

---

博士學位論文

해가리비, *Amusium japonicum japonicum*  
(Gmelin)의 양식생물학적 연구

濟州大學校 大學院

水産生物學科



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

孫 鈺 沅

1997年 12月

해가리비, *Amusium japonicum japonicum*  
(Gmelin)의 양식생물학적 연구

지도교수 노 섬

손 팔 원

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.

1997년 12월

손팔원의 이학박사학위논문을 인준함.



제주대학교 중앙도서관

심사위원장	이 학 박사	홍 성
위 원	농 학 박사	장 영
위 원	이 학 박사	송 춘
위 원	이 학 박사	최 광
위 원	수 산 학 박사	노 섬



제주대학교 대학원

1997년 12월

Biological Studies on Aquaculture of the Sun and Moon  
Scallop, *Amusium japonicum japonicum*  
(Bivalvia : Pectinidae)

Pal-Won Son

(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

1997. 12

## SUMMARY

A study was conducted for aquacultural development of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*, about artificial spawning and consequent spat production at a laboratory, development of spat collector for wild spat collection, investigation on the scallop population, and release and recapturing of the remarked individuals.

1. *A. japonicum japonicum* was most common along the subtidal sandy area at a depth of 20~30 m along the southern coast of Chejudo.

2. A correlation between shell length(SL) and shell height(SH) was found to be  $SL=0.9141SH+3.6124$  ( $r=0.9979$ ). Shell height and total wet weight (TW) was correlated as  $TW=3.1919 \times 10^{-5} SH^{3.1595}$  ( $r=0.9961$ ).

3. An average value of the ratio adductor muscle weight(AW) to total wet weight measured over twelve month was 0.16 with maximum ratio recorded in June as 0.21 and minimum recorded in November as 0.09. A ratio AW to total wet tissue weight(TWTW) measured over an annual period was found to be an average of 0.39. The ratio was highest in June as 0.49 and lowest in November as 0.27.

4. *A. japonicum japonicum* exhibited distinct separate sexes, and hermaphroditism was very rare. Gonadosomatic Index(GSI), a ratio total wet weight of gonad to TWTW was found to be highest in November as 0.222 for female and 0.150 for male. GSI decreased rapidly after November and the lowest value observed in May, 0.034 for female and 0.025 for male in June. The minimum reproductive size of this species could be around 90 mm.

5. Based upon analysis of annuls on the shell, one year old could be 6.28 cm, in shell length, two year old 9.07 cm, three year old 10.74 cm, four year old 11.74 cm and five year old as 12.34 cm. It is postulated that *A. japonicum japonicum* must be at least two years old for sexual maturation.

6. Temperature elevation and air exposure methods have been attempted to induce spawning in an aquarium. Temperature elevation method was proven to be better for induced spawning, 52.4% of the individuals spawned while only 32.7% of the spawners submerged in ultraviolet ray exposed seawater after air exposure for brief period spawned. Most spawners spawned when water temperature reached to 21~26°C. Each female individual discharged an average number of  $9.2 \times 10^5$  eggs.

7. First polar body formed 30 min after hatching, two cell stage formed two hours, four-cell stage 5 hours, and eight-cell stage 8 hours after hatching. Blastula formed 18 hours and trochophore larvae appeared 22 hours after hatching. Mean diameter of an egg was 72  $\mu$ m. Settlement of the larvae occurred when umbo was formed and shell length become 232  $\mu$ m.

8. Three different types of mesh bags were used in spat collection experiments: a synthetic net mesh bags with 0.5 mm mesh size, an onion mesh bag with 1 mm mesh size, and a PVC plate. Among the three, types of substrates the onion bag with 1 mm mesh size was found to be the most efficient for spat collection, 8 to 463 spats collected per bag.

9. Growth of the spats after settlement was 1.0 mm in shell length 50 days after settlement, 1.5 mm in 70 days, and 5.5 mm 110 days after settlement. A correlation between shell length(SL)of the spat and the

---

number of days after settlement(X) could be expressed as  $SL = 257.75 e^{0.0272X}$  ( $r=0.91$ ).

10. An experiment was conducted to determine an optimal seawater temperature for 35 day-old spat at 20°C. An optimal seawater temperature for the growth of *A. japonicum japonicum* spat was found to be at 20°C.

11. Recapturing rate of the remarked and the released scallops was 5.05% and all of the scallops were recaptured within 1 km of the site originally remarked and released.

# 목 차

## Summary

I. 서론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	2
1. 서식환경 .....	5
2. 모패의 생태 .....	5
3. 체성분조성 .....	6
4. 연령에 따른 성장변화 .....	6
5. 수온과 염분에 대한 내성 .....	11
6. 생식주기 .....	11
7. 자연채묘 .....	12
가. 유생조사 .....	13
나. 채 묘 .....	13
다. 부착치패 .....	16
8. 인공 종묘생산 .....	16
가. 산란유발 .....	16
나. 유생사육 .....	17
1) 수온에 따른 유생 성장 .....	17
2) 먹이생물에 따른 유생 성장 .....	18
3) 사육밀도에 따른 유생 성장 .....	18
다. 채 묘 .....	19

9. 양 성 .....	19
가. 치패사육 .....	19
나. 중간육성 .....	20
10. 방류와 재포 .....	21
Ⅲ. 결 과 .....	23
1. 서식환경 .....	23
가. 수 온 .....	23
나. 염 분 .....	23
다. 용존산소 .....	25
라. 영양염류 .....	25
마. 클로로필 <i>a</i> .....	27
바. 저질입도 .....	27
2. 모패의 생태 .....	29
가. 분 포 .....	29
나. 성 비 .....	29
다. 상대성장 .....	29
3. 체성분 조성 .....	35
4. 연령에 따른 성장변화 .....	40
가. 윤문형성 .....	40
나. 윤문형성 시기 .....	40
다. Lee현상의 보정 .....	43
라. 성장식의 추정 .....	43
5. 수온과 염분에 대한 내성 .....	50
6. 생식 주기 .....	52



가. 생식소의 외부 형태와 구조 .....	52
나. GSI의 월변화 .....	52
다. 난경의 월변화 .....	52
라. 생식주기 .....	56
마. 생물학적 최소형 .....	58
7. 자연채묘 .....	64
가. 유생조사 .....	64
나. 채 묘 .....	64
8. 인공종묘생산 .....	69
가. 산란유발 .....	69
나. 유생사육 .....	71
1) 수온에 따른 유생 성장 .....	80
2) 먹이생물에 따른 유생 성장 .....	80
3) 사육밀도에 따른 유생 성장 .....	86
다. 채 묘 .....	86
9. 양 성 .....	91
가. 치패사육 .....	91
나. 중간육성 .....	96
10. 방류와 재포 .....	102
IV. 고 찰 .....	104
V. 요 약 .....	118
VI. 참고문헌 .....	121
사 사	

## I. 서 론

가리비는 동물 분류학상 연체동물문(Mollusca) 부족강(Pelecypoda) 사새아강(Filibranchia) 진다치목(Eutaxodonta) 가리비과(Pectinidae)에 속하며 세계적으로 300여종이 분포하고 있다

우리나라에 서식하는 가리비는 참가리비, *Patinopecten yessoensis*, 국자가리비, *Pecten albicans*, 비단가리비, *Chlamys farreri farreri*, 주문진가리비, *Chlamys swifti*, 개가리비, *Lima sowerbyi*, 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* 등이 서식하는 것으로 밝혀져 있다(柳, 1979).

해가리비는 북서태평양 연안에 분포하는 종으로 지역적으로는 한국의 제주도연안, 일본중부이남 및 중국연안에 분포하는 것으로 알려져있다(Waller, 1991). 제주지역 특산종의 하나인 해가리비, *Amusium japonicum japonicum*는 최대각장 약 13 cm까지 성장하는 대형종으로 육질의 맛이 달고 단백하여 산업적인 가치가 큰 조개류의 하나이다.

해가리비는 주로 제주도 남부의 서귀포 법환과 강정연안을 중심으로 수심 20~40 m의 모래바닥에 보통육안으로 식별이 가능할 정도로 모래속에 잠입하여 살고 있다. 해가리비의 패각의 표면은 평탄하고 매끄러우며 광택이 강하다. 상각(좌각)은 자색을 띤 적색이고 하각(우각)은 유백색이다. 해와 달의 모양을 가지고 있다 하여 영명으로는 sun and moon scallop이라 불리며 일명 "일월패"라고도 한다. 그러나 이 조개는 어업대상이 될 정도로 자원량이 충분하지 못하여 최근까지 적극적으로 이용되지 못하고 있다

세계적으로 *Amusium* 속 가리비의 연구보고는 호주에 서식하는 *Amusium balloti*에 대한 Dredge (1981)의 번식생물학적 연구, Heald and Caputi (1981)의 성장·가입·번식연구, Joll (1988)의 일간성장 운문연구, Rose et al. (1988)의 종묘생산연구, Cropp (1993)의 유생발생연구 등이 있고 필리핀과 태

국등 열대수역에 주로 서식하는 *Amusium pleuronectes*에 대한 연구는 Morton (1980)의 유영에 관한 연구, Beldam and del Norte(1988)의 산란유발과 유생사육 연구 등이 있다.

우리나라에서 가리비에 관한 연구는 이·장(1977), 卞·廬(1978), 柳 等(1979), 이·조 (1980), 姜 等 (1982), 李(1991), 張(1991), 나 등(1995) 등이 있다. 해가리비에 대해서는 세계적으로 河(1994)의 생식생태와 초기발생, 孫 等(1996)에 의한 해가리비 연령과 성장에 관한 2편의 보고가 있을 뿐이다.

우리나라 패류양식의 주요 산업종인 굴, 바지락, 피조개 등이 각종 산업폐수와 도시 생활하수의 유입 및 양식장의 부영양화 등에 의한 노화현상, 대형 유류피해, 적조, 각종 양식시설의 과밀현상 등 여러가지 요인에 의하여 자연종묘의 확보가 어렵고, 생산성이 저하되고 있는데 비하여 그 수요는 점차 증가되고 있는 실정이므로 특정수역에서 산업적인 가치가 높은 새로운 양식품종의 개발은 중요한 의미를 가지고 있다.

이 연구는 제주도 남부 연안에 서식하는 해가리비의 양식생물학적 연구를 목적으로 서식장 환경, 생태, 연령과 성장, 생식주기, 부유유생의 출현, 자연채묘, 인공종묘생산을 위한 산란유발조건, 부유유생의 사육조건, 부착이후의 자패와 치패사육, 중간육성 및 방류와 채포 등을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

1994년 1월부터 1996년 12월까지 제주도 서귀포시 법환연안 (Fig. 1)에서 해가리비의 서식환경과 생태등을 조사하고 자체 제작한 형망 (Fig. 2)을 사용하여 어획된 해가리비 모패를 인공종묘생산을 위한 산란유발용 모패로 사용하였다.

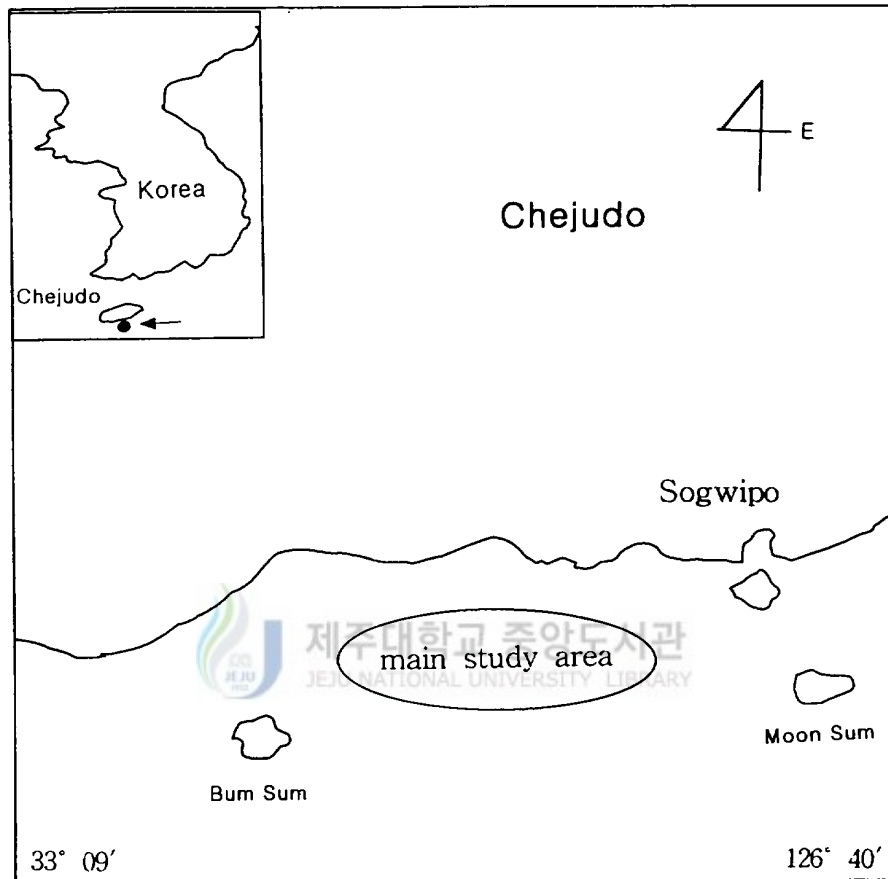


Fig. 1. Map of Sogwipo coastal area where *Amusium japonicum japonicum* were caught and experimented.

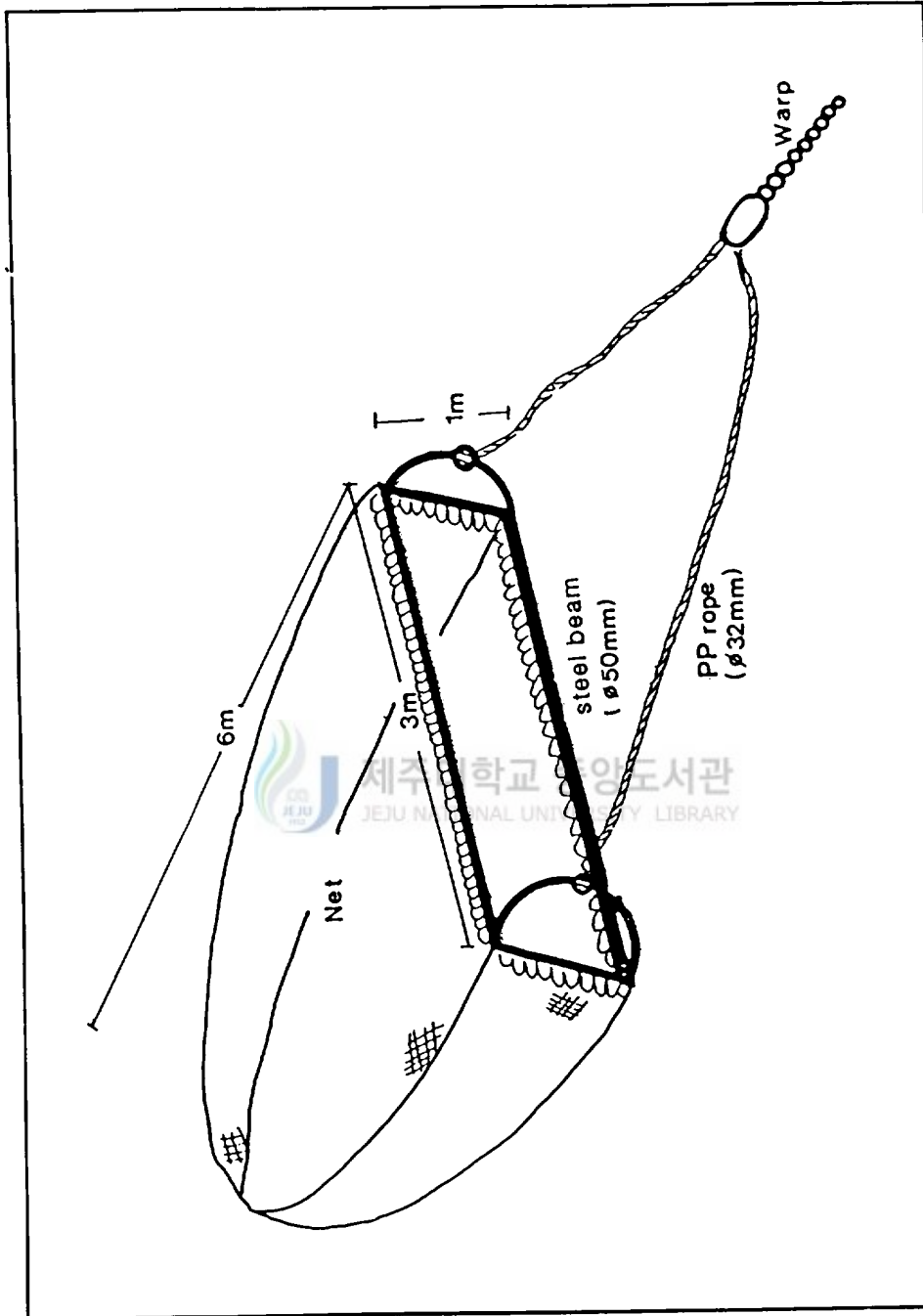


Fig. 2. Drag net for catch of *Amusium japonicum japonicum*.

## 1. 서식환경

해가리비 서식환경조사는 주서식지인 서귀포 연안의 범환수역을 중심으로 수온, 염분, 용존산소, 영양염류, 클로로필  $a$  및 저질입도를 포함한 6개 항목에 대하여 표층과 저층(약 30 m)을 조사하였다. 수온과 염분 관측자료는 남원읍 위미리에 위치한 남제주수산종묘배양장에서 매일 10시에 관측된 월평균자료를 이용하였고 용존산소, 영양염류, 클로로필  $a$ 는 1994년에서 1996년 까지 계절별로 1회씩 총 16회에 걸쳐 서귀포 범환수역에서 채수한 시료를 실험실로 옮겨 분석하였다. 용존산소의 분석은 Winkler법의 개량법인 中井(1933)變法으로 분석하여  $ml/l$ 로 표시하였고, 영양염류중 인산인은 Strickland and Parsons (1972) 방법으로 분석하여  $\mu g-at/l$ 로 표시하였다. 용존성무기질소(DIN)는  $NO_2-N$ ,  $NO_3-N$ ,  $NH_4-N$ 의 합으로 나타냈으며, 그중  $NH_4-N$ 은 indophenol법,  $NO_2-N$ 는 sulfanilamide-NED법,  $NO_3-N$ 는 Cu-Cd 환원법으로 각각 분석하여 DIN총량으로 표시하였다. 클로로필  $a$ 는 현장에서 시수를 0.45  $\mu m$  membrane filter로 여과하여 90%아세톤으로 추출한 후 상등액을 spectrophotometer로 비색정량하여  $\mu g/l$ 로 표시하였다. 저질입도분석은 저질을 채집한 후 0.062, 0.5, 2.0 mm 표준망체로 걸러 105°C에서 항량건조 후 중량비로 저질을 구분하였다.

## 2. 모패의 생태

해가리비 서식 분포를 조사하기 위하여 제주도 연안의 12개 주요 사질수역을 대상으로 어획조사를 실시하였다. 제주도 서귀포 연안의 범환과 강정을 중심으로 수심 20~40 m의 사질수역에서 3년간 월별로 해가리비를 어획하여 모패의 생태적 특성을 조사하였다. 어획된 시료는 실험실로 운반하여 각장, 각고 및 각폭을 vernier caliper로 0.1 mm까지 측정하였고 각 부분별 생체중

량을 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다.

### 3. 체성분 조성

체성분에 대한 영양학적 기초자료를 얻기 위하여, 제주도 해가리비와 동해안 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 조회분), 무기질, 지방산 및 아미노산의 함량을 조사하였다.

해가리비와 참가리비의 시료는 각각 10마리씩을 각고, 각장, 각폭 및 생체중량을 측정 후 분석하였다(Table 1, 2). 일반성분 분석방법으로는 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 건식회화법으로 각각 분석하였다. 무기질 중 Ca, Fe의 정량은 원자흡광 광도계로 Graham et al. (1982)의 방법에 따라 측정하였다. 지방산 조성은 가리비의 패주와 육질부를 각각 분리하여 세절한 다음 Folch et al. (1957)의 방법에 의하여 시료의 5배 가량의 chloroform : methanol (2:1 v/v) 용액으로 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 황산-톨루엔을 사용하여 지방산 유도제를 조제하여 HP 5890 gas chromatograph로 주입부 온도 220℃, 검출부 온도 250℃에서 승온조작(150→220℃, 2℃/min)하여 분석하였다. 구성아미노산의 정량은 시료 150 mg을 6N-염산으로 24시간 가수분해하여 감압건조시킨 후, pH 2.2의 구연산 완충액으로 50 ml를 정량하여 아미노산 자동분석기(Hitachi 835)로서 분석하였다.

### 4. 연령에 따른 성장변화

연령에 따른 성장을 조사하기 위하여 서귀포 주변의 법환과 강정수역에서 형망에 의해 채포된 해가리비를 월별 30마리씩 총 360마리를 대상으로 매월 어획 직후에 각장, 각고와 중량을 측정조사하였다. 한편, 패각의 파손이 없고

패각의 상각(좌각)에 윤문이 비교적 선명이 나타난 143개체의 윤문경을 vernier caliper로 0.01 mm까지 측정하였다. 윤문경의 측정방법은 패각의 인치부로부터 최종패각 연변선까지를 각고 측정선상을 기준으로하여 윤문경( $r_n$ )과 각고( $R$ )를 측정하였다(Fig. 3). 윤문형성시기 추정은 각 측정개체의 연역지수(marginal increment)  $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$ 를 월별로 계산하여 추정하였다.



Table 1. Comparison of shell length, shell height, shell width, shell width, total weight, soft part weight, and adductor muscle weight in *Amusium japonicum japonicum*

No.	Shell height(cm)	Shell length(cm)	Shell width(cm)	Shell width(cm)	Total weight(g)	Soft part weight(g)	AW (g)	$\frac{AW}{TW}$ (%)	$\frac{AW}{SW}$ (%)
1	11.71	12.2	2.70	2.70	133.55	49.63	16.9	12.6	34.0
2	11.82	12.88	2.62	2.62	128.71	52.07	19.8	15.3	38.0
3	11.63	12.52	2.32	2.32	116.22	39.78	13.7	11.7	34.4
4	11.36	12.18	2.50	2.50	115.83	46.03	15.0	12.9	32.5
5	11.92	12.60	2.62	2.62	114.46	37.56	14.1	12.3	37.5
6	11.76	12.28	2.98	2.98	111.66	39.86	15.6	13.9	39.1
7	11.46	12.18	2.37	2.37	117.67	42.47	15.9	13.5	37.4
8	11.18	11.77	2.47	2.47	105.46	37.94	13.0	12.3	34.2
9	11.10	11.71	2.63	2.63	107.97	38.53	13.5	12.4	34.9
10	9.21	9.68	1.78	1.78	53.70	14.72	5.1	9.4	34.6

AW: adductor muscle weight; TW: total weight; SW: soft part weight.

Table 2. Comparison of shell length, shell height, shell width, shell width, total weight, soft part weight, and adductor muscle weight in *Patinopecten yessoensis*

No.	Shell height(cm)	Shell length(cm)	Shell width(cm)	Shell width(cm)	Total weight(g)	Soft part weight(g)	AW (g)	$\frac{AW}{TW}$ (%)	$\frac{AW}{SW}$ (%)
1	10.26	10.70	3.02	3.02	138.91	55.59	24.3	17.5	31.4
2	10.43	10.36	2.89	2.89	138.14	51.63	20.6	14.9	28.6
3	9.94	9.75	2.90	2.90	116.85	44.99	19.4	16.6	36.8
4	9.13	9.82	2.80	2.80	119.42	44.95	17.0	14.2	31.5
5	10.65	10.96	3.05	3.05	136.58	47.39	21.8	16.0	33.5
6	9.93	9.93	2.80	2.80	115.89	48.81	23.3	20.1	41.1
7	10.53	10.55	3.08	3.08	135.83	56.72	24.2	17.8	31.3
8	10.70	10.48	3.20	3.20	147.32	55.87	21.3	14.5	25.7
9	10.09	10.56	3.03	3.03	125.66	47.20	18.5	14.7	31.1
10	9.80	10.15	2.94	2.94	121.17	45.04	18.3	15.1	33.5

AW: adductor muscle weight; TW: total weight; SW: soft part weight.

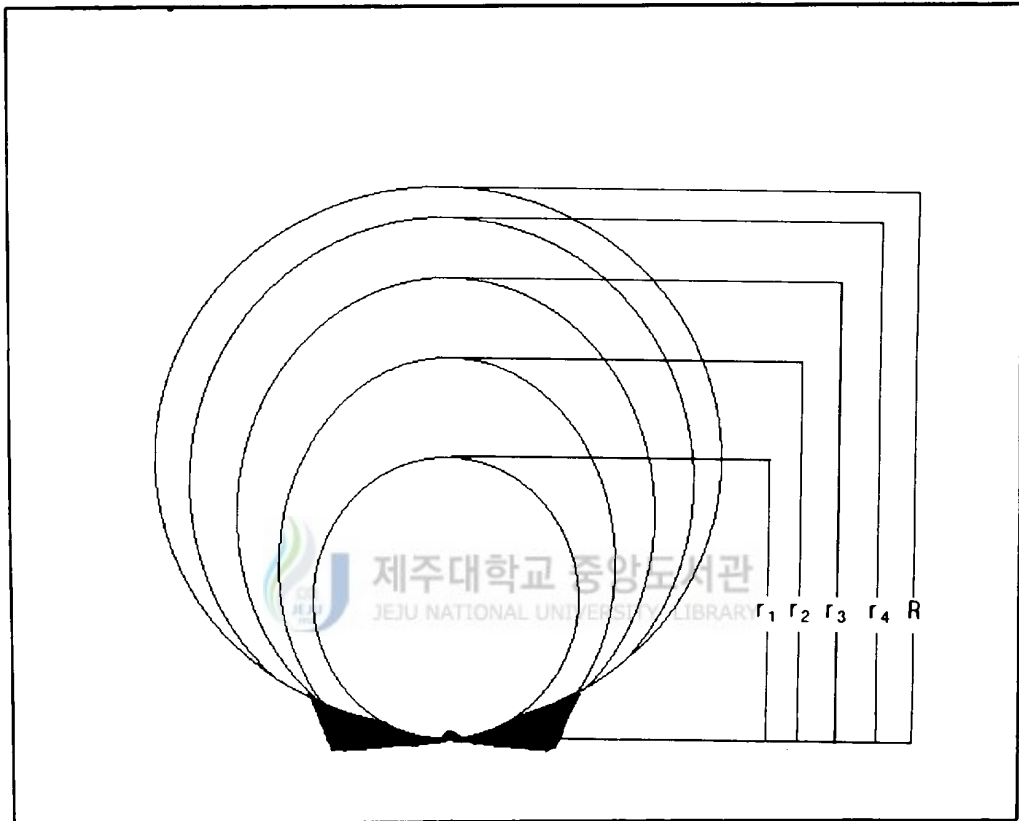


Fig. 3. Diagram of shell radius used for age determination of *Amusium japonicum japonicum*.

## 5. 수온과 염분에 대한 내성

해가리비의 수온에 대한 내성을 조사하기 위하여 6개의 아크릴 사각수조 (50×35×25 cm)내에 원형 유리수조(30×20 cm)를 넣고 공기를 주입하면서 각장 4~10 cm의 해가리비를 각 수조에 20마리씩 수용하여 2회 반복실험하였다. 자동온도 조절장치 및 저온 냉장고를 이용하여 수조내의 수온을 5, 10, 15, 20, 25 및 30℃로 유지시킨 후 해가리비를 수용하여 24시간 생존율을 조사하였다. 염분내성은 수온내성 조사에서와 같이 동일한 수조에 10마리씩 수용한 후, 상온(20~22℃)에서 자연해수에 증류수를 가하여 염분농도 10, 15, 20, 25 및 30‰로 조정된 뒤 24시간 생존율을 조사하였다.

## 6. 생식주기

### 가. 생식소 중량지수(GSI : gonadosomatic index)

해가리비의 성 숙도를 조사하기 위하여 월별로 어획된 시료의 생체육중량을 측정하고 생식소를 별도로 절취하여 0.01 g까지 측정하였다. 그리고 생식소 중량지수를 아래와 같이 산출하였다.

$$\circ \text{GSI} = \frac{\text{생식소중량}}{\text{생체육중량}} \times 100$$

### 나. 월별난경조성

생식소 발달에 따른 난경의 변화를 조사하기 위하여 Love and Westphal (1981) 개량 Gilson액으로 처리한 알과 난모세포를 무작위로 500개 이상씩을 계측하여 Pears(1965)의 빈도곡선법으로 나타내었다.

#### 다. 생식주기

해가리비의 생식주기를 파악하기 위하여 각장 101.2~124.4 mm, 중량 79.2~175.3 g의 모패에서 생식소를 추출하여 Bouin's solution에 24시간 고정하였다. 조직표본 제작은 상법인 파라핀 절편법을 이용하여 5~8  $\mu$ m로 연속절편을 만들었으며, 핵과 세포질의 구분을 위해 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin 으로 비교 염색하여 현미경하에서 생식소의 발달상태를 관찰하였다.

조직학적 생식세포의 발달단계는 **李(1972)**가 진주조개에서 사용한 6단계에 성숙기를 초기성숙기, 성숙기, 완숙기로 세분화하여 8단계로 구분하였다.

#### 라. 생물학적 최소형

해가리비의 생물학적 최소형 조사는 생식소 성숙단계에 있는 9~10월에 채포된 각장 23.1~98.1 mm, 중량 1.1~68.0 g되는 해가리비 100마리를 대상으로 생식소 조직을 상기 방법으로 염색하여 각장 크기별 난소조직을 검경하여 방란·방정의 흔적여부를 판정하였다. 또한 생물학적 최소형으로 추정된 크기의 개체들이 확실한 방란·방정능력을 가지고 있는지를 확인하기 위하여 수온·간출 산란유발 자극을 통하여 방란·방정을 확인하였다.

### 7. 자연채묘

해가리비의 양식기술을 개발하기 위해서는 종묘확보가 필수적이기 때문에 먼저 자연채묘에 의한 종묘를 확보할 방안으로 해가리비 서식어장에서 부유유생 조사를 실시하였다. 부유유생의 발생단계별 출현량을 참고하고 관광유람선 항로 및 야간에 오징어 어장 등을 고려하여 법환수역에 연승수하식 방법에 의해 자연 채묘를 실시하였다.

#### 가. 유생조사

유생 조사는 9월부터 11월까지 상순, 중순, 하순으로 구분하여 월 3회씩 9회에 걸쳐 법환과 강정연안에서 실시하였다. 유생 채집은 망구직경 24 cm, 망목 65  $\mu$ m인 plankton net를 사용하여 저층에서 표층까지 수직예망 채집하여 선상에서 5%의 중성 포르말린으로 고정하였다. 고정된 시료는 실험실에서 만능투영기(Nikon V-12A)와 입체현미경으로 유생을 검색하였다.

#### 나. 채 묘

해가리비 자연채묘를 실시하기 위하여 1995년 9월부터 11월 사이에 3회에 걸쳐 제주도 서귀포시 법환 연안의 수심 30 m 어장에 직경 40 mm 로프를 이용하여 길이 100 m, 연승시설 3대를 설치하였다. 채묘기는 Table 3에서와 같이 망목 0.5 mm, 합성섬유망(30×50 cm)과 망목 1 mm의 양파망(30×50 cm) 속에 부착기질로서 폴리에틸렌 단사를 300 g씩 넣은 것과 참가리비 조가비를 2 cm 간격으로 15개씩 넣은 것, 그리고 팜사 400 g을 넣은 것 4종류의 채묘기를 사용하였다. 채묘기는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 수면아래 5 m 수층에서 25 m까지 1 m 간격으로 수직으로 매달았으며 제주도 외해연안의 파도를 견딜 수 있게 하기 위하여 강철 앵카를 한쪽에 200 kg씩 매달아 설치하였다 (Fig. 4).

Table 3. Dimension of a spat collector of *Amusium japonicum japonicum*

Collector bag (size)	Mesh size	Materials	Weight (number) g	Number of collectors
Onion (30×50 cm)	1 mm	PE Mo	300	2,000
Synthetic fiber (30×50 cm)	0.5 mm	PE Mo	300	300
Onion (30×50 cm)	1 mm	scallop shell	(15 shell)	200
Onion (30×50 cm)	1 mm	palm string	400	200

PE Mo: polyethylene monofilament.

