

碩士學位論文

해가리비, *Amusium japonicum japonicum*
(GMELIN)의 生殖生態와 初期發生

濟州大學校 大學院

水産生物學科



1994年 6月

해가리비, *Amusium japonicum japonicum*
(GMELIN)의 生殖生態와 初期發生

指導教授 卞 忠 圭

河 東 秀

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

1994年 6月

河東秀의 理學 碩士學位 論文을 認准함

JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長	盧	暹
委 員	卞	忠 圭
委 員	李	榮 敦

濟州大學校大學院

1994年 6月

Reproductive ecology and egg development of
Amusium japonicum japonicum (GMELIN)

Dong-Soo Ha

(Supervised by Professor Choong-Kyu Pyen)



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

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1994. 6.

目 次

Abstract	1
I. 緒 論	3
II. 材 料 및 方 法	4
III. 結 果	7
1. 相對成長	7
2. 生殖巢構造	11
1) 生殖巢의 外部形態와 構造	
2) 性比	
3. 生殖巢 熟度指數의 週年變化	13
4. 生殖巢 發達의 組織學的 變化	13
1) 卵子形成過程	
2) 精子形成過程	
5. 卵徑組成의 月別變化	16
6. 生殖週期	16
1) 分裂增殖期(Multiplicative stage)	
2) 成長期(Growing stage)	
3) 成熟期(Mature stage)	
4) 放出期(Spawning stage)	
5) 退化期(Degenerative stage)	
7. 初期幼生	19
1) 産卵	
2) 卵과 幼生의 發生	

IV. 考察	21
V. 要約	26
VI. 參考文獻	27
謝辭	32
EXPLANATION OF ABBREVIATIONS	33
EXPLANATION OF PLATE	34
PLATE	36

Abstract

The research on the relative growth was done to get the morphological characteristics. Reproductive cycle, gonadal development, and composition of the egg size of the sun and moon shell, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN) were investigated histologically. The egg development from early stage to early umbo stage larva were periodically observed after the artificial fertilization. The above mentioned research were done by the sun and moon shell samples monthly caught from the Seogwipo coast of Cheju Do from March 1993 to February 1994. The relation between (1) shell length(SL) VS. shell height(SH), (2) between shell length(SL) VS. shell width(SW), and (3) between shell height(SH) VS. shell width(SW) is represented respectively by the following liner regressing equation. The relation between shell length(SL) VS. body weight(BW) is represented by the following equation.

$$(1) SH = 0.9190 \times SL + 3.8737 \quad (r = 0.9973)$$

$$(2) SW = 0.2466 \times SL - 4.9105 \quad (r = 0.9891)$$

$$(3) SW = 0.2654 \times SH - 5.5515 \quad (r = 0.9883)$$

$$(4) BW = 4.132 \times 10^{-5} SL^{3.1489} \quad (r = 0.9667)$$

Gonadosomatic index(GSI) of the female and male began to increase in August and reached to maximum value in November. Decrease of GSI began in December, and it reached the minimum value of GSI in May.

The monthly variation of the composition of egg size appeared the oogonium and early oocyte of about 90% less than $20\mu\text{m}$ in April to May. Then oocyte of the size of over $50\mu\text{m}$ showed about 45% in July to August. During September to following January, mature eggs were appeared above $80\mu\text{m}$ in size. Mature eggs were showed in January to March, but most of eggs were degenerated and absorbed in the ovarian sac.

Reproductive cycle in the sun and moon shell could be distinguished into five stages : Multiplicative stage (April~June), Growing stage (June~September), Mature stage (September~November), Spawning stage

(November~January) and Degenerative stage (February~March).The spawning was occurred in the water temperature of 14.0~18.6℃ from November to January.

The first polar body was discharged in about 30 minutes after fertilization in the water temperature of 18.0~21.0℃. First cleavage was initiated at the 250 minutes after the fertilization. The eggs were developed to the morula stage within the 510 minutes, and become to the trochophore within 16 hours, and transformed to D - shaped larvae in 30 hours. D - shaped larvae were developed to the early umbo stage larvae of the shell length of 171 μ m at 13 days after the fertilization.



I. 緒 論

가리비類는 세계적으로 300여種이 서식하고 있는것으로 알려지고 있으며, 우리나라에는 가리비科에 참가리비, *Patinopecten yessoensis*(Jay), 비단가리비, *Chlamys farreri farreri*(Gones et Preston), 국자가리비, *Pecten albicans*(Schroter) 등 8種, 개가리비科에 개가리비, *Lima vulgaris* Link 外 2種, 일월가리비科에 해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN) 1種 등 總12種이棲息하는 것으로 밝혀져 있다(權 等, 1993).

해가리비는 우리나라 濟州道 南部沿岸, 日本 中部以南 및 中國沿岸의 수심 20~40m의 砂泥質 地域에 대부분 分布하고 있다. 貝殼의 殼表面은 평탄하고 上殼은 紫色을 띠는 赤色이고 下殼은 乳白色이다.

가리비類에 關한 研究는 生殖生態에 關한 研究(山本, 1943 ; 森 等, 1977 ; 菅野와 谷田, 1961 ; Chang 等, 1985), 種苗生産에 關한 研究(結城, 1987 ; 木과 盧, 1978 ; 姜 等, 1982 ; 李, 1991), 養成에 關한 研究(谷田와 菅野, 1959; 柳와 今井, 1968 ; 柳 等, 1979 ; 柳 等, 1981 ; 李와 張, 1977 ; 李와 曹, 1980) 등이 있다. 그러나 濟州道産 해가리비의 生殖生態에 關한 研究는 國內에서는 아직 報告되지 않고 있는 實情이다.

이 研究에서는 해가리비의 養殖 開發을 위한 基礎 資料로서, 形態的인 特徵, 生殖巢 熟度指數의 週年變化, 生殖巢 發達의 組織學的 變化를 통한 生殖 細胞 形成過程과 月別 卵徑組成 그리고 生殖週期 等を 조사하여 生殖生態를 밝히고자 하였고 人爲적인 産卵 誘發을 시도하여 卵發生과 初期 幼生の 成長 過程 等を 繁殖 生物學的인 面에서 調查하였다.

II. 材料 및 方法

이 研究에 사용한 試料은 1993年 3月부터 1994年 2月까지 濟州道 西歸浦 沿岸 海域인 법환과 중문 및 위미地先에서(Fig. 1) 水深 20~40 m의 海底面이 평탄한 砂泥質地域을 택하여, 每月 1回 形망(3m × 3m × 1m)을 使用하여 採集하였다(Fig. 2).

外部形態 및 生殖巢 調査에 있어서는 採集한 材料 總 461마리를 실험실로 운반하여 殼長, 殼高, 殼幅은 Vernier calipers로 0.1mm까지, 全重量은 0.1g까지 計測하여 相對 成長을 調査하였다. 또한 殼長 100mm이상의 암수 5마리씩을 任意로 抽出하여 生殖巢의 重量을 調査 하였다.

生殖巢 發達過程 및 生殖週期를 조사하기 위하여 生殖巢를 Bouin's 용액에 固定하여 常法인 파라핀 切片法에 의해 5~8 μ m 두께로 절편을 만들어, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색 하였다. 生殖巢 熟度 指數(Gonadosomatic index)는 生殖巢重量 / 軟體部重量 × 100으로 計算하였다. 月別 卵徑組成은 卵巢切片에서 核이 정상적으로 절단된 卵만을 대상으로 檢鏡 測定하였다.

受精卵 發生과 初期幼生의 成長調査를 위하여, 1993年 9月 및 10月에 肉眼的으로 生殖巢가 충분히 肥大해 있는 殼長 100mm~130mm의 암수 각 5마리씩을 選定하여, 별도의 水槽에서 水溫刺戟方法으로 採卵, 採精하였다. 産卵된 卵은 濕式法으로 受精시켜 3~4차례 洗卵한 다음 P.P.圓形 水槽(ϕ 1m × 1m)에 收容하여 卵發生 過程을 관찰하였다. 孵化된 幼生은 *Isochrysis galbana*와 *Pavlova lutheri* 및 *Chaetoceros sp.*를 1:1:1의 비율로 5,000 cells / ml 內外로 혼합하여 매일 1회씩 供給하였으며, 酸素 供給은 卵이나 幼生이 刺戟을 받지 않도록 調節하면서 實施하였다.

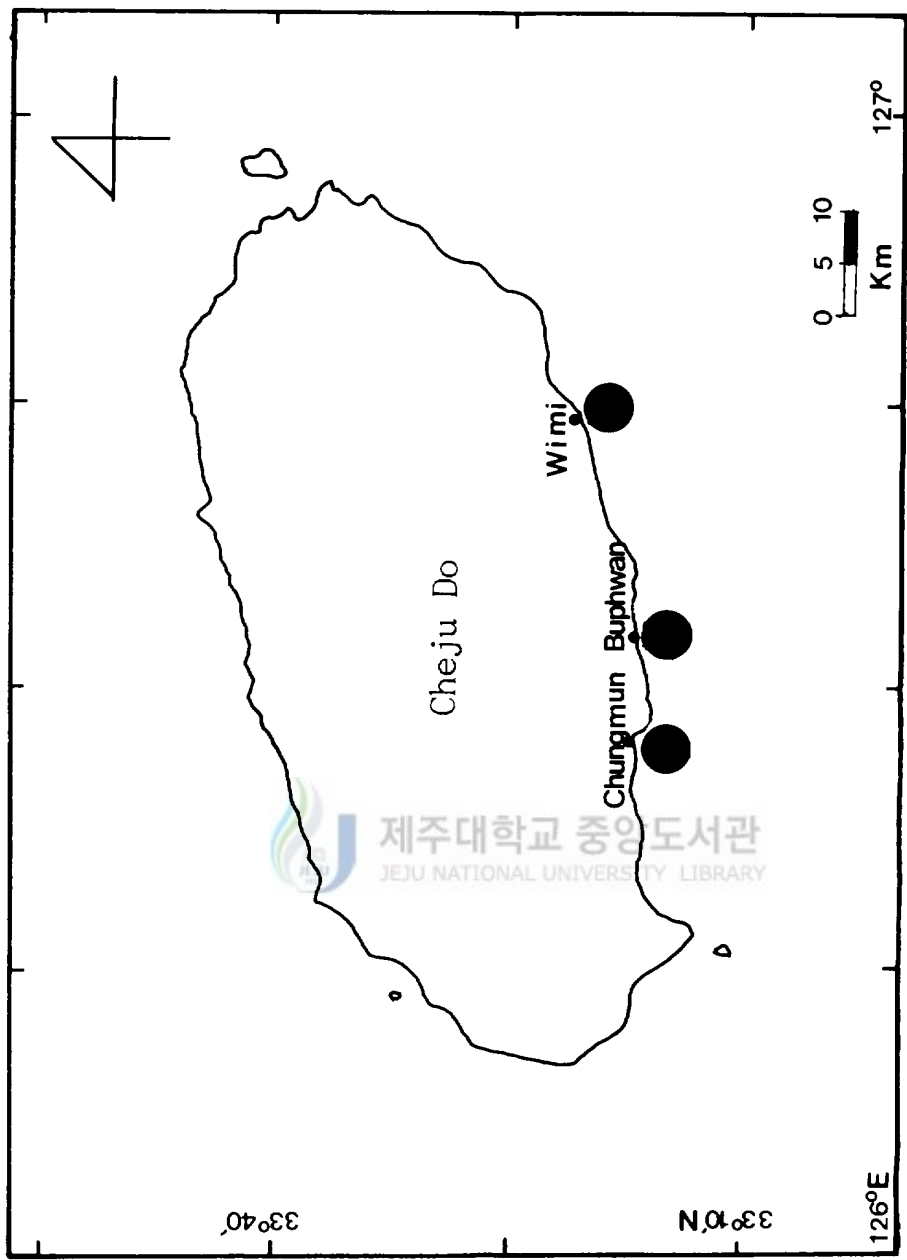


Fig.1 The three sampling stations of the southern coast in Cheju Do.

