

碩 士 學 位 論 文

濟州道產 가무락, *Cyclina sinensis*
의 生殖週期에 關한 組織學的 研究

Histological Study on the Reproductive Cycle of
the Clam, *Cyclina sinensis* (Gmelin), in Jeju Island



濟州大學校大學院

水產生物學科

趙 雲 三

1983年 12月 日

認 准 書

碩 士 學 位 論 文

濟州道産 가무락, *Cyclina sinensis* 의 生殖週期에
關한 組織學的 研究

Histological Study on the Reproductive Cycle of the
Clam, *Cyclina sinensis* (Gmelin), in Jeju Island

指 導 教 授 李 定 宰

이 論文을 理學碩士學位 論文으로 提出함.



濟州大學校 大學院 水産生物學科

趙 雲 三

의 理學碩士學位 論文을 認准함.

1983年 12月 日

委 員 長 :

委 員 :

委 員 :

目 次

摘 要	3
緒 言	5
材 料 및 方 法	6
1. 材 料	6
2. 方 法	7
(1) 個體의 測定	7
(2) 光學顯微鏡的 方法	8
(3) 電子顯微鏡的 方法	8
結 果	9
1. 生殖巢의 外部形態	9
2. 生殖巢의 構造	9
3. 生殖細胞形成過程	10
(1) 卵子形成	10
(2) 精子形成	12
4. 電子顯微鏡的 觀察	13
(1) 卵母細胞	13
(2) 精子形成	14
5. 卵徑의 月別 變化	15
6. 生殖巢熟度指數	17

7. 生殖週期	17
(1) 分裂增殖期	17
(2) 成 長 期	19
(3) 成 熟 期	19
(4) 放 出 期	21
(5) 退 化 期	21
(6) 回 復 期	21
8. 雌雄同體	21
考 察	22
Summary	26
References	29
Explanation of abbreviations	33
Explanation of plates	34
Plate I - VII	34

摘 要

濟州道産 가무락, *Cyclina sinensis*의 生殖巢 構造, 生殖細胞形成過程 및 生殖週期를 光學顯微鏡과 電子顯微鏡을 使用하여 調查하였다.

1. 生殖巢는 內臟囊의 肝中腸腺 上端에서 足部까지 外側의 大部分을 싸고 있으며 卵巢는 많은 卵巢小囊으로, 精巢 또한 小管狀의 精巢小囊으로 構成되어 있으며 이들 小囊의 內腔上皮가 生殖細胞의 機能을 한다.

2. 生殖巢 外壁은 420 ~ 600 μm 로 매우 두꺼우며 上皮層은 30~40 μm 의 單層円柱上皮로 構成되어 있고 이들 上皮層 下方에는 50 μm 두께의 結締性 膠原纖維와 筋纖維가 緻密하게 結合되어 있으며, 下方으로 80 μm 두께의 立方形 粘液腺細胞層과 上下層은 縱으로, 中層은 橫으로 配列된 結締性 膠原纖維와 筋纖維가 260 ~ 430 μm 의 두꺼운 層으로 되어 있었다.

3. 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들은 生殖巢 및 生殖細胞形成과 發達에 營養을 供給하는 一種의 營養細胞로 간주된다.

4. 卵母細胞가 70 μm 前後로 成長하면 卵柄에서 離脱되며 完熟卵의 크기는 90 ~ 120 μm 前後였다.

5. 卵母細胞의 卵膜과 核膜은 二重膜狀 構造이며, 細胞質內的 卵黃顆粒은 卵膜 附近에서 核 方向으로 擴散되며, 脂肪顆粒은 核膜 附近에서 出現하여 皮質層으로 分散되었다.

6. 完熟精자의 頭部는 約 5 μm , 尾部는 20 μm 内外로서 前端的 尖體는 電子密度가 相異なる 兩 區域으로 區分되고 尖體와 核 사이에 透明腔이 存在하고 鞭毛의 軸絲構造는 9 + 2型이며 4個의 球形 mitochondria가 中心

體를 둘러싸고 있다.

7. 生殖巢의 發達段階는 分裂增殖期(1~4月), 成長期(3~6月), 成熟期(5~8月), 放出期(7~9月初), 退化期(9~12月), 回復期(12~2月)로 區分할 수 있었다.

8. 産卵期는 水温이 20℃ 以上으로 上昇하는 7月 初旬부터 9月 初旬으로 推定되며, 産卵最盛期는 7月 中旬부터 8月末 사이였다.

9. 雌雄同體는 調査材料 390 個體中 8 個體였다.



緒 言

가무락, *Cyclina sinensis* (Gmelin) 은 우리나라의 南海岸·西海岸 一帶와 日本의 房総 以南 潮間帶의 泥質이 많은 곳에 서식하는 有用二枚貝다.

가무락에 關한 研究 報文은 日本 廣島産 가무락의 初期發生에 關한 것 (原垣, 1966)과 人工産卵誘發·人工受精 및 成長에 關한 것 (崔, 1971 ; 崔·宋, 1973 ; 崔, 1975) 등이 報告되어 있으나 生殖巢의 顯微鏡的 構造나 生殖週期에 關해서는 報告된 바 없다.

따라서 本 研究은 가무락 生殖巢의 微細構造, 生殖細胞形成過程 및 生殖週期를 正確히 규명하고자 組織學的 方法에 의해 調査하였다.



材 料 및 方 法

1. 材 料

本 實 驗 에 使 用 한 材 料 은 1982 年 10 月 부터 1983 年 9 月 까지 濟 州 道 城 山 浦 沿 岸 (Fig. 1) 에 서 採 集 한 것 을 使 用 하 였 으 며, 1983 年 7 月 과 8 月 에 는 月 別 3 回 를 採 集 하 였 다.

月 別 로 採 集 한 個 體 中 殼 長 3.5 ~ 6.0 cm 인 30 個 體 를 任 意 로 選 定 하 여 海 洋 資 源 研 究 所 에 서 生 物 學 的 外 部 測 定 을 마 치 고 貝 殼 을 除 去 한 後 各 種 實 驗 에 使 用 하 였 고, 採 集 地 의 海 水 水 溫 은 1982 年 10 月 부터 1983 年 9 月 까지 現 地 에 서 調 查 한 水 溫 을 月 平 均 하 였 다.

