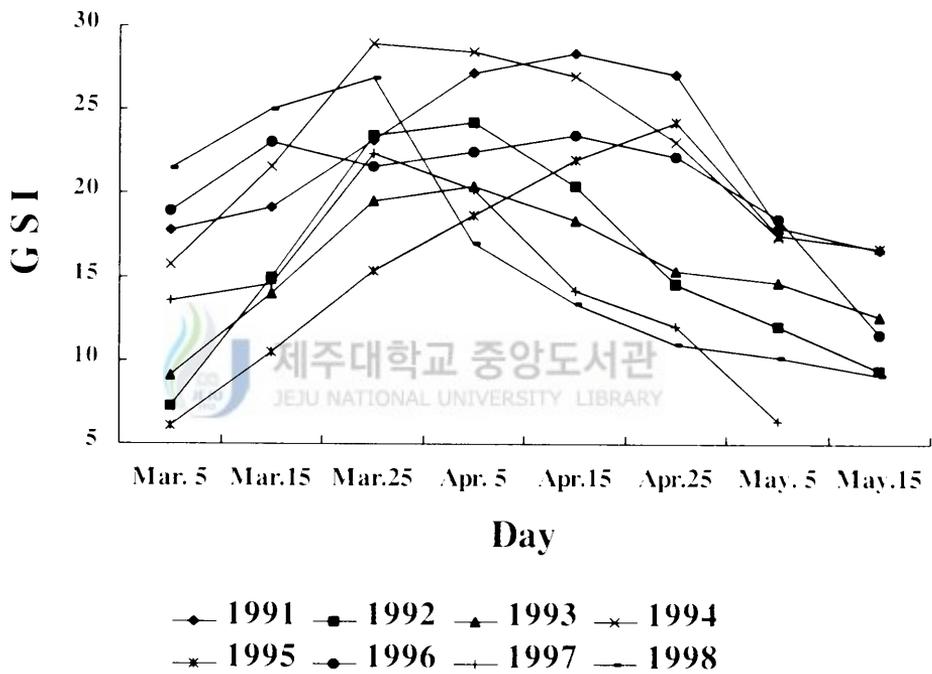


Fig. III-18. Daily variation of GSI of scallop, in hanging culture.

#### 2.1.4. 양식 방법에 따른 GSI의 변화

수하 양식산과 바닥 양식산의 월별 GSI의 변화를 1996년 1월부터 1998년 5월 까지 조사한 결과, 1996년에는 주문진 수하 양식산이 4월 중순에 최고값을 보인 반면, 기사문 바닥 양식산은 4월 하순에 최고값을 보였다. 1997년과 1998년에는 수하 양식산이 바닥 양식산 보다 10~15일 빠르게 최고값에 도달하였다. 한편, 양식 방법에 따른 GSI의 최고값에 있어서도 수하 양식산이 바닥 양식산 보다 매년 높은 값을 보였다(Fig. III-19).

### 2.2. 생식소의 조직학적 관찰

#### 2.2.1. 난경, 핵경 및 난소소낭수의 월별 변화

난경과 핵경의 월별 변화는 GSI의 월별 변화와 같은 경향으로 4월에 난경  $73.3 \pm 8.4 \mu\text{m}$ , 핵경  $35.3 \pm 4.9 \mu\text{m}$ 로 최대로 되었다가 7월까지 급격하게 감소하여 9월과 10월에 각각  $11.3 \pm 1.7 \mu\text{m}$ 와  $8.3 \pm 1.2 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다. 그러나 조직 절편의  $\text{mm}^2$ 당 난소소낭수는 월별 난경 변화와는 상반된 경향으로, 조사개시 시기인 1992년 10월에  $175 \pm 46$ 개로 가장 많았다가, 난소가 성숙함에 따라 감소하기 시작하여 난경, 핵경 및 GSI가 최대값을 보였던 4월에  $51 \pm 12$ 개로 가장 적었다(Fig. III-20).

#### 2.2.2. 생식소의 발달

생식세포와 생식소낭의 형태적 변화에 따라 구분한 참가리비의 생식소 발달 과정은 연속적인 5단계로 구분되었다(Fig. III-21).

##### 분열증식기(multiplicative stage)

전기(Fig. III-21=Mu1) : 난원세포는 생식상피에서 증식하고, 인(NU)이 들어 있는 둥근 핵(N)을 가진다. 핵과 인은 뚜렷하게 관찰되었지만, 세포질은 매우 빈약하였다. 난원세포의 난경은  $15 \mu\text{m}$  전후였으며, 핵경은 약  $10 \mu\text{m}$ 였다. 난소소낭 안에는 소수의 난모세포가 관찰되었다. 정소세관들 사이에서는 결합조직들이

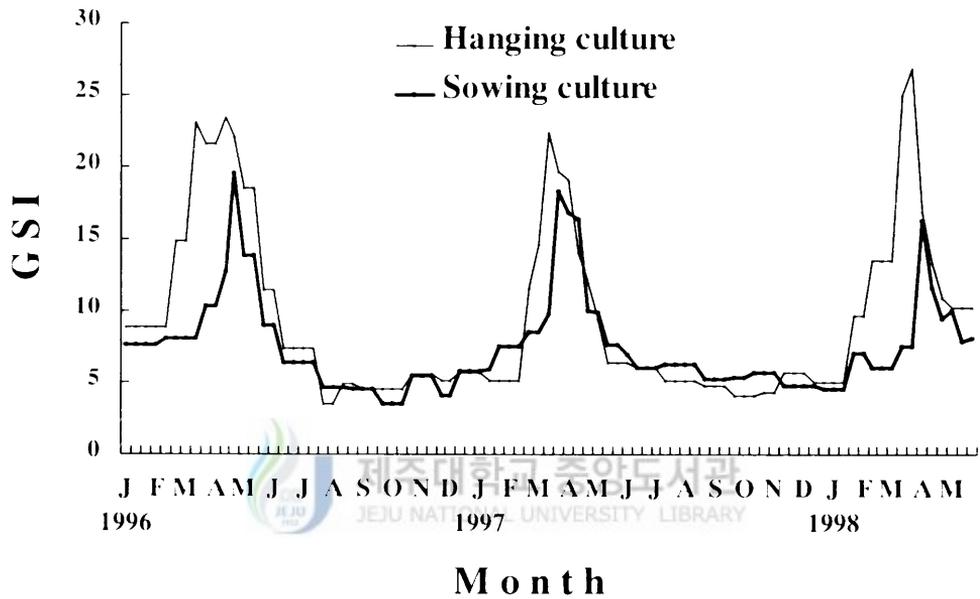


Fig. III-19. Monthly variation of GSI of scallop, *P. yessoensis*, in East Sea of Korea.

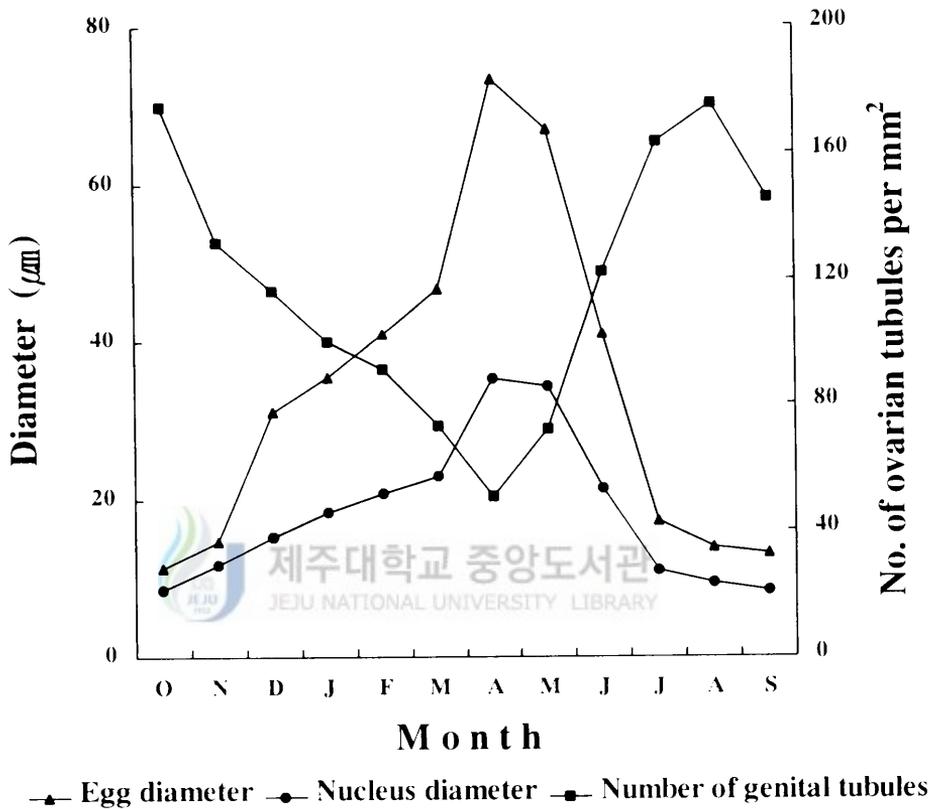


Fig. III-20. Monthly changes in oocyte diameter, nucleus diameter and number of ovarian tubules per mm<sup>2</sup> in the tissue preparation of the ovary.

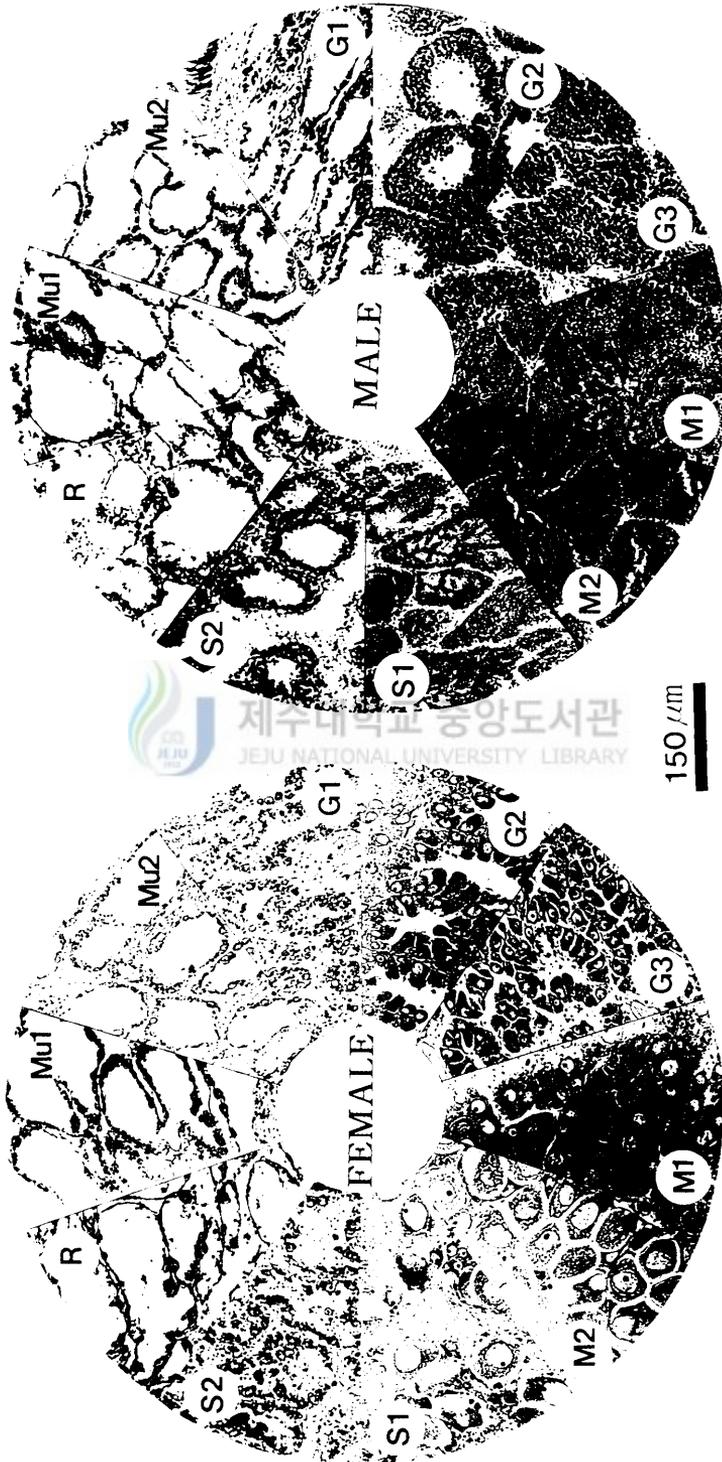


Fig. III-21. Histological identification of the gonad stages in cultured scallops. Mu; multiplicative stage, G; growing stage, M; mature stage, S; spawning stage, R; recovery stage.

발달해 있었고, 세관상피에는 10  $\mu\text{m}$  내외의 정원세포가 소수 관찰되었다.

후기(Fig. III-21-Mu2) : 난소소낭 내의 난원세포는 분열 증식에 의해서 그 수가 증가하였다. 정소는 분열증식에 의해 정원세포의 수가 점차 증가하였다.

### 성장기(growing stage)

전기(Fig. III-21-G1) : 난소소낭의 내강은 아직 비어 있었으며, 난모세포는 난핵이 25 $\mu\text{m}$  내외로 성장하고 세포질이 충만하기 시작하였다. 핵은 직경이 15  $\mu\text{m}$  전후로 아직도 세포질 보다 많은 부분을 차지하고 있었다. 정소세포의 세관상피에는 정모세포가 형성되어 있었다.

중기(Fig. III-21-G2) : 난모세포는 세포질이 충실해지면서, 난소소낭의 내강 중앙부로 성장해 나가기 시작하였다. 난소소낭내에서 난모세포가 차지하는 비율이 50%까지 증가하였으며, 난경은 30~40  $\mu\text{m}$ 였다. 정소세관내의 내강에서도 정모세포가 40~50%의 비율을 차지하였고, 정모세포는 세관상피에서 내강의 중앙으로 그 수를 늘려가기 시작하였다.

후기(Fig. III-21-G3) : 난모세포의 대부분은 난황물질로 채워져 있었고, 소낭내강의 80% 이상을 차지하였다. 난경은 약 50  $\mu\text{m}$ 였다. 정소에서는 세관상피로부터 내강을 향해 정원세포, 정모세포 및 정세포가 중심으로 배열하였다.

### 성숙기(mature stage)

전기(Fig. III-21-M1) : 난소소낭의 내부는 난모세포로 가득 차 있었고, 난모세포의 모양은 대부분이 둥글거나 타원형이었다. 난경은 45~65  $\mu\text{m}$ 였고, 핵경은 25~30  $\mu\text{m}$ 였다. 정소세관의 중앙에는 변태가 끝난 정자들이 출현하며, 정자로 변태중인 정세포도 다수 관찰되었다.

후기(Fig. III-21-M2) : 난모세포는 완전히 성숙하여 젤라틴질로 싸여 있었다. 세포질은 많은 수의 난황과립으로 채워져 있었고, 난소소낭의 단면적은 연령 최대로 확장되어 있었다. 난경과 핵경의 평균은 각각 73  $\mu\text{m}$ , 35  $\mu\text{m}$ 였다. 정소세관은 변태를 마친 정자로 가득 채워져 있었으며, 세관의 중앙에는 불결모양을

이런 정자 배열이 관찰되었다.

#### 방란·방정기(spawning stage)

전기(Fig. III-21-S1) : 난모세포가 방출되어 난소소낭이 부분적으로 비워지기 시작하였다. 난경과 핵경의 크기는 성숙후기와 차이가 없었다. 정자의 체외 방출에 의해 성숙후기에 관찰되었던 물결모양의 정자 배열은 없어지고, 세관내에 빈 공간들이 형성되기 시작하였다.

후기(Fig. III-21-S2) : 대부분의 성숙 난모세포는 방출되고 난소소낭은 수축되고 있었다. 그러나 소낭내에는 미성숙된 난모세포와 미방출된 성숙 난모세포가 관찰되었으며, 일부 난모세포의 붕괴가 일어나기 시작하였다. 정소세관을 채웠던 정자들은 대부분 방출되었고 세관의 내강은 대부분 비워지기 시작하였다.

#### 회복기(recovery stage)

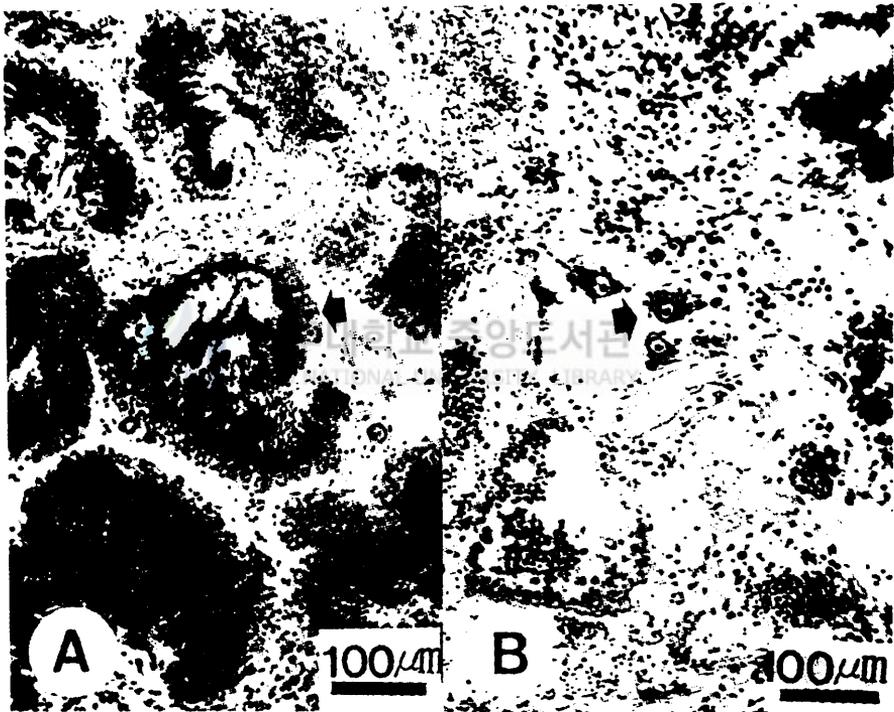
방란·방정후 미방출된 잔존 난모세포와 정자의 세포붕괴가 일어났으며, 난소소낭과 정소세관은 완전히 비워진 조직상을 보였다(Fig. III-21 R).

### 2.2.3. 자용동체

동해안 양식산 참가리비에서 자용동체의 출현 빈도는 전체 조사 개체 중 2.7%였다. 자용동체는 두가지 형태로, 변태를 완료한 정자가 가득 찬 정소세관의 생식상피위에 성장기의 난모세포가 집재하는 자용동체상(Fig. III-22-A)과 여러 가지 발달단계의 웅성 생식세포가 들어있는 정소세관 사이에 성장기의 난모세포를 가지는 난소소낭이 집재하는 조직상을 보였다(Fig. III-22-B).

### 2.2.4. 배우자의 미세구조

투과전자현미경 관찰에 의한 성장기의 난모세포는 생식상피로부터 분열 증식하여 세포질을 늘려가는 모양으로 전자밀도가 높은 인(NU)을 가진 핵(N)이 이종의 단위막으로 둘러싸여 있었다. 생식상피에 난병 모양으로 붙어서 성장중인 난모세



**Fig. III-22. Hermaphroditic gonads observed in cultured scallop. Arrows indicate show oocytes of the growing stage in the testis.**

포의 세포질에는 생식상피로 연결되는 부분에 집중적으로 난황과립(YG)과 지방과립(LG)이 분포하고 있었다. 성숙한 난모세포는 핵막을 사이로 핵과 세포질이 뚜렷이 구분되었으며, 세포질에는 난황과립 및 지방과립 그리고 미토콘드리아(M) 등이 고르게 분포하였고, 세포질의 바깥쪽은 2  $\mu\text{m}$ 의 난황막으로 둘러싸여 있었다. 산란식질의 성숙 난모세포에서 난황과립은 난황막 가까이에 분포하였다(Fig. III-23). 잡가리비의 정원세포는 직름이 약 3  $\mu\text{m}$ 의 원형으로 염색질이 응축되고 있었으며, 주위에는 미토콘드리아가 분포하였다. 정모세포는 염색질이 응축되고 미토콘드리아가 핵의 가장자리로 이동하여 정세포로 성장하였다. 변태 완료한 정자는 머리, 중편 및 꼬리로 구성되어 있었다. 지밀한 핵질로 충만한 원추형 머리(N)의 길이는 평균 3.5  $\mu\text{m}$ 였으며, 그 선단에 집채구조(AC)를 가지고 있었다. 중편부에는 미토콘드리아(M)와 원단 중심소체가 편모와 연결되어 있었고, 꼬리의 편모(F)는 전형적인 9+2 구조를 하고 있었다(Fig. III-24).

### 2.3. 생식주기



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

난소에서 회복기의 조직상이 출현하는 기간은 7~9월로, 9월에 모란 개체가 17%가 분얼증식기의 난소로 발달하였으며, 10월에는 67%의 개체가 분열 증식기였고 나머지의 개체가 성장기의 조직상으로 발달하였다. 이 후 성장기의 난소를 가진 개체의 비율이 늘어났으며 2월부터 성숙기의 개체가 출현했고, 4월에는 모란 개체가 성숙기의 조직상을 보였다. 성숙란의 방출은 4~6월에 일어났다.

정소에서 회복기의 조직상이 출현하는 기간은 암컷보다 다소 길어서 7~11월이었고, 9월부터 분열증식기의 정소를 가진 개체가 출현하여 10~11월에는 약 85% 이상이 분열증식기의 조직상을 보였다. 성장기의 조직상을 보인 기간은 10월부터 이듬해 3월까지였으며, 성숙기의 정소는 2월부터 나타나기 시작하여 4월에는 성숙기에 달하였으며, 일부 개체는 8월까지 관찰되었다. 정자의 방출은 4월부터 7월까지 관찰되었다(Fig. III-25).

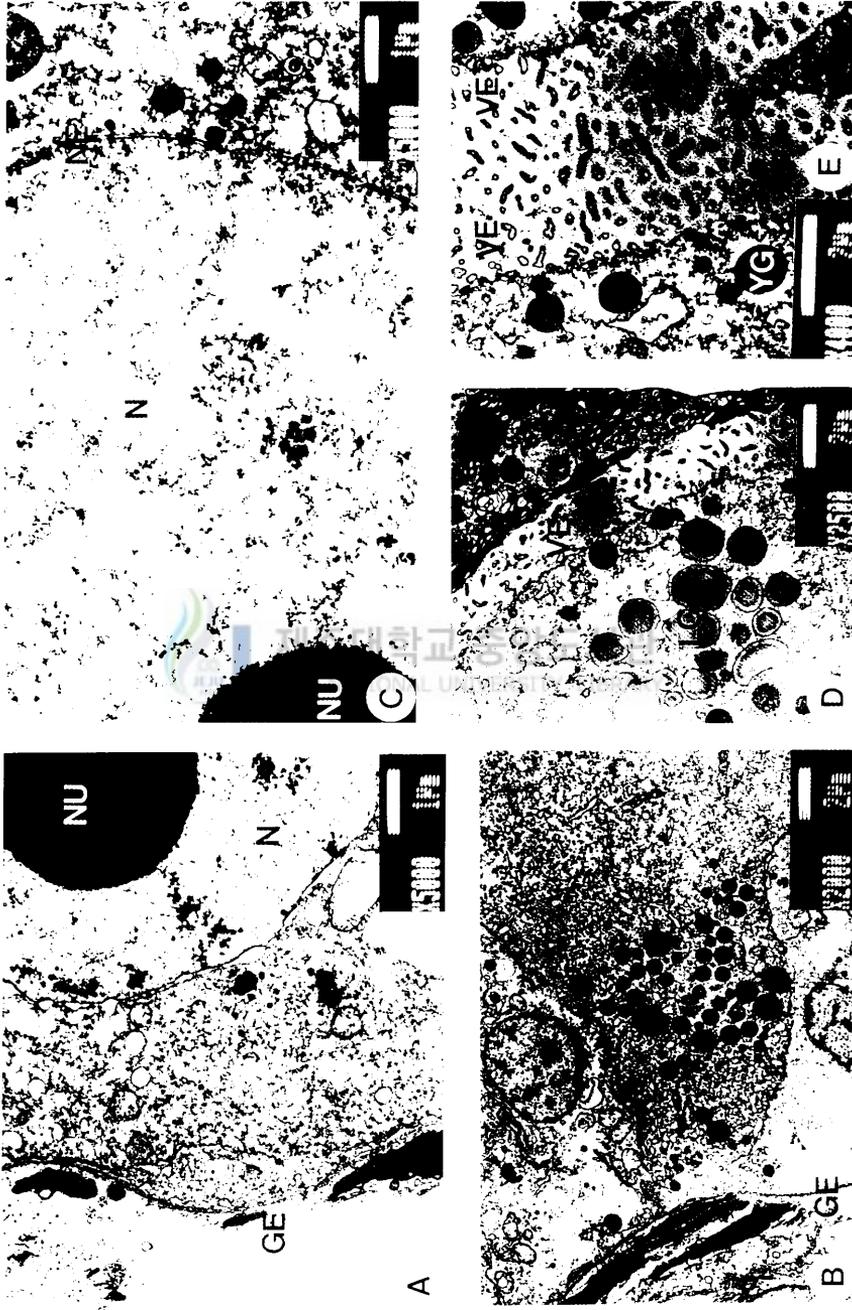


Fig. III-23. Electron micrographs of oogenesis of *P. yessoensis*. A, B; developing oocytes, C, D, E; mature oocytes. G; Golgi apparatus, GE; germinal epithelium, LG; lipid granule, M; mitochondrion, N; nucleus, NE; nucleus envelope, NU; nucleolus, OC; oocyte, OG; oogonium, V; vacuole, VE; vitelline envelope, YG; yolk granule.



Fig. III-24. Electron micrographs of spermatogenesis of *P. yessoensis*. A, spermatogonia, B, spermatocytes, C, sperm, AC; acrosome, M; mitochondrion, N; nucleus, F; flagellum, SG; spermatocyte, SG; spermatogonium.

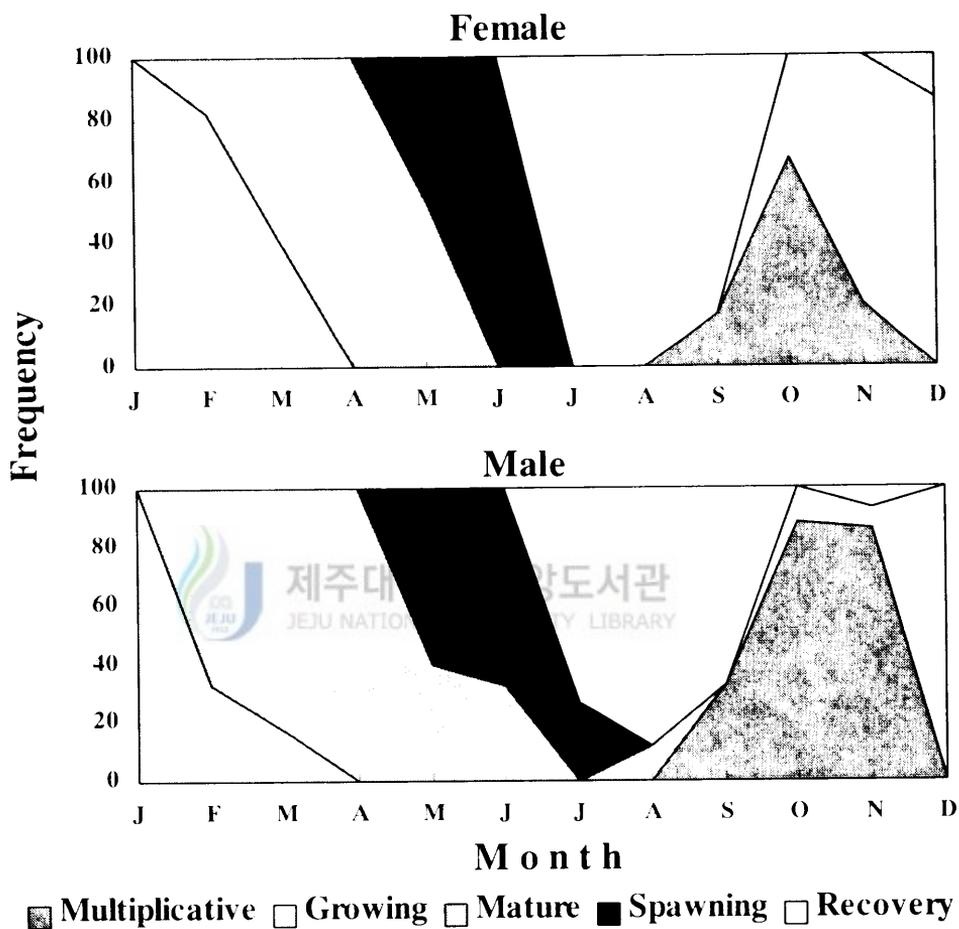


Fig. III-25. Seasonal changes of reproductive cycle on female and male scallops.

### 3. 부유유생

#### 3.1. 유생의 형태

유생의 각장 및 각고비의 특성은 Fig. III-26 및 Table III-3과 같다. 유생의 성장에 따른 각장(SL)과 각고(SH)의 관계는  $SH=1.025SL-22.167(R^2=0.9875)$ 의 직선식으로 표시되었다. 채집된 유생의 각장에 대한 각고비는 각장 범위 130~139  $\mu m$ 에서는 1.16이었고, 각장 150~159  $\mu m$ 는 1.15, 각장 180~189  $\mu m$ 는 1.12, 각장 210~219  $\mu m$ 는 1.07, 각장 260~269  $\mu m$ 는 1.06, 각장 280~289  $\mu m$ 에서는 1.05로 초기 veliger기의 소형 유생군일수록 각장대 각고의 비율이 크게 나타나 D형 또는 타원형의 형태를 보이고, 성장해 갈수록 각장대 각고비가 감소되어 원형에 가까운 형태로 진행되어, 다른 종류의 유생과 구별이 가능하였다(Fig. III 27, Fig. III 28).



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

#### 3.2. 유생의 출현량

##### 3.2.1. 지역별 출현량

강원 북부의 거진과 중부의 주문진, 남부의 금진 연안에서 1989년부터 1998년까지 조사한 연별 유생의 최대 출현량은 Fig. III 29와 같다.

거진 연안에서 유생의 최대 출현량은 조사가 처음 시작된 1989년은 97개체/ $m^3$ , 1990년은 74개체/ $m^3$ 로 남부에 비해 높은 반면, 1996년은 204개체/ $m^3$ 로 연별 유생 증가량이 중·남부에 비해 크게 낮았다. 주문진 연안은 1989년에 41개체/ $m^3$ , 1996년은 407개체/ $m^3$ 로 거진에 비해 크게 증가하였고, 금진 연안은 1989년에 24개체/ $m^3$ , 1990년에 19개체/ $m^3$ 로 매우 낮았으나, 1995년 이 후 빠르게 증가하여, 1996년에는 484개체/ $m^3$ 로 전 조사지역 중 최대 출현량이며, 남부 해역인데도 불구하고 북부 해역인 거진에 비해 크게 높았다.

연별 유생 출현량은 유생 조사가 처음 시작된 1989년 이 후 매년 증가되어, 저수온이 지속된 1996년은 조사기간 중 최대 출현을 보인 반면, 산란과 유생출현 시기에 고수온이 지속된 1997년은 전 연안에서 출현량이 낮았고, 유생출현

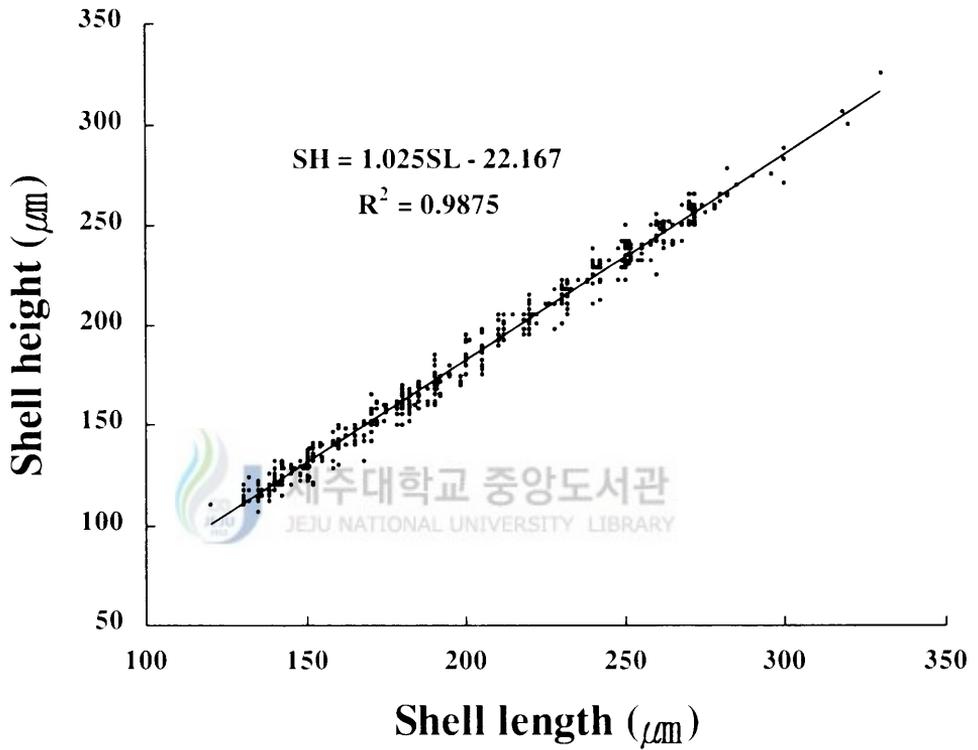


Fig. III-26. Relationship between shell length and shell height of the scallop larvae.

**Table III-3. Ratio between shell length (SL) and shell height (SH) of the scallop larvae**

Mean $\pm$ SD	Ratio(SL/SH)
120.0 $\pm$ 0.00	1.13 $\pm$ 0.000
134.8 $\pm$ 3.01	1.16 $\pm$ 0.044
142.1 $\pm$ 2.68	1.17 $\pm$ 0.036
152.1 $\pm$ 3.10	1.16 $\pm$ 0.043
163.6 $\pm$ 3.03	1.14 $\pm$ 0.043
172.4 $\pm$ 2.35	1.14 $\pm$ 0.038
182.0 $\pm$ 2.67	1.12 $\pm$ 0.032
191.6 $\pm$ 2.49	1.12 $\pm$ 0.036
202.4 $\pm$ 3.41	1.09 $\pm$ 0.041
213.4 $\pm$ 2.61	1.07 $\pm$ 0.025
221.4 $\pm$ 1.93	1.08 $\pm$ 0.028
231.6 $\pm$ 3.37	1.08 $\pm$ 0.025
243.0 $\pm$ 2.90	1.06 $\pm$ 0.030
252.5 $\pm$ 2.63	1.07 $\pm$ 0.023
262.6 $\pm$ 2.12	1.06 $\pm$ 0.026
271.6 $\pm$ 1.83	1.06 $\pm$ 0.018
281.7 $\pm$ 4.24	1.05 $\pm$ 0.019
293.0 $\pm$ 0.00	1.07 $\pm$ 0.013
300.0 $\pm$ 0.00	1.07 $\pm$ 0.033

D-shaped veligers; 120~160 $\mu$ m SL, midsize veliger; 160~220 $\mu$ m SL, and Late-stage veliger; >220 $\mu$ m SL.

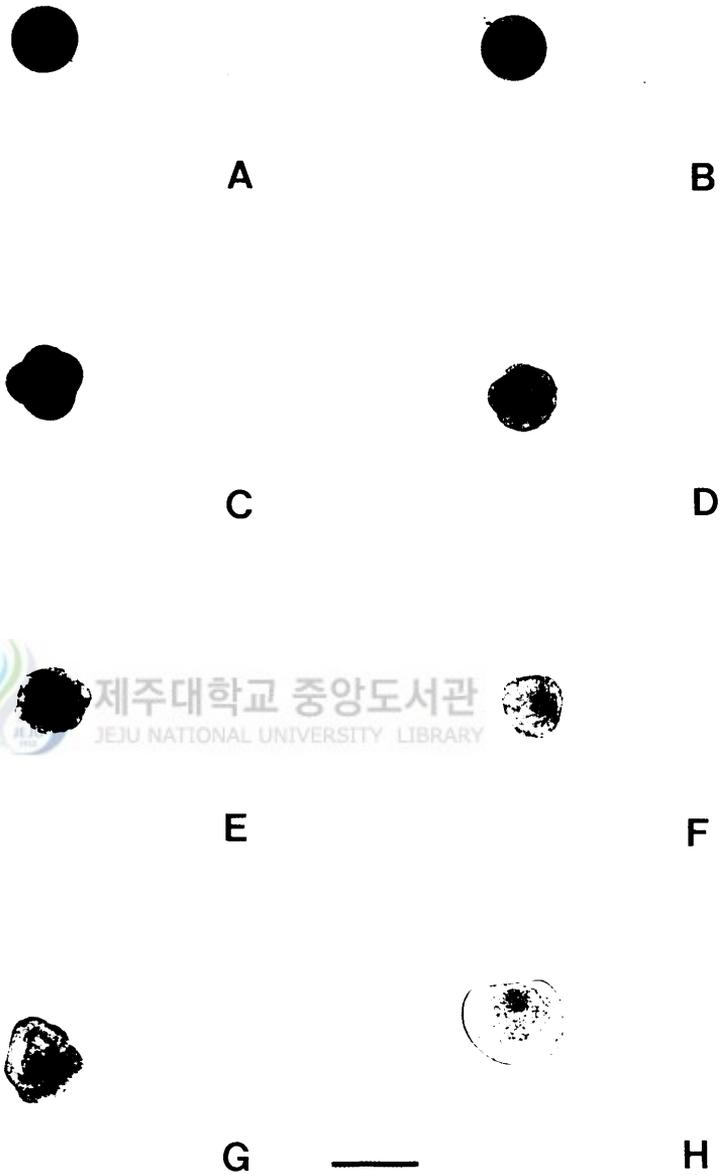


Fig. III-27. Early development of the scallop larvae. A; fertilized egg, B; 1st polar body stage, C; 4-cell stage, D; 8-stage, E; morula stage, F; trochophore stage, G; veliger stage, H; early D-shaped larva stage (Bar = 100  $\mu$ m).

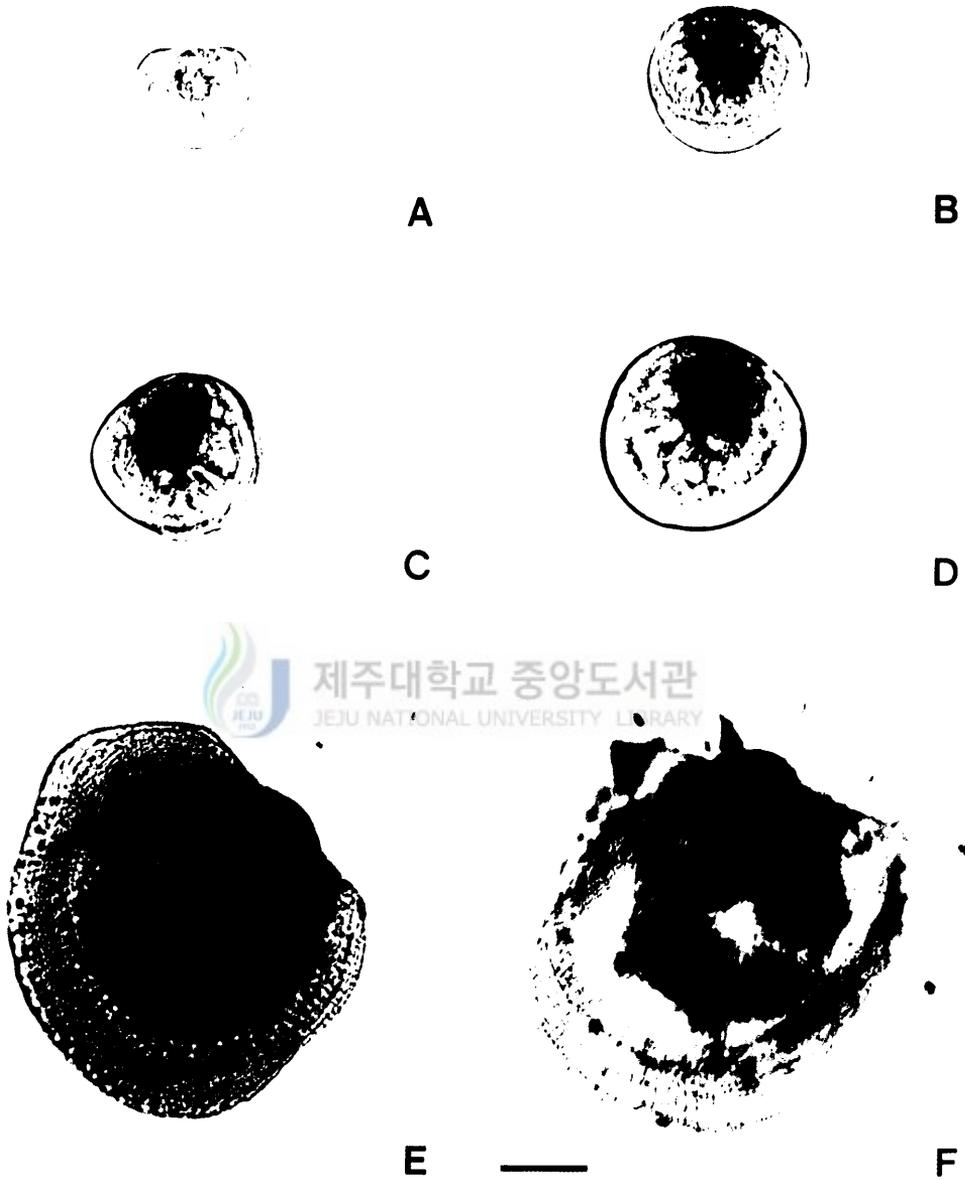


Fig. III-28. Late development of the scallop larvae. A; D-shaped larva, B; early umbo stage larva, C; umbo stage larva, D; full-grown stage larva, E; attached larva, F; late attached spat (Bar = 100  $\mu$ m).

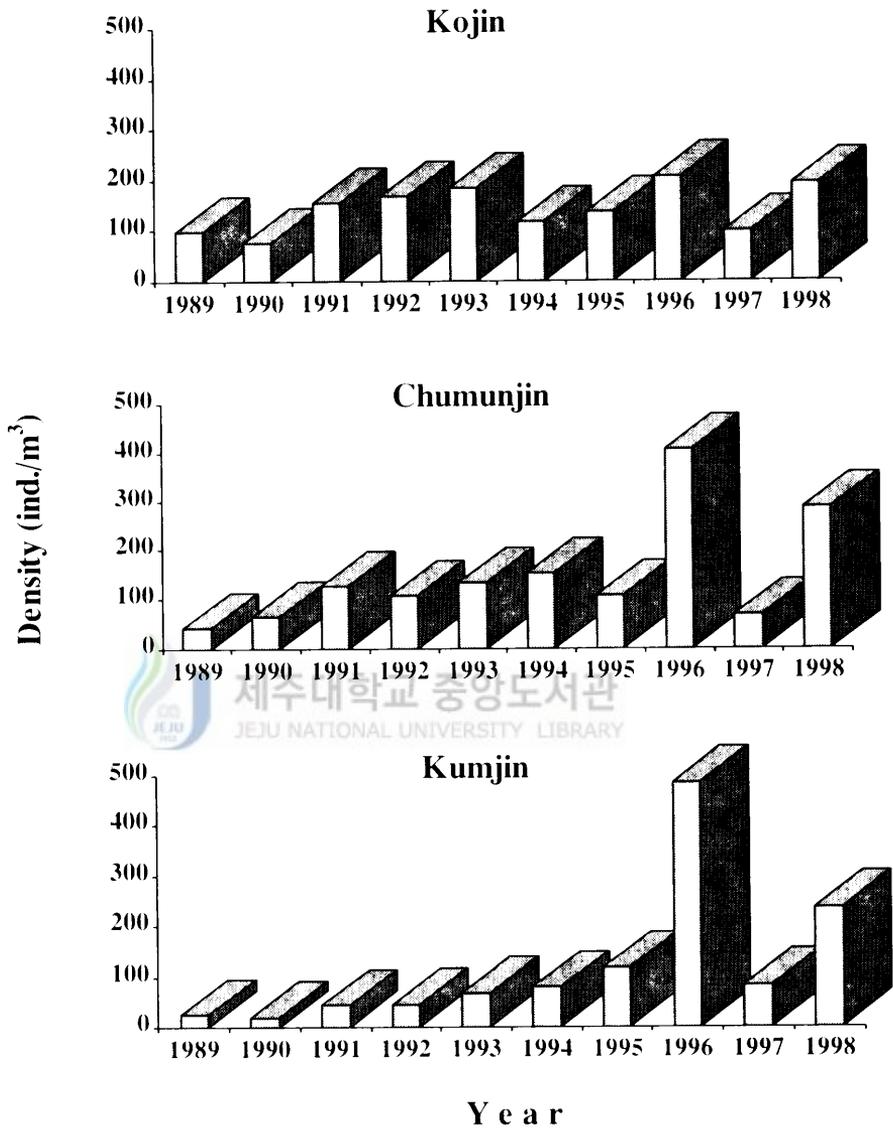


Fig. III-29. Annual variation of maximum number of scallop larvae occurrence at Kojin, Chumunjin and Kumjin.