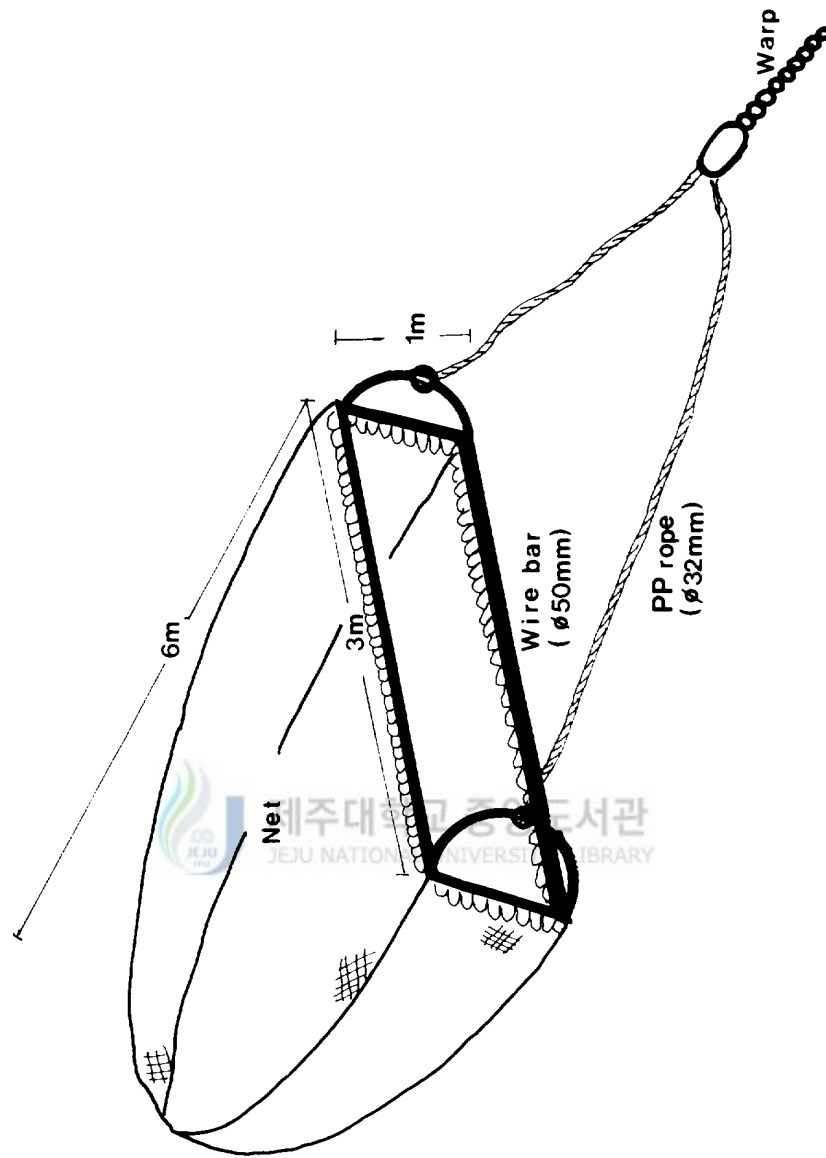


Fig.2. Fishing gear for the catch of *Amusium japonicum japonicum*.

Ⅲ. 結 果

1. 相對成長

1993年 3月부터 1994年 2月까지 採集한 461마리를 5mm 間隔으로 區間을 두어 各 階級間的 平均으로 조사한 各 部位間이 相對 成長 結果를 보면, 殼高(SH)와 殼長(SL)의 關係는 Fig. 3과 같이 $SH = 0.9190 SL + 3.8737$ ($r=0.9973$), 殼幅(SW)과 殼長(SL)은 Fig. 4와 같이 $SW = 0.2466 SL - 4.9105$ ($r= 0.9891$), 그리고 殼幅(SW)과 殼高(SH)는 Fig. 5와 같이 $SW = 0.2654 SH - 5.5515$ ($r=0.9883$)의 回歸直線式으로 나타났으며, 殼長(SL)과 重量(BW)은 Fig. 6과 같이 $BW = 4.132 \times 10^{-5} SL^{3.148}$ ($r = 0.9667$)로 나타났다.

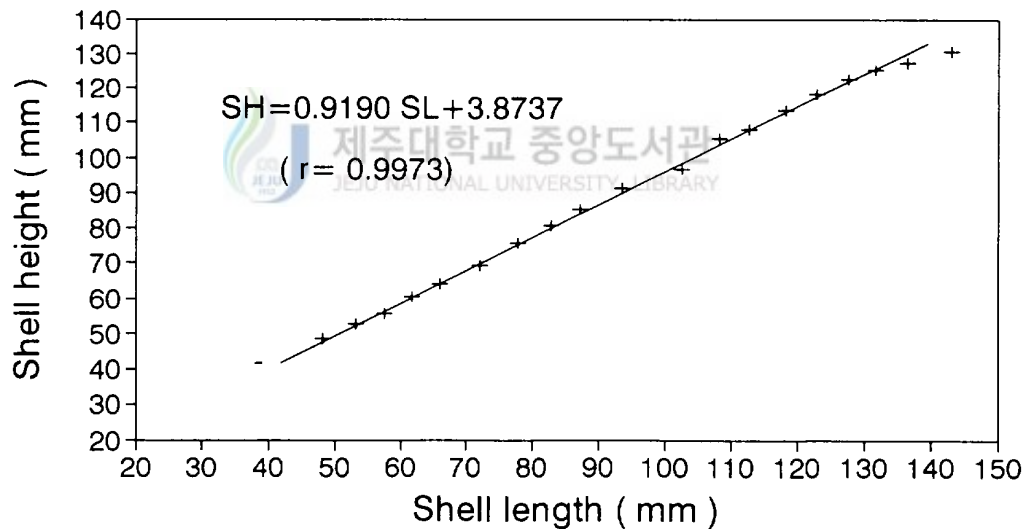


Fig.3. Relation between the shell height and shell length of *Amusium japonicum japonicum*.

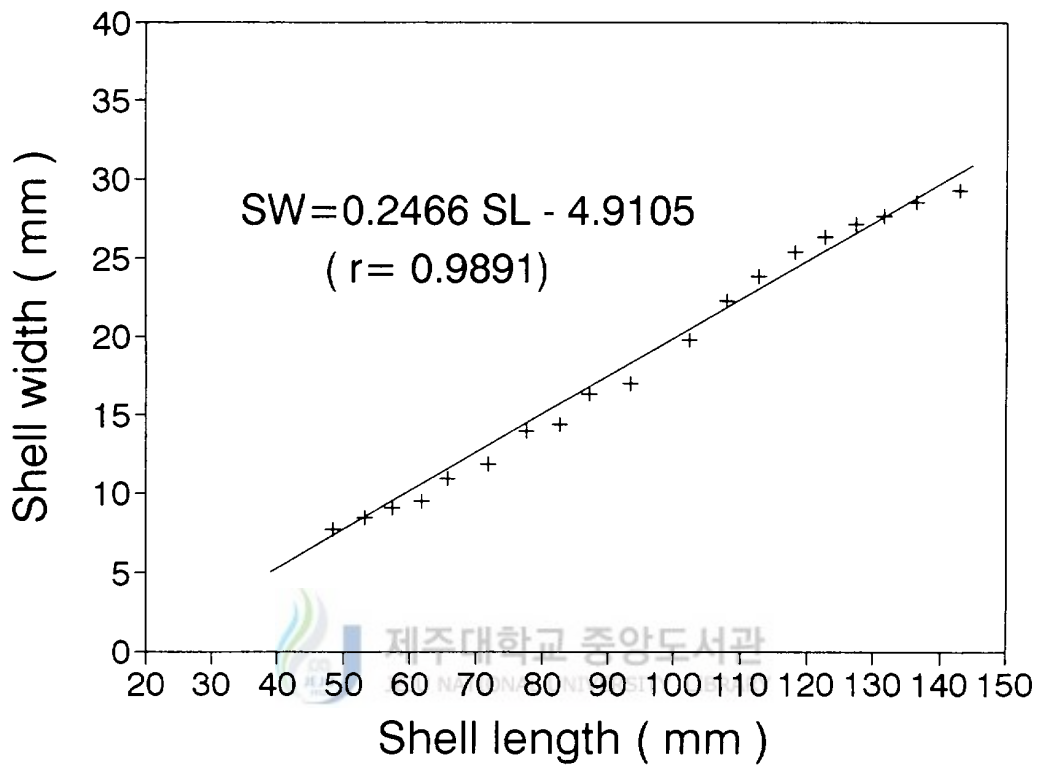


Fig.4. Relation between the shell width and shell length of *Amusium japonicum japonicum*.