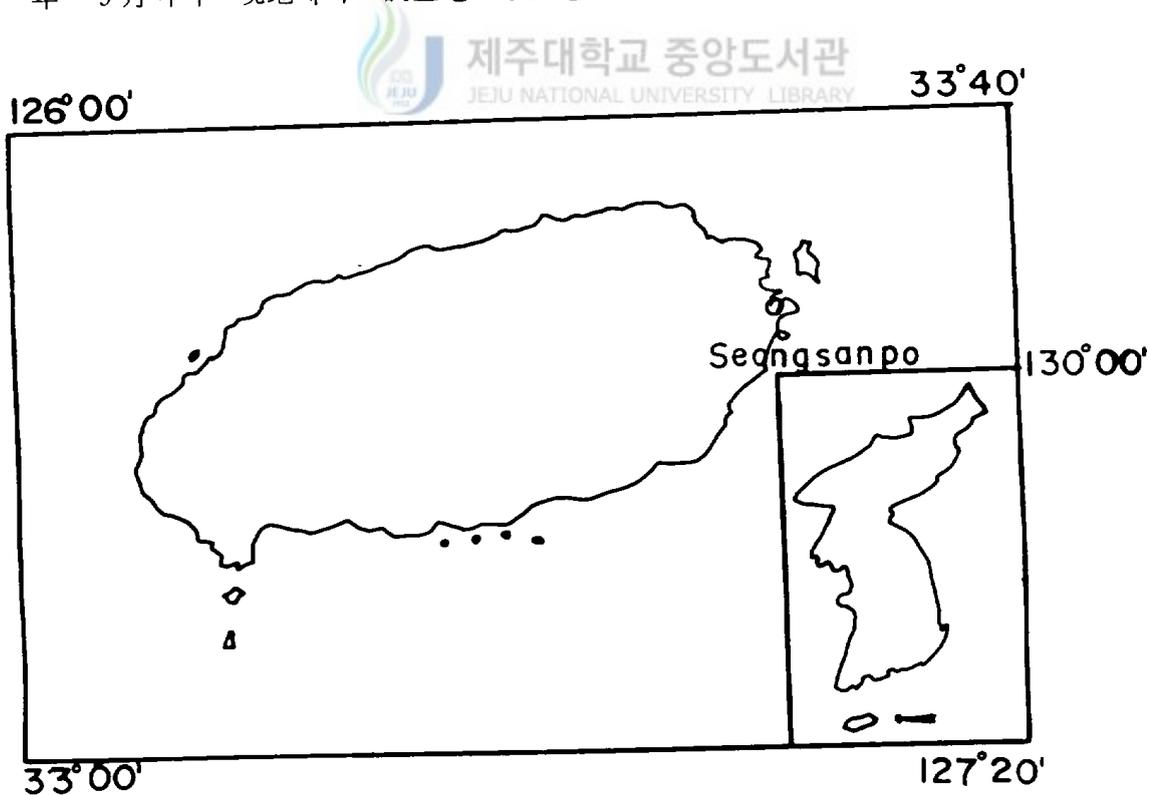


Fig. 1 Map showing the sampling station.

2. 方 法

(1) 個體의 測定

殼長·殼高 및 殼幅은 Vernier Caliper 로 $\frac{1}{10}$ mm까지, 全重量·肉重量·生殖巢重量은 0.1 gr 單位까지 測定하였고, 生殖巢重量은 足部와 肝中臟部 上端을 除去한 部分의 重量을 測定하였다. 生殖巢熟度指數는 肉重量에 對한 生殖巢重量의 百分率(Webber and Giese, 1969: 丸 邦, 1976)로서 나타냈다.

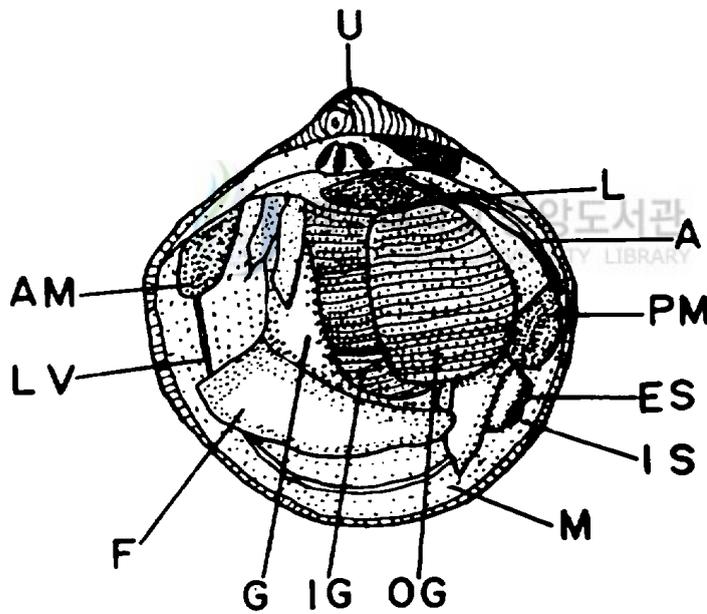


Fig. 2 Anatomy of *Cyclina sinensis*
A: Anus, AM: Anterior adductor muscle,
ES: Exhalant siphon, F: Foot,
G: Gonad, IS: Inner gill lamina,
IS: Inhalant siphon, L: Liver,
LV: Labial valve, M: Mantle,
OG: Outer gill lamina,
PM: Posterior adductor muscle,
U: Umbo.

(2) 光学顕微鏡的 方法

内臟囊의 外層에 分布하는 生殖巢 (Fig. 2) 部位를 摘出하여 Bouin's 液에 24 時間 固定한 後 常法인 Paraffin 切片法에 따라 5 ~ 6 μm 의 連続切片을 만들어 染色은 Hansen's hematoxylin 과 0.5% Eosin 으로 比較染色하였고, 結締性纖維와 筋纖維를 識別하기 위하여 Mallory triple 染色을 竝行하였다.

月別 卵徑의 變化를 調査하기 위하여 月別 卵巢切片 標本에서 核이 있는 卵細胞만을 골라 月平均 1,500 個 内外의 卵徑을 測定하고 頻度曲線 (Pearse, 1965)으로 表示하여 周年變化를 調査하였다.

(3) 電子顕微鏡的 方法

生殖巢의 中間 部位에서 $2 \times 3 \times 4 \text{ mm}$ 의 크기로 試片을 切取하여 4°C , 4% glutaraldehyde (phosphate buffer, pH 7.4)에 4 時間 前 固定한 後, phosphate buffer 로 3 ~ 4 回 충분히 씻고 ethanol series 및 acetone 으로 脱水하여 epon 812 混合液 (Luft, 1961)에 包埋하였다.