기에 적수온이 지속된 1998년은 크게 증가하였다.

### 3.2.2. 일별 출현량

주문진 연안에서 1991년부터 1998년까지 유생의 일별 출현량은 Table III-4와 같다. 조사기간 중 유생출현 시기는 4월 3일부터 8월 13일 사이였다. 연별, 시기별 유생출현량은 1991년은 4월 9일에 9개체/m<sup>3</sup>이며, 5월 25일에 126개체/m<sup>3</sup>로 최대였고, 이 후 감소되어 7월 23일에는 2개체/m<sup>3</sup>로 시기별 출현량이 불규칙하였다. 유생출현 기간 중 저수온이 지속된 1993년은 4월 9일에 4개체/m<sup>3</sup>, 5월 14일 48개체/m<sup>3</sup>, 5월 21일 12.4개체/m<sup>3</sup>, 6월 10일 132개체/m<sup>3</sup> 및 7월 25일 3개체/m<sup>3</sup>로 출현량은 증가하였으나 매우 불규칙하였다. 1995년은 4월 7일에 3개체/m<sup>3</sup>, 5월 15일 101개체/m<sup>3</sup>, 5월 25일 34개체/m<sup>3</sup>, 6월 12일 106개체/m<sup>3</sup> 및 7월 22일 2개체/m<sup>3</sup>로 출현량의 변동이 컸다. 저수온이 지속된 1996년은 4월 10일에 2개체/m<sup>3</sup>, 4월 30일 38개체/m<sup>3</sup> 및 5월 10일에 12개체/m<sup>3</sup>였다가, 6월 9일에는 407개체/m<sup>3</sup>로 조사기간 중 최대 출현량이었고, 8월 13일에는 9개체/m<sup>3</sup>로 출현기간이 가장 길었다. 반대로 이상 고수온이 지속된 1997년은 4월 10일에 2개체/m<sup>3</sup>, 5월 11일 69개체/m<sup>3</sup>, 5월 28일 9개체/m<sup>3</sup>, 7월 20일 6개체/m<sup>3</sup>로 출현량이 매우 낮았다. 1998년은 4월 7일에 6개체/m<sup>3</sup>로 초기 출현이 빨랐고, 4월 22일 65개체/m<sup>3</sup>, 5월 10일 227개체/m<sup>3</sup>, 5월 25일 284개체/m<sup>3</sup> 및 7월 10일 13개체/m<sup>3</sup>로 1996년 이 후 출현량이 가장 많았다.

## 3.3. 유생의 분포

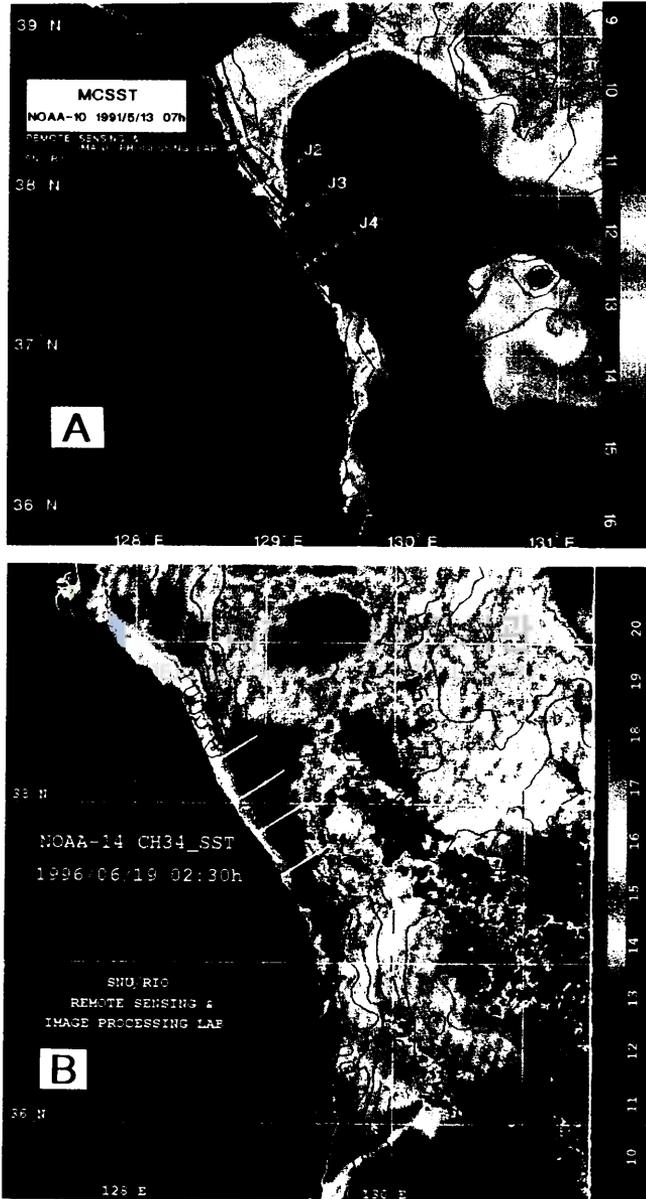
### 3.3.1. 수평분포

수온에 따른 유생의 수평분포를 알기 위하여 multi-channel analysis의 방법으로 구한 해수면 온도(sea surface temperature, SST)는 Fig. III-30과 같다.

Fig. III-30-A는 1991년 5월 13일 07시의 SST 분포도로, 동해안을 따라 남북으로 분포하는 16°C 내외의 고온수는 37° 30' N 근처에서 외해로 떨어져 나가며, 시계방향의 와류를 형성하는 것으로 보인다. 이 고온수와 접하는 북부의

**Table III-4. Number of the scallop larvae occurrence during spawning season at Chumunjin site**

Density of veligers (ind./m <sup>3</sup> )															
1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998	
Date	No.	Date	No.	Date	No.	Date	No.	Date	No.	Date	No.	Date	No.	Date	No.
4/9	9	4/3	0	4/9	4	4/9	0	4/7	3	4/10	2	4/10	2	4/7	6
4/13	3	4/14	1	4/21	7	4/21	1	4/14	4	4/21	4	4/20	7	4/10	12
4/25	48	4/17	0	4/27	5.4	4/26	2	4/25	9	4/30	38	4/29	18	4/22	65
5/4	35	4/20	3	5/7	13.4	5/9	19.1	5/3	26	5/10	12	5/11	69	4/26	56
5/10	7	4/28	9.6	5/14	48	5/20	21	5/15	101	5/17	86	5/20	57	5/10	227
5/15	38	5/12	21.2	5/21	12.4	5/30	63	5/25	34	5/30	151	5/28	9	5/25	284
5/20	24	5/19	29.8	5/28	52	6/5	153	6/4	72	6/9	407	6/8	39	5/31	161
5/23	48	5/29	78.7	6/10	132	6/10	42.2	6/12	106	6/16	198	6/22	17	6/12	18
5/25	126	6/5	108	6/15	121	6/15	92	6/20	24	6/25	216	7/2	7	6/22	76
5/29	74	6/10	38	6/18	88	6/24	16	6/30	11	7/6	123	7/10	10	6/26	36
6/11	26	6/24	21	6/23	52	6/29	21	7/10	16	7/18	48	7/20	6	7/10	13
6/20	10	7/10	11	7/10	18	7/2	3	7/22	2	8/1	3	8/2	0	7/17	0
6/30	14	7/25	4	7/25	3	7/10	5			8/13	9				
7/16	5			8/5	0										
7/23	2														



**Fig. III-30. Sea surface temperature estimated from infrared images of NOAA-10, 12 and 14.**

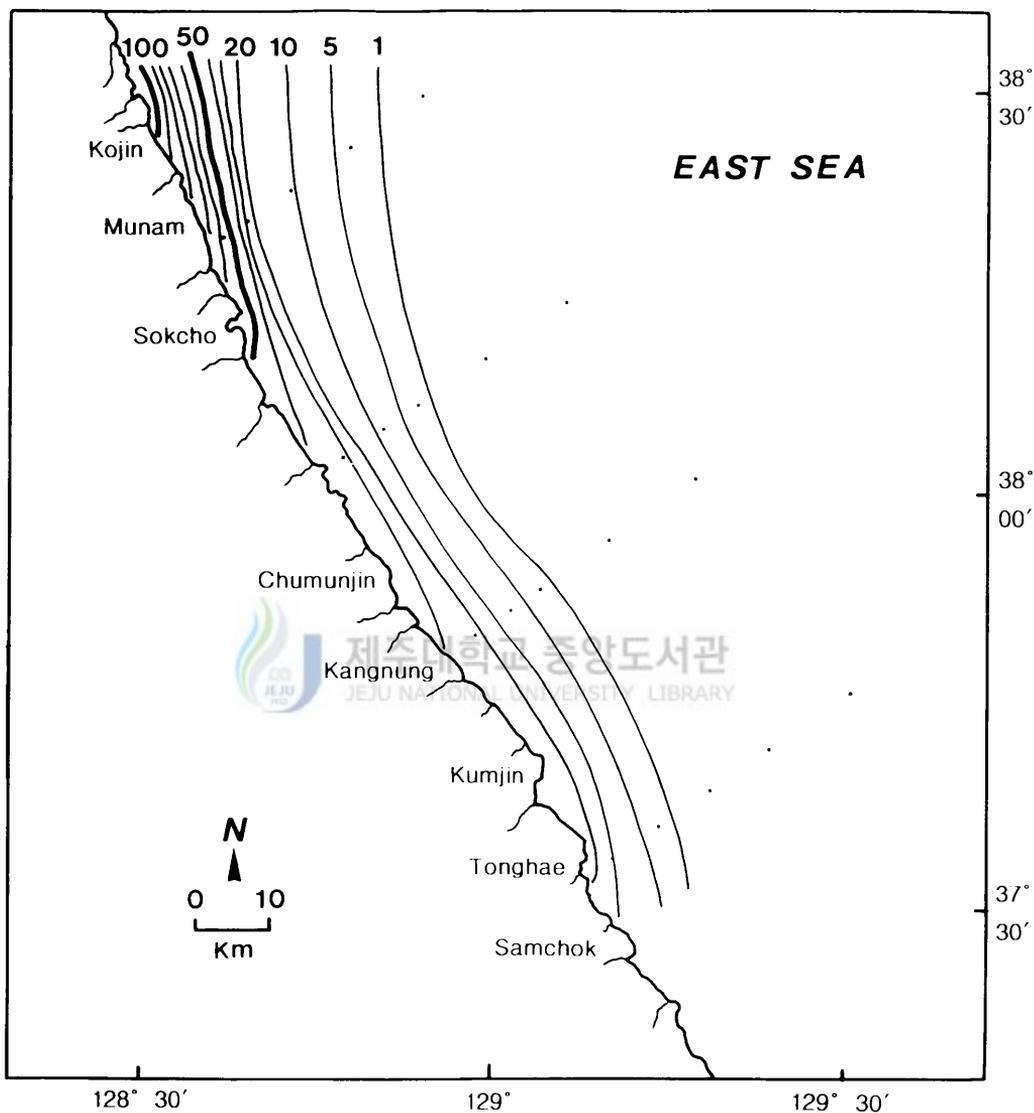
해수는 13°C 내외로 낮은 급격한 온도 변화가 있었다. 따라서 J-1부터 J-3 line의 수온 13°C 부근은 유생의 서식에 알맞은 냉수역이 형성되어 있으며, 이 경계는 강릉 남부의 급진 연안까지 나타났다.

Fig. III-30-B는 1996년 6월 19일 오전 2시 30분에 관측한 SST 분포도로, 연안역으로부터 2~30 km 해역까지는 수온 13°C 이하의 냉수가 강하게 분포하고 있어 고밀도의 유생군 분포에 알맞은 환경이었다.

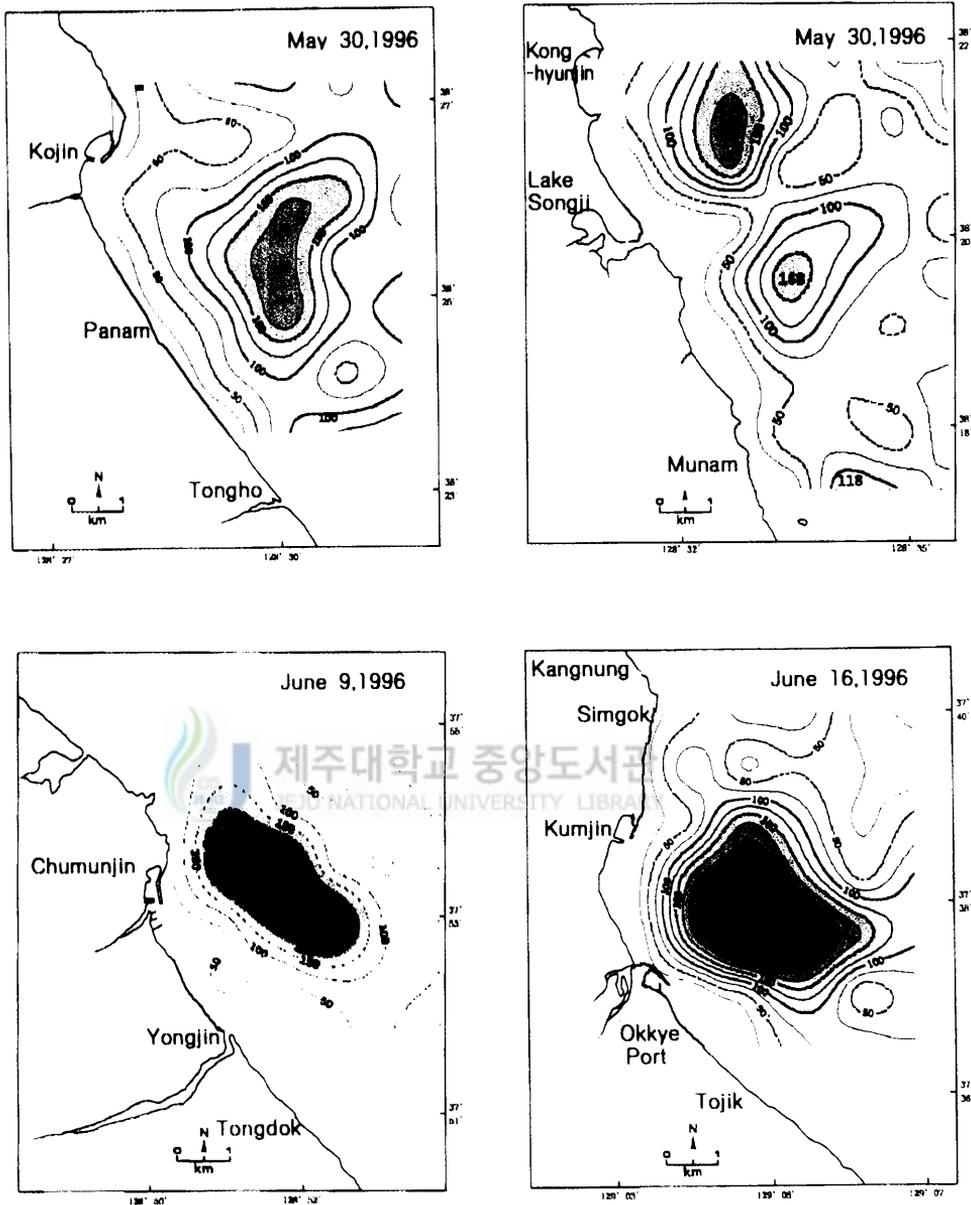
위의 위성 수온자료를 기초로 4개의 관측선(Fig. II-1)과 8개의 연안 양식장에서 1991년 5월 23일 부터 5월 30일 까지 조사한 부유유생의 수평분포(Fig. III-31)는 기진 연안의 경우 약 25 km 외해측까지 분포하였고, 남부로 갈수록 분포 범위가 연안측으로 좁아져, 동해시 연안은 12 km 이내 해역까지 분포하였다. 수평분포 밀도는 기진읍 연안 3 km 이내에서 100개체/m<sup>3</sup> 이상, 연안 7 km까지도 50개체/m<sup>3</sup>로 밀도가 높았다. 따라서 50개체/m<sup>3</sup> 이상의 분포밀도 범위는 군사분계선으로부터 속초 연안까지, 40개체/m<sup>3</sup>의 밀도는 양양 기사문, 30개체/m<sup>3</sup>의 밀도는 주문진, 20개체/m<sup>3</sup>의 밀도는 동해시 연안까지 나타났고, 그 이남으로 갈수록 분포밀도는 크게 낮아졌다.

한편, 1996년 5월 30일부터 6월 16일까지 조사한 양식 어장별 유생의 수평분포(Fig. III-32)는 기진읍 연안 3 km 부근에서 최대 194개체/m<sup>3</sup>로, 특히, 육상으로부터 돌출되어 만(灣)으로 형성된 중심부에서 높았고, 연안 7 km 외측은 밀도가 낮았다. 공현진 연안은 비교적 복잡한 해안선으로 유생분포가 불규칙하였고, 분포밀도는 연안 2 km 부근에서 최대 186개체/m<sup>3</sup>, 문암 연안은 32~118개체/m<sup>3</sup>였다. 주문진은 연안 2~3 km 부근의 만으로 형성된 북부에서 최대 407개체/m<sup>3</sup>, 급진 연안은 만의 남부 해역 연안 2 km 부근에서 최대 343개체/m<sup>3</sup>로 높은 밀도였고, 만으로부터 멀어질수록 크게 낮았다.

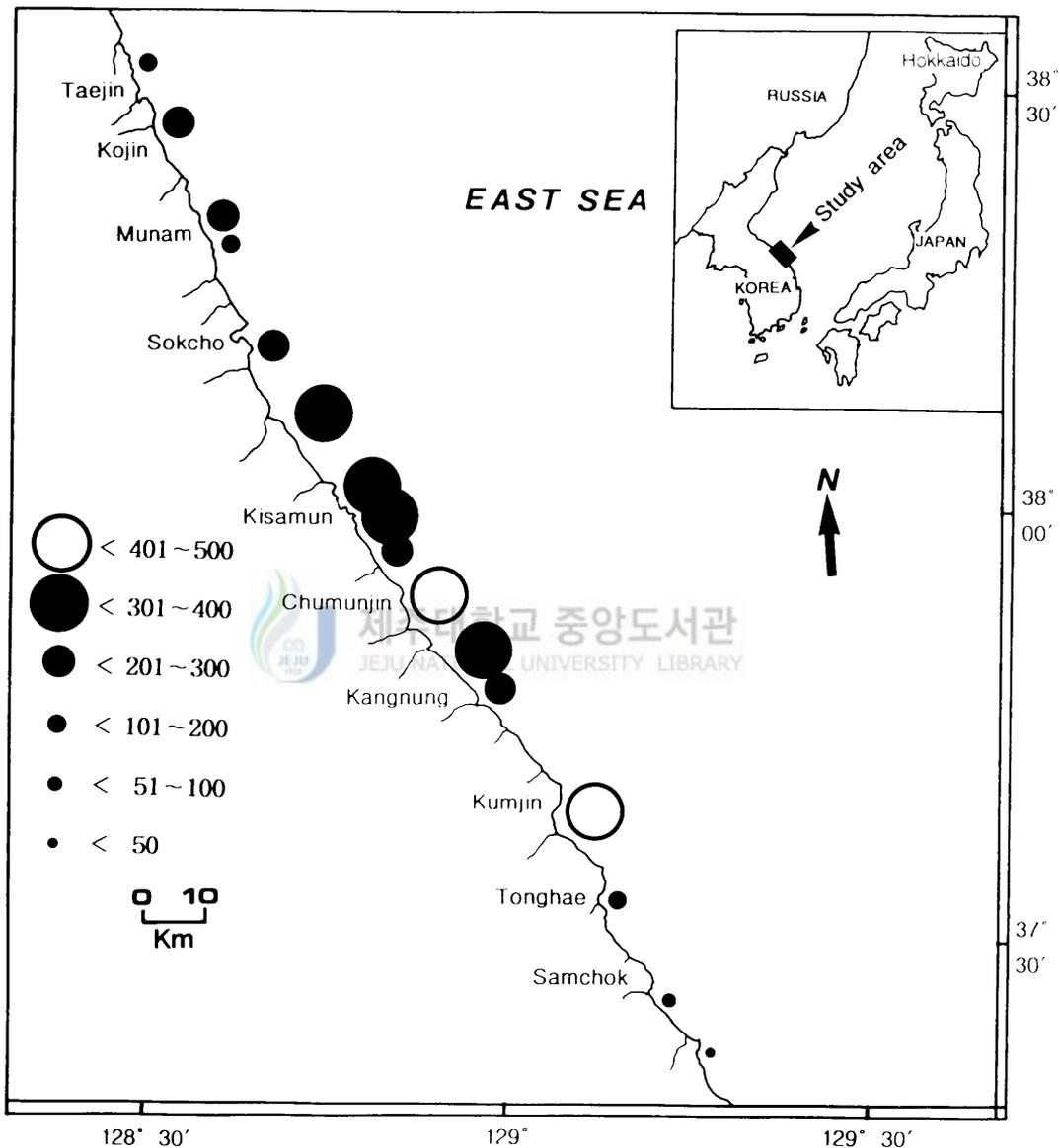
특히, 1996년 5월부터 6월 사이의 지역별 유생분포량(Fig. III-33)은 강원 북부의 기진 연안에 비해 속초 이남~강릉을 연결하는 중부 해역에서 많았다.



**Fig. III-31. Horizontal distribution of the scallop larvae in May 23 and 24, 1991 (ind./m<sup>3</sup>).**



**Fig. III-32. Horizontal distribution of scallop larvae on May 30 and June 16, 1996 in coastal area of Kojin, Konghyunjin, Chumunjin and Kumjin (ind./m<sup>2</sup>).**



**Fig. III-33. Quantitative distribution of the scallop larvae during May and June in 1996 (ind./m<sup>3</sup>).**

### 3.3.2. 수직분포

유생의 수직분포와 분포거리를 알기 위하여 J-3 line 해역인 주문진 외해쪽 20 km까지 조사가 이루어졌다.

1994년 6월 15일 조사(Fig. III-34-A)에서 유생의 수직분포 범위는 연안으로부터 2 km까지는 5 m 층부터 30 m 수층 아래까지 분포하였으나, 주 분포수층은 15~25 m 층이었다. 연안 10 km 수역에서는 10 m 층부터 30 m 수층까지, 연안 12 km에서는 15 m 층부터 30 m 수층으로 외해쪽으로 갈수록 분포수층이 깊어졌으며, 12 km 외측에서는 분포가 확인되지 않았다. 한편, 유생분포 밀도는 연안 2 km에서는 20 m 수층에서 126개체/m<sup>3</sup>로 가장 많았고, 연안 4 km 까지도 높았으나, 분포량은 6 km 외해쪽으로 갈수록 감소되어, 연안 8 km 외해는 30개체/m<sup>3</sup> 이하로 크게 낮아졌다.

1996년 6월 16일 조사(Fig. III-34-B)에서 유생의 수직분포는 연안 2 km에서 8 km까지는 표층부터 30 m 층 아래까지 모두 분포하였고, 연안 10 km에서 14 km까지는 표층부터 15 m 층까지, 연안 16 km에서는 표층부터 10 m 층까지 분포하여 1994년의 고수온기 유생분포와는 뚜렷한 차이가 있었다. 유생의 주 분포수층은 연안 2 km에서는 5~30 m 층으로 거의 전층에서 밀도가 높았으며, 15 m 수층에서는 386개체/m<sup>3</sup>, 10 m 층에서 264개체/m<sup>3</sup>, 25 m 층에서도 167개체/m<sup>3</sup>로 높았다. 연안 4 km에서 주 분포수층은 10~20 m 층으로 10 m 층에서 194개체/m<sup>3</sup>, 20 m 층이 104개체/m<sup>3</sup>이며, 연안 6 km에서 주 분포수층은 5~10 m 층으로 5 m 층에서 104개체/m<sup>3</sup>였다. 따라서 1996년의 유생분포는 연안 4 km까지는 표층부터 30 m 층까지 비교적 높은 밀도인 반면, 연안 6 km 외해쪽은 5~10 m 층에서 높았다. 유생분포는 1994년과는 달리 연안 16 km 부근까지 출현하였고, 분포밀도는 연안 6 km까지 높았다. 한편, 유생출현 시기의 수온은 연안 4 km 내측은 표층과 30 m 층의 수온차가 5~8℃로 매우 컸으며, 유생은 주로 16℃ 이하 층에 밀집하였다. 유생분포 수온은 고수온이 지속된 1994년은 9~14℃로, 주 분포수온은 10~13℃였으며, 저수온이 지속된 1996년은 8~14℃로 주 분포수온은 9~12℃로, 16℃ 이상의 수온에서는 밀도가 크게 낮았다.

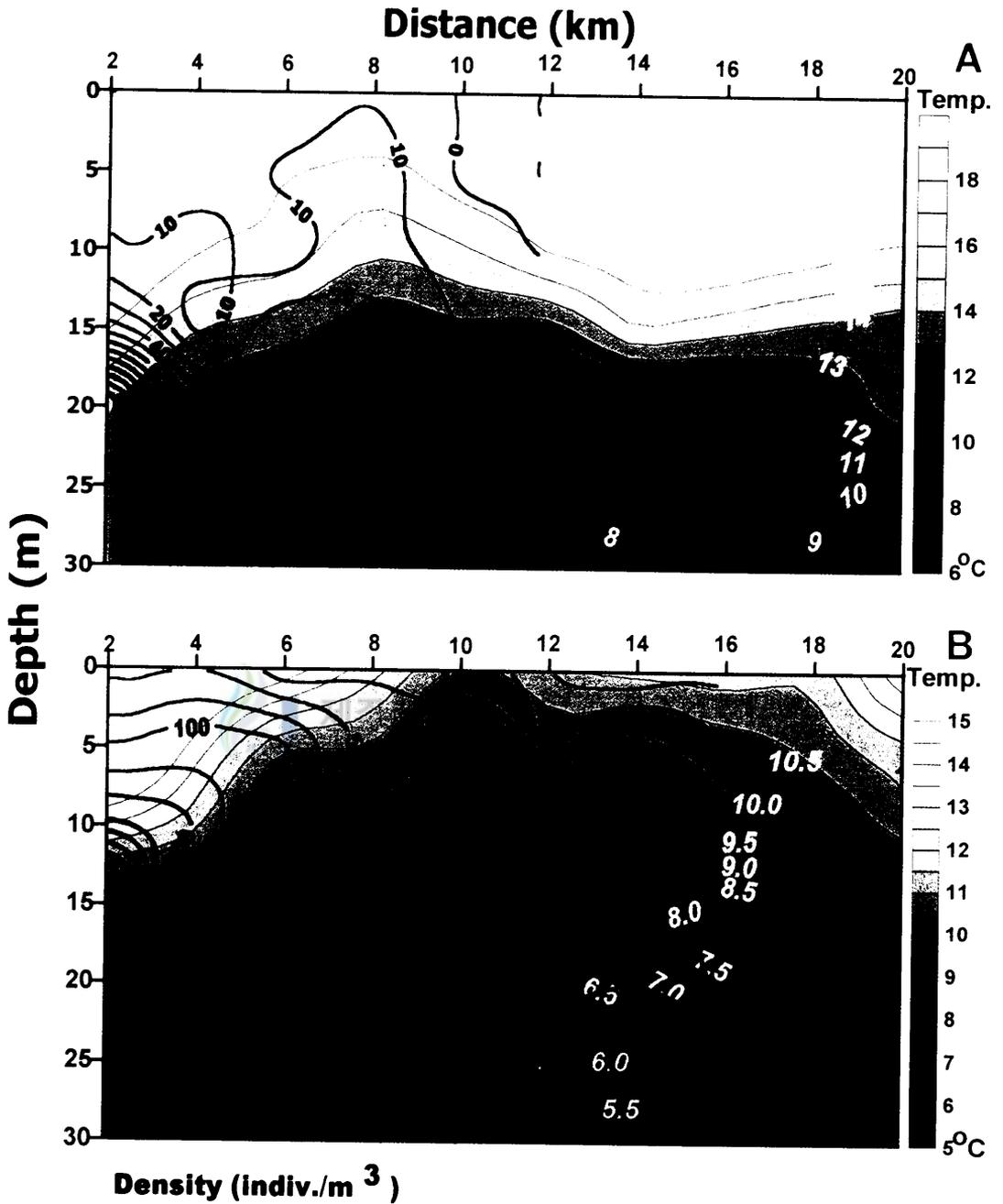


Fig. III-34. Vertical distribution of the scallop larvae at J-3 line in June 15, 1994 (A) and June 16, 1996 (B).

### 3.4. 유생의 부유기간

주문진 연안에서 자연상태의 유생이 부착 가능한 가장 260  $\mu\text{m}$  크기로 성장하는 데 소요되는 유생의 일간 성장률과 부유가능 기간은 Table III-5 및 Fig. III-35와 같다. 자연 해역에서 산란으로부터 부착 가능한 가장 260  $\mu\text{m}$ 까지 계산된 유생의 부유가능 기간은 1995년은 유생의 주 분포수심인 10~20 m 수층의 자연수온 범위 9.2~12.9°C에서 약 44.7일이었고, 저수온이 지속된 1996년은 수온 6.8~11.4°C에서 47.8일, 고수온이 지속된 1997년은 수온 11.9~14.9°C에서 39.5일 그리고 1998년에는 수온 11.8~14.5°C에서 43.7일이었다.

한편, 자연 해역에서 계산된 유생의 일간 평균 성장은 1995년은 4.98  $\mu\text{m}/\text{day}$ 였고, 1996년은 4.35  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 1997년은 6.00  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 1998년은 4.97  $\mu\text{m}/\text{day}$ 로 유생은 수온이 높을 수록 성장이 빨랐다.

### 3.5. 성장단계별 출현

강원 북부의 기진 연안에서 부유유생의 성장단계별 밀도분포는 Fig. III-36과 같다. 가장 160  $\mu\text{m}$  이하의 소형 부유유생은 4월 하순에 33.3~100%, 5월 상순 15.8~56.3%로 높게 출현하였고, 5월 중순까지 출현하였다. 특히, 고수온기인 1994년과 1997년은 각각 6월 상순과 5월 하순까지로 출현기간이 짧은 반면, 저수온기인 1993년과 1996년 및 1998년은 6월 하순과 7월 상순까지로 길었다. 가장 160~220  $\mu\text{m}$ 의 중형유생은 4월 하순에 0~66.7%, 5월 하순에 35.7~55.1%로, 5월에 출현빈도가 높고, 7월 상순까지 출현하였다. 특히, 저수온해인 1996년은 출현기간이 길고, 고밀도를 보인 반면, 고수온해인 1997년은 조기에 출현이 종료되었다. 가장 220  $\mu\text{m}$  이상의 대형유생은 6월 상순에 44.1~81.7%로 높고, 7월 상순 출현은 1996년에 73.4%였다. 기진 연안에서 대형 유생출현은 주로 5월 하순 이 후 증가하여 6월 하순까지 높았고, 1996년은 7월 상순까지 높은 밀도로, 8월 13일에도 출현하였다.

강원 중부의 주문진 연안에서 부유유생의 성장단계별 밀도분포는 Fig. III-37

**Table III-5. Duration of larval swimming stage estimated at Chumunjin**

Year	Regression formula of larval growth	Growth rate ( $\mu\text{m}/\text{day}$ )	Duration of swimming stage (days)	
			Field survey	Calculated
1995	SL=4.979D+44.241	4.98	41	43.3
1996	SL=4.348D+52.196	4.35	46	47.8
1997	SL=5.996D+31.386	6.00	37	38.1
1998	SL=5.822D+32.171	5.82	39	39.1

\* SL and D indicate shell length ( $\mu\text{m}$ ) and days, respectively.

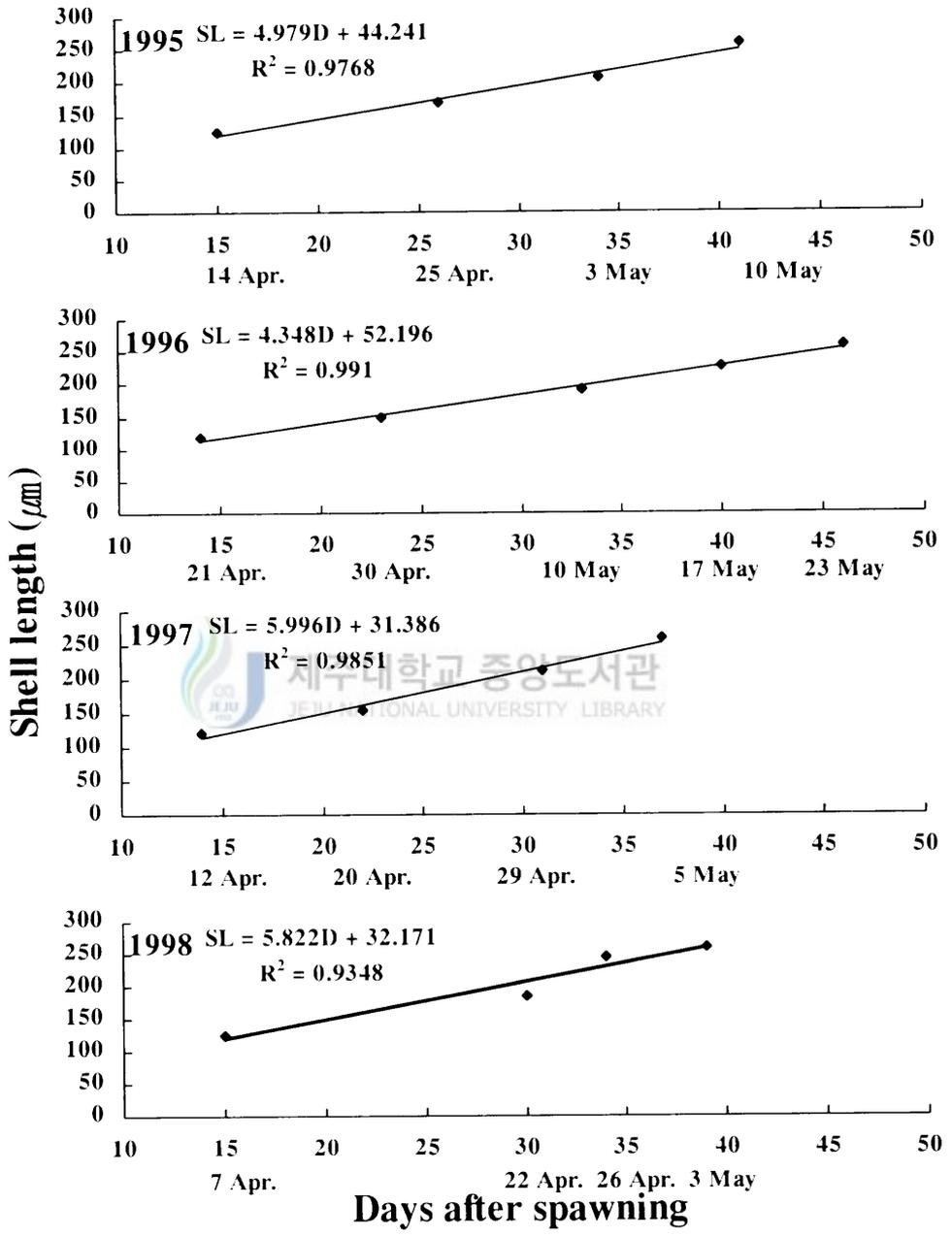
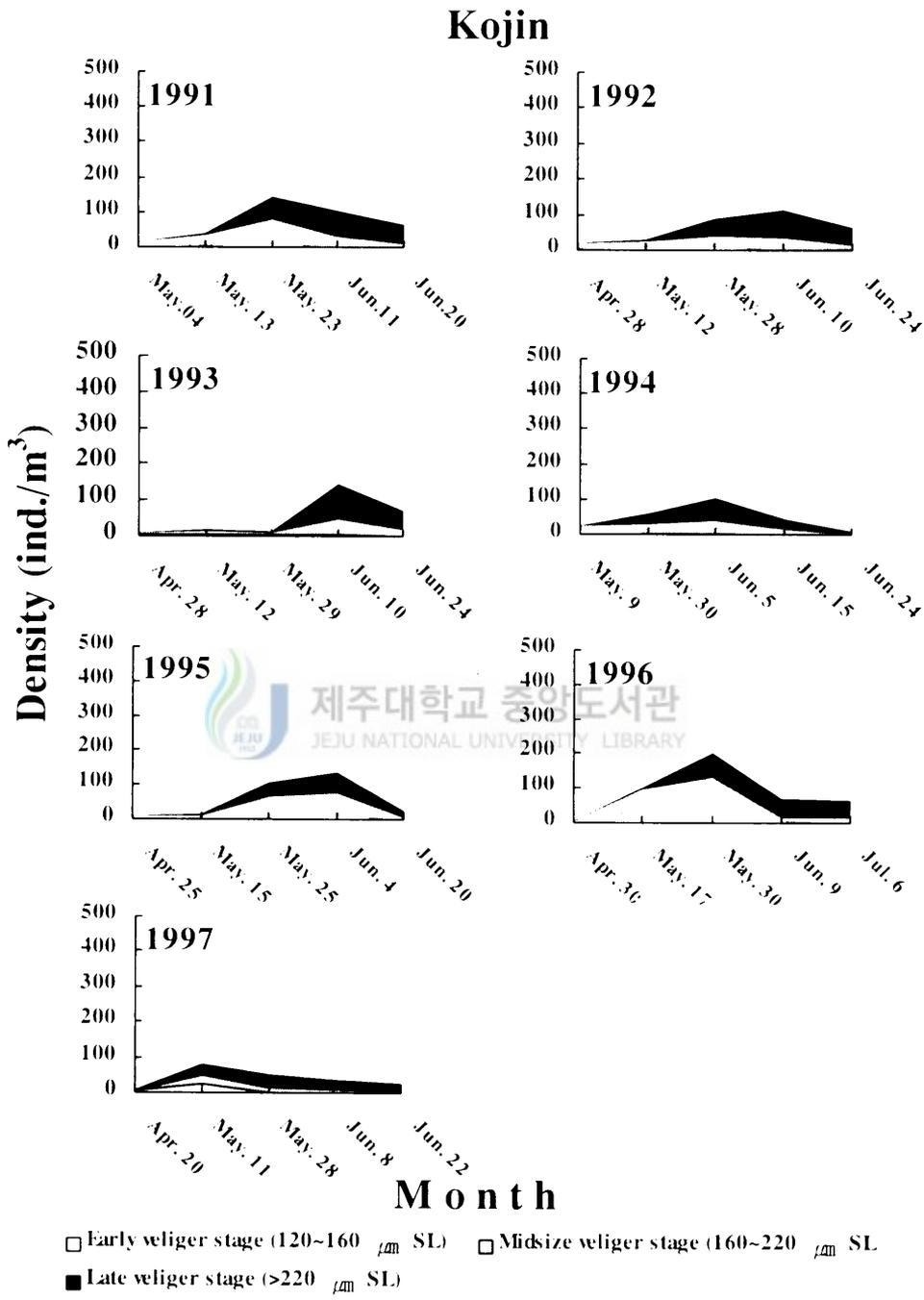
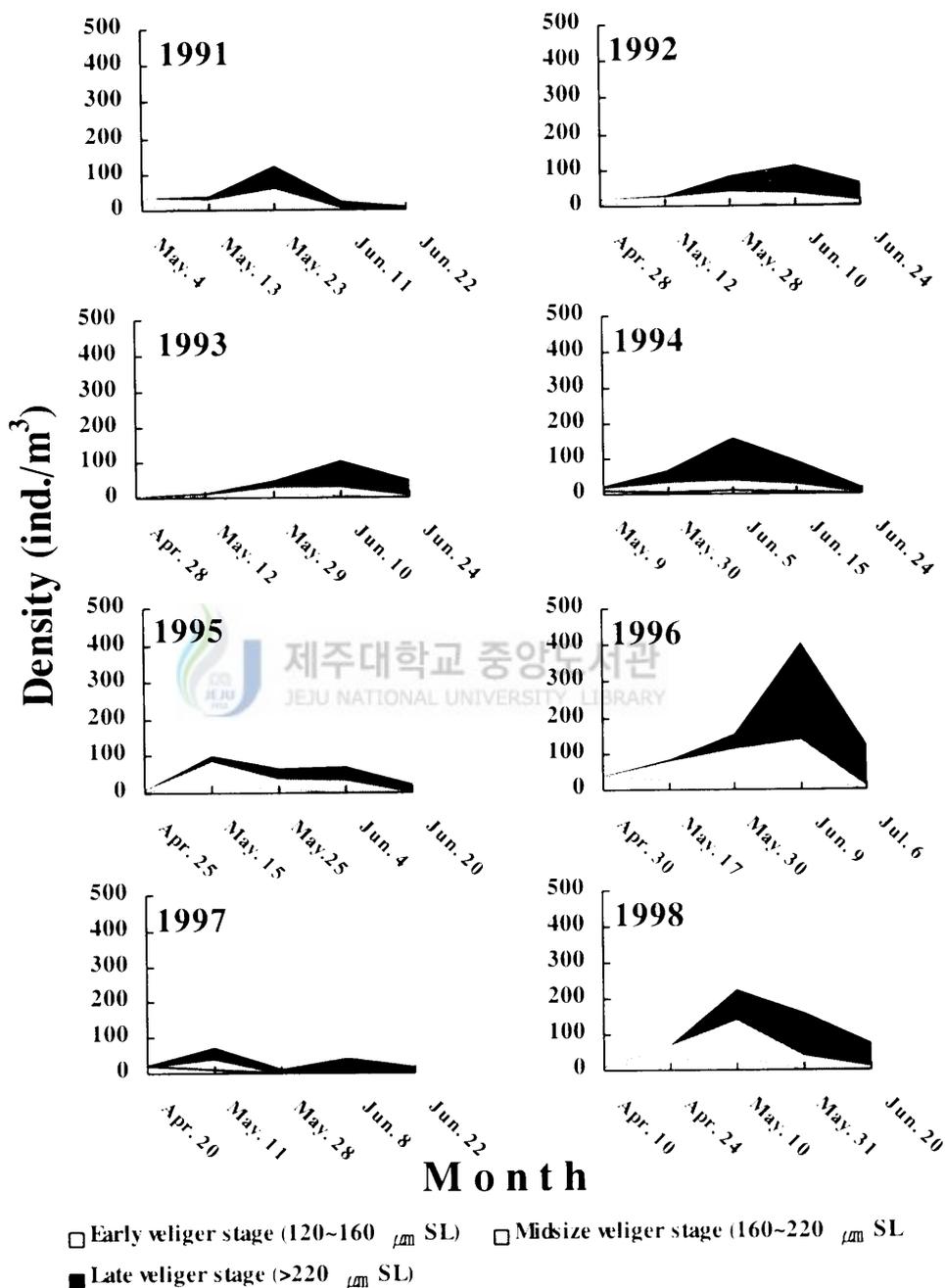


Fig. III-35. Annual variation of larval growth of the scallops from April to May.



**Fig. III-36. Annual variation of density (ind./m<sup>3</sup>) of three different size veliger larvae at Kojin.**

## Chumunjin



**Fig. III-37. Annual variation of density (ind./m<sup>3</sup>) of three different size veliger larvae at Chumunjin.**

과 같다. 각장 160  $\mu\text{m}$  이하의 소형 부유유생은 4월 하순에 33.0~100%, 5월 하순에 0~15.4%로 5월 상순까지 출현빈도가 높았다. 특히, 고수온기인 1997년은 5월 중순에 17.4% 이 후 소형유생의 출현이 조기에 종료되었다. 각장 160~220  $\mu\text{m}$ 의 중형유생은 4월 하순에 33.3~67.6%, 5월 하순 11.1~61.6%, 6월 중순 8.3~30.0%로 6월 상순까지 출현빈도가 높고, 7월 상순까지 출현하였다. 각장 220  $\mu\text{m}$  이상의 대형유생은 4월 하순에는 1992년의 20.0%를 제외하고는 출현하지 않았으며, 5월 하순 23.2~88.9%, 6월 중순 69.6~91.7% 및 6월 하순에 66.7~94.2%였다. 주문진 연안에서 대형유생 출현은 주로 5월 중순 이 후 증가하여 6월 하순까지 높았다. 한편, 저수온해인 1996년은 5월 하순부터 8월 13일까지도 고밀도로 장기간 출현한 반면, 고수온해인 1997년은 5월 상순부터 6월 중순을 전후로 대형유생의 출현이 조기에 종료되었고, 1998년은 5월 상순부터 7월 상순까지 출현기간이 길면서, 고밀도로 출현하였다.

강원 남부의 급진 연안에서 부유유생의 성장단계별 밀도분포는 Fig. III-38과 같다. 각장 160  $\mu\text{m}$  이하의 소형 부유유생은 4월 하순에 41.7~66.7%, 5월 중순 2.9~40.0%로 5월 중순까지 출현빈도가 높았으나 매우 불규칙하였다. 특히, 고수온해인 1997년은 5월 하순에 18.9%로 출현이 종료된 반면, 저수온해인 1996년은 7월 상순까지 출현하였으나, 대부분 6월 중순 이전에 종료되어 거진과 주문진 연안에 비해 출현기간이 짧았다. 각장 160~220  $\mu\text{m}$ 의 중형유생은 5월 중순에 45.8~61.3%이며, 6월 중순에 16.2~23.4%로, 6월 상순까지 출현빈도가 높고, 1996년은 7월 상순까지 출현하였다. 각장 220  $\mu\text{m}$  이상의 대형유생은 5월 중순에 10.0~44.6%, 하순 25.6~61.5%, 6월 상순 59.1~87.0%, 중순 74.5~100.0%, 하순 77.8~93.1%였고, 7월 상순은 1996년에만 93.6%였다. 급진에서 대형 유생출현은 주로 5월 중순 이 후 출현량이 증가하여 6월 하순까지 높았다. 한편, 저수온해인 1996년 6월 9일에는 대형유생의 출현량이 전 조사지역 중 최대로 7월 중순까지 출현한 반면, 1997년의 출현량은 1996년에 비해 크게 감소되었다.