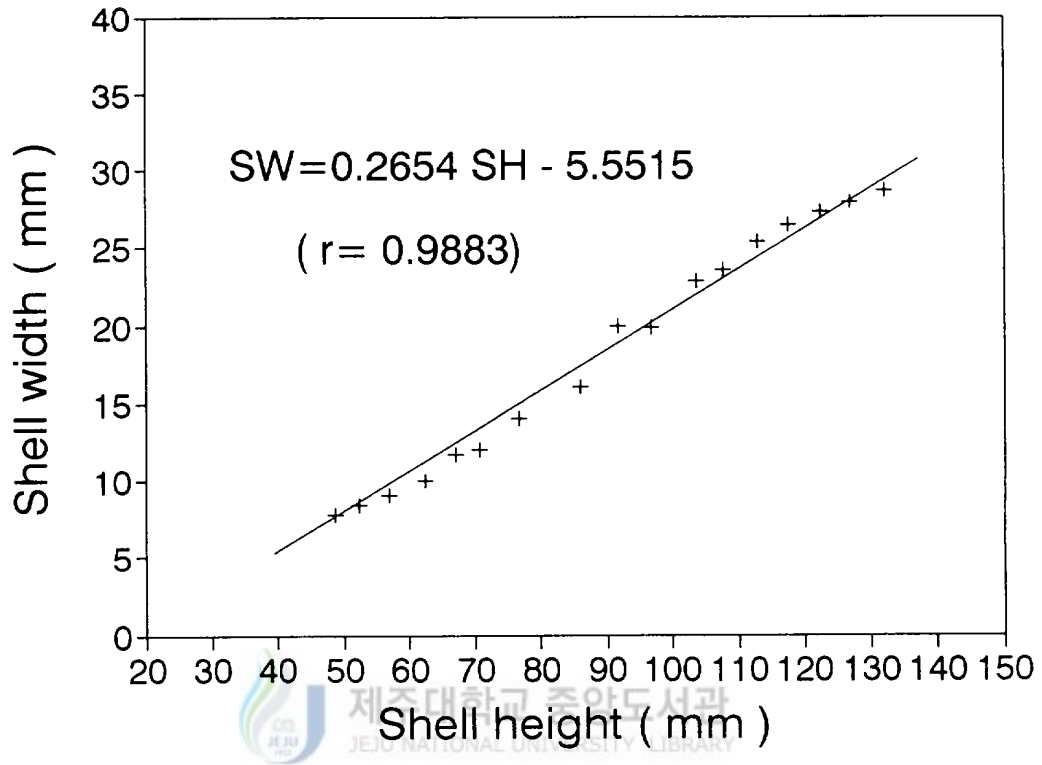


Fig.5. Relation between the shell width and shell height of *Amusium japonicum japonicum*.

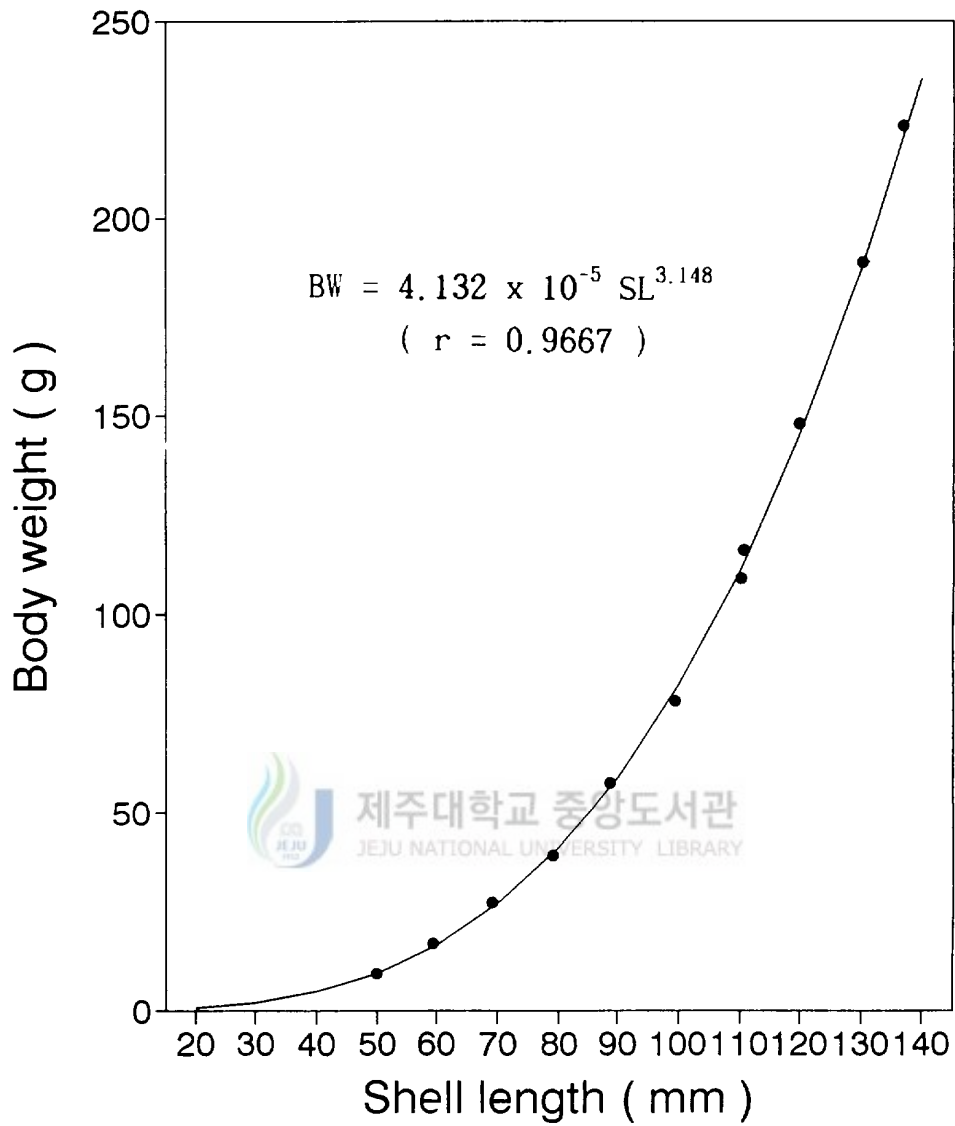


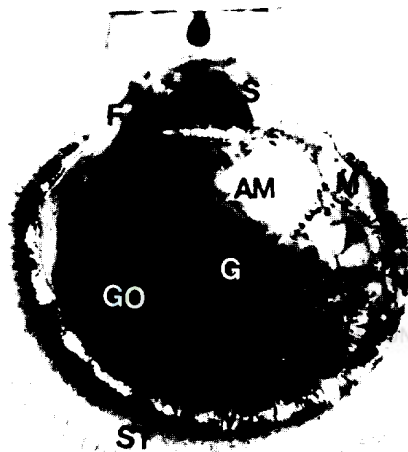
Fig.6. Relation between the shell length and body weight of *Amusium japonicum japonicum*.

2. 生殖巢 構造

1) 生殖巢의 外部形態와 構造

해가리비는 雌雄異體로서 生殖巢는 貝殼筋의 前方에 消化盲囊 및 胃와 分離되어 附着해 있고, 舌狀으로 內臟囊의 대부분을 차지하고 있으며, 上下로 아가미에 덮여있다(Fig. 7). 性成熟이 進行되면 生殖巢가 肥大해지면서, 암컷은 黃赤色이나 赤色을 띠고, 수컷은 乳白色을 띤다.

生殖巢의 내부구조는 암수 다같이 小管狀으로 분기한 囊狀구조이고 小囊과 小囊사이의 圓柱纖毛上皮로 構成된 輸管(evacuating duct)들이 분포하며, 腸管의 일부가 生殖巢 내부에 함입되어있다.



AM : smooth adductor
muscle

F : foot

G : gill

GO : gonad

M : mantle

S : stomach

ST : sensory tentacle

V : velum

Fig. 7. General anatomy of *Amusium japonicum japonicum*.

2). 性比

採集된 해가리비를 殼長 10mm 間隔으로 구분하여 암수 性比를 나타냈다 (Table 1).

Table 1. Sex ratio in *Amusium japonicum japonicum* by the size

Sex	Shell length (mm)									Total Ratio	
	60	70	80	90	100	110	120	130	140		
Female	1	0	1	2	1	2	48	178	2	235	51
Male	0	0	0	2	3	4	57	159	1	226	49
Total	1	0	1	4	4	6	105	337	3	461	100

조사된 해가리비는 總 461마리에서 암컷 235마리, 수컷 226마리로 51 : 49의 性比를 보였다.

3. 生殖巢 熟度指數의 週年變化

1993年 3月부터 1994年 2月까지 生殖巢 熟度指數 (GSI)의 週年變化는 Fig. 7과 같다. 암컷의 GSI 月別 平均을 보면, 5월에 2.30의 最低값에서 7월에 6.19로 增加하기 시작하여, 9월에 13.69, 11월에 21.32로 最大값을 나타냈다. 12月과 1월에 GSI가 11前後로 減少하였으며 그후 4월까지 낮은값을 나타냈다.

수컷의 GSI 月別變化도 역시 암컷과 매우 유사한 傾向을 보여, 5월에 2.52의 最低값에서 서서히 增加하기 시작하여, 9월에는 10.93, 11월에 16.43으로 最大값을 나타내었다. 이후, 12月과 1월에 GSI가 10前後로 減少하였으며 그후 4월까지 낮은값을 나타냈다.

4. 生殖巢 發達의 組織學的 變化

1) 卵子形成 過程

卵巢는 小管狀으로 分枝한 수개의 卵巢小囊으로 構成되어 있으며, 이들 小囊生殖上皮위에서 卵原細胞들이 分裂 增殖되고 있다(PLATE I - 1). 分裂 중인 卵原細胞는 10 μ m前後로 細胞質이 극히 貧弱하나, 뚜렷한 核을 가지고 있다. 卵巢小囊上皮가 점차 肥厚되면서 間充織에 好酸性顆粒細胞들이 出現하며, 卵原細胞들은 小囊 生殖上皮的 內壁을 따라 配列되어 타원형의 어린 卵母細胞로 發達해 간다(PLATE I - 2). 이시기의 卵母細胞는 약 20~30 μ m前後 이다. 卵巢小囊이 점차 신장함에 따라, 成長中인 卵母細胞는 卵巢小囊 上皮위에 卵柄을 가진 약 40~50 μ m의 서양배모양으로 성장 발달한다(PLATE I - 3). 卵巢小囊이 肥大해지면서 中央 內腔에는 卵柄이 消失된 卵母細胞로 채워지며, 卵母細胞의 細胞質은 好酸性으로 나타난다(PLATE I - 4). 이 시기에 卵母細胞의 卵徑은 60~70 μ m前後이다. 그리고 卵柄을 가진 성장중인 卵母細胞들이 生殖上皮에 소수 存在한다.