包埋한 材料는 Sorval ultramicrotome 으로 우선 $1 \mu\text{m}$ 두께의 切片을 만들어 toluidine blue-borax 로 染色하여 光學顕微鏡으로 正確한 觀察 部位를 確認하고 銀色切片을 만들어 uranyl acetate 와 lead citrate 로 電子染色 (Reynolds, 1963)을 하여 Hitachi HS-7S (50KV) 電子顕微鏡으로 觀察하였다.

結 果

1. 生殖巢의 外部形態

가무락은 雌雄異體로서 生殖巢는 內臟囊의 外層에 分布되어 있다. 生殖巢의 크기나 色彩는 生殖巢의 發達에 따라 相異하며 未熟期의 卵巢나 精巢는 極히 萎縮되어 貧弱하고 外觀上 色彩로써는 雌雄識別을 할 수 없었다.

生殖巢가 점차 成熟하게 되면 內臟囊의 大部分을 차지하고 足部의 上端까지 擴張肥厚되며 암컷은 淡褐色, 수컷은 乳白色 또는 黃白色을 띠었다.

2. 生殖巢의 構造

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

生殖巢의 外壁은 雌雄 類似한 構造로서 上皮層은 30 ~ 40 μm 의 單層圓柱上皮로 構成되어 있으며, 이 上皮層 直下方으로 Mallory 染色에서 靑色으로 染色되며 橫方向으로 配列된 얇고 緻密한 50 μm 두께의 結締性膠原纖維層과 80 μm 두께의 立方形 粘液腺細胞層이 나타나며 그 아래로 上下層은 縱으로, 中層은 橫으로 달리는 大部分의 膠原纖維와 소수의 筋纖維로 緻密하게 構成된 260 ~ 430 μm 두께의 層狀 結締性纖維膜 構造를 하고 있다 (P 1.1, Fig. 1).

이 結締性纖維膜은 生殖巢가 未熟期일 때에는 두꺼우나 生殖巢가 發達함에 따라 얇아졌다.

縱橫方向의 膠原纖維와 筋纖維가 生殖巢 內腔쪽으로 擴張되어 伸縮性

이 있는 橢圓形의 生殖小囊을 形成하며 小囊의 內腔上皮에서 生殖始原細胞들이 形成되고, 生殖巢가 發達함에 따라 生殖小囊들은 伸長, 發達하여 最大로 肥滿되었다.

放卵·放精을 마치면 이들 生殖小囊들은 매우 萎縮되어 貧弱하며, 그 후 回復 되어감에 따라 점차 肥厚되면서 生殖細胞들의 分裂과 發達이 旺盛해졌다.

3. 生殖細胞形成過程

(1) 卵子形成

卵巢는 多數의 크고 작은 橢圓形의 卵巢小囊으로 構成되어 있고 卵原細胞들은 卵巢小囊의 生殖上皮에 埋沒되어 單獨 혹은 小群을 形成하여 分裂增殖하고 있었다. 卵原細胞들은 球形이며 長徑이 $7 \sim 9 \mu m$ 로서, $5 \mu m$ 크기의 크고 뚜렷한 核과 그 주위에 얇은 細胞質로 되어 있었다 (Pl. I, Fig. 2).

卵巢小囊의 生殖上皮上에서 分裂增殖 하고 있는 卵原細胞들은 細胞質이 점차 充實해지면서 成長되어 初期 卵母細胞로 發達되고 크기는 $20 \sim 40 \mu m$ 內外가 되며 核內的 核膜 주변 染色質이 濃縮되어 絲狀 혹은 顆粒狀으로 나타나며, 核內에는 한개의 仁을 所有하나 드물게 두개의 仁도 存在하였으며 小囊上皮는 다소 가늘어졌다. 小囊사이에 未分化間充織과 顆粒細胞들도 점차 貧弱해졌다 (Pl. I, Fig. 3).

初期 卵母細胞가 卵柄을 形成하면서 卵巢의 中央內腔을 向해 긴 橢圓形으로 發達해 갔다 (Pl. I, Fig. 4).

卵巢小囊의 伸長과 함께 卵柄을 가진 卵母細胞들은 細胞質의 增加로 더욱 成長되며, 卵母細胞는 西洋배 모양으로 卵巢小囊 中央內腔으로 더욱 突出되고 卵柄部에 卵膜이 形成되면서 離脱되어 卵巢小囊에 遊離 된다. 이때의 크기는 $70 \mu m$ 前後였다 (Pl. I, Fig. 5).

卵母細胞의 細胞質은 好塩基性에서 점차 好酸性으로 變化되며 核은 卵柄의 반대쪽 卵膜 가까이 移動되어 位置했으며, 이때의 卵母細胞의 크기는 $50 \mu m$ 内外가 되며 核의 크기는 $20 \mu m$, 仁은 $8 \mu m$ 前後로 뚜렷해졌다.

卵柄을 消失한 卵母細胞에는 卵黃物質이 골고루 分布하고 있으며, 核은 胚胞狀으로 되고 仁은 급격히 成長하여 $10 \mu m$ 에 달하며 染色質은 塊狀으로 되었다. 卵巢小囊內에는 卵母細胞가 增加하며 卵巢는 肥大하여 足部の 外壁 筋肉層까지 擴張 肥厚되어 膨大되었다 (Pl. I, Fig. 6).

卵母細胞는 卵巢小囊內에서 계속 成長하며 完熟 卵母細胞는 球形으로 되며 卵膜 外側에 얇은 Jelly 層이 形成되고 細胞質에는 卵黃顆粒과 脂肪顆粒이 더욱 蓄積되며, 中央에는 커다란 胚胞狀의 核이 있고 核에는 塊狀 혹은 網狀의 染色質이 골고루 分布하여, 仁은 강한 好塩基성이 된다. 또한 卵巢小囊 사이의 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들은 거의 나타나지 않았다 (Pl. I, Fig. 7).

이어 卵巢小囊의 中央內腔에 자리잡고 있던 完熟卵들은 放卵이 始作되며 産卵盛期에 이른다. 一部 成長中인 卵母細胞들이 殘有하나 萎縮되어 變形된 形態를 하고 있었고, 卵巢小囊은 허술한 網狀構造를

한다 (Pl. I, Fig. 8).

卵巢內 殘有卵들의 退化가 進行됨에 따라 卵巢는 더욱 萎縮되었고 卵巢小囊 自體도 一部 退化되었다. 冬季를 거쳐 萎縮되었던 生殖巢 外壁의 結締組織들이 다시 分化 發達하면서 新生 卵巢小囊이 發達하기 시작했다. 이때 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들도 多數 나타났으며 卵巢小囊 上皮層에는 卵原細胞의 分裂이 旺盛해졌다 (Pl. I, Fig. 9).