## Kumjin

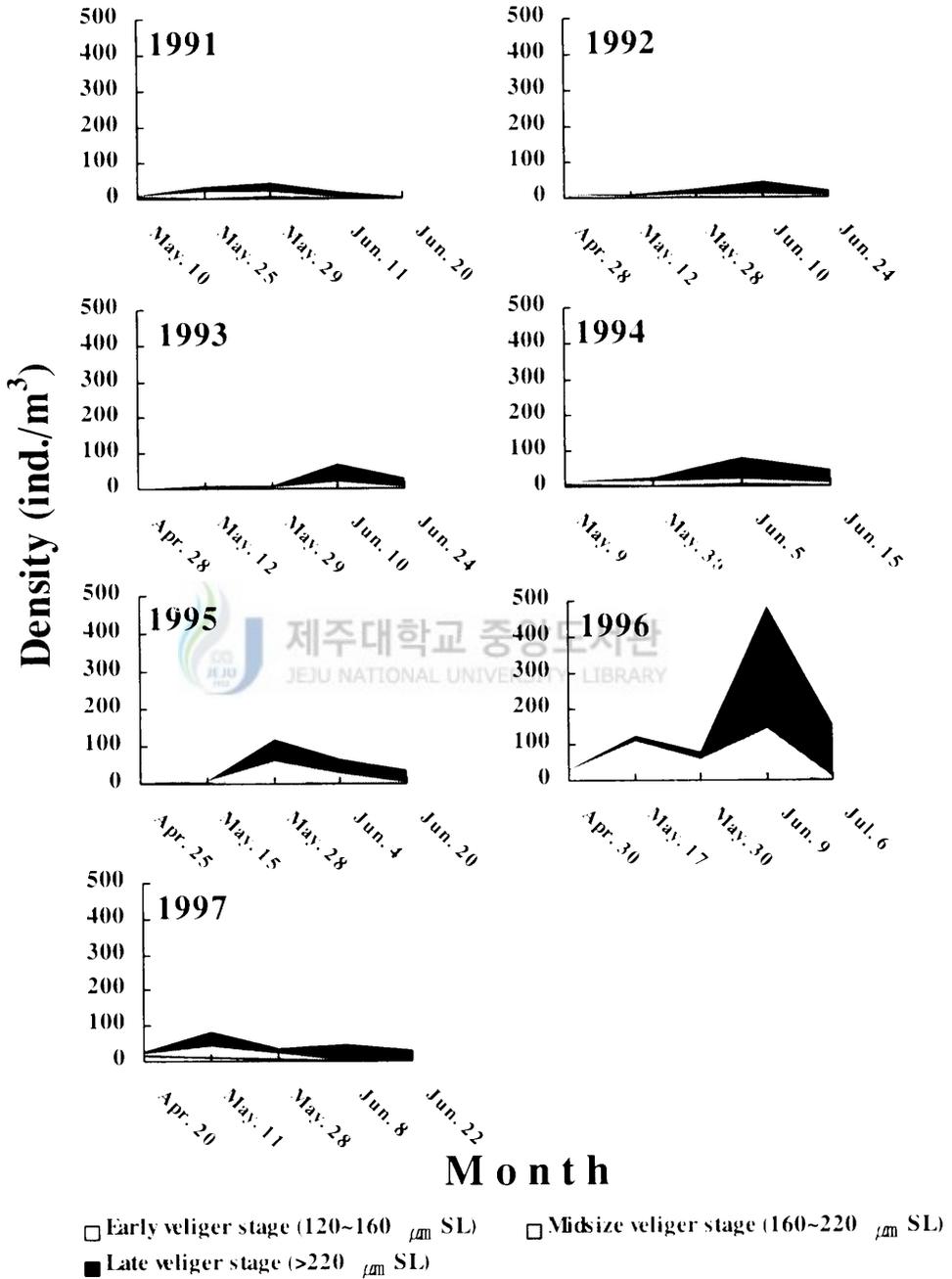


Fig. III-38. Annual variation of density (ind./m<sup>3</sup>) of three different size veliger larvae at Kumjin.

## 4. 자연 채묘

### 4.1. 시기별 치패 부착량

채묘기의 적정 투입시기를 알기 위하여 주문진 연안의 수심 15 m 수층에서 1992년부터 1993년까지 치패 부착시기와 부착밀도 및 부착시의 수온 조건은 Fig. III-39와 같다.

1992년 치패 부착량은 5월 1일 투입하여 5월 18일에 꺼낸 채묘기에서는 수온 10.1~12.0℃에서 2개체가 부착한 반면, 6월 10일 투입하여 6월 20일에 꺼낸 채묘기는 수온 13.1~13.2℃에서 154개체였다. 그러나 7월 1일 투입하여 7월 9일에 꺼낸 것은 31개체로 부착량이 감소하였고, 이때의 수온은 16.4℃였으며, 7월 10일 투입하여 7월 20일에 꺼낸 채묘기는 수온 16.4~17.1℃에서 3개체였다. 수온 18℃ 전후인 7월 21일 투입하여 8월 20일에 꺼낸 것은 치패 부착이 전혀 없어, 치패 부착은 대체로 수온 16℃ 이상에서 낮았다.

한편, 1993년의 치패 부착량은 5월 3일 투입하여 5월 17일에 꺼낸 채묘기에서는 부착이 전혀 없었고, 이때의 수온은 10.4℃였다. 수온 11.7~12.2℃로 낮았던 5월 18일에 투입하여 5월 31일에 꺼낸 채묘기에서도 3개체만 부착하였다. 수온 12.7℃ 전후의 6월 11일에 투입하여 6월 20일에 꺼낸 것은 73개체였으며, 수온 12.7~13.2℃의 6월 21일 투입하여 6월 30일에 꺼낸 것은 부착량이 207개체로 집중 부착하였다. 7월 1일 투입하여 7월 10일에 꺼낸 것은 89개체로, 다른 해에 비해 부착시기가 늦은 반면, 부착량이 많았으며, 이때의 수온은 13.4℃였다. 이후 치패 부착은 7월 20일에서 8월 14일까지도 11 개체가 부착하였고, 이때의 수온은 16.9~17.1℃였다.

### 4.2. 수층별 치패 부착량

#### 4.2.1. 지역에 따른 수층별 부착량

참가리비 치패 부착 적수온을 알기 위하여 5~25 m 수층에서 1 m 간격으로

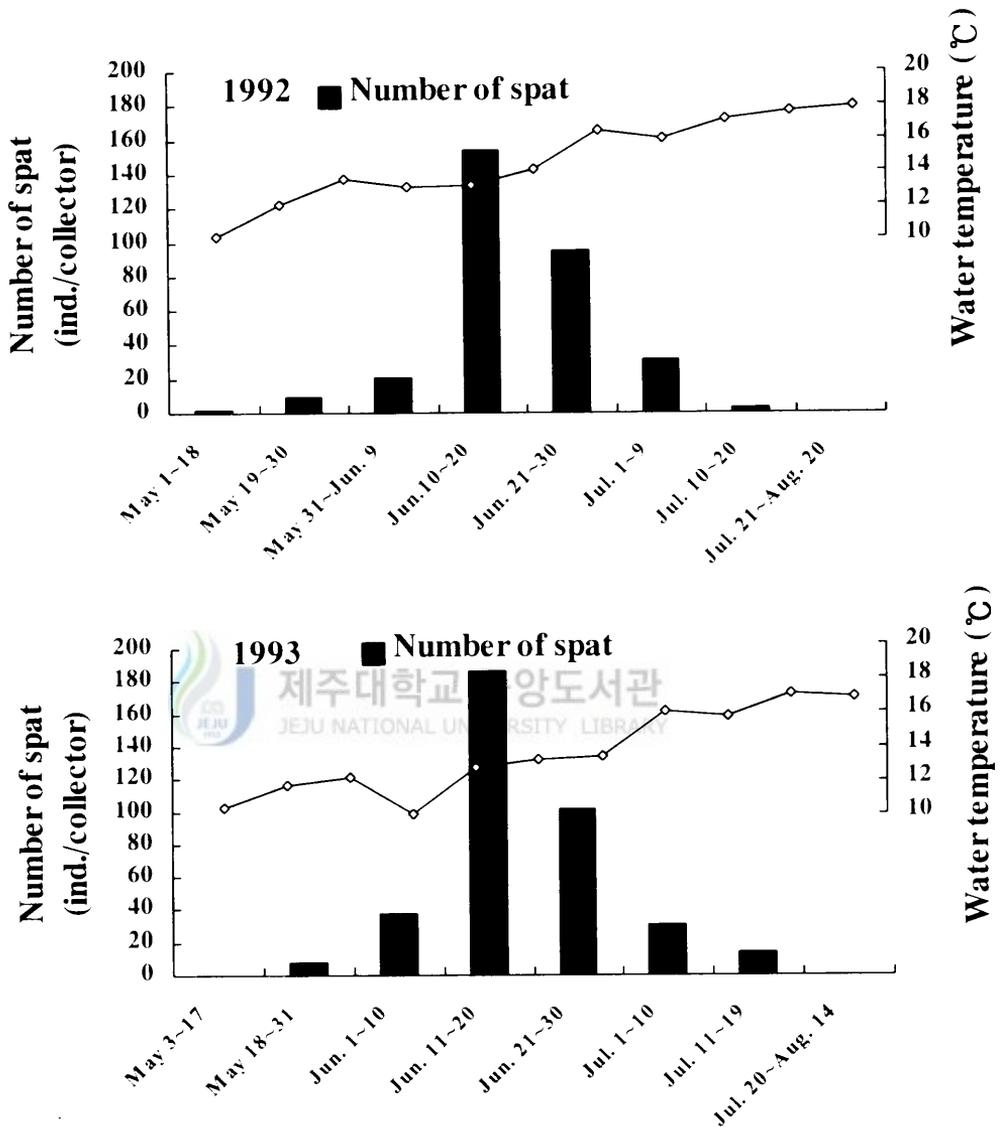


Fig. III-39. Comparison of the relationship between the number of attached scallops and inputting period of collector bags from 1992 to 1993.

설치한 채묘기에서의 수층별 치패 부착량은 Fig. III-40과 같다. 1991년 기진 연안에서 채묘기당 치패 부착량은 54~488개체로, 최대부착은 17 m 층이며, 최저 부착은 7 m 층 이었다. 치패 부착 시기에 저수온이 지속된 1993년은 채묘기당 424~1621개체로, 최대부착은 13 m 층이며, 최저부착은 7 m 층이었고, 부착 밀도가 높은 층은 9~21 m였다. 그러나 부착 밀도가 높은 층에서도 밀도차는 비교적 컸으며, 1991년에 비해서는 부착층이 표층역으로 이동하였다. 저수온해인 1996년은 채묘기당 부착량이 426~1,010개체로, 최대부착은 14 m 층이며, 최저 부착은 6 m 층으로 주 부착수층은 10~20 m였다. 치패 부착시기에 고수온을 보인 1997년은 39~168개체로 부착량이 크게 감소되었고, 주 부착수층도 14~21 m의 저층으로 이동하였다.

주분진 연안은 1991년에 채묘기당 부착밀도가 0~189개체로 최대부착은 20 m 층이었고, 5 m 층에서는 부착이 전혀 없었으며, 주 부착수층은 14~21 m였다. 저수온 해인 1993년은 164~486개체로, 부착수층은 9~25 m로 넓게 나타났고, 1996년은 668~2,984개체로 부착량이 크게 증가되었으며, 최대부착은 16 m 층, 최저부착은 11 m 층, 주 부착 수층은 12~23 m였다. 치패부착 시기에 고수온을 보인 1997년은 23~90개체로 1996년에 비해 크게 감소되었으며, 최대부착은 20 m 층, 최저부착은 11 m 층으로, 주 부착수층은 16~23 m였다.

남진 연안은 1991년에 채묘기당 부착량이 5~164개체로 최대부착은 23 m 층이었고, 최저부착은 7 m 층으로, 주 부착수층은 16~25 m였다. 1993년은 84~564개체로 최대부착은 21 m 층, 최저부착은 6 m 층이며, 주 부착수층은 10~25 m였다. 채묘시기에 저수온이 지속된 1996년은 채묘기당 부착밀도가 1,264~10,235개체로 연구기간중 최대 부착량으로, 북부의 기진 연안에 비해 월등히 많았다. 최대부착층은 21 m 층, 최저부착층은 8 m 층으로 4,000개체 이상의 주 부착수층은 11~24 m였다. 그러나 고수온이 지속된 1997년은 채묘기당 부착밀도가 48~126개체로 1996년에 비해 크게 감소되었고, 주 부착수층은 14~23 m였다.

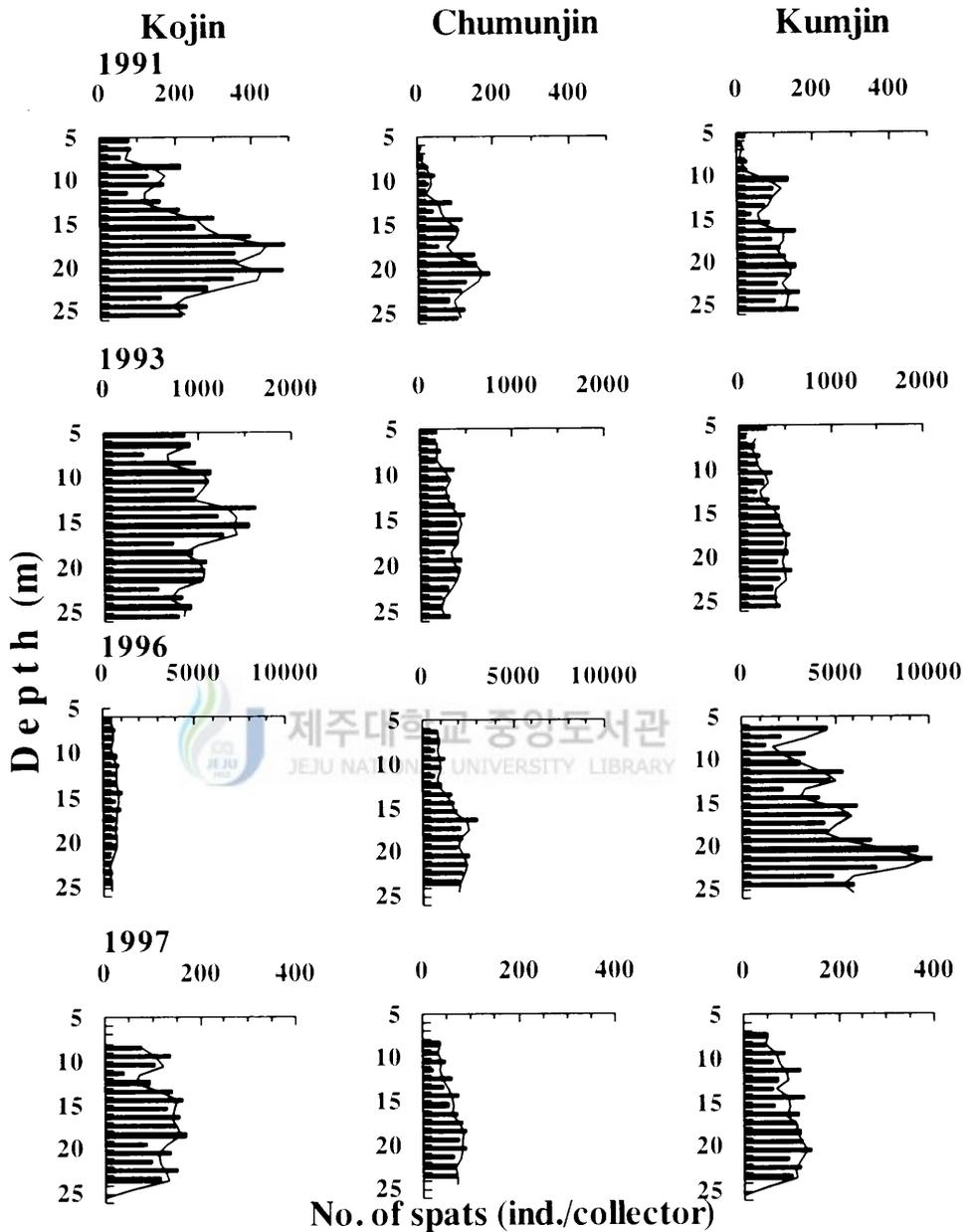


Fig. III-40. Vertical distribution of the number of attached scallop spat on the collected bags depend on water depth from 1991 to 1997.

#### 4.2.2. 크기에 따른 수층별 부착량

채코기로부터 조사된 기진과 주문진 연안의 수층별, 크기별 부착 치패의 빈도 분포는 아래와 같다.

기진 연안(Fig. III-41)에서 1991년 7월 21일 5 m 수층의 출현량은 총 49개체로 각고 0.5~6.0 mm의 소형군이 부착하였으며, 2 mm 내외의 크기가 48%로 가장 많았다. 15 m 수층의 출현량은 121개체였고, 각고 0.4~6 mm, 주 mode는 1~2 mm였다. 25 m 수층은 116개체로 0.5~3.5 mm(mode 1.5 mm)의 소형 개체가 많아 하층에서 성장이 낮았다. 8월 30일 조사에서는 2개의 크기가 다른 군이 나타났으며, 5 m 수층은 23개체로 2~3 mm의 소형 개체 출현도 있었으나 7~8 mm군이 51%였다. 15 m 수층에서는 123개체로 1~13 mm, mode는 2~3 mm와 6~9 mm에 있지만, 주로 2~3 mm가 주군을 이루고 있었다. 25 m 수층의 부착량은 206개체로 각고 분포는 1~8 mm, mode는 2~3 mm와 6~7 mm의 2그룹 중 6~7 mm군이 42%였다. 9월 20일 조사에서 5 m 수층의 출현량은 76개체로 각고분포는 1.5~15.0 mm, 15 m 수층의 출현량은 252개체로 2.5~20.0 mm, 25 m 수층은 214개체로 2.0~15.0 mm였는데, 각 층 모두 2~3개의 mode 가 있었지만 어느 것이 주군인지 알수 없을 정도로 혼란한 분포였다.

주문진 연안(Fig. III-42)은 1991년 7월 20일 조사에서 5 m 수층의 부착량은 9개체로 각고 0.5~6.0 mm였지만 4~6 mm의 소형 개체군이 많이 출현하였다. 15 m 수층에서는 출현량이 54개체로 각고범위는 0.4~4.0 mm였으며, 주 mode는 0.5 mm로 52.8%였고, 2개의 mode가 있었다. 25 m 층에서는 출현량이 35개체로 0.4~4.0 mm였고, 주 mode는 1 mm의 소형 개체였다. 8월 30일 조사에서는 5 m 수층의 출현량이 11개체로 각고분포는 1.5~10.0 mm였고, 주 mode는 7 mm군이며, 15 m 층은 출현량이 96개체로 1~11 mm였고, mode는 1.5~3.0 mm로 54.2%였다. 25 m 층은 88개체로 각고분포는 1.0~9.5 mm, mode는 2~5 mm군으로 분산되었다. 9월 16일 조사에서 5 m 층의 출현량은 12개체로 각고분포는 3.8~10.0 mm였고, 15 m 층은 103개체로 1~11 mm, 주 mode는 3 mm와 5 mm군이며, 25 m 층은 105개체로 각고분포는 1~11 mm였고, mode는 분산되어 뚜렷하지 않았다.

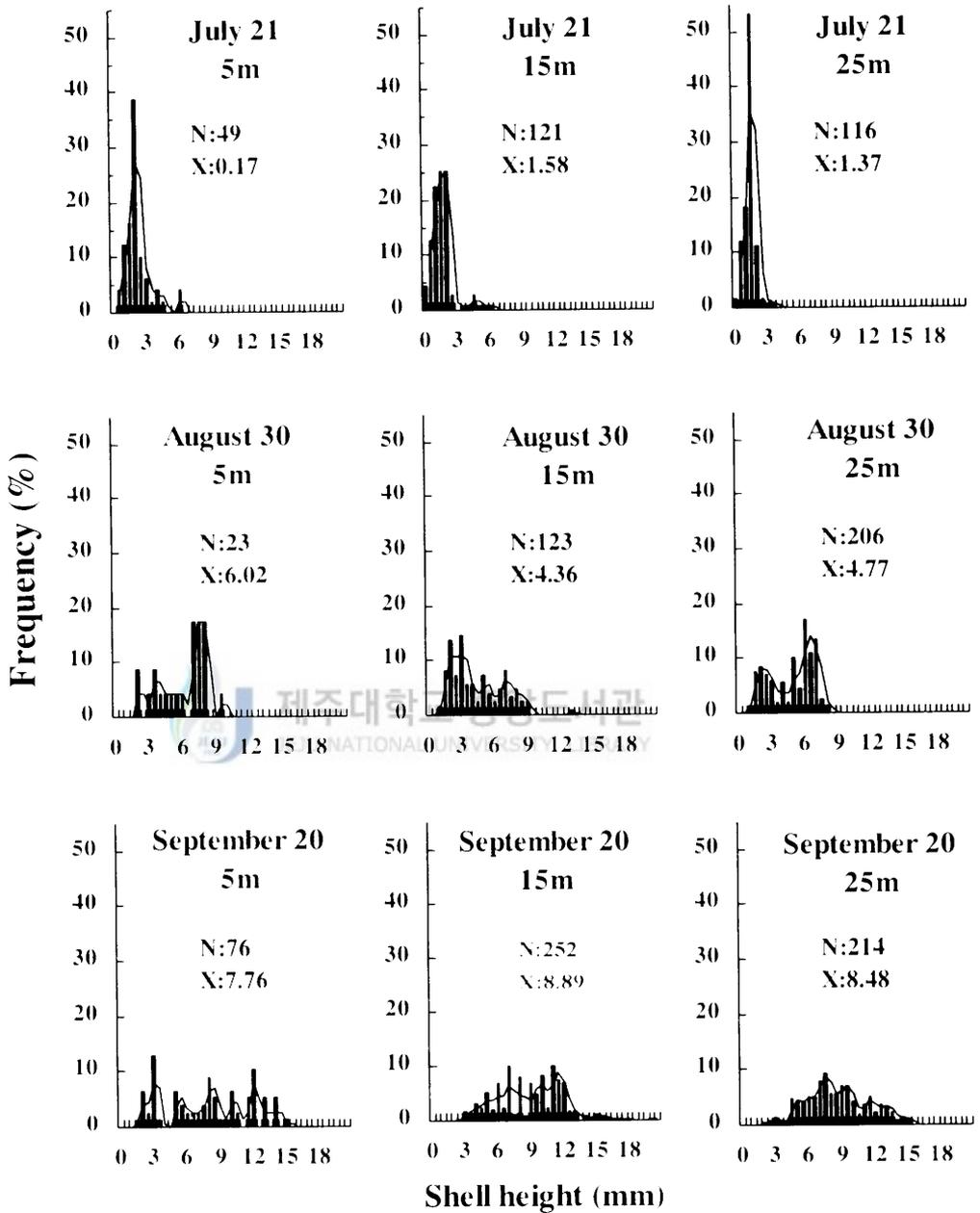


Fig. III-41. Comparison of the size distribution of the attached scallop spats on different water depth and collecting months in 1991 at Kojin.

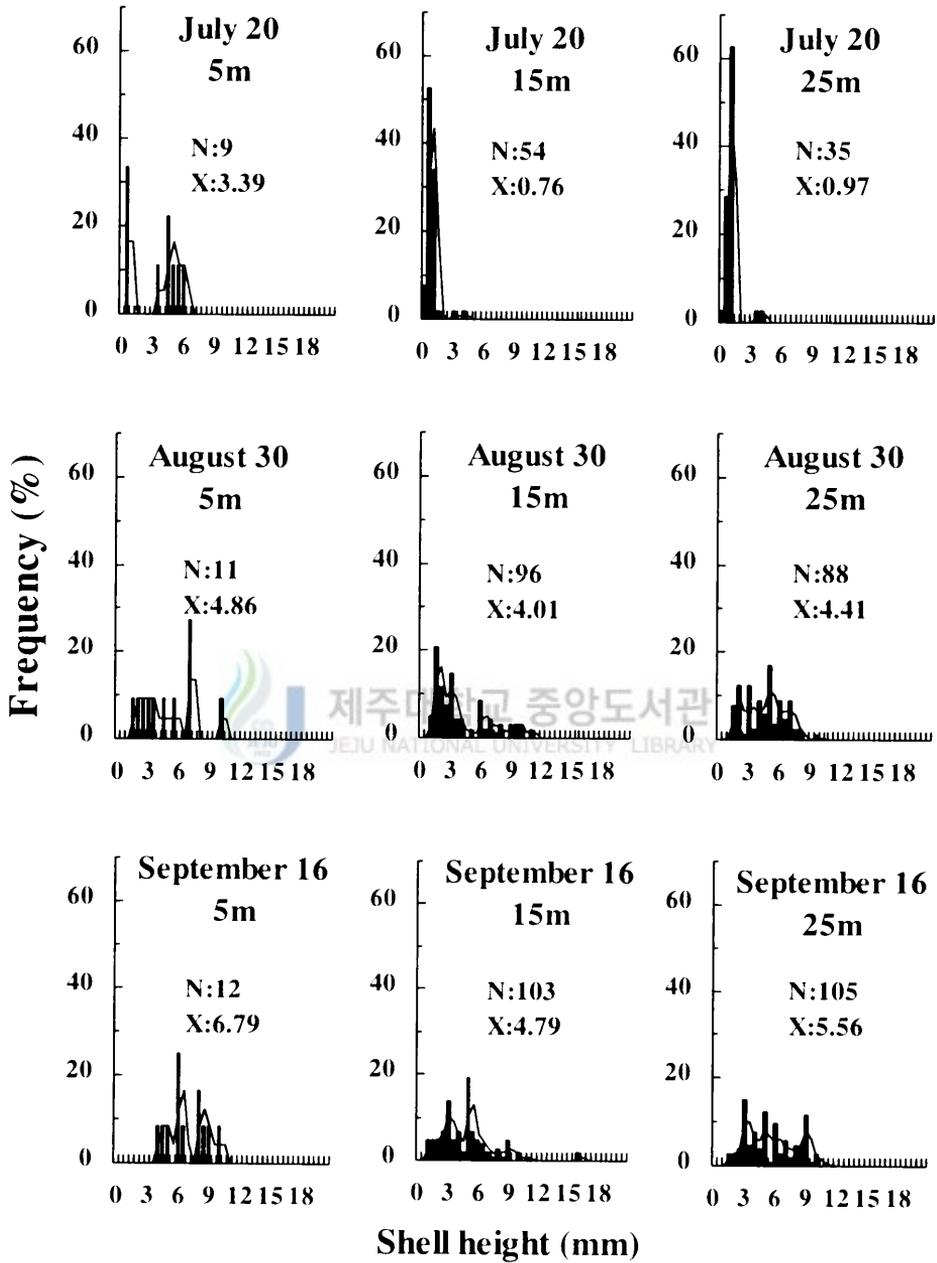


Fig. III-42. Comparison of the size distribution of the attached scallop spats on different water depth and collecting months in 1991 at Chumunjin.

### 4.3. 해역별 치패 부착량

강원 연안에서 1989년부터 1997년까지의 연별 치패 부착량은 Table III-6과 같다. 강원 북부의 대진 연안의 치패 부착량은 채묘기당 평균 122~1,074개체로, 자연채묘가 처음 시작된 1992년은 453개체이며, 1993년은 1,074개체로 강원 남부에 비해 크게 높았다. 시험기간 중 모든 해역에서 최대 부착을 보인 1996년은 626개체로 남부 해역에 비해 크게 낮은 반면, 전 연안에서 치패 부착이 최저를 보인 1997년은 채묘기당 122개체가 부착되어 전 연안의 평균 부착밀도 18~122개체에 비해 크게 높았다. 거진 연안은 채묘기당 29~724개체로 1989년은 채묘기당 30개체, 1990년은 29개체로 매우 낮았으나, 1991년은 237개체, 1996년은 724개체로 증가하였다. 문암 연안은 1991년 226개체, 저수온이 지속된 1996년은 897개체로 부착량이 크게 증가하였으나, 고수온이 지속된 1997년은 19개체로 크게 감소하였고, 속초 연안은 채묘기당 18~794개체로 문암 연안과 비슷한 경향으로 북부 해역은 1995년 이후 증가량이 낮았다.

중부의 양양 연안은 채묘기당 86~1,213개체로 1997년에 최저, 1996년에 1,213개체로 최대였고, 특히, 북부의 거진, 속초 연안에 비해서 빠르게 증가하였다. 주문진 연안은 채묘기당 23~1,735개체로 시험이 시작된 1989년부터 1991년까지는 부착량이 적었고, 이후 꾸준히 증가되어, 1996년에 최대였으며, 1997년은 42개체로 크게 감소되었다. 강릉 연안은 23~1,957개체로 1996년에 최대, 1997년에는 23개체로 최저였으나, 중부 해역은 1993년 이후부터 북부 해역에 비해 증가속도가 빨랐다.

남부의 급진 연안은 채묘기당 90~5,344개체로 1996년은 전 조사 해역중 최대로 부착하였고, 부착량이 크게 낮은 1997년에도 99개체로 최북단인 대진 연안의 122개체 다음으로 많은 양이었다. 그러나 삼척 연안은 채묘기당 31~684개체로 전 조사 해역중 가장 적었으며, 1996년을 제외하고는 경제적인 채묘(채묘기당 부착량 200개체 이상)가 이루어지지 않았다.

**Table III-6. Annual changes on the number of attached scallop spats among nine locations in East Sea of Korea (mean  $\pm$  SD)**

Sites	Years									
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Taejin	-	-	-	453 $\pm$ 49	1,074 $\pm$ 262	668 $\pm$ 162	312 $\pm$ 10	626 $\pm$ 240	122 $\pm$ 146	
Kojin	30 $\pm$ 18	29 $\pm$ 11	237 $\pm$ 136	402 $\pm$ 74	515 $\pm$ 66	569 $\pm$ 181	232 $\pm$ 24	724 $\pm$ 265	80 $\pm$ 18	
Munam	-	-	226 $\pm$ 99	629 $\pm$ 73	856 $\pm$ 460	364 $\pm$ 100	217 $\pm$ 113	897 $\pm$ 198	19 $\pm$ 6	
Sokcho	-	-	-	268 $\pm$ 105	463 $\pm$ 91	243 $\pm$ 75	274 $\pm$ 90	794 $\pm$ 113	18 $\pm$ 5	
Inku	-	-	-	450 $\pm$ 105	553 $\pm$ 91	821 $\pm$ 163	234 $\pm$ 28	1,213 $\pm$ 242	86 $\pm$ 19	
Chumunjin	23 $\pm$ 13	23 $\pm$ 17	77 $\pm$ 56	235 $\pm$ 110	322 $\pm$ 86	387 $\pm$ 163	195 $\pm$ 83	1,735 $\pm$ 858	42 $\pm$ 16	
Kangmun	-	-	-	-	216 $\pm$ 32	596 $\pm$ 93	106 $\pm$ 61	1,957 $\pm$ 1135	23 $\pm$ 8	
Kumjin	-	-	90 $\pm$ 56	201 $\pm$ 84	388 $\pm$ 52	269 $\pm$ 160	201 $\pm$ 85	5,344 $\pm$ 2119	99 $\pm$ 39	
Sinnam	-	-	-	-	119 $\pm$ 67	40 $\pm$ 16	95 $\pm$ 31	684 $\pm$ 92	31 $\pm$ 12	

#### 4.4. 부착치패의 성장

##### 4.4.1. 채묘기에서 치패의 일간 성장

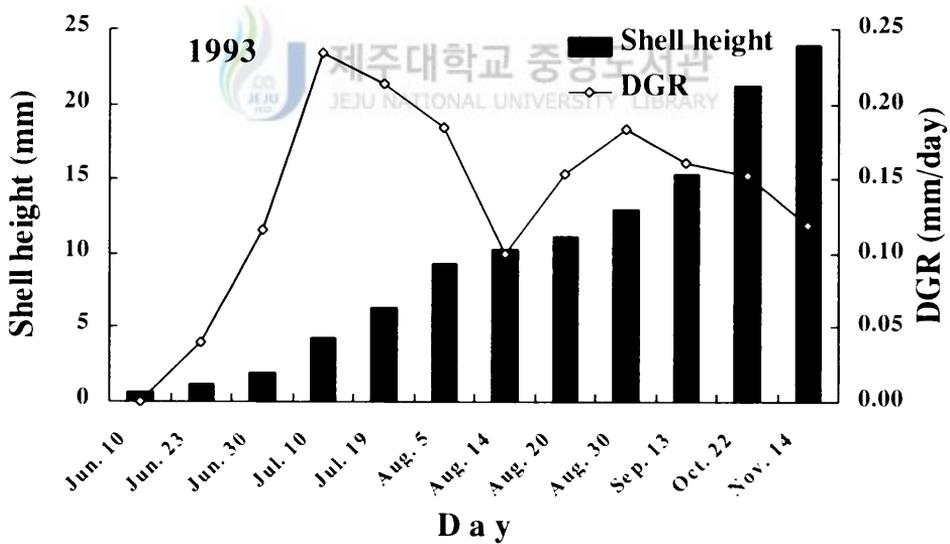
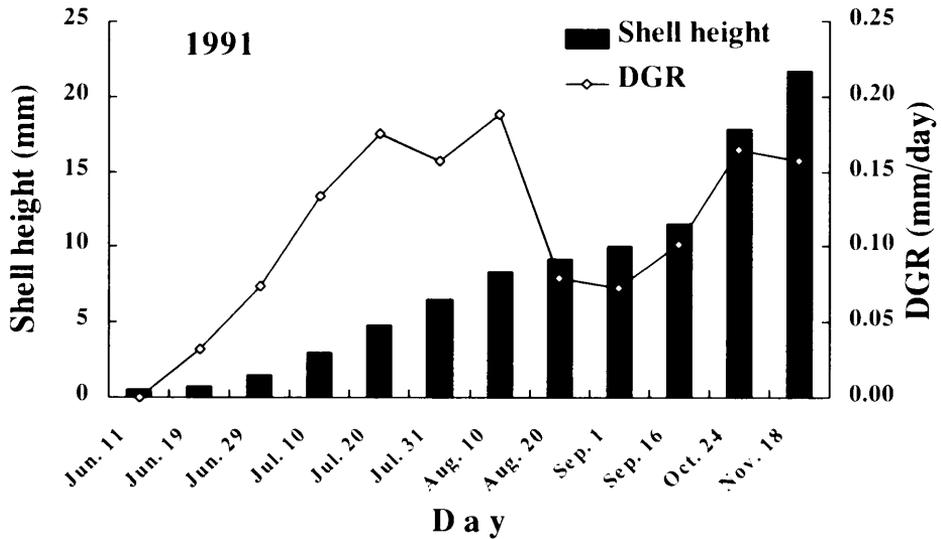
채묘기에 부착된 치패 중 성장이 빠른 group을 대상으로 한 15 m 수층에서 의일간 성장량은 Fig. III-43, Table III-7, Table III-8과 같다. 1991년 5월 23일 채묘기를 투입한 후 11월 18일까지의 일간성장 범위는 0.032~0.188 mm/day로 7월 10일부터 7월 20일 사이의 성장량은 0.175 mm/day였고, 7월 31일부터 8월 10일 사이에는 0.188 mm/day로 일간성장이 최대였다. 성장이 둔화된 시기는 고수온이 지속된 8월 20일부터 9월 1일 사이로 0.073 mm/day였으며, 이 후 9월 16일부터 10월 24일 사이에는 0.165 mm/day로 두 번째의 빠른 성장이 나타났다.

한편 1993년 5월 22일에 채묘기를 투입한 후 11월 14일까지의 일간성장 범위는 0.040~0.234 mm/day로 6월 30일 이전까지는 성장이 낮았으나, 저수온이 지속된 6월 30일부터 7월 19일 사이의 성장량은 0.214~0.234 mm/day로 최대였고, 7월 19일부터 8월 5일 사이에도 0.185 mm/day로 성장이 양호하였다. 8월 5일부터 8월 14일 사이에는 0.100 mm/day로 낮아졌으나, 이 후에도 성장량은 0.119~0.183 mm/day로 비교적 빠른 성장을 나타냈다.

##### 4.4.2. 채묘기에서 치패의 월간 성장

치패의 중간육성 이식가능 시기를 알기 위하여 수심 15 m 층의 채묘기에서 조사한 치패의 월별 성장은 Fig. III-44와 같다. 북부의 문암 연안은 1992년 6월에 각고 0.30~0.71 mm(평균 0.51 mm)에서 8월은 3.50~14.50 mm(평균 7.91 mm)로 중간육성 이식 가능한 5 mm 이상의 개체가 증가되었다. 9월은 평균 11.81 mm로 중간육성 가능 개체는 80% 이상이었고, 10월은 14.91 mm, 11월은 17.65 mm였다. 1993년 6월은 각고 0.32~2.01 mm(평균 0.84 mm)로 초기 성장이 1992년에 비해 빨랐으나, 7월은 평균 3.26 mm로 성장이 낮았고, 8월은 2.55~13.90 mm(평균 6.11 mm)로 8월 하순부터 5 mm 이상의 개체가 증가하였다. 9월은 평균 11.62 mm, 10월은 15.36 mm, 11월은 17.76 mm로 1992년에 비해 후기성장이 빨랐다.

주문진 연안은 1991년 6월에 각고 0.43~0.60 mm(평균 0.52 mm)에서 7월에는



**Fig. III-43. Changes of shell height and daily growth rate from June to November. DGR; Daily growth rate, as shell height at day t+1-at day t/number of day between t+1 and t.**

**Table III-7. Daily growth rate (DGR) of the scallop spats at Chumunjin in 1991**

Parameter	Date													
	Jun. 11	Jun. 19	Jun. 29	Jul. 10	Jul. 20	Jul. 31	Aug. 10	Aug. 20	Sep. 1	Sep. 16	Oct. 24	Nov. 18		
Shell height	0.44	0.52	1.13	2.58	3.25	4.62	7.04	8.13	8.20	9.02	16.30	20.33		
(mm)	0.60	1.16	2.40	3.54	6.80	8.64	10.36	10.34	11.30	16.01	18.80	23.02		
Mean	0.51	0.77	1.52	2.99	4.74	6.47	8.36	9.14	10.02	11.55	17.80	21.74		
±														
Standard division	0.05	0.27	0.37	0.38	1.07	1.28	0.97	0.75	0.89	2.45	4.79	1.13		
DGR														
(mm/days)	0.032	0.074	0.134	0.134	0.175	0.157	0.188	0.079	0.073	0.102	0.165	0.157		
Day	0	8	10	11	10	11	10	10	12	15	38	25		

**Table III-8. Daily growth rate (DGR) of the scallop spats at Chumunjin in 1993**

Parameter	Date													
	Jun. 10	Jun. 23	Jun. 30	Jul. 10	Jul. 19	Aug. 5	Aug. 14	Aug. 20	Aug. 30	Sep. 13	Oct. 22	Nov. 14		
Shell height	0.42	0.90	1.20	3.30	5.02	8.38	8.29	9.01	10.60	14.00	18.26	22.01		
(mm)	0.95	1.35	2.71	6.33	11.02	11.00	12.88	14.10	15.41	18.23	25.62	27.36		
Mean	0.62	1.15	1.96	4.31	6.23	9.38	10.28	11.20	13.03	15.29	21.23	23.96		
Standard division	0.17	0.14	0.42	0.99	1.79	0.80	1.18	1.75	1.77	1.29	2.29	1.91		
DGR (mm/days)		0.040	0.116	0.234	0.214	0.185	0.100	0.153	0.183	0.161	0.152	0.119		
Day	0	13	7	10	9	17	9	6	10	14	39	23		

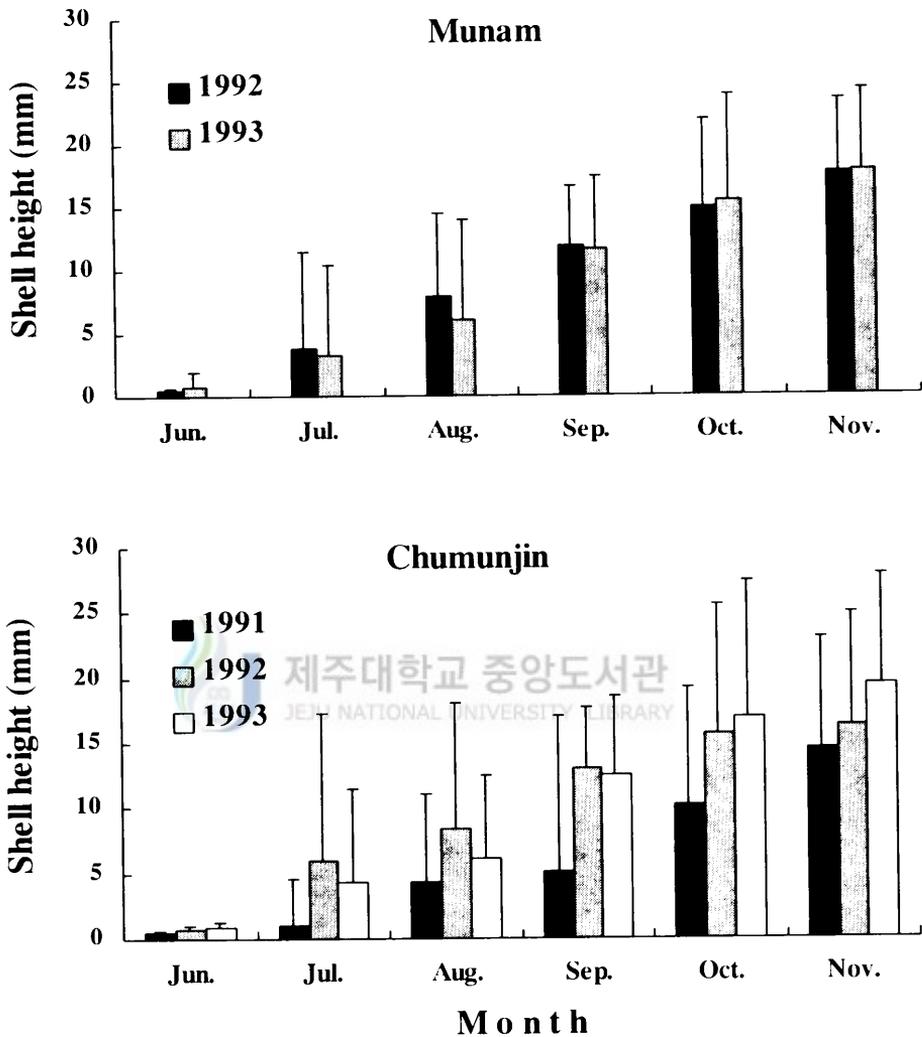


Fig. III-44. Comparison of the monthly growth of the scallop spats at 15 m water depth at Munam and Chumunjin.

평균 0.98 mm로 초기성장이 낮았고, 8월 중순에는 각고 1.58~11.51 mm(평균 4.27 mm)로 성장하였으나 중간육성 이식 가능 개체는 적었다. 9월은 각고 1.26~17.01 mm(평균 5.06 mm)로 5 mm 이상의 개체군이 증가되었고, 10월은 평균 10.11 mm, 11월은 14.54 mm였다. 1992년 6월은 각고 0.42~0.99 mm(평균 0.77 mm)로 소형개체가 출현하였으나, 8월은 2.82~16.70 mm(평균 8.38 mm)로 8월 중순부터 중간육성 이식 가능한 5 mm 이상의 개체가 증가하였다. 9월은 평균 12.91 mm, 10월은 15.62 mm 및 11월은 16.26 mm로 1991년에 비해 성장이 빨랐다. 1993년 6월은 각고 0.37~1.32 mm(평균 0.86 mm)로 초기 성장이 빨랐고, 7월은 1.81~11.38 mm(평균 4.33 mm), 9월은 12.41 mm 및 11월은 19.43 mm로 후기 성장이 빨랐다.

#### 4.4.3. 부착 치패의 연별 크기 조성

1989년부터 1997년까지 주문진 연안의 채묘기를 대상으로 매년 8월 5일에서 8월 20일 사이에 조사된 치패의 크기별 출현 조성은 Fig. III-45와 같다.