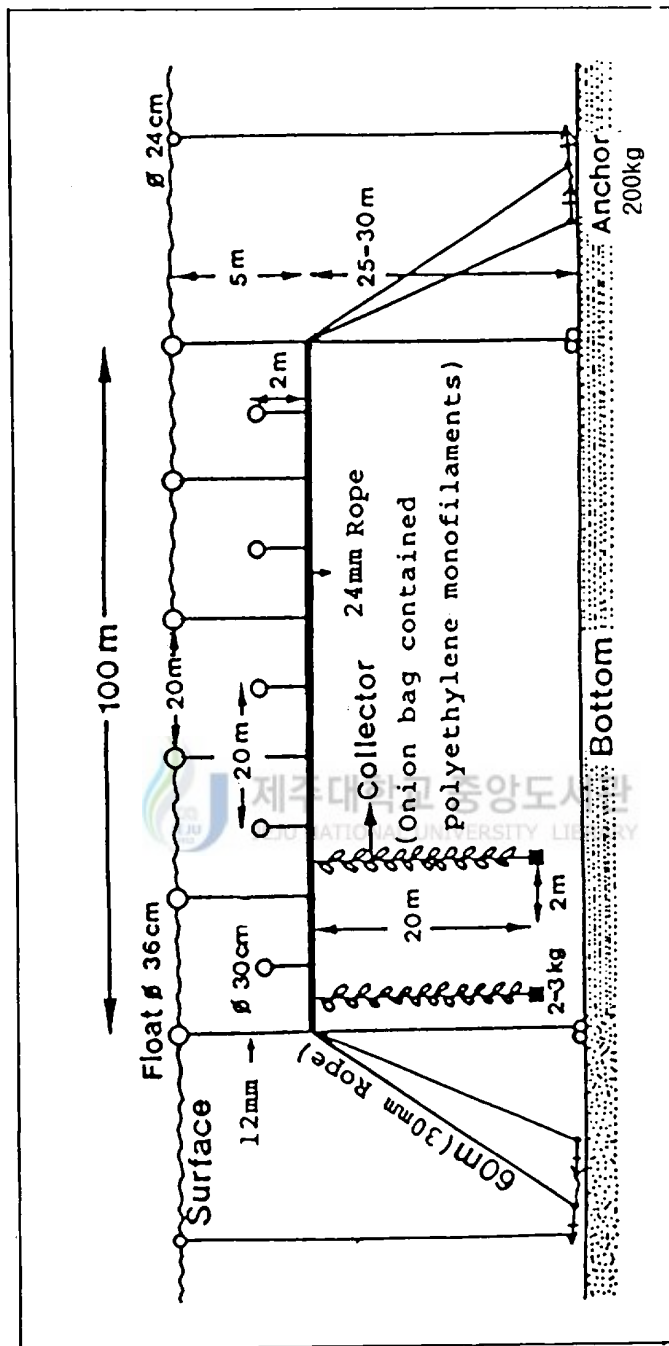


Fig. 4. Spat collection facilities for *Amusium japonicum japonicum*.



## 다. 부착치패

채묘기 설치 1개월 후부터 실험선의 roller와 기중기(boom winch)로 수하연을 선상으로 인양하여 채묘기를 세척한 후, 20 ℓ 플라스틱통에서 내용물을 분리하여 수거하였다. 먼저 눈에 보이는 대형치패는 손으로 직접 수집하였고, 미소한 치패는 망목 1 mm 크기의 채로 쳐서 수집하여 유리병에 넣고 5% 중성 포르말린으로 고정한 후, 채묘기 투입일자와 수심 등을 확인하여 라벨을 부착하였다. 고정된 시료를 실험실로 옮겨 만능투영기와 현미경 등을 이용하여 유용 부착패류를 동정·분류하였다.

## 8. 인공 종묘생산

### 가. 산란유발

산란유발에 사용한 모패는 서귀포 연안에서 형망으로 채취한 각장 98.5~125.2 mm, 체중 68.0~175.3 g되는 것으로서 1995년에 암컷 139마리 수컷 61마리, 1996년에 암컷 53마리 수컷 10마리를 각각 사용하였다. 실험실로 운반한 모패는 바닥에 20 cm정도 모래를 깔은 원형 FRP수조 (100×53 cm)에 수용하고 여과해수를 20~30 ℓ/min되게 유수사육하였다. 먹이는 하루 2차례 *Isochrysis galbana*와 *Pavlova lutheri*를 50,000 cells/ml씩 공급하였다. 모패를 1주일 정도 안정 사육시킨 후 생식소 성숙상태가 좋은 것만을 육안으로 확인하여 산란유발에 사용하였다. 산란자극 방법으로는 그늘에서 20분 간출시키는 방법, 30분간 자외선 조사해수 유수방법, 정자현탁액 이용법 및 자연광과 전기 히터에 의하여 수온을 10분에 약 1℃씩 상승시키는 방법을 단독 또는 병행하여 실시하였다. 산란에 사용한 수조는 아크릴 사각수조(50×35×25 cm)로서 각 수조에 암수 5~10마리씩을 별도로 수용하였다.

## 나. 유생사육

산란이 완료되면 모패는 별도 수조에 옮기고 산란조의 수정란은 산란유발에 의해 상승된 수온이 20℃까지 떨어졌을 때 수온 20℃의 자외선 조사해수를 사용하여 산란된 알을 수정시킨 다음 망목 100  $\mu\text{m}$  물러 거르기로 만든 걸름망으로 2~3회 세란한 다음 20ℓ 플라스틱 용기에 분산 수용하여 수온이 20℃로 유지되는 FRP 3톤원형 수조의 수면에 띄어 용기내의 수정란을 부화시켰다. 부화된 trochophore 유생은 전자식 온도자동조절기를 이용하여 수온 20℃로 유지된 FRP 3톤 원형수조에 옮겨주었다. D상 유생으로 변태한 2일째부터 약하게 aeration하면서 배양한 미세조류를 초기에는 10,000 cells/ml에서 성장함에 따라 60,000 cells/ml까지 단계적으로 늘려 하루에 2차례 공급하였다. 사육수는 3  $\mu\text{m}$ 의 cartridge filter로 여과한 후 다시 1  $\mu\text{m}$ 로 정밀 여과하여 수온 20℃의 해수로 매일 1/3씩 환수하였으며 5~7일 간격으로 바닥에 쌓인 규조류 및 찌꺼기를 제거하기 위하여 수조를 교환하여 주었다.

### 1) 수온에 따른 유생 성장



부화유생의 적정 사육수온을 구명하기 위하여 아크릴사각수조(50×35×25 cm)내에 온도별로 각각 원통수조(15×25 cm) 6개씩을 넣고 전자식 자동온도 조절기를 이용하여 사각수조의 수온을 20, 25 및 30±1℃로 설정하였다. 원통수조 1개당 변태직 후의 D상유생을 200개체씩 수용하여 사육하였고, 24일동안 2일 간격으로 사각수조 1개당 성장 및 생존율을 조사하였다. 유생의 성장과 생존율은 유생 18마리를 기준으로 하여 현미경하에서 micrometer로 각장과 각고의 성장을 측정하였고, 아울러 유생의 호흡과 섬모의 움직임, 먹이섭취에 의한 색깔의 유무 등으로 생사를 구분하여 생존율을 구하였다.

## 2) 먹이생물에 따른 유생 성장

해가리비 유생의 먹이로서 사용한 황색편모조류인 *Isochrysis galbana*, 규조류인 *Chaetoceros calcitrans*는 부경대학교 한국미세조류은행에서, 황색편모조류인 *Pavlova lutheri*는 제주대학교 해양과학대학에서 분양받아 Provasoli ES배지를 사용하여 배양하였다. 배양용수는 1  $\mu\text{m}$ 필타로 여과하여 자외선 유수 살균기를 통과 시킨 후 수온 70°C에서 30분간 멸균하여 사용하였다. 5 l 원형플라스크 와 20 l 유리용기를 사용하였으며, 백색형광등을 사용하여 조도 2,000~3,000 lux, 실내온도는 20~24°C를 유지하였다.

해가리비 유생의 적정 먹이생물을 파악하기 위하여 수온 20°C로 조절한 아크릴 사각수조(50×35×25cm)에 부화유생을 약 5,000개체씩 수용하였다. 먹이생물비교 실험구는 *I. galbana*와 *P. lutheri*를 각각 단독 공급한 실험구와 *I. galbana*+*C. calcitrans*, *I. galbana*+*P. lutheri*, *P. lutheri*+*C. calcitrans*, 및 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*를 혼합공급한 6개의 실험구를 설정하였다. 먹이공급 실험구별 부유유생의 성장 및 생존율조사는 4일 간격으로 실험구당 30개체씩 샘플하여 수온 실험과 동일한 방법으로 조사하였다.

먹이공급은 2종 이상을 혼합하여 공급하는 실험구는 동일한 혼합비율로 만들어 하루 2차례 공급하였고, 성장에 따라 먹이량을 점차 늘려 주었다. 먹이생물 공급량은 유생사육시와 같은 방법으로 공급하였다.

## 3) 사육밀도에 따른 유생 성장

해가리비 유생의 수용밀도가 성장 및 생존에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수온 20°C로 조절한 아크릴 사각수조(50×35×25 cm)내에 원통수조(15×25 cm) 6개를 넣어 부유유생을 1 ml당 1, 5, 10 및 20개체의 밀도로 수용하였다. 먹이는 *I. galbana*, *P. lutheri* 및 *C. calcitrans*의 3종을 같은 비율로 혼합하여 하루 중의 공급횟수와 공급밀도는 먹이생물에 따른 실험 방법과 동일하게 실시하였다.

## 다. 채 묘

3톤 크기의 FRP사육수조내에서 부착기 유생을 채묘기의 형태와 재질에 따른 채묘효과를 비교하기 위하여 3가지 형태의 채묘기를 사용하였다. 전복 채묘용 염화비닐과판(30×40 cm)과 망목 1 mm의 양과망(30×50 cm)에 폴리에틸렌, 모노필라멘트 200 g을 넣은 채묘기, 그리고 망목 500  $\mu$ m 합성섬유망(30×50 cm)에 폴리에틸렌, 모노필라멘트 200 g을 넣은 채묘기를 제작하였다.

부착기 유생의 사육수조 내에서 부착기의 설치방법에 따른 부유치패의 부착률을 비교하기 위하여 염화비닐 과판을 수평과 수직방향으로 설치하였다. 또한 망목 1 mm양과망(30×50 cm)과 망목 500  $\mu$ m 합성섬유망을 수조에 수하시킨 채로 부착시키는 방법과 부착기유생을 사육수조에서 바가지로 떠서 직접 주머니에 주입시켜 채묘하는 2가지 방법을 사용하였다.

## 9. 양 성

### 가. 치패사육



부착 이후 치패의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 사각 플라스틱 바구니(25×35×6 cm)에 각장 3 mm내외의 치패를 500마리씩 수용하였다. 수온 20℃로 유지된 FRP 3톤 원형수조의 수면에 사각 플라스틱 바구니가 완전히 잠길수 있도록 하였다. aeration을 하면서 먹이공급은 부화 후 31일부터 60일까지는 150,000 cells/ml, 60일 이후는 200,000 cells/ml이 유지되도록 보충하여 공급하였다. 사육수는 부유유생 사육방법과 동일하게 관리하였다.

치패사육과 별도로 치패의 적정 사육수온을 구명하기 위하여 아크릴 사각수조(50×35×25 cm)내에 사각 플라스틱바구니(25×35×6 cm)를 띄우고 여기에 각장 3 mm 내외의 치패를 100개체씩을 수용하였다. 실험구의 수온은 전

자식 자동수온조절기로 20, 25, 30℃ 및 여과 자연해수(13.3~17.4℃)를 이용한 4개의 실험구를 만들었다. 각 실험구의 성장과 생존율은 6회에 걸쳐 7일 간격으로 조사하였다. 패각의 성장은 vernier caliper로 0.1 mm까지 측정하고 먹이 공급량과 사육수는 치패 사육방법과 동일하게 공급하고 관리하였다.

## 나. 중간육성

### 1) 인공종묘

1997년 3월 22일 부터 3월 28일까지 그리고 3월 31일부터 5월 30일 까지 서귀포 법환수역에서 2차에 걸쳐 각장 0.9~2.1 cm의 해가리비 인공종묘에 대한 중간육성 실험을 하였다. pearl net(35×35 cm)를 해가리비 치패의 유영에 의한 폐사를 줄이기 위하여 7.0 cm× 7.0 cm 크기로 꿰매어 25개로 구획을 하였다. 1차실험시에는 1구획당 1마리씩의 어린치패를 수용하였고, 2차 실험시에는 2마리씩 수용하였다. 실내수조에서 인공종묘 생산된 치패를 바다에 이식하기 전에 스트레스를 최소로 줄이기 위하여 자연해수에 7일동안 적응시켰다. 중간육성 시설방법은 pearl net를 수평되게 고정시켜, 1차 때는 수심 10, 15 및 20 m의 3개 수층에 2차 때는 15와 20 m의 2개 수층에 수직으로 내려 실험하였다.

### 2) 자연종묘

자연산종묘를 이용하여 자연수역에서의 수하식 양식방법에 의한 성장과 생존율을 조사하였다. 실험에 사용한 치패는 서귀포 연안수역에서 형망으로 어획한 각장 37.8~102.9 cm의 자연산 해가리비 치패 165마리를 대상으로 하였다. 수하식양식 시설방법은 치패 165마리를 Table 4와 같이 플라스틱 바구니(47×47×10 cm), pearl net (35×35 cm) 및 귀매달기, 3가지 방법으로 설치하고 수심은 10, 15, 20 m로 하여 육성 실험을 하였다.

## 10. 방류와 채포

해가리비의 자연서식지에서 성장과 이동 등 생태적 특성을 파악하기 위하여 1995년 11월 8일과 1996년 6월 13일 2회에 걸쳐 각고 2.5~12.5 cm(평균 7.2 cm) 해가리비 159개체에 대한 표지방류를 실시하였다. 표지방법은 tape writer로 번호를 만들어, 해가리비의 패각상단에 epoxy접착제 A제와 희석제 B제(현대화학)를 1:1로 배합하여 부착 시켰다.

표지된 개체는 각고와 중량을 측정하였고(Table 5), 3일간 수조에서 안정시킨 후, 서귀포 법환수역의 수심 약 30 m 사니질 어장에 방류하였다. 방류 후 법환수역에서 매일 해가리비를 어획하고자 총 39회 61.5시간 형망을 끌었다.

채포시에는 현장에서 실험선에 설치되어 있는 GPS(global positioning system)를 이용하여 채포된 위치를 정확히 확인한 후, 실험실로 옮겨 채포 개체별 생태조사를 실시하였다.



Table 4. Experimental culture by hanging method for *Amusium japonicum japonicum* caught from the study area

Period	Rearing facilities	Shell length (mm)	Number of shell(total)	Hanging depth(m)
1996 Mar. 28~ Aug. 28	plastic box	37.8~43.5	20 (60)/box	10, 15, 20
1997 Apr. 28~ July 29	pearl net cage	41.7~44.7	25 (75)/cage	10, 15, 20
1997 Aug. 29~ Oct. 2	earring	101.6~102.9	15 (30)/roll	15, 20

Table 5. Release experiment of the tagged shells of *Amusium japonicum japonicum*

Date	Number of release	Shell height ( mean, cm )	Total weight ( mean, g )
Nov. 8, 1995	79	3.6~12.2 (6.98)	6.0~168.0 (39.5)
June 13, 1996	80	2.5~12.5 (7.62)	1.8~175.3 (70.8)

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 서식환경

##### 가. 수 온

실험장소인 서귀포시 법환연안에 인접한 연안 정지관측 지점인 위미연안의 1994년에서 1996년까지의 월별 평균 수온의 변화와 평년 월별 수온은 Fig. 5와 같다. 표층수온은 연중 12.8~26.6℃ 범위였으며, 2월에 가장낮은 12.8℃, 8월에 26.6℃로 가장 높았다. 연중변화 양상을 보면 1월부터 4월까지 동계에는 13.8~14.9℃의 낮은 수온분포를 보이다가 5월부터 15℃대로 회복되기 시작하여 8월까지 큰 폭으로 상승을 보이고, 이후 9월에는 약간의 정체현상을 보인 후, 10월 부터는 다시 큰 폭으로 하강하기 시작하여 12월에 16.6℃까지 하강하였다.

실험기간 동안 월 평균 표면수온은 평년과 비슷한 분포를 보였으나, 1996년의 경우 6월부터 8월까지의 수온분포가 평년 보다 1~2℃의 저온상을 보이고 있었으며, 반대로 동계로 접어드는 11월과 12월의 수온은 역시 평년에 비하여 약 1℃의 고온상을 나타내었다(Fig. 5).

##### 나. 염 분

수온과 같이 위미연안 정지관측 지점의 평년 표층염분은 31.57~35.14‰로 3월에 최고치인 35.14‰였고, 8월에 최저치인 31.57‰였다. 7월 부터 염분농도는 떨어지기 시작하여 8월에 최저염분인 31.57‰를 보이고 9월에 32.13‰로 저염분 현상이 지속되고 있으나, 10월 부터는 다시 34‰ 이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 또한 실험기간인 1994년에서 1996년까지의 표층염분의 변화를 보면 평년과 같이 하계에 들어서면 30~31‰의 저염분이 지속되고 있으나 동계에 들면서 다시 34‰이상으로 평년과 같이 회복되는 경향을 나타내고 있었다(Fig. 5).



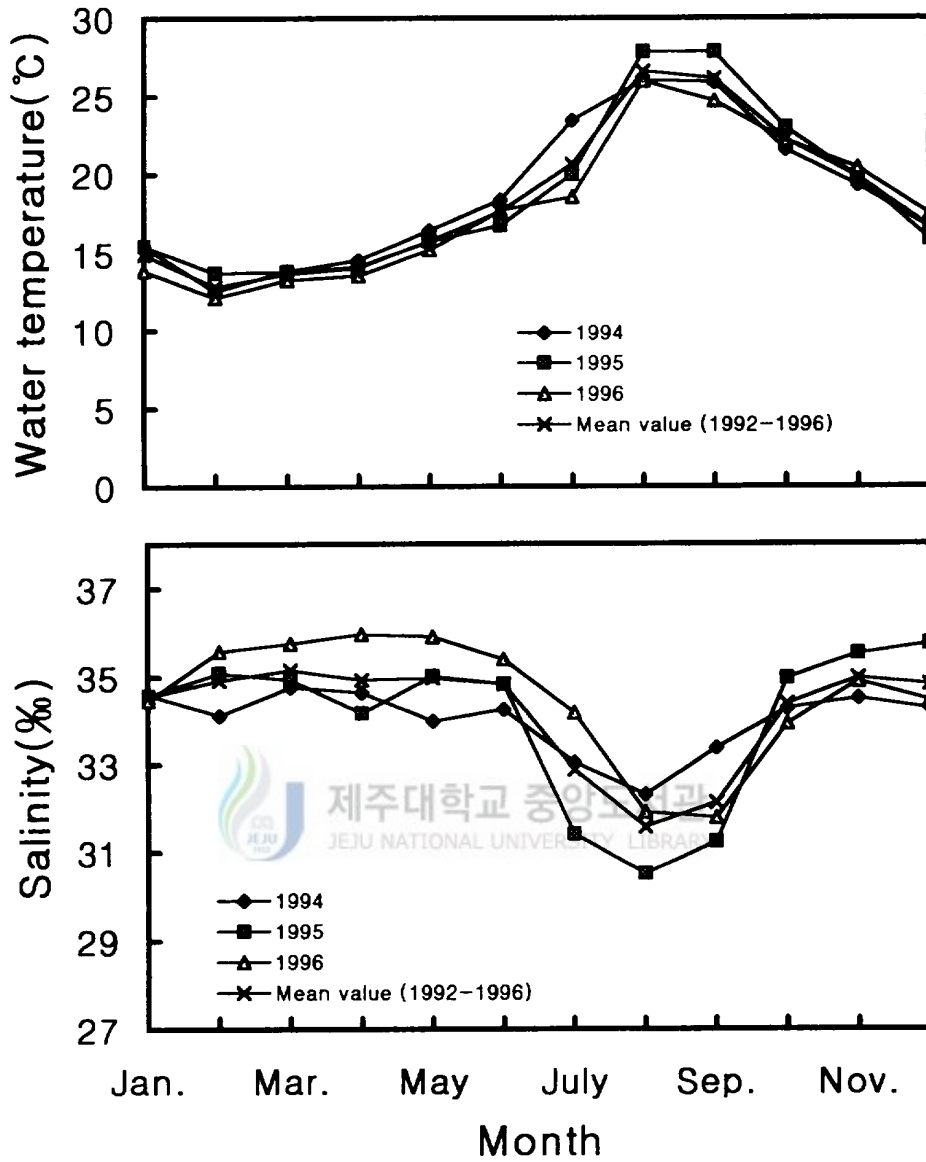


Fig. 5. Monthly variation of water temperature and salinity in coastal area of Wimi of Chejudo during 1994~1996.

#### 다. 용존산소

1994년에서 1996년 까지의 계절별 표층의 용존산소는 5.60~8.05 ml/l 로 1994년 8월에 최저농도를 보였고 1995년 11월에 최고치를 보였다. 저층의 경우는 5.36~7.97 ml/l 로서 표,저층간의 용존산소량은 큰 차이가 없이 유사한 분포량을 보였다. 이와같이 용존산소량은 수산생물의 서식에 적합한 용존산소량(수질Ⅱ등급기준치) 3.50 ml/l 와 비교할때 거의 모든 계절에서 적정농도 이상으로 용존되어 있었다(Table 6).

#### 라. 영양염류

영양염류중 표층 인산인( $\text{PO}_4\text{-P}$ )의 농도는 0.06~1.27  $\mu\text{g-at/l}$  로 1994년 11월에 최저농도를 보였고 1996년 4월에 최고치를 보였으며 평균치는 0.41  $\mu\text{g-at/l}$  였다. 계절별 변화를 보면 동계인 2월이 0.74  $\mu\text{g-at/l}$  로 가장 높게 나타났으며, 하계인 8월에 0.24  $\mu\text{g-at/l}$  로 가장 낮은 값을 보였다.

용존성무기질소(DIN)는 3.03~13.77  $\mu\text{g-at/l}$  범위였으며 평균치는 6.53  $\mu\text{g-at/l}$  였다. 계절별로는 동계인 2월이 10.70  $\mu\text{g-at/l}$  로 가장 높은 값을 보였으며 4월에 가장낮은 3.57  $\mu\text{g-at/l}$  농도를 보였다. 한편 수산생물의 서식에 적합한 수질Ⅱ등급수와 관측치를 비교할 때 인산인은 1994년 8월, 1995년 2월, 1996년 4월등 3회에 걸쳐 1.2배에서 2.6배까지 초과하는 것으로 나타났으며, 용존성무기질소는 1994년 2월과 1995년 3월과 8월 3회에 걸쳐 1.9배가 초과하는 것으로 나타났다. 한편 저층의 인산인은 표층과 큰 차이없이 유사한 경향을 보이고 있으며, DIN은 1996년 11월을 제외한 전 계절에서 표층이 0.97 ~13.65 $\mu\text{g-at/l}$  로서 저층에 비하여 높게 나타났다(Table 6).

Table 6. Seasonal variation of DO, PO<sub>4</sub>-P, DIN and chlorophyll *a* in the coastal area of Sogwipo, Chejudo

	1994					1995					1996					
	Feb.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	Apr.	Aug.	Nov.
DO (ml/ℓ)	Surface	6.46	7.95	5.60	6.65	7.18	7.61	7.19	8.05	7.77	7.73	7.06	6.97			
	Bottom	6.16	7.84	5.36	6.70	7.79	7.71	7.79	7.97	7.61	7.62	6.91	7.35			
PO <sub>4</sub> P (μg at/ℓ)	Surface	0.59	0.33	0.28	0.06	0.62	0.46	0.46	0.31	0.42	1.27	0.02	0.14			
	Bottom	0.79	0.25	0.05	0	0.31	0.47	0.98	0.34	0.54	1.18	0.16	0.01			
DIN (μg at/ℓ)	Surface	13.28	3.60	4.17	4.71	13.77	3.03	13.65	5.88	5.05	4.09	6.18	0.97			
	Bottom	8.47	3.02	2.90	2.62	7.07	3.48	5.51	5.03	5.81	4.55	15.25	1.71			
Chloro phyll <i>a</i> (μg at/ℓ)	Surface	0.14	2.69	1.81	0.86	1.64	0.77	0.75	1.35	0.54	5.11	1.62	0.17			

#### 마. 클로로필 *a*

클로로필 *a*는 0.14~5.11  $\mu\text{g}/\ell$  범위로 1996년 11월에 최저치를 보였고 1996년 4월에 가장 높은 농도를 보였으며, 조사기간 중의 평균 클로로필 *a* 농도는 1.45  $\mu\text{g}/\ell$  였다. 계절별로는 동계인 2월에 0.77  $\mu\text{g}/\ell$  로 가장 낮은 농도를 보였으며, 4월에 2.85  $\mu\text{g}/\ell$  로 가장 높은 농도를 보였다. 1996년 4월을 제외한 대부분 조사일의 클로로필 *a* 농도는 2.69  $\mu\text{g}/\ell$  이하의 농도를 보였으나 1996년 4월에는 5.11  $\mu\text{g}/\ell$  로 급격한 상승을 보이고 있다. 이는 이 지역의 식물플랑크톤의 춘계 대량번식과 연관이 있는 것으로 판단된다(Table 6).

#### 바. 저질입도

해가리비 서식지의 저질유형은 Table 7과 같이 입자가 2 mm이상인 중자갈은 약 0.2%로서 극히 소량을 차지하고 있었고, 그 다음은 입자 0.004~0.062 mm인 니질로서 약 0.3%를 차지하였고, 저질의 주 구성분은 입자 0.25~0.5 mm인 중모래와 가는 모래가 각각 41.2%와 52.8%를 차지하여 해가리비 서식지의 저질은 모래가 주 구성물로 나타났다.

Table 7. Grain size analysis of the bottom sediment of the study area

Station	Grain size (mm)				
	2<	0.5~2	0.25~0.5	0.062~0.25	0.004~0.062
1	0.2%	6.0%	37.0%	56.5%	0.4%
2	-	5.3%	45.3%	49.1%	0.2%
Mean	0.2%	5.65%	41.15%	52.80%	0.30%

## 2. 모패의 생태

### 가. 분포

제주도 연안의 해가리비 서식분포 지역을 확인하기 위해 2~3노트의 속도로 12개 수역에서 형망을 1회당 약 20분 동안 5회씩 끌어 해가리비를 어획한 결과는 Table 8과 같다. 해가리비는 제주도 남부수역에서 주로 어획되었으며 서귀포시를 중심으로한 강정, 법환 및 중문수역에서 주로 어획되었다.

강정 및 중문수역에서는 간혹 인공어초 및 자연초가 산재하고 있었으나 저질상태가 사질이어서 전수심에서 형망작업이 이루어졌다. 10 m와 50 m 수층에서는 가리비 어획이 전혀 없었으며 40 m 수층에서도 법환수역의 2개체를 제외하고는 어획이 없었고 대부분 20~30 m 수층에서 어획되었다.

### 나. 성비

해가리비 461마리를 각장 10 mm간격으로 구분하여 암수성비를 조사한 결과 조사된 해가리비의 각장은 60~140 mm로서 총 461마리 중 암컷 235마리 수컷 226마리로서 51:49의 암수성비를 보였다. 해가리비는 자웅동체 생식소를 갖는 개체가 1마리도 출현하지 않았다.

### 다. 상대성장

해가리비 461마리를 5 mm간격으로 계급간의 상대성장 조사를 한 결과 각장(SL)과 각고(SH)의 관계를 Fig. 6에서 보는 바와 같이  $SL = 0.9141SH + 3.6124$ 로 나타났고, 각고(SH)와 전중량(TW)은 Fig. 7과 같이  $TW = 3.1919 \times 10^{-5} SH^{3.1595}$ 로 나타났다.

해가리비의 생체중량의 변화를 파악하기 위하여 전중량(TW)에 대한 패주중량

(AW)과 육질중량(BW)에 대한 패주중량(AW)을 Fig. 8에 백분율(%)로 나타냈다. 전중량(TW)에 대한 패주중량(AW)의 연 평균치는 15.9%를 보였다. 그리고 전중량(TW)에 대한 월별 패주중량(AW) 변화를 보면 6월에 21.3%, 8월에 20.6%로 높게 나타났고 9월부터 낮아져서 11월에 9.2%로서 최저치를 보였다.

육질중량(BW)에 대한 패주중량(AW)은 연평균 값이 39.2%를 보였고, 6월에 48.5%로 최고치에 달하였으며 9월부터 낮아져서 11월에 27.2%로서 최저치를 나타냈다.



Table 8. Experimental catch by a dragnet to survey the abundance of *Amusium japonicum japonicum* in the coastal areas of Chejudo

Location	Trawling time(min)	Number of shells caught	Depth (m)					
			10	20	30	40	50	
Southern areas	Sogwipo, Popwan	100	12	-	3	7	2	0
	Sogwipo, Kangjong	"	13	0	6	7	0	0
	Sogwipo, Chungmun	"	9	0	5	4	0	-
	Taejong, Hwasun	"	3	0	3	0	0	-
	Namwon, Wimi	"	4	0	3	1	0	0
	Pyoson, Pyoson	"	5	0	2	3	-	-
	Pyoson, Shinsan	"	4	0	1	3	-	-
Northern areas	Kujwa, Sohwa	100	0	0	0	0	-	-
	Chochon, Hamdok	"	0	0	0	0	-	-
	Cheju, Iho	"	0	-	0	0	-	-
	Aewol, Kwidok	"	0	-	0	0	-	-
	Hallim, Hyopchae	"	0	0	0	0	-	-



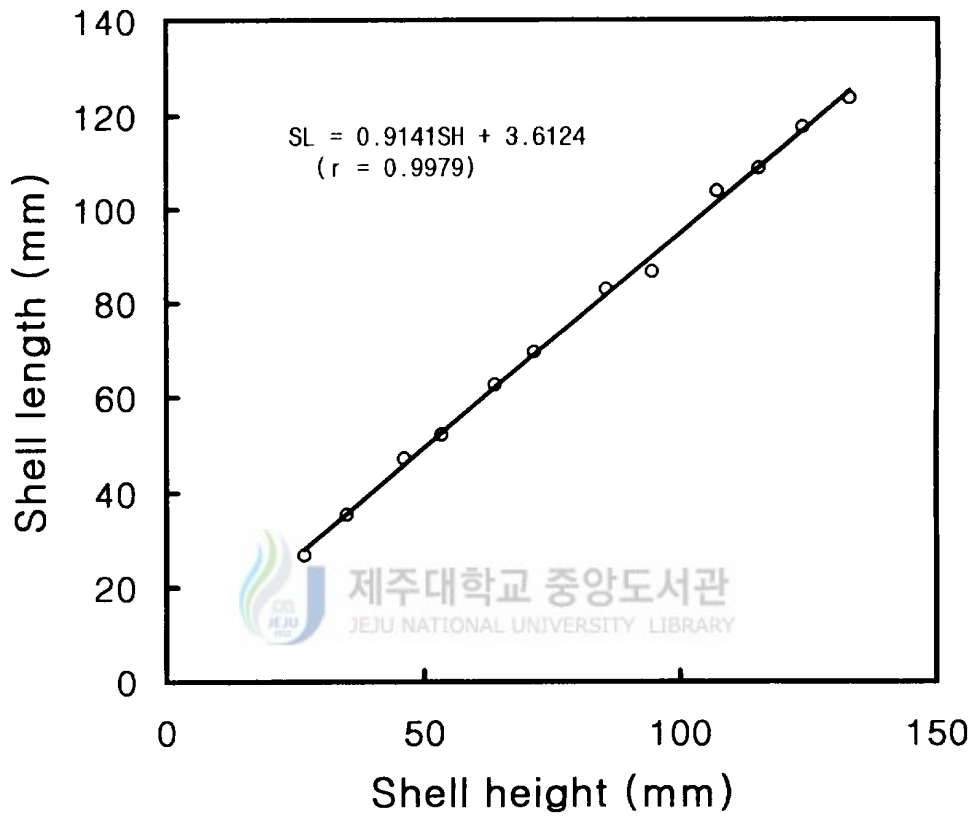


Fig. 6. Relationship between shell height(SH) and shell length(SL) of *Amusium japonicum japonicum*.