(2) 精子形成

精巢도 卵巢와 相同的인 構造로 內臟囊에서 足部の 網狀結締組織層 사이에 小數가 나타나기 시작하면서 精原細胞들이 점차 出現되며 이들 小囊上皮에 埋沒되어 分裂增殖되고 있었다 (Pl. II, Fig. 10).

精原細胞들은 長徑이 $8\ \mu m$ 前後로 卵原細胞에서와 같이 細胞質은 貧弱하며 核은 $5\sim 6\ \mu m$ 정도로 細胞의 大部分을 차지하며 顆粒 또는 絲狀의 染色質들이 나타났다. 이때 精巢小囊들 사이에는 未分化間充織이 充實해지며 多數의 好酸性顆粒細胞들이 나타났다.

精巢가 發達됨에 따라 精巢小囊은 中央內腔쪽으로 精原細胞와 精母細胞들이 發達過程에 따라 層狀 配列을 하였다.

精巢壁은 精巢가 發達됨에 따라 차츰 얇아졌다 (Pl. II, Fig. 11).

이때의 精母細胞들의 크기는 $10\ \mu m$ 정도로 精原細胞에 비해서 큰 差異는 없으나 細胞質이 充實해졌다.

精巢小囊 上皮에서 精原細胞들은 中央內腔을 向해 第一次精母細胞, 第二次精母細胞, 그리고 精細胞로 成熟해 갔다.

또한 精巢小囊 사이에는 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들이 점차 萎

縮 또는 減少했다 (Pl.Ⅱ, Fig.12).

이와같은 精巢小囊들은 內臟囊과 足部の 結締組織層까지 擴大되며 이 후 精巢小囊 內腔에는 變態中이거나 變態를 마친 精子들이 出現하기 시작하여 점차 精巢小囊의 內腔에 充滿되었다 (Pl.Ⅱ, Fig.13).

成長中の 精子의 頭部는 精巢小囊上皮에 接하고, 尾部는 內腔을向 해 束狀을 이루며 가득 채워진다. 完熟精子의 頭部는 $5\mu m$, 尾部는 $20 \sim 22\mu m$ 정도의 크기였다. 最大로 肥滿 成熟한 精巢에서는 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들은 거의 찾아볼 수 없었으며, 精巢外壁과 精巢小囊壁은 매우 萎縮되었다 (Pl.Ⅱ, Fig.14).

放精이 일어나면 精巢小囊內에 充滿되어 있던 精子들은 거의 放出되나 未放出된 一部 精子들이 殘有하며 精巢小囊의 萎縮 退化와 함께 消滅되었다 (Pl.Ⅱ, Fig.15,16).

冬季를 거쳐 精巢는 다시 回復되면서 萎縮되었던 精巢外壁은 점차 두꺼워지고 新生 精巢小囊들이 發達하고, 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들은 豊富해지며 分裂增殖中の 精原細胞들이 多數 나타났다(Pl.Ⅱ, Fig. 17).

4. 電子顯微鏡的 觀察

(1) 卵母細胞

卵母細胞는 卵을 싸는 卵黃膜이 두텁하며 卵黃膜 外側에 微細絨毛層이 둘러싸고 있었다. 細胞質에는 osmic acid에 黒染된 脂質顆粒과 電子密度가 다소 낮은 卵黃顆粒이 나타나며 卵膜에 連接하여 顆粒性形質內細網에서 合成 濃縮된 單位膜으로 싸인 分泌顆粒들이多數

分布하고 있었다 (Pl. III, Fig. 19).

卵柄初期 卵母細胞의 核 주변에는 顆粒狀 또는 絲狀의 染色質과 뚜렷한 球形의 仁, 小槽와 單位膜狀으로 構成된 小管狀의 形質內細網이 顆粒細胞質에 散在하고 있었으며, 脂質顆粒과 卵黃顆粒이 卵柄 반대쪽에 多數 存在했으며, 卵黃顆粒은 卵膜부근에 多數 出現하여 核 方向으로 擴散되고 있었다. mitochondria 는 核膜 주변에 多數 存在하였다 (Pl. III, Fig. 20).

卵膜은 二重膜으로 構成되어 있었으며 形質內細網이 小管狀으로 卵膜 또는 核膜과 연결되어 있었다 (Pl. IV, Fig. 21, 22).

核膜도 二重膜으로 構成되며 核內에는 染色質이 融合되어 塊狀으로 나타났다 (Pl. V, Fig. 23).

細胞質에는 多數의 脂質顆粒과 卵黃顆粒이 散在하고, 脂質顆粒은 核膜부근에서 出現하여 皮質層으로 分散되어 갔다. 細胞質內에는 小球形 또는 橢圓形의 mitochondria 가 多數 散在하고 있는 것을 볼 수 있었다 (Pl. V, Fig. 24).

(2) 精子形成

精巢小囊이 生殖上皮에서 形成된 精原細胞가 成長하여 精母細胞가 되면 核이 더욱 커지고 核內에는 塊狀의 染色質이 고루 分散되며 精母細胞가 成長 發達함에 따라 核內 染色質은 緻密해졌다. 이때 仁은 觀察할 수 없었다.

精母細胞가 더욱 成長하여 精細胞가 되면 核은 精母細胞보다 작아지고, 核內의 染色質은 더욱 緻密해지며 細胞質內에는 球形의 尖端體

가 存在하였다.

精細胞들이 變態過程을 거치는 동안 核은 長軸方向으로 길어지며, mitochondria 들은 核의 後端으로 移動하여 基部 中心粒과 遠端中心粒으로 된 中心體를 環狀으로 둘러싸서 中片體로부터 鞭毛軸絲가 形成되었다 (Pl. VI, Fig. 25).

한편 核의 先端部에는 尖體가 形成되어 核과 區分되었다. 頭部の 外側은 尖體로부터 核의 後端部까지 鞘에 의해 싸여 있었다 (Pl. VI, Fig. 26).

Golgi 體는 核의 後端部 가까이 存在하다가 先端部로 移動하여 尖體가 形成되었다 (Pl. VII, Fig. 27).

完熟된 精子 頭部에는 長軸으로 긴 球形의 核과 先端부의 尖體는 空胞狀의 尖體胞와 電子密度가 높은 두 部分으로 區分되었다. 尾部 橫斷像은 1 雙의 中央 微細小管과 이를 둘러싸는 9 雙의 周邊微細小管으로 된 軸絲構造를 하고 있으며 이들 軸絲는 纖維性膜에 의하여 싸여 있었다 (Pl. VII, Fig. 28).