조사기간 중 부착 치패의 각고 범위는 0.5~20.5 mm로서 넓게 분포하였으며, 자연채묘 시험이 처음 시작된 1989년의 각고 범위는 5~17 mm로, 2회 이상의 부착군이 있었고, 평균각고는 11.35 mm로 1997년 다음으로 대형 개체군이 출현하였다. 1990년은 3.5~12.5 mm로 1989년에 비해 소형 개체군이었으며, 주 mode는 7~9 mm였다. 1991년의 각고는 1.58~11.51 mm로, 조사기간 중 가장 작은 개체였고, 주 mode는 1~3 mm군이며, 5~7 mm의 출현개체도 많아 2개 이상의 군이 혼합하였다. 1992년은 2.82~16.70 mm로, 주 mode는 5~9 mm군과 13~16 mm군으로 2회의 부착이 뚜렷하였고, 저수온이 지속된 1993년은 0.5~12.5 mm로, 주 mode군은 3~4 mm군과 6~9 mm의 2개군이였다. 고수온이 지속된 1994년은 5.5~16.0 mm로, 대형개체가 출현하였으며, 주 mode군은 8~13 mm군이었고, 1995년은 4.0~16.5 mm로, 주 mode는 8.0~13.5 mm군으로 여러개의 군이 혼합하였다. 조사기간 중 저수온을 보인 1996년은 3.5~14.0 mm, 주 mode군은 7~9 mm로, 2회 이상의 부착군이 있었고, 고수온을 보인 1997년은 7.5~20.5 mm로, 가장 큰 개체들이 출현하였으며, 주 mode군은 13~17mm였다. 따라서 조사시기가 매년 일정하지는

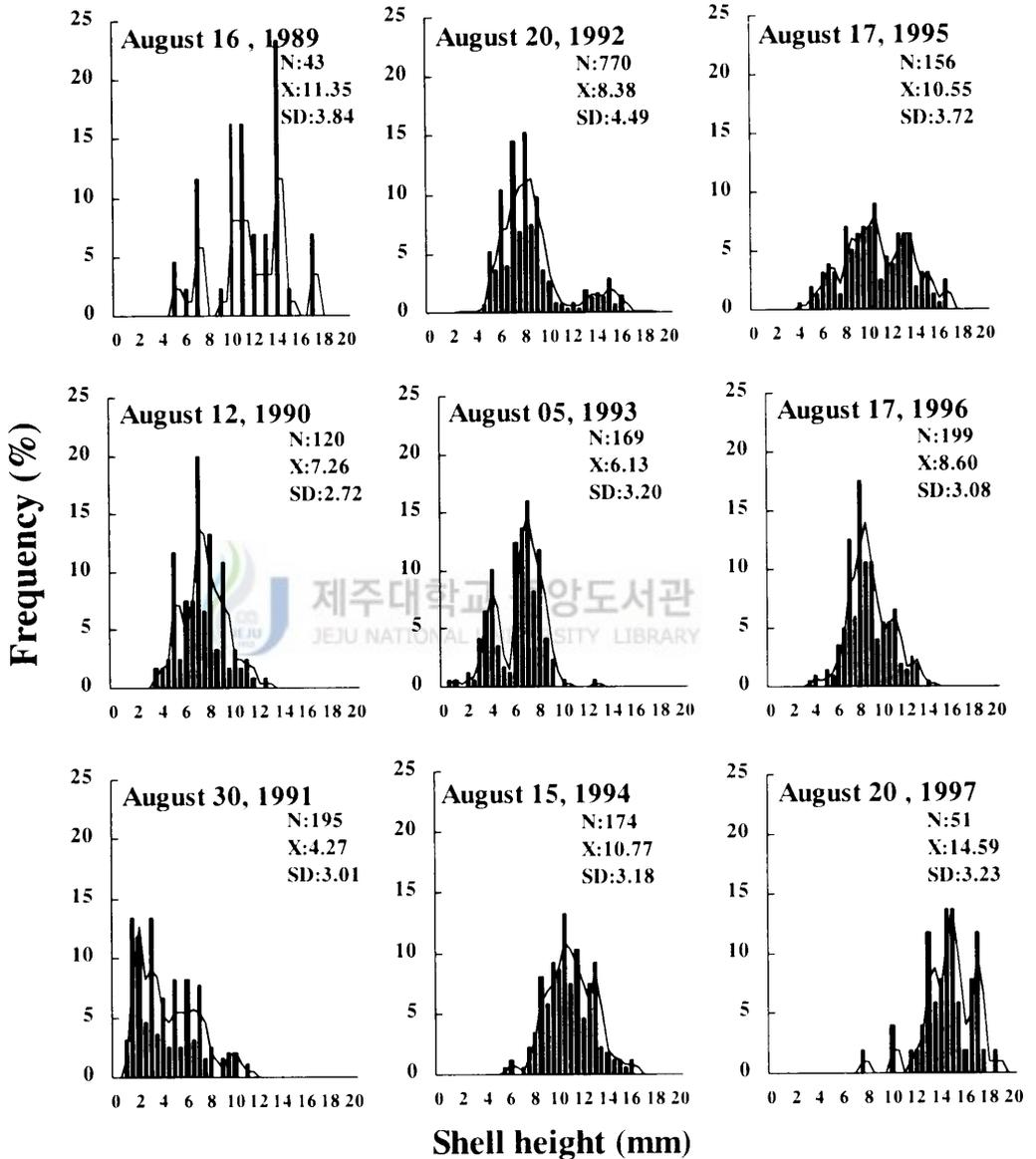


Fig. III-45. Comparison of the attached scallop spat size frequency at same season of August from 1989 to 1997 at Chumunjin.

않았지만, 부착 치패의 각고 조성 mode로서 추정된 성숙 부유자패의 집중 부착 시기는 2~4회로 추정되었다.

#### 4.5. 기타 부착 조개류

주문진 연안에서 참가리비 채묘기에 함께 출현하는 조개류의 종류와 수층별 출현 개체수는 Fig. III-46과 같다. 저수온이 지속된 해인 1993년 5월 하순에 투입하여 11월에 조사한 채묘기에서는 모두 6종의 조개류가 확인되었다. 그 중 참가리비 치패는 채묘기당 평균 312개체, 진주담치(*Mytilus edulis*) 224.7개체, 그리고 족사부착쇄조개(*Panomya ampla*) 203.7개체로 많았으며, 기타 비단가리비 1.95개체, 고랑가리비 0.29개체, 그리고 국자가리비 0.05개체가 출현하였다. 수층별 부착은 참가리비는 표층역의 5~8 m 층을 제외하고는 전층에서 많았고, 비단가리비는 주로 5~13 m 층, 국자가리비는 12 m 층에서 1개체가 출현하였다. 고랑가리비는 8~20 m 층으로 15 m 층에서 3개체가 출현하였고, 진주담치는 전 수층에서 많은 착생을 보였지만, 10 m 층에서 534개체로 가장 많이 부착되었다. 족사부착쇄조개의 주 부착층은 15~25 m 층으로 채묘기당 부착량은 16~541개체였다. 한편, 고수온이 지속된 1997년은 1993년과 같이 모두 6종의 조개류 부착이 확인되었다. 종류별 채묘기당 평균 부착량을 보면, 진주담치가 530.7개체로 가장 많았고, 참가리비 61.1개체, 비단가리비 9.7개체, 족사부착쇄조개 4.87개체, 국자가리비 0.12개체, 그리고 고랑가리비 0.06개체 순으로 출현하여 저수온기인 1993년과는 차이가 있었다. 수층별 분포량은 참가리비는 전층에서 낮은 밀도로 균일하게 부착하였고, 비단가리비는 주로 10~20 m 층, 족사부착쇄조개는 13~19 m 층, 국자가리비 12~15 m 수층에서 출현 개체수가 많았으며, 고랑가리비는 19 m 층에서 1개체가 출현하였다. 진주담치는 8~10 m 층에서 최대 1,158개체로 높은 출현을 보였으나, 20 m 아래층에서는 부착 개체수가 적었다.

급진 연안에서 채묘기에 함께 출현하는 조개류의 종류와 수층별 출현 개체수는 Fig. III-47과 같다. 출현종은 주문진과 같이 6종이나, 1993년은 국자가리비,

Attached number per collector (ind.)

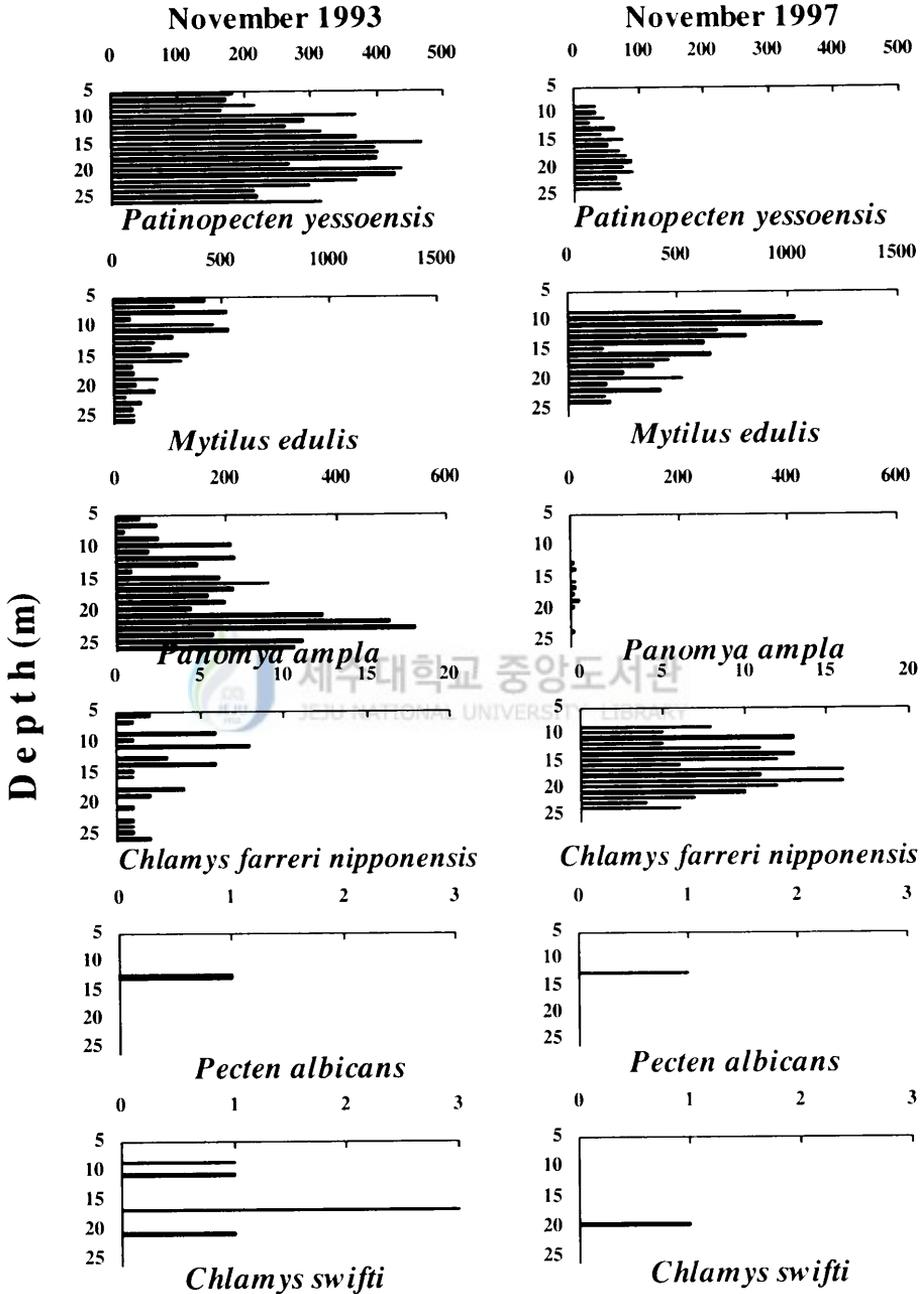
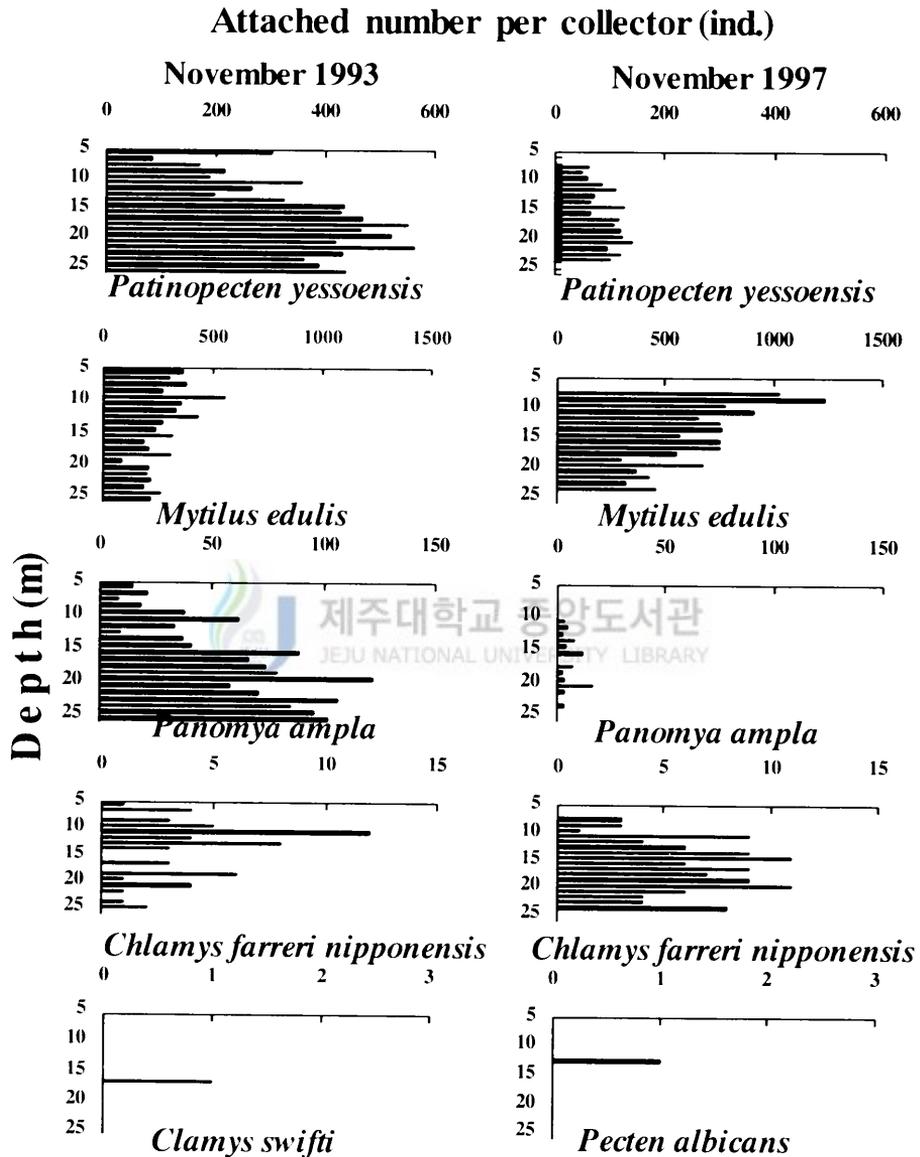


Fig. III-46. Various types of bivalve spat attached on the collectors during 1993 and 1997 at Chumunjin.



**Fig. III-47. Various types of bivalve spat attached on the collectors during 1993 and 1997 at Kumjin.**

1997년은 고랑가리비의 출현이 없었다. 해황 여건에 따른 출현종류, 출현량, 수층별 출현양상은 모두 주문진 연안과 유사하게 나타났다. 이상의 결과로 보아 주문진과 급진 연안에서 참가리비 채묘기에 함께 출현하는 조개류의 자·치패의 출현 종류는 남해안과는 달리 비교적 단조롭지만 착생 개체수는 높은 편이었고, 진주담치와 족사부착새조개의 출현량은 해황 여건에 따라 현저한 차이가 있었다. 즉, 진주담치는 양 해역에서 매년 출현량이 많은 편이지만 고수온을 보인 해에 더 많이 출현한 반면, 족사부착새조개는 저수온 해에 현저하게 출현량이 많았으며, 비단가리비도 고수온 해에 출현량이 많고 저수온 해에 적었다.



## 5. 중간육성

### 5.1 치패의 성장

#### 5.1.1. 수층에 따른 수용밀도별 성장

채룡기로부터 분리한 부착치패를 양식용 종묘로 중간육성하는데 있어서 채룡당 적정 수용밀도와 적정 양식수층을 알기 위하여 1992년 10월 30일부터 본양성 이식전인 1993년 4월 10일까지 중간육성한 결과는 Table III-9와 같다.

수심에 따른 치패의 성장은 10~15 m 수층이 25 m 층에 비해 좋았으며, 수용밀도별 성장은 고밀도 수용구보다 저밀도구에서 더 빠르게 나타났다. 중간육성 기간 중 시험 시작시의 평균각고 1.7 cm 내외의 치패를 수용하여 본양성용 종묘크기인 각고 5 cm 이상으로 성장이 가능한 시험구는 채룡당 수용밀도 40 개체 이내에서는 전 시험 수층에서 가능하였다. 그러나 수용밀도 60개체에서는 15 m 수층까지 가능하였고, 수용밀도 80개체 이상에서는 모든 시험 수층과 수용밀도구에서 5 cm에 미달되었다. 따라서 본양성 이식 가능 크기로의 성장은 수용밀도 30개체에서는 3월 하순 이 후, 50개체에서는 4월 상순으로 대체로 수용밀도 50개체까지는 본양성 이식 가능한 5 cm 이상의 크기에 도달하였다. 그러나 수용밀도 80개체에서는 4.70~4.91 cm로 전 수층에서 성장이 낮았고, 수용밀도 200개체에서는 30 m 층에서 3.98 ± 0.41 cm, 수용밀도 300개체에서는 30 m 층에서 3.21 ± 0.36 cm로 수용밀도 200개체 이상에서는 각고 4 cm 이하 크기가 많아 바닥식 양식용 종패로 부적합하였다.

#### 5.1.2. 수용밀도별 일간 성장

중간육성 기간 중 성장이 빠르게 나타난 10 m 수층에서 치패의 수용밀도별 일간성장은 Table III-10과 같다. 치패의 일간 성장량은 1992년 12월 22일부터 1993년 2월 18일 사이의 기간을 제외하면 전 사육기간에서 채룡당 50개체를 중심으로 그 이상의 고밀도 수용구에서는 0.019~0.337 mm/day, 그 이하에서는 0.244~0.381 mm/day로서 현저한 성장차이가 있었다. 또한 중간육성 기간 중에서

**Table III-9. Growth of the scallop during the intermediate culture at different stocking densities and depths (October 30, 1992 and April 10, 1993)**

Depth	Density											
	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200	300	
Initial	1.76	1.73	1.77	1.70	1.71	1.69	1.71	1.78	1.73	1.73	1.68	
10	5.73	5.61	5.64	5.33	5.04	4.97	4.81	4.64	4.28	4.16	3.51	
15	5.77	5.48	5.54	5.38	5.16	5.13	4.91	4.82	4.41	4.33	3.68	
20	5.64	5.43	5.38	5.26	5.21	5.06	4.72	4.76	4.42	4.11	3.31	
25	5.69	5.46	5.03	5.17	5.02	4.96	4.70	4.56	4.21	4.01	3.59	
30	5.61	5.16	3.99	5.08	4.96	4.94	4.74	4.76	4.14	3.98	3.21	

Table III-10. Daily growth rate of the scallop at different stocking densities during the intermediate culture (10 m depth)

Density (ind./net)	Growth rate in shell height (mm/day)							
	1992				1993			
	10/30 ~ 11/26	11/27 ~ 12/21	12/22 ~ 1/20	1/21 ~ 2/18	2/19 ~ 3/14	3/15 ~ 4/10		
10	0.285	0.248	0.163	0.145	0.300	0.352		
30	0.267	0.244	0.160	0.145	0.254	0.381		
50	0.263	0.280	0.120	0.140	0.258	0.196		
100	0.211	0.180	0.107	0.131	0.337	0.122		
200	0.200	0.140	0.110	0.124	0.179	0.137		
300	0.210	0.100	0.110	0.121	0.112	0.019		

각고 5 cm 이상의 분양성용 종묘 크기로 성장이 가능한 수용밀도는 채봉당 50 개체까지 였으며, 중간육성 기간 중 성장량은 12월 하순~2월 중순까지 낮았고, 10월~11월, 2월 하순~4월에 높았다.

### 5.1.3. 상대성장

중간육성 기간 중 각 부위별 상대성장은 Fig. III-48과 같다. 각고에 대한 각장의 성장은  $SL=1.0522SII-0.2086$  ( $R^2=0.9941$ )로 각고와 각장이 거의 같은 비율로 성장하였으며, 각고에 대한 각폭의 성장은  $SW=0.2790SII-0.1192$  ( $R^2=0.9619$ )로 매우 느렸다. 각고에 대한 전중량의 관계식은  $TW=0.0865e^{3.1566SII}$  ( $R^2=0.9767$ )으로 각고 4 cm 이 후부터 전중량이 빠르게 증가하였으며, 각고에 대한 각중량의 관계식은  $SWe=0.0538e^{3.0844SII}$  ( $R^2=0.9628$ )로 전중량 증가와 비슷한 경향이였다. 한편, 각고에 대한 육중량의 관계식은  $MW=0.0314e^{3.2685SII}$  ( $R^2=0.9594$ )로 각고 4 cm 이 후부터 육중량의 증가가 빨랐고, 각고에 대한 폐각근중량(AMW)의 관계식은  $AMW=0.0092e^{3.4058SII}$  ( $R^2=0.8587$ )로 나타났다.

## 5.2. 치패의 기형발생 및 폐사

### 5.2.1. 수층별 기형발생 및 폐사

1992년 10월 30일부터 1993년 4월 10일까지의 중간육성 기간 중 참가리비의 수층별 치패의 기형발생과 폐사 개체수는 Fig. III-49와 같다. 기형패의 발생 형태는 Fig. III-50와 같이 고밀도 수용군에서 폐각 가장자리 부위의 외투막(mantle)의 부식과 함께 폐각이 V자 또는 U자 형의 불룩과 각정(hinge) 부근의 성장이 직선으로 정지되는 장애 현상이 많이 관찰되고 있다. 기형패 발생량은 일정한 경향이 인정되지 않았으나, 표층인 10 m, 저층인 30 m 층이 다른 수층보다 높게 출현하였고, 20 m 수층이 유의하게 낮게 나타났다( $P<0.05$ ). 대부분의 기형패는 성장 도중에 각고 6 cm 전후에서 폐사하였으나 수층별 폐사량은 유의한 차이는 보이지 않았다( $P>0.05$ ).

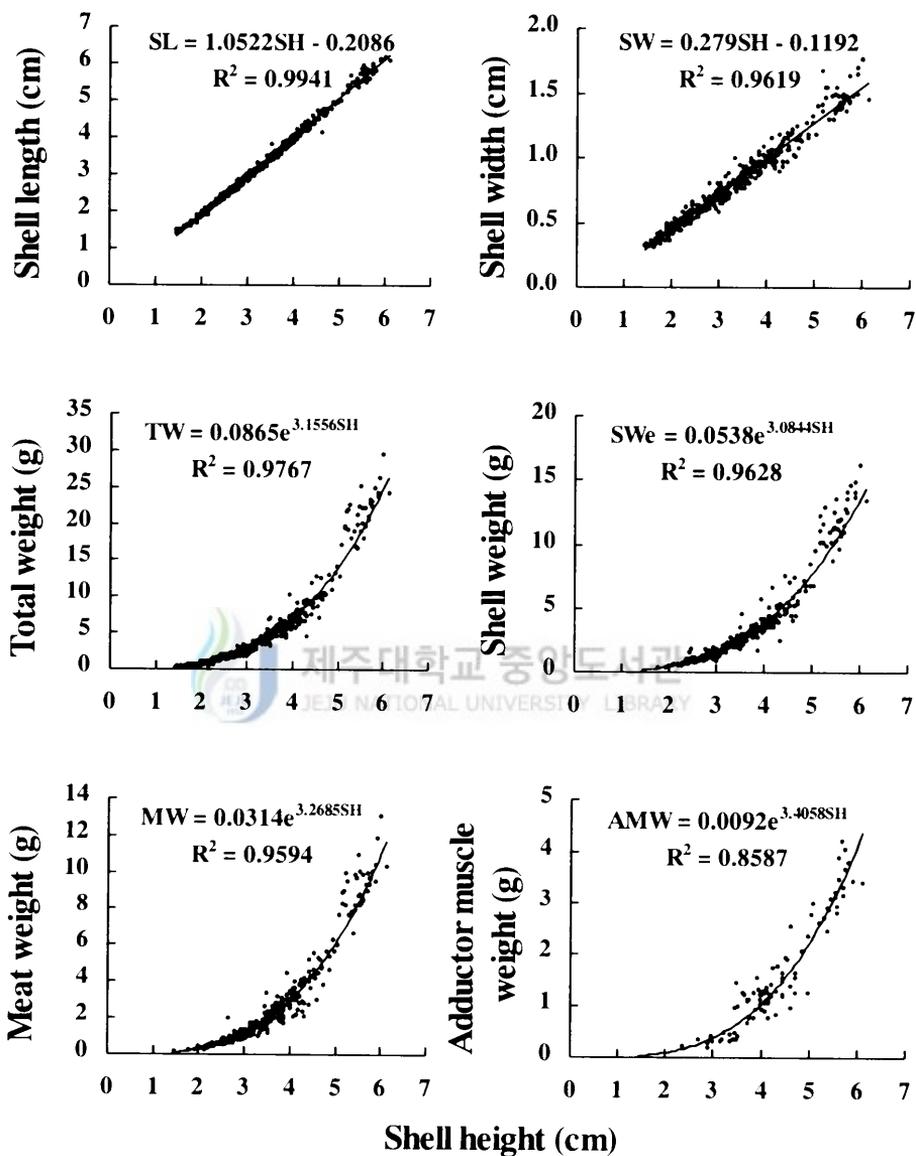


Fig. III-48. Relationships among shell height, shell length, shell width, shell weight, total weight, shell weight, meat weight, and adductor muscle weight during intermediate culture.

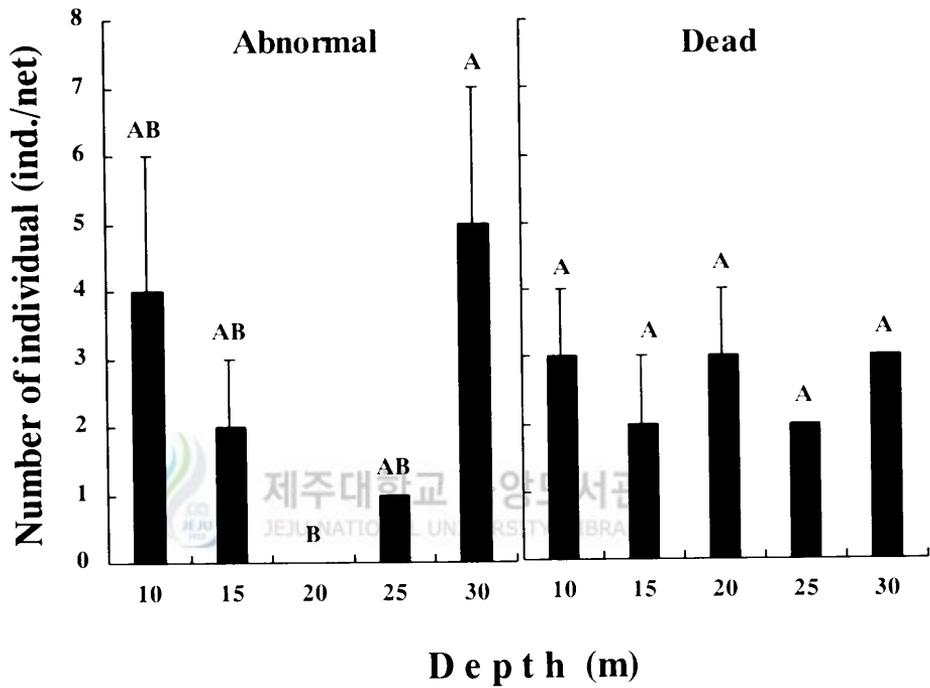
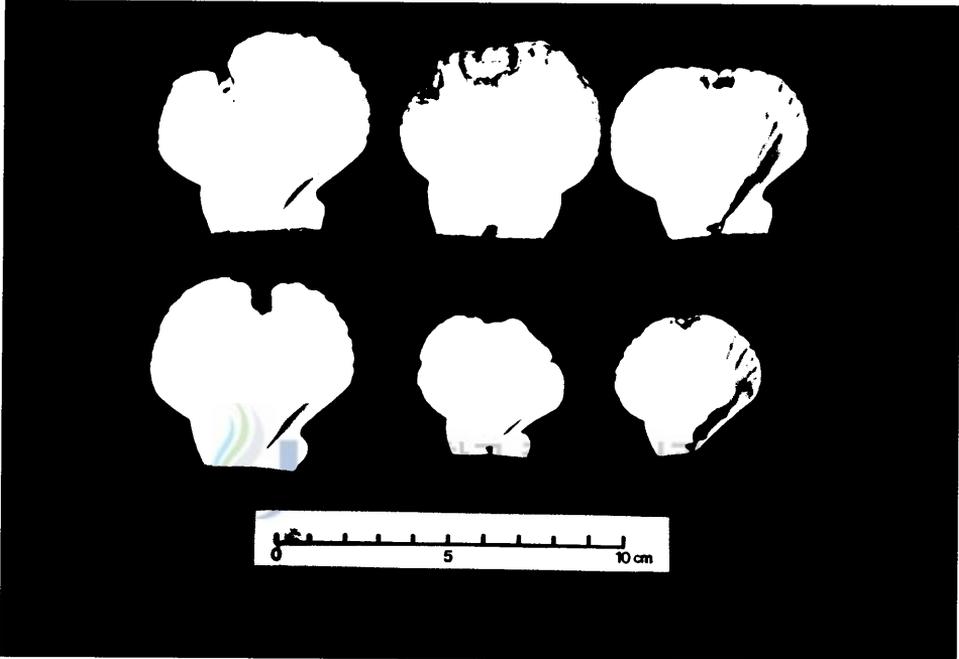


Fig. III-49. Number of abnormal and dead shells in intermediate culture of 100 ind./net density according to depths.



**Fig. III-50. Photographs of abnormal shells during the intermediate culture.**

### 5.2.2. 수용밀도별 기형발생 및 폐사

1992년 10월 30일부터 1993년 4월 10일까지의 중간육성 기간 중 참가리비의 밀도별 치패의 기형패 발생량과 폐사는 Fig. III-51과 같다. 기형패 발생은 수용밀도 10개체와 50개체에서는 출현이 없었으며, 100개체와 150개체에서는 1~7개체씩 기형패가 발생하였으나 유의한 차이는 없었다. 그러나 수용밀도 200개체와 300개체에서는 10개체 및 50개체와 유의한 차이를 보였다( $P < 0.05$ ). 수용밀도별 중간육성기 채롱내의 폐사 개체수는 10, 50, 100 및 150개체구에서는 6개체 이하의 폐사 개체를 보여, 유의한 차이를 보이지 않았으나, 200개체와 300개체구에서는 수용밀도가 낮은 채롱에 비해 유의한 차이를 보였다( $P < 0.05$ ).

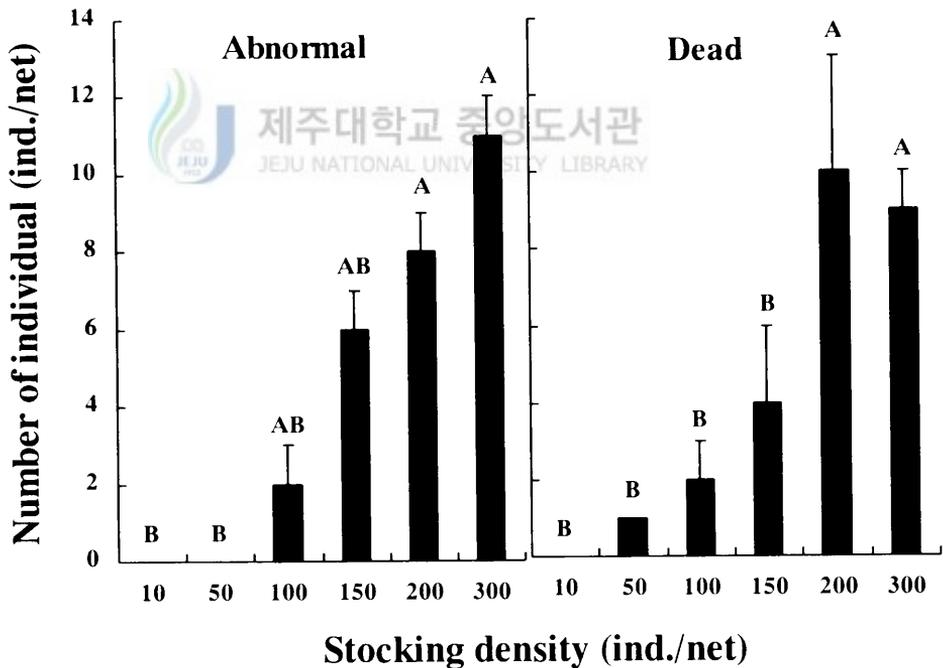


Fig. III-51. Number of abnormal and dead shells in intermediate culture of 15 m depth according to stocking densities.

## 6. 수하식 양성

### 6.1. 채붕식 양성의 성장과 생존율

#### 6.1.1. 수층별 성장

1992년 7월부터 1993년 6월까지 각 수층별로 설치된 채붕에서의 참가리비 성장(Fig. III-52)은 고수온기인 8월과 9월은 수온이 낮은 20~25 m의 저층에서 성장이 빨랐다. 그러나 수온이 하강한 12월부터 다음해 6월까지의 15 m 층의 중층에서 성장이 빨랐으며, 5 m 층은 다른 층에 비해 언제나 성장이 늦었다.

#### 6.1.2. 수용밀도별 성장

채붕식 수하양성에 의한 수용밀도별 성장과 생존율은 Table III-11과 같다. 수용밀도별 각고의 성장량은 1992년 7월 1일 시험시작 이후 1993년 7월 15일 까지의 최종 성장량은 수용밀도 5개체에서는 평균각고 6.48 ± 0.51 cm에서 11.44 ± 0.74 cm로, 수용밀도 10개체는 6.74 ± 0.48 cm에서 11.06 ± 0.71 cm로, 수용밀도 12개체는 6.71 ± 0.47 cm에서 10.99 ± 0.69 cm로, 수용밀도 16개체는 6.51 ± 0.42 cm에서 10.35 ± 0.58 cm로, 수용밀도 12개체까지는 평균각고 11 cm 내외의 상품으로 출하 가능한 양호한 성장을 보였으나, 수용밀도 16개체 이상에서는 평균각고 10.3 cm 내외로 출하 크기까지의 성장은 2개월 이상 늦어졌다.

또한 생존율은 시험이 종료되는 1993년 7월 15일에 수용밀도 10개체에서 100%, 12개체에서 91.2%, 14개체에서 92.9%, 16개체에서 93.7%, 18개체에서 88.9%, 20개체에서 90.0%였다. 따라서 수용밀도가 증가할수록 폐사율은 높게 나타나고 있으나, 수용밀도 18~20개체를 제외하고는 1년 동안의 양성시험을 통하여 전 시험구에서 10% 이하의 폐사율로 큰 영향을 미치지 않았다.

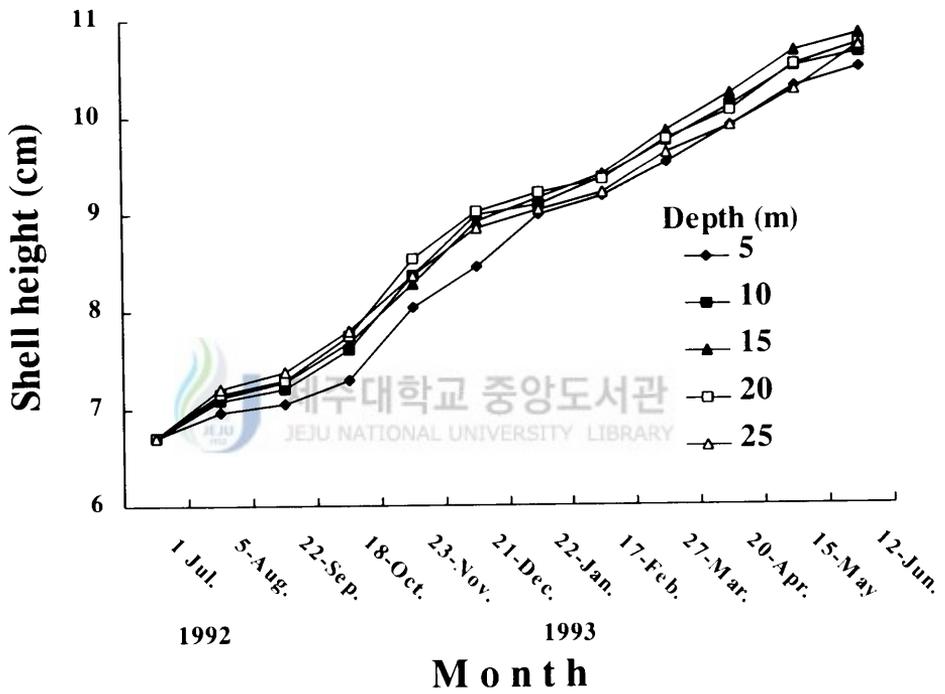


Fig. III-52. Shell growth of the scallop according to the water depth.

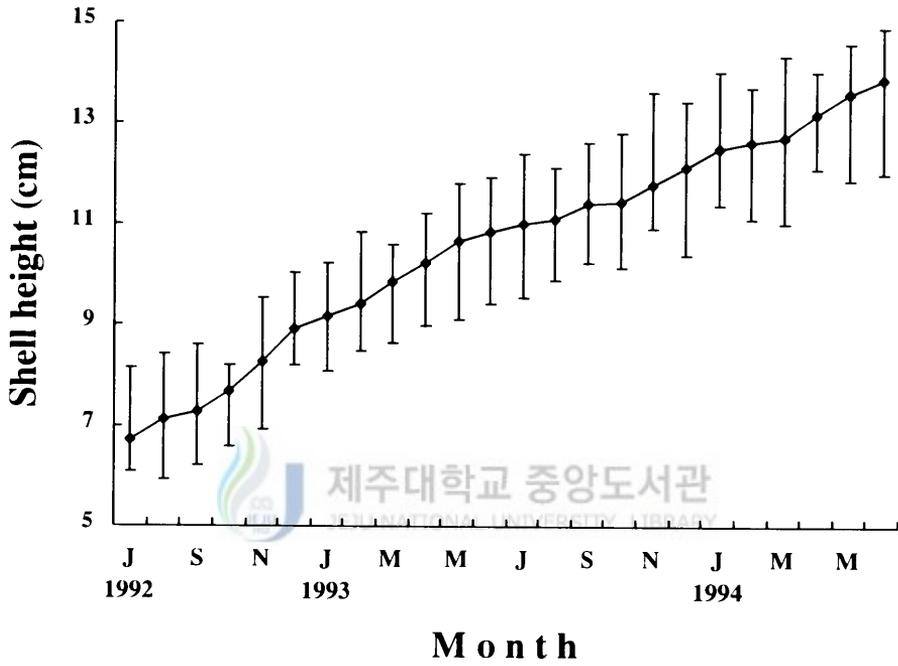
**Table III-11. Growth and survival rate of hanging culture scallops at different stocking densities**

Density per net	Jul. 1, 1992		Nov. 23, 1992		Mar. 27, 1993		Jul. 15, 1993		Growth rate (mm/day)
	Initial mean shell height (cm) ± SD	Survival rate (%)	Mean shell height (cm) ± SD	Survival rate (%)	Mean shell height (cm) ± SD	Survival rate (%)	Mean shell height (cm) ± SD	Survival rate (%)	
5	6.48 ± 0.51	100	8.59 ± 0.71	100	10.33 ± 0.61	100	11.44 ± 0.74	100	0.124
7	6.56 ± 0.40	100	8.25 ± 0.51	100	9.91 ± 0.56	100	11.13 ± 0.68	100	0.120
10	6.74 ± 0.48	100	8.17 ± 0.58	100	9.81 ± 0.48	100	11.06 ± 0.71	100	0.114
12	6.71 ± 0.47	100	8.27 ± 0.76	100	9.84 ± 0.54	100	10.99 ± 0.69	91.2	0.113
14	6.60 ± 0.49	100	8.09 ± 0.48	100	9.61 ± 0.50	100	10.61 ± 0.56	92.9	0.106
16	6.51 ± 0.42	100	8.01 ± 0.42	100	9.47 ± 0.43	93.7	10.35 ± 0.58	93.7	0.101
18	6.64 ± 0.40	94.4	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	100	7.97 ± 0.56	100	9.33 ± 0.41	90.0	10.38 ± 0.59	90.0	0.100

### 6.1.3. 월별 성장

15 m 수층에서 시험한 참가리비의 월별 성장도는 Fig. III-53과 같다. 1992년 7월 1일에 평균각고  $6.71 \pm 0.47$  cm 크기의 종패를 분양성 채붕 1단당 12개체씩 10단을 수용한 양성기에서는 양성 1개월 후인 8월에 평균각고  $7.12 \pm 0.63$  cm로 성장하였고, 9월에  $7.28 \pm 0.50$  cm, 10월에  $7.68 \pm 0.39$  cm로 9월의 성장은 연중 가장 낮았다. 이러한 저성장 현상은 10월 이 후 점차 회복되어, 11월에는  $8.27 \pm 0.76$  cm, 12월  $8.92 \pm 0.47$  cm로, 11월에서 12월 사이에 0.65 cm의 빠른 성장을 보였다. 그러나 1993년 1월에는 평균각고  $9.15 \pm 0.50$  cm, 2월은  $9.40 \pm 0.60$  cm로, 1월부터 2월까지의 성장량은 0.25 cm에 불과해 8월과 9월 다음으로 느린 성장을 보였다. 이 후 3월에는  $9.84 \pm 0.54$  cm, 4월에  $10.23 \pm 0.50$  cm, 5월에  $10.66 \pm 0.49$  cm로 성장이 매우 빨랐고, 6월에는  $10.83 \pm 0.53$  cm로 성장하였다. 채묘 후 24개월 채인 1993년 6월 이 후에는 성장이 늦어지기 시작하여 7월에는  $10.99 \pm 0.69$  cm, 8월에  $11.09 \pm 0.62$  cm로 성장이 둔화되었으나, 저수온이 지속된 9월에  $11.40 \pm 0.67$  cm, 11월에  $11.78 \pm 0.73$  cm, 12월에  $12.12 \pm 0.79$  cm로 성장이 점차 회복되었다. 1994년은 1월에 각고  $12.27 \pm 0.70$  cm, 2월에  $12.38 \pm 0.62$  cm, 3월에  $12.71 \pm 0.88$  cm로 1월 이 후 2월까지의 성장이 느렸고, 3월 이 후부터 성장이 빨라지기 시작하여 채묘 후 36개월, 그리고 분양성 24개월 채인 6월에는 평균각고  $13.85$  cm로 빠르게 성장하였다.

각고에 대한 월별 전중량의 변화는 Fig. III-54와 같다. 1992년 7월 1일 양성 시작시의 평균전중량  $35.92 \pm 6.51$  g에서 8월 5일에는  $48.06 \pm 11.56$  g으로 증가하였으나 고수온을 보인 9월 22일 조사에서는  $48.57 \pm 9.22$  g으로 조사기간 중 증중량이 가장 적었다. 전중량은 10월 18일에  $55.68 \pm 9.38$  g, 11월 23일에는  $70.7 \pm 18.52$  g으로 증가속도가 빨랐고, 12월 21일에는  $91.89 \pm 14.16$  g으로 11월에 비해 21.2 g의 빠른 증가를 보였다. 그러나 수온이 하강된 1993년 1월 22일에는  $95.93 \pm 11.45$  g으로 1992년 12월에 비해 증중량은 4.0 g에 불과하였다. 1993년 2월 17일에는  $106.47 \pm 16.17$  g, 생식소의 증중이 시작된 3월 27일에는  $122.31 \pm 18.72$  g으로 2월에 비해 15.8 g이 증가하였고, 생식소가 더욱 성숙된 4



**Fig. III-53. Growth of shell height from July 1992 to June 1994 in hanging cultured scallop.**

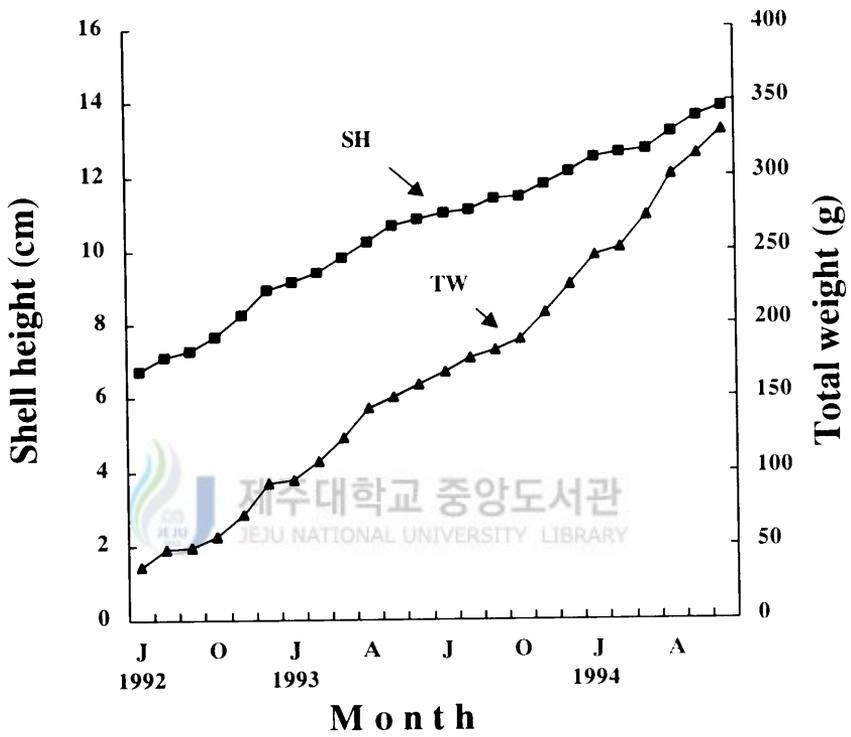


Fig. III-54. Growth of shell height (SH) and total weight (TW) of hanging cultured scallop.