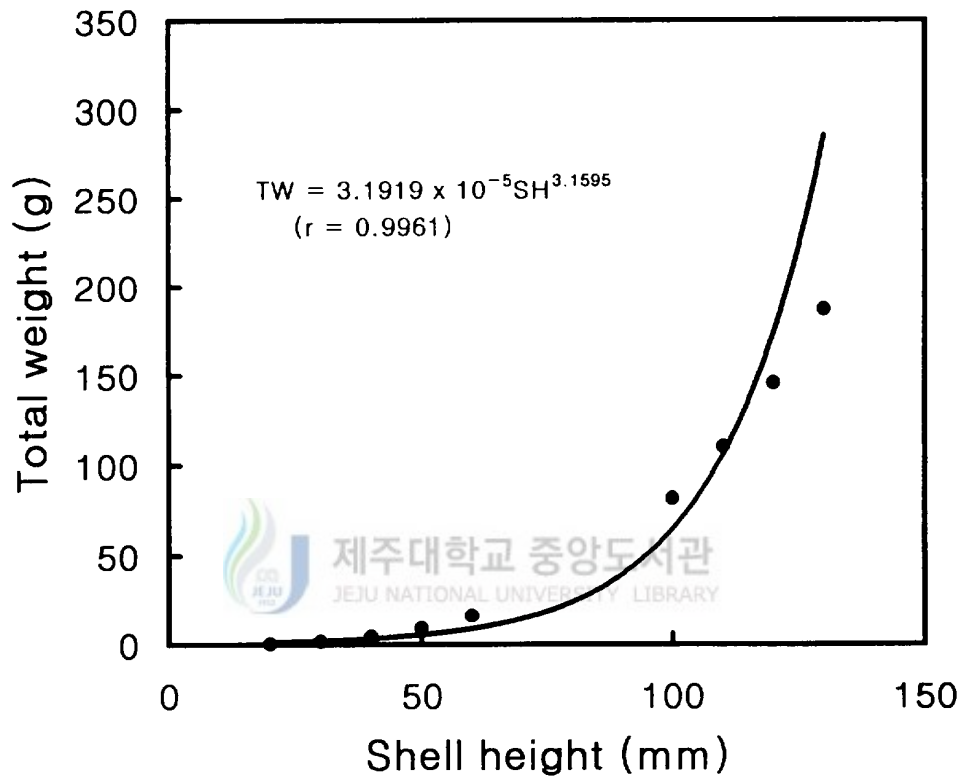


Fig. 7. Relationship between shell height and total weight of *Amusium japonicum japonicum*.

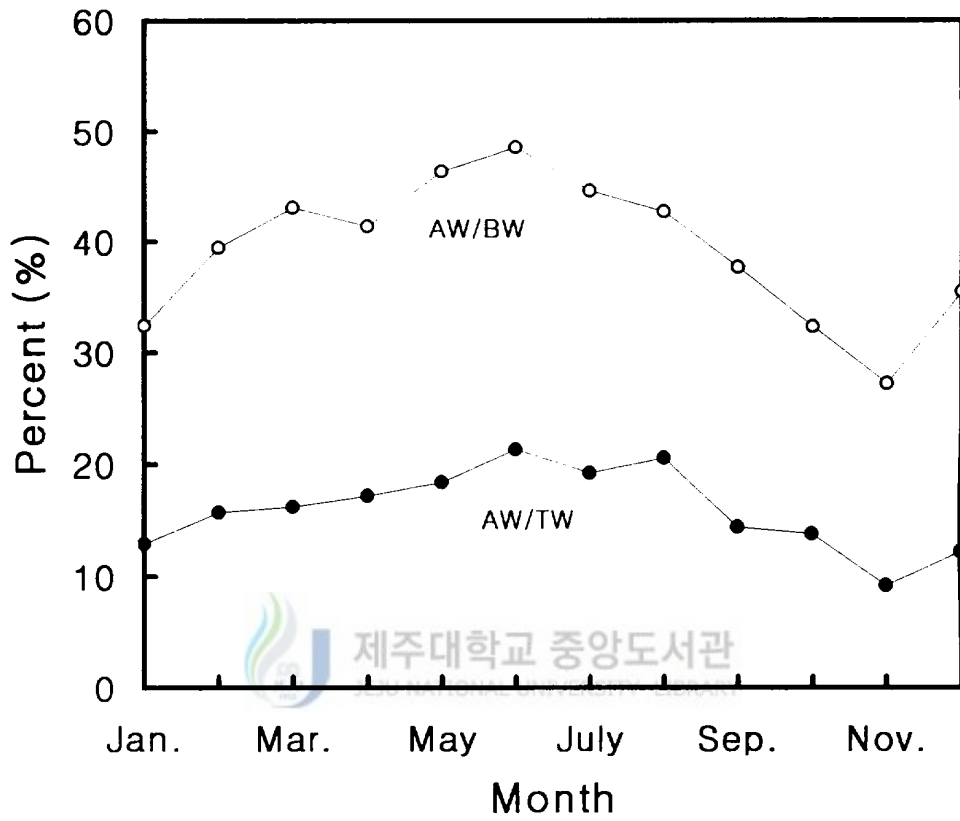


Fig. 8. Monthly variations of relative portion of various parts of *Amusium japonicum japonicum*. AW: adductor muscle weight; TW: total weight; BW: body part weight.

### 3. 체 성분 조성

해가리비와 참가리비의 패주와 연육의 체 성분조성을 분석한 결과는 Table 9에서 나타낸 바와 같다. 참가리비 패주의 조단백질이 해가리비 패주의 조단백질 보다 3.5% 높게 나타났고, 조지방은 참가리비 패주가 해가리비의 패주보다 0.2% 높았다. 참가리비 연육의 칼슘과 인 성분은 참가리비 연육의 칼슘과 인 성분 보다 각각 1 mg/100 g과 13.4 mg/100 g 높게 함유하고 있는 것으로 나타났다.

해가리비와 참가리비 패주 및 연육의 총 아미노산의 함량은 대체로 연육보다 패주에서 월등히 많았으며 두종에 대한 패주의 주요 아미노산 조성은 glutamic acid, glycine, aspartic acid, cystine, lysine 및 arginine 의 순으로 함량이 많았다. 연육의 주요 아미노산 조성은 패주와 종류는 같으나 가장 높은 함량은 glycine, glutamic acid, aspartic acid, cystine의 순이었다.

참가리비 패주의 아미노산 함량이 전반적으로 해가리비 패주보다 높게 나타났으나 패주를 제외한 육질부에서는 해가리비가 대체적으로 함량이 높은 것으로 나타났다. 패주와 육질부를 합한 총 아미노산 함량은 해가리비가 참가리비의 93.1% 수준으로 약간 낮았다(Table 10). 그리고 참가리비와 해가리비의 육질부 및 패주의 지질에 대한 주요 지방산은 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid(C16:1), linoleic acid(C18:1), eicosapentaenoic acid(EPA : C20:5), docosahexaenoic acid(DHA:C22:6) 등 이었으며 패주보다 육질부에서 palmitoleic acid(C16:1)의 함량이 높았다. EPA 함량은 참가리비가 해가리비보다 약 2배 정도 많은 것이 특징이었으며 또한 DHA는 참가리비가 해가리비 함량의 90%수준이었고, 종류와 관계없이 육질부의 지질보다 패주지질에서 높게 나타났다(Table 11).

Table 9. Composition of flesh of *Amusium japonicum japonicum* and *Patinopecten yessoensis*

	Adductor muscle		Viscera*	
	<i>Amusium japonicum japonicum</i>	<i>Patinopecten yessoensis</i>	<i>Amusium japonicum japonicum</i>	<i>Patinopecten yessoensis</i>
Moisture (%)	75.3	80.4	80.3	84.1
Crude protein (%)	19.2	15.7	10.8	10.4
Crude fat (%)	0.5	0.7	2.3	1.5
Ash (%)	1.6	1.9	2.0	2.0
Calcium (mg/100g)	4.9	5.9	13.5	20.8
Phosphorus (mg/100g)	80.8	94.2	119.4	149.6
Iron (mg/100g)	6.4	5.6	7.3	8.1

\*Viscera : soft part except adductor muscle

Table 10. Amino acid composition of *Amusium japonicum japonicum* and *Patinopecten yessoensis*

(mg/100g)				
Amino acid	AM	AV	PM	PV
Taurine	810.858	300.946	633.287	343.273
Aspartic acid	1575.351	1038.667	1921.202	1031.240
Threonine	578.141	471.915	721.164	441.473
Serine	793.569	593.772	886.212	578.124
Glutamic acid	2812.183	1659.818	3265.876	1555.380
Glycine	2493.625	1801.333	2970.600	1855.916
Alanine	315.374	324.283	368.059	197.693
Cystine	1286.441	1013.203	1687.578	728.236
Valine	526.881	402.944	635.413	362.030
Methionine	274.178	238.137	370.654	216.029
Isoleucine	419.377	279.324	496.837	257.813
Leucine	1078.197	642.093	1280.697	581.076
Tyrosine	277.211	227.938	306.087	208.883
Phenylalanine	370.310	257.139	452.057	239.700
Lysine	1195.507	672.093	1484.384	579.714
Histidine	126.048	97.981	173.572	125.731
Arginine	1011.760	505.033	942.374	486.352
Proline	288.913	312.504	392.398	299.261
Total	16233.920	10839.120	18988.450	10082.920

AM: *Amusium japonicum japonicum*, adductor muscle; AV: *Amusium japonicum japonicum*, viscera; PM: *Patinopecten yessoensis*, adductor muscle; PV: *Patinopecten yessoensis*, viscera.

Table 11. Fatty acid composition of *Amusium japonicum japonicum* and *Patinopecten yessoensis*

Fatty acid	AM	AV	PM	PV
12 : 0	-	0.087	0.021	0.034
14 : 0	1.386	6.254	2.307	3.874
14 : 1	-	2.209	-	0.639
15 : 0	0.760	0.790	0.772	0.582
15 : 1	0.090	0.143	0.156	0.156
16 : 0	22.348	24.191	22.077	17.602
16 : 1	1.924	8.292	1.141	11.306
17 : 0	2.620	2.193	1.240	0.878
17 : 1	0.889	0.668	0.616	0.847
18 : 0	9.415	7.418	6.220	4.097
18 : 1	5.910	8.940	4.889	13.216
18 : 2	0.388	0.440	0.285	0.650
19 : 0	0.280	0.273	0.192	0.169
19 : 1	0.199	0.280	0.274	0.171
18 : 3	0.181	2.034	0.269	2.232
20 : 0	3.221	1.074	2.131	0.570
20 : 1	1.415	0.972	0.830	1.136
20 : 2	0.396	0.455	0.204	0.712

Table 11. continued

Fatty acid	AM	AV	PM	PV
20 : 3	0.278	0.411	0.549	0.889
21 : 0	0.166	0.087	0.111	0.097
20 : 4	4.525	3.192	2.738	2.779
20 : 5	11.072	11.349	21.313	21.593
22 : 0	0.366	0.239	0.196	0.066
22 : 1	0.180	0.164	0.136	0.116
22 : 2	1.181	1.105	0.769	0.897
22 : 3	0.433	0.371	0.366	0.182
22 : 4	0.542	0.474	0.363	0.261
22 : 5	1.801	0.110	2.014	0.340
24 : 0	0.306	0.361	-	0.266
22 : 6	27.614	15.020	25.004	13.488
24 : 1	0.116	0.173	0.340	0.157
Saturated	40.700	42.842	35.160	28.137
Monoene	10.723	21.840	10.230	27.743
Polyene	48.577	35.318	54.611	44.120
EFA	5.094	5.936	3.292	5.661
TOTAL	100	100	100	100

AM: *Amusium japonicum japonicum*, adductor muscle; AV: *Amusium japonicum japonicum*, viscera; PM: *Patinopecten yessoensis*, adductor muscle; PV: *Patinopecten yessoensis*, viscera.



#### 4. 연령에 따른 성장변화

##### 가. 윤문형성

각 표본의 패각에 나타난 윤문이 각 개체간에 대응성이 있는가를 검토하기 위하여 연령사정하였던 전표본 143개체에 대해 각고(SH)와 윤문경( $r_n$ )과의 관계를 plot한 결과, Fig. 9와 같다. 각 연륜군에 있어서 윤문경의 측정값은 일정한 간격으로 분포하며 각고(SH)와 윤문경( $r_n$ )은 직선회귀의 관계로 일정한 폭을 가지고 거의 중복됨이 없이 분리되어 있음을 알 수 있다. 따라서 패각에 형성된 윤문은 대응성이 있으므로 각 연령형질의 윤문을 비교적 정확히 읽은 것으로 판단된다. 전반적으로 각고(SH)와 제 1 윤문과의 관계는 Fig. 9에서 나타낸 바와 같이 plot된 값들은 넓게 흩어진 상태이다. 즉 상관계수 값이 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다.

##### 나. 윤문형성 시기

n윤문까지 형성되어 있는 패각에서 각고를 SH, 최외측 n번째의 윤문경을  $r_n$ , n-1번째의 윤문경을  $r_{n-1}$  이라하면 패각의 연변성장률(MI: marginal increment)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$MI = (SH - r_n) / (r_n - r_{n-1}) \dots\dots\dots (1)$$

보통 MI는 윤문형성 완료 직후에 최소가 되고 직전에 최대가 된다. 본 종의 경우는 Fig. 10에 나타낸 것 처럼 MI의 값은 9월에 평균 0.80(0.24~2.43)으로 가장 높게 나타났고, 11월에는 전월의 약 절반 수준인 0.45(0.33~0.53)로 떨어졌으며, 전반적으로 수온이 상승하는 4월 부터 연변부의 성장(각고성장)이 두드러지게 나타나고 있어, 동 시기에 빠른 성장을 하는 것으로 여겨진다.

따라서 윤문형성은 9월에서 12월 사이에 걸쳐서 형성되고 있는 것으로 추정되고 산란시기와 거의 일치하고 있었다(Fig. 10).

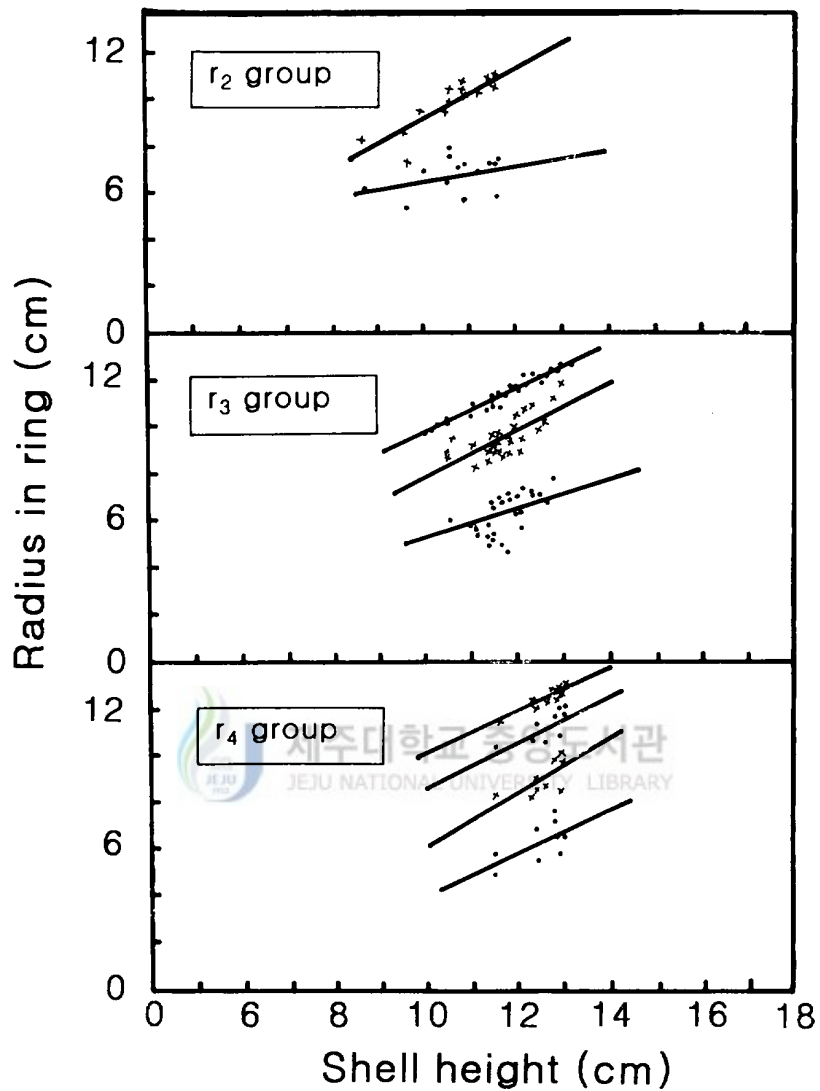


Fig. 9. Relationship between shell height and ring radius in the each group ring of the same mark.

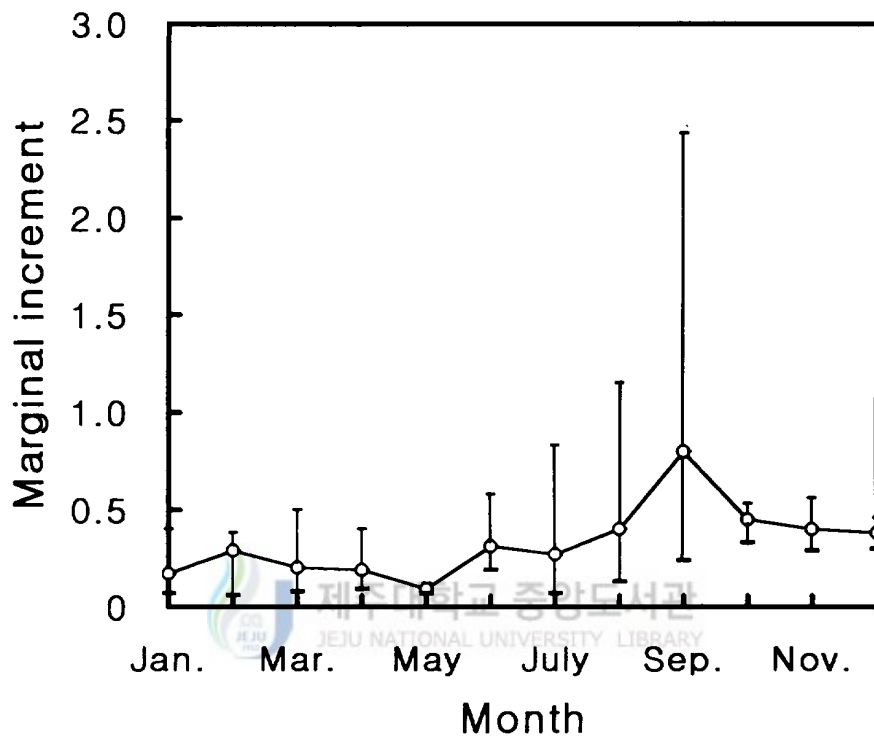


Fig. 10. Monthly variation in the rate of marginal increments each vertical bar are showing the range of shell height ring mark of *Amusium japonicum japonicum*.

#### 다. Lee현상의 보정

패각의 각 윤문 평균 윤문경을 윤문군 수별로 계산한 것은 Table 12와 같다. 고년령시 n윤문의 윤문경 보다 작은 현상이 보인다는 Lee현상이 나타남을 볼 수 있다. 따라서 Lee현상의 보정은 각 윤문경의 산술평균에 의하여 보정하였고, 그 값은 Table 12에서 평균값으로 나타내었다. 한편 아직 윤문경이 없는 즉 0<sup>+</sup>세 개체군(1세 미만 group)의 평균각고(SH)는 4.67 cm로 나타났다.

#### 라. 성장식의 추정

각 윤문형성시의 계산각고를 이용하여 von Bertalanffy 성장식을 적용한 해가리바의 성장식을 계산한 결과,

$$SH_t = 13.25 (1 - e^{-0.5103(t+0.2598)}) \dots\dots\dots (3)$$

로 추정되었다 (Fig. 11). 그리고 각고와 전중량과의 관계는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$TW = aSH^n \dots\dots\dots (4)$$

(단, TW: 전중량, SH: 각고, a: 상수)

각고 1 cm 마다의 각고계급별 평균전중량을 구하여 (4)식에 적용시켜 각고와 전중량의 회귀식을 구한 결과는 Fig. 7과 같이

$$TW = 3.1919 \times 10^{-5} SH^{3.1595} \dots\dots\dots (5)$$

으로 나타났다.

Table 12. Mean value and standard deviation of ring radius in each ring group of *Amusium japonicum japonicum*

Ring group	Number of sample	Ring radius (cm), SD (cm)				
		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	
0+	60	4.67 (0.94)				
I	7	6.86 (0.66)				
II	16	6.61 (0.80) 9.83 (1.00)				
III	49	6.34 (0.84) 9.41 (0.78) 11.23 (0.58)				
IV	11	6.17 (0.74) 8.93 (0.82) 10.99 (0.65) 12.16 (0.47)				
Total	143	Mean	6.50 (0.76)	9.39 (0.87)	11.11 (0.62)	12.16 (0.47)

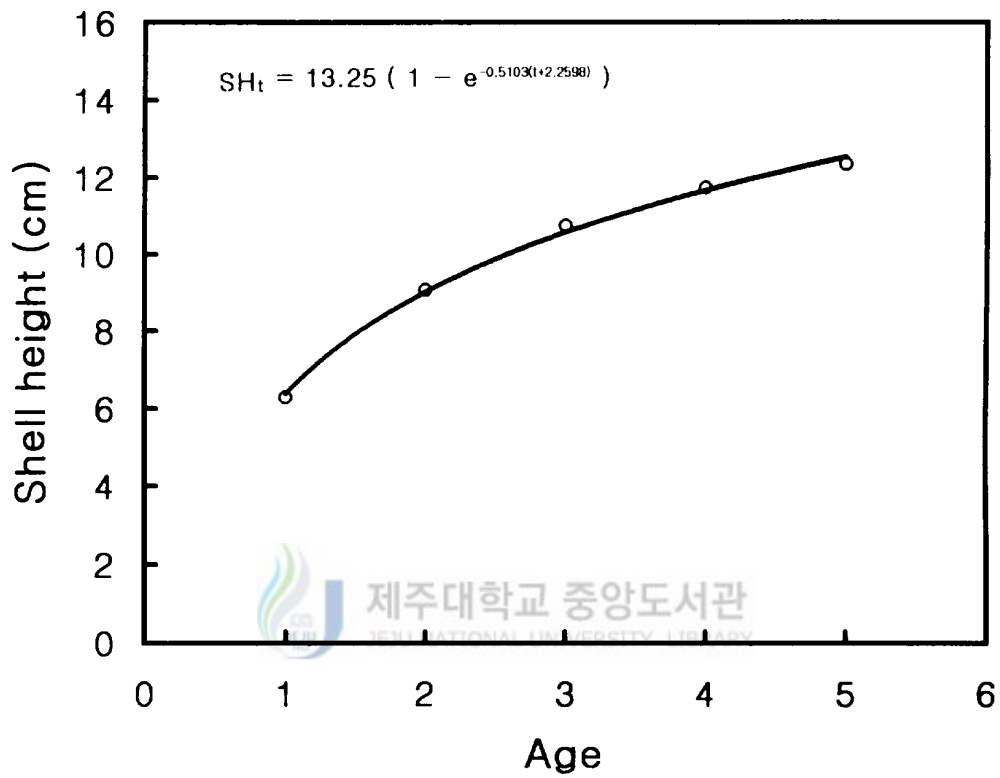


Fig. 11. Calculated growth curve of shell height by Bertalanffy's equation for *Amusium japonicum japonicum*.

상기 각고 및 전중량 관계식에 윤문형성시의 계산 각고를 대입하면 Table 13에 나타난 바와 같이 윤문형성시의 계산 전중량이 구해진다. 또한  $SH_{\infty}$ 값을 각각 대입하면 이론적인 최대각고 때의 전중량이 얻어지므로 이렇게 얻어진 값이 이론적인 최대전중량( $TW_{\infty}$ )이 된다. 따라서 von Bertalanffy의 전중량에 대한 성장식(Fig. 12)에 적용시킨 결과,

$$TW_t = 198.8 (1 - e^{-0.5103(t-0.2598)})^{3.1595} \dots\dots\dots (6)$$

(단,  $TW_t$ : t년의 전중량, t: 연령) 으로 각각 추정되었다.

따라서 연령별 이론적 각고 및 전중량은 Table 13에 나타내었다.

한편 연령형질을 통한 해가리비의 성장을 검토한 결과, 암.수의 성장차가 거의 비슷한 것으로 나타나 각고조성을 통한 해가리비의 성장 pattern과 어장내 가입을 분석하여 Fig. 13에 나타내었다. 1995년에 형망에 의해 어획된 해가리비의 각고조성을 보면 1월의 경우 각장 10 cm전후의 3세군에서 약 13 cm전후의 5세군이 주류를 이루고 있지만, 그림의 왼쪽과 같이 1996년도에 발생한 0<sup>+</sup>년생의 각장 3 cm전후의 치패도 나타나고 있으며, 소량이기는 하지만 각장 6 cm 전후의 1세군도 어획되어지고 있다.

전년 9월에 발생한 0<sup>+</sup>년생 group은 mode의 이행으로 보아 약 7개월 후인 4월에 각장 약 4 cm까지 성장하고 있는 것으로 추정된다. 4월에서 6월까지의 년중 가장 빠른 성장을 보이면서 6월에는 중심 mode가 약 5.5 cm까지 빠르게 이행되고 있다. 그러나 6월 이후에 동 0<sup>+</sup>년생 group은 성장이 정체되고 있다. 그리고 발생 후 만 1년이되는 9월경에는 각장 약 6.5 cm로 성장되는 것으로 추정된다. 동 0<sup>+</sup>년생 group은 춘계에서 하계에 이르는 기간 동안 어획이 잘 이루어지고 있으나 동계에 있어서는 거의 어획이 이루어 지지않고 있다. 그러나 3월의 경우처럼 6 cm전후의 치패는 0<sup>+</sup>년생 group의 mode이행과 산란기 및 인공종묘의 성장등을 고려할 때 1993년 발생군으로 판단된다. 4세군 이상에서의 성장은 매우 느리게 나타나고 있으며, 아울러 수중활동에 의한 패각연변부의 훼손이 생길 경우 성장 pattern을 알아내기 어렵다.

Table 13. Calculated values shell height( $SH_t$ ) and total weight ( $TW_t$ ) at the time of each ring formation and at each age *Amusium japonicum japonicum*

	Number of rings or age				
	1	2	3	4	5
$SH_t$ (cm)	6.28	9.07	10.74	11.74	12.34
$TW_t$ (g)	18.82	59.99	102.36	135.77	158.98



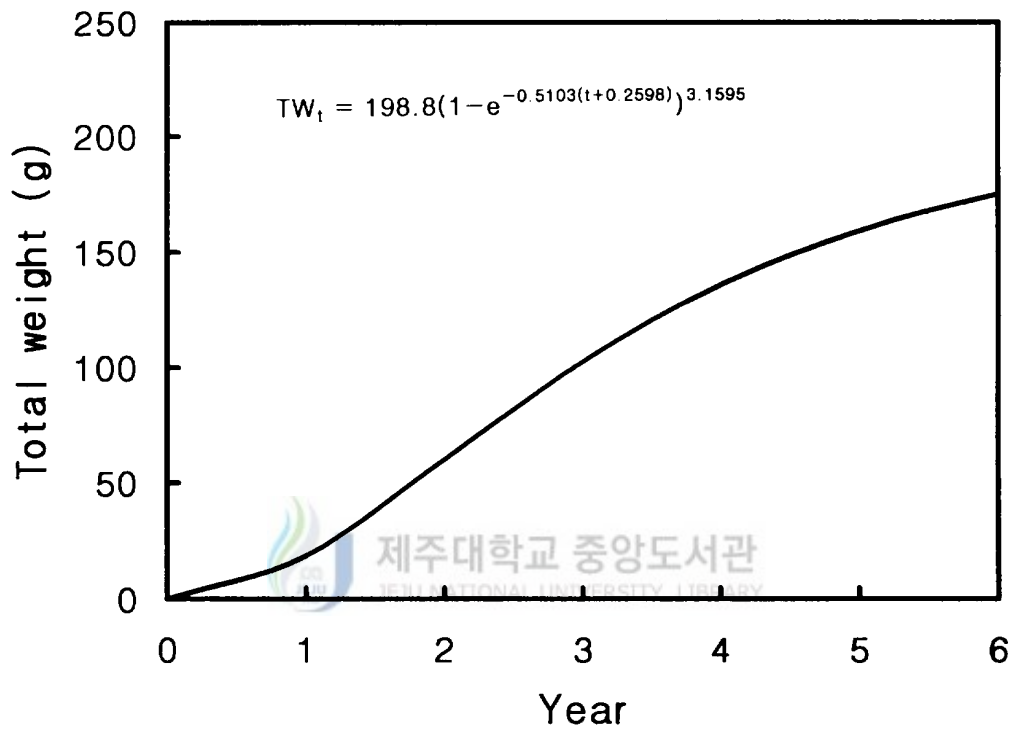


Fig. 12. Growth curve of total weight calculated by Bertalanffy's equation.

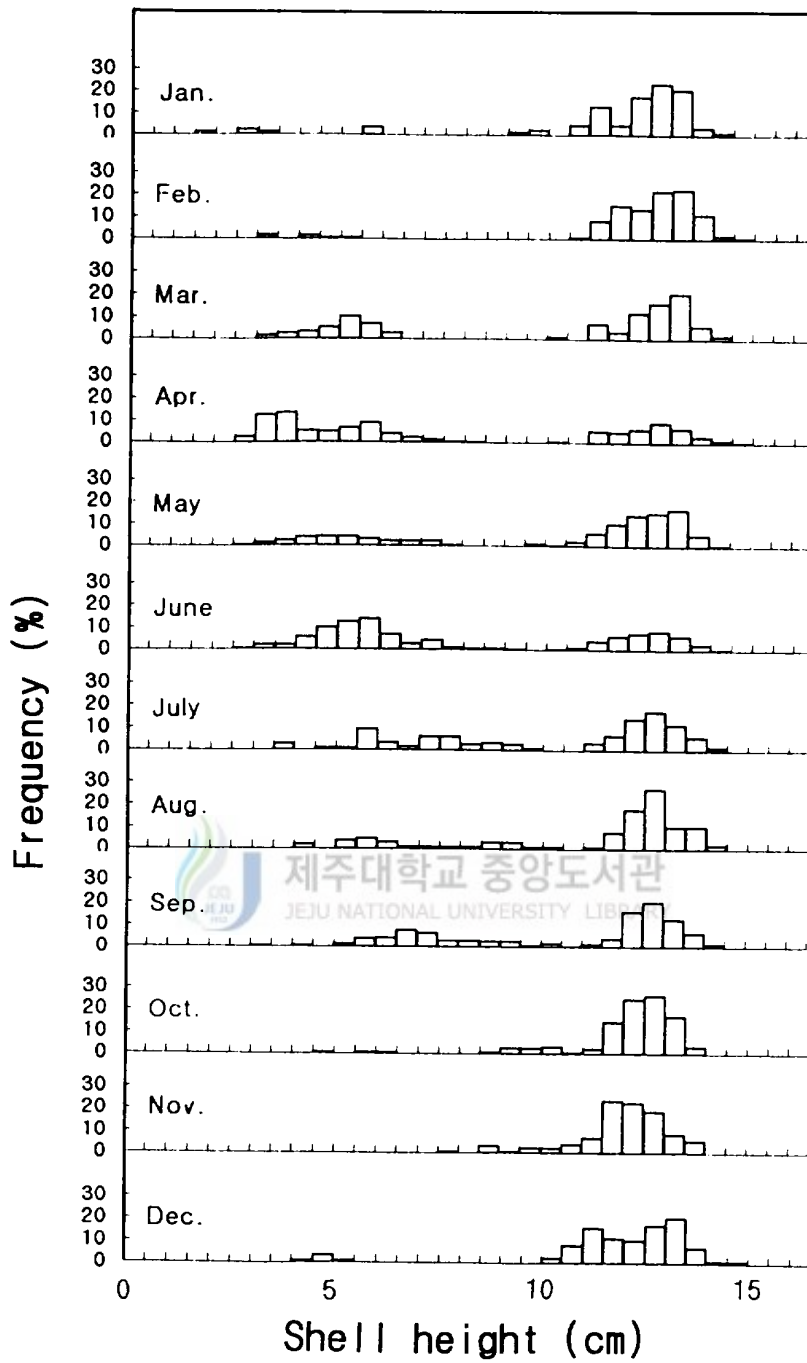


Fig. 13. Monthly size frequency distribution of *Amusium japonicum japonicum*.

## 5. 수온과 염분에 대한 내성

해가리비의 수온에 대한 내성을 조사하기 위하여 5, 10, 15, 20, 25, 30℃의 6단계로 구분한 실험구에서 경과시간에 따른 각 수온 실험구별 생존율은 Table 14와 같다. 5℃에서는 패각을 닫고 개폐활동을 전혀 하지 않았으며 4시간 후에는 50%가 생존했으나, 8시간 경과시에는 전량 폐사하였다. 수온 10℃에서는 4시간이 경과하면서 가리비 외투막이 패각에서 일부분이 분리되면서 폐사하기 시작하여 12시간 이후에는 전량폐사하였다. 수온 15, 20 및 25℃에서는 폐사개체가 발생하지 않았지만 수온 15℃에서는 20 및 25℃에 비해 대부분의 개체가 섬모가 안쪽으로 움추려 들었고 활발한 활동을 볼 수 없었다. 수온 30℃에서는 8시간 까지는 섬모 등이 활발히 움직이는 왕성한 활동을 보였으나 이후 시간이 경과하면서 성체(10 cm 이상)에서부터 외투막이 패각과 분리되기 시작하여 16시간 이후에는 60%가 폐사하였고 20시간 후에는 전량 폐사하였다.