5. 卵徑의 月別變化

調査期間中 卵徑의 月別變化 (Fig. 3) 를 보면 調査期間을 通하여 卵徑 10 ~ 30 μm 의 卵母細胞들의 出現頻度가 가장 높았다.

2 ~ 3 月에는 卵徑 10 μm 미만의 卵原細胞들이 급격히 增加하는 分裂 增殖期였고 4 月부터는 卵徑 20 ~ 40 μm 内外의 初期 卵母細胞들이 出現하기 시작하여 5 月에 접어들면서 卵徑 50 μm 의 後期 卵母細胞

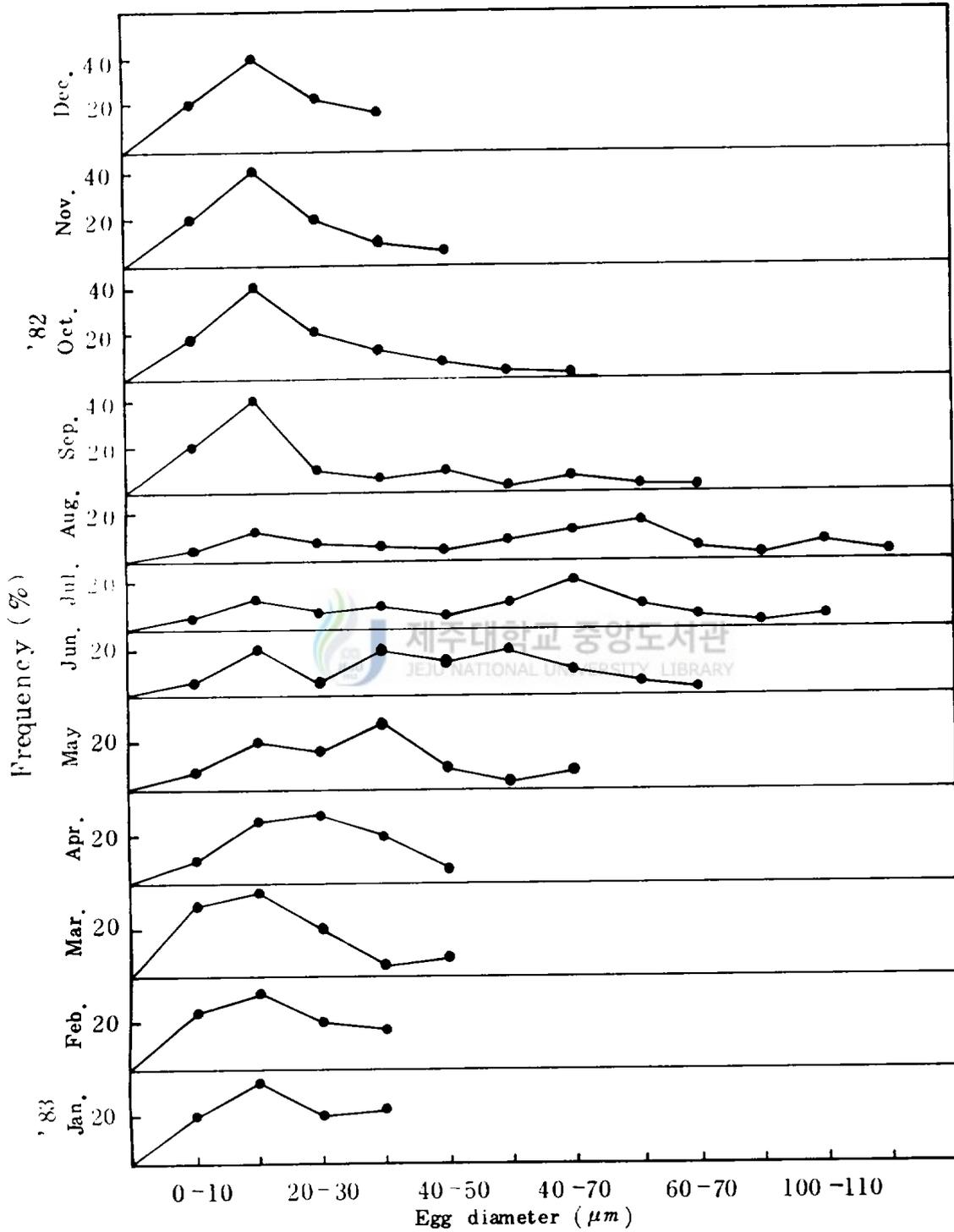


Fig. 3. Relative distribution of various size classes of the egg in the ovary of the clam, *C. sinensis* through the reproductive cycle.

들이 나타나며 卵黃 蓄積이 뚜렷해졌다. 6月에는 卵母細胞들이 卵柄을 消失하고 70 μm 이상의 成熟卵들이 多數 出現하기 始作하였다.

卵徑 90 μm 이상의 完熟卵들은 7月 中旬부터 8月末에 걸쳐 放卵最盛期를 이루며, 이들 完熟卵들은 9월에 들어서 급격히 減少되었다.

그 後에도 卵原細胞와 初期 卵母細胞들이 다소 增加되나 大部分이 退化 吸收되며 다음해 2월까지 小數의 卵原細胞와 卵母細胞들이 殘有하나 成長은 停止狀態였으며, 卵巢小囊들은 서서히 回復되기 始作하였다.

6. 生殖巢 熟度 指數

月別 生殖巢 熟度 指數는 Fig. 4와 같다. 암수 다같이 2月에서 3월에 이르면서 높아지기 始作하여 卵巢는 8월에, 精巢는 7월에 各各 38.8, 36.7로 最高值를 나타내며, 9月에는 急激히 낮아지고 11月에는 年中 가장 낮았다. 生殖巢 熟度 指數는 組織學的으로 觀察한 生殖巢 發達과 거의 一致되었다.

7. 生殖 週 期

卵巢 및 精巢의 發達過程과 이들의 周年變化를 組織學的으로 調査한 結果 生殖週期를 分裂增殖期, 成長期, 成熟期, 放出期, 退化期, 回復期 (Fig. 5)로 區分할 수 있었다.