월 20일에는  $143.24 \pm 19.75$  g으로 3월에 비해 증중량이 20.9 g으로 매우 높았다. 그러나 산란이 진행된 5월 15일에는  $150.12 \pm 15.96$  g, 8월 17일에는  $176.57 \pm 15.88$  g으로 월간증중량은 10 g 이하였으며, 9월에는  $182.02 \pm 27.53$  g으로 8월에 비해 증중량은 5.4 g으로 매우 낮았다. 그러나 10월 이 후 다시 빠르게 증가하여 11월 23일에는  $207.83 \pm 27.69$  g, 12월 27일에는  $226.74 \pm 29.27$  g을 나타냈다.

특히, 연령과 각고의 성장함에 따라 중량도 더욱 빠르게 증가하여 1994년 1월 28일에는  $240.20 \pm 23.15$  g, 2월 20일에  $251.60 \pm 33.46$  g, 3월 28일에  $272.75 \pm 34.32$  g으로 증가되었다. 4월 20일에는  $300.56 \pm 30.45$  g으로 27.8 g이 증가되어 산란직전의 생식소 발달에 의한 중량증가가 매우 높았다. 산란이 거의 완료된 5월 24일에는  $313.82 \pm 46.21$  g으로 증가 속도가 낮아졌으며, 채묘로부터 만 3년이 경과된 6월 28일에는  $329.75 \pm 48.75$  g으로 성장하였다.

#### 6.1.4. 일간 성장

채물식 수하양성 기간 중 각고와 전중량의 월별 성장량에서 산출된 일간성장량은 Fig. III-55와 같다. 각고의 일간 성장량은 시험개시일인 1992년 7월 1일부터 8월 5일까지는 0.117 mm/day였지만, 8월, 9월의 고수온기에는 0.033 mm/day로 크게 낮았다. 그러나 10월부터 12월 사이에는 0.148~0.232 mm/day로 다시 빠르게 성장하였고, 수온이 하강한 1993년 1월은 0.072~0.089 mm/day로 느리게 성장하였다. 이러한 성장패턴은 매년 반복되어 3월부터 5월 사이에 0.157~0.172 mm/day로 빠르게 성장하였고, 6월부터 10월까지는 0.018~0.082 mm/day로 늦어졌다. 11월에는 0.089 mm/day로 성장이 다소 회복된 후 1994년 2월에는 0.048 mm/day로 낮아졌고, 3월부터 최종 5월 사이에는 0.118~0.145 mm/day로 점차 빠르게 성장하였다. 특히, 연중 주 성장기의 일간 각고 성장량의 범위를 보면 시험 시작해인 1992년에는 0.117~0.232 mm/day로 성장이 가장 빨랐지만, 2년째인 1993년에는 0.089~0.172 mm/day로 낮아졌고, 3년째인 1994년에는 0.048~0.145 mm/day로 더욱 낮아져 양성 초기에 비해 해가 갈수록 각고의 일간성장량이 낮아졌다.

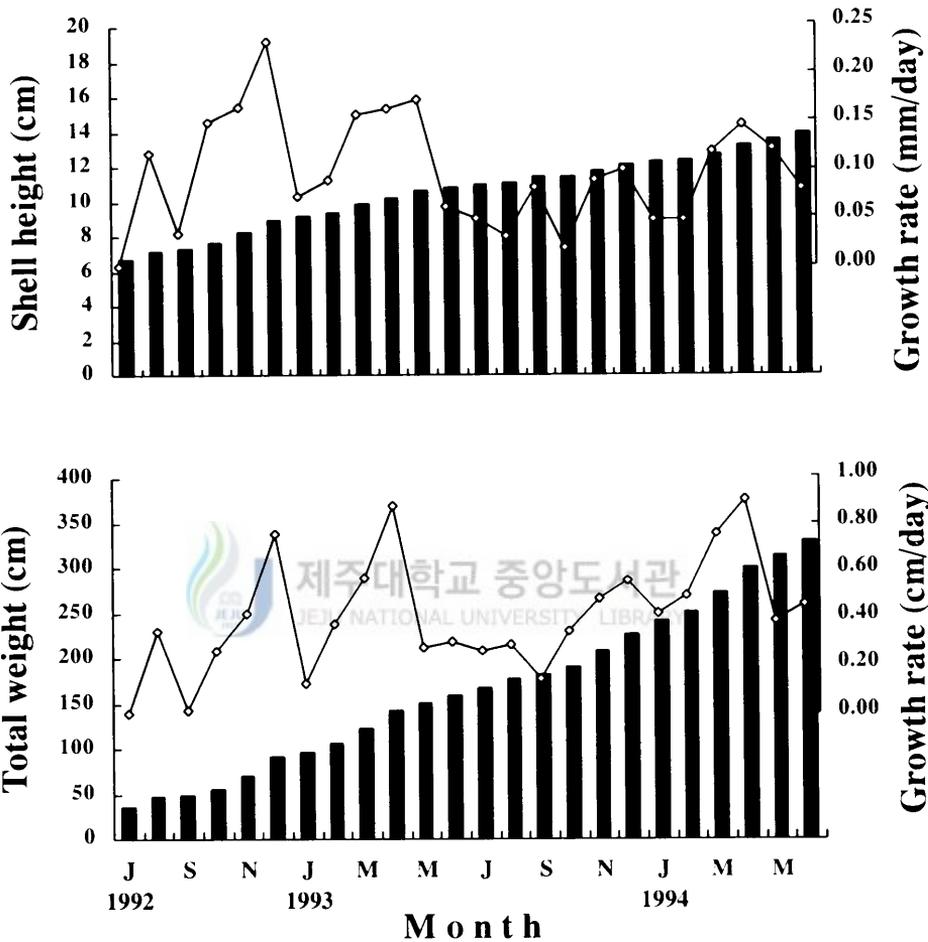


Fig. III-55. Increase of shell height, total weight and its daily growth rate of the hanging cultured scallops from July 1992 to June 1994.

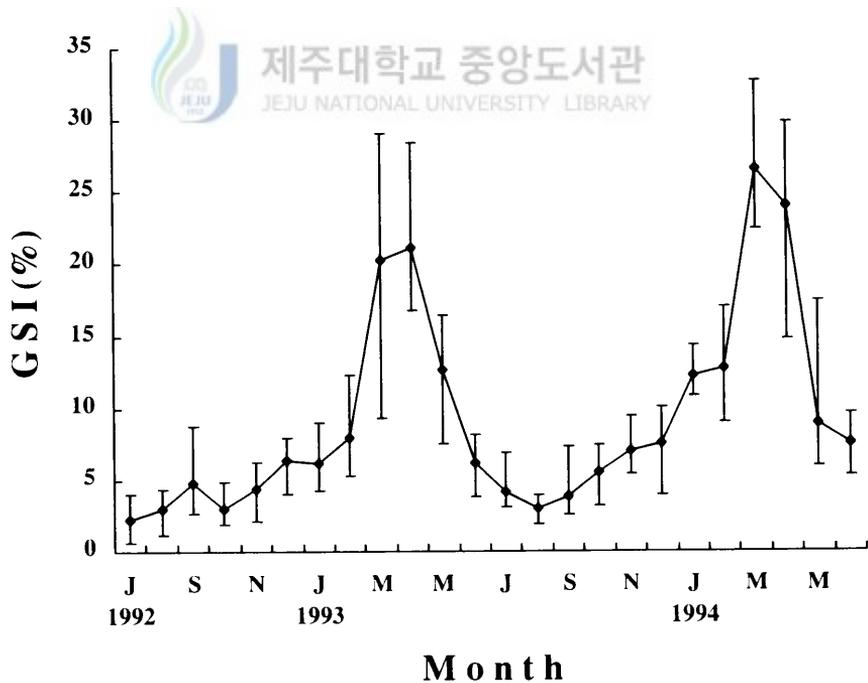
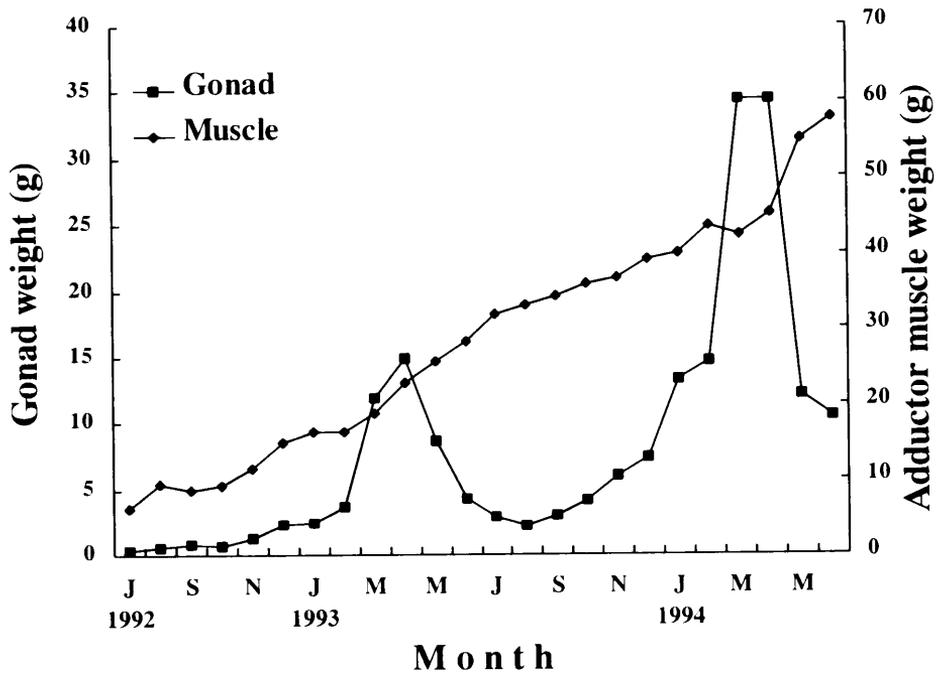
따라서 각고의 일간성장은 매년 고수온기와 저수온기에 성장이 둔화되고, 봄철인 3~5월, 가을철인 10~12월로 연간 2회의 주 성장기가 있었다.

한편, 전중량에 대한 일간 증중량의 연변화는 대체로 각고의 성장경향과 유사하게 나타났지만, 주 성장기의 일간성장량 범위는 1992년에 0.347~0.757 g/day, 1993년에 0.346~0.872 g/day, 1994년에 0.496~0.897 g/day로 양성기간이 경과할수록 각고의 성장과는 반대로 전중량의 증가량이 더 커지는 경향이 있었다. 따라서 채롱식 양성 기간중 전중량의 증가가 빠른 시기는 봄 성장기간으로 2월부터 4월 사이이며, 다음으로 빠른 증가는 10월부터 12월 사이의 가을 성장으로 연간 2회가 있었고, 중량증가가 낮은 시기는 고수온기인 8월, 9월과 저수온기인 1월, 2월이었다.

#### 6.1.5. 생식소와 폐각근의 월변화

1992년 7월부터 1994년 6월까지 채롱식 수하양성에 의한 월별 성장에 따른 생식소중량(GW)과 생식소중량지수(GSI) 및 폐각근중량(AMW)의 월변화는 Fig. III-56과 같다.

각고에 따른 GW와 GSI의 월 변화는 시험이 시작된 1992년 7월 1일에는 평균각고 6.71 cm에서 GW 0.30 g, GSI 2.19로 매우 낮았고, 1992년 9월까지는 변화가 없다가 10월 이 후 증가되기 시작하여 1993년 1월에는 GW 2.41 g, GSI 6.32였다가 3월은 GW 11.91 g, GSI 20.26, 일간 증중량 0.295 g/day로 크게 증가된 이 후 산란기인 채묘로부터 22개월이 경과된 4월에는 GW 14.85 g, GSI 21.12, 일간증중량 0.123 g/day로 연중 가장 높았다. 그러나 산란이 진행된 5월에는 GW 8.64 g, GSI 12.64로 낮아졌고, 8월은 GW 2.23 g, GSI 2.95로 연중 가장 낮았다. 9월 이 후 다시 증가되기 시작하여 12월에는 GW 7.43 g, GSI 7.57이었고, 1994년 1월에는 GW 13.23 g, GSI 12.19, 채묘로부터 33개월이 경과한 1994년 3월에는 GW 34.32 g, GSI 26.49, 일간증중량 0.703 g/day로 최고 값에 이르렀다. 이 후 산란이 시작된 4월은 GW 34.34 g, GSI 24.02로 GSI 값이 약간 낮아졌고, 산란이 거의 끝난 5월은 GW 12.09 g, GSI 8.90으로 부의 성장



**Fig. III-56. Annual variation of gonad weight, GSI and adductor muscle weight from 1992 to 1994.**

이었으며, 6월은 GSI가 7.50으로 낮아져 GW와 GSI는 계절에 따른 변화가 컸다.

한편 AMW는 1992년 7월 1일의 작고 평균 6.71 cm에서 6.31 g 이 후 8월에는 9.41 g, 9월은 8.59 g으로 감소되었으나, 10월에 다시 증가되기 시작하여 11월에 11.59 g, 12월 15.02 g으로 증가속도가 빨랐다. AMW는 1993년 3월까지 18.71 g으로 증중이 늦다가, 4월 22.75 g, 5월 25.72 g으로, 4월에서 7월까지의 일간증중량은 0.089~0.168 g/day로 산란 이 후 빠르게 증가하였다. 이 후 8월과 9월은 33.15~34.23 g, 일간증중량 0.028 g/day로 1992년과 같이 여름철의 증가량은 매우 낮았고, 12월은 39.19 g, 1994년 1월은 40.02 g, 생식소가 발달하는 3월과 4월은 42.38~45.12 g으로 거의 증가하지 않았다. 그러나, 5월에는 54.77 g, 일간증중량 0.284 g/day로 6월까지 빠르게 증가하여, AMW는 생식소의 성숙기와 고수온기에 감소되는 경향이였다.

## 6.2. 상대성장

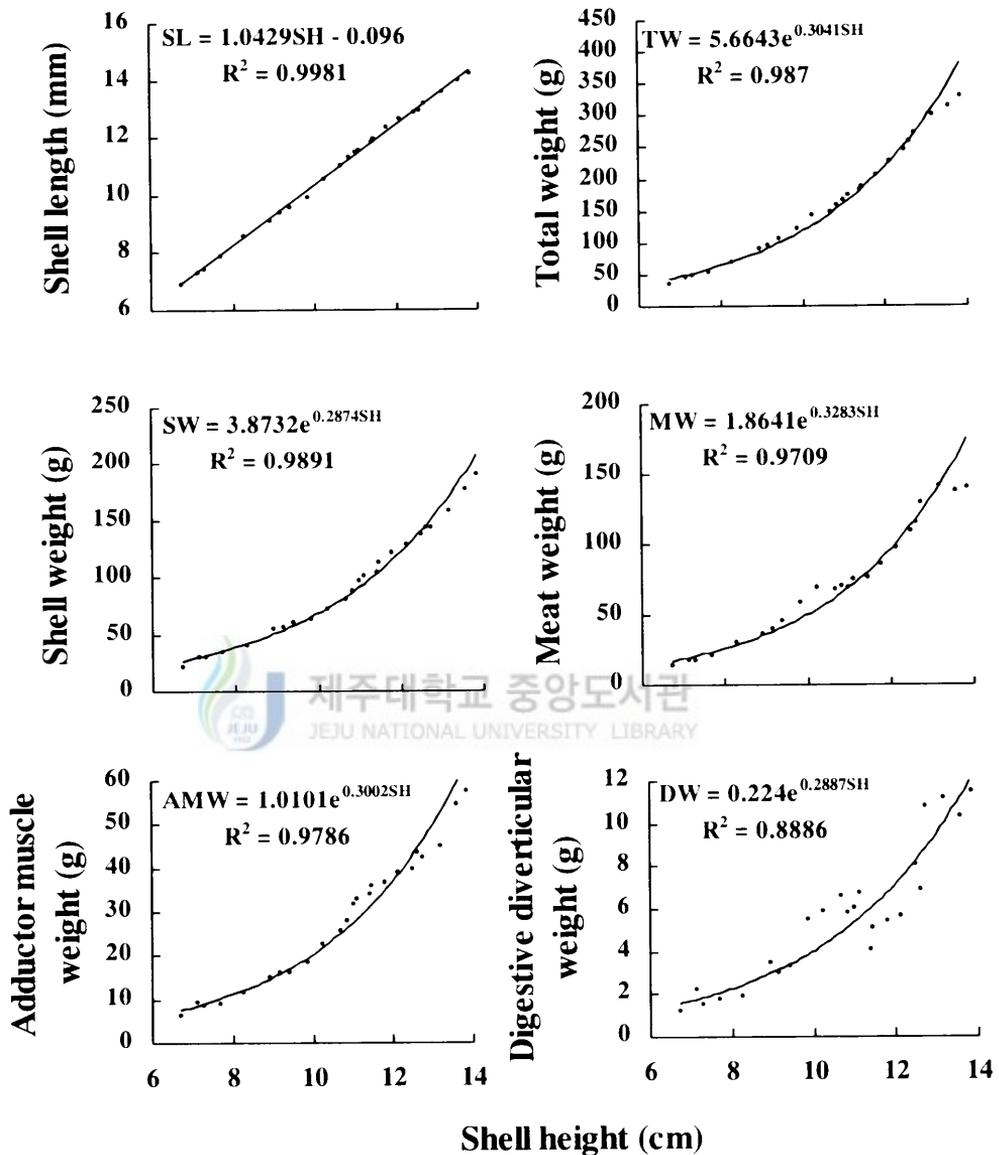


제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

채붕식 수하양성에 의한 작고(SII)에 대한 각 부위별 상대성장은 Fig. III-57과 같다.

작고(SL)과의 관계는  $SL=1.0429SH-0.096$  ( $R^2=0.9981$ )의 회귀직선식으로 표시되었으며, 전중량(TW)과의 관계는  $TW=5.6643e^{0.3041SH}$  ( $R^2=0.987$ ), 각중량(SW)은  $SW=3.8732e^{0.2874SH}$  ( $R^2=0.9891$ ), 육중량(MW)은  $MW=1.8641e^{0.3283SH}$  ( $R^2=0.9709$ ), 폐각근중량(AMW)은  $AMW=1.0101e^{0.3002SH}$  ( $R^2=0.9786$ ), 소화맹장중량(DW)은  $DW=0.224e^{0.2887SH}$  ( $R^2=0.8886$ )의 지수곡선식으로 표시되었다.

작고 성장에 따른 육중량 변화는, 1992년 7월 1일에 작고 6.71 cm에서 육중량은 13.57 g이었으며, 8.27 cm에서는 30.44 g, 9.40 cm에서 45.75 g으로 증가하였고, 9.84 cm에서 58.31 g이었다. 1993년 8월 17일에는 상품 출하크기인 작고 11.09 cm에서 75.47 g, 12월 27일에는 12.12 cm에서 97.63 g, 1994년 3월 28일에 12.71 cm에서 128.91 g으로 증가되었으며, 산란기인 1994년 4월 20일에는 13.16 cm, 육중량 141.44 g으로 최대값을 보였다. 그러나 산란이 거의 완료된 5



**Fig. III-57. Relationships among shell height and shell length, total weight, shell weight, meat weight, adductor muscle weight and digestive diverticular weight of the hanging cultured scallop from July, 1992 to June, 1994 at Chumunjin.**

월 24일에는 137.13 g, 6월 28일에는 139.50 g으로 산란기 직후 생식소 감소에 따른 육중량의 감소현상이 뚜렷하였다, 따라서 육중량과 패각단, 소화맹낭 중량은 각고가 성장함에 따라 증가되고 있으나 산란기와 수온, 먹이생물의 양에 따른 계절변화가 컸다.

### 6.3. 채롱식과 귀매달이 양성의 성장 비교

수심 15 m 수층에 설치한 채롱식 양성과 귀매달이 양성에 의한 참가리비의 성장은 Fig. III-58과 같다. 채롱식 양성에 의한 성장은 1993년 12월 9일에 평균 각고 6.92 cm에서 1994년 1월에는 7.22 cm, 2월에 7.64 cm를 보인 반면, 귀매달이 양성은 1993년 12월 9일에 6.76 cm에서 1994년 1월에는 7.11 cm, 2월에 7.70 cm로 채롱식 양성에 비해 귀매달이 양성의 성장이 빨랐고, 이러한 현상은 시험양식이 종료된 1994년 11월까지 이어졌다. 특히, 고수온기인 7~9월 사이에는 귀매달이 양성이 채롱식 양성에 비해 성장이 빨랐다. 양식방법에 따른 시험기간 중 성장량은 채롱식 양성이 3.39 cm로 성장한 반면, 귀매달이 양성에서는 3.64 cm로 채롱식에 비해 성장이 빠르고, 기형패의 발생이 거의 없으며, 폐사량이 적을 뿐만 아니라 패각은 자연산과 같이 성장선이 깨끗하였다.

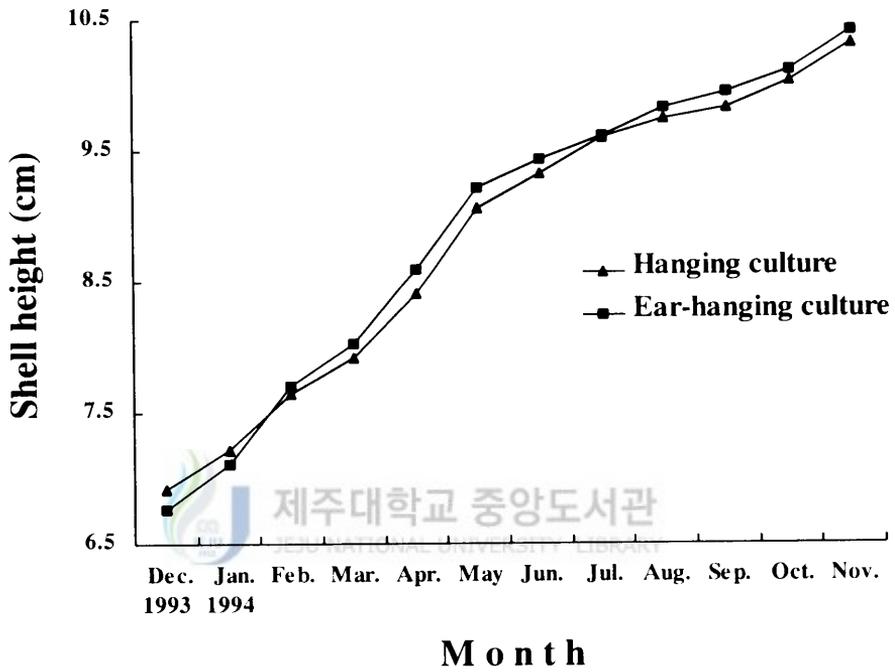


Fig. III-58. Comparison of shell height growth between hanging cultured and ear-hanging cultured scallops from December, 1993 to November 1994.

## 7. 바닥식 양성

### 7.1. 성장

#### 7.1.1. 각고와 전중량의 성장

1996년 11월 23일 씨뿌림된 참가리비의 월별 각고와 전중량의 성장은 아래와 같다.

각고성장(Fig. III-59, Fig. III-60, Fig. III-61)은 씨뿌림시 평균각고 5.34 cm에서 1997년 1월 20일에는 6.28 cm로 성장하여 일간성장량은 0.206 mm/day, 2월 26일에는 평균각고 6.69 cm, 일간성장량 0.111 mm/day로 성장이 낮아졌다. 3월 29일에는 0.219 mm/day로 다시 증가하기 시작하여 4월 23일에는 0.260 mm/day, 5월 10일에 0.235 mm/day로 빠른 성장을 보인 후 6월 11일에는 0.094 mm/day으로 낮아졌다. 8월 20일에는 평균각고 9.09 cm, 일간성장량 0.007 mm/day로 최저성장을 보였으며, 9월 18일에는 0.069 mm/day로 성장이 다시 증가되었다. 이후 12월은 0.069 mm/day로 성장이 지속되었으나, 1998년 1월 30일에는 0.042 mm/day로 낮아졌다. 성장은 3월 이 후 증가하기 시작하여 4월 21일에는 0.175 mm/day로 크게 증가하였으며, 주 성장기는 3월에서 6월이었다.

전중량(Fig. III-59, Fig. III-61)은 1996년 11월 23일 씨뿌림시 평균중량 19.91 g에서 12월 18일에는 24.90 g으로 일간증중량은 0.200 g/day였다. 이 후 양성 기간별로 조사한 일간증중량의 변화를 보면 1월 20일에 0.210 g/day, 2월 26일에는 0.096 g/day로 낮아졌다. 3월에는 전중량이 증가하기 시작하여 4월 23일에는 0.604 g/day로 크게 증가하였고, 6월 11일에 0.534 g/day, 7월에 0.239 g/day를 보인 후 8월 20일 조사에서는 -0.045 g/day로 감소되었다. 이 후 9월 18일에는 0.322 g/day, 12월 25일에 0.058 g/day로 일시적인 증중을 보이다가 1998년 1월 30일에는 다시 -0.034 g/day로 감소되었다. 이 후 2월부터 증가되기 시작하여 3월 20일에 0.409 g/day, 4월 21일에 0.617 g/day로 크게 증가하였고, 6월 16일에는 0.982 g/day로 조사기간 중 가장 많은 성장을 보였다. 따라서 바닥식 양식에서 전중량 증가는 3월부터 6월까지 증가하는 봄성장과 10월부터

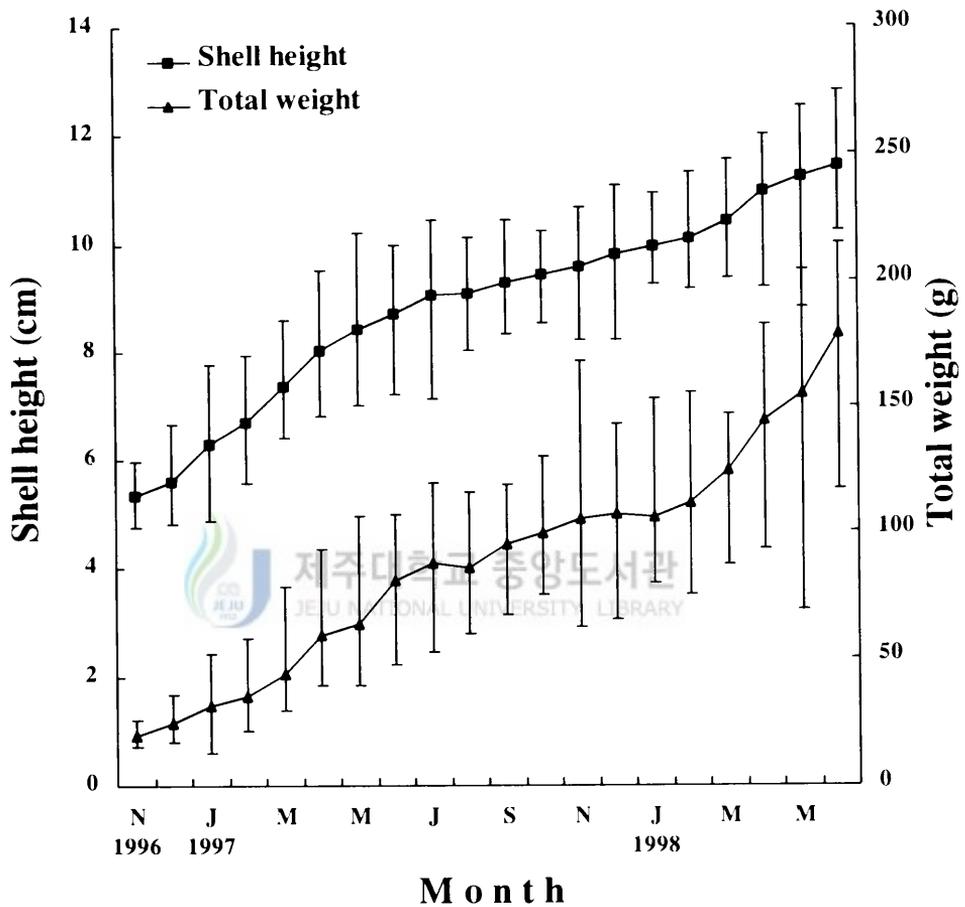
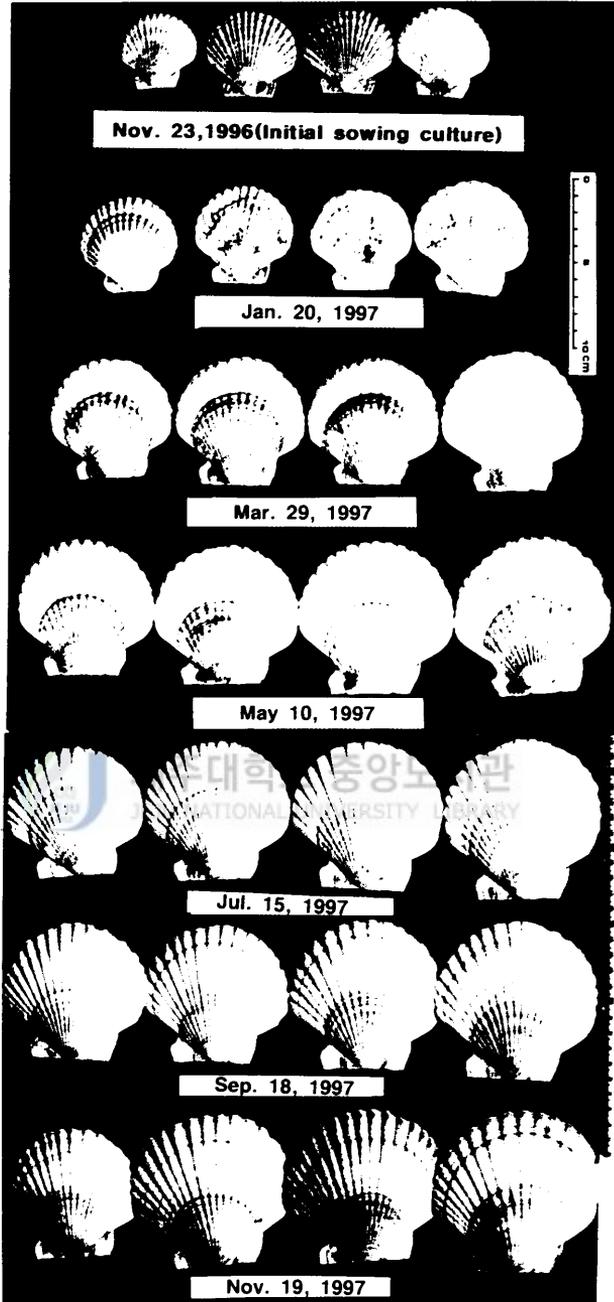


Fig. III-59. Shell height and total weight increase of sowing cultured scallops collected at Kisamun.



**Fig. III-60. Serial photographs showing growth of sowing culture scallops collected from Kisamun.**

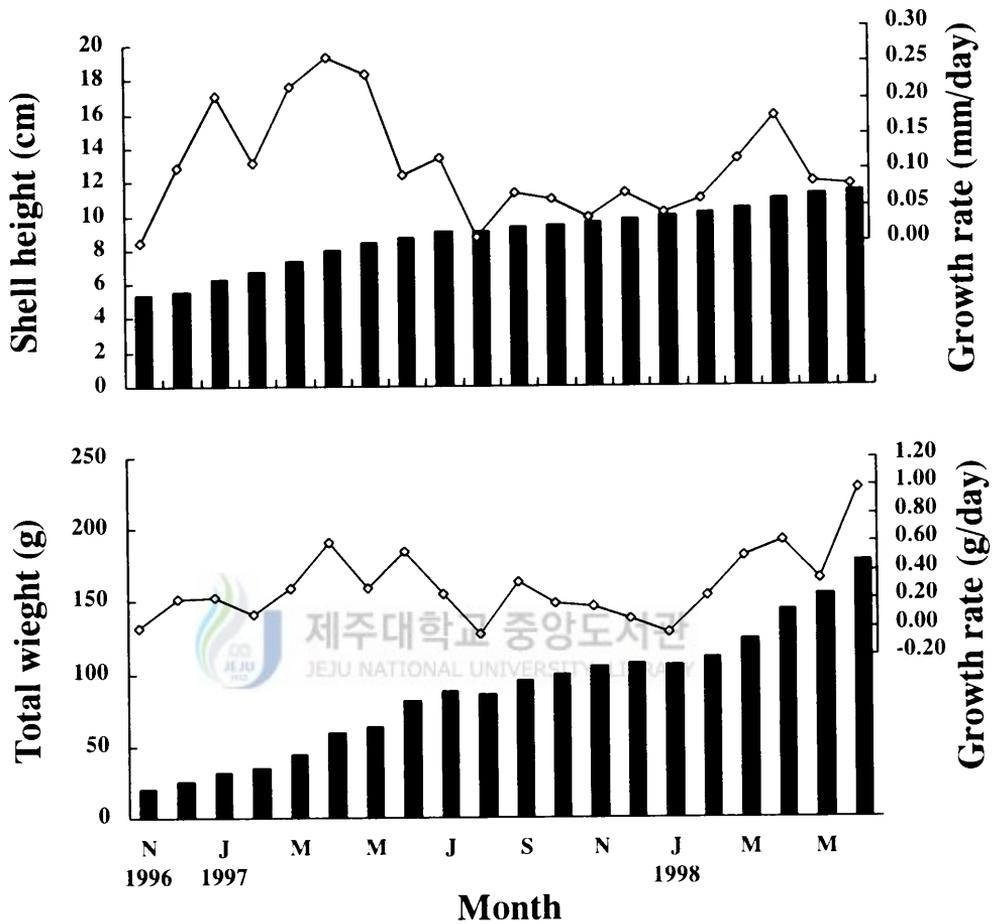


Fig. III-61. Increase of shell height, total weight and daily growth rate of the sowing cultured scallop from 23 November, 1996 to 16 June, 1998 at Kisamun.

12월까지의 가운성장이 나타났으며, 여름성장은 수하식 양식에 비해 빠른 반면, 겨울성장은 늦었다.

### 7.1.2. 생식소와 폐각근 중량의 변화

1996년 11월 23일 씨뿌림된 참가리비의 월별 생식소중량(GW)과 폐각근중량(AMW)의 월변화는 Fig. III-62와 같다.

GW는 1996년 11월 23일 씨뿌림시 평균중량 0.24 g에서 1997년 1월 20일에는 0.62 g, 일간증중량 0.010 g/day였고, 3월 29일에 1.63 g, 0.016 g/day였다. 산란기인 4월 23일에는 2.65 g, 0.041 g/day로 증가되었고, 산란이 진행된 5월 10일에는 -0.025 g/day, 6월 -0.005 g/day, 7월 -0.001 g/day, 10월 -0.001 g/day로 지속적으로 감소되었다. 이 후 GW는 1998년 1월부터 점차 증가되기 시작하여 3월에 평균중량 4.61 g, 0.067 g/day, 4월에 6.73 g, 0.066 g/day를 보인 후 점차 감소되었다. 따라서 GW는 11월부터 증가되기 시작하여 산란기인 4월에 가장 높았고, 5월 이 후 감소되어 7월에 가장 낮았다.

AMW는 1996년 11월 23일 씨뿌림시 평균중량 2.72 g에서 1997년 1월 20일에 4.06 g, 일간 증중량 0.022 g/day, 3월 29일에 6.26 g, 0.067 g/day를 보였다. 산란기인 4월 23일에는 8.27 g, 0.080 g/day로 증가량이 낮았고, 산란이 진행된 5월 10일에는 11.67 g, 0.200 g/day로 9월까지 증가가 지속되었으며, 1997년 10월부터 1998년 1월까지 거의 증가되지 않았다. 이 후 1998년 2월부터 다시 증가하여 3월에 평균중량 17.10 g, 일간증중량 0.132 g/day, 4월에 0.125 g/day로 증가하였고, 5월에는 0.215 g/day로 조사기간 중 최대증가량을 보였으며, 6월은 평균중량 32.6 g, 일간증중량 0.192 g/day로 증가량이 비교적 높았다. 따라서 AMW의 변화는 산란이 완료된 5월에 최고치였으며, 9월까지 증가하다가 10월부터 12월 사이에는 증가량이 낮아졌다.

### 7.1.3. 각고에 대한 각 부위별 상대성장

바닥식 양성기간중 각부위별 상대성장은 Fig. III-63과 같다. 1995년 6월에

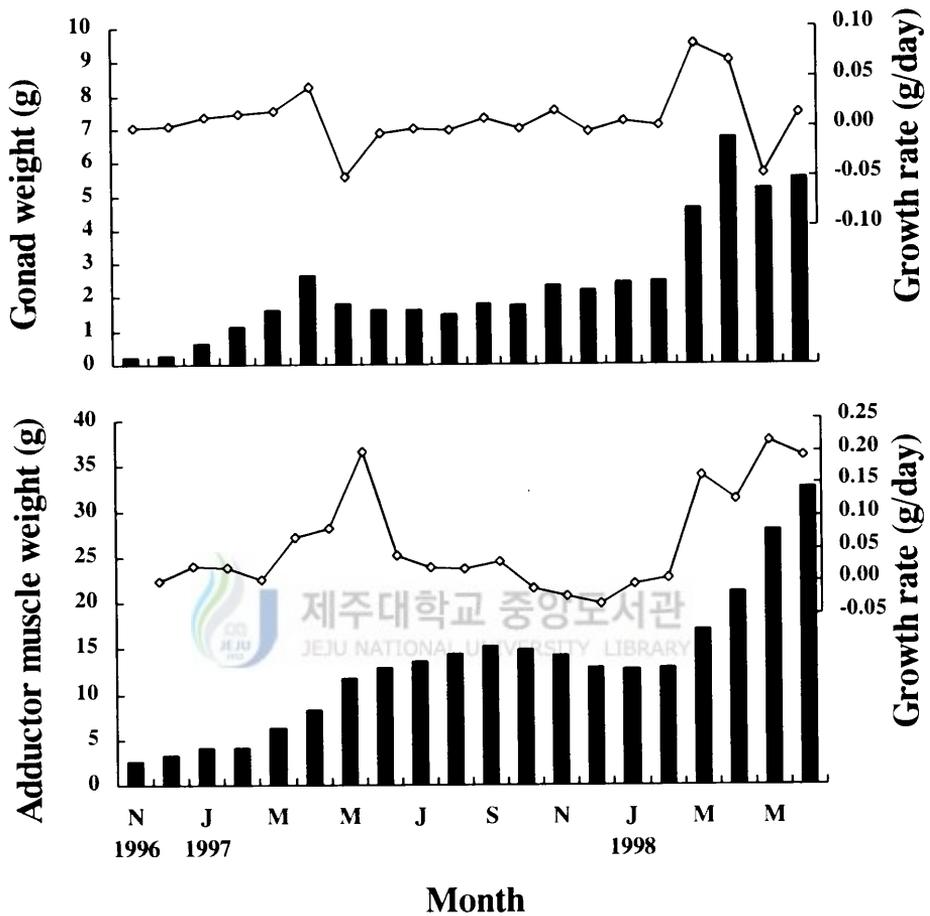
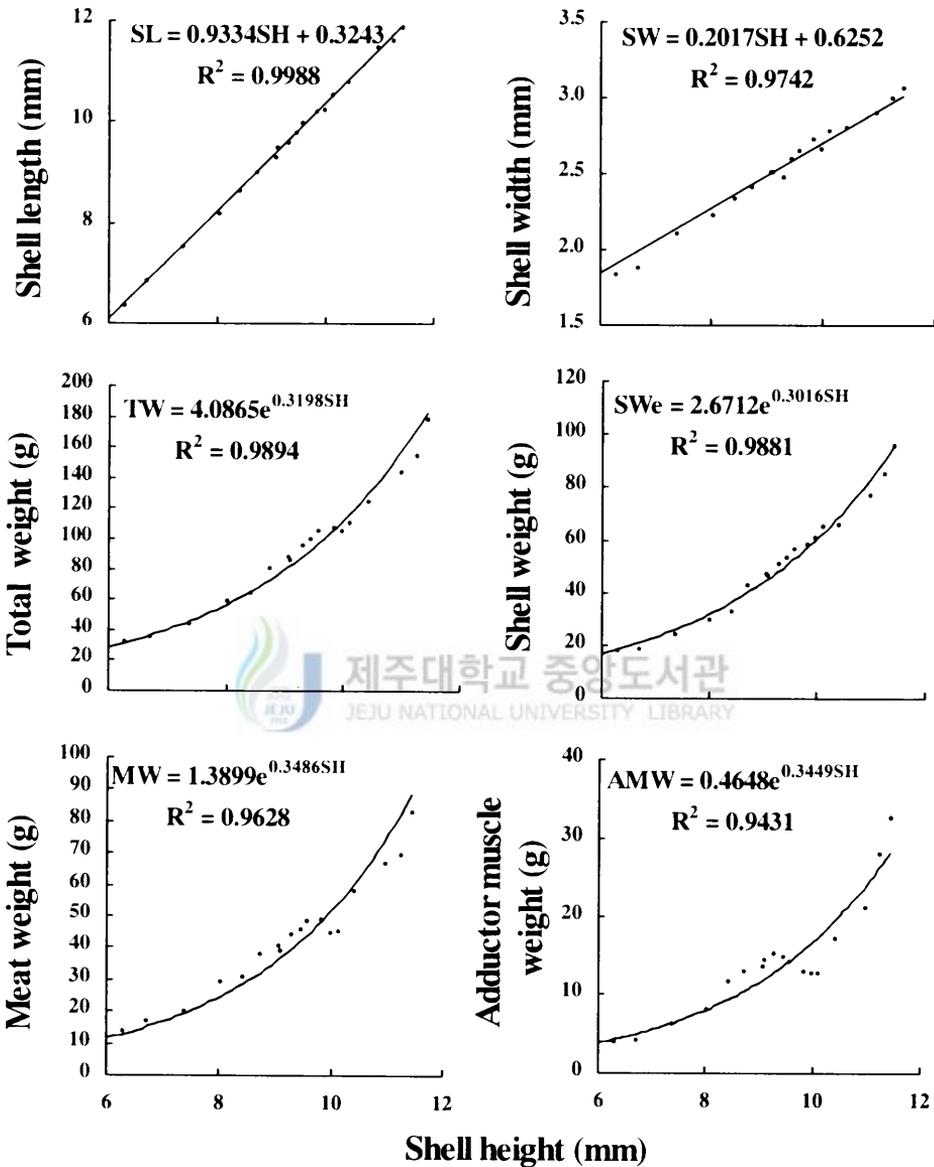


Fig. III-62. Increase of gonad weight, adductor muscle weight and daily growth rate of the sowing cultured scallop from 23 November, 1996 to 16 June, 1998 at Kisamun.



**Fig. III-63.** Relationships between shell height and shell length, shell width, total weight, shell weight, meat weight and adductor muscle weight of the sowing cultured scallops at Kisamun.

채묘되어 중간양성 후 1996년 11월 23일 바닥식 양성장애 씨뿌림한 참가리비의 각고(SH)에 대한 각장(SL)과의 관계는  $SL=0.9334SH+0.3243$  ( $R^2=0.9988$ ), 각고에 대한 각폭(SW)은  $SW=0.2017SH+0.6252$  ( $R^2=0.9742$ )이며, 각고에 대한 전중량(TW)은  $TW=4.0865e^{0.3198SH}$  ( $R^2=0.9894$ ), 각고에 대한 각중량(SWe)은  $SWe=2.6712e^{0.3016SH}$  ( $R^2=0.9881$ ), 각고에 대한 육중량(MW)은  $MW=1.3899e^{0.3486SH}$  ( $R^2=0.9628$ ), 각고에 대한 폐각근중량(AMW)은  $AMW=0.4648e^{0.3449SH}$  ( $R^2=0.9431$ )이었다.