염분을 10, 15, 20, 25, 30‰의 5단계로 나눈 실험구에서 경과시간에 따른 해가리비의 생존율은 Table 15와 같다. 염분 10‰에서는 수온 10분 후에 아가미 조각들이 몸체에서 떨어져 나왔고, 20분이 지나면서 외투막이 패각에서 분리되기 시작하였으며, 45분에는 전량 폐사하였다. 염분 15‰ 역시 10‰에서와 비슷한 결과를 보여 실험 1시간 후에는 전량 폐사하였다.

염분 20‰ 실험구에서는 4시간까지는 섬모가 패각 안쪽으로 움추려 있었고 개폐활동등 움직임은 활발하지 않았지만 폐사개체는 없었다. 이후 시간이 경과 하면서 8시간 후에는 성체에서부터 외투막이 패각에서 분리되는 현상이 나타나면서 폐사하기 시작하여 12시간 후에는 60%가 폐사하였고, 20시간 경과 후에는 전량 폐사하였다. 25‰에서는 12시간이 경과할때까지는 폐사개체가 없었고, 24시간 후에는 성체에서 20%의 폐사가 발생하여 80%의 생존율을 나타냈다. 30‰에서는 정상적인 활동을 보였다.

Table 14. Survival rate of *Amusium japonicum japonicum* reared under various water temperature regimes in laboratory

Time (hr.)	Water temperature (°C)					
	5	10	15	20	25	30
0	100	100	100	100	100	100
4	50	100	100	100	100	100
8	0	60	100	100	100	100
12		0	100	100	100	90
16			100	100	100	40
20			100	100	100	0
24			100	100	100	0

Table 15. Survival rate of *Amusium japonicum japonicum* reared under 20°C, various conditions of salinity regimes in laboratory

Time (hr.)	Salinity (‰)				
	10	15	20	25	30
0	100	100	100	100	100
4	0	0	100	100	100
8			60	100	100
12			40	100	100
16			20	90	100
20			0	90	100
24				80	100

## 6. 생식 주기

### 가. 생식소의 외부 형태와 구조

해가리비는 자웅이체로서 Fig. 14에서 보는 바와 같이 생식소는 폐각근의 우측 전방에 소화맹낭 및 위와 분리되어 혀모양으로 내장낭의 대부분을 차지하고 있다. 성 성숙이 진행되면 생식소가 비대해지며 암컷은 황적색, 수컷은 유백색을 띤다. 생식소의 내부구조는 암수 다같이 소관상(小管狀)으로 분기한상 구조이고 소낭과 소낭사이에 원주섬모 상피로 구성된 수란관들이 분포하며 장관의 일부가 생식소 내부에 함입되어 있다.

### 나. GSI의 월변화

해가리비의 월별 GSI의 변화를 보면 Fig. 15와 같다. 암수모두 2월부터 감소하기 시작하여 수컷은 6월에 2.45로 최저치를 나타냈고, 암컷은 5월에 3.44로 최저치를 나타냈다. 수컷은 7월 이후 GSI가 증가하기 시작하여 11월에 14.98의 최고치를 보였고, 12월에는 8.31로 감소한 후 6월에 최저가 되었다.

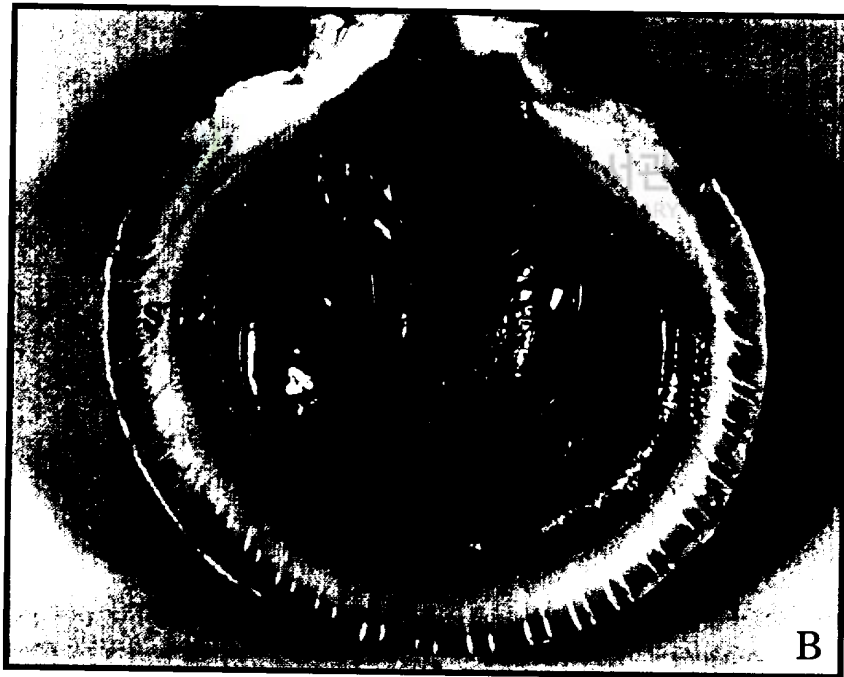
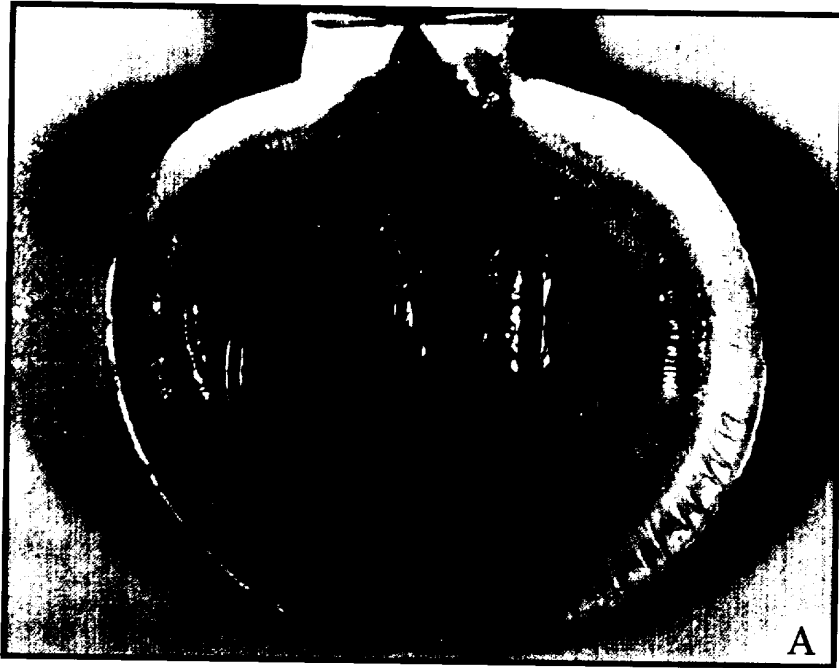
암컷은 6월부터 증가하기 시작하여 8월에 10이상으로되어 11월에 22.17의 최고치를 보이면서 이때부터 실내에서 실시하는 인공 산란유발 자극에 반응하는 개체가 많았던 것으로 보아 자연에서도 산란이 시작되는 시기로 추정된다. 12월에는 9.94로 감소한 후 5월에 최저가 되었다.

### 다. 난경의 월변화

알의 성숙상태를 조사하기 위하여 난경을 10  $\mu\text{m}$  크기 간격으로 구간을 설정하여 상대적 출현빈도로 나타낸 결과는 Fig. 16과 같다. 2월부터 난경 10  $\mu\text{m}$ 의 초기 난모세포들이 출현하기 시작하여 5월까지 계속 증가하였고, 7월에

---

Fig. 14. Structure of *Amusium japonicum japonicum*. A, female; B, male; AM, adductor muscle; F, foot; G, gill; GO, gonad; M, mantle; S, stomach; ST, sensory tentacle; V, velum.



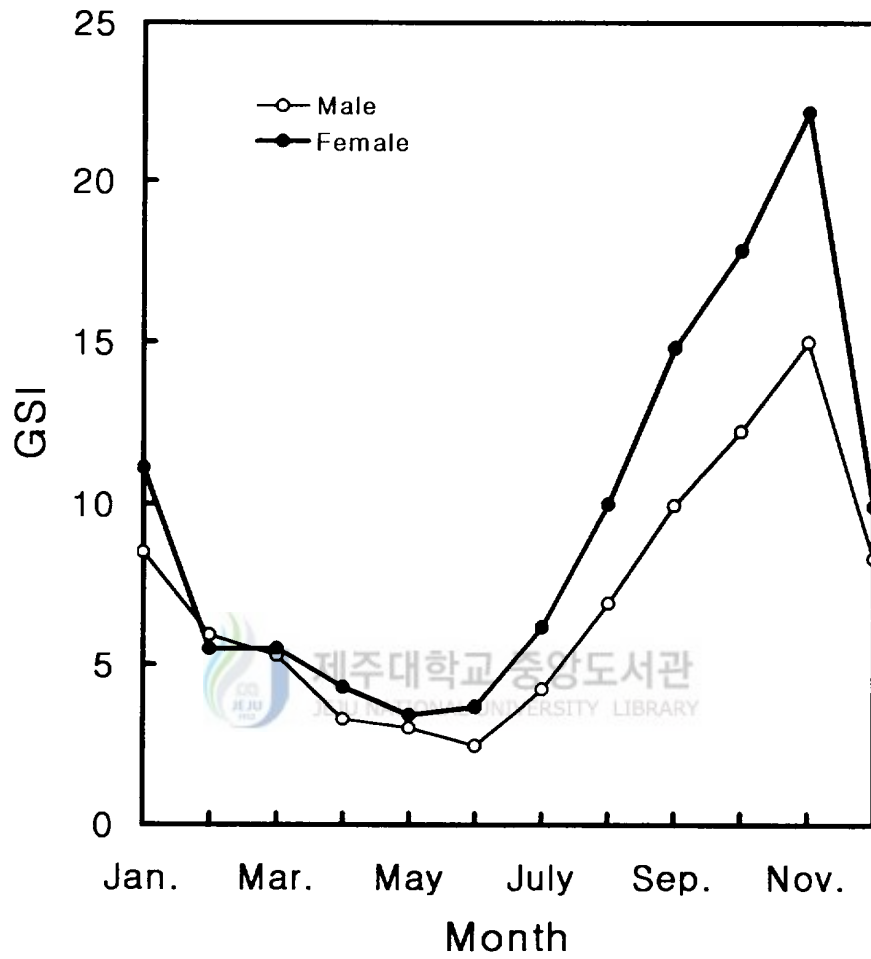


Fig. 15. Monthly variation of GSI of *Amusium japonicum japonicum*.



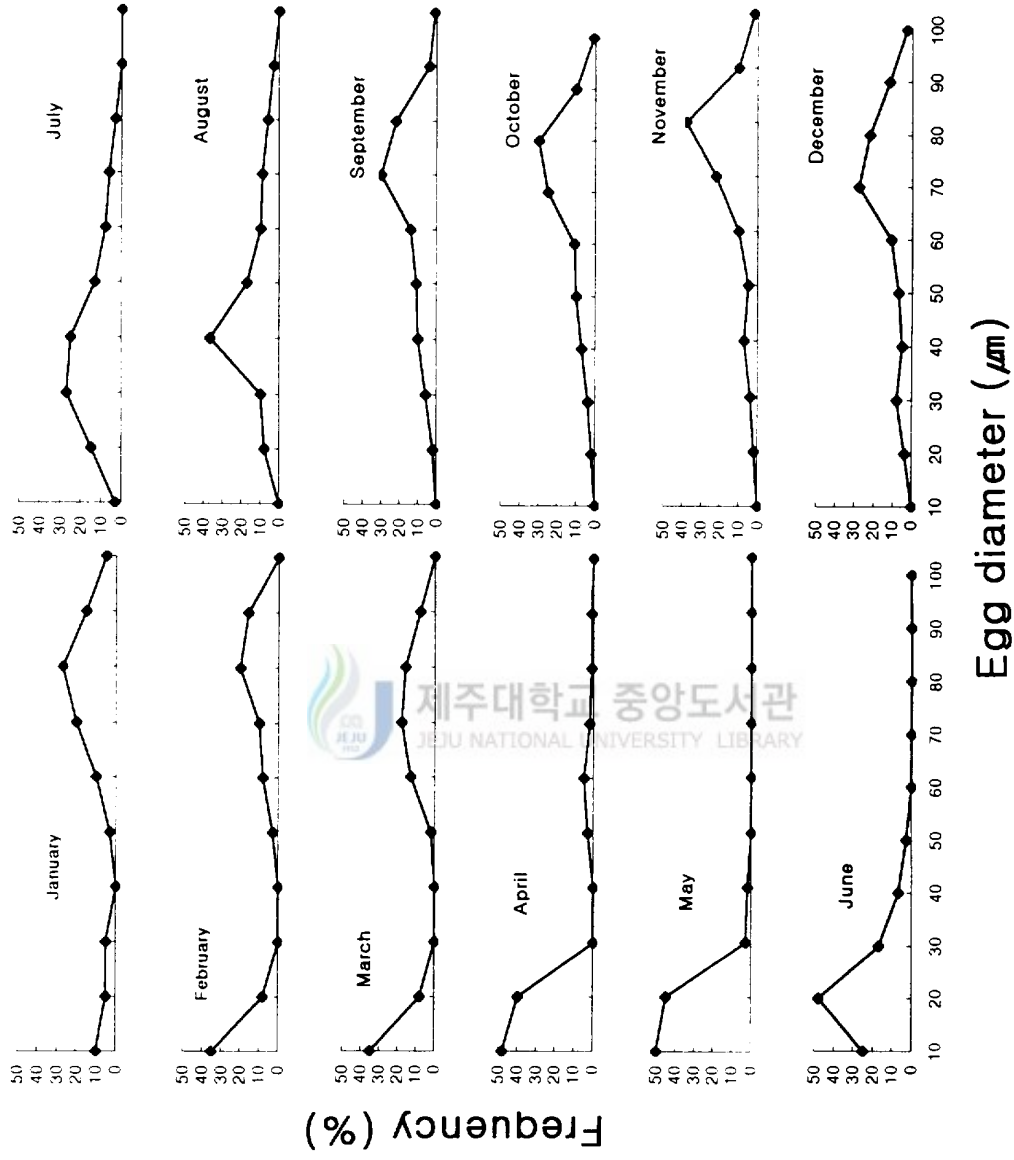


Fig. 16. Monthly change of egg diameter of *Amusium japonicum japonicum*.

는 30~40  $\mu\text{m}$  크기의 난모세포가 52%였고, 9월에 급격히 성장하여 70~80  $\mu\text{m}$ 의 성숙란이 52%였다. 10월부터 성숙란의 출현은 더욱 증가하여 11월에는 84%로 가장 많이 출현하였으며 이후 점차 감소하였다.

## 라. 생식주기

난생식소의 외부형태 및 구조, 비만도, 그리고 생식소 조직표본의 현미경 관찰을 통한 생식세포 형성과정을 종합하여 해가리비의 생식주기를 분석한 결과, 암·수 각각 분열증식기, 성장기, 초기성숙기, 성숙기, 완숙기, 방출기, 회복기 및 휴지기의 8단계로 구분할 수 있었다(Fig. 17, 18).

### 1) 분열 증식기 (multiplicative stage)

주로 4~6월에 관찰되며 암컷에서는 간층직 조직사이로 작은 난소소낭이 관찰되고, 소엽형태를 따라 난원세포(oogonia)들이 분열증식하는 시기이다(Fig. 17-A). 수컷에서는 정소소낭 상피세포층의 생식상피들로부터 정원세포들이 분열 증식하고 일부 정모세포로 발달하는 분열증식기의 정소(Fig. 18-A)가 나타났다.

### 2) 성장기 (growing stage)

6~8월 사이의 암컷은 난소의 발달과 함께 난소 소낭자체도 신장발달하고 소낭내 40~60  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포(oocyte)로 성장한다(Fig. 17-B). 수컷에서는 정소의 발달과 함께 신장된 정소소낭내에 정모세포군이 수적 증가를 보이며 성장하였다(Fig. 18-B).

### 3) 초기 성숙기 (early mature stage)

이 시기는 주로 8~9월에 나타나며 암컷에서는 난세포질내 난황물질의 축적이 시작되는 성숙초기의 난소로 이때에 난모세포의 난경은 60~70  $\mu\text{m}$ 였으며(Fig.

17-C), 수컷은 초기 성숙기 정소로 소낭내에는 외층으로부터 정모세포에서 내층으로 갈 수록 정세포와 소수 변태중인 정자들도 관찰되고 있다(Fig. 18-C).

#### 4) 성숙기 (mature stage)

암컷에서는 난경 70  $\mu\text{m}$ 이상의 성숙기 난소로 난세포질 내에는 다량의 난황물질이 축적되고 외층으로 젤라틴 성분의 막이 형성되었으며(Fig. 18-D), 수컷은 완숙기 정소로 소낭내에는 변태를 마친 정자들로 가득차 있다(Fig. 18- D).

#### 5) 완숙기 (ripe stage)

시기적으로 10~11월에 일어나며 암컷에서는 완숙상태의 난소조직으로 난소 소낭내에는 난경 70  $\mu\text{m}$ 이상의 완숙란들이 가득차 있다(Fig. 17-E). 수컷에서는 완숙기 정소로 소낭내에는 변태를 마친 정자들로 가득차 있다(Fig. 18- E).

#### 6) 방출기 (spawning stage)

암컷에서는 주로 11~1월 경에 일어나며 산란 후 난소조직으로 소낭내에 가득차 있던 성숙란들이 빠져나가서 빈 공간에 산란 흔적을 남기며 소수 성장발달중인 잔존 난모세포도 관찰된다(Fig. 17-F). 수컷에서는 방정으로 인하여 소낭내 밀집되어 있던 정자들이 빠져나가 방정 흔적을 보이는 방정기 정소상태를 보인다(Fig 18-F).

#### 7) 회복기 (degenerative stage)

암컷에서는 산란 후 잔존 난모세포의 퇴화 흡수와 함께 소낭 자체도 위축, 퇴화되고 주변 간층직 조직이 발달하는 퇴화 휴지기를 보이며, 이 상태는 2~3월에 관찰되었다(Fig. 17-G). 수컷에서는 퇴화 흡수기 정소로 소낭내는 소수 잔존 정자들이 흡수되고 있으며 소낭자체도 위축되고 주위 간층직 조직이 매

우 발달되고 있다(Fig. 18-G).

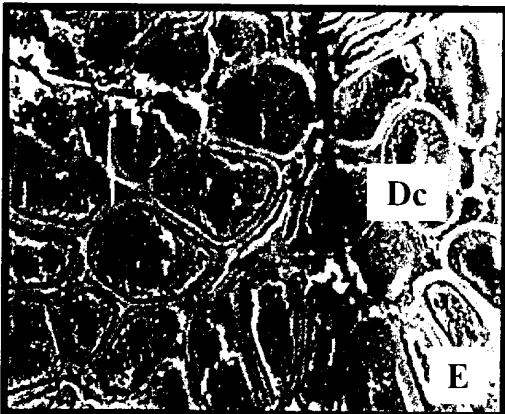
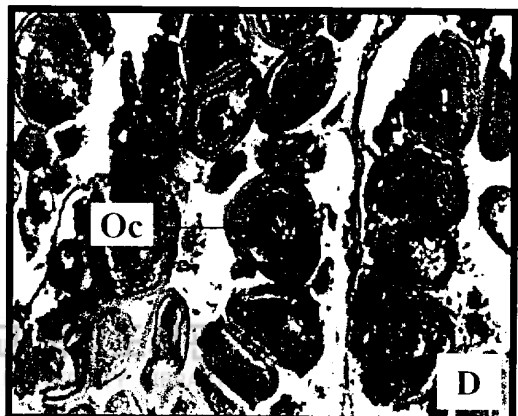
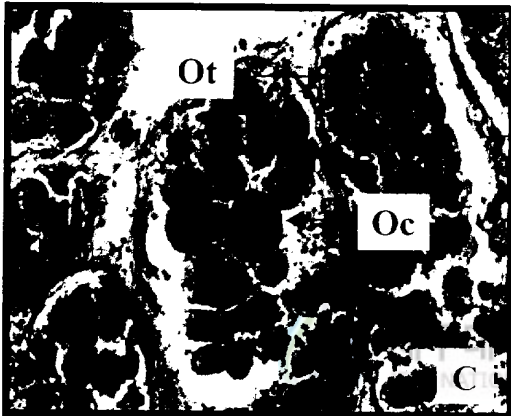
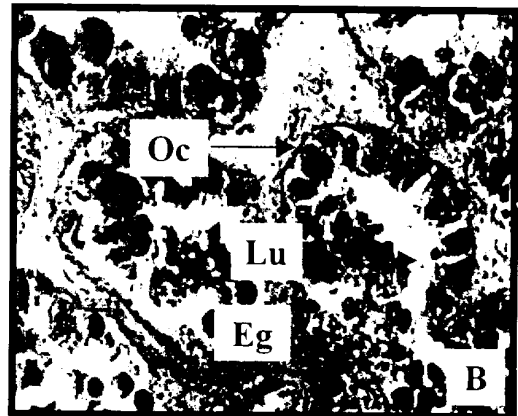
#### 8) 휴지기 (resting stage)

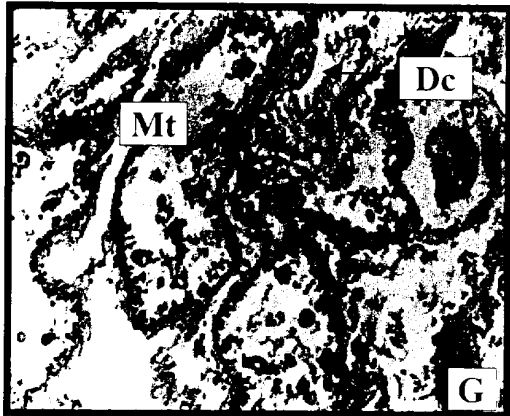
주로 이시기는 3~4월로서 암컷에서는 휴지기 난소로 소낭내 생식세포들은 거의 다 흡수되어 소낭은 위축되고, 주변 간충직은 비후된 상태로 휴지기를 지난다(Fig. 17-H). 수컷은 휴지기 정소로 소낭도 극히 위축되고 소낭내 생식세포는 거의 흡수되고 없으며 주변 간충직 조직이 발달한 상태이다(Fig. 18-H).

#### 마. 생물학적 최소형

해가리비의 생물학적 최소형을 밝히기 위하여 육안적으로 성숙여부를 판단하기 어려운 10 cm미만의 개체를 체급별로 분류하여 검경한 결과는 Table 16과 같다. 각장 88.3 mm에서 수컷 성숙개체를 최초 발견하였고, 각장 85~90 mm체급에서는 12개체를 조사한 결과 5개체(♂:3, ♀:2)가 성숙되었다. 각장 90~95 mm 체급에서는 암컷 8개체와 수컷 4개체가 성숙되었다. 또한 각장 95~98 mm 크기에서도 13개체를 조사한 결과 13개체(♂:6, ♀:7) 모두 성숙기 단계에 있는 것으로 판별되었다. 생식소의 검경 결과로부터 성숙이 확인된 크기를 중심으로 실제 방란·방정이 될 수 있는지를 확인하기 위하여 산란성기인 11월에서 12월 사이에 채포된 각장 90.0 mm 내외의 암컷 18마리와 수컷 14마리를 대상으로 산란 유발자극을 실시하였다. 30분간 간출자극과 수온상승 자극을 병행 실시하였을 때 암컷은 4마리, 수컷은 6마리가 각각 방란·방정하는 것을 확인 할 수 있었다. 이 결과로 볼 때 해가리비의 암·수 성숙은 각장 90 mm 전후에서 이루어지는 것으로 생각된다.

Fig. 17. Transverse section of the ovary of *Amusium japonicum japonicum*. A, the multiplicative stage; B, the growing stage; C, the early mature stage; D, the mature stage; E, the ripe stage; F, the spawning stage; G, the degenerative stage; H, the resting stage(scale bar=50  $\mu$ m); Dc, degenerating oocyte; Eg, eosinophilic granule; Lu, lumen; Mt, mesenchymal tissue; Oc, oocyte; Og, oogonia; Ot, ovarian tube.

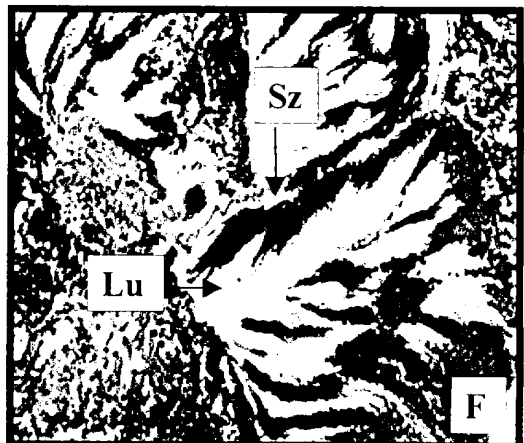
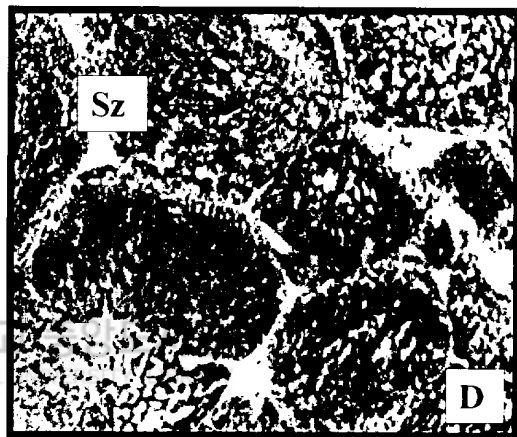
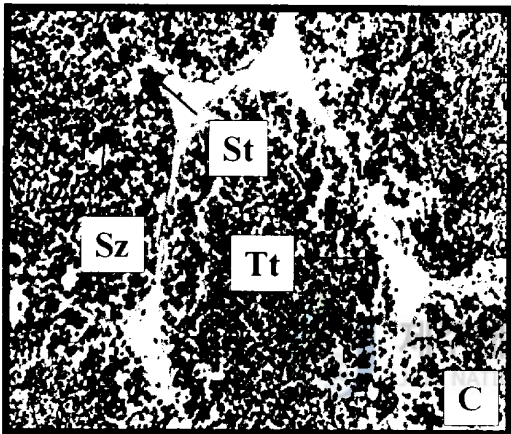




---

Fig. 18. Transverse section of the testis of *Amusium japonicum japonicum*. A, the multiplicative stage; B, the growing stage; C, the early mature stage; E, the ripe stage; F, the spawning stage; G, the degenerative stage; H, the resting stage(scale bar=50  $\mu m$ ); Dz, degenerating spermatozoa; Lu, lumen; Sc, spermatocyte; Sg, spermatogonia; St, spermatid; Sz, spermatozoa





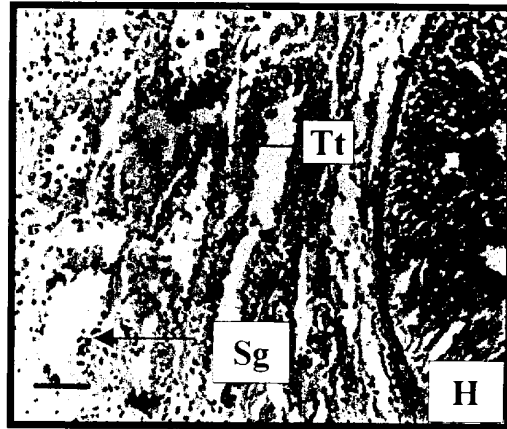
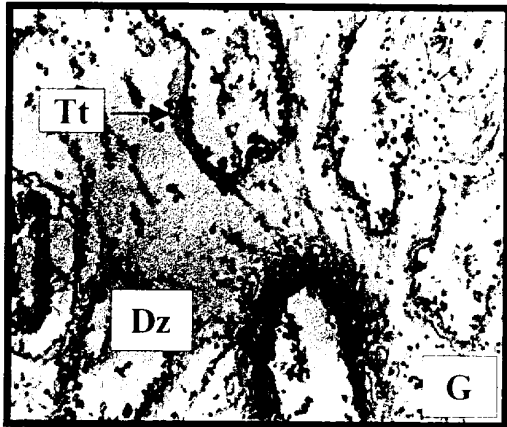


Table 16. Shell length of *Amusium japonicum japonicum* at the time of maturity

Shell length(mm)	Number of shells	Number of matured shells
20~40	12	-
40~60	18	-
60~70	9	-
70~80	14	-
80~85	10	-
85~90	12	5(♀:3, ♂:2)
90~95	12	12(♀:8, ♂:4)
95~98	13	13(♀:6, ♂:7)
Total	100	30

## 7. 자연채묘

### 가. 유생조사

유생조사 결과 법환수역은 9월하순부터 200  $\mu\text{m}$ 이하의 D형유생이 보이기 시작하여 가장 많이 나타난 것은 10월 하순에 11개체/톤 이었으며, 11월 하순에는 D형 유생을 발견하지 못했다. 200  $\mu\text{m}$ 이상의 각정기 유생은 10월 중순부터 보이기 시작하여, 11월하순까지 나타났고 11월 상순에 10개체/톤로서 가장 많이 출현 하였다. 강정수역의 경우 법환수역보다 약 10일이 빠른 9월 중순부터 200  $\mu\text{m}$ 이하의 D형유생이 출현하기 시작하여 9월 하순부터 10월 하순까지는 7~8개체가 나타났다. 11월 중순부터는 D형유생이 보이지 않았고, 200  $\mu\text{m}$ 이상의 각정기 유생은 10월 상순부터 11월 하순까지 꾸준히 2~6개체/톤 가 출현하였다(Table 17).

### 나. 채 묘

해가리비 자연채묘를 위하여 제주도 서귀포시 법환수역에서 1995년 10월에 자연채묘를 실시하여 1996년 10월까지 부착한 치패의 종과 부착량은 Table 18과 같다. 월별 해가리비의 부착이 확인된 것은 10, 11, 12월이었으며, 채묘기의 부착량은 대단히 적어서 채묘기 20개당 3개체 정도가 부착하였다.

해가리비 치패와 함께 채묘기에 부착된 패류는 모두 14과 20종이었으며, 가장 많이 부착한 종은 가리비과로서 짝귀비단가리비 *Chlamys irregularis*, 국자가리비 *Pecten (Notovora) albicans* 및 *Decatopecten striatus*의 3종이 나타났다으며, 그중 짝귀비단가리비가 가장 많은 양을 보였다. 그밖에 진주조개과, 꼬막조개과, 개오지과 및 홍합과에 속하는 패류들이 각 2종씩 출현하였다. 주출현종은 짝귀비단가리비, 새꼬막 *Scapharca subcrenata*, 키조개 *Atrina pectinata japonica*, *Pteria(Austropteria) breviaalata*, 진주조개 *Pinctata fucata*

*martensii*, 가는줄가리비 *Limaria hakodatenis*로서 이들 6종이 전체 부착치패의 90% 이상을 차지하고 있었다. 해가리비 주부착시기는 11~12월 이었고, 주부착수심은 18~21 m로 나타났다.

그외 주요 산업종인 진주조개, 키조개, 새꼬막 및 짝귀비단가리비의 부착성기 및 주 부착수심을 보면 부착성기는 진주조개가 7~8월이었고, 키조개는 9~10월, 새꼬막은 7~8월이었다. 진주조개, 키조개 및 새꼬막의 주 부착수심은 10~13 m로서 채묘기당 부착량은 평균 0.9, 4.3 및 12.3개체로 각각 나타났다. 짝귀비단가리비의 부착성기는 6~7월이었고, 수심 18~21 m에서 채묘기당 129.4개체로 가장 많은 부착량을 보였다. 주요 패류의 수심별 채묘기당 부착량을 보면 Fig. 19와 같다.



Table 17. Occurrence of the D-shaped larvae survey of *Amusium japonicum japonicum*

Date	Size	Site			
		Popwan		Kangjung	
		>200 $\mu\text{m}$	<200 $\mu\text{m}$	>200 $\mu\text{m}$	<200 $\mu\text{m}$
	1 ~ 10	-	-	-	-
Sep.	11 ~ 20	-	-	3	-
	21 ~ 30	3	-	7	-
	1 ~ 10	6	-	8	2
Oct.	11 ~ 20	7	3	7	2
	21 ~ 30	11	5	8	5
	1 ~ 10	3	10	3	6
Nov.	11 ~ 20	2	5	-	5
	21 ~ 30	-	3	-	2

Table 18. Number of the spats of *Amusium japonicum japonicum* collected in Sogwipo coastal area

Species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Amusium japonicum japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlamys irregularis</i>	-	-	-	*	**	****	***	**	-	-	-	*
<i>Pecten (Notovora) albicans</i>	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	-	-
<i>Decatopecten striatus</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
<i>Limaria hakodatensis</i>	-	-	-	*	**	**	**	**	*	-	-	-
<i>Pleria (Austropteria) brevilata</i>	-	-	-	-	*	**	**	**	*	-	-	-
<i>Pinctata fucata martensii</i>	-	-	-	-	*	**	**	**	*	-	-	-
<i>Atrina pectinata japonica</i>	-	-	-	-	-	-	*	**	**	**	*	-
<i>Scapharca subcrenata</i>	-	-	-	-	*	**	**	**	*	-	-	-
<i>Bentharca xenophoricola</i>	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyperas bemandi pilsbryi</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kellia porculus</i>	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-
<i>Cypraea (Ponda) vitellus</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erocaria bojvini kieneri</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	*	-	-	-
<i>Trivirostra oryza</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Halaea japonica</i>	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neptunea arthritica cumingii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
<i>Cantharidius callichroacallichroa</i>	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-
<i>Mvtilus edulis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
<i>Modiolus modiolus difficilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*

\*: 10< ind., \*\* : 10~50 ind., \*\*\* : 50~100 ind., \*\*\*\* : >100 ind.