(1) 分裂增殖期 (Multiplication stage)

卵巢 또는 精巢는 長徑이 250 ~ 700 μm 크기는 橢圓形의 多數의 小囊으로 構成되며, 이들 小囊의 內腔上皮에서 卵原細胞와 精原細胞가 活發하게 分裂하여 數的 增加가 일어나는 時期로서 外觀上 雌雄

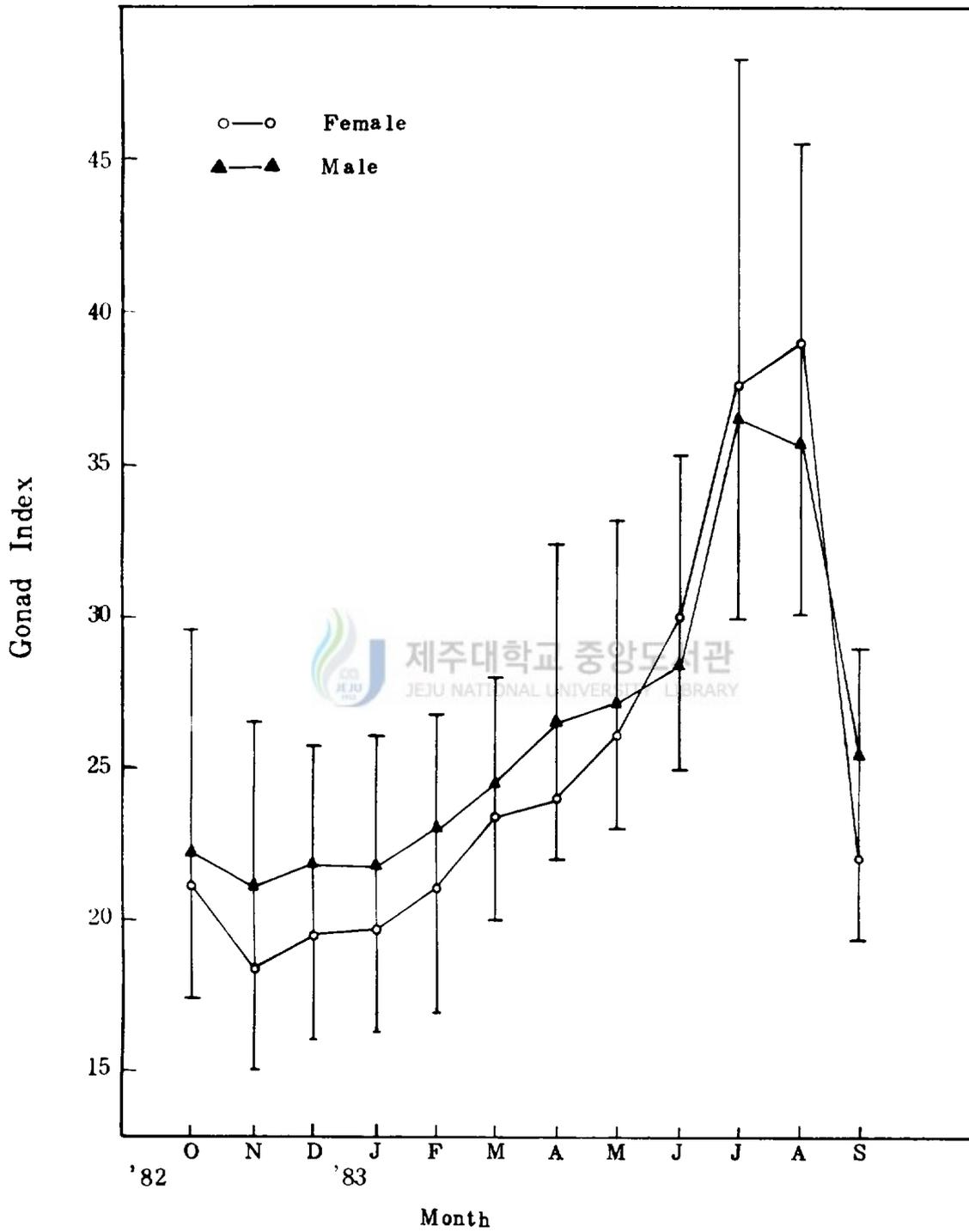


Fig. 4. Monthly changes of gonad index of the clam, *C. sinensis*.

識別이 거의不可能했다. 2~3월에 가장旺盛한分裂增殖期를 나타내고 있었다.

(2) 成長期 (Growing stage)

卵原細胞와 精原細胞들은 豊富한 未分化 間充織과 好酸性顆粒細胞들 사이에서 卵母細胞와 精母細胞로 成長하는 時期로서 卵母細胞는 生殖上皮上에서 점차 內腔쪽으로 突出되면서 卵柄이 形成되고 生殖上皮上에 부착된 채 成長하여 차츰 卵巢小囊의 內腔쪽으로 發達되어 가며, 多様な 크기를 나타내고 있었다.

精巢小囊上皮上에도 精原細胞, 精母細胞 및 精細胞가 內腔을 向해서 重層으로 配列 成長하는 時期로서, 이때 卵巢는 外觀上 연한 淡褐色을 精巢는 연한 黃白色을 띄어 肉眼的으로 雌雄識別이 可能했다. 이 時期는 3월부터 시작하여 6月末까지나 4~5월에 成長이 가장 旺盛하였다.

(3) 成熟期 (Mature stage)

成長中인 生殖細胞들이 점차 成熟하여 卵巢內腔에는 卵巢小囊上皮에서 遊離된 $70\mu m$ 前後의 完熟된 卵母細胞들이 나타나기 시작하여 점차 充滿되고, 精巢小囊內에는 精原細胞와 精母細胞가 顯著히 減少되는 반면 變態中인 精細胞와 變態를 마친 完熟精子들로 가득 채워지는 時期로서 生殖巢는 最大로 肥厚되었다. 이때 卵巢는 淡褐色이며, 精巢는 黃白色을 띤다.

이들 成熟期の 個體는 5월부터 8月末까지 出現하며, 6~7월이 最盛熟期이며, 이때 生殖巢 小囊壁은 最大로 얇아졌다.