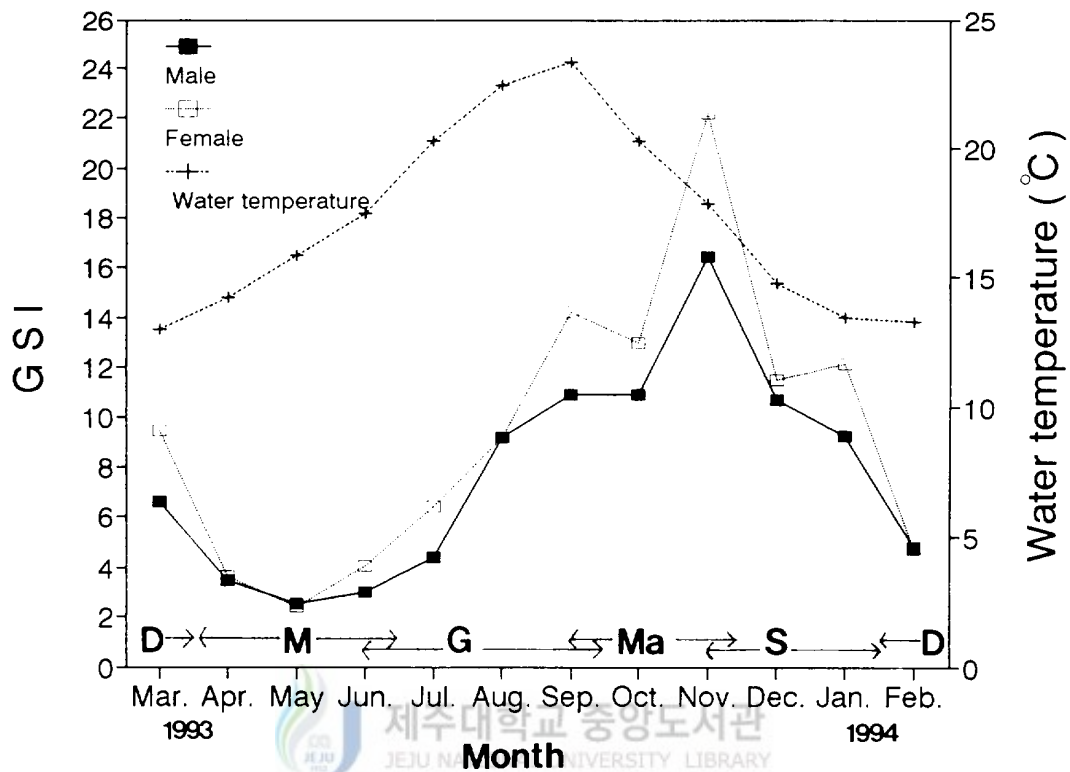


Fig. 8. Monthly changes of the gonadosomatic index (GSI) and of the mean water temperature from Mar. 1993 to Feb. 1994.

M : multiplicative stage G : growing stage
 Ma : mature stage S : spawning stage
 D : degenerative stage

이후 成熟卵은 80~100 μ m 크기의 球形 또는 橢圓形으로 얇은 jelly層의 皮膜을 形成하며, 直徑 30 μ m 前後의 胚胞狀의 核이 中央에 있다(PLATE I - 5). 이시기에 一部 個體에서 卵巢小囊內에 100 μ m 前後의 成熟卵과 더불어 退化 變性卵(oocyte atresia)들이 混在하고 있다(PLATE I - 6).

卵巢小囊의 中央內腔에 있던 成熟卵들이 부분적으로 排卵되기 시작하며, 小囊內에는 未放出된 成熟卵과 生殖上皮 위에 어린 卵母細胞들이 殘存한 채, 卵巢小囊이 점차 萎縮되어 간다(PLATE I - 7). 卵巢內 殘有卵들은 細胞質 崩壞를 일으켜 退化 吸收되어가며, 卵巢小囊도 급격히 萎縮되어간다. 以後, 萎縮된 卵巢 小囊上皮에서 새로운 間充織과 好酸性 顆粒細胞들이 나타나고(PLATE I - 8), 다음 성장기에 卵巢小囊들이 再配置되어 卵原細胞들의 分裂 增殖이 시작된다.

2) 精子形成

精巢의 內部 構造도 卵巢와 마찬가지로, 많은 小管狀으로 分枝한 精巢小囊으로 이루어져 있으며, 精原細胞들은 小囊生殖上皮內에서 分裂 增殖하고 있다(PLATE II - 9). 精巢小囊들 사이에는 不分化 間充織이 充實해지며 少數의 好酸性 顆粒細胞들이 나타나고, 精原細胞들이 分裂 增殖됨에 따라 數的 增加를 나타내며, 一部는 第1次 精母細胞로 發達하게 된다(PLATE II - 10). 小囊生殖上皮層에 好酸性 顆粒細胞가 증가되고, 小囊內腔에는 精原細胞, 精母細胞 및 少數의 精細胞들이 나타나고 있다(PLATE II - 11).

精巢小囊은 精巢의 肥厚와 더불어 擴大되며, 生殖上皮에서 만들어진 精原細胞들은 中央 內腔을 향해 第1次 精母細胞, 第2次 精母細胞 그리고 精細胞 등으로 發達해 간다(PLATE II - 12). 그 이후에는 精巢小囊 中央에서 부터 變態된 精子들이 出現하기 시작하며, 대부분의 精子들은 增加됨에 따라 頭部를 生殖上皮쪽을 향하여 放射 構造를 形成한다(PLATE II - 13). 이 時期까지 輸精管內에서는 精子들을 확인 할 수 없었다. 그리고 發達初期에 보였던 好酸性 顆粒細胞들은 거의 찾아볼 수 없었다.

成熟한 精巢小囊內에는 少數의 精原細胞들과 精母細胞들이 있으나, 대부분의 變態를 마친 精子들이 가득차게 된다(PLATE II - 14). 이 時期의 輸精管內에는 變態된 精子들로 充滿되어 있었다. 放精이 일어난 후, 精巢小囊內에는 未放出된 일부 精子들이 殘有하나, 精巢小囊의 萎縮과 더불어 退化되어 간다(PLATE II - 15). 그리고 生殖上皮內에는 好酸性 顆粒細胞들이

새로이 出現하게되나, 그 이후 精巢는 다시 회복되면서 精巢小囊들이 發達하게되고, 不分化間充織이 풍부해지면서 精原細胞들이 나타났다 (PLATE II - 16).

5. 卵徑組成의 月別變化

1993年 3월부터 1994年 2월까지 卵巢組織切片에서 月別로 卵徑을 測定하고, 卵의 크기별 組成변화를 조사한바 Fig. 9와 같이 卵徑 組成의 mode가 나타났다. 4월과 5월에는 卵徑 20 μ m 미만의 卵原細胞 및 初期 卵母細胞가 90% 이상을 차지 하였으며, 6월에 접어들면서 卵徑 50 μ m의 成長 卵母細胞들이 增加하기 시작하였고, 7월에는 70 μ m 이상의 成熟卵들이 多數 出現하였다. 卵徑 80 μ m 이상의 完熟卵들은 9월에서 이듬해 1월까지 계속적으로 나타나다가, 2월과 3월에는 현저히 減少하였고, 이 이후부터는 대부분이 退化 變性卵들이었다.

6. 生殖週期



生殖細胞 형성과정 및 月別 卵徑組成의 變化를 組織學的으로 조사한 결과를 종합하여, 이들의 生殖週期를 分裂增殖期, 成長期, 成熟期, 放出期, 退化 및 休止期 등의 5단계로 區分할 수 있다.

1) 分裂增殖期(Multiplicative stage)

卵巢와 精巢의 내부구조는 주로 管狀의 卵巢小囊과 精巢小囊으로 구성되어 있고, 4~6월경에는 卵巢의 小囊 生殖上皮 위에 卵原細胞가 分裂 增殖하고 初期 卵母細胞가 출현하기 시작한다. 精巢의 경우는 生殖上皮 위에 精原細胞의 分裂 增殖에 따른 數的 增加가 일어나고 있었다. 이 시기에는 外觀上 雌雄識別은 곤란하였다.

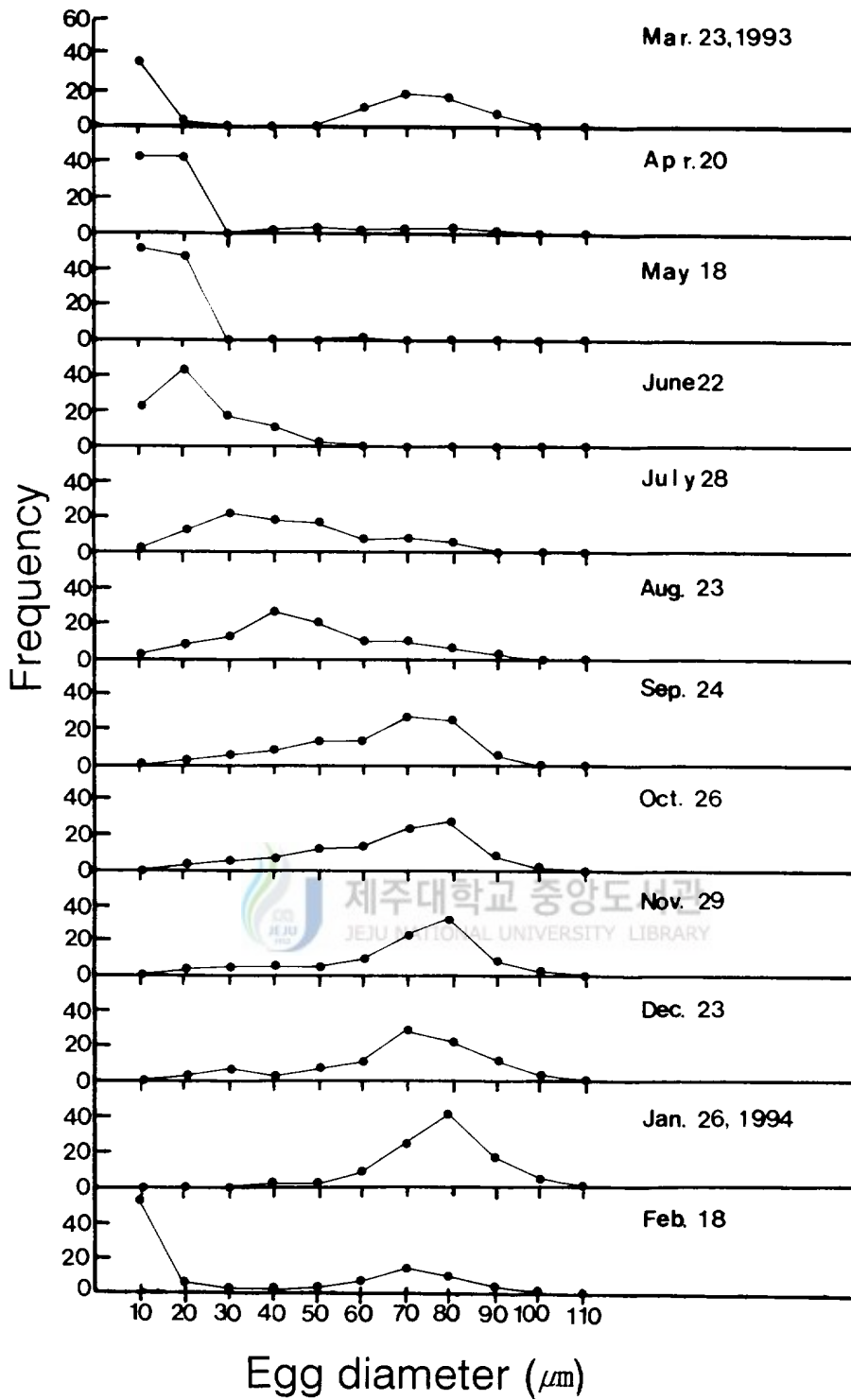


Fig.9. Monthly composition of the egg diameter through the reproductive cycle.