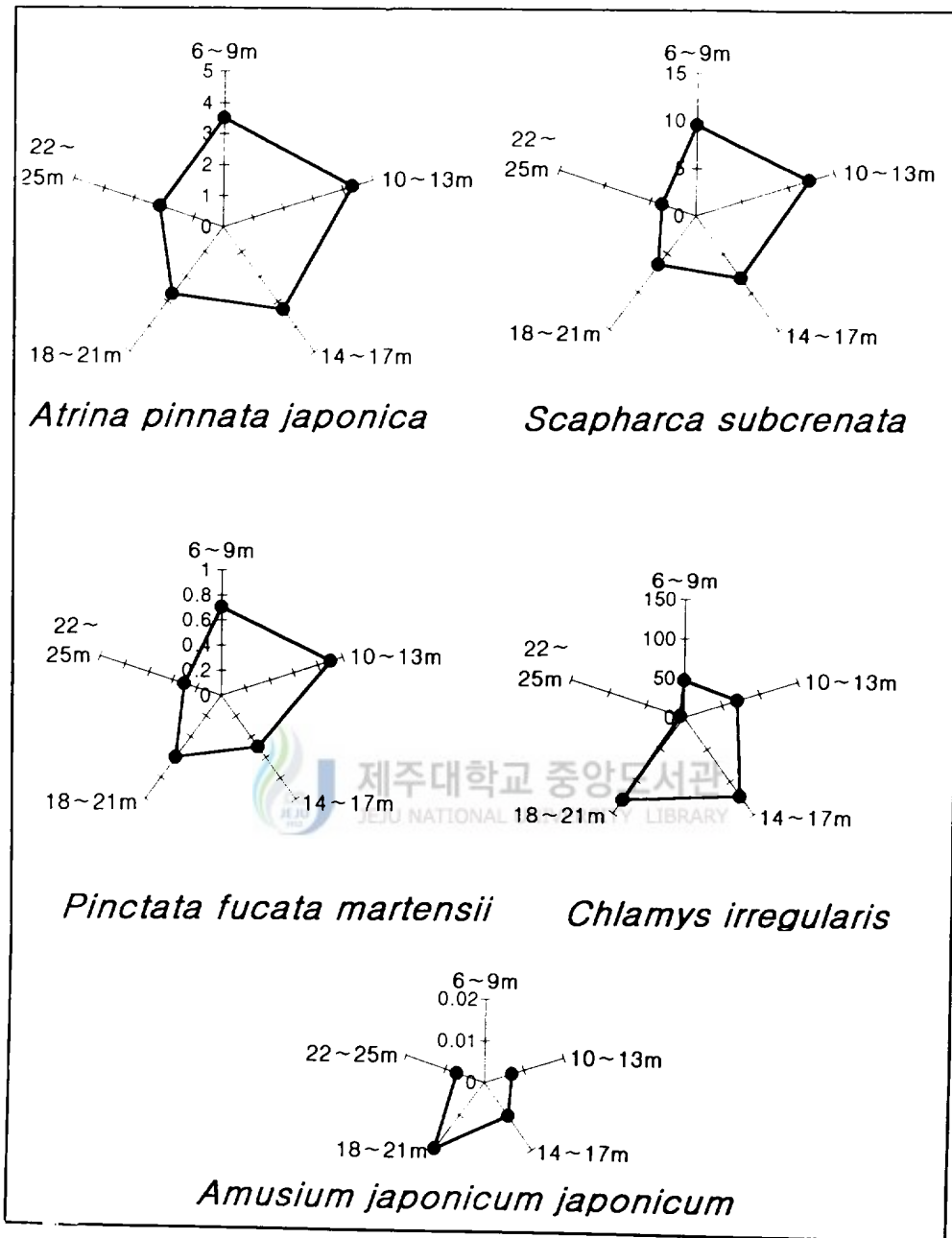


Fig. 19. Variation of attachment per collector in various depth of hanging.



## 8. 인공종묘생산

### 가. 산란유발

가온자극법과 동시에 간출자극, 자외선을 쬐 해수자극을 병행하여 실시한 해가리비의 산란유발 결과는 Table 19와 같다. 암수 방란·방정 유발률은 온도상승 자극방법에서 64.8~91.5%로 높게 나타났다. 온도상승 자극과 간출자극을 병행하여 실시한 방법에서는 52.4%, 가온자극과 자외선을 쬐 해수 자극방법을 병행한 방법은 56.3%로서 온도상승 자극방법에 비하여 낮은 방란·방정 유발률을 나타냈다. 온도상승 자극의 경우 산란유발 반응수온은 사육수온 16.3~18.3℃에서 3.1~8.5℃ 상승시킨 21.4~24.8℃에서 반응하였으며 모든 산란 유발자극 실험에서 암수별 평균반응률을 비교해 보면 수컷이 86.7%로서 암컷의 45.4%보다 현저하게 높았다. 5회에 걸쳐 산란유발실험 결과 개체당 산란수는  $6.9\sim 11.2\times 10^5$  범위였으며 개체당 평균산란량은  $9.2\times 10^5$ 개 였다.

방란·방정 행동을 보면 패각의 개폐활동을 간헐적으로 하면서 배설물을 배출하다가 후이부와 후패각근 사이의 오목한 부분을 통하여 초기에는 가는 연기모양으로 서서히 방란·방정이 일어나기 시작하여 점차 패각을 세차게 개폐하면서 3~5회에 걸쳐 물을 세차게 품어내며 많은 양의 알과 정자를 방출하였다. 대부분의 경우 수컷의 방정이 먼저 일어나며 정자는 하얗고, 알은 분홍색을 띤다. 알은 분리 침성란이었다. 27.2℃ 정도의 높은 수온에서 강한 자극에 의하여 산란된 알은 점액질에 싸여 방출되었고 대부분 미숙란이었다.

Table 19. Results of induced spawning in *Amusium japonicum japonicum*

Date	Number of the adults			Methods of stimulation	Number of the spawning shells			Responded rate		Number of eggs ( $\times 10^6$ )	
	♀	♂	Total		♀	♂	Total	♀	♂		Mean
Nov. 2, 1995	21	15	36	A	12	14	26	57.1	93.3	75.2	9.9
Nov. 11,	25	13	38	E+A	7	10	17	28.0	76.9	52.4	4.8
Nov. 16,	52	15	67	UV+A	17	12	29	32.7	80.0	56.3	18.9
Nov. 27,	40	18	59	A	19	15	34	46.3	83.3	64.8	19.9
Nov. 6, 1996	53	10	63	A	44	10	54	83.0	100	91.5	39.9

A: artificial heating; E: exposure in the air; UV: sea water irradiated by ultraviolet.

## 나. 유생사육

수온 20℃ 내외에서 수정란과 부화유생의 초기발생은 수온 20℃ 내외에서 관찰하였으며, 그 결과는 Table 20, 21 및 Fig. 20, 21과 같다. 유생의 생존율은 Table 20에서 보인것과 같이 11월 2, 11, 16일 산란군은 D상 유생으로 변태 후 생존율이 급격히 낮아져 전량폐사하였다. 가온 사육한 1995년 11월 27일 산란유생은 수정 후 D상 유생까지는 10.4%가 생존하였으며, D상유생부터 부착 치패까지는 20%의 생존율을 보였다. 1996년 11월 6일 산란유생은 수정 후 D상 유생까지는 25.2%의 생존율을 나타냈으며, D상 유생부터 부착치패까지는 30%의 생존율을 보였다.

수정란의 크기는 약 72  $\mu\text{m}$ 였고, 수정 후 10분경에 제1극체가 출현하였으며 (Fig. 20-B) 이어서 제2극체가 출현하였다(Fig. 20-C). 수정 후 약 2시간이 지나면 2세포기(Fig. 20-D)로 되고, 5시간 후 4세포기(Fig. 20-E), 수정 8시간 후에 8세포기(Fig. 20-F)가 되었다. 수정 후 약 18시간이 경과하면서 자체적으로 미세한 움직임이 시작되면서 포배기에 이르고, 22시간 후에는 섬모환으로 회전운동과 더불어 상하운동 등 비교적 자유로운 유영활동을 하는 담륜자 유생(trochophore larva)으로 부화하였다(Fig. 20-H).

수정 후 40시간이 경과하면서 유각을 형성하기 시작하였으며, 45시간 후에는 각장 128  $\mu\text{m}$ 의 D상유생(Fig. 21-A)으로 되었다. 수정 7일 후에는 D상의 직선부가 점차 짧아 지면서 각장 152  $\mu\text{m}$ (Fig. 21-B)로 성장하며, 각정형성이 시작되었다. 각장 208  $\mu\text{m}$ (Fig. 21-C)의 크기로 성장한 수정 13일째에는 각정부가 더욱 뚜렷하여 졌다.

수정 17일째에는 각정부가 돌출하면서, 투명한 주연각이 형성되며 각장 크기는 232  $\mu\text{m}$ (Fig. 21-D)였고, 기질에 부착하는 개체가 보이면서 많은 개체가 폐사하였다. 이때부터 하각(우각)의 크기가 상각(좌각)에 비하여 넓게 나타나기 시작하여 수정 후 40여일(각장 900  $\mu\text{m}$ )이 될 때 상·하각의 넓이가 거의

함께 되었다. 수정 25일째에는 주연각이 더욱 성장하여 각장 400  $\mu\text{m}$ (Fig. 21-E)에 달하여 뚜렷하게 솟아있는 각정부위를 볼 수 있었다. 35일째에는 각장 700  $\mu\text{m}$ (Fig. 21-F)크기의 부착치패로서 족사가 형성된 것을 뚜렷이 관찰할 수 있었다. 그리고 족사는 점액질의 성질로서 약한 부착력을 갖고 부착하는 것으로 보인다. 수정 40일째에는 900  $\mu\text{m}$ 로 성장하였으며, 부착기질에서 탈락된 개체는 발을 패각밖으로 내어 활발한 움직임을 보였으며(Fig. 21-G), 이때 많은 개체가 탈락하여 수조 바닥에서 관찰되었다. 수정 45일이 경과하면서 가리비의 특징적인 형태를 갖추기 시작하여 족사가 형성되어 있는 각정부쪽에서 후이(後耳)와 크기가 다른 전이(前耳)를 관찰할 수 있으며, 이때의 각장과 각고가 1,300  $\mu\text{m}$ 로 각장과 각고의 크기가 거의 비슷하게 나타났다(Fig. 21-H). 수정 후 2일째인 초기 D상유생에서 30일째인 부착초기까지 측정한 부화 후 경과일수(X)에 따른 각장(SL)의 성장은 Fig. 22에 나타낸 바와 같이  $SL = 94.916e^{0.0720X}$  ( $r^2 = 0.9824$ )의 회귀직선식으로 표시할 수 있다.

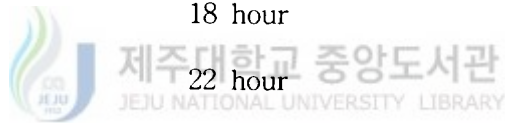


Table 20. Fertilization, hatching, and survival rates of the larvae of *Amusium japonicum japonicum*

Date	Number of eggs ( $\times 10^4$ )	Fertilized eggs	Fertilization rate (%)	Number of trochophore ( $\times 10^4$ )	Hatching rate (%)	Attached larvae	
						Number ( $\times 10^4$ )	Survival rate (%)
Nov. 2. 1995	982	757	77.1	31.8	4.2	-	0
Nov. 11.	485	307	63.5	10.8	3.5	-	0
Nov. 16.	1,890	1,413	74.8	42.4	3.0	-	0
Nov. 27.	1,986	1,728	87.0	179.7	10.4	35.9	20
Nov. 6. 1996	3,987	3,429	86.0	864.0	25.2	259.2	30

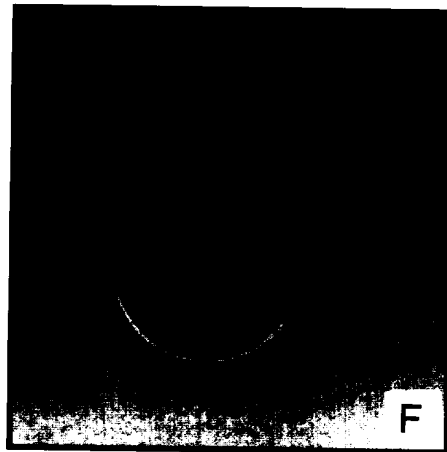
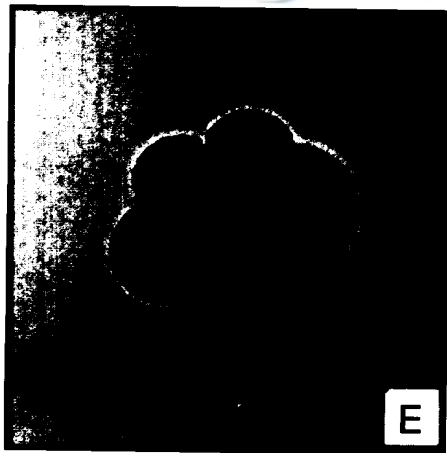
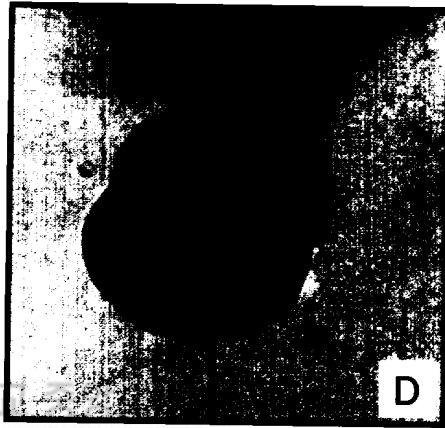
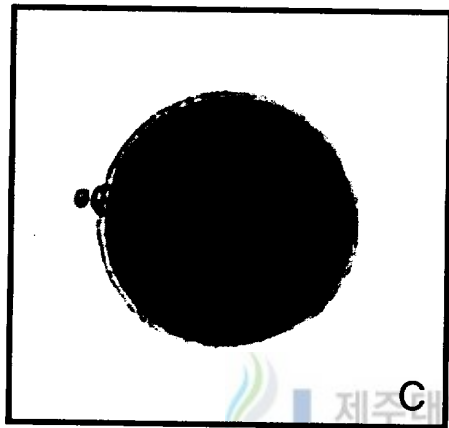
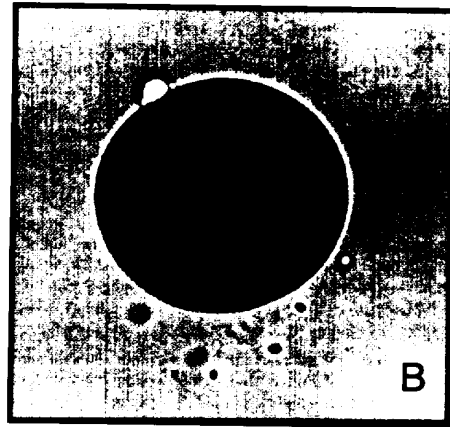
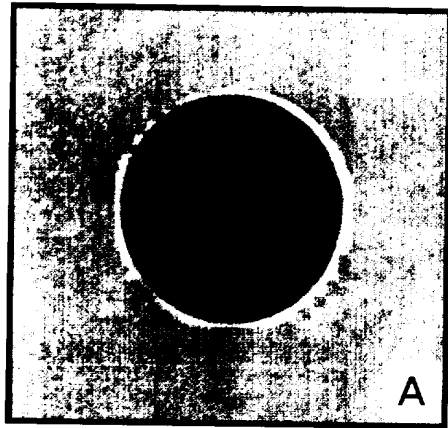
Table 21. Early development of *Amusium japonicum japonicum* at 20°C of water temperature

Stages	Elapsed time after fertilization	Size
Fertilized egg	0	72 $\mu\text{m}$
2 cells	2 hour	
4 cells	5 hour	
8 cells	8 hour	
Blastula	18 hour	
Trochophore	22 hour	
D-shaped larva	45 hour	124×96 $\mu\text{m}$
Umbo stage larva	9 days	166×142 $\mu\text{m}$
Full-grown stage larva	13 days	180×160 $\mu\text{m}$
Spat attached	17 days	232×204 $\mu\text{m}$



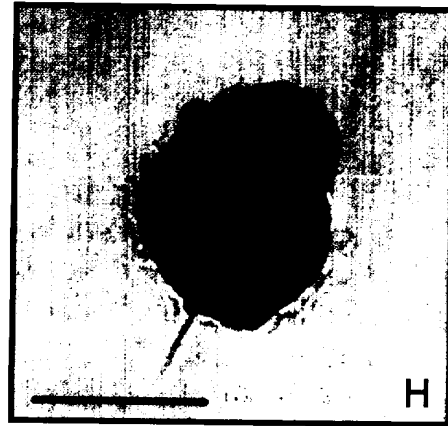
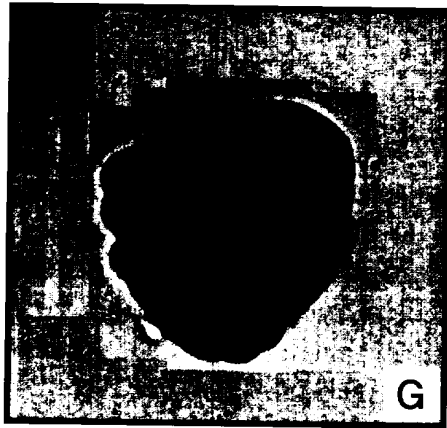
---

Fig. 20. Early development of *Amusium japonicum*. A, fertilized egg; B, 1st polar body; C, 2nd polar body; D, 2cells stage; E, 4cells stage; F, 8cells stage; G, morula stage; H, trochophore stage (scable bar= 50  $\mu$ m).



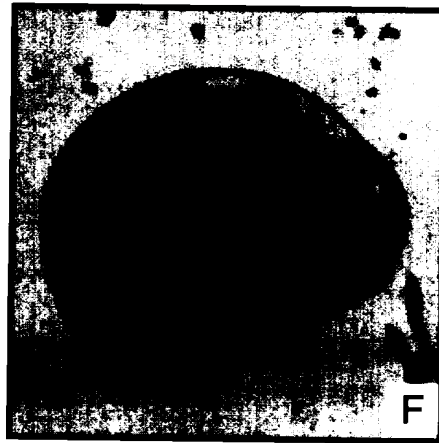
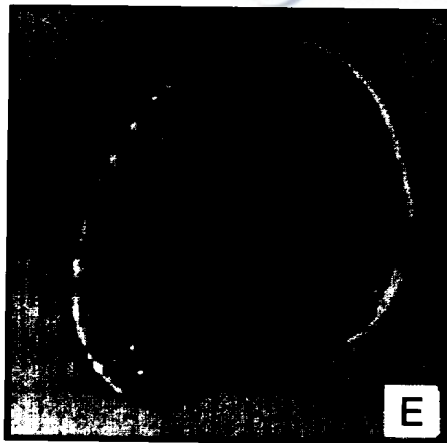
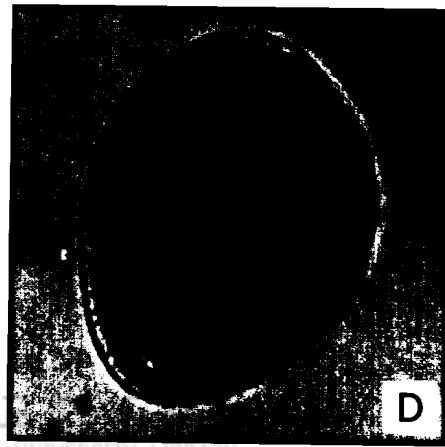
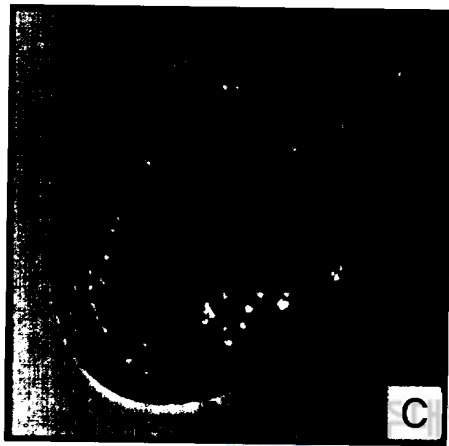
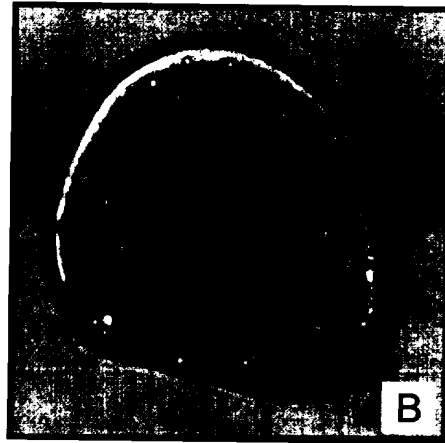
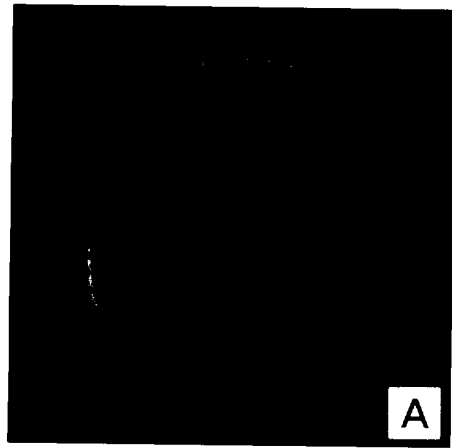
제주대학교  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

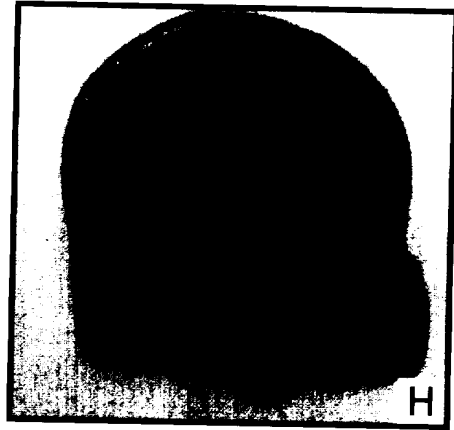
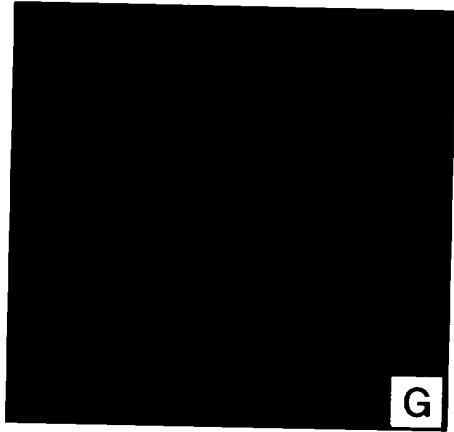




---

Fig. 21. Development of the larvae and spats of *Amusium japonicum japonicum*. A, D-shaped larvae(scale bar= 50  $\mu\text{m}$ ); B, late D-shaped larvae; C, umbo stage larvae; D, metamorphosing stage; E, attached young spat; F, spat(35 days) after fertilization; G, spat(40 days) after fertilization: scale bar= 500  $\mu\text{m}$ ); H, juvenile (50 days) after fertilization.





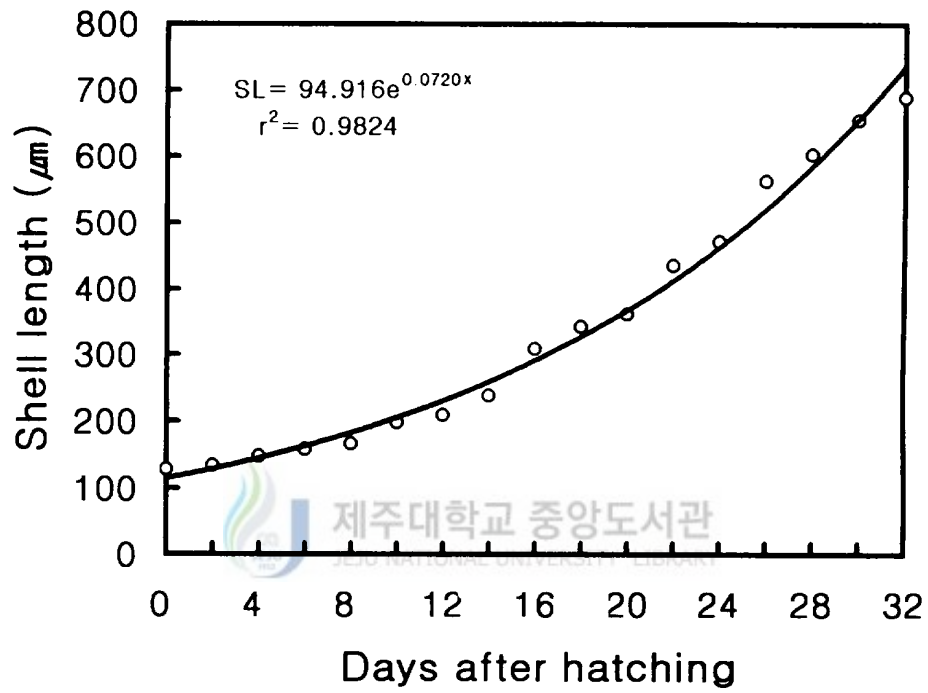


Fig. 22. Growth curve of the swimming larvae of *Amusium japonicum japonicum*.

### 1) 수온에 따른 유생 성장

3단계의 수온 20, 25, 30℃에서 사육한 부유자패의 성장을 Fig. 23에 나타내었다. 실험 후 9일까지는 각장 197~218  $\mu\text{m}$ 로 비슷한 성장을 보였으나, 이후 수온별로 성장차가 나타나기 시작하였다. 실험 15일째에는 20℃ 실험구는 각장 208.8  $\mu\text{m}$ , 25℃ 402.0  $\mu\text{m}$ , 30℃ 387.2  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 25℃ 실험구가 20℃에 비하여 약 2배의 성장 차를 보였다. 23일 후에 20℃ 실험구는 각장 435.8  $\mu\text{m}$ , 25℃ 실험구는 912.0  $\mu\text{m}$ , 30℃ 실험구는 444.8  $\mu\text{m}$ 로 25℃ 실험구가 20℃와 30℃ 실험구에 비해 2배 이상의 성장을 보였다.

수온별 실험구에서 경과일수에 따른 생존율을 보면 Fig. 24와 같다. 실험 3일째에는 20℃ 실험구가 65%, 25℃ 31.4%, 30℃ 23.4%로 특히 30℃ 실험구에서 급격한 폐사가 발생하였으며, 실험 13일째부터는 대량 폐사는 일어나지 않았으나 지속적으로 폐사가 발생하여 실험 종료시에는 20℃ 실험구에서 10.6%, 25℃ 실험구에서 4.0%, 30℃ 실험구에서 1%로서 20℃에서 생존율이 가장 좋았다.

### 2) 먹이생물에 따른 유생 성장

먹이생물 종류별로 단독 또는 2종 이상을 혼합하여 6개 실험구를 설정하고 부유유생을 사육한 성장결과는 Fig. 25와 같다. 각 먹이 실험구별로 사육한 부유유생의 각장성장은 8일째에 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*공급구가 166.2  $\mu\text{m}$ 로 성장이 가장 빨랐고, *P. lutheri* 단독구가 155.2  $\mu\text{m}$ 로 가장 늦은 성장을 보였으며 양 실험구의 성장차는 11  $\mu\text{m}$ 였다.

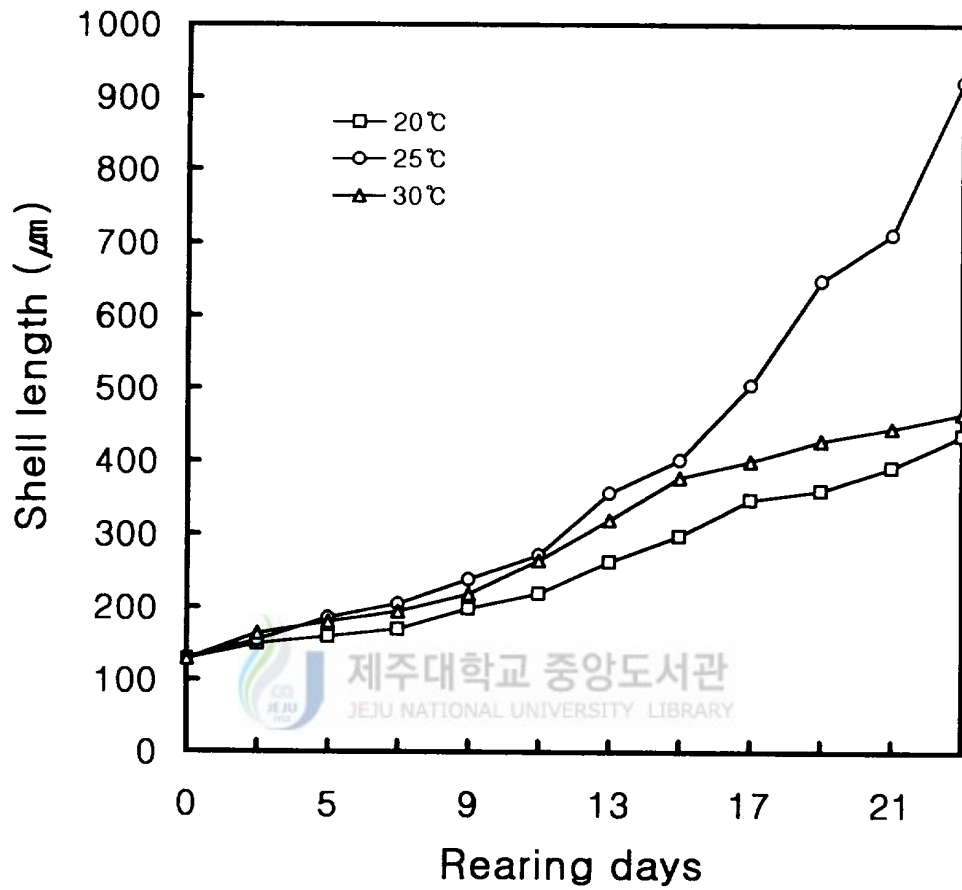


Fig. 23. Comparison of shell length growth of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared in various water temperature regimes.

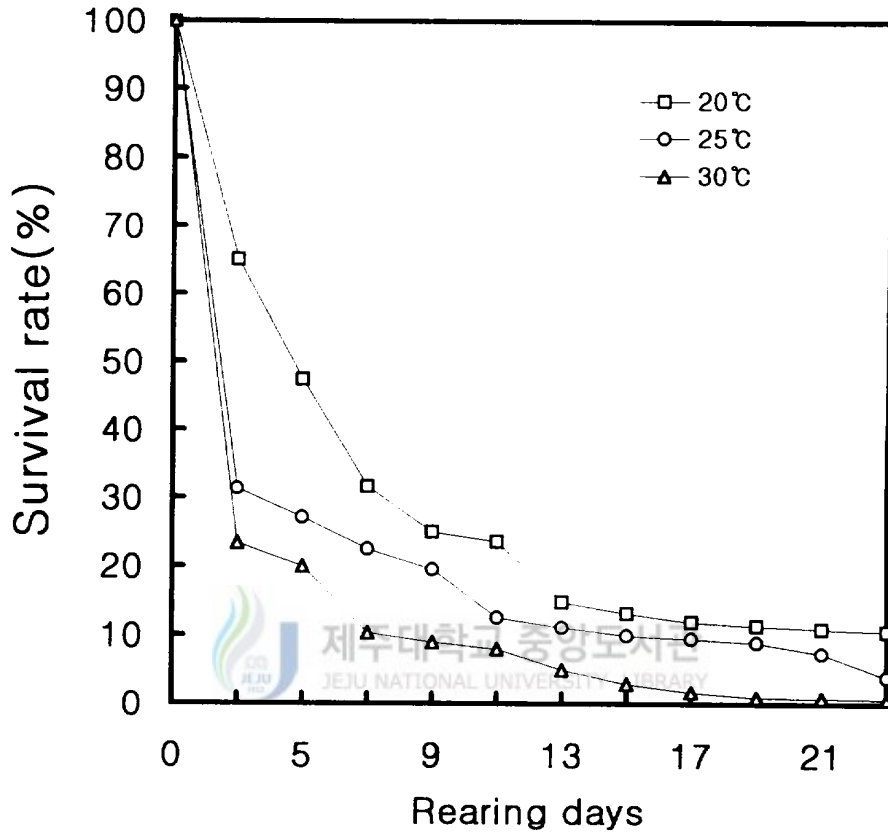


Fig. 24. Comparison of survival rate of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared in various water temperature regimes.