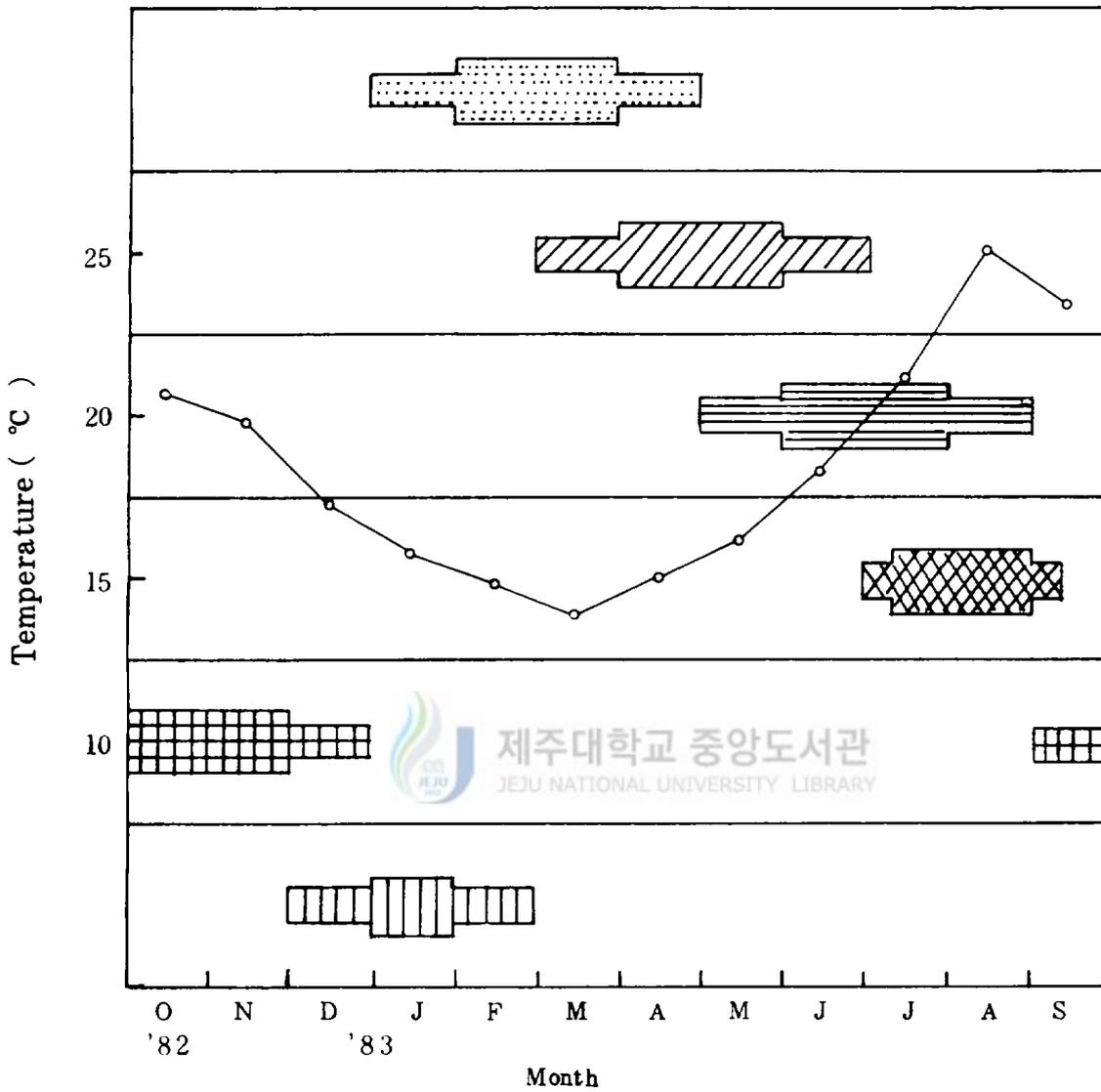


Fig. 5. Gonadal phase of the clam, *C. sinensis* and monthly changes of mean seawater temperature from October 1982 to September 1983.

- | | |
|---|---|
|  : Multiplication stage. |  : Growing stage. |
|  : Mature stage. |  : Spent stage. |
|  : Degenerative stage. |  : Recovery stage. |

(4) 放出期 (Spent stage)

7 月に 접어들면서 完熟卵과 完熟精子는 放出되기 始作하여 9 月 初旬까지 계속되며 最盛期는 7 月 中旬부터 8 月末까지다. 未放出된 一部の 成熟生殖細胞들이 小囊内に 殘有하였으며, 이 時期의 水温은 21℃에서 25℃의 범위였다.

(5) 退化期 (Degenerative stage)

放出期 後 生殖巢小囊内の 殘有 未放出卵과 精子들은 細胞質崩壞가 일어나 退化 吸收되며 小囊自體도 萎縮되어 허술한 網狀構造를 했다. 退化期는 9 月부터 始作해서 12 月까지 계속되었으며 이 時期에 生殖巢는 最大로 萎縮되었다.

(6) 回復期 (Recovery stage)

生殖巢의 外壁은 새로운 結締組織의 發達로 肥厚되기 始作하며, 卵巢小囊과 精巢小囊이 發達되기 始作하여 점차 生殖巢의 小囊壁은 두꺼워졌다. 한편 生殖巢小囊 사이에 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들이 점차 豊富해지고 있었으며 이러한 時期인 12 月부터 2 月사이가 回復期로 보였다.

8. 雌雄同體

調査한 總 390 個體中에서 1982 年 10 月に 2 個體, 11 月に 4 個體, 12 月과 1 月に 各 1 個體가 雌雄同體였다.

雌雄同體의 卵巢는 生殖巢의 結締組織 下方부근에, 精巢는 中央部位에 存在하였다. 雌性 生殖巢小囊壁에서는 小數의 卵原細胞와 初期 卵母細胞가 存在하였고 雌雄 生殖巢小囊壁에서는 精原細胞가 出現하였다 (Pl. II, Fig. 18).

考 察

海産 軟体動物들은 大部分이 體外放出 受精種들이며 그들의 生殖이 季節的이라는 것이 報告되어 있다(Giese, 1959).

生殖巢는 비교적 單純하여 거의 配偶子만으로 構成되나 種에 따라서는 一種의 營養細胞가 生殖巢 發達에 關여하는 것으로 報告되어 있다(今俣等, 1966 ; 高橋·高野, 1970 ; 高橋·山本, 1970 ; 澤田, 1973 ; 李, 1974). 특히 진주조개, *Pinctada martensii* (李, 1972), 남방재첩, *Corbicula fluminea* (李·鄭, 1980), 새조개, *Fulvia mutica* (張·李, 1982), 소라, *Turbo cornutus* (李, 1983) 등에서는 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들이 生殖巢 및 生殖細胞發達 初期에 豊富하게 나타나다가 生殖巢의 發達과 함께 서서히 減少되는 點으로 미루어 生殖巢 및 生殖細胞 發達에 關여하는 一種의 營養細胞로 간주하고 있었다. 가무락의 경우도 生殖巢 發達 初期에 未分化間充織과 好酸性顆粒細胞들이 生殖巢가 回復됨에 따라 多數 出現하다가 生殖細胞가 發達함에 따라 점차 減少되고 있는 點으로 보아 이들 細胞가 一種 營養細胞로 간주된다.