## 7.2. 표지방류

### 7.2.1. 이동

강원도 양양군 기사문연안의 바닥양식장에서 1996년 11월 23일 표지방류한 50,000개체의 이동경로와 최대이동거리, 분포수집, 분포밀도에 대한 조사결과는 Table III-12 및 Fig. III-64와 같다. 표지방류 구역의 수심은 22.5 m. 표지방류시의 분포밀도는  $102 \pm 14.3$ 개체/ $m^2$ 로서, 방류 후 25일이 경과한 1996년 12월 18일 조사에서는 수심 23.8 m로 전방향을 향한 최대 이동거리는 64 m, 분포밀도는  $13.4 \pm 6.2$ 개체/ $m^2$ , 이동거리는 2.40 m/day였다. 방류 후 151일이 경과한 1997년 4월 26일에는 수심 24.6 m의  $10 \sim 160^\circ$  방향의 좀 더 깊은 외해쪽으로 이동하였으며, 방류지점으로부터의 최대거리는 190 m( $1.03$  m/day)로 점차 감소되었고, 분포밀도는  $4.2 \pm 1.8$ 개체/ $m^2$ 였다. 방류 후 270일이 경과한 1997년 8월 23일에는 수심 25.2 m 부근의  $10 \sim 140^\circ$  방향의 북동과 남동쪽 외해에서 발견되었고, 방류지점으로부터의 거리는 330 m( $0.92$  m/day)였으나, 분포밀도는  $2.6 \pm 1.9$ 개체/ $m^2$ 로 낮아졌다. 방류 후 361일이 경과한 1997년 11월 22일에는 수심 26.1 m 부근의  $340 \sim 190^\circ$  방향의 북쪽과 남쪽에서 발견되었고, 방류지점으로부터의 거리는 360 m( $0.66$  m/day)이며, 분포밀도는  $1.4 \pm 0.8$ 개체/ $m^2$ 로 더욱 낮아졌다. 방류 후 514일이 경과한 1998년 4월 23일에는 수심 26.7 m 부근의  $90 \sim 180^\circ$  방향에서 발견되었으나, 1997년 11월 27일에 조사한 지역과 같은 곳으로, 움직임이 극히 미약하였으며, 방류

**Table III-12. Migration distance of the scallops in sowing culture**

Date	Depth (m)	Duration per day	Migration distance(m)	Mean density (ind./m <sup>2</sup> )	Maximum migration distance per day(m)
Nov. 23, 1996	22.5	0	0	102 ± 14.3	0
Dec. 18 ~ Dec. 20, 1996	23.8	25	64	13.4 ± 6.2	2.40
Apr. 23 ~ Apr. 26, 1997	24.6	151	190	4.2 ± 1.8	1.03
Aug. 20 ~ Aug. 23, 1997	25.2	270	330	2.6 ± 1.9	0.92
Nov. 19 ~ Nov. 22, 1997	26.1	361	360	1.4 ± 0.8	0.66
Apr. 21 ~ Apr. 23, 1998	26.7	514	420	0.31 ± 0.22	0.39

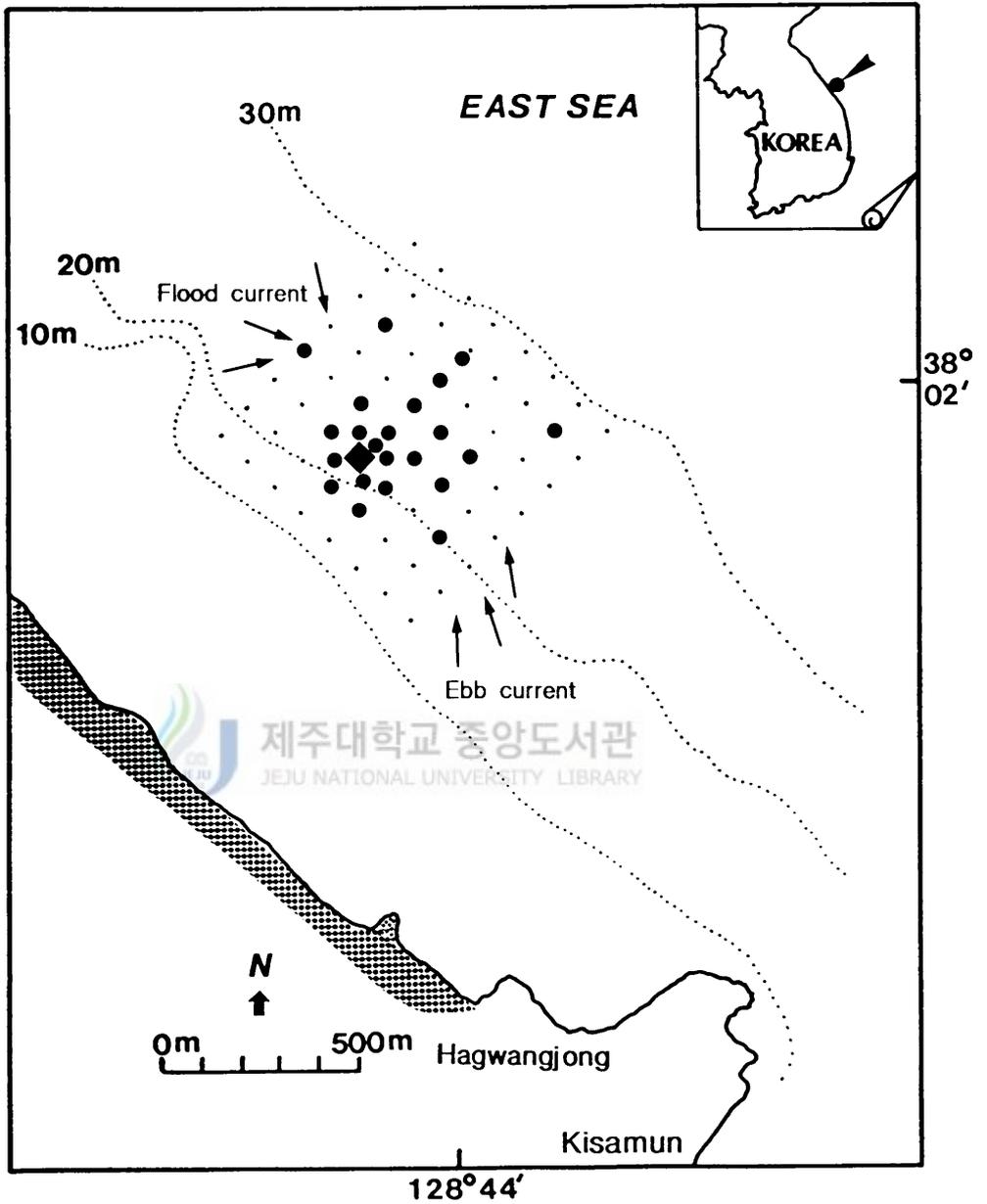


Fig. III-64. Migration pattern of the scallops. The mark release and recapture conducted during 23 November, 1996 and 23 April, 1998. ■ ; initial site, ● ; recapture sites.

지점으로부터의 거리는 420 m(0.39 m/day)였고, 분포밀도는 분산과 어획 등에 의해  $0.31 \sim 0.22$ 개체/m<sup>2</sup>로 크게 낮아졌다.

한편 표지방류 이 후의 생존율은 약 70%를 상회하고 있으며, 표지방류된 전 개체의 80% 이상이 반경 200 m 이내에서 어획되었다. 유자망에 의한 어획 시험에서는 큰 파도가 2~3일간 계속되거나 조류가 강할 때 재포율이 현저하게 높았고, 잔잔한 상태에서는 파도와 조류가 강할 때에 비해 약 30%의 어획에 그치는 것으로 나타나, 방류 이 후의 이동은 주로 파도와 조류가 강할 때 이루어지는 것으로 추정된다.

### 7.2.2. 크기별 재포율

표지방류에 의한 월별 크기별 재포 빈도는 Fig. III-65와 같다. 1996년 11월 23일 표지방류시의 참가리비의 각고는 4.76~5.98 cm(평균 5.34 cm)였다. 방류 2개월 후인 1997년 1월 27일 조사에서는 5.5 cm 24.0%, 6.5 cm가 24.0%로 주군을 이루었고, 3월 29일에는 6.5~7.5 cm가 74.3%로 높았다. 이 후 5월 10일에는 8.0 cm가 22.9%, 8.5 cm가 31.4%로 높았고, 10 cm 크기는 2.9%였다. 7월 10일에는 8.5 cm 30.0%, 9.0 cm가 36.7%로, 9월 18일에는 9.0 cm가 45.0%, 9.5 cm가 30.0%로 주군을 이루었다. 11월 19일에는 9.0 cm가 33.3%, 10.0 cm와 10.5 cm 개체가 각각 16.7%였다. 1998년 1월 30일에는 9.0 cm가 28.0%, 10.0 cm가 32.0%로 높았고, 9.5 cm와 10.5 cm는 각각 20.0%로 분산되었다. 3월 11일에는 10.0 cm와 10.5 cm가 각각 33.3%로 높았고, 11.5 cm도 5.6%로 대형 개체의 출현이 많았으며, 4월 21일 조사에서는 10.5 cm가 27.9%, 11.0 cm가 21.0%, 11.5 cm가 25.6%로 분산 분포하였고, 12.0 cm 크기도 2.3%로 대형개체의 출현빈도가 증가하였다.

### 7.2.3. 분포밀도

기사분 연안에서 1996년 11월 23일 방류분과는 별도로 1994년 6월에 채묘되어 10월에 중간육성 후 1995년 5월 14일에 각고 2.31~4.98 cm(평균 3.38 cm)

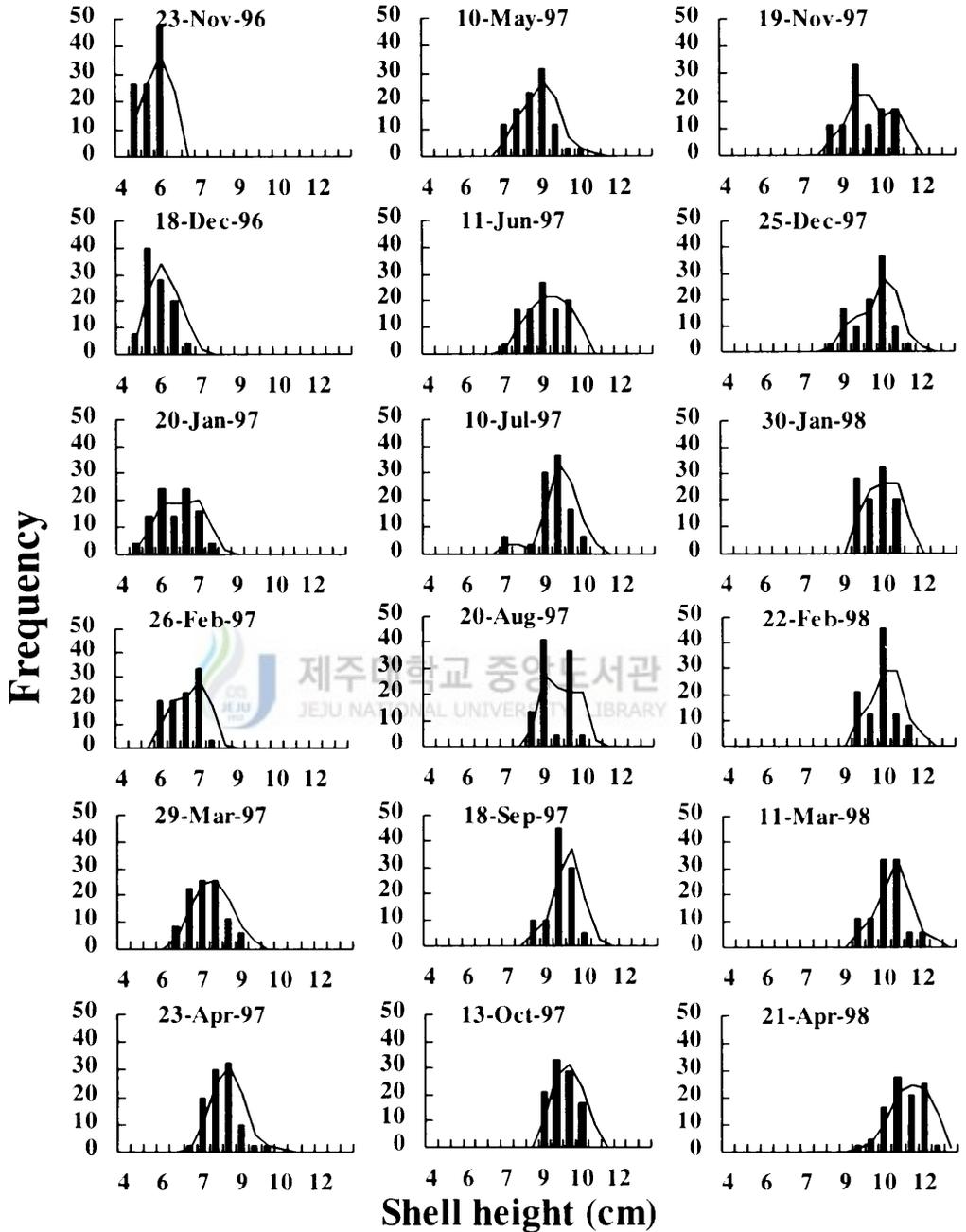
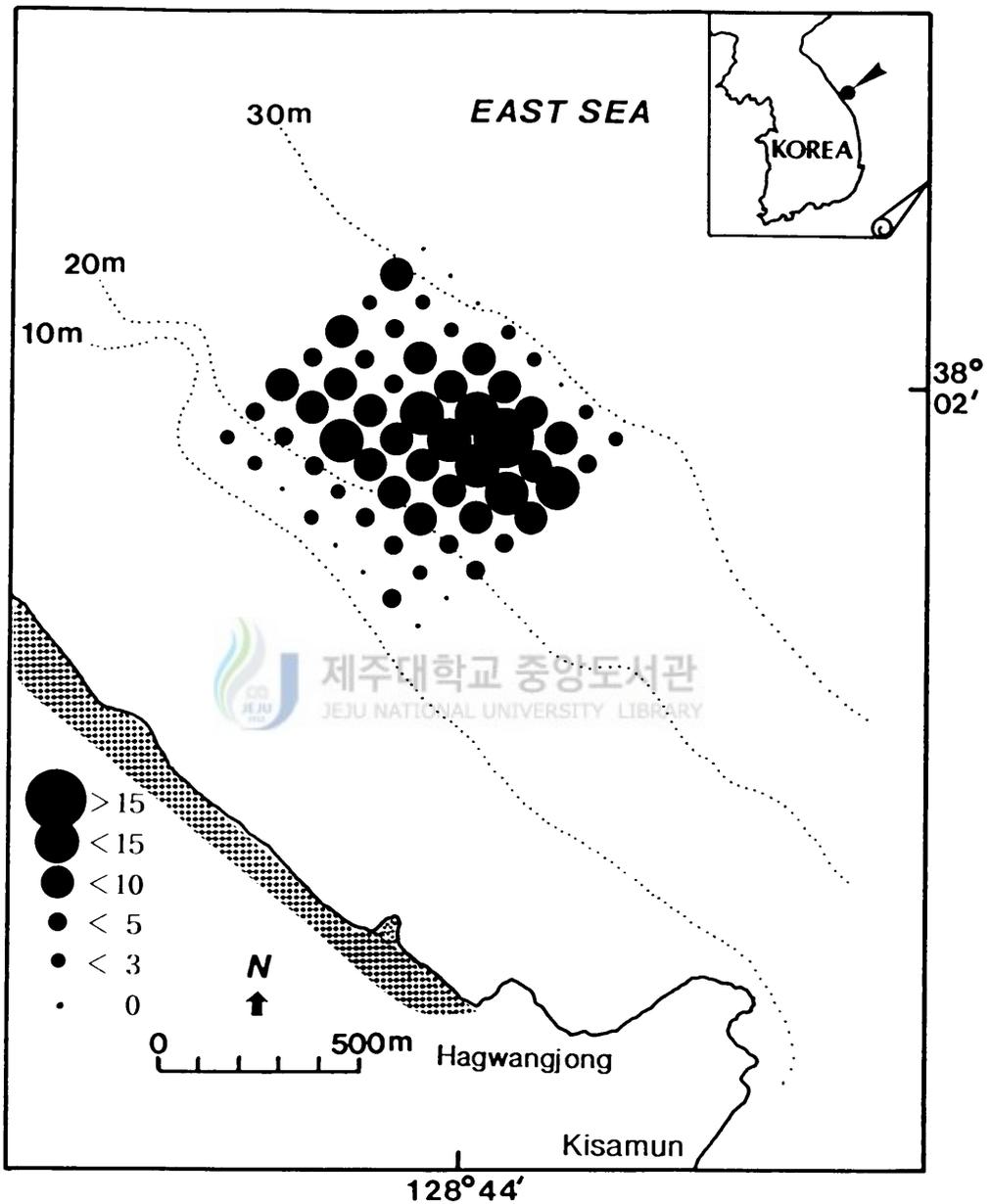


Fig. III-65. Size frequency distribution of the recaptured scallops at Kisamun from November 23, 1996 to April 21, 1998.



**Fig. III-66. Inhabitant density of the sowing cultured 3-year old scallops investigated in April 1997 at Kisamun.**

크기로 방류된 3,920천 개체에 대한 3년생 참가리비의 밀도분포도는 Fig. III-66 과 같다. 1997년 4월 조사시의 분포수심은 15~30 m로, 주 분포수심은 24~27 m였다. 분포밀도는 0~24개체/m<sup>2</sup>로서 총 64개 지점 중 1개체도 분포하지 않는 곳이 11지점이었으며, 3개체/m<sup>2</sup> 이하가 12지점, 5개체/m<sup>2</sup> 이하가 15지점, 10개체/m<sup>2</sup> 이하가 18지점, 15개체/m<sup>2</sup> 이하가 7지점이었고, 15개체/m<sup>2</sup> 이상은 1지점으로 나타나 바닥식 양식장으로 비교적 풍부한 서식밀도를 보였다. 한편, 1997년 4월에 재포된 참가리비의 평균크기는 각고 11.82 cm, 전중량 200.8 g, 폐각근 중량 27.3 g이었다.

#### 7.2.4. 수역별 바닥식 양성장의 환경

강원 연안 6개 지역에 대한 참가리비의 바닥식 양성장 특성은 Table III-13 과 같다. 북부의 공현진 연안은 1997년 10월 18일 씨뿌림 후 1998년 4월 26일 재포조사를 실시하였다. 서식수심은 17~24 m로 바닥퇴적물은 뿔을 함유한 3  $\phi$ 의 세립질 모래가 52.04%이며, 지반변동이 적은 단단하고 평탄한 바닥층을 이루고 있다. 바닥면의 평균 유속은 6.7 cm/sec로 특히 미약하였고, 서식밀도는 11.6  $\pm$  5.2개체/m<sup>2</sup>로 전 조사지역중 가장 높았으며, 1995년 씨뿌림된 개체가 1997년중 76.4톤이 어획된 수역으로 참가리비 서식에 매우 양호한 환경이었다.

속초 대포 연안은 1995년 5월 20일 씨뿌림 후 1996년 4월 24일 조사하였다. 서식수심은 16~22 m였고, 바닥퇴적물은 공현진과 비슷한 3  $\phi$ 의 세립질 모래가 56.28%이나 바닥층에는 물결무늬의 ripple이 형성되어 있었다. 바닥면의 평균 유속은 9.6 cm/sec로 미약하였으며, 서식밀도는 6.1  $\pm$  5.3개체/m<sup>2</sup>로 비교적 높았으나, 군데군데 집중 분포하였다.

양양군 기사문 연안은 1996년 11월 23일 씨뿌림 후 1997년 4월 9일 조사하였다. 서식수심은 24~27 m로 북부수역에 비해 깊게 나타났고, 바닥퇴적물은 3  $\phi$ 의 세립질 모래가 55.86%로 공현진과 같이 지반변동이 적고 평탄하였으며, 바닥면의 평균유속은 8.4 cm/sec로 미약하였다. 서식밀도는 5.4  $\pm$  4.5개체/m<sup>2</sup>로 비교적 높았고, 1995년 씨뿌림된 3,920천 개체에서 1997년중 약 42톤의 어획이

**Table III - 13. Environmental characteristics and scallop density of the plots on the sowing culture grounds of the coastal waters in Kangwon province of East Sea of Korea**

Site	Latitude Longitude	Date of transfer	Date of recapture	Sadiment type	Water current (cm/sec)	Depth (m)	Density (ind./m <sup>2</sup> )
Konghyunjim	38° 21' 10" N 128° 31' 35" E	Oct. 18, 1997	Apr. 26, 1998	Fine sand	6.7	17~24	11.6 ± 5.2
Taepo	38° 10' 20" N 128° 37' 20" E	May 20, 1995	Apr. 24, 1996	Fine sand	9.6	16~22	6.1 ± 5.3
Kisamun	38° 01' 56" N 128° 43' 40" E	Nov. 23, 1996	Apr. 9, 1997	Fine sand	8.4	24~27	5.4 ± 4.5
Sachon	37° 49' 10" N 128° 55' 00" E	Jun. 17, 1996	Sep. 7, 1996	Shell fragment sand	19.3	27~28	0.7 ± 0.5
Anmok	37° 46' 15" N 128° 57' 45" E	Jun. 15, 1996	Apr. 17, 1997	Fine sand	12.2	26~28	0.5 ± 0.6
Odal	37° 33' 55" N 129° 08' 25" E	Apr. 20, 1995	Apr. 5, 1996	Fine sand	9.8	27~32	8.7 ± 6.3

이루어진 곳으로 참가리비의 서식에 양호한 수역이었다.

강릉시 사천 연안은 1996년 6월 17일 씨뿌림 후 1997년 4월 17일 조사하였다. 서식 수심은 26~28 m로 깊었고, 바닥 퇴적환경은 3  $\phi$ ~3  $\phi$ 의 락질모래 또는 잔자갈, 패각질(shell fragment)이 주류를 이루었다. 바닥은 락질모래, 잔자갈 또는 패각질에 의해 깊이 20 cm, 폭 50 cm 내외의 물결무늬로 모래고랑을 이루는 곳이 많은 반면, 세립질 모래는 매우 적었고, 주변에는 1 m<sup>2</sup> 크기의 방석형 암반과 폐사된 참가리비와 조개류의 무더기가 산재해 있었다. 바닥면의 평균유속은 19.3 cm/sec로 매우 강하였으며, 서식밀도는 0.7 ± 0.5개체로 밀도가 극히 낮았다.

강릉 연안은 1996년 6월 15일 씨뿌림 후 1997년 4월 17일 조사하였다. 서식 수심은 26~28 m로 북부수역에 비해 깊게 나타났다. 바닥 퇴적물은 3  $\phi$ 의 세립질 모래가 43.36%로 지반변동이 적은 평탄한 바닥층에 물결무늬의 ripple이 형성되어 있으며, 강릉 남대천의 영향이 미치는 곳으로 바닥면의 평균 유속은 12.2 cm/sec로 비교적 미약하였다. 따라서 참가리비의 서식이 가능한 수역이나 서식밀도는 0.5 ± 0.6개체/m<sup>2</sup>로 극히 낮았다.

동해 연안은 조사해역 중 가장 남쪽에 위치한 수역으로 1995년 4월 20일 씨뿌림 후 1996년 4월 5일 조사하였다. 서식 수심은 27~30 m로 조사해역 중 가장 깊은 수심이었으며, 인근에는 정치망 어장이 위치하고 있다. 바닥 퇴적물은 뿔을 함유한 3  $\phi$ 의 세립질 모래가 54.04%로 지반변동이 적은 견고하고 평탄한 바닥층을 이루고 있으며, 바닥면의 평균유속은 9.8 cm/sec로 미약하였다. 서식 밀도는 15.7 ± 6.3개체/m<sup>2</sup>로 분포밀도가 매우 높게 나타났으며, 참가리비 서식에 비교적 양호한 환경이었다.

#### 7.2.5. 서식형태

한편 바닥식 양식어장에서 SCUBA 조사에 의해 5개 지역에 대한 서식관찰 결과는 Fig. III-67과 같다. A, B의 기사문 연안은 뿔을 약간 함유한 세립질 모래 위에 우각쪽을 바닥으로 향해 높은 밀도로 안정된 서식형태를 하였다. C, D 수

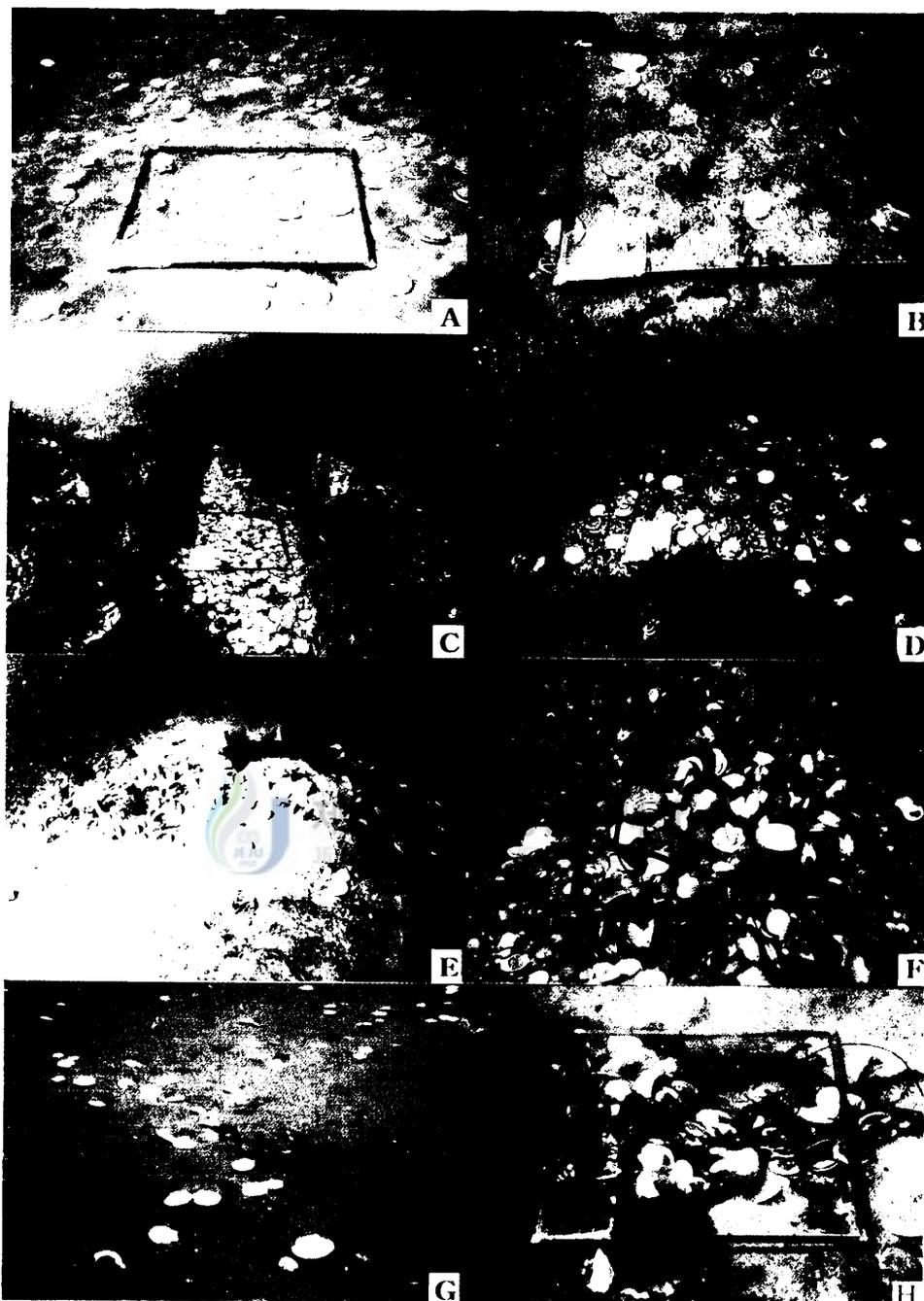


Fig. III-67. Underwater photographs showing estimation of the favorable scallop habitat for sowing culture. A~B, high density of the scallops in a quadrat indicating a favorable condition for the culture. C~H, Scallops placed on rocky area and exhibition dead shells in a quadrat suggesting not a suitable environment for the sowing culture.

역은 속초 연안(장사)으로 수심 15 m 부근의 모래지역과 암반 사이에 씨뿌림 되어 집단으로 서식하고 있으나, 해적생물에 노출되어 일부 폐사체가 발견되었고, 성장이 늦었다. E는 강릉 연안(안목)으로 바닥양식이 가능한 곳이나, 씨뿌림 2개월 이 후부터 대량 폐사가 나타났다. F는 사천 연안으로 저질은 락질모래, 잔자갈 또는 패각질에 의해 깊이 20 cm, 폭 50 cm 내외의 불결무늬 형태의 모래 고랑이 많으며, 참가리비를 포함한 대량의 폐사된 조개류가 발견되었고, 이곳에서의 생존체는 확인되지 않았다. G·H는 속초 연안(내포)으로 분포밀도는 비교적 높았으나, 불가사리의 서식밀도가 높은 곳으로 불가사리에 의해 식해된 참가리비의 폐사체가 우각을 하늘 쪽으로 하여 흰색으로 나타나고 있으며, 암반 주위에는 씨뿌림 5개월 전후에 폐사된 개체들이 파도와 조류에 밀려 쌓여 있다.

## IV. 고 찰

### 1. 환 경

동해는 한반도와 일본, 러시아에 둘러싸여 있는 전형적인 연해로 대한해협과 쓰가루 해협 등을 통해 연평균 30,000 km<sup>3</sup> 이상의 해수가 대양과 교환된다. 지금까지 동해에서 알려진 수괴는 표층부근에 존재하는 대마난류수와 그 아래에 있는 동해 중층수 그리고 수심 약 200 m 이하에 존재하는 동해 고유수이다. 김·김(1983)에 의하면 동해 중층수와 같이 최저 염분, 최고 농도의 용존산소를 특징으로 가진 북한 한류수가 동해 연안을 따라 존재하는데 이 수괴는 두만강 부근 해역에서 기원하여 대한해협까지 남하한다. 이 연구 해역에 영향을 미치는 해류(Uda, 1934)는 Fig. IV-1과 같이 Kuroshio 지류인 대마난류에서 분리되어 동해안을 따라 북상하는 동한난류(East Korean Warm Current)와 시베리아 연안으로부터 남하하는 리만한류(Liman Current)에서 분리된 북한한류(North Korean Cold Current)가 강릉 연안에서 교차하여 한·난류의 영향을 동시에 받는 해역이다. 따라서 북한한류와 동한난류는 동해안의 참가리비 양식에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

수온은 참가리비의 생육과 성장에 가장 큰 영향을 미치고 있는 요인으로 수온 23℃ 이상에서는 가리비의 섭모운동이 지장을 받고 약 5℃ 이하의 기간이 오랫동안 지속 될 때에는 생존에 영향을 미친다(Yamamoto, 1964).

동해안의 강원 연안은 1994년의 고수온 해를 제외하고는 양식 주 수심층인 10~30 m 수층의 수온은 3.4~22.9℃로 서식에 적합한 5~23℃(Yamamoto, 1964) 범위에 접근하고 있어, 한해성인 참가리비의 산란과 유생발생, 채묘 및 모패의 성장과 서식에 적합한 해역으로 판단된다. 이 연구에서 1994년 북부의 거진 연안은 7월부터 9월까지 수층별 최고 수온이 표층 27.2℃, 10 m 층 25.2℃, 15 m 층 24.4℃로 10~15 m 수층에서는 7월 중순부터 9월 상순까지 서식 한계수온 이상의 고수온이 50일 이상 지속되어 북부 해역에서 양식중인

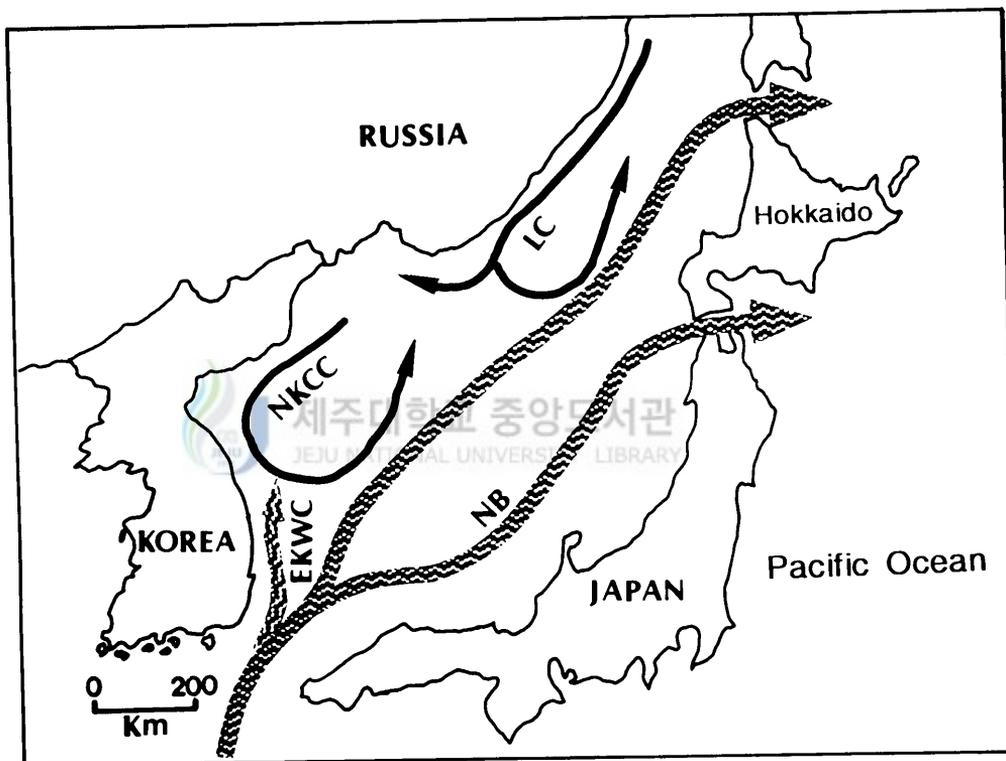


Fig. IV-1. A schematic diagram of the East Sea water circulation (after Uda, 1934). LC; Liman Current; NKCC, North Korean Cold Current; EKWC, East Korean Warm Current; NB, Nearshore Branch.

참가리비의 폐사 현상이 크게 발생하였는데, 이는 Yamamoto(1964)가 지적한 23℃ 이상에서 참가리비의 섬모운동에 지장을 준다는 것과 잘 일치된 결과로 생각된다. 또한 수온의 극심한 일교차도 참가리비의 서식에 영향을 미치는데, 1991년의 주문진 연안 표층수온은 참가리비 치패 부착과 성장 시기인 6월 15일에 17.2℃를 보인 후 6월 17일에는 10.1℃로 급강하하여 수온의 일교차가 매우 컸을 때, 생존에 영향을 미친 경우도 있었다. 이러한 현상은 강원 중·북부 연안은 1월부터 5월까지의 북한한류의 영향을 크게 받으나, 6월 이후의 여름철 수온분포 구조는 북한한류보다는 동해 중부수역에 존재하는 중층 냉수의 연안역 확장 정도에 따라 상·하층의 수온차 및 일교차가 매우 크게 나타나는 현상이 빈번해지기 때문이다. 이로 인하여 북부 해역의 수온이 중부 해역에 비해 높은 역전현상 또는 그 반대의 현상이 증가하고 있다. 급격한 온도 충격은 먹이생물인 식물 플랑크톤의 서식과 참가리비의 유생 분포 등에 영향을 미치는 물론, 양식중인 참가리비의 폐사에도 관여하고 있는 것으로 추정되며, 강하구역의 특수한 환경을 제외하고는 대량 폐사가 발생한 1997년에도 이와 비슷한 현상이 있었다.

한편 참가리비의 성장은 1993년 및 1996년과 같이 주 양성층인 수심 10 m 중 아래에서 20℃ 이하의 저수온이 유지되는 해에는 여름철에도 성장 지속과 함께 폐사체가 거의 발견되지 않았고, 1997년과 같이 내량 폐사가 발생한 해에도 표층역의 고수온을 피해 수심 25 m 부근의 저층에서 안정되게 양성 관리한 것에서는 폐사가 적었다. 따라서 수온 변화에 따른 양성수심의 수시 조절은 폐사 감소와 성장 촉진은 물론 폭풍 등에 의한 시설물의 손상도 줄일 수 있는 합리적인 대응방안이라 할 수 있다.

염분의 내성에 대하여 Yamamoto(1957)는 가장 10~13 mm인 치패기에 적정 서식 염분이 75%로 감소할 때 섬모 활동이 중지된다고 하였고, Nishioka *et al.*(1949)은 발생 적염분이 수온 10~15℃에서 30~40%로, 수온 12℃에서 37%가 최적이라 하였으나, Maru(1985a)는 발생에 적절한 염분이 수온 8~16℃에서 31~35%로 보고한 바 있다. 이 연구에서 강원 연안의 염분분포 범위는 31.3~34.5‰로 여름철 강우기의 표층역을 제외하고는 참가리비의 발생과 서식

에 적합한 염분 범위에 있었다. 그러나 8월과 9월의 10 m 상층은 31‰ 이하의 저염분에 종종 노출되고 있으며, 염분의 큰 변동은 성장을 저해하는 원인이 됨 (Andersen and Nass, 1993)은 물론, 폐사에 이를 수도 있으므로 여름철의 양성 수층은 15 m 이하층으로 관리하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

용존산소는 수산생물의 생존에 제한인자로 작용한다. 조사 해역에서의 용존 산소는 여름철인 7월부터 9월까지 최저 5 ml/l 내외의 낮은 값을 제외하면 연 중 수산생물 서식 환경 기준치인 3.52 ml/l(5 ppm) 이상이 유지되고 있어 참가 리비의 서식에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 그러나 수온 23°C 이상의 고수온 지속과 저산소 현상이 장기간 지속될 경우 10 m 상층에서는 생존에 영향을 미칠 수 있는 것으로 판단되며, 특히, 1995년 9월에 동해안류를 타고 강원 연안까지 북상한 유독성 편모조류, *Cochlodinium* 등과 같은 적조에 양식어장이 일시적으로 노출될 경우 용존산소 결핍 현상이 나타날 수 있다. 그러나 동해안 외해역에서의 적조생물은 수심 20 m 이하 층까지 미치는 영향은 크지 않기 때문에 적조현상이 예측될 경우에는 양식 시설물을 20 m 이하 층으로 내려주는 것이 좋을 것으로 판단된다.

화학적산소요구량(COD)은 여름철인 8월과 9월을 제외하고는 모두 1mg/l 이하로서 참가리비의 서식에 양호한 환경이었다. 그러나 일부 강 하구역과 도시 하천주변 양식장은 육상으로부터 유입되는 오염원에 의해 서식에 부적합한 환경이 나타날 수 있을 뿐만 아니라 저염분 및 토사에 노출될 수 있어 양식적지 선정시 강 하구역은 피하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

강원 연안에서 투명도 분포는 6.2~18.0 m의 범위로 대량의 강우 또는 파도를 제외하고는 무기성 부유현탁물질 보다는 주로 식물 플랑크톤의 출현량에 의해 변화하는 경우가 많으며, 일반적으로 4월에서 7월에 낮고, 1월에 높게 나타나고 있다. 특히, 먹이생물 공급원인 식물 플랑크톤에 의해 투명도가 낮은 시기는 유생의 발생과 성장뿐만 아니라 어미의 성장을 빠르게 해 투명도가 참가리비의 서식에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 대량폐사 현상을 보인 1997년은 6월부터 9월 사이의 투명도가 13.1~16.0 m로 매우 높았고, 대량의 자연

채보가 이루어진 1996년 6월은 6.0 m, 1998년 5월은 7.0 m 내외로 크게 낮았다. 이밖에 동해안은 빈영양해역으로, 풍파가 높고, 많은 시기에는 저층의 풍부한 영양염류가 용출되어 식물 플랑크톤의 발생을 촉진하기 때문에 적당한 바람과 파도는 참가리비의 먹이발생에 유리한 것으로 추정된다.

## 2. 생식주기

참가리비의 산란기를 추정하는 방법으로는 GSI 조사(川眞田, 1983), 생식소의 조직학적 관찰(Maru, 1976, 1978; 森等, 1977; Chang *et al.*, 1985) 및 부유유생의 출현량을 조사하는 방법(李·張, 1977) 등이 이용되어 왔다. 이 연구에서는 월별 GSI의 변화와 함께 생식소 발달단계를 조직학적으로 관찰하여 동해안산 양식 참가리비의 생식주기를 조사하였다.

참가리비의 산란기는 지역에 따라 조금씩 차이를 보일 뿐만 아니라 양식방법에 따라서도 차이를 보이고 있다. Maru(1978)는 북위 44°에 위치하는 일본 Saroma호산 참가리비의 GSI는 4월에 최고치에 달하였고, 산란기는 5~6월로 보고하였으며, 북위 42°에 위치하는 Funka만산 참가리비에 대하여 川眞田(1983)는 4월에 GSI가 최고치에 달하였다고 보고한 바 있다. 그러나 Yamamoto(1943)는 Mutsu만산 참가리비의 산란기는 Saroma호와 Funka만 보다 더 빠른 3월 하순부터 5월 중순으로 보고하였다.

이 연구에서 강원 연안의 월별 GSI의 변화는 해에 따라서 또는 양식방법에 따라 다소 차이가 있었으며, 고성군 연안에서 수하 양식산 참가리비의 GSI는 1993년에는 4월에 21.12, 1994년에는 3월에 26.49로 각각 최대치에 달하였다. 그러나 바닥 양성에서는 4월에 최대치를 보임으로써, 강원 연안 참가리비의 GSI 최대값은 Saroma호산 보다는 1개월 정도 빠르고, Funka만산과는 유사하게 나타났다. 이는 Saroma호의 수온이 1~3월까지 -1.4℃ 이하에 있다가 4월부터 상승하는데 비하여 Funka만은 3~5월까지 3~4℃로 유지되다가 6월부터 수온이 상승하는 것과 유사하게 강원 연안(고성군)의 최저 수온도 3월에

5.5°C로써 상대적으로 높기 때문에 성숙이 빠르게 진행되는 것으로 생각된다.

지금까지 보고된 자료와 이 연구의 결과를 종합해 볼 때, 양식산 참가리비의 성숙은 수온 하강과 함께 성숙이 진행되었다가 수온이 다시 상승하는 4월부터 산란이 이루어지는 것으로 보인다. 특히 GSI는 수온과 유사한 계절 변화가 인정됨으로써, 수온이 참가리비의 배우자 형성과정과 밀접한 관련이 있는 것으로 추측된다. Loosanoff and Davis(1963)는 배우자 형성의 재개시는 촉발 온도에 기인하며, 바지락 *Ruditapes philippinarum*은 휴지기 동안 수온 조건에 따라 결정된다고 하였다. 또한, 새조개 *Fulvia mutica*는 수온이 상승하는 3~4월 이후부터 성숙 난모세포가 관찰된 바 있고(Chang and Lee, 1982), 북방대합에서도 4~5월의 수온상승과 관련하여 성숙 난모세포가 출현하였다(이 등, 1997). 참가리비에서는 저수온기에 생식소의 성장이 개시되어 수온의 상승과 더불어 성숙과 산란이 이루어진다고 하여(Chang *et al.*, 1985), 수온은 조개류의 성숙과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 이 연구에서 동해안 양식산 참가리비의 산란기는 4~6월로 추정되며, 주 산란은 GSI가 가장 높은 4월 하순부터 5월 상순 사이에 이루어지는 것으로 생각된다. 그러나 이 결과는 영일만에서 부유 유생의 출현량으로 산란기를 추정했던 추·張(1977)의 산란기와 큰 차이를 보이고 있다.

조개류의 정자 구조는 종의 진화와 관계 있으며, 분류학적 기준으로 이용된다(Popham, 1979). 일반적으로 선단부에 모자모양의 첨체를 가지고, 중편부에는 4~5개의 미토콘드리아를 가지고 있다(Longo and Dornfield, 1967). 이 연구에서 관찰된 참가리비의 정자는 약간 긴 머리의 앞부분에 첨체구조를 가지고 있으며, 중편부에는 4개의 미토콘드리아를 가지고 있다. 또한 전진운동을 위한 꼬리부에는 9+2의 전형적인 편모구조로 이루어져 있다. 이러한 정자 구조는 張(1986)의 연구와 일치하였으나, 난원형 머리에 5개의 미토콘드리아를 가진 진주담치(Niijima and Dan, 1965) 및 가무락조개 *Cyclina sinensis*(Chung *et al.*, 1991)의 정자와는 차이가 있었다.

참가리비의 자웅동체 현상은 다른 연구자들에 의해 보고된 바 있지만, 이 연

구에서는 조사 개체 중 2.7%가 자용동체로 관찰되었다. 이와 같은 자용동체의 출현빈도는 Saroma 해역에 씨뿌림한 참가리비의 1.8%(張, 1986)와 Funka만에 씨뿌림한 참가리비의 0.7%(川眞田, 1983)보다 높았으나, 당주만에 수하 양식한 참가리비의 21.4%(森 等, 1977) 보다는 매우 낮았다. 森 等(1977)은 만 1년된 참가리비에서 자용동체 현상을 관찰하였고, 자용동체의 조직으로부터 참가리비는 수컷에서 암컷으로 성전환 할 가능성이 있다고 하였다. 和久井·小原(1967)도 1년생 참가리비는 대부분 수컷이었으나, 2년생 이상의 참가리비는 성비가 1:1에 가까워지므로 성전환의 가능성을 제시하였다.

이처럼 참가리비에서 자용동체 출현 빈도의 큰 차이는 양식방법이나 서식환경 등이 영향을 미쳤을 가능성도 있으나, 앞으로 참가리비의 성분화 및 성전환 등 성현상에 관한 깊은 연구가 요구된다.

DDI의 변화는 GSI가 가장 높아지기 4개월 전인 1992년 12월에 최고값을 보인 이후, 1993년 9월까지 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 소화맹낭에 저장된 영양원들이 생식소의 발달에 이용된다는 Sastry(1970)와 張(1991)의 언급에 비추어 볼 때, 본 연구에서 DDI가 GSI보다 몇 개월 앞서 최고값을 보인 것은 생식소 성숙에 필요한 영양원이 소화맹낭에 축적되어 생식소로 전이된다는 간접적 증거라 할 수 있다. AMI와 GSI의 월별 변화는 서로 상반된 경향을 보이고 있는데, 이 결과 역시 생식주기와 연관 지워 고찰해 볼 때, 참가리비의 소화맹낭은 주로 지질대사(Chang *et al.*, 1989)에 관련되는 반면, 폐각근은 글리코겐 대사(Takahashi and Mori, 1971)에 관련되므로, 폐각근의 글리코겐이 생식소 발달을 위해 이용되는 것을 나타내는 결과로 보여진다. 그러나 참가리비에서 번식 활동에 영향을 미치는 영양 조건이나 번식 기간 동안 생체내 에너지 대사에 관한 자료는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 앞으로 번식에 관련된 체내 대사와 에너지 흐름을 밝히기 위한 연구가 필요하다.