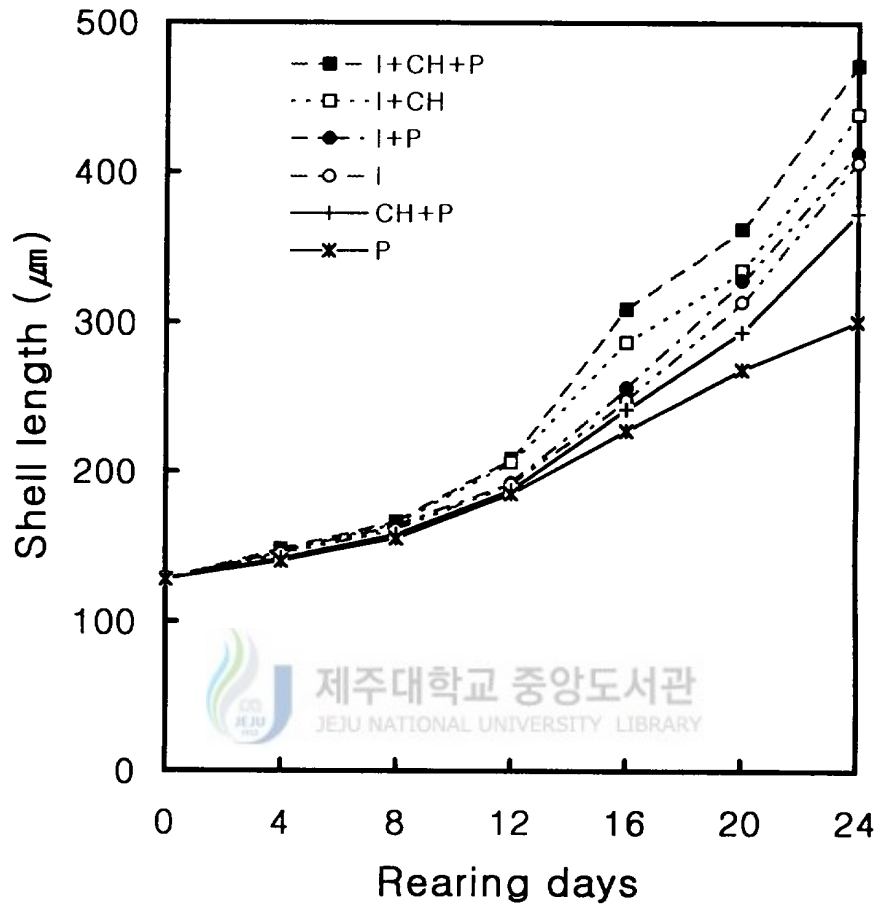


Fig. 25. Comparison of shell length growth of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared by various phytoplankton feeds. CH: *Chaetoceros calcitrans*; P: *Pavlova lutheri*; I: *Isochrysis galbana*.

실험 16일째에는 성장차가 점차 커져서 *I. galbana*+*P.lutheri*+*C. calcitrans*구가 308.4  $\mu\text{m}$ 인데 비하여 *P. lutheri*구는 227.5  $\mu\text{m}$ 로 80.9  $\mu\text{m}$ 의 성장차를 보였다.

실험 24일째에는 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 471.2  $\mu\text{m}$ , *I. galbana*+*C. calcitrans*구는 438.4  $\mu\text{m}$ , *I. galbana*+*P. lutheri* 구는 412.7  $\mu\text{m}$ , *I. galbana*구는 406.2  $\mu\text{m}$ , *P. lutheri*+*C. calcitrans*는 372.2  $\mu\text{m}$ , *P. lutheri*구는 300.2  $\mu\text{m}$ 의 성장을 보여, 먹이생물 3종을 혼합투여한 실험구가 성장이 가장 빨랐고, *P. lutheri*를 단독 공급한 실험구가 가장 저조하였다.

먹이 종류에 따른 부유유생의 생존율은 Fig. 26과 같다. 사육기간중의 초기 대량폐사 현상은 4일째에 일어났으며 *P. lutheri*+*C. calcitrans* 및 *P. lutheri* 공급구의 생존율이 35.7 및 34.9%로서 가장 큰 폐사를 보였다. 실험 16일째에는 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 39.4%, *I. galbana*+*C. calcitrans*구가 32.7%, *I. galbana*+*P. lutheri*구가 30.5%, *I. galbana*구가 24.3%, *P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 13.8%, *P. lutheri*구가 11.5%의 생존율을 보여 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 가장 생존율이 높았으며 *P. lutheri*구가 가장 낮았다.

실험 24일째에 *I. galbana*+*C. calcitrans*구는 29.4%, *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*구는 27.5%, *I. galbana* 단독구가 18.4%, *I. galbana*+*P. lutheri*구가 10.5%, *P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 8.4%, *P. lutheri*구가 6.2%의 순으로서 실험 20일째까지는 *I. galbana*+*P. lutheri*+*C. calcitrans*구가 생존율이 가장 높았으나, 24일째에는 *I. galbana*+*C. calcitrans*구가 가장 생존율이 높게 나타났다.

실험구중에서 생존율이 가장 높은 먹이생물 *I. galbana*+*C. calcitrans* 2종을 혼합 공급한 실험구와 생존율이 가장 낮은 *P. lutheri*를 단독으로 공급한 실험구와의 생존율 차이는 약 4.7배나 되었다.

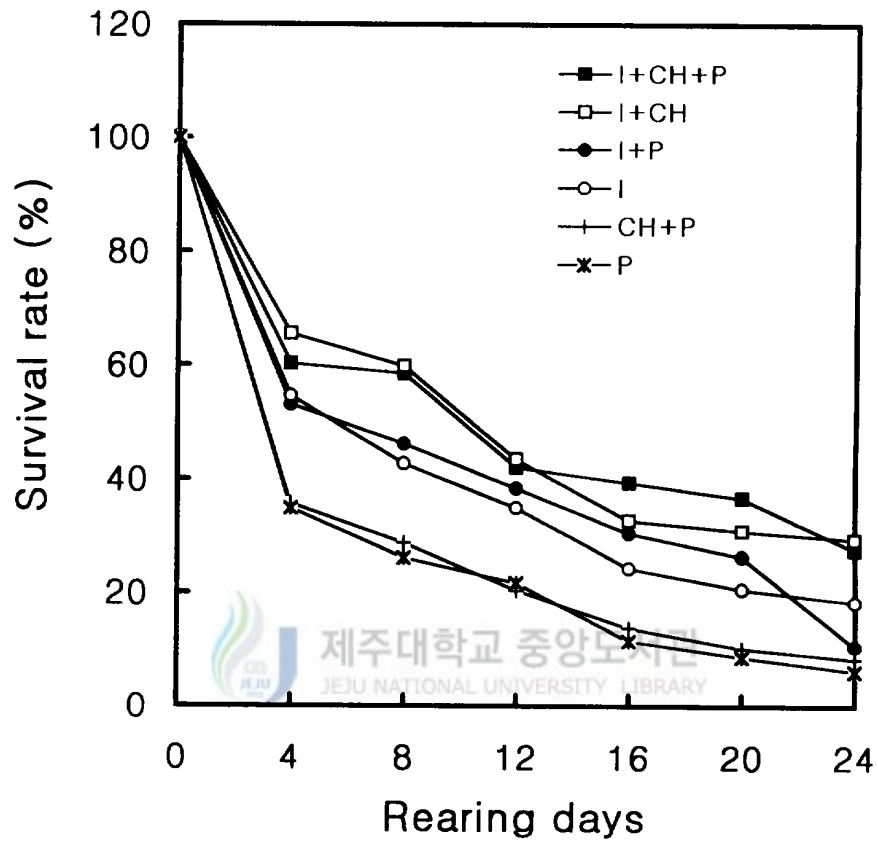


Fig. 26. Comparison of survival rate of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared by various phytoplankton feeds.

### 3) 사육밀도에 따른 유생 성장

단위 용적당 사육밀도에 따른 유생의 성장은 Fig. 27과 같다. 각 실험구의 각장 성장은 사육 4일 후부터 차이가 나타나기 시작하여 실험 12일째에는 5개체/ml구에서 216.5  $\mu\text{m}$ 로 성장이 가장 빨랐고, 1개체/ml구에서는 213.5  $\mu\text{m}$ 로 10개체/ml구에서는 192.5  $\mu\text{m}$ 의 성장을 하였으며, 20개체/ml구에서는 180.3  $\mu\text{m}$ 로 가장 저조한 성장을 보였다.

실험 16일째부터 성장차가 더욱 크게 나타나 성장이 가장 빠른 5개체/ml 실험구의 273.5  $\mu\text{m}$ 와 성장이 가장 저조한 20개체/ml구의 202.4  $\mu\text{m}$ 와는 71  $\mu\text{m}$ 의 성장차를 보였다. 실험 24일째의 성장은 5개체/ml구가 463.7  $\mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며, 1개체/ml구 450.8  $\mu\text{m}$ , 10개체/ml구 361.8  $\mu\text{m}$ 의 성장을 보였으며, 20개체/ml구 실험에서는 302.0  $\mu\text{m}$ 로 가장 저조하였다.

사육일수에 따른 유생의 사육밀도별 생존율은 Fig. 28과 같다. 실험 8일째에 1개체/ml구와 5개체/ml구는 78.3%와 75.4%의 생존율을 보였으나 10개체/ml구 및 20개체/ml구에서는 62.1%와 51.3%의 생존율을 보였다. 실험 24일째에는 1개체/ml구와 5개체/ml구에서는 23.2~26.3%로 비슷한 생존율을 보였으나, 고밀도 실험구인 10개체/ml구는 7.1%, 20개체/ml구는 3.4%로 생존율이 현저하게 낮았다(Fig. 28). 따라서 해가리비 부유유생의 사육밀도는 성장과 생존율에서 5개체/ml구가 가장 좋은 결과를 보였다.

### 다. 채묘

수정 13일째 각장 208  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 각정이 형성되는 각정기 유생 단계에서 채묘기를 투입하였다. 채묘 자재별 부착률은 Table 22와 같이 합성그물이 염화 비닐판 보다 양호하게 나타났으며, 합성그물에서도 유생을 합성그물망내에 직접 주입하여 부착시킨 실험구에서 2,315개로 채묘기당 463.0~484.0개체(평균 473.5개체)가 부착하였으며 합성그물을 그대로 설치한 실험구의 6.8~

7.8개체(평균7.3개체)에 비해 59~71배의 높은 부착률을 보였다. 합성그물의 망목별 실험에서 유생을 주입한 경우에는 망목 0.5 mm 실험구에서 채묘기당 평균 21개체가 더 부착하였다. 합성그물을 그대로 설치한 실험구에서는 망목간 부착률 차이는 거의 없었다. 염화비닐판의 설치방법별 부착률은 수평식이 수직으로 설치한 실험구보다 채묘기당 평균 7.3개체가 더 부착하였다.

채묘기에 부착하지 않는 유생은 FRP수조의 바닥과 벽에 부착하여 성장하는 것을 관찰할 수 있었으나 합성그물의 표면에 부착하는 치패는 거의 볼 수 없었다. 수조벽에 부착하여 성장한 개체들은 각장 약 3 mm일 때 대부분이 탈락하여 수조바닥에서 발을 이용하여 이동하였다.



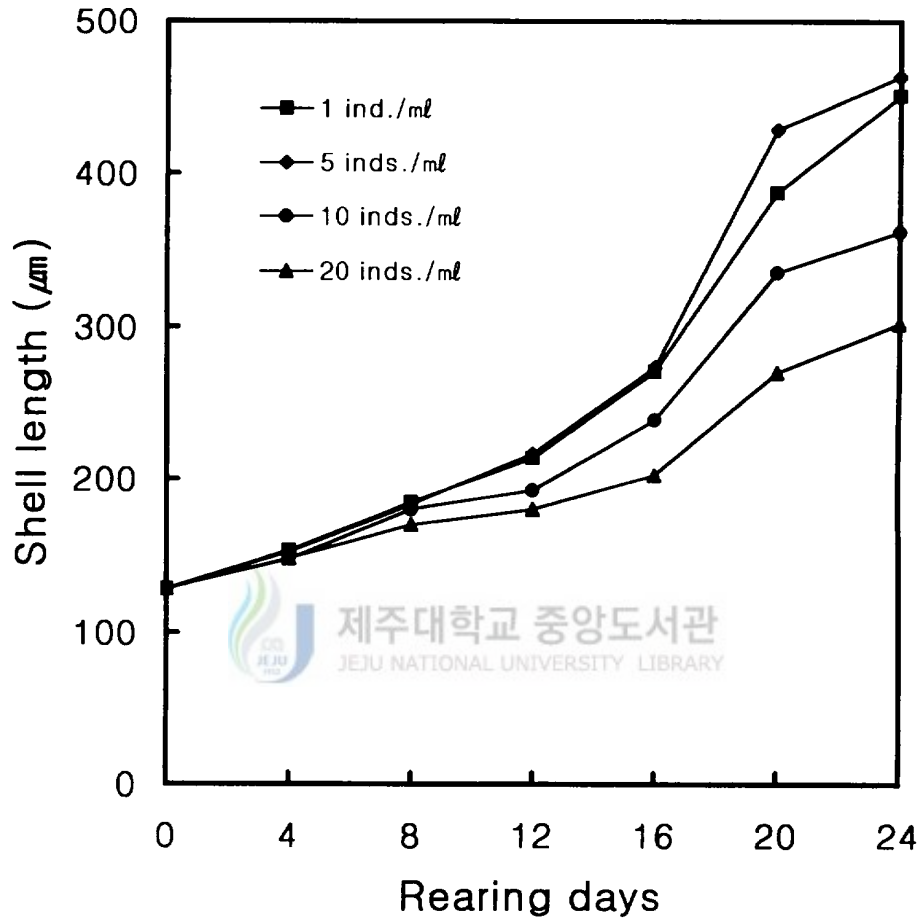


Fig. 27. Comparison of shell length growth of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared in various density conditions.

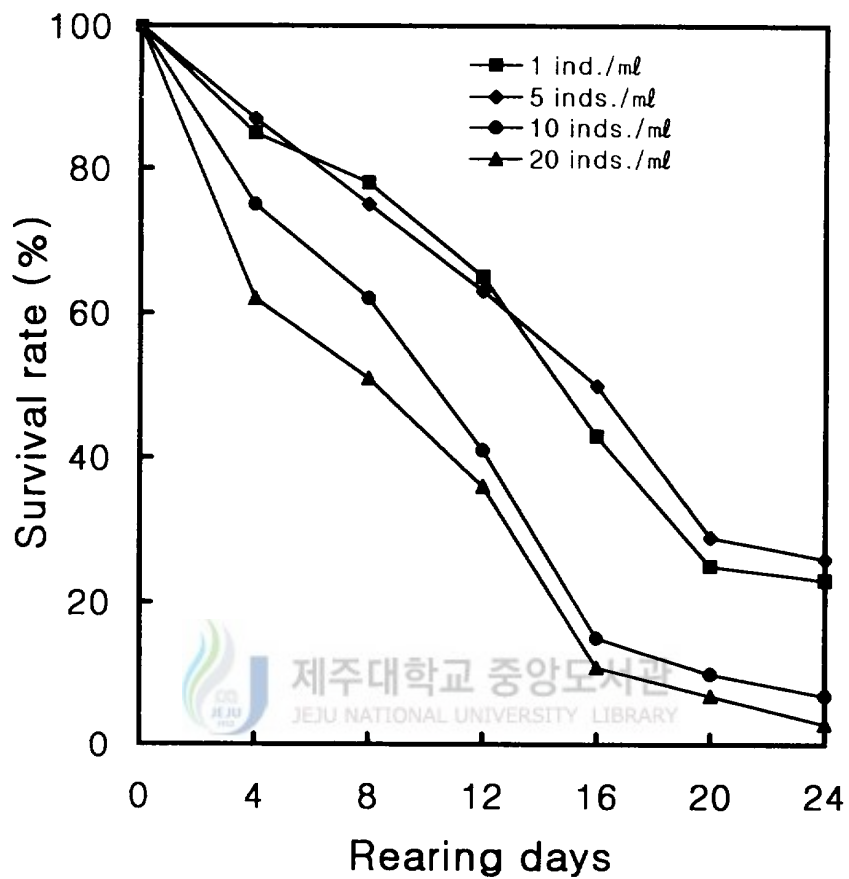


Fig. 28. Comparison of survival rate of *Amusium japonicum japonicum* larvae reared in various density conditions.

Table 22. Settling rate of *Amusium japonicum japonicum* larvae on the various collectors

Collectors (material, mesh size)	Methods	Tank capacity (ℓ)	Swimming larvae			Settling larvae		Rate (%) C/B
			Number (A)	Number of collectors (B)	Number of settling (C)	Rate (%) (C/A)		
Polyvinyl plate	Horizontal Vertical	500 500	200,000 200,000	10 10	103 30	10.3 3.0	0.05 0.02	
Onion bag (PE MO 200 g 1 mm)	Pouring Natural	500 500	200,000 200,000	5 5	2,315 39	463.0 7.8	1.2 0.02	
Synthetic fiber net (PE MO 200 g 0.5 mm)	Pouring Natural	500 500	200,000 200,000	5 5	2,420 34	484 6.8	1.2 0.02	

PE MO: polyethylene monofilament.



## 9. 양 성

### 가. 치패사육

유생의 부착은 주연각이 형성되기 시작하는 각장 220  $\mu\text{m}$ 부터 부착하기 시작하여 각정부위가 완전히 돌출하고 주연각이 형성된 각장 300  $\mu\text{m}$ 에서는 대부분이 부착하였다. 부착 후 30일경에는 각장 1~1.5 mm로 성장하였으며, 완전히 발달한 외투막과 아가미를 관찰할 수 있었고(Fig. 29-A) 이후 각장 1~2 mm로 성장하면서 일부 개체는 상각의 끝부분에서 부터 자주색이 서서히 나타나기 시작하여 해가리비 치패로서 형태적 특성을 갖추었다(Fig. 29-B).

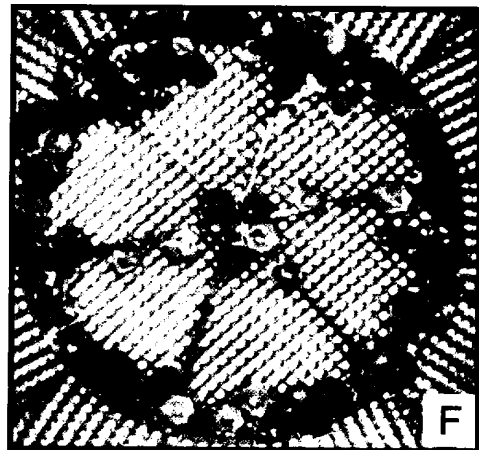
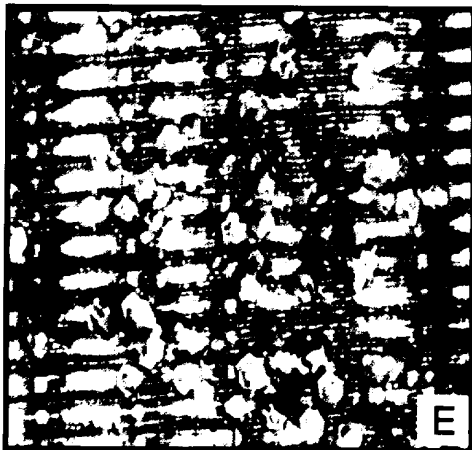
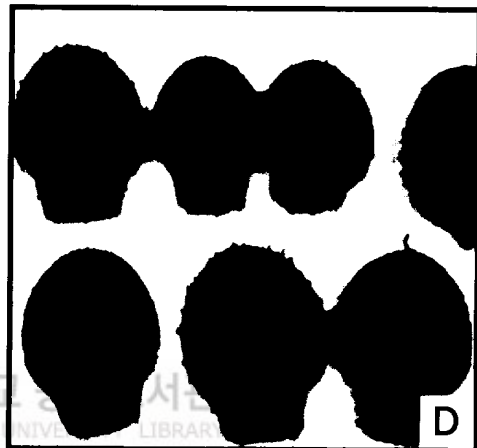
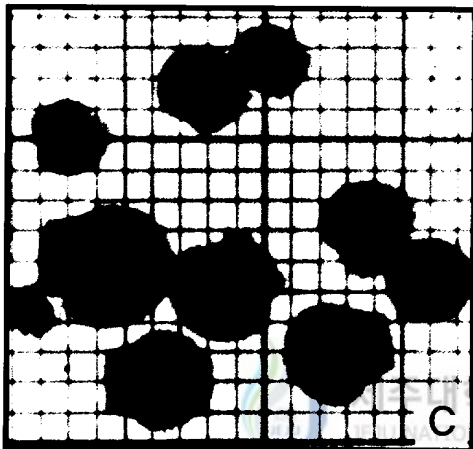
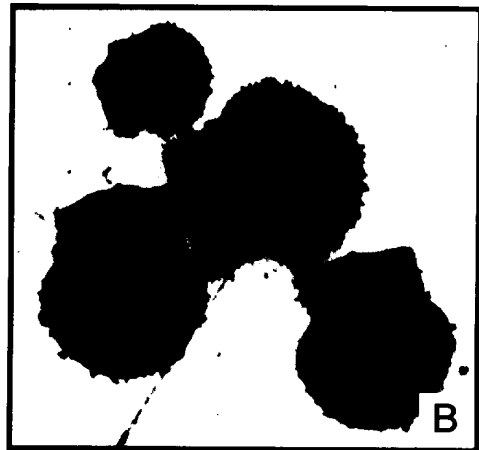
각장 4 mm이상의 치패에서는 자주색이 적색에 가까운 색으로 짙어졌다(Fig. 29-C,D). 각장 3~10 mm 치패는 사각 플라스틱 바구니에 넣어 원형 FRP수조(3톤)의 수면에 띄워서 유수 사육하였다(Fig. 29 E). 각장 10 mm 이상으로 성장한 치패는 원형 플라스틱 바구니(27.5×8.5 cm)에 넣어 사육하였다(Fig. 29-F).

각장 6.5~6.8 mm(평균 6.7 mm)의 치패를 4단계의 수온 15, 20, 25, 30℃에서의 성장은 Fig. 30과 같다. 사육 최종일인 35일 후의 성장은 20℃(각장 9.75 mm), 25℃(각장 9.73 mm), 15℃(각장 9.0 mm)의 순으로 20℃에서 성장이 가장 좋았다. 같은 실험조건에서의 생존율은 15℃(56.7%), 20℃(50%), 25℃(43.3%)의 순으로 수온이 낮을수록 생존율이 높게 나타나는 경향이였다. 30℃의 고수온구에서는 실험 7일 후 7.5 mm로 성장한 이후 급격한 폐사현상이 일어나 실험 14일 이후에는 전량 폐사하였다(Fig. 31).

수정 30일 이후인 부착기 유생부터 135일까지의 사육일수에 따른 각장의 성장은 Fig. 32에서 보는 바와 같다. 70일경까지는 완만한 성장을 보이다가 그 이후 급격한 성장을 보였으며 사육일수(X)와 각장(SL)사이에는  $SL = 257.75e^{0.0272X}$ 의 지수곡선식으로 나타났다. 이와 같이 수정 약 50일 경과하면서 각장 약 1.0 mm로 성장한 개체들이 출현하고 135일이 경과하면서 각장 약 9.6 mm로 성장하였다.

---

Fig. 29. Growing young shells of *Amusium japonicum japonicum*. A, shell length(1~1.5 mm); B, shell (1~2 mm); C, shell length(2~6 mm); D, shell length(6~10 mm); E, shell length(6~15mm); F, shell length(10~20 mm).



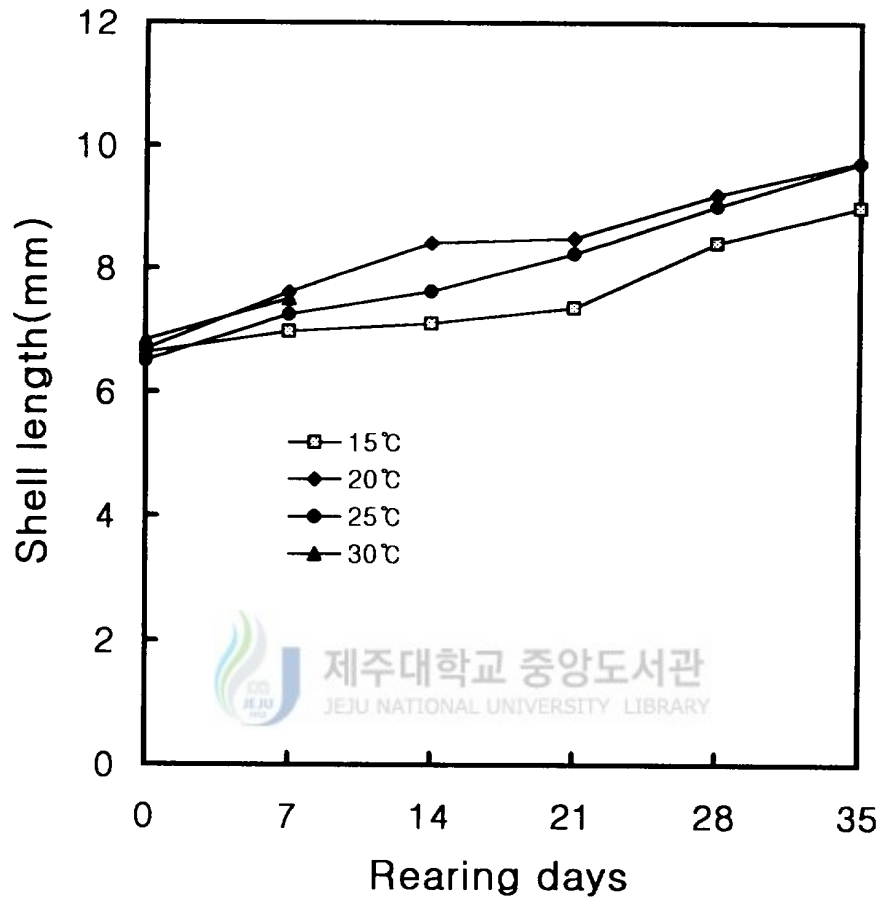


Fig. 30. Comparison of shell length growth of *Amusium japonicum japonicum* spats reared in various water temperature regimes.

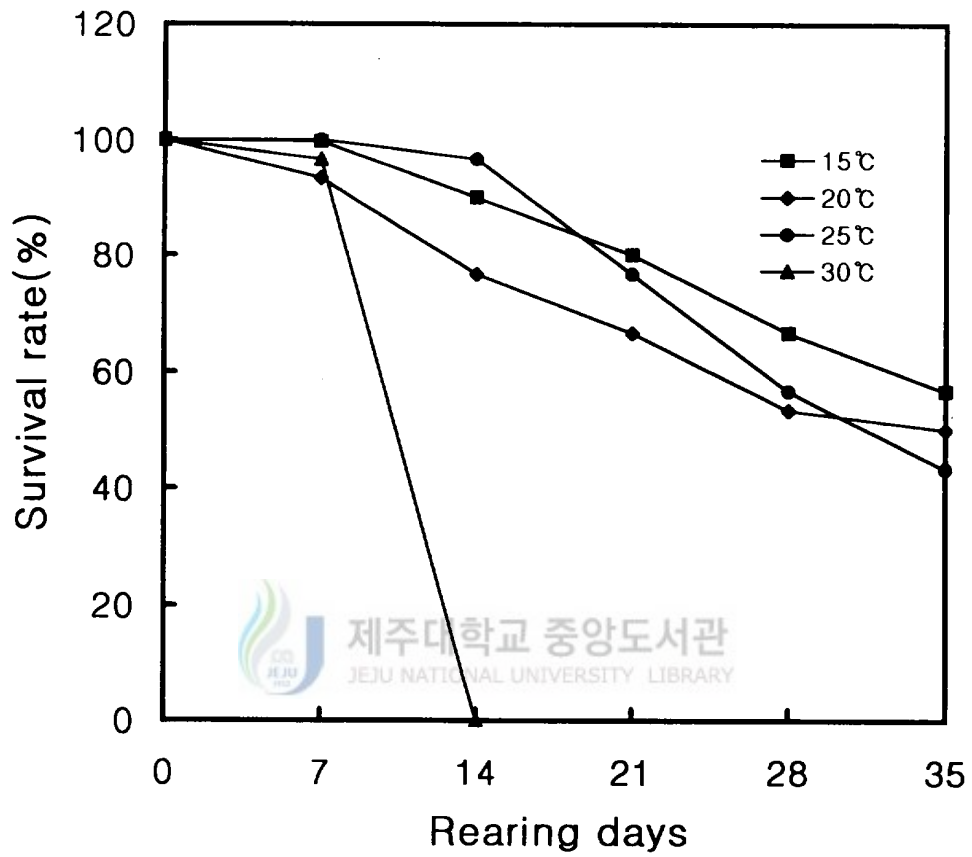


Fig. 31. Comparison of survival rate of *Amusium japonicum japonicum* spats reared in various water temperature regimes.

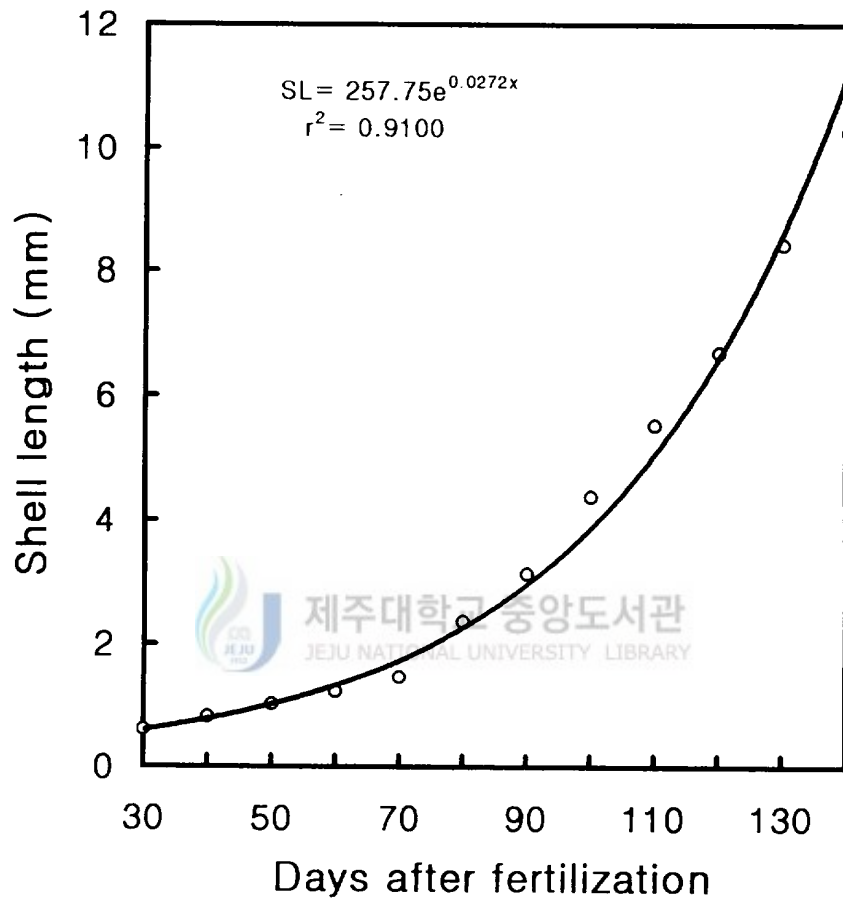


Fig. 32. Growth of shell length of *Amusium japonicum japonicum* spats.

## 나. 중간육성

### 1) 인공종묘

서귀포 연안의 법환수역에서 인공종묘산 해가리비 치패(각장 0.9~2.1 cm)에 대한 중간육성 실험을 실시하였다. 1차실험에서는 이식 실험 7일 후 전량 폐사하였고, 2차 실험에서는 수심 15 m와 20 m에서 성장은 각장 15.8~16.1 mm(평균 16.0 mm)에서 이식한 60일 후 각장 36.1~36.7 mm(평균 36.4 mm)로 성장하였으며, 일간성장률은 수심 20 m에서 각장 0.343 mm로 수심 15 m의 0.338 mm보다 높게 나타났다. 생존율은 23.3~41.6 %(평균 32.5 %)로서 수심이 깊은 20 m에서 성장 및 생존율이 높게 나타났다(Table 23).