2) 成長期(Growing stage)

6월부터 일부개체들이 卵巢와 精巢가 활성화되기 시작하며, 卵巢에서는 卵柄을 가진 서양배 모양의 卵母細胞가 生殖上皮內에서 成長하기 시작하며, 多様な 크기를 나타낸다. 精巢에서도 生殖上皮 위에서 精原細胞가 分裂 增殖하고 精母細胞 및 精細胞가 內腔을 향해 여러層으로 分裂 成長하는 시기다. 이때 精巢는 무색 반투명하고, 卵巢는 옅은 朱黃色을 띄며 肉眼的으로 雌雄識別이 가능하다. 이 시기는 6월에서 9월까지 계속되고있다.

3) 成熟期(Mature stage)

成熟期에 접어들면서 대부분의 卵巢에서는 成長中인 生殖細胞들이 점차 成熟하여 卵巢小囊上皮에서 卵柄을 消失하게 되고, 遊離된 70~80 μ m이 jelly 層의 皮膜을 가진 卵母細胞가 內腔에 충만하게 된다. 수컷의 경우 精巢小囊內에 精細胞와 精子가 層狀構造를 이루어 放射構造의 形態로 나타난다. 이 시기는 9월에서 11월까지로 精巢는 乳白色, 卵巢는 黃赤色이나 赤色을 띄게되어, 肉眼的으로 雌雄識別이 容易하게 되며, 數分間의 空中露出 刺戟에서도 각기 遊離된 成熟卵과 精子가 흘러나왔다.

4) 放出期(Spawning stage)

完熟卵과 完熟精子들이 放卵, 放精되기 시작하는 時期로서 卵巢에서는 完熟卵의 放卵으로 小囊內腔은 부분적으로 빈 空間이 생기며, 精巢小囊에서도 放射構造가 精子의 放出으로 흐트러지는 것을 볼 수 있다. 이 시기는 11월에서 1월까지이다.

5) 退化期(Degenerative stage)

放卵 放精후 殘有 未放出卵과 精子들이 퇴화, 흡수되면서 生殖巢가 萎縮되며, 生殖上皮上에 精原細胞와 卵原細胞들이 소수 分布하고 새로운 間充組織이 再配置되면서 好酸性 顆粒細胞들이 出現한다. 이시기는 2월에서 3월까지이다.

7. 初期 幼生

1) 産卵

실험실에 設置한 人爲的인 加溫장치(PLATE III- 17)에 의하여 두차례 水溫刺戟에 의한 産卵誘發 결과는 Fig. 10과 같다. 9月24日 실시한 실험구는 飼育水溫 21.7℃에서 전기히타(100w)를 사용하여 加溫후 약20분만에 24.8℃로 上昇되면서 처음 放精이 일어났고, 약 30분 뒤에 28.0℃로 上昇된후 30분이 경과하면서 수컷의 放精이 일어났고, 10분의 차이를 두고 암컷의 放卵이 계속되었다. 10月8日 刺戟時는 飼育水溫 19.5℃에서 加溫후 35분경에 23.6℃로 上昇되면서 放精이 일어났고, 약 1시간이 경과하여 24.5℃에 이르렀을때 放卵이 일어났다. 대부분의 경우 수컷이 먼저 放精이 일어났으며(PLATE III- 18), 한번 産卵이 시작되면 人爲的인 충격에도 중지하지 않고 계속 産卵되었다. 放卵,放精행동을 보면 後耳部와 後貝殼筋 사이의 오목한 부분을 통하여 암컷은 분홍색을 띤 알을, 수컷은 유백색의 정자를 가늘게 體外로 放出시켰다. 放出된 알은 球形으로서 分離 沈性卵이었으며, 크기는 평균 $94.5 \pm 1.5\mu\text{m}$ 였다.

2) 受精卵 發生 및 幼生の 成長

受精卵의 發生은 水溫 20.5℃에서 受精後 2분만에 受精膜이 형성되고(PLATE III- 19), 약 30분後에 第1極體가 出現했으며(PLATE III- 20), 2시간30분에 極葉(polar love)을 형성하였다(PLATE III-21). 4시간 15분에 2細胞期로 되고(PLATE IV-22), 5시간 25분만에 4細胞期(PLATE IV-23), 6시간 10분에 8細胞期(PLATE IV-24), 8시간 30분에 桑實期로 되었으며(PLATE IV- 25), 이때 편모가 생기면서 回轉運動이 시작되었다. 16시간 25분만에 擔輪子期 幼生으로 孵化하면서 浮上하였다(PLATE IV-26). 受精後 약 30시간 경과 후 D型幼生으로 變態하였으며, 이때부터 面盤(velum)에 의해 활발한 遊泳運動을 하였고, 消化管이 발달되어 먹이를 먹기 시작하였다. 이 시기의 幼生크기는 殼長 $122.5 \pm 2.5\mu\text{m}$ 였다. 受精後 5일이 경과한 D型幼生은 殼長 $148.0 \pm 3.3\mu\text{m}$ 로 성장하였으며, 受精後 10日째에는 殼長 $167.5 \pm 2.5\mu\text{m}$ 로 蝶番線의 직선부가 다소 짧아지면서 殼頂部の 발달이 認識되는 초기 umbo期 幼生으로 성장하였고, 受精後 13日째는 殼長 $171.0 \pm 8.0\mu\text{m}$ 로 성장하였다(PLATE IV-27).

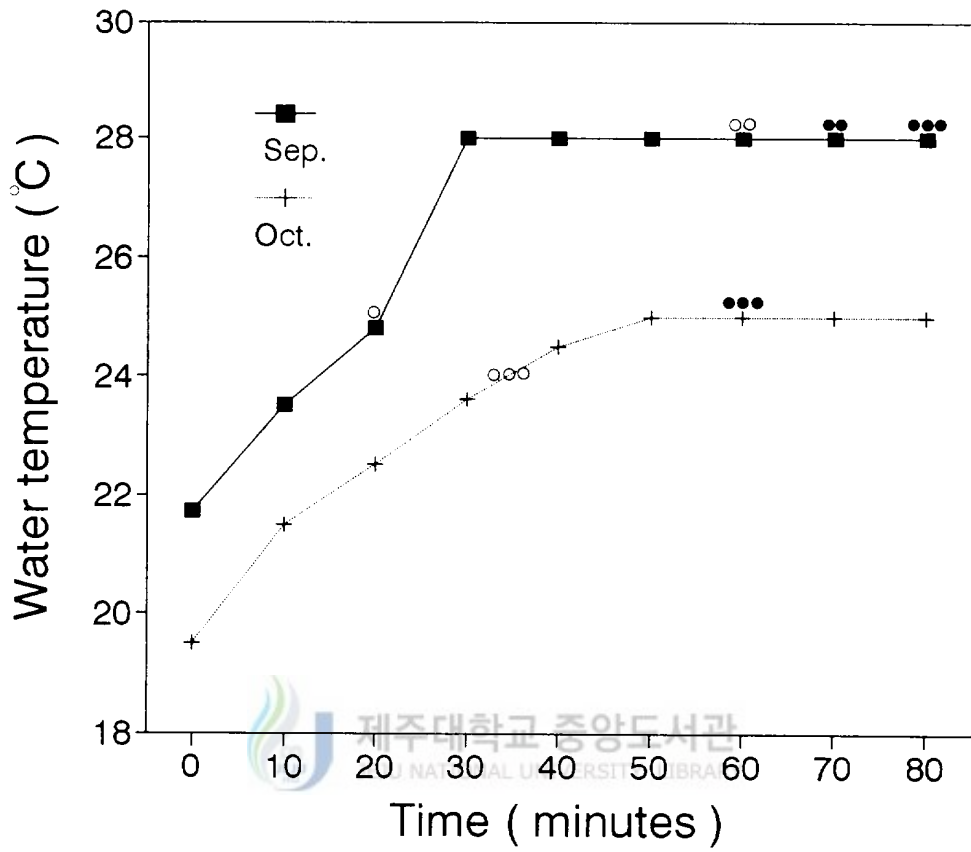


Fig.10. Spawning induction by the water temperature of *Amusium japonicum japonicum*.

○: Sperm discharge, ●: Egg discharge

IV. 考 察

조개류의 貝殼 성장에 관한 形態 조사를 할때, 最長值를 기준으로 하여 기타部位와의 相關關係를 구하는것이 일반적인 경향이다(柳 等, 1972 ; 柳와 劉, 1984). 황과김(1973)이 보고한 비단가리비, *Chlamys nobilis*에서는, 殼長 100mm일때 殼高 106.5mm, 殼幅 27.7mm로 나타났으나, 이 研究에서 해가리비의 相對成長 결과는, 殼長 100mm일때 殼高 96.5mm, 殼幅 20.2mm로서 비단가리비보다 殼長에 대한 殼高가 다소 짧고, 殼幅이 더얇게 나타나고 있어 대체적으로 둥글고 납작한 形態的 特性를 보여주고있다.