산란기의 연변화를 조사한 결과, 매년 GSI가 최고값에 도달하는 시기가 변화하였는데, 이것은 수온 등 해양 환경의 차이와 식물 플랑크톤 등 먹이와 관계 있는 것으로 판단된다. 해양 환경이 양호했던 1991년과 1994년에는 높은

GSI 값을 보였으나, 해양 환경이 좋지 못하여 식물 플랑크톤 양이 많지 않았던 1993년과 1997년에는 낮은 GSI 값이 단기간에 끝났다.

양식 방법에 따른 GSI의 변화를 조사한 결과, 수하 양식산이 바닥 양식산보다 10~15일 빠르게 최고값에 도달하였는데, 이것은 환경적 차이와 지형적 차이로 판단된다. 수하 양식 참가리비의 경우 10~20 m의 중층에 수하하므로서, 수온이 높고 먹이생물이 풍부한 반면, 바닥 양식산의 경우 저층 바닥에 서식함으로써 낮은 수온과 적은 먹이로 낮고 늦은 GSI 값을 나타냈을 것으로 판단된다. 또한 수하 양식 참가리비의 경우 주문진산인 반면, 바닥식 양식 참가리비는 기사문산으로 위도상 높은 곳에 위치함으로써, 다소 늦은 산란기를 가진다고도 판단된다. 그러므로 참가리비의 산란기를 관장하는 것은 지역에 따른 해양조건을 충분히 검토해야 할 뿐만 아니라 같은 해역이라도 수하식 양식과 바닥식 씨뿌림 양식 등 양식방법에 따른 참가리비의 생리적 차이도 함께 고려해야 할 것이다.

이상과 같이 GSI의 월변화 및 조직학적 조사를 통한 강원도산 양식 참가리비의 생식소를 조사한 결과, 해양 환경의 변화에 의해 다소 변할 수는 있으나, 분열 증식기 10월, 성장기 11~2월, 성숙기 3~4월, 산란기 4~6월 및 회복기 7~9월로 관정되었다.

### 3. 부유유생

동해안에서 참가리비 부유유생의 분포는 수온과 염분, 해류와 조류, 해저 및 해안지형의 특성, 바람의 응력에 의한 순환, 먹이생물의 분포량 등 다양한 환경요인에 의해 변동이 크게 나타나는 것으로 판단되며, 특히, 수온은 유생분포에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 여겨진다. Maru(1985b)는 참가리비의 유생발생 수온을 8~16°C라 하였는데, 유생의 주 분포 해역인 강원 북부의 휴전선으로부터 강원 중부 연안은 4월부터 6월 사이에 유생의 발생과 서식이 가능한 6~15°C의 해수가 연안으로 부터 존재하고 있다. 강원 연안에서 유생분포를 결

정하는 또 하나의 요인은 북한한류 수계와 함께 동해 중층 냉수의 순환 및 동한난류의 연안 운동과 확장의 정도에 따른 해수 운동의 영향들로 여겨지는데, 1991년부터 1998년까지의 유생분포 특성을 관찰해 보면 유생이 많이 발생하는 해는 매년 4월부터 7월 사이에 북한한류가 강하거나 동해 중층 냉수의 연안 접근이 강한 시기였다. 이러한 현상은 폭풍에 의해 생성된 바람의 응력이 크게 작용할 때 자주 나타나는 것으로 여겨진다.

유생의 수평분포 특성은 Fig. III-31의 위성자료와 같이 주로 수온 15℃ 이하의 북한한류수의 영향이 미치는 수역에 많이 분포하며, 난류수의 영향을 받는 곳에서는 유생밀도가 크게 낮아지고 있다. 따라서 한류 세력이 강한 북부에서는 연안으로부터 25 km 외해역까지 유생이 넓게 분포하며, 난류 세력의 영향을 받는 남부의 동해시 연안은 12km 외해까지 좁게 분포하고 있다. 강원 남부 해역에서 유생분포는 연안측으로 강한 저수온이 형성된 1996년의 경우는 남부의 삼척 연안까지도 유생분포에 적합한 11~14℃ 내외의 수온 구조에서 높은 밀도를 보이며, 저수온 해에 증가하고 고수온 해는 감소하는 경향이 있었다. 그러나 고수온 해인 1997년은 El-Nino의 발달과 수온 상승이 최대에 이른 해로 이에 의한 영향으로는 단정지을 수 없으나 유생의 불규칙한 분포와 함께 유생 출현량이 적감하여 자연채묘 성적이 크게 낮아졌는데, 금후 이러한 현상들은 빈번히 나타날 것으로 예측된다. 따라서 유생의 평균 분포밀도를 30개체/m<sup>2</sup> 기준으로 할 때 경제적인 채묘가 가능한 수역은 거진~속초 북부 연안은 연안으로부터 7 km 이내, 양양~금진 연안은 5 km 이내, 동해~삼척 연안은 4 km 이내가 적합한 것으로 판단되며, 채묘가 가능한 적정 거리는 연안으로부터 2~3 km 부근의 수심 30~40 m 해역으로 평가된다. 한편, 위성자료로 부터 해석된 표층 수온 구조는 금후 유생의 출현시기와 분포범위, 채묘시기 예측 등 자연채묘의 경제성을 확보하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

해역별, 연별 유생출현 상황을 보면 양식을 전혀 하지 않았던 1989년에는 휴전선 부근의 강원 북부 해역에서 분포밀도가 높고, 남부로 갈수록 밀도가 낮았다. 그러나 양식이 본격화된 1995년 이 후에는 북부 연안보다 양양~강릉의 중·

남부 연안에서 높은 밀도를 보여 유생분포의 역전 현상이 나타났다. 특히, 강원 북부의 거진 연안은 양식이 진행될수록 유생의 증가속도가 매우 느려 1989년 최초 양식시작 때의 유생밀도와 1995년 이 후의 유생밀도가 큰 차이를 보이지 않은 반면, 속초 이남의 중·남부 연안은 매년 유생 분포밀도가 빠르게 증가하고 있다. 이러한 현상은 북부의 거진 연안은 주변 해역에 비교적 풍부하게 자연 서식하는 참가리비 모패로부터의 산란균과 북한한류를 타고 남하하는 고유의 유생균이 증가하지 않기 때문으로 추정된다. 반면, 중·남부 해역은 북한한류에 의해 남하하는 유생의 영향을 적게 받을 뿐만 아니라, 자연 서식 모패의 분포량이 희박하여 북부 해역에 비해 유생분포 밀도가 크게 낮았다. 그러나 그 동안 진행된 참가리비의 수하 양식과 바닥식 양식에 의해 조성된 대량의 모패 자원이 산란에 가입하여 북부 해역에서 남하하는 유생균 보다는 자체 산란균에 의해 유생이 크게 증가하고 있기 때문으로 여겨진다.

외해역인 강원 연안의 유생출현 밀도는 0~484개체/m<sup>3</sup>로 Saroma호의 1,500개체/m<sup>3</sup>(Maru, 1985a), Mutsu만의 1,000~5,000개체/m<sup>3</sup>(Ito *et al.*, 1988)에 비해 크게 낮은 수준으로 유생에 의한 자연채묘 환경이 일본에 비해 불리하다. 그러나 1995년 이 후에는 강원 연안에서의 유생 발생량이 빠르게 증가하고 있어 자연채묘 환경이 향상되고 있다.

부유 유생수와 부착 치패는 정상관 관계를 보이는데, 일본 Funka만에서 치패 부착은 부유유생이 50개체/m<sup>3</sup>일 때 채묘기 100 g당 치패 부착량은 684개체, 100개체/m<sup>3</sup>일 때 2,119개체로 보고하였다(水島, 1994). 따라서 1개의 채묘기로 부터 성장을 고려한 유생의 적정 부착밀도는 강원 연안의 경우 500~1,000개체가 적합한 것으로 판단되며, 이때 요구되는 성숙유생의 출현량은 외해역인 점을 감안하더라도 50~100개체/m<sup>3</sup> 내외이면 가능할 것으로 생각되며, 300개체/m<sup>3</sup> 이상의 대량 유생출현은 채묘기에서의 적정 부착량을 초과하여 치패의 성장을 저하시키기 때문에 오히려 채묘의 경제성이 낮아지는 것으로 판단된다.

강원 연안에서 유생의 출현시기는 4월 상순부터 8월 중순 사이로, 주 출현시기는 4월 하순부터 6월 하순, 유생의 주 부착시기는 5월 중순부터 6월 하순으로

나타났다. 한편, 일본의 Mutsu만은 유생의 주 출현시기가 4월 하순부터 5월 초순(Kanno, 1970)으로 강원 연안에 비해 빠르고 짧게 나타나며, 일본 북해도 최북단인 Saroma호에서는 6월 중순부터 7월 중순(Maru, 1985a)으로 강원 연안에 비해 치패 부착시기가 늦게 나타나고 있다. 이로 보아 강원 연안은 일본 북해도 연안에 비해 참가리비 자연채묘 시기가 크게 상이함을 알 수 있다. 그러나 유생의 출현시기는 매년 서식환경 변화에 따라 심한 변동을 보이며, 특히, 고수온기에는 유생의 출현시기가 빠르고 짧은 반면, 저수온기에는 출현시기가 늦고, 길게 나타나는 특징을 보인다.

따라서 각장 220  $\mu\text{m}$  이상의 대형유생 출현빈도로 본 유생의 연별 부착 가능시기는 북부의 거진 연안은 저수온 해인 1996년은 5월 25일~7월 15일이었고, 고수온 해인 1997년은 5월 10일~6월 30일이었다. 중부의 주문진 연안은 저수온인 해인 1996년은 5월 28일~7월 15일이었고, 고수온 해인 1997년은 5월 10일~6월 15일이었다. 남부의 급진 연안은 저수온 해인 1996년은 5월 30일~7월 15일, 고수온 해인 1997년은 5월 6일~6월 10일로 수온에 따른 부착시기가 매우 달랐다.

동해안에서의 유생출현은 외해역의 영향을 크게 받아 유생의 분포양상이 지역에 따라 매우 불규칙함으로 자연채묘의 효율성을 높이기 위해서는 유생 동태에 관한 주기적이고도 보다 정밀한 관찰이 요구된다. 한편 유생분포는 같은 해역이라도 성장속도와 분포밀도가 큰 차이를 보이는데, 강원 연안에서 유생분포 밀도가 높은 해역은 대체로 해안과 해저지형의 굴곡이 심한 만(灣)으로 형성되어 있거나 유속이 완만하고 먹이생물의 발생량이 많은 곳이었다. 이러한 수역은 강원 북부의 거진~공현진, 중부의 양양~주문진, 남부의 급진 연안 등이다. 한편, 강원도와 인접한 경북 연안은 강원 남부에서의 양식량 증가로 조성된 모패 자원에 의해 남하하는 유생이 현재는 울진 연안까지 영향을 미쳐 유생의 부착량을 증가시키는 것으로 추정되며, 급후 경제적인 자연채묘 가능 수역은 포항이북 연안까지 확대될 것으로 예상된다. 따라서 채묘의 효율성을 높이기 위해서는 같은 어장이라도 유생의 밀집 수역과 적수층을 찾아 채묘기를 설치하는 것

이 경제적인 것으로 판단된다.

강원 연안에서 유생의 주 분포수층은 10~25 m 내외로, 수심이 낮은 내만역인 Saroma호에서 관찰한 유생의 주 분포 수심인 5~15 m(Maru, 1985b)와 비교하면 외해역인 강원 연안의 유생분포 수층이 더 깊다.

모패로부터 산란된 성숙난경은 약 80  $\mu\text{m}$ 에 달하며, 이 후, 각장 120  $\mu\text{m}$ 의 식별 가능한 D형 유생으로 성장하기까지의 발육시간은 8~9°C에서 약 2주간 소요된다(Yamamoto, 1943). Maru(1985a)는 1967년부터 1972년까지 북해도의 Saroma호에서 부유유생의 1일 성장량을 3.2~6.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ (평균 5.1  $\mu\text{m}$ )라 하였고, Thompson *et al.*(1985)은 4.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ 라 하였다. 이 연구에서 1995년부터 1998년까지 주문진 연안 부유유생의 1일 성장량을 추정하면 4.4~6.0  $\mu\text{m}/\text{day}$ (5.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ )로 Saroma호와 거의 비슷하였으며, 고수온 해에 성장이 빨랐다. 강원 연안 외해역에서의 유생 성장이 고위도에 위치한 Saroma호 보다 빠르지 않은 것은 강원 연안이 저위도에 위치한 곳이라도 북한한류의 영향으로 유생 성장기인 5월부터 7월의 저수온이 Saroma호 보다 높지 않고, 특히 유생의 성장에 필요한 먹이생물량이 부족한 외해의 특성을 보이기 때문인 것으로 추정된다. 강원 연안에서 유생의 부착가능한 크기인 각장 260  $\mu\text{m}$ 까지 성장하는 기간은 39~46일(평균 42.2일)로 Saroma호(Maru, 1985a)의 28~56일(평균 36.4일) 및 외양에서 6주 동안 부유생활을 한 후 해류를 따라 이동하여 0.3~0.4 mm 크기일 때 죽사로 고행물에 부착하는 Iceland 가리비, *Chlamys islandica*(Skreslet and Brun, 1969; Wallace, 1982; Sundet, 1988) 에 비해 약 6일이 더 소요되는 것으로 나타났다.

유생출현 크기별 집단으로 본 유생의 발생횟수는 해에 따라 차이가 크게 나타나고 있다. 강원 연안에서는 저수온이 지속되는 시기에는 연중 2~3회로 발생횟수가 많고, 고수온이 지속되는 시기에는 1~2회로 적었다. 그러나 고수온 해라도 발생횟수가 적고, 조기 발생하는 경우에는 치패의 성장이 매우 빨랐다.

한편, 자연에서 채집된 유생의 각장에 대한 각고의 비(Table. III-3)는 각장 130~139  $\mu\text{m}$ 에서 1.16이던 것이 각장 200~209  $\mu\text{m}$ 에서 1.09, 각장 280~289  $\mu\text{m}$

에서 1.05로 소형 유생군일수록 각장에 대한 각고의 비율이 컸다. 초기 유생은 D형 또는 타원형의 형태를 보이다가 성장해갈수록 비율이 감소되어 원형에 가까운 형태를 보여, Maru(1972)가 Saroma호에서 조사한 비율인 1.06~1.20 범위와 비슷하였고, 인공부화 유생의 비율(미발표)과도 큰 차이가 없었다. 따라서 이 자료는 Bower and Meyer(1990)의 유생 식별 방법과 함께 참가리비의 유생 출현시기에 진주담치 등 다른 종의 유생이 함께 출현하는데 따른 유생 식별의 지표로 활용이 가능할 것이다.

#### 4. 자연채묘

참가리비 양식에 있어 가장 중요한 요소의 하나는 양질의 치패를 대량 생산하는 것이며, 치패 생산을 위한 가장 확실한 방법은 자연에 분포하는 유생을 활용하는 것이다. 자연채묘를 통한 종묘생산 안정화를 위한 조건으로는 부착기 유생의 출현량과 유생 부착을 위한 기질의 종류, 유생의 밀집 수역 및 부착 적수층, 채묘시기의 정확한 예측 등 채묘의 경제성(채묘기 당 치패부착량 200개체 이상)을 확보할 수 있는 기술이 필요하다. 특히, 유생부착 기질과 수용량은 치패 생산의 효율성 증대에 매우 중요한데, 채묘기의 기질은 monofilament 망사를 그물주머니에 넣어 치패를 식해자로부터 보호할 수 있는 것이 좋으나 물의 흐름을 방해해서는 안 된다(Thorarinsdottir, 1991).

외해역인 우리 나라 동해안은 참가리비 유생의 분포변동이 심해 자연채묘 환경이 내만에 비해 매우 불리하다. 따라서 자연채묘를 위한 치패의 부착시기와 유생출현량의 변동에 따라 부착량은 매년 크게 변화하고 있다.

강원 연안에서 참가리비 치패의 부착시기는 5월 상순부터 7월 상순이며, 주 부착시기는 5월 중순부터 6월 하순이었다. 그러나 주 부착시기는 수온과 유생의 성장 및 밀도에 따라 해마다 큰 차이가 있는데, 유생 출현기에 저수온을 보인 1993년은 유생의 부착기간이 5월 18일~8월 14일까지로 매우 길었고, 부착 최성기도 6월 15일~7월 10일 사이인 반면, 유생출현기에 고수온을 보인 1997년은

주 부착시기가 5월 10일~6월 15일 사이로 부착시기가 빠르면서 매우 짧았다. 강원 연안에서 시기별 유생부착 빈도분포는 일반적으로 4월 25일부터 5월 15일 전후에는 전체 부착량의 5% 내외, 5월 15일에서 5월 31일 전후에 15%, 6월 1일에서 6월 10일 전후에 20%, 6월 10일에서 6월 20일 전후에 35%, 6월 20일에서 6월 30일 전후에 20%, 7월 1일에서 7월 10일 전후에는 5% 내외의 유생이 부착하였다.

따라서 강원 연안에서 채묘기의 투입 적기는 5월 15일~6월 10일 사이가 적합한 것으로 판단되는데, 치패부착 시기가 4월 하순~5월 상순인 경북 영일만과는 차이가 크다. 그러나 최근에는 채묘환경 변화가 빈번해지고 있어 채묘의 효율성을 높이기 위한 환경조사 및 산란기의 예측, 유생의 동태, 진주단치, 불가사리 등 해적생물의 동태 등 해적 생물의 부착을 줄이면서 참가리비 유생의 최대 부착시점을 예측하는 것이 필요하다.

수온에 따른 치패부착 적정온도는 수심 15 m 수층에서 12~14℃일때 부착이 좋았으며, 최적온도는 13℃ 전후였고, 수온 17℃ 이상에서는 부착량이 크게 낮아졌다. 한편 1992년 6월 14일 강원도 최북단인 대진 연안에서 실시한 치패부착조사결과 수심 15 m 수층의 채묘기에서 각장 280 μm의 초기 부착유생이 관찰되는 것으로 보아, 강원 연안 외해역에서의 치패부착 유생 크기는 260~280 μm 전후로 생각된다. 이는 일본 북해도 북부에서 초기 부착크기인 260 μm에 비해서는 크고, Mutsu만의 280~320 μm(Ventilla, 1982)에 비해서는 크기가 작았다. 치패의 부착 적수층에 대하여 노르웨이산의 *Chlamys islandica*는 40 m 수심중 바닥으로부터 2~10 m 수층에서 잘 부착 하였다고 보고하였으나 (Thorarinsdottir, 1991), 이 연구에서는 30 m 수심중 바닥으로부터 5~20 m 수층에서 부착빈도가 높았다. 따라서 치패 부착 적수층은 북부의 거진~속초 연안은 10~20 m 층, 중부의 양양~강릉 연안은 12~25 m 층, 남부의 금진~삼척 연안은 15~25 m 층으로 치패 부착 효과를 높이기 위해서는 적수층에 채묘기를 투입하는 것이 경제적인은 물론, 강원 연안의 해황 조건하에서 파도에 의한 채묘 시설의 안전을 유지할 수 있을 것으로 생각된다.

부착 치패는 수온이 낮은 6월부터 7월 하순까지 빠른 성장을 보이며, 수온이 상승하는 8월에는 성장이 낮아지다가 9월 상순 이 후부터 완만하게 성장이 증가하였다. 치패 부착 밀도와 성장은 유생 출현과 부착 시기에 저수온이 지속될 수록 좋았고, 고수온일 수록 낮아졌으며, 수층별 성장은 저수온기에는 표층역에서, 고수온기에는 저층에서 성장이 좋았다. 따라서 수온은 치패 부착과 성장에 크게 영향을 미치는 것으로 평가된다. 치패의 성장도는 Saroma호에서는 6월 하순~7월 상순에 채묘후 8월 상순까지 평균각고 3 mm의 크기로 성장하며, Mutsu만에서는 4월 하순~5월 상순에 채묘후 2개월 쯤인 7월 상순까지 각고 2~10 mm, 주 mode는 4 mm로 보고하였다(Ventilla, 1982). 주문진 연안은 5월 하순에 채묘한 후 7월 중순까지 각고 1.3~12.1 mm, 평균 4.1 mm로 Mutsu만과 유사하였으나, Saroma호에 비해서는 빨랐다. 이러한 해역별 성장차이는 비교적 남부해역인 Mutsu만은 치패 부착 시기가 강원 연안에 비해 1개월 정도 빠르고, 성장도 빠른 곳이나 채묘기에서 치패 부착 밀도가 크게 높아 성장이 억제된 데 기인되며, Saroma호(Maru, 1985b)의 경우는 치패 부착 시기가 6월 하순~7월 중순으로 늦으면서, 부착 밀도가 높기 때문으로 생각된다. 따라서 강원 연안에서 치패 부착은 주로 5월 20일~6월 30일 사이에 집중적으로 이루어지고 있어 강원 연안의 채묘 시기는 일본과는 크게 다르며, Saroma호 보다는 빠르고, Mutsu만에 비해서는 약간 늦은 것으로 평가된다.

강원 연안에서 치패의 부착주기는 2~3회로 나타나고 있는데, 후기발생 유생군에 의해 치패가 대량 부착하는 해는 채묘기 안에서 성장이 늦어져, 중간육성종묘로의 생산성이 낮아지는 경우가 있다. 따라서 채묘기 투입은 후기 부착군 보다는 초기 발생군을 대상으로 투입하는 것이 효과적이다.

채묘기 안에서 부착 치패의 현존량은 11월 이 후 감소 경향을 보이는데, 이는 자연사망에 의한 탈락(Maru, 1985a)과 불가사리 등의 해적생물 및 먹이생물의 부족, 대량부착에 따른 서식환경의 악화에 의한 폐사체가 증가하기 때문이다.

Mutsu만(Ventilla, 1982)에서의 채묘기당 치패 부착량은 1978년에 평균 79,660개체로 최대 부착량은 135,000개체였고, 1980년에는 30,600개체로 보고하

고 있다. 이 연구에서 강원 연안의 채묘기당 치패부착수는 평균 18~5,344개체로서 저수온 해에는 부착이 증가하고, 고수온 해에 감소하여, 해황 여건에 따라 큰 차이를 보이며, 해역에 따라서도 최근에는 북부보다는 중·남부에서 부착량이 크게 증가하고 있다. Mutsu만의 경우 채묘기당 최적 부착량을 부착가능한 유생수가 100개체/m<sup>3</sup>일때 채묘기당 치패 부착수는 1,500개체 정도를 적정 수준으로 보고 있다. 따라서 과밀한 치패 부착보다는 적정량의 부착이 성장과 폐사를 줄이는데 좋은 결과를 가져온다고 볼 수 있다. 이러한 수준에서 보면 강원 연안에서 치패의 성장과 경제성을 고려한 채묘기당 적정 부착량은 500~1,000개체가 적합한 것으로 평가된다.

## 5. 중간육성

중간육성은 분양성을 위한 적정크기의 종패를 생산하는데, 목적이 있다. 따라서 수온, 염분 등의 환경요인과 먹이생물의 양적 변동에 따른 수용밀도, 양성수심, 양성시설 방법에 의해 성장이 좌우되는 물론 폐사와 기형패 발생 등에도 큰 영향을 미친다. 특히, 중간육성의 적정수용밀도는 분양성 이식후의 성장과 생존율에 큰 영향을 미치는데, 성장률과 수용밀도 사이에는 반비례 관계 (Imai, 1977; Ventilla, 1982)로, giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Parsons and Dadswell, 1992) 및 진주담치 (Rodhouse *et al.*, 1984)와 같은 다른 조개류에서도 나타나고 있다. 많은 조개류에서 성장률의 변화는 온도와 영양 조건에 관계가 있으며 (Kirby-Smith and Barber, 1974; Rodhouse *et al.*, 1981; MacDonald and Thompson, 1985; Wilson, 1987) 특히, 고밀도 수용에 의한 성장률 감소는 한정된 먹이생물의 경쟁과 상호간의 stress에 기인한다.

이 연구 결과 중간육성 이 후 양성용으로 적절한 종패의 크기는 채봉식 양성은 각고 5~6 cm, 귀메달이 양성은 6~7 cm 내외, 바닥식 양성용은 3~5 cm 내외의 크기가 적합한 것으로 판단된다.

중간육성 기간 중 치패의 성장은 Saroma호에서는 1987년 9월부터 1988년 4

월까지의 일간 성장량이 0.122 mm/day로 보고하였다(網走水産試験場, 1989a). 강원 연안에서 중간육성 기간중 수용밀도에 따른 일간 성장량은 10 m 수층에서 1992년 10월 30일 이식 후 1993년 4월 10일까지 수용밀도 50개체에서는 각각 5 cm 이상, 일간 성장량 0.207 mm/day로 Saroma호에 비해 성장이 월등히 좋았고, 50개체까지는 분양성용 종패로 사용 가능하였다. 그러나 수용밀도 100개체에서는 0.178 mm/day, 각각 5 cm 이하로 분양성용 종패로 사용이 어려웠고, 수용밀도 200개체에서는 0.419 mm/day, 각각 4 cm 내외로 바닥식 양성용으로도 사용이 어려웠다.

따라서 적정 중간육성 수용밀도는 10~50개체까지는 평균각고 5 cm 이상으로 성장하여 분양성용 종패로 사용 가능하였으므로, 경제성을 고려한 중간육성 최적수용밀도는 진주조개 채붕(Pearl net, 35×35 cm)에서는 각각 1~2 cm 크기에서 30~40개체 전후, 플라스틱 채붕(Fig. II-4C)에서는 각각 1.5~2.5 cm 크기에서 40~60개체 전후가 적정할 것으로 여겨진다. 한편, 바닥식 양식용의 중간육성 수용밀도는 씨뿌림 이 후의 생존율과 경제성을 고려할 때 진주조개 채붕은 80~100개체, 플라스틱 채붕에서는 100~150개체 전후가 적정할 것으로 여겨진다. 그러나 수용밀도 200개체의 진주조개 채붕에서는 성장 저하는 물론, 폐사와 기형패 발생량이 11~27개체로 크게 증가하였으며, 이때 기형패를 수확식 양성용 또는 바닥식 양성 종묘로 사용할 경우에는 상품크기로 성장하기 이전에 대부분 폐사되기 때문에 중간육성 수용밀도는 바닥식 양성 종묘의 경우 150 개체를 초과하지 않은 것이 좋을 것으로 판단된다(Table IV-1).

중간육성 기간 중 치패의 월간성장은 1월과 2월에 낮았고, 3월과 4월에 높게 나타났으며, 수층별 성장은 10~15 m 수층에서 좋았고, 25 m 이하 층에서는 성장이 낮아지는 것으로 보아 중간육성 적정 수심층은 표층보다는 수온이 낮고, 먹이생물 량이 비교적 많은 10~15 m 수층에 양성기를 유지시키는 것이 효과적으로 생각된다. 중간육성 이식 적정시기는 고수온이 지속되는 8월 이후에는 채묘기 안에서의 치패성장이 크게 저하될 뿐만 아니라 불가사리에 의한 식해와 고밀도로 부착된 치패에 의해 채묘기 내부의 환경이 악화되고, 진주담치

**Table IV-1. Optimal culture conditions for intermediate culture of scallop at Kangwon province**

Date	Operation	Stocking method	No. of shells per net or rope	Size of scallop (cm)	Weight (g)	Net mesh size(mm)
mid Jul.~ early Aug. (1st sorting)	beginning of intermediate culture	pearl net (35×35 cm)	200~300	0.5~1.0		2~3
mid Sep. ~ mid Oct. (2nd sorting)	intermediate culture	" plastic net (45×45 cm)	30~40 (80~100*) 40~60 (100~150*)	1.0~2.0 1.5~2.5	0.2~1.2 0.5~2.1	5 7
Mar. ~ May (1st sorting)	hanging and sowing culture	lantern net multi ear -suspended	10~13 450~600	5~6 6~7	18~30 30~45	20 -
Oct.~Nov. (2nd sorting)	sowing culture	lantern net	10shells /m <sup>2</sup> 10~13	3~5 7~8	3.4~17.9 45~65	- .. ..

\* For sowing culture

등의 먹이경쟁에 의해 폐사체가 증가한다. 따라서 중간육성 이식은 각고 0.5~1.0 cm 내외의 개체가 50% 정도에 도달하는 8월부터 10월 중순 이전에 완료하는 것이 효과적일 것으로 판단되며, 중간육성시에는 분양성용과 씨뿌림용으로 구분하여 실시하는 것이 바람직하다. 우리 나라의 경우 채묘기 안에서 치패 부착량은 일본의 북해도에 비해 크게 작아 치패의 초기 성장이 비교적 빠르기 때문에 필요 이상의 치패 얽힘 작업을 할 경우 양식 자재와 인력 등에 많은 비용이 소요될 것으로 본다. 그러나 최근에는 양식 증가에 따른 모패자원 조성으로 채묘기에서의 치패 부착량이 매년 증가되고 있어, 채묘기 안에서 성장이 저하되고 불가사리 등의 해적생물에 의한 피해는 물론, 같은 시기에 부착한 다른 종과의 먹이 경쟁이 증가(Thorarinsdottir, 1991)한다. 따라서 중간육성은 분양성 이전까지 8월에 1차 얽힘과 10월에 2차 얽힘으로 2차례 정도 실시하는 것이 성장을 촉진시키고 우량종패 생산을 가능하게 함은 물론, 폐사를 줄일 수 있는 방법으로 생각된다.



## 6. 수하식 양성

우리 나라 동해안에서 참가리비의 양성은 주로 채룽식 양성에 의해 이루어지고 있다. 그러나 채룽식 양성의 경우, 단위면적당 생산성과 해적생물에 의한 어장관리의 어려움 등으로 생산성을 높일 수 있는 귀매달이 양성이 함께 시도되고 있다. 이 연구에서는 연중 분양성 이식 가능성을 시험하기 위하여 수심 20 m에서 17°C 이하의 저층수를 이용하여 수온이 상승하는 7월 상순에 분양성 이식을 실시하였으나, 성장 장애와 폐사 현상은 거의 없었다. 따라서 수온이 낮은 저층수를 이용하면 고수온기인 8~9월을 제외하고는 연중 분양성 이식이 가능할 것으로 판단되었다. MacDonard(1986)와 Parsons and Dadswell(1992)는 giant 가리비, *Placopecten magellanicus*는 바닥양성에 비하여 수하식 양성에서의 성장이 더 빠르다고 보고하였다. 이 연구에서도 상품으로 출하 가능한 크기인 각고 10~12 cm, 전중량 130~200 g으로 성장하는 데는 채묘 후 21개월,

본양성 기간으로부터는 8개월 전후가 소요되었고, 바닥식 양성에 의한 출하 소요기간(채묘 후 30개월)에 비해서는 수하양식산의 성장이 빠르게 나타나 앞서서의 결과와 잘 일치되고 있다. 또한 본양성 이식시기를 3월로 앞당길 경우 상품으로 출하기간은 채묘로부터 출하시까지 최소기간을 18개월 정도로 당길 수 있는 것으로 판단되었다.

따라서 성장과 출하시기를 앞당기기 위한 본양성 이식은 1회 엽힘을 3~4월에, 해적생물 제거와 어장관리를 위한 2회 엽힘은 9월 하순에서 11월에 채룽을 교환해 주는 봄, 가을의 이식 분산이 필요하다. 본양성 채룽에 부착되는 해적생물은 성장과 폐사에 큰 영향을 미치며, 부착생물은 물의 흐름을 방해하여 먹이의 이용성을 감소시키거나(Paul and Davice, 1986; Wildish and Saulnier, 1993) 부착생물 자신이 먹이생물을 여과 섭식하여 경쟁자로서 산소를 소비함에 따라 성장을 저해시킨다(Wallace and Reines, 1985). 늦여름에 채룽에 부착하여 피해를 주는 주요 해적생물은 캐나다에서는 *Tubularia larynx*와 *Obelia gelatinosa*가 우점종이고, 가을에는 진주담치와 *Hiatella arctica*가 우점종(Michel *et al.*, 1994)으로 보고되고 있다. 이 연구에서 강원 연안은 여과섭식 및 공간의 최대 경쟁자인 진주담치(Widman and Rhodes, 1991)가 연중 대량부착하여 참가리비의 성장과 폐사에 큰 영향을 미치고 있을 뿐만 아니라 양식의 성패를 좌우하는 경우가 많아 금후 이에 대한 방제 연구가 필요하다.

동해안 외해역에서 귀메달이 양식은 파도가 강하고 수심이 깊은 곳에서도 양식이 가능한 것으로 평가된다. 또한, 채룽식 양성과는 달리 저밀도 양성에 의해 먹이경쟁을 피할 수 있으며, 기형패 발생과 폐사가 적고, 성장 장애를 적게 받아 패각이 깨끗한 형태로 자연산과 같이 성장하며, 생산성과 성장, 품질 면에서도 채룽식 양성에 비해 양호하다. 특히, 수면을 입체적으로 활용할 수 있어 단위면적당 생산성이 높아 경제성이 큰 것으로 인정되기 때문에 금후 동해안에서의 귀메달이 양식 확대가 필요하다.

수하식 양성에 의한 성장은 강원 연안에서는 봄, 가을로 연중 2회의 주 성장기가 나타났다. 성장이 가장 빠른 봄 성장기는 2~5월 사이로 월간 성장량은

0.43 cm 이상이었고, 고수온기인 8~9월에는 월간 성장량이 0.16 cm로 연중 최저였다가 10~12월 사이의 가을 성장이 지속되었다.

1~2년생 참가리비의 일간 각고 성장량은 Saroma호에서는 6월과 7월에 0.22~0.33 mm/day, 9월과 10월에 0.16~0.29 mm/day로 성장이 좋은 반면, 12월부터 이듬해 3월까지 0.01 mm/day, 4월은 -0.03 mm/day로 겨울에는 거의 성장이 멈춘 것으로 보고하였으며(網走水産試驗場, 1989a.), 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 1~3월에 0.16 mm/day로 보고하였다(噴火灣漁場環境協議會, 1990). 강원 연안에서 각고의 일간 성장량은 8월에 0.12 mm/day, 9월에 0.03 mm/day, 10월 0.15 mm/day, 12월 0.23 mm/day, 이듬해 1월 0.07 mm/day, 3월 0.16 mm/day로 Funka만과는 거의 같은 성장을 보였고, Saroma호 보다는 여름철의 성장이 낮으나 11월에서 이듬해 4월까지의 성장이 월등히 빨랐다. 이러한 원인은 강원 연안은 여름철의 고수온으로 성장이 억제된 반면, 북위 42°의 고위도 해역인 Saroma호는 여름철에 성장 저수온이 나타나고, 겨울에는 -1.4°C 이하의 저수온이 되기 때문이라고 생각된다.

전중량의 증가는 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, 8월과 9월의 고수온기에는 중량 증가가 매우 낮았다. 평균중량은 생식소가 최대 발달된 4월은 2월에 비해 35%, 3월에 비해서는 17%의 증가를 보이고 있어 분양성 이 후 출하 시기는 전중량 증가가 최대에 이르는 3월 중순에서 4월 중순의 산란기 직전에 출하하는 것이 경제적이며, 고수온기인 8월과 9월은 생식소가 퇴화되어 중량 증가가 거의 정지되거나 육질부가 빈약하여 출하시기로는 적합하지 않았다. 한편, 폐각된 중량 증가는 산란에 의해 생식소가 감소되는 4~5월에 빠르고, 8~9월에 낮아졌으며, 11~12월에 다시 증가하고, 이 후 생식소가 발달하는 2~3월에는 증가 속도가 매우 느려 생식소 발달과는 반대 현상을 보였다.

이로 보아 강원 연안에서 출하 가능한 경제적인 크기를 각고 10~12 cm, 전중량 130~200 g로 추정할 때 채묘로부터 20~28개월이 소요된다. 또한 각고 12 cm 이상, 전중량 200 g 이상의 대형 크기로 출하할 경우에는 양성 기간이 길수록 성장이 늦어짐은 물론 장기간의 양식에 따른 폐사와 해적생물 등 어장 관리의 어려움이 가중되므로 채묘 후 28개월 이내에 모두 출하하는 합리적이며, 환경변화에 대응할 수 있을 것으로 판단된다.

수층별 성장은 Wallace and Reinsnes(1984, 1985)는 *Chlamys islandica*의 연구 결과에서 표층역인 2~12 m 수층이 40 m 수층보다 빠르게 성장하는 원인은 온도와 먹이 이용성의 차이로 하였다. Rhodes and Widman(1980)은 식물 플랑크톤보다는 온도 의존성에 기인한다고 보고하였으나 Broom and Mason(1978)은 *Chlamys opercularis*의 성장은 온도와 식물 플랑크톤의 농도에 상호 영향을 받는다고 하였다. 이 연구에서 수층별 성장은 고수온기인 8~9월에는 20~25 m 수층, 저수온기인 12월~이듬해 3월까지의 12~17 m 수층에서 성장이 좋았으며, 5 m 부근의 상층은 성장이 낮아 좋은 다르지만 Wallace and Reinsnes(1984, 1985)의 보고와는 차이가 있었다. 참가리비의 성장 수심은 *C. islandica*에 비해 깊었지만, 온도와 식물 플랑크톤의 수층별 농도에 영향을 받는다는 Broom and Mason(1978)의 결과와 일치되었다. 참가리비의 생육에 적합한 수온을 Yamamoto(1964)는 5~23℃라 하였다. 이 연구에서 강원 연안의 양성 수심층인 10~30 m 층의 수온은 1994년의 17.6~25.2℃를 제외하면 3.0~22.9℃의 적정 수온이지만 강원 연안 외해역에서는 생육 수온인 20℃ 내외의 수온에서 30일 이상 장기간 노출될 경우에는 폐사가 발생되고 있다. 특히, 1997년과 같이 고수온과 저수온의 온도 충격이 빈번하게 반복될 때 대량의 폐사가 일어나고 있다. 따라서 폐사를 줄이기 위해서는 수온 등의 환경 여건에 따라 양성 수심을 고수온이 지속되는 시기에는 20~25 m 이하 수층으로 양성 기를 내려 폐사를 줄이고, 저수온 시기에는 12~17 m 부근으로 양성 수층을 조절해 성장을 촉진시키는 것이 효과적이며, 이때 채탕의 취급 관리는 폐사에 주요 원인이 될 수 있으므로(Ventilla, 1982; Wildish *et al.*, 1988) 세심한 주의

가 필요하다.

채룡식 수하양성에서 고밀도로 수용한 경우의 성장률 감소는 한정된 먹이와 공간의 경쟁에 원인이 있다(Widman and Rhodes, 1991). 이 연구에서 채룡에 의한 밀도별 성장은 수용밀도 5개체에서는 일간 성장량이 0.124 mm/day, 수용밀도 18개체는 0.098 mm/day로 밀도가 높을수록 성장이 낮았고, 양성 기간 중 수용밀도 12개체까지는 평균각고 11 cm 내외의 상품으로 출하 가능한 개체로 성장하였으나, 수용밀도 16개체 이상에서는 평균각고 10.3 cm로 성장이 낮아져 상품성이 저하되었다. 수용밀도별 폐사는 밀도가 높을수록 증가하나 수용밀도 10개체 이하에서는 폐사체가 없었고, 수용밀도 16개체까지는 생존율이 93.7% 이상으로, 수용밀도 18~20개체를 제외하고는 생존율이 양호하였다. 따라서 성장 증가에 의한 출하시기의 단축과 생존율을 향상시키고 양식의 경제성을 확보하기 위해서는 양성 채룡 1칸당 10~15개체 내외로 수용하는 것이 바람직하다고 생각된다.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

## 7. 바닥식 양성

강원 연안에서 참가리비의 바닥식 양식은 종묘를 바다에 씨뿌린 후 자연의 생산력을 이용하여 2~3년간 상품크기로 성장시켜 어획한다. 그러나 바닥층에서 한해성인 참가리비의 서식은 수온과 염분은 물론 바닥 퇴적물의 형태와 유향·유속, 파도, 해적생물, 먹이생물, 서식수심, 환경오염 등 여러 요인에 의해 민감한 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 강원 연안 외해역에서 자연산의 서식은 1991년 이 후 대량의 씨뿌림 이식이 시도되기 이전까지는 확인이 어려울 정도로 극히 적었다.

바닥식 양식의 여름철 성장은 수하식 양성과는 달리 저층의 낮은 수온과 식물 플랑크톤뿐만 아니라 다양한 먹이섭취에 의해 성장이 이루어지며, 봄, 가을 성장은 계절적으로 식물 플랑크톤의 대번식(Thompson and Nichol, 1988)에 의한 미세조류의 이용도가 성장을 좌우한다(MacDonald and Thompson,

1985). 그러나 성장량은 수하식 양성에 비해 약간 낮게 나타나고 있는데, 이는 저층에서 부유생물의 농도와 유속의 상호작용에 의한 먹이 구조에 저해 작용이 있음을 의미하며, 먹이생물에 의한 영향과 함께 야생 상태에서의 활발한 움직임이 체내 에너지의 손실에 영향을 미치는 것으로 추정하였다(Wildish *et al.*, 1988).

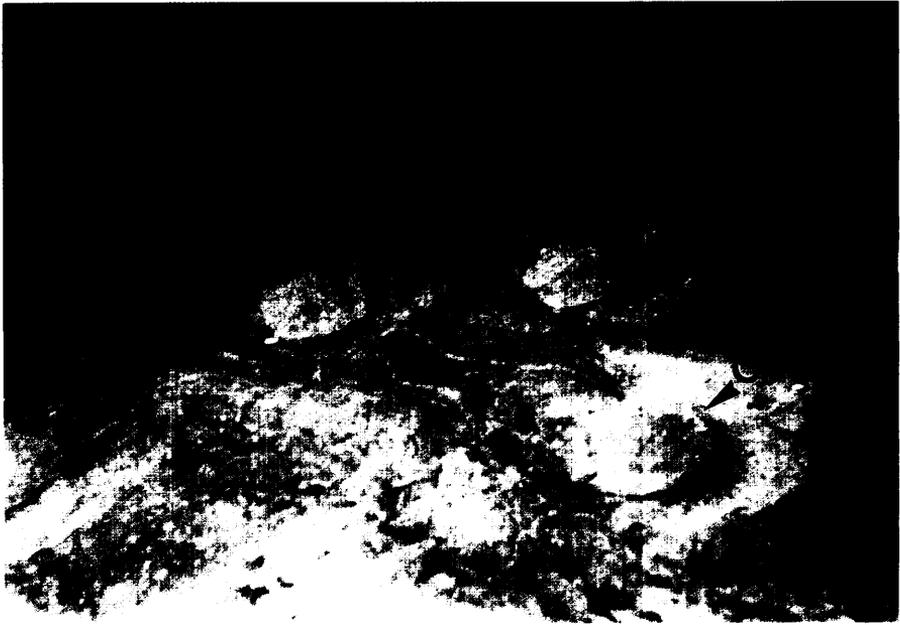
이 연구에서는 씨뿌림된 참가리비가 어떤 조건의 환경에서 서식과 성장에 영향을 미치는가를 수온과 수심, 저질, 물의 흐름, 서식형태 등을 통해 확인하였다. 강원 연안 바닥 양식장의 수온은 수심 15~30 m 수층이 저수온 해인 1996년은 연중 6.14~18.94℃, 고수온 해인 1997년은 6.43~20.12℃로 성장에 적합한 10~15℃의 기간이 수하식 양성에 비해 길게 나타났고, 고수온기인 여름철에도 성장이 이루어졌다. 바닥식 양성에 의한 주 성장기는 수하식 양성과 같이 3월부터 7월 사이의 봄성장기 10월부터 12월의 가을성장기 뚜렷하여 Thompson and Nichol(1988)과 일치되었다. 1995년 6월 채묘되어 17개월 경과 후 1996년 11월 23일 씨뿌림 이식된 개체의 성장은 이식 시 각고 5.34 cm에서 씨뿌림 후 15개월이 경과한 1998년 2월 22일 조사시 평균 각고 10.11 cm, 전중량 111.10 g, 패주중량 12.86 g으로 상품크기에 도달하였다. 그러나 채묘로부터 상품으로 출하까지의 기간은 32개월이 소요되어 수하식 양식에 비하여 늦었던 것은 이 연구에서 표지방류 개체가 방류 후 25일째에 최대 이동거리가 64 m, 151일째에 190 m, 514일째에 420 m로 비교적 활발한 이동을 확인할 수 있어 Wildish *et al.*(1988)이 지적한 야생활동에 의한 에너지 손실 등의 영향과도 관계가 있으며, 다른 한편으로는 한해성이라도 5℃ 이하의 바닥 저수온에 장기간 노출되어 성장이 억제되고, 먹이생물의 종류와 양이 수하식 양성과 다른데 원인이 있는 것으로 생각되었다.