### 2) 자연종묘

서귀포 강정수역에서 어획된 자연산 해가리비의 중간육성을 위하여 플라스틱상자, 채룽 및 귀매달기등 수하식에 의한 결과는 Table 24와 같다. 중간육성 기간중의 치패의 성장과 생존율 등은 Fig. 33, 34, 35와 같다. 채룽 사육은 수심 20 m에서 일간성장이 각장 0.306 mm와 각고 0.303 mm로서 가장 높게 나타났고, 플라스틱 상자는 수심 15 m에서 일간성장 각장 0.121 mm와 각고 0.113 mm로서 가장 낮은 성장을 보였다. 일간성장률은 치패에서 비교적 높게 나타났다. 사육기간중의 생존율은 귀매달기 방법에서 가장 높게 나타났으며, 플라스틱상자에서 가장 낮게 나타났다. 성장률과 생존율은 3가지 방법 모두 수심이 가장 깊은 20 m에서 양호한 결과를 보였다.

Table 23. Growth of *Amusium japonicum japonicum* (spats; artificial seed production) by hanging culture of pearl net cage at Sogwipo area

Period	Depth (m)	Initial		Final		Daily increment			
		Number of young shells	SL (mm)	SH (mm)	Number of survival	SL (mm)	SH (mm)	SL (mm)	SH (mm)
1997	10	32	10.2	10.9	-	-	-	-	-
Mar. 22~	15	32	10.3	10.9	-	-	-	-	-
Mar. 28	20	32	10.2	10.8	-	-	-	-	-
1997	15	120	15.8	16.0	28	36.1	35.0	0.338	0.316
Mar. 31~	20	120	16.1	16.4	50	36.7	35.6	0.343	0.320
May 30									



Table 24. Growth by hanging culture of *Amusium japonicum japonicum*, caught at Sogwipo area

Period	Method	Depth (m)	Number of survival		Growth								
			Initial	Final	Initial			Final			Daily increment		
					SL (mm)	SH (mm)	SH (mm)	SL (mm)	SH (mm)	SH (mm)			
1996		10	20	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar. 28 ~	Plastic box	15	20	2	43.5	42.5	61.7	59.5	0.121	0.113			
Aug. 28		20	20	4	37.8	33.8	58.8	54.3	0.140	0.137			
1997		10	25	3	44.7	44.3	69.7	69.1	0.278	0.276			
Apr. 28 ~	Pearl net	15	25	10	41.7	40.6	68.8	67.5	0.301	0.298			
July 29	cage	20	25	17	43.4	42.0	70.9	69.3	0.306	0.303			
1997.		15	15	12	101.6	97.4	105.8	101.5	0.124	0.121			
Aug. 29 ~	Earring	20	15	13	102.9	99.5	107.4	104.1	0.132	0.135			
Oct. 2													

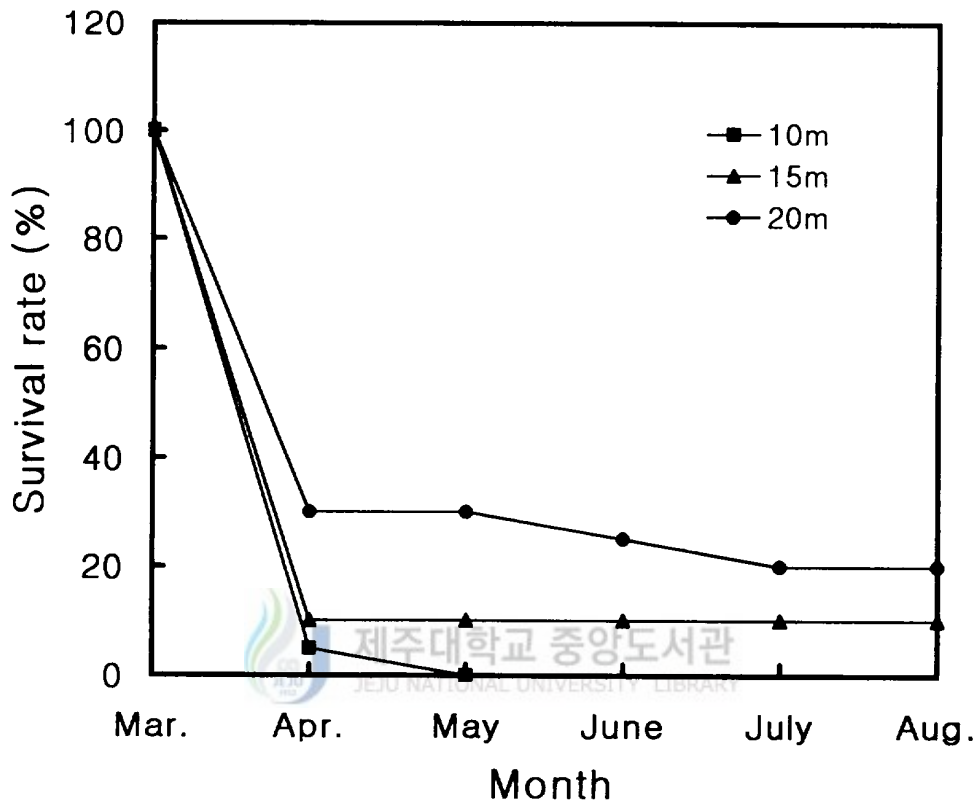


Fig. 33. Survival rate of the spats(SL: 37.8~43.5 mm) of *Amusium japonicum japonicum* the spats were cultured in prastic boxes in various water depth (10 m, 15 m, 20 m).

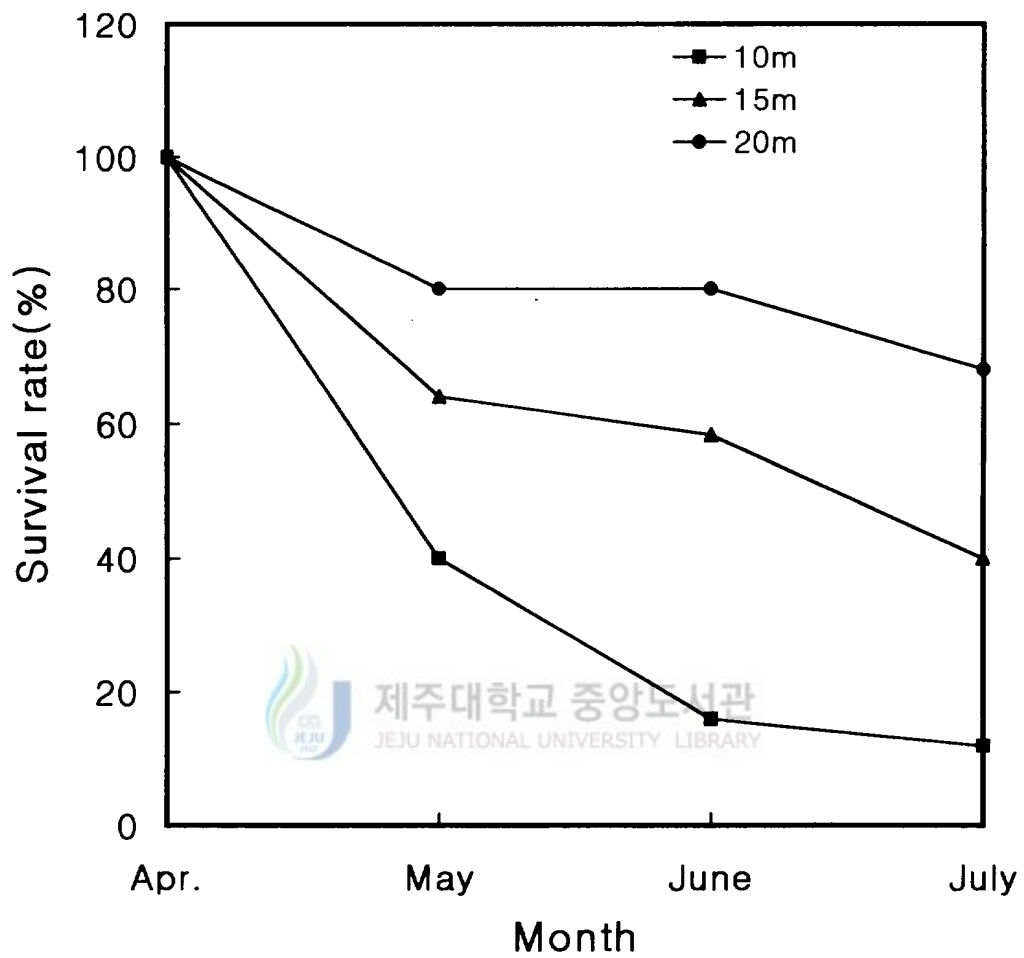


Fig. 34. Survival rate of the spats(SL: 41.7~44.7 mm) of *Amusium japonicum japonicum* the spats were cultured in the pearl net cages in various water depth(10 m, 15 m, 20 m).

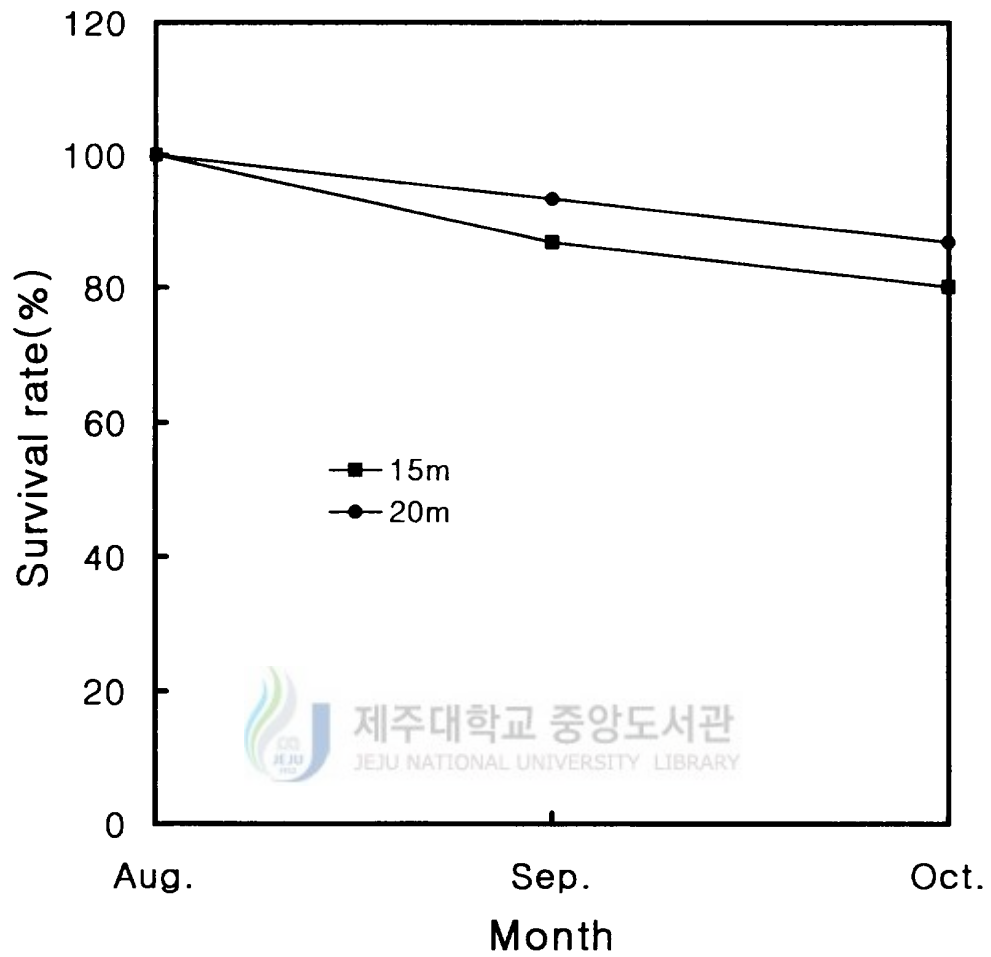


Fig. 35. Survival rate of the scallops(SL: 10.16~10.29 cm) of *Amusium japonicum japonicum* the scallops were cultured by earring hanging culture in various water depth(15 m, 20 m).

## 10. 방류와 재포

1995년 11월 8일과 1996년 6월 13일 2차에 걸쳐 해가리비 총 159마리를 표지방류하고 재포율을 조사한 결과, 1차 방류에서는 방류 후 202일, 331일, 433일, 482일에 각각 1마리씩 4마리가 재포되었으며, 2차 방류에서는 방류 후 106일, 205일, 235일, 265일에 각각 1마리씩 4마리가 재포되어 1, 2차 방류에서 모두 8마리가 재포되어 재포율은 5.03%였다. 재포된 모든 개체가 방류 지점에서 1 km이내에서 재포되었다. 재포된 해가리비의 생체측정 결과는 Table 25와 같이 1세군 group의 성장이 고령군에 비하여 성장이 양호한 것으로 나타났다. 일간 성장은 각고가 0.02~0.16 mm/day였고, 중량은 일간 0.02~0.24 g/day이었다. 1995년 11월 8일 2차로 방류한 각고 61 mm, 중량 25 g의 해가리비를 202일이 경과한 1996년 5월 29일 재포하였을 때 각고 92.7 cm, 중량 72.7 g으로 각고는 일간 성장 0.16 mm/day와 중량은 일간 성장 0.24 g/day으로 표지방류한 치패중에서 가장 높은 성장을 나타냈다.



Table 25. Growth analysis of shell height and total weight of the recaptured *Amusium japonicum japonicum*

Date	Released			Date	Days elapsed	Recaptured			Growth			Daily increment
	Shell height (mm)	Total weight (g)				Shell height (mm)	Total weight (g)	Shell height (mm)	Total weight (g)	Shell height (mm)	Total weight (g)	
	61.0	25.0		May 29, 1996	202	92.7	72.7	31.7	47.7	0.16	0.24	
Nov. 8, 1995	64.0	21.0		Oct. 12, "	331	80.6	80.6	35.4	59.6	0.11	0.18	
	83.0	59.0		Jan. 15, 1997	433	112.4	141.9	29.4	82.9	0.07	0.19	
	80.0	60.0		Mar. 7, "	482	117.2	157.5	37.2	97.5	0.08	0.08	
	110.4	147.4		Oct. 28, 1996	106	114.8	152.8	4.4	5.4	0.04	0.06	
June 13, 1996	103.4	116.9		Dec. 15, "	205	111.4	120.2	8.0	3.3	0.02	0.02	
	111.1	129.1		Jan. 15, 1997	235	115.5	143.8	4.4	14.7	0.02	0.02	
	106.4	118.7		Feb. 15, "	265	111.4	133.3	5.0	14.6	0.06	0.06	

#### IV. 고찰

수산생물의 서식분포에 가장 큰 영향을 미치는 환경요인은 수온이라고 할 수 있다. *Amusium*속의 분포에 대하여 *Amusium balloti*는 호주의 동부와 서부의 19~24℃ 수온 범위에서 서식하며 (Rose et al., 1988), *A. pleuronectes* (Linnaeus, 1758)는 필리핀과 태국 등 더운 지역에 분포하며, 적정양식 수온은 26~28℃로서 밝혀져 있다 (Beldam and del Norte, 1988). 태국에서 이 종은 주요 어업 대상종으로 산업적 가치가 크며 적정 산란수온은 25~27℃라고 한다(Chaitanawisuti and Menasveta, 1992). Waller (1991)에 의하면 *A. pleuronectes*는 Indo-west Pacific 수역에 *A. balloti*는 Indo-West Pacific의 New Caledonia와 Australia에 그리고 *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin)은 West North Pacific수역의 일본과 중국에 분포하는 것으로 구분하였다.

우리나라에 서식하는 해가리비 *A. japonicum japonicum*는 제주 특산종으로 겨울철 수온이 높은 제주도 남부연안에 주로 분포하는데 서식수역의 연중수온의 범위는 12.8~26.6℃로써 *Amusium* 속 중에서는 비교적 고위도에 분포하는 종으로 우리나라 제주 해역이 분포의 상한선에 해당되는 것으로 생각된다. 제주도내 12개 지점에서 실시한 해가리비 분포조사에서 서귀포를 중심으로 남부해역에서 주로 서식하고 있는 것은 지금까지 보고된 *Amusium*속의 가리비류가 열대성 또는 아열대성 패류인 것으로 볼 때, 겨울철 수온이 북부해역보다 남부해역이 평균 2℃정도 높기 때문인 것으로 생각된다.

일반적으로 가리비류는 고염분에서 서식하는 종으로 알려져 있으며 필리핀에서 *A. pleuronectes*를 양식할 때 염분을 약 36‰로 유지시켰고(Beldam and del Norte, 1988), *A. balloti* 유생사육시 염분은 35‰ 조건에서 사육하였다(Cropp, 1993). 그러나 이 연구에서 *A. japonicum japonicum*이 서식하고 있는

서귀포 연안의 계절별 염분조사에 의하면 표층의 경우 연중 31.57~35.14‰ 범위로서 *A. pleuronectes*와 *A. balloti*에 비하여 다소 낮은 염분에서 살고 있었다.

조사해역의 용존산소량은 5.60~8.05 ml/ℓ로서 표.저층이 대차 없이 유사하였고 1994년 8월에 저층에서 최저 5.36 ml/ℓ를 나타냈으나 전체적으로 볼 때 수산생물의 서식에 적합한 범위였다. 영양염류중 인산인은 제주도 남서부 연안해역에서 연간 0.03~1.76  $\mu\text{g-at}/\ell$  범위였다(강 등,1996). 이 연구에서도 0.6~1.27  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로써 1980년대의 강 등(1996)의 결과와 유사하게 나타났으며 수산생물의 서식에 지장이 없는 수질 II등급수의 범위내에 들어있어 비교적 안정상태를 보이고 있다.

Rhodes and Wildman (1980)에 의하면 해만가리비, *Argopecten irradians*의 최적 성장을 유지하기 위해서는 클로로필 *a* 농도가 1.40  $\mu\text{g}/\ell$  이상이면 충분하다고 하였다. 강등 (1996)의 제주도 남서부 연안해역의 클로로필 *a*의 연간 농도범위는 0.04~2.36  $\mu\text{g}/\ell$ 로 특히 봄철에 2  $\mu\text{g}/\ell$  이상의 높은 값을 보였다. 이 연구에서는 클로로필 *a*의 연간 농도 범위는 0.14~5.11  $\mu\text{g}/\ell$  (평균 1.45  $\mu\text{g}/\ell$ )로 3년간의 계절별 평균 값은 2월 0.77, 4월에 2.85, 8월 1.39, 11월 0.79  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로서 4월에 최고치를 나타내고 있어 연구해역에서는 먹이로 인한 문제는 없을 것으로 생각되었다.

*Amusium*속의 서심수심은 *A. balloti*가 10~75 m 수심에서 어획되고 있으나 서식밀도가 높은 수심은 25~55 m이며 *A. pleuronectes*는 수심 18~40 m의 사니질과 니질에 서식하고 있다(Llana, 1983). 이 연구에서 제주도산 해가리비의 서식수심은 20~40 m 사질대에서 주로 살고 있어 *A. pleuronectes*의 서식수층과 일치되고 있다.

가리비류는 대부분 자웅이체이며 자웅동체인 것도 있다. 자웅이체에 속하는 것에서도 낮은 빈도로 자웅동체현상이 나타나기도 한다(Naidu, 1970). 참가리비, *Patinopecten yessoensis*인 경우 만 1년패에서 14마리중 3마리가 자



용동체 생식소를 가지고 있는 것으로 보고하고 있다(Mori et al, 1977). 또한 *Pecten maximus*(Wilkins, 1978)와 *Aequipecten irradians concentricus* (Sastry, 1965)는 자용동체 가리비로서 자가수정이 일어나기도 한다고 보고하고 있다. 그러나 이 연구에서 각장 60~140 mm 해가리비 461마리를 조사한 결과 암수비율 51:49로서 거의 1:1의 성비였고, 조사 sample에서는 자용동체를 전혀 볼 수 없었다.

*Chlamys septemradiata* (Ansell, 1974), *C. opercularis* (Taylor and Venn, 1979)과 *Pecten maximus* (Stanley, 1967 ; Comely, 1974)는 패주중량이 감소하는 것은 글리코젠과 단백질 함량이 줄어들고 생식소의 지방함량이 증가하기 때문이라고 한다. Mori (1975)는 소화선(digestive gland)의 지방과 패주의 글리코젠함량은 참가리비 생식소의 발달에 앞서서 감소하였다고 보고했다. 또한 張(1991)은 참가리비, *Patinopecten yessoensis* 소화맹낭의 계절변화에서 소화맹낭의 지방은 생식소의 발달과 함께 생식소로 이전되는 계절변동을 보고하였다. *Placopecten magellanicus*에 있어서는 소화선의 지방과 탄수화물 그리고 패주의 탄수화물은 배우체 성숙과 생식소 지방 함량이 최대에 이를때에 거의 소모되었다 (Robinson et al., 1981).

이 연구에서 해가리비의 전중량에 대한 패주중량, 전중량에 대한 육질중량 및 육질중량에 대한 패주 중량비의 월별 변화는 5월부터 수온 상승기에는 전체육질중량이 증가하고 있으며 패주중량도 유사한 양상을 보였다. 그러나 수온이 낮아지는 9~11월에는 패주중량이 크게 감소하였고 반대로 생식소중량이 뚜렷이 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 연구수역의 클로로필 *a* 농도가 봄철 4월에 최고치에 달하며 먹이가 풍부하고 수온이 상승하는 5월 부터 육중량이 크게 향상되는 것과 일치하고 있다. 생식소 중량의 증가는 수온하강과 클로로필 *a* 농도가 떨어지는 11월에 최고치를 나타내고 있는데 이것은 패주에 저장된 글리코젠이 가리비의 생식 에너지원으로 이용됨으로서 전체 육질중량 중 패주의 중량이 감소하여 생식소 중량이 증가하는 에너지의 이동에

의한 것으로 앞에서의 여러 연구자의 결과와 잘 일치되고 있다.

동해안의 참가리비, *Patinopecten yessoensis* 와 제주도의 해가리비의 체성분 조성비교에서 참가리비의 패주와 내장을 포함한 단백질의 평균 함량은 13.1%였고 해가리비는 15.0%로 해가리비가 약 2.0% 많게 나타났다. 조지방 조성은 패주와 내장의 평균함량은 참가리비 1.1%에 비하여 해가리비는 1.4%로 높았다. 패류의 아미노산 함량과 그 조성은 어류, 갑각류등의 아미노산 조성과는 다소 차이가 있으며 패류 가운데 전복은 glycine 함량이 1,509 mg/100 g으로서 일반패류의 409~856 mg/100 g에 비하여 월등히 높다 (이 등, 1993).

이 연구에서 해가리비의 glycine함량은 1,801~2,971 mg/100 g으로 매우 높게 나타나 전복과는 조직감이나 물성이 다르지만 단맛을 나타내는 아미노산의 구성성분은 유사한 것으로 판단된다.

타우린 함량은 패주에서 633~810 mg/100 g이었고, 내장에서 300~343 mg/100 g의 범위로서 어류의 31~500 mg/100 g, 갑각류 146~406 mg/100 g 보다 월등하게 높아 일반적으로 연체류나 패류가 어류보다 높은 함량을 보이는 경향은 일치하고 있다.

패류의 지질에 대하여 上田(1974)는 바지락의 지방산 조성은 환경온도와 관계가 있다고 하였으며, 온도가 저하할 수록 docosahexaenoic acid (DHA,  $C_{22}=0$ )의 고도불포화산이 증대하고, palmitic acid ( $C_{16}=0$ )의 포화산이나 oleic acid ( $C_{18}=1$ )등의 monoene산의 조성비가 저하한다고 보고하였다. 참가리비의 불포화도가 해가리비보다 높게 나타나는 것은 참가리비가 동해안의 수온이 낮은 수역에서 서식하고, 해가리비는 제주도 연안의 고수온지역에서 서식하는 환경의 차이에서 나타나는 것으로 이러한 결과는 지방산 조성차이가 생리적으로 서식수온과 밀접한 관련이 있다(上田, 1974)고 한 보고와 일치하고 있다. 따라서 가리비의 EPA 나 DHA함량은 어유(魚油)와 같이 우수한 식품이라 생각된다.

해가리비의 연령과 성장에 대하여 서부호주의 *A. balloti*의 패각의 pigmented rings의 숫자는 일륜까지 파악할 정도로 ring이 뚜렷하여 가리비의 생존일수와 거의 일치하고 있다(Joll, 1988)고 보고 하고 있다. 그러나 이 연구에서 해가리비의 경우는 일륜까지 파악하기는 어려웠지만, 각고 성장의 분석과정에서 연륜은 어류의 비늘, 이석에서 나타나는 annual ring처럼 통상 1개의 annual ring이 존재하는 것이 아니라 하절기에는 전박적으로 뚜렷치 못하였으나 산란기가 종료되어 겨울철에 들면서 뚜렷한 ring이 형성되고 있었다.

서부호주에 서식하는 *A. balloti*의 수명은 3~4년을 초과하지 않는 것으로 보고하였다(Heald and Caputi, 1981). 이 연구에서 해가리비 경우도 연구기간 동안 어획된 최대 각장인 12.65 cm의 대형패에 형성된 ring의 수가 4개인 것으로 보아 생태적 수명은 4년 정도로 Heald and Caputi (1981)의 보고와 일치되고 있다.

제주특산종인 해가리비를 동해안, 남해안 그리고 서해안의 넓은 어장에 이식가능성 등을 파악하기 위하여 해가리비의 수온과 염분내성 실험을 실시하였다. 동·서·남해안의 겨울철 최저수온 5℃, 10℃를 고려하여 저온내성을 조사하였으나 각각 4시간, 8시간을 넘기지 못하고 폐사하였다. 고수온실험에서는 30℃에서 20시간 경과시 전량폐사하였다. 해가리비의 6가지 온도실험구에서 나타난 바와 같이 15℃, 20℃, 25℃에서는 정상적인 상태를 유지하였다. 제주도 남부연안의 연중 수온 범위는 대략 15~25℃인것과 실험의 결과가 일치하고 있으며, 5℃, 10℃저온에서 수시간만에 폐사한 것을 보면 해가리비를 동, 서, 남해안에 이식할 경우 겨울철 저온에 견딜수 없을 것으로 생각된다.

대부분의 가리비류는 비교적 고염분 해수에서 서식하는 이매패로서 알려져 있다. 그러나 외해에서 서식하는 가리비 종들과는 대조적으로 해만가리비는 매우 얕은 내만이나 강하구 연안에서도 살수 있으며 10~38‰범위의 온도에 서 서식이 가능하다. 모패는 수온에 따라서 매우 낮은 염분에서도 견딜수 있

어 수온 10℃에서는 완전담수에서 48시간동안 아무 이상없이 생존하지만, 수온 24℃에서는 생존하지 못한다(Belding, 1931 ; Gutsell, 1931 ; Castagna and Chanley, 1973 ; Dugan, 1975). 이 연구에서 해가리비는 10‰, 15‰에서는 1시간내에 20‰에서는 20시간에 전량 폐사하였다. 이러한 결과로부터 해가리비는 30‰이상의 고염분에서 서식하며 이것은 환경변화가 심한 내만성 어장에 잘 적응한 해만가리비와 비교할 때 난류계의 외해성어장에서만 서식한 해가리비가 염분내성이 약하다는 것은 당연한 결과라고 생각된다.

서부호주 Shark Bay의 *A. balloti*의 산란은 12월과 1월사이에 일어나며 거의 2년패가 산란에 참여한다(Heald and Caputi, 1981). 태국에 서식하는 *A. pleuronectes*의 산란은 11월과 2월 사이에 일어난다고 하였다(Chaitanawisuti and Mennasveta, 1992). 이 연구에서 제주도산 해가리비의 생식소지수는 암수 모두 11월에 22.17, 14.98로 최고치를 보였으며 산란은 11월에서 1월사이에 일어났다. 또한 실내 인공산란, 유발자극 실험에서 산란반응률이 가장 높았던 시기는 11월 2일~11월 27일 사이로서 이 시기가 제주수역에서는 산란성기로 추정되어 호주의 Shark Bay와 태국에서 보다 생식소의 성숙시기와 산란기가 다소 빠르게 나타났다. 이는 수온하강기에 산란하는 어패류가 고위도 지역이 저위도 지역에 비하여 빠르게 나타나는 현상과 일치되는 것으로 생각된다.

李(1972)는 진주조개의 생식소 발달과정을 6단계(분열증식기, 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기 및 휴지기)로 구분하였다. 이 연구에서는 李(1972)의 6단계에서 성숙기를 좀 더 세분화하여 3단계(초기 성숙기, 성숙기, 완숙기)를 추가하여 8개 단계로 구분하였다.

해가리비의 생식소 발달 초기에는 난소 소낭과 정소 소낭 호산성 과립세포들과 불분화간충직들이 풍부하게 나타났지만 생식소의 성장에 따라 그 수가 감소하는 것으로 볼 때 생식세포 성장에 필요한 영양과 관계하는 것으로 생각된다.

호주 Queensland수역에서 *A. balloti*의 성 성숙에 도달하는 크기는 각장 90

mm이상으로 보고된바 있다(Dredge, 1981). 이 연구에서 해가리비의 생식소가 완숙기에 이르는 크기는 각장 90~95 mm 체급이었으며 11~12월에 실시한 동일 크기의 소형 모패가 산란유발자극에 반응한 것으로 보아 *A. balloti*와 거의 일치된 결과를 보였다.

해가리비의 자연산 종패를 확보하기 위하여 범환수역에서 부유유생 조사를 실시하였으나 전 조사기간을 통하여 유생 출현수가 많지 않았다. 이것은 연구수역내의 해가리비의 서식자원이 충분치 못하고, 제주해역의 지형적 특성상 와류의 형성이나 연구수역이 외해로 개방되어 있는 관계로 부유유생이 확산되었기 때문인 것으로 생각된다. 호주 Queensland에 서식하고 있는 *A. balloti*에 대한 자연채묘실험 결과에서 채묘기에 부착한 시기는 90%가 겨울철이었으며 나머지는 초봄이었다. 부착마릿수는 채묘기당 각각 0.2~1.6마리로서 매우 적었다(Robins and Dredge, 1993), 그러나 *Mimachlamys gloriosa*와 *Pecten fumatus*는 각각 채묘기당 평균 599마리, 평균 500마리가 부착하였다. Robins and Dredge(1993)의 “호주 아열대 내만의 가리비 유생채묘에 대한 계절별 수층별 특성” 연구에서 *A. balloti*의 부착치패는 거의 소수에 불과하였으며 이는 족사의 부착력이 거의 없어 부착기에 치패가 잔유할 수 없기 때문이라고 하였다. Rose et al. (1988)은 *A. balloti*는 족사에 의한 부착기간이 비교적 짧다고 지적하였다. 이 연구에서 채묘기에 부착한 부착생물 조사결과 해가리비 치패는 채묘기 20개에 3개체 정도로 부착마리가 매우 적는데 비하여 짝귀비단가리비, 가는줄가리비, 새꼬막, 키조개, *Pteria breviaata* 및 진주조개 등이 대량 부착하여 전체 부착치패의 90%이상을 차지하였다. 이상의 사실로 볼 때 서귀포 범환수역과 강정수역에서 사용한 4가지 채묘기에서도 해가리비의 치패가 거의 발견되지 않는 것은 서귀포 연안의 연중 조류소통과 풍랑이 심하여 유생이 부착하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 Robins and Dredge (1993)와 Rose et al.(1988)등이 *A. balloti*의 채묘에서 지적인 *Amusium*속 부착치패의 족사 부착력이 대단히 약한 것과 비교적 짧은 부착기간을 가진다는

것과 잘 일치된 결과로 생각된다. 이 연구에서 키조개 부착치패가 발견되는 것은 우리나라에서 처음있는 일로서 부착치패를 제주도 성산, 오조리 어장에 이식실험한 결과 치패가 성장함에 따라 형태상 3개종으로 분류되었다. 특히, 전남 득량만에 주로 서식하고 있는 *Atrina pectinata japonica*와 같은 대형 산업종도 약 40%포함되어 있어 채묘기술이 개발될 경우 자연채묘에 의한 키조개 치패확보로 안정적인 키조개 양식이 이루어 질것으로 생각된다.

이때패의 인공산란 유발방법으로는 Loosanoffer and Davis(1950)와 Kanno (1962)의 온도자극, 간출자극, kanno (1962)의 전기자극 등의 물리적 자극과 Sagara (1958)와 Iwata (1971)의  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_4\text{Cl}$ 등의 처리에 의한 화학적 자극, 자외선을 쬐 해수자극, 신경절 현탁액자극 등이 시도되고 있다. *Amusium balloti*의 산란유발 방법은  $18^\circ\text{C}$ 의 여과해수를 자외선을 쬐여  $4\sim 6^\circ\text{C}$ 수온을 상승시켜 쉽게 산란시킬 수 있었다 (Rose et al., 1988; Cropp, 1993).