해산 二枚貝類는 대부분이 雌雄異體이며 性比는 1:1이나 年齡 및 계절적인 환경요인의 영향으로 種에 따라서는 性轉換이 일어난다고 알려지고있다(Naidu, 1970 ; Sastry, 1968). 가리비類도 대부분 雌雄異體이며 雌雄同體인 것도 있다. 雌雄異體에 속하는 것에서도 낮은 頻度로 雌雄同體 현상이 나타나기도 한다(Naidu, 1970 ; Merrill and Burch, 1960 ; Ozanai, 1975). 참가리비, *Patinopecten yessoensis*인 경우, 만 1년貝에서 14마리중 3마리가 雌雄同體 生殖巢를 가지고 있는것으로 보고되고있다(森 等, 1977). 또한 *Pecten maximus* (Wilkins, 1978)와 *Aequipecten irradians concentricus* (Sastry, 1965)는 동시 雌雄同體 가리비로서 自家受精이 일어나기도 한다고 보고하고 있다. 이 研究에서 殼長 60~140mm 범위의 해가리비 性比는 1:1 비율로 분포하고 있으며, 雌雄同體 生殖巢를 갖는 개체는 出現하지 않았다.

二枚貝類의 生殖細胞 形成과 成熟을 지배하는 환경요인은 먹이(丸, 1976), 日照時間(Simpson, 1982), 水溫等이 보고되고있다(Sastry, 1979). 이 研究에서 해가리비는 日長이 길고 水溫이 20℃ 이상으로 上昇하는 7월에 GSI가 增加하기 시작하여 日長이 짧아지고 水溫 18.6℃로 下降하는 11월에 最大값을 나타내고 있어, 配偶者형성과 初期活性은 長日과 水溫上昇에 기인하고, 成熟 및 放卵, 放精은 短日과 水溫 14~18℃ 범위에서 밀접한 관계가 있는것으로 생각된다. 가리비類의 生殖巢 발달은 많은 외적요인 등이 있으나 水溫과 매우 밀접한 관계가 있다(Burnell, 1983). *Chlamys varia*는 水溫 4~5℃ 에서 配偶者 형성이 活性化 되기 시작하여 水溫이 上昇하고 chlorophyll- a 含量이 최고일때 性成熟이 일어나고 있다고 보고하고있다. (Burnell, 1983).

水溫上昇시 放卵 放精이 誘發되는 가리비類는 *Chlamys opercularis* (Ursin, 1956), *Patinopecten yessoensis* (Wakui and Obara, 1967), *Pecten alba* (Sause et al., 1987) 등이 있고 이와 반대로 水溫下降시 放卵 放精이 誘發되는 種은 *Hinnites multirugosus* (Jacobsen, 1977), *Argopecten gibbus* (Miller et al., 1981) 등이 보고되고 있다.

현재까지 보고된 가리비類의 産卵溫度는 Table 2와 같다.

Table 2. Spawning temperature of various species of Pectinids

pecies	Temperature (°C)	Source
<i>Argopecten gibbus</i>	< 22.5	Miller <i>et al</i> (1981)
<i>Argopecten irradians</i>	14~23	Bricelj <i>et al</i> (1987)
<i>Chlamy farreri</i>	17~18	kalashnikova (1984)
<i>Chlamys opercularis</i>	7~11	Amirthalingham (1928)
<i>Patinopecten yessoensis</i>	8.0~8.5	Yamamoto (1951, 1953)
<i>Pecten maximus</i>	15.5~16.0	Paulet and Luca (1988)
<i>Amusium japonicum japonicum</i>	14.0~18.6	Present study

이 研究에서 해가리비 採集場所에서의 産卵期로 추정되는 11月~1月の 수 온은 14.0~18.6°C로서, *Argopecten irradians*와 *Chlamy farreri* 및 *Pecten maximus*의 産卵水溫과 유사하게 나타났으며, 참가리비의 産卵水溫과는 10°C 이상의 차이를 보이고 있다.

참가리비의 경우 같은 水域에서도 매년의 水溫變動에 의해 配偶者 形成時期가 다르고(隆島와 羽生, 1989), *Aequipecten irradians*는 분포해역에 따라 性成熟이 일어나는 시기가 다르다 (Sastry, 1970)고 보고하고 있다.

이 연구에서 生殖巢의 조직관찰과 인위적인 産卵誘發 결과와 해가리비의 棲息地의 産卵期 水溫等을 비교할때 자연에서의 産卵期와 인위적 産卵誘發 시기에 상당한 차이가 보이고 있어 앞으로 계속적인 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

Park과 Chang(1994)의 보고에서는 江原道 沿岸의 참가리비 幼生이 出現 peak는 3회 이상으로 나타나는데, 이 研究에서 卵巢內 卵母細胞 발달과정의 거의 동일하게 발달하고 있으며, 卵巢小囊의 中央內腔에 있던 完熟卵들이 부분적으로 排卵하는 것으로 보아 産卵은 2회 이상에 걸쳐 행하여지는 것으로 생각되나, 이에 관해서는 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 1

生殖巢 熟度指數와 月別 卵徑組成的 변화를보면 生殖巢 熟度指數가 2.30으로 가장 낮은 5월에는 $20\mu\text{m}$ 以下の 卵母細胞가 대부분 이었고 生殖巢 熟度指數가 21.32로 가장 높은 11월에는 $70\mu\text{m}$ 以上の 成熟한 卵母細胞가 70% 이상을 차지하여 生殖巢 熟度指數가 높아지면서 卵母細胞도 成長하였다.

해가리비의 生殖巢 발달 초기에는 卵巢小囊과 精巢小囊내에 好酸性 果粒細胞들과 不分化間充織들이 풍부하게 나타나다가 生殖巢의 성장에 따라 그 數가 減少하는 것으로 볼때 生殖細胞 成長에 필요한 營養과 관계하는 것으로 생각된다. 성장 초기의 卵母細胞는 卵柄을 형성하여 卵巢 小囊上皮에 부착되어 있는데, 이 卵柄은 生殖上皮로부터 직접 成熟物質의 공급에 관여하는 것 같다. 이러한 현상은 진주조개, *Pinctada martensii*(李, 1972)와 맛조개, *Solen strictus* 및 붉은맛, *Solen gordonis*(鄭 等, 1986) 등에서도 보고되고 있다.

産卵誘發을 위하여 佐藤(1968)는 참가리비의 成熟母貝를 수조에 넣고, $5.0\sim 7.0^{\circ}\text{C}$ 의 해수를 흘려 産卵 抑制를 시킨 후, $10.0\sim 12.0^{\circ}\text{C}$ 의 해수를 注入하여 3~5시간 경과 후에 放卵 放精의 좋은 결과를 얻었다는 보고가 있으나, 이 연구에서는 飼育水溫을 上昇시켜 飼育 水溫보다 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 높은 $24.5\sim 28.0^{\circ}\text{C}$ 에서 30~50분 經過 후에 放卵 放精 反應率이 높은 편이었다.

가리비類의 受精卵 發生 후 各 段階에 도달하기 까지 所要되는 시간은 Table 3과 같다.

Table 3. Time taken to reach certain stages during scallop development

Species	Stage				Temp. ℃	Reference
	Gast	Troch	D-vel	Spat		
<i>Amusium balloti</i>	16h	28h		22d	18~19	Rose <i>etal.</i> , 1988
<i>Argopecten gibbus</i>		24h	48h	16d	23	Costello <i>etal.</i> , 1973
<i>Chlamys nobilis</i>				10d	23~26	Ventilla, 1982
"		14h	24h	15d	22~25	Lee, 1991
<i>Patinopecten yessoensis</i>	2d	4d	5d	40d	7~14	Yamamoto, 1964
"		3d	4d	33d	13~16	Pyen and Rho 1978
"				32d	13	Yoo and Imai 1968
<i>Amusium japonicum</i> <i>japonicum</i>		16.5h	30h		18~21	Present study

Gast, gastrula ; Troch, trochophora ; D-vel, D-veliger ; h, hours ; d, days.

참가리비 受精卵의 초기 발생에 있어서 山本(1964)은 水溫 7~14℃ 범위에서 8시간만에 第1分割, 4일만에 擔輪子期, 5~7일만에 D型 幼生으로 되었으며, 卞과 盧(1978)는 水溫 13~16℃에서 7시간만에 第1分割이 일어났고 9시간만에 第2分割, 3일만에 擔輪子期, 4일後에 D型 幼生으로 되었다. 이 研究에 있어서는 水溫 18.0~21.0℃에서 30분만에 第1極體가 출현했고 4시간 15분만에 第1分割, 5시간25분만에 第2分割, 16시간 25분만에 擔輪子期, 30시간 후에 D型 幼生으로 되어 卞과 盧(1978)에 비하여 발생속도가 빠르게 나타 났으나, Costello 等(1973)이 보고한 *Argopecten gibbus* 와

李(1991)가 보고한 흔한가리비, *Chlamys nobilis*와 類似한 傾向을 나타내었다. 이는 가리비類의 發生時 水溫條件과 種間의 棲息 適水溫, 種特性等에 따른 차이에 기인된것으로 생각된다.



V. 要約

1993年 3月부터 1994年 2月까지 濟州道 西歸浦 海域을 中心으로 채집한 해가리비, *Amusium japonicum japonicum*(GEMELM)을 對象으로 養殖開發을 위한 기초자료로서 形態的인 특징을 파악하기위해 相對成長을 조사하였으며, 生殖週期, 生殖巢 發達過程 및 月別卵徑組成變化 등을 組織學的 方法으로 조사하였다. 그리고 人工受精에 의한 初期 發生을 조사하였다.