강원 연안에서 씨뿌림에 의한 대량 서식지의 바닥 퇴적물 특성에서 주 입도 분포는 3  $\phi$ (0.125~0.240 mm)가 50% 이상으로 입자가 고운 세립질 모래(fine sand)이며, 지반변동이 적은 평탄하고 단단한 모래층에 물의 흐름이 비교적 적은 곳에서 주로 서식하고 있었다. 따라서 지금까지 알려진 바닥식 양식 적지는 아주 작은 입자들(100  $\mu$ m)이 30% 이하이거나 자갈 또는 패각질이 많고 유속의 영향이 어느 정도 있는 곳이라는 보고(유, 1994)와는 반대현상을 보였

으며, 오히려 이러한 해역에서는 씨뿌림 이 후 대량 폐사가 발생하여 씨뿌림 효과가 거의 나타나지 않고 있어 급후, 다각적인 검토가 요구되고 있다.

최근에는 바닥질의 유향·유속이 참가리비의 서식과 성장에 영향을 미친다는 연구가 보고되고 있다. 캐나다에 서식하는 giant 가리비는 유속이 빨라짐에 따라 성장이 저하되어(Wildish *at al.*, 1987), 먹이의 섭취속도는 3 cm/sec 미만에서는 거의 없고, 3~6 cm/sec의 범위에서 가장 좋은 섭취 속도를 나타내고, 6~30 cm/sec에서는 유속이 빨라짐에 따라 섭취 속도가 감소하여 30 cm/sec에서는 여과기능이 줄어든다고 하였다(Wildish and Saulnier, 1993). 이 연구에서 씨뿌림 이식 효과가 큰 기사문 연안 바닥면의 평균 유속은 8.4 cm/sec로 극히 미약하여 Wildish and Saulnier (1993)의 결과와 비슷하였으며, 유속이 낮고 안정된 곳에서는 정착성이 특히 높았고, 이식 효과가 적은 사천 연안은 바닥면의 평균 유속이 19.3 cm/sec 이상으로 높게 나타나 씨뿌림 이 후의 효과가 확인되지 않았다.

한편 자연 서식 해역에서 일정 방향으로 흐름이 탁월한 곳에서는 대부분의 참가리비가 출수공쪽을 물의 흐름 방향으로 향하지 않는 위치에 정렬하는 예가 많으며(MacDonald and Bajdik, 1992), 입수공 쪽을 물의 흐름의 90° 방향으로 향해 있다(Caddy, 1968). 이 연구에서도 씨뿌림 이식 효과가 크고 적지로 밝혀진 기사문 연안에서는 창조류와 낙조류가 거의 일정한 방향으로 흐름을 보이며, 파도나 조류 등 외부의 충격이 없을 때에는 거의 움직이지 않았고, 대부분의 개체가 출수공 쪽을 물흐름의 반대 방향으로 일정하게 정렬하여 서식하였다(Fig. IV-2). 서식 형태는 기사문 연안은 매우 평탄한 세립질 모래위에서 폐각의 껍질이 분포한 우각을 바닥쪽으로 하여 우각의 껍질이 반쯤 모래에 묻힌 상태로 이동하지 않고 안정된 정착모습을 보여주며, 껍질이 편평한 좌각의 표면에는 미세한 모래를 살며시 덮고 있다(Fig. IV-3 A). 그러나 Fig. IV-3 B와 같이 사천 연안에서는 저질이 굵은 모래 또는 자갈이나 폐각질로, 강한 조류와 파도에 의해 바닥에 불결모양의 굴이 형성되어 있고, 이곳에 참가리비 뿐만 아니라 개광조개, 진주담치 등의 폐사된 조개류가 대량으로 쌓여 부더기를 형성하고 있었다.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

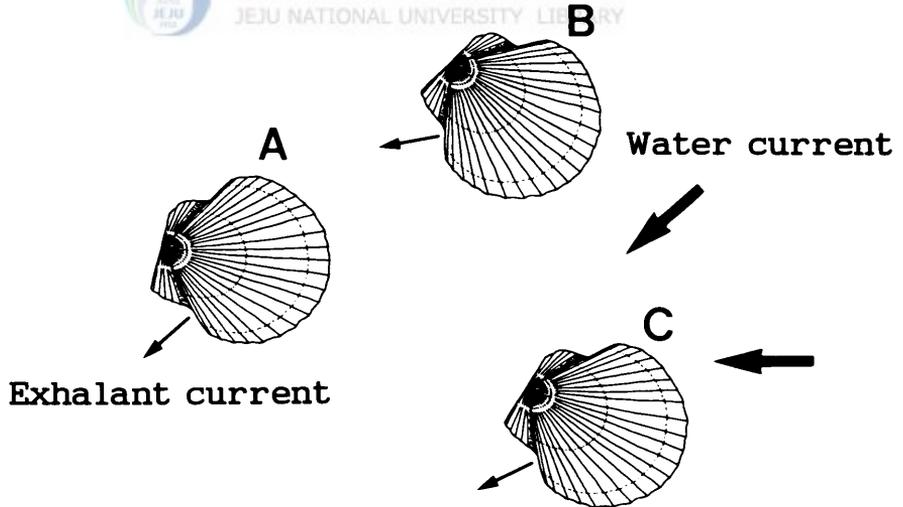


Fig. IV 2. Diagram illustrating the settlement direction of scallops which was same direction with the bottom water current.

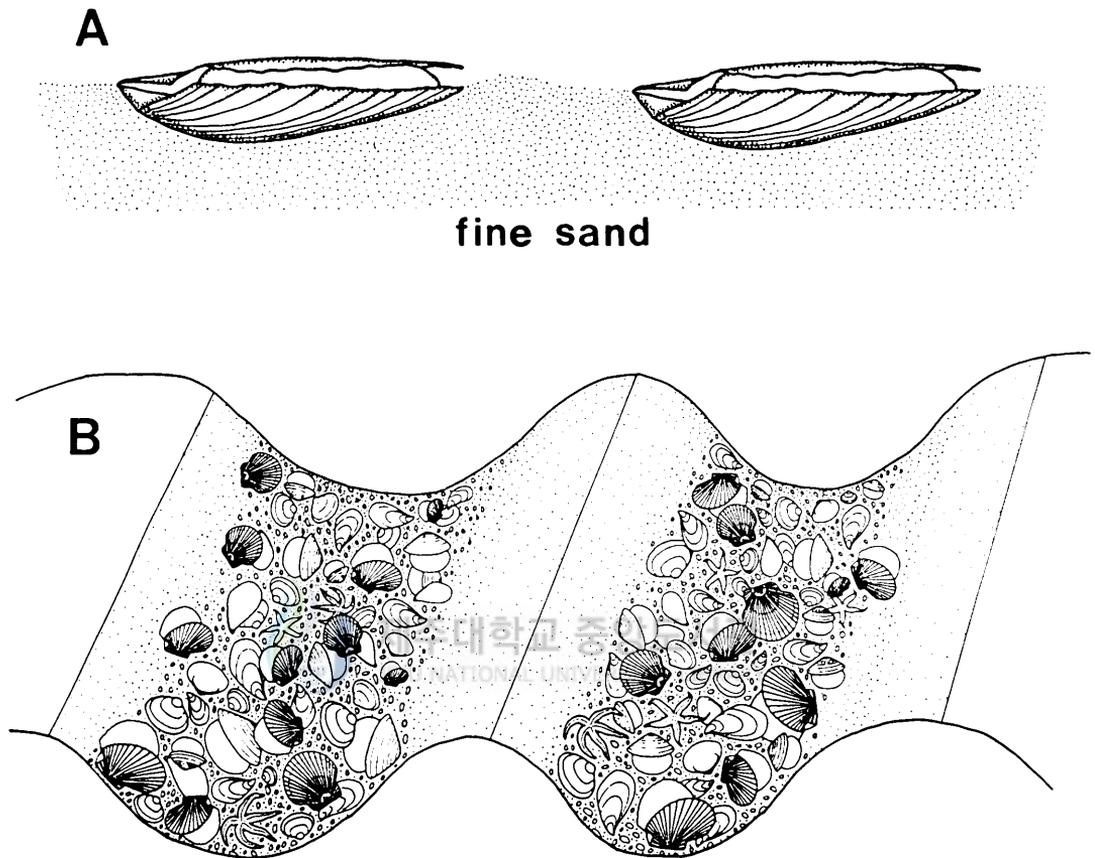


Fig. IV-3. Illustration of an ideal and a bad habitat for the sowing scallops. A, a suitable habitat with proper sediment type, fine sand and not really strong bottom current. B, an unfavorable habitat for the scallops where deepened ripples are formed by strong current..

표지방류에 의한 이동 거리는 기사분 연안에서는 씨뿌림 514일 경과 후 씨뿌림 지점으로부터 420 m까지 이동하였으나 대부분의 개체는 80% 이상 반경 200 m 이내에서 어획되었다. 이동 방향은 씨뿌림 초기에는 육지쪽 보다 수심이 깊은 외해로 이동하는 개체가 많았으나 수심 30 m 부근에서 다시 수심이 낮은 곳으로 이동하였고, 성장후의 주 분포 수심은 22~27 m이었다. 또한 참가리비의 분포수심을 알기 위하여 5 m 깊이 간격으로 수심 80 m 까지 유자망에 의한 어획시험에서는 수심 15 m 이하, 45 m 이상의 수심에서는 채집되지 않는 것으로 보아, 강원 중부 연안에서 참가리비의 분포수심 한계는 15 m 내외로 추정된다. 바닥식 양식에 적절한 수심은 기사분 연안에서는 25~28 m 내외이나 지역에 따른 적지 수심이 상이할 것으로 판단되기 때문에 급후 보다 정밀한 조사가 필요하다.

표지방류 시험에서 초기 분포밀도는  $102 \pm 14.3$  개체/ $m^2$ , 270일 경과 후에는 2.6 개체/ $m^2$  로 낮아져 분산 분포가 빠르게 나타났다. 씨뿌림 이식의 적정밀도는 일본 북해도 연안에서는 1ha당 50,000~60,000 개체(5~6 개체/ $m^2$ ) 수준이나 수심이 깊고 자연발생에 의한 자원조성이 어려운 동해안 외해에서는 1ha당 최소한 100,000 개체(10 개체/ $m^2$ ) 이상으로 밀도를 증가시켜 씨뿌림 하는 것이 자원형성에 효율적일 것으로 판단된다.

바닥식 양성에 의한 상품 출하시기는 1994년 6월에 채묘되어 11개월 경과 후 1995년 5월 14일에 씨뿌림된 것은 상품크기로 성장하는 기간이 채묘로부터 28개월이 소요된 반면, 1995년 6월에 채묘 후 17개월이 경과한 1996년 11월 23일에 씨뿌림된 것은 채묘로부터 상품으로 출하까지의 기간이 32개월이 소요되었다. 따라서 출하기간을 단축하기 위해서는 중간육성을 기친 각고 4~6 cm 내외의 치패를 3~4월(채묘 후 10개월 이내)에 씨뿌림 하는 것이 성장과 생존율을 높이는 데 효과적일 것으로 판단된다. 그러나 바닥식 양식용 종묘는 각고 15 mm 이하의 작은 group은 좋은 이식환경에서만 살아갈 수 있기 때문에 (Silina, 1983, 1990), 같은 해에 채묘된 치패를 11월에서 12월 사이에 씨뿌림 할 때는 반드시 각고 3 cm 이상의 크기를 사용하여 생존율을 높여야 한다.

## 8. 결 론

우리 나라 동해안에서 한해성 고급패류인 참가리비의 양식기술 개발은 연안 어업의 어획감소에 따른 어업인의 소득을 지속적이고 안정적으로 향상시킬 수 있는 새로운 전환점이 되고 있음은 물론, 지역 특산품종의 경쟁력 강화를 위한 산업화 양식 품종으로 개발이 크게 기대된다.

따라서 동해안의 참가리비가 급후 우리 나라 패류양식 산업은 물론, 어가경제에 중요한 위치를 점할 수 있을 것으로 예측되기 때문에 이 연구결과에서 나타난 현황과 문제점, 급후 발전방향을 제시하면 아래와 같다.

동해안에서 자연채묘에 의한 참가리비 치패생산량(Table IV-2)은 시험양식의 처음 시작된 1989년에는 총  $31 \times 10^3$ 개체가 생산되었고, 1996년에는  $316,176 \times 10^3$ 개체로 생산량이 크게 증가되었으나, 자연채묘의 불안정으로 매년 생산량의 기복이 심하게 나타나고 있다.

수하식 양식 생산량은 Table IV-3과 같이 1991년에 최초로 6.2톤이 생산된 이후, 1996년에는 1,585톤으로 크게 증가하였으나, 1997년은 폐사에 따른 피해로 931톤에 그쳐 증가되지 않고 있다.

바닥식 양식에 의한 씨뿌림 생산량(Table IV-3)은 1994년에 17톤이 처음 생산된 이후 1997년에는 319톤으로 증가되었으나, 서식이 적합하지 않은 곳에서는 폐사 또는 분산에 의한 채취의 어려움으로 경제성이 확보되지 않고 있다. 그러나 양식 적지수역에서는 대량 생산이 이루어지고 있어 어촌계의 최대 소득원으로 자리잡고 있을 뿐만 아니라, 대량의 씨뿌림(Table IV-4)으로 조성된 모패자원에 의해 산란된 유생으로 치패 부착량이 증가하고 있어, 자연채묘의 경제성 향상에 크게 기여하고 있다. 따라서 급후 양식 생산량을 획기적으로 증가시키기 위해서는 바닥식 양식의 확대가 불가피하며, 이 연구결과에 제시된 바닥식 양식 적지에 대한 새로운 기준을 마련하여 적지수역에 대량의 씨뿌림이 이루어져야 할 것이다.

한편, 참가리비의 종묘 수급은 급후 해황변화에 따라 자연채묘의 불안정이

증대될 것으로 예측되기 때문에 자연채묘에 비해 경제성은 낮지만 인공채묘에 의한 치패의 대량생산 기술개발이 필요하다.

**Table IV-2. Annual scallop spat collection effort in Kangwon province**

Year	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
No. of spat collectors	3,077	45,020	81,495	231,000	469,400	670,450	736,544	587,970	720,000
Total spat settlement ( $\times 10^3$ ind.)	60	2,290	13,630	103,950	229,540	262,750	159,830	1,214,600	30,484
Mean number of spat settled /collector bag	19.5	50.4	167.2	450.0	489.0	391.9	217	2,065.8	42.3
Mean no. of inter- mediate cultured spats/ collector bag	10	24.1	74.3	283.6	180.8	343.5	201	537.7	25.7
No. of intermediate cultured spats( $\times 10^3$ ind.)	31	1,085	6,054	65,519	84,876	230,285	148,229	316,176	18,504



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

**Table IV-3. Annual production of scallop in Kangwon province**

(unit : mt)

Year	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Hanging culture	6.2	63	200	588	1,000	1,585	931
Sowing culture	-	-	-	17	233	267	319
Total production	6.2	63	200	605	1,233	1,852	1,250



**Table IV-4. Inputting number of scallop spats for the sowing culture in Kangwon province**

Year	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Number of scallop spat( $\times 10^3$ )	2,885	36,807	60,410	65,010	181,235	107,539	66,698
Sowing area(ha)	48	686	599	652	1,850	1,194	690

Note : Shell height of scallop spat 3~5 cm

Density : 5~10 individuals per square meter.

최근에 들어 불규칙한 해황변동에 의한 온도충격과 먹이생물의 풍도변화 등의 서식환경 악화는 성장 부진과 기형패 발생 및 상품의 질을 저하시키고, 대량폐사로 이어지는 일이 증가하고 있으며, 양식의 초기화 단계인데도 불구하고 모패자원의 폐사에 따른 개체의 소형화와 열성화 징후가 예측되고 있다. 또한 지속적인 수온 상승에 의해 멧태 등 한해성 어종의 생산량이 크게 감소하고 있을 뿐만 아니라, 남해안에 서식하는 일부 온대성 어종들이 강원 연안에서의 출현횟수가 증가하고 있다.

이와 같은 서식환경 변화는 급후 한해성 품종의 양식에도 영향을 미칠 것으로 예측되며, 참가리비의 경우 강원 남부 해역보다는 중·북부 해역으로 양식장이 북상 이동할 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 환경변화에 대응하고, 지속적 생산을 유지하기 위한 어장 환경관리 대책이 필요하며, 폐사 감소를 위한 하나의 방법으로, 현재의 수하 양식장 수심을 50~70 m의 외해 수역까지 확대하여, 고수온 시기에는 수하연을 30 m 이하 수층에 유지하는 등 장기적인 양식장 관리 및 재배치가 이루어져야 할 것이다.

특히, El-Nino가 최대로 발달한 1997년과 1998년 여름까지는 한국, 일본 모두 참가리비의 폐사량이 크게 증가하였는데, 한국의 경우 1997년에는 양식중인 참가리비의 폐사량이 50% 이상으로 나타났으며, 일본의 북해도 연안에서도 폐사량이 증가하였다. 1998년에 들어서는 중국의 발해만 일내에서도 참가리비를 비롯한 해망가리비와 비단가리비 등의 대량폐사 현상이 나타났다. 따라서 세계 최대 가리비 생산지역인 한·중·일 3국에서의 양식생산을 지속적으로 증가시키기 위한 공동 연구체제가 필요한 시점에 와 있다.

패독은 참가리비 양식산업에 큰 영향을 미칠 수 있다. 강원 연안의 참가리비는 소화맹낭에서 비록 기준치 이하의 낮은 수준이긴 하지만 봄철 4~5월 동안에 마비성패독(paralytic shellfish poisoning, PSP)과 7~9월 사이의 설사성패독(diarrhetic shellfish poisoning, DSP)에 의해서 독화한다는 사실이 확인되었으며, 이 같은 경향은 수하 양식산과 바닥식 양식산 모두에서 나타나고 있다. 그러나 현재까지는 동해안이 정정해역의 수준을 유지하고 있고, 독성이 약해 별

문제성은 없지만, 이에 대한 지속적인 관리와 주의가 요구된다.

급후 참가리비의 양식 산업화 정착과 생산성 향상을 위해서는 기계화를 통한 비용절감, 내파성의 새로운 양식 시설 및 자재개발, 품질향상과 폐사저감을 위한 지속적인 연구, 수하식 양식 및 바닥식 양식어장 확대와 깊은 수심 어장개발, 그리고 대량생산에 대비한 유통, 가공식품 개발 및 수출기반 조성, 경영능력이 있는 어업인의 양식 참여 확대 등이 필요하다.

이러한 목표가 달성될 경우 강원 연안에서 참가리비의 양식생산은 연간 약 50,000여톤의 생산이 가능할 것으로 기대되며, 생산목표 달성을 위한 증·양식 비율은 수하식 양식 60%, 바닥식 양식 40%를 기준(바닥식 양식 어획율 30%, 개체중량 100 g)으로 할 때, 매년 6억 개체 이상의 씨뿌림용 치패가 필요할 것으로 생각된다. 특히, 생산성 향상과 해적생물 피해 감소 및 폐사 저감을 위해서는 지금까지의 채롱식 수하양식에서 탈피하여 귀매달이 수하양식으로의 전환이 불가피하다.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

## V. 요약

이 연구는 1989년 1월부터 1998년 7월까지 한국 동해안의 한해성 패류인 참가리비, *Patinopecten yessoensis* (Jay)의 양식생물학적 연구를 통한 양식 산업화 정착을 목표로 수행하였다. 연구수행 분야 중 생물학적 분야에서는 서식환경과 산란 및 생식주기, 유생의 발생과 분포, 성장 등을 조사하였다. 양식학적 분야에서는 자연채묘의 특성과 중간육성 및 분양성 시험을 통한 적정 양성 밀도와 성장, 양성수심 등을 밝히고, 외해역에서의 표지방류에 의한 이동과 성장, 채포, 서식형태 등의 특성을 밝혔다.

연구 해역인 강원 연안은 북한한류의 영향을 받는 수역으로 참가리비의 주 서식층인 10~30 m 수층의 수온은 3.4~22.9℃로서 고수온을 보인 1994년과 1997년을 제외하고는 참가리비의 생육에 적합한 5~23℃ 범위였다. 염분은 31.31~34.48‰, 용존산소는 4.14~8.21 ml/l, COD는 0.23~1.18 mg/l, 투명도는 6.2~18.0 m로서 연중 서식에 적합한 청정해역의 특성을 나타냈다.

양식산 참가리비의 산란기는 4월~6월로, 주 산란기는 4월 하순부터 5월 상순이었다. 수하식 양식산은 바닥식 양식산에 비해 GSI가 2주정도 빠르게 최고값에 이르렀고, GSI와 조직학적 조사를 통한 강원 연안산 참가리비의 생식주기는 분열증식기 10월, 성장기 11~2월, 성숙기 3~4월, 산란기 4~6월 및 회복기 7~9월로 구분되었다.

참가리비의 유생분포 특성은 1992년까지는 북한한류를 타고 남하하는 것으로 추정되는 유생군과 연안에 자연서식하는 모패로부터 산란된 지역 유생군에 의해 강원 북부 연안일수록 분포밀도가 높았다. 1995년 이 후에는 수하식 양식과 바닥식 양식으로 조성된 대량의 모패자원에 의한 자체산란군의 증가로 북부연안에 비해 양양, 강릉의 중·남부 연안에서 분포밀도가 높았다. 유생분포 수온은 8~16℃로서, 최적수온은 8~13℃였다. 유생의 출현 시기는 4월 상순에서 8월 중순 사이로, 주 출현시기는 4월 하순에서 6월 하순이며, 최대분포밀도는 484개체/m<sup>2</sup>였지만 외해수역으로 출현시기와 출현량은 매우 불규칙하였다. 유생

의 수평분포는 한류의 영향을 받는 북부연안은 25 km 외해까지, 난류의 영향을 받는 남부의 동해시 연안은 12 km 외해까지 분포하였고, 특히, 연안으로부터 4 km 이내의 10~25 m 수층에서 유생의 밀도가 높았다. 강원연안에서 유생의 1일 성장량은 4.4~6.0  $\mu\text{m}$ (평균 5.3  $\mu\text{m}$ )였고, 산란으로부터 부착 가능한 크기로 성장하는 기간은 38.1~47.8일(평균 42.1일)이 소요되었다.

자연채묘에 의한 치패의 주 부착시기는 수온과 유생의 성장에 따라 다소 차이가 있지만, 5월 중순부터 6월 하순 사이였으며, 부착 횟수는 1~3회였다. 유생의 부착은 저수온을 보인 해는 부착기간이 길면서 부착밀도가 높았고, 고수온인 해는 부착기간이 짧으면서 부착밀도가 낮았다. 치패부착 적수온은 12~14 $^{\circ}\text{C}$ , 최적 수온은 13 $^{\circ}\text{C}$  전후였고, 수온 17 $^{\circ}\text{C}$  이상에서는 부착량이 크게 낮았다. 치패부착 적수층은 강원 북부연안은 10~20 m 층, 중부연안은 12~25 m 층, 남부연안은 15~25 m 층이었다. 채묘기에서 부착치패의 일간성장량은 0.032~0.188 mm/day로 6월부터 7월 하순까지 빠르게 성장하였다.

분양성을 위한 치패의 중간육성 채방(30×30 cm)당 수용밀도는 각각 1~2 cm 치패는 30~40개체, 바다식 양성을 위한 치패의 수용밀도는 80~100개체가 적합하였다. 중간육성기간 중 수층별 성장은 10~15 m 층에서 좋았고, 25 m 이하 층에서는 느렸다. 치패의 중간육성 이식 적기는 8월 중순부터 10월 중순이었으며, 중간육성 이식은 8월(1회)에 고밀도로 시작하여 10월(2회)에 저밀도로 얹힘하는 것이 성장과 생존율을 높일 수 있었다. 중간육성 기간 중 치패의 일간 성장량은 0.019~0.381 mm/day로 1월과 2월에 낮았고, 3월과 4월에 높았다.

수하식 양성에 의한 성장은 봄, 가을로 연중 2회의 주 성장시기가 있으며, 봄철은 2월에서 5월 사이로, 월간 각고성장량은 0.42 cm였고, 가을 성장은 10월에서 12월 사이였다. 그러나 고수온기인 8~9월은 월간성장량이 0.16 cm로 낮았다. 수층별 성장은 고수온기인 8~9월은 20~25 m 수층에서, 저수온기인 12월에서 3월까지는 12~17 m 수층에서 좋았다. 전중량은 2월부터 증가하여 4월에 최대치에 달하였고, 8월과 9월은 정체상태였으나, 10월에서 12월 사이에 다시 높게 나타났다. 원통형 채방에 의한 성장은 채방 1칸당 수용밀도 5개체는 일간성장량

이 0.124 mm/day, 18개체는 0.098 mm/day로 밀도가 높을수록 성장이 저하되었으며, 적정 수용밀도는 10~15개체였다. 폐각근의 중량증가는 산란 이후 생식소가 감소되는 4~5월에 빠르게 증가하고 8~9월에 낮아졌으며, 11~12월에 다시 증가하였다. 수용밀도별 폐사량은 10개체 이하에서는 폐사체가 없었으며, 16개체까지는 93.7% 이상이 생존하였다. 수하식에 의한 각고 10~12 cm, 전중량 130~200 g의 상품크기까지의 성장은 채묘로부터 20~28개월이 소요되었다. 수하식양성 이식시기는 3~4월중 실시하는 것이 성장이 빨랐으며, 해적생물 제거를 위한 채붕 교환은 9월 하순에서 11월에 실시하는 것이 효과적이었다. 외해수역에서 귀매달이 양식은 파도가 강하고 수심이 깊은 곳에서도 가능하였으며, 성장과 품질면에서 채붕식 양식에 비해 좋았다.

바닥식 양식 수역에서 잠가리비의 분포는 저서퇴적물의 구조, 유향·유속, 파도, 해적생물, 먹이생물, 수심, 환경오염 등의 요인에 영향을 받는다. 씨뿌림 수역의 수심 15~30 m 층의 수온은 연중 6~20℃로서 성장에 적합한 수온인 10~15℃의 기간이 수하식 양성에 비해 길고, 여름철의 고수온기에도 성장이 이루어졌다. 바닥식 양식의 주 성장기는 3월에서 7월 사이로 봄 성장이 길었고, 가을 성장은 10월에서 12월이었다. 양성기간 중 각고의 일간성장량은 0.001~0.026 mm/day, 전중량은 0.03~0.98 g/day로, 특히, 3월부터 7월 사이에 높게 증가하였다. 바닥식 양식장 적지에서의 저층 퇴적물의 입도 분포는 3  $\phi$ (0.125~0.240 mm)가 50% 이상으로 세립질 모래(fine sand)였으며, 지반 변동이 적은 평탄한 모래층으로 바닥면의 평균 유속은 6~9 cm/sec 내외였다. 씨뿌림 서식적지에서는 방류 514일 후에도 80% 이상의 개체가 반경 200 m 이내에 서식하고 있었으며, 주 서식 수심은 22~27 m, 서식 한계수심은 45 m 내외로 추정되었다.

## VI. 참고문헌

- Andersen, S. and K.E. Naas, 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. Transi. Ser.* 3266. 4 pp.
- Bourne, N., C.A. Hodgson and J.N.C. Whyte, 1989. A manual for scallop culture in British Columbia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1964, 215 pp.
- Bower, S.M. and G.R. Meyer, 1990. Atlas of anatomy and histology of larvae and early juvenile stages of the japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*). *Can. Spe. Pub. Fis. Aquat. Sci.* 111, 51 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.
- Caddy, J.F., 1968. Underwater observations on scallop (*Placopecten magellanicus*) behaviour and drag efficiency. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 25, 2123~2141.
- Chang, Y.J., K. Mori, and T. Nomura, 1985. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in sowing cultures in Abashiri waters-Reproductive periodicity. *Tohoku J. Agr. Res.* 35, 91~105.
- Chang, Y.J., Y. Sugawara and T. Nomura, 1989. Structure and function of digestive diverticula in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Tohoku J. Agr. Res.* 39, 81~94.
- Chang, Y.J. and T.Y. Lee, 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bull. Korean Fish. Soc.* 15, 241~253.
- Chew, K.K. and Z. Fusui, 1994. Recent developments in bay scallop,

- Argopecten irradians*, culture in China. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2, 4~8.
- Chung, E.Y., T.Y. Lee and C.M. An, 1991. Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. J. Med. Appl. Malacol. 3, 125~136.
- Drew, G.A., 1906. The Habits, anatomy and embryology of giant scallop, (*Pecten tenuicostatus* MIGHELS). Univ. Maine Stud. 6, 1~71.
- Eckman, J.E., C.H. Peterson and J.A. Cahalan, 1989. Effects of flow speed, turbulence, and orientation on growth of juvenile bay scallops *Argopentem irradians concentricus* (Say). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 132, 123~140.
- FAO, 1995. Yearbook. Fishery statistics catches and landings, 633 pp.
- Gutsell, J.S., 1930. Natural history of the bay scallop, Bull. U. S. Bur. Fish. 46, 569~632.
- 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.
- Ishihara, A., 1966. The propagation and rearing of the scallop, *pecten-yessoensis* at district fisheries improvement and dissemination station (Japan). Can. Trans. Fish. Aquat. Sci. No. 5394. 82 pp.
- 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. Scie. Soc. Fish. pp. 255.
- Jorgensen, C.B., 1946. Reproduction and larval development of Danish Marine bottom invertebrates. 9. Lamellibranchia. Medd Komm. Havundersog. Kbh Ser(d) : plankton 4, 227~311.

- Kanno, H., 1970. On the relationship between the occurrence of pelagic larvae and attached spats in Okunai. *Aquaculture* 17, 121~134.
- Kawamata, K., Y. Tamaoki and A. Fuji, 1981. Gonad development of the cultured scallops in Funka Bay. *Jour. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* 38, 132~146.
- Kirby-smith, Q.Q., 1972. Growth of the bay scallop: the influence of experimental water currents. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 8, 7~18.
- 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.
- Longo, J.C. and B.J. Dornfield, 1967. The fine structure of spermatid differentiation in the mussel, *Mytilus edulis*. *J. Ultrastructure Res.* 20, 462~480.
- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis, 1963. Rearing of bivalve mollusks. *Advances in Marine Biology* 1, 1~136.
- 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.
- MacDonald, B.A. and C.D. Bajdik, 1992. Orientation and distribution of individual *Placopecten magellanicus* (GMELIN) in two natural population with differing production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 2086~2092.
- MacDonald, B.A. and R.J. Thompson, 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25, 279~294.
- Maru, K. 1972. Morphological observations on the veliger larvae of a scallop,

- Patinopecten yessoensis* (JAY). Sci. Rept. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 14, 55~62.
- Maru, K. 1976. Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) - 1. Reproductive cycle of the cultured scallop. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 18, 9~26.
- Maru, K. 1978. Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) - 2. Gonad development in 1-year-old scallops. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 20, 13~26.
- 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.
- Merrill, A.S., 1961. Shell morphology in the larval and post larval stages of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin). Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard 125, 3~20.
- Mori, K., 1994. Techniques used in the culture of the scallop in Japan. 第1回 韓・日 水産増養殖學術會 Symposium 發表要旨集, 138~144.
- Nijjima, L. and J.C. Dan, 1965. The acrosome reaction in *Mytilus edulis*. 1. Fine structure of the intact acrosome. J. Cell Biol. 25, 243~248.
- Nishioka, C., G. Yamamoto, S. Nagamine, T. Kinoshita and S. Nomura, 1949. Studies on the scallop of Mutsu Bay. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 18, 177~184.
- 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.
- 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.
- Popham, J.D., 1979. Comparative spermatozoon morphology and bivalve phylogeny. *Malacol. Rev.* 12, 1~20.
- Rees, C.B., 1950. The identification and classification of lamellibranch larvae. *Hull. Bull. mar. Ecol.* 3, 73~109.
- 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.
- Rodhouse, P.G., C.M. Roden, M.P. Hensey, T. McMahon, B. Ottway and T.H. Ryan, 1984. Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 64, 513~529.
- Sastry, A.N., 1965. The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* say, reared in the laboratory. *Bull. Mar. Sci.* 15, 417~435.
- Sastry, A.N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated popularions of the bay scallop, *Aequipecten irradians lamarck*. *Biol. Bull.* 138, 56~65.
- 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.

- Skreslet, S. and E. Brun, 1969. On the reproduction of *Chlamys islandica* (O.F. Muller) and its relation to depth and temperature. *Astarte* 2, 1~6.
- Sundet, J.H., 1988. Haneskjellets biologi. Ottar. 2. Populaervitenskapelig tidsskrift fra Tromsø Museum, No. 170, 3~7.
- Takahashi, K. and K. Mori, 1971. Seasonal variations in the metabolism of lipids and glycogen in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). I. Biochemical studies. *Tohoku J. Agr. Res.* 22, 114~133.
- Thompson, D., N. Bourne and C. Manson, 1985. Scallop breeding studies. Pacific Biological Research Station, Nanaimo, British Columbia, Internal Report, 16 pp.
- Thompson, J.K. and F.H. Nichols, 1988. Food availability controls seasonal cycle of growth in *Macoma balthica* (L.) in San Francisco Bay, California. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 116, 43~61.
- Thorarinsdottir, G.G., 1991. The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F.Muller) in Breidafjörður, west Iceland. I. Spat collection and growth during the first year. *Aquaculture* 97, 13~23.
- Thorarinsdottir, G.G., 1993. The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F.Muller) in Breidafjörður, west Iceland. II. Gamete development and spawning. *Aquaculture* 110, 87~96.
- 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 oceanographical 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.

Academic Press, London.

- 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.
- 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 D.D. Kristmanson, 1988. Growth response of giant scallops to periodicity of flow. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 42, 163~169.
- Wildish D.J., D.D. Kristmanson, R.L. Hoar, A.M. DeCoste, S.D. McCormick and A.W. White, 1987. Giant scallop feeding and growth responses to flow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 113, 207~220.
- Wildish D.J. and A.M. Saulnier, 1992. The effect of velocity and flow direction on the growth of juvenile and adult giant scallops. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 133, 133~143.
- Wildish D.J. and A.M. Saulnier, 1993. Hydrodynamic control of filtration in *Placopentem magelanicus*. *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 Fundy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1658, 1~22.

- 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. 1943. Gametogenesis and the breeding of the Japanese common scallop, *Pecten(Patinopecten) yessoensis* JAY. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 12, 21~26.
- Yamamoto, G. 1950. Ecological note of the spawning cycle of the scallop, *Pecten yessoensis* JAY, in Mutsu Bay. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser.* 18, 477~481.
- Yamamoto, G., 1956. Habitats of spat of the scallop, *Pecten yessoensis* Jay. Which turned to bottom life. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser.* 22, 149~156.
- Yamamoto, G., 1957. Tolerance of the scallop spats to suspended silt, low salinity and sudden temperatures changes. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser.* 23, 78~82.
- Yamamoto, G., 1960. Mortalities of the scallop during its life cycle. *Bull. Mar. Biol. Station, Asamushi, Tohoku Univ.* 10, 149~152.
- Yamamoto, G., 1964. Scallop culture in Mutsu Bay. *Suisan zoyoshoku Sosho*, (Tokyo), 6, 77 pp.
- Yamamoto, G. and C. Nishioka, 1943. Development of Japanese scallop by artificial insemination. *Bull Japan. Soc. Sci. Fish.* 11, p. 219.
- Yoo, S.K., 1969. Food and growth of the larvae of certain important bivalves. *Bull. Pusan Fish. Coll.* 9, 65~87.
- Yoo, S.K. and T. Imai, 1968. Food and growth of larvae of the scallop *patinopecten yessoensis* (Jay). *Bull. Pusan Fisheries Coll.* 8, 127~134.
- Yoo, S.K. and K.Y. Park, 1979. Distribution of drifting larvae of scallop,

- Patinopecten yessoensis*, in the Yeong-II Bay. Journal Oceanol. Soc. Korea 14, 54~60.
- 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.
- 강원도, 1991. 강원 연안 패류분포조사보고서.
- 姜海遠·鄭成采·李鐘寬·趙營朝·張貞源, 1982. 가리비 인공종묘생산에 관한 연구. 수진보고 30, 11~118.
- 官崎一老, 1962. 二枚貝の浮遊幼生(Veliger)の識別について. 日本誌 28, 955~966.
- 菅野篤記, 1971. ホタテガイ天然採苗の最近における進展と今後の課題. 二枚貝増養殖研究會報 3, 8~17.
- 吉田裕, 1964. 貝類種苗學. 東京.
- 김철호·김구, 1983. 한국 동해안에 출현하는 냉수괴의 특성과 기원. 한국해양학회지 18, 73~83.
- 나기환·정우건·조창환, 1995. 비단가리비 종묘생산을 위한 연구. 1. 산란, 발생 및 유생사육. 한국양식학회지 8, 307~316.
- 木下虎一郎, 1934. ホタテ貝の産卵と溫度の關係. 北水試旬報 233, 311~316.
- 森勝義·長内健治·佐藤隆平, 1977. 岩手縣唐舟灣における養殖ホタテガイ生殖巢の周年變化に關する組織學的研究. 日本誌 43, 1~8.
- 網走水産試験場, 1989a. ホタテガイの捕餌量の關する研究. 北海道網走水産試験場 1988年度 事業報告, 157~177.
- 網走水産試験場, 1989b. ホタテガイ浮遊幼生分布動態調査. 北海道網走水産試験場 1988年度 事業報告, 191~222.
- 박영제, 1995. 가리비 양식기술 개발에 관한 연구. 농림수산부 특정연구개발 사업보고서, pp. 257.
- 卞忠圭·盧龍吉, 1978. 가리비, *Patinopecten yessoensis* (Jay)의 인공채묘에 관한 연구. 수진연보 20, 141~155.
- 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.

- 小原昭雄·丸邦義, 1970. 昭和44年度サロマ湖におけるホタテガイ採苗結果について. 北水試月報 27, 1~12.
- 손팔원, 1997. 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN)의 양식생태학적 연구. 제주대학교 대학원 박사학위 논문.
- 손팔원·하동수·노섭·장대수, 1996. 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN)의 年齡과 成長에 관한 研究. 한국양식학회지 9, 409~417.
- 水島敏博, 1994. ホタテガイの養殖技術の現状と問題點. 北日本漁業 22, 1~12.
- 유성규, 1979. 친해양식. 신흥출판사, 192~216.
- 李輔橫·曹文圭, 1980. 영일만 가리비의 자연채묘 방법 연구. 수진연보 24, 59~66.
- 李輔橫·張聖溢, 1977. 가리비 양식에 관한 연구. (1) 자연채묘 및 수하양식시험. 수진연보 16, 165~178.
- 이정용·장영진·이채성, 1997. 북방대합(*Spisula sachalinensis*)의 생식주기. 한국수산학회지 30, 132~138.
- 李種夏, 1991. 혼한가리비, *Chlamys nobilis* 인공종묘 생산에 관한 연구. 수진연보 45, 175~181.
- 林忠彦·寺井勝治, 1964. 室蘭市祝津におけるウバガイ *Spisula(S.) sachalinensis* (SCHRENK) 稚貝の研究 I. Plankton 中に出現する斧足類浮遊幼生の分類. 北水試報 2, 7~38.
- 張榮振, 1986. 外海放流ホタテガイに関する生殖生態學的研究, 特に生殖關聯器官の細胞·組織學的動態について. 東北大學 大學院 博士學位論文, 218 pp.
- 張榮振, 1991. 가리비, *Patinopecten yessoensis* 消化盲囊의 季節變化. 한국양식학회지 4, 19~30.
- 張榮振, 1993. 가리비, *Patinopecten yessoensis* 血球의 形態學的 同定과 機能. 한국양식학회지 6, 1~12.
- 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.

中國經濟水產品原色圖集, 1992. 上海科學技術出版社, 183~187.

川眞田憲治, 1983. 噴火灣海域における放流ホタテガイの生殖週期. 北水試報 25, 1  
5~20.

하동수, 1994. 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN)의 생식생  
태와 초기발생. 제주대학교 대학원 석사학위논문.

和久井卓哉・小原昭雄, 1967. サロマ湖におけるホタテガイ *Patinopecten yesso-*  
*ensis* (JAY) 生殖巢の周年變化について. 北水研報 32, 15~22.



## 감사의 글

“새는 알을 깨고 나옵니다. 그 알은 하나의 세계입니다. 새로 탄생하기를 원한다면 그 알을 깨지 않으면 안 됩니다. 어렸을 적 “데미안”을 읽고 항상 마음에 담아둔 글입니다. 가슴속 동경의 대상인 그리고 한 번도 머무르지 못했을 것 같은 14년의 시간을 쪽빛 바다가 있는 이곳에서 머무를 줄은 어떻게도 설명할 수는 없는 일입니다. 1985년 늦가을의 동해는 거친 파도와 갈매기만이 반겨줄 뿐 남해바다에서 늘 보아온 비단결 같이 출렁이는 하얀 양식장의 부이는 어느 곳에도 보이지 않았습니니다. 그 빈 바다 속에서 온갖 생명들이 자라고 뛰어 노는 모습을 상상해 보았습니다. 그 일을 시작하면 오랜 시간이 흐를 거고, 남쪽의 고향은 더욱 멀어질 것을 이해하면서..., 가리비와의 인연은 이렇게 시작되었습니다. 그래서 12년을 하루도 거르지 않고 밤늦도록 새벽녘까지 가리비와 대화를 나누었습니다. 가리비와 저는 이제 서로를 이해하는 사이가 되었습니다. 그 동안 저 때문에 희생된 10만보다 많은 가리비 친구들에게 늘 미안한 생각뿐입니다. 언제부터인지 성당에 가면 가족의 소원과 함께 가리비를 위해 기도합니다. 저에게는 “은비” “새별”의 두 딸이 있는데, 가리비를 저의 셋째 딸로 삼기로 했습니다.

가리비들의 숨겨진 삶을 이 책을 통해 표현하는데까지는 여러분의 도움이 컸습니다. 강릉과 제주의 하늘을 수없이 날아 가리비의 일들을 기록할 수 있게 학문의 길을 열어주신 노 섬 교수님은 언제나 자상하신 형님처럼 저를 이끌어 주셨고, 논문의 심사를 받아 올바른 기록이 될 수 있게 정성껏 글을 다듬어 주신 장영진 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님, 최광식 교수님께 진심으로 감사드립니다. 항상 따뜻한 마음으로 학문의 가르침을 주신 이정재 교수님, 송춘복 교수님, 이영돈 교수님께 진심으로 감사드립니다. 가리비 연구를 하면서 어느 때를 마다 애타고 학문의 도움을 주신 김형섭 교수님, 물리적 접근을 이루어 주신 김 구 교수님께 진심으로 감사드립니다.

가리비 양식을 민간인 최초로 시도하면서 함께 고락을 같이 해온 태영수산의 윤의구 사장님, 가리비 양식 연구의 완성을 보지 못하고 돌아가신 일본국 土仙 幸彦 선생님, 가리비 양식협회 김병남 회장님, 시험어장 시설과 시료 제공을 아끼지 않으셨던 미소수산 최승국 사장님, 모험적으로 가리비 양식사업에 최초로 투자해 주신 한진상사 이규철 사장님, 연구기간 중 시료를 제공해 주신 동보상사 임장기 사장님, 서일수산 서상준, 금성수산 이경달, 대진수산 김종성, 동호수산 손영조, 명복수산 강석돌, 동해수산 최경순, 진경수산 김진학, 제일수산 이종엽, 진양수산 임춘봉, 성도수산 김성주, 원일수산 조철구, 황금수산 김영화 사장님, 설악동물병원 심증무 원장님, 시험양식 기구를 제공해 주신 삼원상사 홍성규 사장님, 씨뿌림 시험조사에 귀은 날씨에도 어려움을 무릅쓰고 현장조사와

시료를 채집해 주신 최명환 어업인님, 수중조사에 심혈을 기울여 주신 관동 scuba 김상래 회장님, 가리비 양식 시작부터 과감한 행정지원으로 산업화를 이끌어 주신 강원도 김봉래 국장님, 옥광수 과장님, 현장시험에 많은 고생을 한 동해수산연구소 조동웅 님과 주문진수산연구소 강원 867호 시험선 직원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

논문정리 기간동안 어려움을 무릅쓰고 맡은바 업무를 성실히 추진해 주신 강릉수산종묘배양장 김완기, 김태래, 박세규, 최승인, 김기승, 김두호, 최선화 님, 논문정리에 밤낮을 가리지 않고 고락을 같이한 이정용, 남명모 박사, 권오남 님에게 깊은 감사의 마음을 전합니다. 또 알게 모르게 이 연구가 있기까지 보이지 않은 곳에서 저를 도와주신 모든 분들께 진심으로 감사드립니다.

돌아가신 저희 부친께서는 오랫동안 공직에 계시면서 가난하지만 청렴하게 살으셨습니다. 자식들의 교육을 위해서 가난을 선택하신 부친을 이 순간에 가장 그리워하며, 그 모습대로 살아 갈려고 노력합니다. 그리고, 먼저 세상을 떠난 저희 사랑하는 두동생 형자와 경돈이도 이 순간을 알면 무척 좋아할 것입니다. 가리비를 연구한다고 광주에 계신 어머니를 자주 찾아 뵙지 못하고 항상 걱정만 끼쳐드린 불효와, 먼 곳에 동생을 두고 늘 걱정하시는 형님, 형수님, 누님, 사위를 몹시 아끼시는 장인 장모님, 결혼 전에 공부하지 않고 자기를 고생시킨다고 투정하다가도 금새 용기와 희망을 주며, 하느님을 사랑하는 내자와 은비, 새별에게 사랑의 글을 전합니다.

이제 고향 먼 곳에서 「도보르작」의 “신세계 교향곡”과 함께 새날을 준비하면서 오늘의 기쁨을 함께 하실 수 없는 아버님의 영전에 삼가 이 글을 올립니다.