이 연구에서 해가리비 산란유발방법으로 온도상승자극, 간출자극과 병행한 온도상승자극, 자외선 조사해수와 온도상승자극을 병행하여 실시하였으나, 그 중에서 단순한 온도상승자극, 그리고 간출자극과 온도상승을 병행하여 실시한 경우의 산란 반응률이 가장 높게 나타났다. 이는 비교적 심층의 안정된 수온 조건에서 서식하고 있는 해가리비의 경우 충분히 성숙한 개체는 비교적 작은 온도의 변화에 쉽게 자극을 받기 때문으로 생각된다. *Amusium*속의 수정란의 크기에 대하여 *A. balloti*의 서부호주 개체군은 난경 평균  $76\ \mu\text{m}$ 였고 동북부 Queensland개체군은  $63\ \mu\text{m}$ 로 보고되었다(Rose et al., 1988). 이 연구에서 해가리비의 난경은  $72\ \mu\text{m}$ 로서 *A. balloti*의 서부호주 개체군 보다는 작았고 Queensland 개체군의 난경보다는 다소 컸다. *A. balloti*는 수온  $18\sim 19^\circ\text{C}$ 에서 수정 후 28시간에 담륜자로 부화하였고, 수정 후 2일에 D상 유생으로 되어 평균각장은  $123\ \mu\text{m}$ 였다. 8일째에는 각정이 형성되었으며 평균각정은  $154\ \mu\text{m}$ 였다. 수정 후 20일째에는 평균각장  $242\ \mu\text{m}$ 으로 부착기 유생으로 되었고, 25일

경과한 치패(부착 후 3일)는 평균 각장 333  $\mu\text{m}$ 까지 성장하였다. 수정 후 약 1개월(부착 후 7~8일) 오른쪽 패각의 원각에 족사 새김눈이 나타났고 치패의 각장은 350  $\mu\text{m}$ 내외로 성장하였다(Rose et al., 1988). 이 연구에서 해가리비는 수온  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 수정 22시간 후에 담륜자유생으로 부화하였고, 45시간 후에 각장 124  $\mu\text{m}$ 의 D상 유생으로 변태하였다. 수정 후 9일째에서는 각장 166.2  $\mu\text{m}$ 으로 성장하면서 각정기 유생으로 되었다. 수정 후 17일째에는 각장 232.4  $\mu\text{m}$ 에 달하면서 부착기 유생으로 되었으며 24일째에는 평균 각장 435.8  $\mu\text{m}$ 으로 자라면서 주연각을 볼 수 있었다. 대체로 경과 일수에 따른 해가리비 유생의 크기와 발생단계가 *A. balloti*에 비하여 크고 다소 빠르게 나타났지만 이는 발생 수온이  $1 \sim 2^\circ\text{C}$  높았던 것과 종에 따른 차이에 기인한 것으로 생각되었다.

부유유생기의 수온과 성장에 대하여 서부 호주에서 *A. balloti*는  $25^\circ\text{C}$  이상에서는 유생의 폐사율이 높아진다고 하였다(Cropp, 1993). 이 연구에서 해가리비의 수온별 유생성장과 생존율을 보면  $20^\circ\text{C}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ,  $30^\circ\text{C}$ 에서 실험 후 9일까지는 비슷한 성장을 보이다가 15일째에는  $25^\circ\text{C}$ 의 실험구가  $20^\circ\text{C}$ 에 비하여 거의 2배의 성장차를 보였다. 수온별 생존율을 보면 3일째에  $30^\circ\text{C}$ 에서 급격한 폐사가 일어났고 실험종료시에는 1%의 생존율을 보였으나  $20^\circ\text{C}$ 에서는 최종 생존율이 10.6%로 가장 양호하여 Cropp (1993)결과와 유사하게 나타났다. 또한 성패를 대상으로 조사한 온도내성 실험에서  $30^\circ\text{C}$ 에서 20시간만에 전량 폐사한 것과도 잘 일치되어 고수온에서의 내성은 유생기에서 성패에 이르기까지 동일한 경향을 보였다.

이매패류는 식물부유생물을 여과 섭식하는 식성이므로 이매패류의 인공종묘생산을 위해서 먹이생물의 확보는 필수적이라 할 수 있다. 이매패류의 부화유생의 사육에는 알맞은 크기와 영양을 갖춘 먹이생물의 대량 확보가 중요하며 특히먹이의 질적 조건은 유생의 생존율과 성장에 대단히 중요한 요소가 된다. Whyte (1987)는 이매패류 양식을 위하여 6개종의 식물성 플랑크톤의 생화학적 조성과 에너지 내용물에 관한 연구에서 규조류 중, *Thalassiosira*

*pseudonana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chaetoceros* sp. 3종과 편모조류 *Isochrysis galbana*, *Isochrysis* aff. *galbana*(T-Iso) 그리고 *Tetraselmis suecica* 3종을 배양하여 건조무게 1 g당 에너지(Kcal)를 계측 비교하였다. 6종중에서 *I. aff. galbana* (T-Iso)가 지방과 단백질에서 에너지 값이 가장 높았고 탄수화물을 포함한 3가지 영양성분을 합한 값은 4.42 Kcal였고, 연소에너지 값은 4.65 Kcal였다. 2위를 차지한 종 역시 *I. galbana*로서 3가지 영양분을 합한 값은 3.71 Kcal였고 연소 에너지 값은 4.22 Kcal를 나타냈다. 세 번째는 *C. calcitrans*로서 세가지 영양소 값을 합한 것은 2.98 Kcal 였고, 연소에너지 값은 3.04 Kcal였다. 이매패류 먹이로 주로 이용되는 종은 *C. calcitrans*, *P. lutheri* 와 *I. galbana* 등으로 이러한 단세포 식물플랑크톤은 세포내에 함유된 영양물질에 따라 유생의 성장, 변태 및 생존에 큰 영향을 미치게 된다 (Halland, 1978 ; O'Connor et al., 1992). 이 연구에서 이상의 3가지 종을 단독 혹은 2종 이상 혼합하여 설계한 6가지 실험구에서 유생을 사육한 결과 성장은 3가지 종을 혼합한 투여구가 가장 우수하였다. 단독투여구에서는 *I. galbana*가 가장 우수하였고 *P. lutheri*가 가장 저조하여 Whyte (1987)의 에너지 함량 연구결과와 일치된 결과를 보였다.

Helm and Millican (1977)은 참굴 *C. gigas*의 부유유생 사육에서 사육수 1 ml당 1개체에서 5개체로 유생의 밀도가 증가하게 되면 D상 유생의 경우에는 16% 감소하는 반면 이 보다 컸던 경우에는 60%의 감소경향을 보였다고 하여 생존율은 사육밀도에 큰 영향을 받는다. Lee (1995)는 코끼리조개의 유생밀도별 사육실험에서 평균각장의 성장은 5개체 이하에서 176.5~188.9  $\mu\text{m}$ 로 가장 빨랐고, 생존율은 3개체 이하에서 25.2~41.5%로 가장 높았다. 이 연구에서는 해가리비의 유생의 밀도를 1 ml당 1, 5, 10 및 20개체로하여 조사한 결과 수정 후 12일째까지는 5개체구와 1개체구에서 성장차이가 거의 없었고 실험 24일째에는 5개체구가 463.7  $\mu\text{m}$ , 1개체구 450.8  $\mu\text{m}$ 로서 5개체구 이하에서 더 빠른 성장을 보인 것은 앞에서의 참굴과 코끼리조개의 유생사육 결과와



잘 일치되고 있다. 생산율에서도 5개체 이하에서 23~26%로 가장 높게 나타나 대체로 유사한 결과를 보이고 있다. 이와 같이 유생사육 밀도에 따른 성장과 생존율의 결과가 모두 유사하게 나타난 것은 연구 대상 생물 유생의 크기와 포식력, 식성, 사용한 먹이생물의 종류 등이 모두 유사한데 따른 결과로 보여진다.

인공채묘 과정에서 채묘기 자재별 부착률은 염화비닐 파판이 3.0~10.3개체/채묘기에 비하여 망목 0.5 mm 합성섬유망 채묘기에서 6.8~484개체/채묘기 그리고 망목 1 mm양과망 채묘기에서 7.8~463.0 개체/채묘기로 현저하게 많은 부착을 보였다. 이는 부착기 유생의 착저 기질에 대한 선택성 보다는 부착 표면적이 월등하게 넓었던 것에 기인된 것으로 생각되었다. 채묘기의 설치방법에 따른 채묘효과 중 염화비닐 파판 채묘기당 유생 부착률은 수평식에서 10.3개체인데 반하여 수직식에서 3.0개체로 크게 저조하였다. 또한 합성섬유망과 양과망 채묘기에서도 수조내에 수직으로 수하 하였던 것에서 6.8~7.8개체/채묘기, 망내에 부착기 유생을 주입하였던 것에서 463~484개체/채묘기로 현저한 차이를 보였다. 이것은 앞에서 Robins et al.(1993)과 Rose et al.(1988)등이 지적한 *Amusium* 속 부착기 유생의 족사의 부착력이 약한 점과 족사에 의한 부착기간이 대단히 짧은 생태적 특성 때문에 부착 자패가 탈락되기 쉬운 염화비닐 파판 재질과 수직으로 수하한 그물 채묘망 보다는 채묘기가 들어있는 그물 주머니 내로 부착기 유생을 부어 넣은 것이 부착치패의 탈락 방지효과면에서 좋은 결과를 거둘 수 있었던 것으로 생각된다.

가리비류의 중간육성에 대하여 박(1995)은 각장 1~2 mm의 자연에서 채묘된 동해안 참가리비를 pearl net에 수용밀도 20마리로 하여 102일간 사육한 경우, 15 m와 20 m에서 일간 성장률 0.435 mm와 0.430 mm로 성장하였지만, 수심 10 m에서는 0.363 mm로 비교적 저조한 성장을 보였다. 또한 수용 밀도별 폐사율은 수심 15 m에서는 평균 6.5%였으나, pearl net당 20마리를 수용한 실험구에서는 폐사체가 거의 없는 것으로 보고하였다. 이 연구에서 평균각

장 15.8~16.1 mm 인공치패를 중간육성한 결과, 각장의 일간 성장량은 0.341 mm로서 수심별 차이는 없었다. 그러나 각장 41.7~44.7 mm의 자연산 치패를 pearl net 당 25개체를 수용하여 수심 10 m, 15 m, 20 m에서 90일간 사육한 결과, 수심 20 m에서 일간성장이 각장 0.306 mm로서 가장 좋은 값을 보였다. 중간육성 기간 중의 생존율에서 수심 15 m에서 10마리가 생존하였는데 비하여, 수심 20 m에서는 17마리가 생존하여 수심별 실험구 중에서 가장 높은 생존율을 보였다.

해가리비 치패의 일간 성장량으로 본 성장속도는 각장 15.8~16.1 mm의 소형치패는 각장 0.338~0.343 mm인데 비하여 각장 40 mm내외의 대형치패는 각장 0.121~0.306 mm 로 성장해 가면서 둔화되는 경향을 보였다. 또한 비슷한 크기인 각장 1~2 mm의 참가리비의 성장과는 거의 유사하게 나타났다. 해가리비와 참가리비의 수심별 성장과 생존율의 비교는 각장의 크기가 다르기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 성장과 생존율은 20 m 수층에서 모두 양호한 결과를 보여 일치되고 있다.

이 연구에서 인공종묘 생산한 각장 10.2 mm 치패에 대한 중간육성 실험에서 1차에는 7일 후 전량 폐사하였으나, 2차때에는 약 33%의 생존율을 나타냈다. 1차와 2차의 실험 조건을 분석한 결과 1차 때의 평균각장은 약 10.2 mm 인 반면 2차때는 약 16 mm로서 각장이 약 5.8 mm 더 큰 치패를 사용하였고, 실험실 사육수조에서 서귀포 어장까지 이동하는 약 2시간 동안에 치패에게 스트레스를 최소화 하기 위하여 1차에서는 1 l 당 100마리 정도를 수용하였지만 2차에는 1 l 당 10마리 정도로 수용밀도를 낮게 하여 이송하였다. 이밖에 1차 실험에서는 소형치패를 이송하여 중간육성 시설을 하기 까지 전 과정을 통하여 직사광선 하에서의 과도한 공중노출 등 많은 스트레스를 주었던 것이 시설 후 전수 폐사하게된 원인으로 추정되었다. 또한 1, 2차에 걸쳐 실시한 인공치패의 중간 육성실험에서 생존율이 박(1995)의 참가리비 중간육성 결과에 비하여 크게 저조한 것은 참가리비 종패는 자연상태에서 채묘되어 자

연환경에 충분히 적응된 것을 그대로 동일환경의 중간육성 시설로 옮긴 것이다. 그러나 이 연구에서의 해가리비 치패는 안정된 인위적 제어 환경속에서만 살던 것을 갑자기 자연환경에 노출 시키면서 수송과 시설작업 과정에서 받게 되는 스트레스 외에도 급변한 자연환경에 미처 적응하기 어려운 점이 중간육성의 폐사원인이 되었다고 생각된다. 따라서 해가리비의 양식개발을 위해서는 제주도의 지형적인 수역 특성상 자연채묘에 의한 종묘의 확보는 현재로서는 어려운 전망이므로 인공종묘 생산기술 개발에 의존하는 것이 초기 개발과정에서 중요하다고 생각된다. 인공종묘의 대량생산의 기술개발이 가능해진 현 시점에서 처음 자연의 바다에 효율적으로 적응시키기 위해서는 치패의 공중노출에 대한 생리적인 특성과 중간육성에 알맞는 적정 크기, 적정시기, 적정 시설방법 등의 구체적인 연구가 이어져야 될 것으로 생각된다.

해가리비 치패를 중간 육성하는 방법에 대하여 각장 10 cm내외의 모패를 귀매달기 방법에 의하여 35일간 육성한 결과 97% 이상의 높은 생존율을 볼 수 있었다. 그러나 각장 3 cm치패를 귀매달기 할 경우 귀의 크기가 가로 4 mm, 세로 3 mm로서 국자가리비 각장 3 cm치패의 귀의 크기 가로 8 mm, 세로 7 mm에 비하여 귀의 크기가 작고 또 패각이 얇아 1~2 cm크기의 어린 치패를 귀매달기 하기에는 더욱 어려울 것으로 생각된다.

인공종묘의 대량생산 기술개발은 완전 양식차원에서도 중요하지만, 자연의 서식지에 대량 방류하여 자원의 증가를 기하여 가리비의 채포어업을 개발하는 방법도 중요하다. 자연의 자원량 추정과 인공치패의 방류효과를 조사하기 위하여 표지방류외에 잠수부에 의하여 직접 잠수 조사, 수중 사진촬영하거나 쿼드래트 샘플 그리고 형망이나 트롤 등에 의한 여러 가지 방법이 이용되고 있다 (Golikov and Scarlato, 1970; Mason et al., 1982; Orensang, 1984). Dredge (1986)는 Queensland지역의 *Amusium balloti*의 서식밀도는 1 m<sup>2</sup>당 1 개체 이하로 서식하며 Queensland에서 생산되는 가리비의 패주량은 1969년에 80톤에서 1987년 1200톤으로 생산이 15배나 증가하였다고 한다.

서귀포 법환어장에서 해가리비 서식밀도를 다이버에 의하여 관찰한 바 대략 10 m×10 m 넓이에 1개체가 서식하는 것으로 추정되었다. 이러한 사실들을 종합해 본다면 제주도 남부연안의 사질대어장에다 종패를 대량 방류하여 해가리비 살포식 양식을 한다면 호주 Queensland와 같이 형망이나 트롤어업의 어장으로서 개발해 보는 것도 금후 추진되어야 할 과제중의 하나라고 생각된다.

Dredge (1989)에 의하면 *A. balloti*를 호주 Queensland에서 446마리를 방류하여 180일 동안에 58마리를 채포하여 13%의 재포율을 보였다. 이 연구에서 해가리비의 표지방류 재포실험 시 총 159마리를 방류하여 39일에 걸쳐 총 61.5시간 동안 형망으로 어획한 결과, 8마리가 채포되어 재포율은 5.03%였다. 법환수역에 방류한 후 1차분은 202~482일, 2차분은 106~265일이 소요되었으나 재포된 치패 전수가 1 km이내에서 채포된 것을 보면 방류 후 큰 이동은 하지 않는 것으로 생각된다. 이 연구에서 해가리비의 재포율이 Dredge (1989)의 13%보다 낮았던 것은 재포노력과 재포에 이용한 어구와 장비 등의 낙후에 기인한 것으로 전문적인 조사장비가 갖추어지면 더 높은 재포율을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 요약

제주도 남부 연안에 서식하는 해가리비의 양식생물학적 연구를 목적으로 서식장 환경, 생태, 연령과 성장, 생식주기, 자연채묘, 인공종묘생산을 위한 산란유발, 수정란의 발생과정, 채묘기 자재별 채묘방법에 따른 채묘, 부착기 이후 자패의 사육, 중간육성 및 방류와 재포 등을 조사하였다.

1. 해가리비의 분포는 주로 제주도 남부해역의 수온 12.8~26.6℃, 염분 31.57~35.14‰ 범위에 있는 수심 20~30 m의 사니질대를 중심으로 서식하고 있었다.

2. 각 체부위에 대한 상대성장은 각장(SL)과 각고(SH)의 관계는  $SL = 0.9141SH + 3.6124$  ( $r=0.9979$ )로 나타났고, 각고(SH)과 전중량(TW)과의 관계는  $TW = 3.1919 \times 10^{-5} SH^{3.1595}$  ( $r=0.9961$ )로 나타났다.

3. 전중량(TW)에 대한 패주중량(AW)의 연평균치는 15.9%였고, 6월에 21.3%, 8월에 20.6%로 높았으며, 9월 부터 11월까지 낮아져 11월에 9.2%로 최저치를 보여 생식소중량지수(GSI)와는 역상관 관계였다.

육질중량(BW)에 대한 패주중량(AW)의 비율은 연평균치가 39.2%였고, 6월에 최고치로서 48.5%, 11월에 최저치인 27.2%를 보였다.

4. 생식소 중량지수(GSI)는 암수 모두 7월부터 증가하기 시작하여 11월에 암컷은 22.17로 수컷은 14.98로 최고치였으며, 12월부터 급격히 감소한 후, 암컷은 5월에 3.44로, 수컷은 6월에 2.45로 최저치였다.

생식주기는 분열증식기(4~6월), 성장기(6~8월), 초기성숙기(8~9월), 성숙

기(10월), 완숙기(10~11월), 방출기(11~1월), 회복기(2~3월), 휴지기(3~4월)로 구분할 수 있다. 생물학적 최소형은 암수 모두 각장 90 mm전후였다.

5. 연령별 각고의 성장은 1세 6.28 cm, 2세 9.07 cm, 3세 10.74 cm, 4세 11.74 cm, 5세 12.34 cm였고, 연령별 전중량의 성장은 1세의 경우 18.82 g, 3세에는 102.36 g으로 증가하였다.

6. 수온에 대한 내성은 수온 10℃에서는 12시간 짜에 전수 폐사하였으나 수온 15℃에서는 섬모가 위축되어 활동이 미약하였지만 폐사 개체는 없었다. 수온 30℃에서는 20시간 이후에 전량 폐사하였다. 염분에 대한 내성은 염분 10‰에 45분에, 15‰에서는 1시간 후에 전량 폐사하였다.

7. 산란 유발률은 온도상승 자극법에서 64.8~91.5%였으며 간출자극을 병행하여 온도상승 자극을 실시한 방법에서는 52.4%였으며, 자외선 조사해수와 온도상승 자극법을 병행한 자극에서는 32.7%였다. 산란유발 반응수온은 사육수온 16.3~18.3℃에서 3.1~8.5℃ 상승된 21.4~26.4℃였으며, 개체당 평균 산란량은  $9.2 \times 10^5$ 개 였다.

8. 수정란의 크기는 72  $\mu\text{m}$ 였고, 수정 후 30분에 제1극체가 출현하였으며, 수정 후 약 2시간에 2세포기, 8시간 후에 8세포기, 수정 18시간 후에 포배기, 22시간 후에는 담륜자유생(trochophore larva)으로 부화하였다.

유생의 부착은 주연각이 형성되는 각장 232  $\mu\text{m}$ 부터 시작하여 각정부위가 완전히 돌출하고 주연각이 형성된 각장 300  $\mu\text{m}$ 에서 대부분이 부착하였다.

채묘 자재별 부착은 망목 0.5 mm 합성 섬유망이 6.8~484 개체/채묘기와 망목 1 mm 양과망이 7.8~463개체/채묘기로서 염화 비닐판 3.0~10.3 개체/채묘기 보다 양호하였다. 유생을 합성섬유망과 양과망내에 직접 주입하여 부착

시킨 실험구는 463.0~484.0 개체/채묘기로서 다른 시험구에 비해 현저하게 많이 부착하였다. 염화비닐판의 설치방법별 부착률은 수평식이 10.3 개체/채묘기, 수직식 3.0 개체/채묘기 였다.

부착기 이후 자패의 성장은 수정 약 50일째에 각장 약 1.0 mm, 70일째에 1.5 mm, 110일째에 5.5 mm, 135일이 경과하면서 각장 9.6 mm로 성장하였으며, 경과일수(X)에 대한 각장(SL)의 성장은  $SL = 257.75e^{0.0272X}$  ( $r = 0.9100$ ) 지수곡선식으로 나타났다.

9. 치패의 수온별 성장은 35일 후 20℃에서 각장 9.75 mm, 25℃에서 각장 9.73 mm, 15℃에서 각장 9.0 mm의 순으로 20℃에서 성장이 가장 좋았다. 생존율은 15℃에서 56.7%, 20℃에서 50%, 25℃에서 43.3%의 순으로 수온이 낮을수록 생존률이 높게 나타나는 경향이였다.

10. 표지방류한 해가리비의 재포율은 약 5.03%였고, 일간 성장량은 각고가 0.02~0.16 mm/day이었고, 중량은 0.02~0.24 g/day이었다. 재포된 모든 개체는 방류지점에서 1 Km이내에서 재포되었다.

## VI. 參 考 文 獻

- Ansell, A. D., 1974. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Chlamys septemradiata* from the Clyde Sea area. *Mar. Biol.*, 25: 85~99.
- Beldam, C. A. and A. C. G. del Norte. 1988. Notes on the induced spawning and larval rearing of the Asian moon scallop, *Amusium pleuronectes* (Linne) in the laboratory. *Aquaculture*, 72: 173~179.
- Belding, D. L. 1931. The scallop fishery of Massachusetts. Commonwealth Massa. Mar. Fish. Ser., 3, 51 pp.
- Castagna, M. and P. Chanley. 1973. Salinity tolerance of some marine bivalves from inshore and estuarine environments in Virginia waters on the western mid-Atlantic coast. *Malacologian*, 12: 47~96.
- Chaitanawisuti, N. and P. Menasveta, 1992. Preliminary studies on breeding and larval rearing of the Asian moon scallop (*Amusium pleuronectes*). *J. Aqua. Trop.*, 7: 205~218.
- Comely, C. A., 1974. Seasonal variations in the flesh weights and biochemical content of the scallop *Pecten maximus* (L.) in the Clyde Sea Area. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 35: 281~295.
- Cropp, D. A., 1993 Development of large-scale hatchery production techniques for *Amusium balloti* (Bernardi 1861) in Western Australia. *Aquaculture*, 115: 285~296.
- Dredge, M. C. L., 1981. Reproductive biology of the saucer scallop *Amusium japonicum balloti* (Bernardi) in central Queensland waters. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 32: 775~787.



- Dredge, M. C. L., 1986. The effect of variation in prawn and scallop stocks on the behaviour of a fishing fleet. In: Fisheries Management, Theory and Practice in Queensland. Griffith Univ. Press. RP.: 167~177.
- Dredge, M. C. L., 1989. How far can a scallop... · Australasian scallop Workshop., 68~79.
- Dugan, W. P., 1975. Reactions of the bay scallop, *Argopecten irradians* to gradual reductions in salinity. Chesapeake Sci., 6: 284~286.
- Folch, J., M. Lees and G. H. Sloanestanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226: 497~509
- Golikov, A. N. and O. A. Scarlato, 1970. Abundance, dynamics and production properties of populations of edible bivalves *Mizuhopecten yessoensis* and *Spisula sachalinensis* related to the problem of organization of controllable submarine farms at the western shores of the Sea of Japan. Helg. Wiss. Meeresunters., 20: 498~513.
- Graham, P. P., R. J. Bittel, K. P. Board, A. Lope and H. L. Williams, 1982. Mineral element composition of bovine spleen and separated spleen compounds. J. Food Sci., 47: 720~722
- Gutsell. J. S., 1931. Natural history of the bay scallop (*Argopecten irradians*). Bull. U.S. Bur. Fish., 46: 569~632.
- Heald, D. I. and N. Caputi, 1981. Some aspects of growth, recruitment and reproduction in the southern saucer scallop, *Amusium balloti* (Bernardi, 1861) in Shark Bay, Western Australia. Dept. Fish. Wildl. (West Australia), Fish. Res. Bull., 25, 33pp.
- Helm, M. M. and P. E. Millican, 1977. Experiment in the hatchery rearing

- of Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquaculture* 11: 1~12.
- Halland, D. L., 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. 85~123
- Iwata, K. S., 1971. Spawning of *Mytilus edulis*, Acid-inhibition of spawning by KCL. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 17(2): 91~93.
- Joll, L. M., 1988. Daily growth rings in juvenile saucer scallops, *Amusium balloti* (Bernardi). *J. Shellfish Res.*, 7(1): 73~76.
- Kanno, H., 1962. Artificial discharge of reproductive substance of Mollusca caused by repeated stimulation of temperature. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 20: 114~120.
- Linnaeus, C., 1758. *System Naturae per Regna Tria Nature*, 10th edi. Vol. 1. Laurentii, Stockholm, iii+824 pp.
- Llana, M. E. G., 1983. Size composition, occurrence, distribution and abundance of scallops in the Visayan Sea. *Phil. J. Fish.*, 16(2): 75~94.
- Loosanoff, V. L. and H. C. Davis, 1950. Conditioning *V. mercenaria* for spawning in winter and breeding its larvae in the laboratory. *Biol. Bull.*, 98: 60~65.
- Love, M.S. and Westphal, W.V., 1981. Growth, reproduction and food habits olive rockfish, *Sebastes serranoides* off Central California. *Fish. Bull.* 79: 533~543.
- Mason, J., J. Drinkwater, T. R. W. Howell and D. I. Fraser, 1982. A comparison of methods of determining the distribution and density of the scallop, *Pecten maximus* (L.) ICES CM., 24, 5.
- Mori, K., 1975. Seasonal variation in physiological activity of scallops

- under culture in the coastal waters of Sanriku district, Japan and a physiological approach of a possible cause of their mass mortality. Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi, 15: 59~79.
- Mori, K., Osanai, R. and sato, R., 1977. Seasonal gonad changes in scallop under culture in Toni Bay, Iwate Prefecture. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43(1): 1~8.
- Morton, B., 1980. Swimming in *Amusium pleuronectes* (Bivalvia: Pectinidae). J. Zool. Lond., 190: 375~404.
- Naidu, K. S., 1970. Reproduction and breeding cycle of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in Port Bay, Newfoundland. Can. J. Zool., 48: 1003~1012.
- O'Connor, W. A., J. A. Nell and J. A. Diemar, 1992. The evaluation of twelve algal species as food for juvenile Sidney rock oysters, *Saccostrea commercialis*. Aquaculture, 108: 277~283.
- Orensang, J. M., 1984. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. Can. Sp. Publ. Fish. Aquat. Sci., 92: 195~227.
- Peares, J. S., 1965. Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* (Koehler), a common Antarctic asteroid. Biol. Antarc. Seas, 2: 39~85.
- Rhodes, E. W and J. C. Wildman, 1980. Some aspect of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). Proc. World Maric. Soc., 11: 235~246.
- Robins-Troeger, J. B. and M. C. L. Dredge, 1993. Seasonal and depth characteristics of scallop spatfall in the Australian subtropical embayment. J. Shellfish Res., 12(2): 285~290.

- Rose, R. A., G. R. Campbell and S. G. Sanders, 1988. Larval development of the saucer scallop *Amusium balloti* Bernardi. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 39: 153~160.
- Robinson, W. E., W. E. Wehling, M. P. Morse and G. C. Ncleod, 1981. Seasonal changes in soft-body component indices and energy *Placopecten magellanicus*. Fish. Bull., 79: 449~458.
- Sagara, J., 1958. Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalves caused by treatment of seawater and injection with  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23(9): 505~510.
- Sastry, A. N., 1965. The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop, *Aeguipecten irradians concentricus* Say, reared in the laboratory. Bull. Mar. Sci., 15: 417~435.
- Stanley, C. A., 1967. The commercial scallop, *Pecten maximus* in Northern Irish waters. Ph.D. Thesis, Queen's University of Ireland, Belfast, Ireland. 111pp.
- Strickland, J. D. H. and T. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Canada. Bull., 167: 310pp.
- Taylor, A. C. and T. I. Venn, 1979. Seasonal variation in weight of the Queen scallop, *Chlamys opercularis*, from the Clyde Sea area. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 59: 605~621. 2104~2116.
- Waller, T. R., 1991. Evolutionary relationship among commercial scallops. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 21: 18.
- Whyte, John N. C., 1987. Biochemical composition and energy, content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. Aquaculture, 60: 231~241.

- Wilkins, N. P., 1978. Length correlated in heterozygosity at an enzyme locus in the scallop (*Pecten maximus* L.). *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.*, 9: 69~77.
- 上田 正. 1974. アサリ脂質脂肪酸組成と環境溫度との關係. *日本水誌*, 40: 947~957.
- 中井甚二郎. 1933. 朝鮮總督府 水産試驗場報告. 4: 25~176.
- 姜海遠·鄭成采·李種寬·趙榮朝·張貞源, 1982. 가리비 인공종묘생산에 관한 연구. *수진연구보고*, 30: 111~118.
- 강태연·최영찬·고유봉, 1996. 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초연구 (1)-제주도 남서부 연안해역의 해수화학적 특성과 용승현상. *한수지*, 29(5): 603~613.
- 나기환·정우건·조창환, 1995. 비단가리비 종묘생산을 위한 연구. *한국양식학회지* 8(4): 307~316.
- 柳晟奎·金容億·朴旻洋, 1979. 가리비 (Scallop)채묘의 개발연구. *부산수대연보*, 19(2): 55~62.
- 朴榮濟, 1995. 가리비 양식기술개발에 관한 연구. *농림수산부 특정연구 개발사업의 연구보고서*: 160~170.
- 卞忠圭·盧龍吉·1978. 가리비, *Patinopecten yessoensis* (Jay)의 인공채묘에 관한 연구. *수진연구보고서*, 20: 141~155
- 손팔원·하동수·노섭·장대수, 1996. 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin)의 연령과 성장에 관한 연구. *한국양식학회지*, 24(9): 409~417.
- 柳種生, 1979. 한국패류도감. 一志社. pp. 117~119.
- 이보형·장성익, 1977. 가리비 양식에 관한 연구. *수진연구보고*, 16, 165~178.
- 이보형·조문규, 1980. 영일만 가리비의 자연채묘 방법연구. *수진연구보고*, 24: 59~66.
- 李種夏, 1991. 혼한가리비, *Chlamys nobilis*, 인공종묘 생산에 관한 연구. *수진*

- 연구보고, 45: 175~181.
- 이창국 · 이두석 · 윤희련 · 장영순 · 김성준, 1993. 수산물의 종류별 아미노산 함량과 그 조성에 관하여 수진연구보고, 47:
- 李採成, 1995. 꼬끼리조개, *Panope japonica*의 번식생물학적연구. 제주대학교 대학원 박사학위논문, 68~76.
- 李澤烈, 1972. 진주조개, *Pinctada martensii*의 생식세포형성 및 발달에 관하여. 부산수대 임연보, 5: 21~30.
- 張榮根, 1991. 가리비, *Patinopecten yessoensis* 소화맹낭의 계절변화. J. of Aquaculture, 4(1): 19~30.
- 河東秀, 1994. 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin)의 생식생태와 초기발생. 제주대학교 대학원 석사학위논문,



## 사 사

부족함이 많은 저에게 학위논문이 완성되기까지 바쁘신 중에도 시종일관 자상하신 말씀으로 지도하여 주시고, 끝까지 사랑으로 희망과 용기를 주신 지도교수 노섭 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

논리적이지 못한 문장들을 세세히 읽으시고 정성스럽게 다듬어 주신 부경대학교 홍성윤 교수님, 장영진 교수님, 제주대학교 송춘복 교수님, 최광식 교수님께 감사를 드리며, 학위 과정중 많은 지도와 격려를 아끼지 않으신 이정재 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님께도 감사를 드립니다.

이 연구과정에서 해가리비를 어획하기 위하여 밤낮으로 고생을 많이한 제주 869호 선박직원 모두에게 고마움을 전하며, 논문정리에 있어서 정성을 다 해준 장대수, 하동수 연구사에게 깊은 감사를 전합니다. 끝으로 아빠를 위하여 항상 기도와 용기를 준 아들 동현과 딸 서정에게 고마움을 전하며, 더욱 건강하고 최선을 다하는 사람이 되기를 바라고 이제 항상 연구하는 자세로 더욱 정진할 것을 다짐합니다.