1. 相對成長 조사결과 殼長(SL)과 殼高(SH)는 $SH = 0.9190 SL + 3.8737$ ($r = 0.9973$), 殼長(SL)과 殼幅(SW)은 $SW = 0.2466 SL - 4.9105$ ($r = 0.9891$), 殼高(SH)와 殼幅(SW)과의 관계는 $SW = 0.2654 SH - 5.5515$ ($r = 0.9883$)였고, 殼長(SL)과 重量(BW)과의 관계는 $BW = 4.132 \times 10^{-5} L^{3.148}$ ($r = 0.9667$)였다.
2. 生殖巢 熟度指數(GSI)는 암, 수컷 다같이 7월부터 增加하기 시작하여 11월에 最大값을 나타내었고, 12월부터 減少하기 시작하여, 이듬해 5월에 最低값을 나타내었다.
3. 卵徑 組成의 月別變化는 4月~5월에 $20\mu\text{m}$ 以下の 卵原細胞와 初期 卵母細胞가 90% 前後로 出現하였으며, 점차 성장하여 7月~8月에는 $50\mu\text{m}$ 以上の 卵母細胞가 45% 前後로 出現 하였고, 9月에서 이듬해 1月까지는 $80\mu\text{m}$ 以上 의 完熟卵들이 出現하고 있었다. 1月~3月까지는 完熟卵들이 出現하고 있었으나 대부분 退化, 吸收되고 있었다.
4. 生殖週期는 分裂增殖期(4月~6月), 成長期(6月~9月), 成熟期(9月~11月), 放出期(11月~1月), 退化 및 休止期(2月~3月)의 연속적인 5段階로 구분 할 수 있었다. 産卵은 평균 水溫 $14\sim 18.6^{\circ}\text{C}$ 인 11月~1월에 걸쳐 일어나며, 主産卵期는 12月이었다.
5. 受精卵은 水溫 $18.0\sim 21.0^{\circ}\text{C}$ 에서 人工受精 30분후에 第 1極體가 出現하였으며, 4시간 15분만에 第 1分割, 8시간30분에 桑實期, 16시간 25분후에 擔輪子期 幼生, 30시간후에 D型 幼生으로 되었으며, 13일후에는 殼長 $171.0\mu\text{m}$ 의 초기 殼頂期 幼生으로 성장하였다.

VI 參考文獻

- Amirthalingham, C. 1928. On lunar periodicity in reproduction of *Pecten opercularis* near Plymouth in 1927-1928. J. Mar. Biol. Assoc U.K. 15(2), 605~641.
- Bricelj, V.M., Epp, J. and R.E. Malouf. 1987. Intraspecific variation in reproduction and somatic growing cycles of bay scallop, *Argopecten irradians*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 36, 123~137.
- Burnell, G.M. 1983. Growth and reproduction of the scallop, *Chlamys varia*(L), on the west coast of Ireland. Ph.D. thesis. National University of Ireland, Galway, Ireland. 295pp.
- Chang, Y. J., MORI, K. and NOMURA, T. 1985. Studies on the Scallop, *Patinopecten yessoensis*, in Sowing Cultures in Abashiri Waters Reproductive Periodicity. Tohoku J. of Agricultural Research, 35 (2-4), 91~105.
- 鄭義泳 · 金炯培 · 李澤烈. 1986. 맛조개, *Solen strictus*와 붉은맛, *Solen godonis*의 生殖年周期. 韓水誌, 19(6), 563~574.
- Costello, T. J., J. H. Hudson, J. L. Dupuy, and S. Rivkin. 1973. Larval culture of the callico scallop, *Argopecten gibbus*. Proc. Natl. Shellfish. Ass. 63, 72~76.
- Jacobsen, F.R. 1977. The reproductive cycle of the purple-hinge rock scallop, *Hinnites multirugosus* Gale 1928 (Mollusca: Bivalvia). Ph. D. Thesis. San Diego State University, San Diego. 72p.
- Kalashnikova, C.A. 1984. Some biological features of the scallop, *Chlamys farreri nipponensis* in the Possiet Bay of the Sea of Japan. Biol. Morya (Vladivostok), 1, 63~65.
- 姜海遠 · 鄭成采 · 李種寬 · 趙榮朝 · 張貞源. 1982. 가리비 人工種苗生産에 關한 研究. 수진연구보고, 30, 111~118.
- 權 悟吉 · 朴甲萬 · 李俊相 .1993. 原色韓國貝類圖鑑. 아카데미서적, P. 351.

- 菅野 尚・谷田専治. 1961. アカザラガイ, *Chlamys farreri nipponensis* KURODAの増殖に関する研究. (第II報 生殖巢の周年變化について). 東北水産研究 報告. 19. 135~141.
- 李種夏. 1991. 흔한가리비, *Chlamys nobilis* 人工種苗生産에 관한 研究. 水振研究報告. 45. 175~181.
- 李澤烈. 1972. 진주조개, *Pinctada martensii*(Dunker)의 生殖細胞形成 및 發達에 關하여. 釜山水大臨研報. 5. 21~30
- 李輔橫・張聖益. 1977. 가리비 養殖에 關한 研究. 水振研究報告. 16. 165~178.
- 李輔橫・曹文圭. 1980. 迎日灣 가리비의 自然採苗 方法研究. 水振研究報告. 24. 59~66.
- 丸邦義. 1976. ホタテガイの生殖に関する研究. 第 1 報 養殖ホタテガイの生殖周期 北水試報. 18. 9~26.
- Merrill, A.S. and Burch, J.B. 1960. Hermaphroditism in the sea scallop, *Placopecten magellanicus*(Gmelin). Biol. Bull., 119, 197~201
- Miller, G.C., D.M.Allen, and T.J.Costello. 1981. Spawning of the calico scallop, *Argopecten gibbus* in relation to season and temperature. J. Shellfish. Res., 1, 17~21.
- 森勝義・長内健治・佐藤隆平. 1977. 岩手縣唐丹灣における養殖ホタテガイ生殖巢 周年變化に関する組織學的研究. 日水誌. 43(1). 1~8.
- Naidu, K.S. 1970. Reproduction and breeding cycle of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in port au port Bay, Newfoundland. Can. J. Zool., 48, 1003~1012
- Ozanai, K. 1975. Seasonal gonad development and sex alteration in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. Bull. Mar. Biol. Stn. Asamushi, 15, 81~88

- Park, Y. J. and Chang, J. W. 1994. Distributional aspects of the larvae of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) from the coast of the East Sea, Korea. 韓國養殖學會. 第1回 韓日水産増養殖學術 Symposium, p.103
- Paulet, Y. M., A. Lucas. 1988. Reproduction and larval development in two *Pecten maximus* (L.) populations from Brittany. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 119, 145~156.
- 卞忠圭·盧龍吉. 1978. 가리비, *Patinopecten yessoensis* (JAY)의 人工採苗에 關한 研究. 水振研究報告, 20, 141~155.
- Rose, R. A., G. R. Campbell and S. G. Sanders. 1988. Larval development of the saucer scallop, *Amusium balloti* (Bernadi) (Mollusca: Pectinidae) Aust. J. Mar. Freshw. Res. 39, 153~160.
- Sastry, A. N. 1965. The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* Say, reared in the laboratory. Bull. Marine Sci. 15, 417~435
- Sastry, A. N. 1968. Relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* Say, reared in the laboratory. Bull. Marine Sci. 15, 417~435
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In Reproduction of Marine Invertebrates (eds. A. C. Giese and J. S. Pearse) Academic Press, New York, 113~292.
- Sastry, A. N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. Biol. Bull. (Woods Hole), 138, 56~65
- Sause, B. I., Gwyther, D. Hanna, P. J. and O'Connor, N. A. 1987. Evidence for Winter-Spring spawning of the scallop, *Pecten alba* (Tate) in Port Phillip Bay, Victoria. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 38, 329~337

- 佐藤 敦. 1968. 青森縣に おける ホタテガイ 人工採苗. 養殖. 5月號, 81~85.
- Simpson, R.D. 1982. Reproduction and lipids in the Sub-Antarctic limpet, *Nacella (Patinigera) macquariensis* Finlay, 1927. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 56, 33~48.
- 谷田專治・菅野尚. 1959. アカザラガイ, *Chlamys farreri nipponensis* KURODAの増殖 に関する研究. (第I報 養殖場のアカザラガイ稚貝について). 東北水産研究報告. 15, 23~33.
- 隆島史夫・羽生功. 1989. 水族繁殖學. (III 二枚貝の成熟, 發生, 成長とその抑制). 緑書房. 水産養殖學講座 第4卷. 327~357.
- Ursin, E. 1956. Distribution and growth of the queen, *Chlamys opercularis* (Lamellibranchiata), in Danish and Faroese waters. Medd. Dan. Fisk. Havunders. 13, 32pp.
- Ventilla, R.F., 1982. The scallop industry in Japan. Adv. Mar. Biol. 20, 309~382.
- Wakui, T. and Obara, A. 1967. On the seasonal change of the gonads of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Gmelin), in Lake Saroma, Hokkaido. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Lab. 32, 15~22.
- 황호정・김명남. 1973. 흑산도 근해 비단가리비의 분포 생태에 관한 연구. 水振研究報告. 11, 25~35.
- Wilkins, N.P. 1978. Length correlated changes in heterozygosity at an enzyme locus in the scallop (*Pecten maximus* L.). Anim. Blood Groups Biochem. Genet. 9, 69~77
- 山本護太郎. 1943. ホタテガヒ, *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAYの生殖細胞形成並びに生殖時期. 日水誌, 12(1), 24~26.
- Yamamoto, G. 1951. Induction of spawning cycle, *Patinopecten yessoensis* JAY. Sci. Rep. Tokoku univ. (Ser. 4 Biol), 19(1), 7~10
- Yamamoto, G. 1953. Ecology of the scallop, *Patinopecten yessoensis* JAY. Sci. Rep. Tokoku univ. (Ser. 4 Biol), 20(1), 11~32

- 山本護太郎. 1964. 陸奥灣におけるホタテガイ増殖. 日本水産資源保護協會, 水産増養殖叢書 6.
- 柳晟奎·今井丈夫. 1968. 가리비의 먹이와 成長. 부산수대연보, 8(2), 127~132.
- 柳晟奎·劉明淑·朴鍾南. 1972. 굴의 양식에 관한 생물학적 연구 (1). 참굴의 成長. 釜山水大大研報, 12 (2), 63~76
- 柳晟奎·金容億·朴旻洋. 1979. 가리비 (Scallop)채묘의 개발 연구. 釜山水大研報, 19(2), 55~62.
- 柳晟奎·柳浩英·朴旻洋. 1981. 養殖 가리비의 成長. 韓水誌, 14(4), 221~226.
- 柳晟奎·劉明淑. 1984. 키조개의 양식개발에 관한 연구 (I) - 汝自灣産 키조개의 繁殖生態. 韓水誌, 17(6), 529~535.
- 結城勝久. 1987. アカザラガイ人工種苗の量産化研究. 水産増殖, 35(3), 175~182.



謝 辭

本 論文이 완성될때까지 끊임없는 指導와 鞭撻을 하여주신 卞忠圭 교수님께 마음속 깊이 感謝를 드리며, 바쁘신 가운데도 論文의 體制를 바로 잡아 주신 盧選 교수님께도 깊은 感謝를 드립니다.

또한 항상 關心을 가지고 助言을 아끼지 않으신 李定宰 교수님, 鄭相喆 교수님, 李祺完 교수님에게 感謝 드립니다.

그리고 學文의 길로 인도하기 위하여 아낌없는 忠告와 論文의 完成에 精誠을 다해준 李榮敦 박사님에게 깊은 感謝를 드립니다. 아울러 실험과정에 많은 도움을 준 高桓奉에게도 고마운 마음을 전합니다.

바쁜 研究業務에서도 學業을 계속 할 수 있도록 배려해주신 손팔원 소장님을 비롯한 동료 연구사 및 직원들께도 깊은 感謝를 드립니다. 더욱이 현장조사시 어려움을 함께한 선박직원들께 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 사랑의 마음으로 지켜보신 부모님과 동생들, 늘 곁에서 환한 웃음으로 힘이 되어준 妻 金孝心과, 아들 成澈, 成翰이와 함께 이 조그만 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.



EXPLANATION OF PLATE ABBREVIATIONS

- Ct : Connective tissue
Det : Ductus efferentis testis
Doc : Degenerating oocyte
Dsz : Degenerating spermatozoa
Eg : Eosinophilic granule
Es : Eggstalk
Lu : Lumen (Acinus)
Mt : Mesenchymal tissue
N : Nucleus
No : Nucleous
Oa : Oocyte atresia
Oc : Oocyte
Og : Oogonia
Ot : Ovarian tube (Evacuating duct)
Rs : Residual substance
Sc : Spermatoocyte
Sg : Spermatogonia
St : Spermatid
Sz : Spermatozoa



EXPLANATION OF PLATES

PLATE I

- Fig. 1. Transverse section of the multiplicative stage.
Fig. 2. Transverse section of the early growing ovary.
Fig. 3. Transverse section of the growing ovary.
Fig. 4. Transverse section of the mature ovary.
Fig. 5. Transverse section of the ripe ovary.
Fig. 6. Transverse section of the ripe and atresia oocytes.
Fig. 7. Transverse section of the spawning stage.
Fig. 8. Transverse section of the degenerative and resting stage.

PLATE II



- Fig. 9. Transverse section of the multiplicative stage.
Fig. 10. Transverse section of the early growing stage.
Fig. 11. Transverse section of the growing testis.
Fig. 12. Transverse section of the mature testis
Fig. 13. Transverse section of the ripe stage.
Fig. 14. Transverse section of the spawning stage.
Fig. 15. Transverse section of the degenerative and resting stage.
Fig. 16. Transverse section of the recovery stage.

PLATE III

Fig. 17. Induced spawning by hitting temperature stimulation.

Fig. 18. spermatozoon

Fig. 19. Fertilized egg.

Fig. 20. Release of first polar body, 30 minutes after fertilization

Fig. 21. Formation of polar lobe, 2 hours 30 minutes after fertilization

PLATE IV

Fig. 22. Two-cell stage, 5 hours 10 minutes after fertilization

Fig. 23. Four-cell stage, 5 hours 35 minutes after fertilization

Fig. 24. Eight-cell stage, 6 hours 10 minutes after fertilization

Fig. 25. Gastrula stage, 8 hours 30 minutes after fertilization

Fig. 26. Trochophora stage larva, 16 hours 25 minutes after fertilization

Fig. 27. early umbo stage larva, 13 days after fertilization

PLATE I

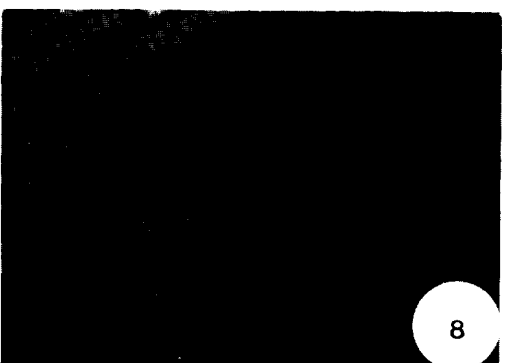
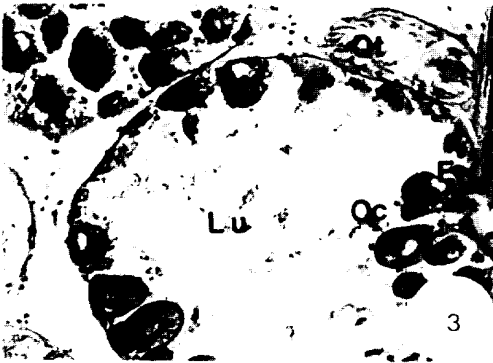


PLATE II

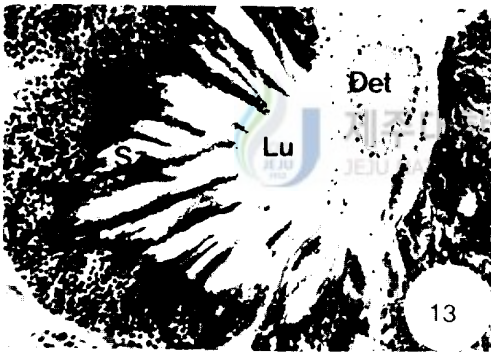
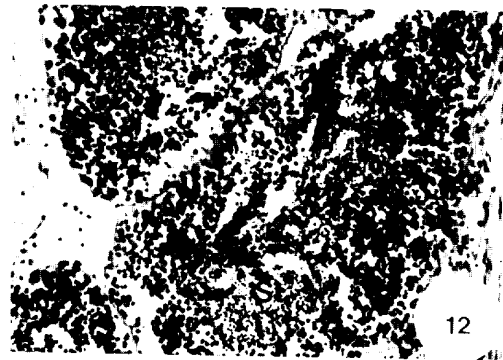
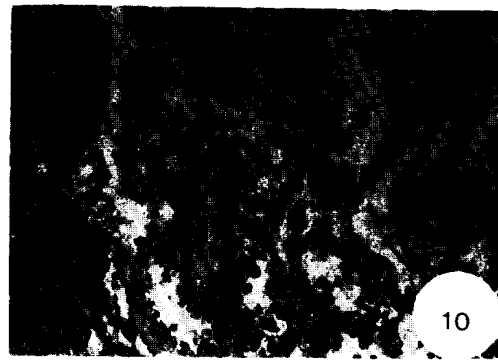
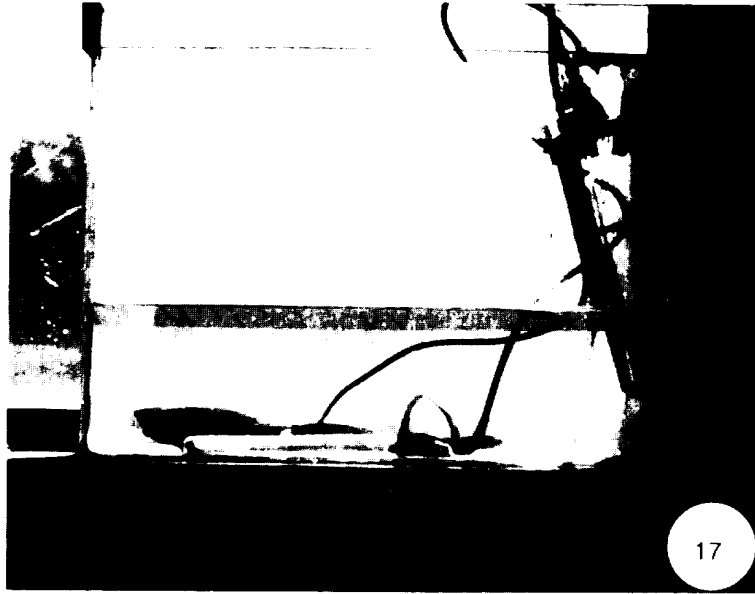
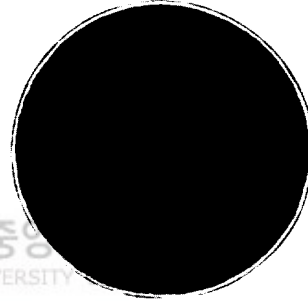


PLATE III

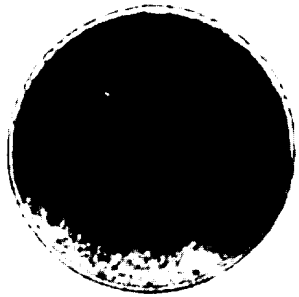


제주대학교 중앙
JEJU NATIONAL UNIVERSITY



14

19

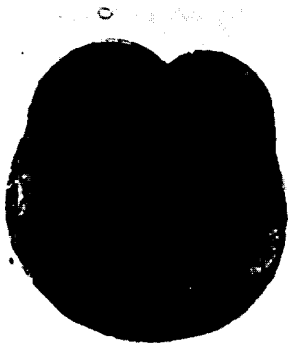


20

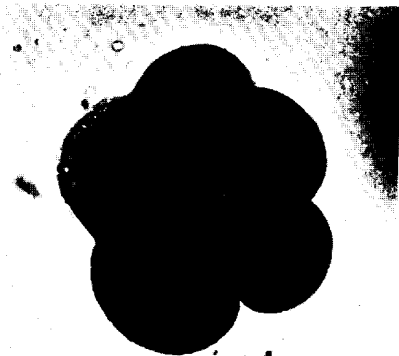


21

PLATE IV



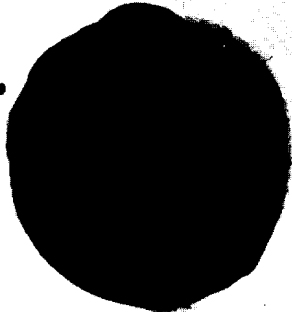
22



23

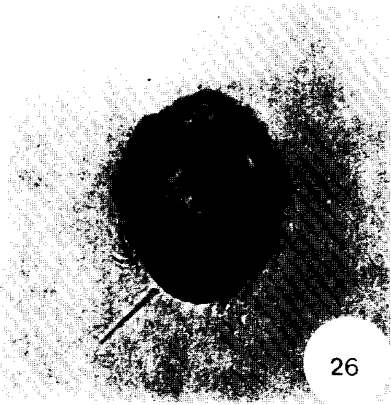


24

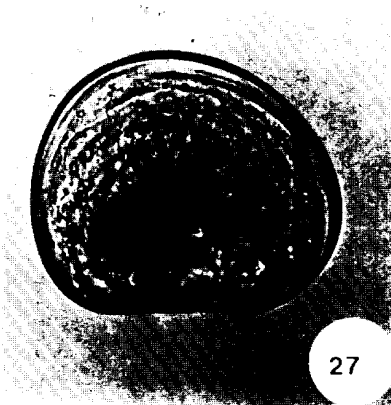


25

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



26



27