二枚貝類는 大部分이 雌雄異體이며 性比는 1:1이나 年齡 및 季節的인 環境要因의 影響으로 種에 따라서는 性轉換에 의해 性比의 差가 일어난다고 報告되어 있다(Katkansky and Spark, 1966 ; Naidu, 1970). 즉 굴類인 *Crassostrea glomerata*는 年齡과 季節에 따라 性比가 다르며(Dinamani, 1974), 특히 가리비類는 性轉換에 의해서 性比가 다르게 나타난다고 報告되어 있다(山本, 1943 ; 丸邦, 1976, 1978 a ; 森勝·長内, 1977). 가무락의

경우에는 性比의 差를 發見할 수 없었다. 一部の 個體에서 雌雄同體가 나타나고 있음을 볼 수 있었는데 이 같은 雌雄同體의 個體는 굴, *Cassostrea gigas* (Katkansky and Spark, 1966), 가리비, *Patinopecten yessoensis* (山本, 1943; 丸邦, 1976, 1978 b; 森勝等, 1977; Ropes, 1968) 등에서도 널리 알려져 있다. 雌雄同體는 一時的으로 出現되는 것인지 아니면 性轉換에 關係하는지는 앞으로 究明해야 할 課題라 思料된다.

진주조개, *Pinctada martensis* (李, 1972), 유령멍게, *Ciona intestinalis* (梁, 1979)의 發達中인 卵母細胞에서 두개의 仁이 나타난다고 報告되어 있는데, 本 가무락의 卵母細胞에서도 小數의 個體에서 두개의 仁을 觀察할 수 있었다.

전복類 (李, 1974)와 소라, *Turbo cornutus* (李, 1983)에서 報告된 바 있는 生殖巢의 外皮層은 圓柱上皮細胞와 大部分이 粘液腺細胞로서 上皮細胞中에 染色성이 다른 好酸性顆粒細胞가 分布한다고 하였는데 가무락의 경우에도 이와 類이하며 Mallory triple 染色에 赤染되며 結締纖維와 區分되는 筋纖維가 上·下層은 從으로 中層은 橫으로 規則적으로 結締纖維와 함께 排列되어 있는 筋纖維를 識別할 수 있었다. 따라서 이들 筋纖維의 配列로 볼때 生殖巢는 縱橫收縮이 可能하며, 配偶子 放出에 도움을 주는 것으로 생각되어진다.

卵母細胞의 成長에 따른 卵黃物質의 蓄積에 關해 Takahashi(1978)는 頭足類인 *Todarodes pacificus*의 卵黃物質의 形成에 關한 研究에서 卵黃基本物質의 卵母細胞에 吸收되어 卵黃物質로 合成되는 경우와 卵黃物質의 前驅物質이 이미 卵巢以外의 他組織에서 合成되어 卵母細胞에 吸收되는 두가지 경우를

報告하고 있다.

腹足類의 卵黃物質의 合成은 卵母細胞의 小胞體나 Golgi 體와 密接한 關係가 있다고 報告된 바 있다 (Bedford, 1966 ; Coggeshall, 1970). 전복류 (李, 1974)와 소라, *Turbo cornutus* (李, 1983)의 경우 卵黃物質은 卵柄을 통해 卵黃物質이 吸收되어 卵母細胞內에서 점차 크게 合成된다고 報告하고 있다. 가무락에 있어서도 成長中인 卵母細胞는 卵柄이 生殖上皮上에 附着되어 있어 이를 통해 卵母細胞의 成長 發達에 必要的 物質이 吸收되는 점과 光學顯微鏡像에서 卵黃顆粒이 卵柄部에서 점차 擴張하여 全細胞質에 分散되었으며, 電子顯微鏡像에서도 卵黃顆粒이 皮質層 部位에서 점차 核쪽으로 擴散되는 점으로 卵母細胞外에서 卵黃物質이 卵母細胞로 卵柄을 통해 吸收되어 細胞質內에서 점차 큰 顆粒으로 合成되는 것으로 생각된다.

完熟精자의 尖體는 淡水産 二枚貝類인 *Hyriopsis schlegelii* (東怜, 1964), 전복類(李, 1974), 우렁이, *Lymnaea stagnalis* (Rigby, 1982)와 소라,

Turbo cornutus (李, 1983)의 경우 電子顯微鏡像에서 電子密度가 다른 두 部分의 區域으로 區分되며 '尖體와 核사이에 있는 透明腔은 극히 電子密度가 낮게 나타난다고 報告하고 있다. 가무락에서도 完熟精자의 尖體는 電子密度가 다른 두 部分으로 나타나고 있으나 透明腔은 電子密度가 다소 높게 나타나고 있는 점으로 이 部位의 物質 分布의 差異가 있는 것으로 생각할 수 있었으며, 이들 物質의 生化學的 性質에 대하여 좀더 究明되어야 할 點으로 思料된다.

完熟精자의 頭部後端에 位置하여 中心體를 環狀으로 싸고 있는 mitochondria의 數는 淡水産 二枚貝類인 *Hyriopsis schlegelii* (東怜, 1964)에서

5個, 진주담치, *Mytilus edulis* (Longo and Dornfield, 1970)에서도 5個, 소라, *Turbo cornutus* (李, 1983)에서는 5個, 버지니아굴, *Crassostrea virginica* (Galtsoff and philpott, 1960)에서 4個 등으로 報告되어 있는데 본 가무락에서는 4個의 球形인 mitochondria가 環狀으로 排列하고 있음을 觀察할 수 있었다.

軟體動物의 生殖細胞形成과 成熟에 支配하는 環境要因은 外的環境要因으로 水温이 가장 많이 論議되고 있으며 (杉浦, 1959; Loosanoff, 1962; Dinamani, 1974; 丸邦, 1976), 이 외에 먹이 (丸邦, 1976), 光週期 (Webber and Giese, 1969) 등이 알려져 있고, 內的調節要因으로 內分泌系의 影響에 關하여 報告하고 있다 (Euler and Heller, 1963). 가무락의 경우도 産卵最盛期가 最高水温期와 거의 一致하고 있어서 生殖巢 發達이 水温과 密接한 關係가 있음을 알 수 있었다.

現在까지 報告된 가무락의 産卵期는 日本 廣島地方에서는 7月 下旬부터 10月 上旬까지며 實驗室內에서 8月 上旬에 産卵하는 것을 觀察했고 (原垣, 1966), 그때의 水温은 28.4~29.4℃라고 했다. 우리나라 仁川産 가무락의 産卵盛期는 8月 下旬부터 10月 上旬에 이르는 사이라고 推定하고 있다 (崔, 1971). 가무락의 人工受精 및 發生에 關한 研究를 1975年 7月에서 10月사이에 실시하고 있음 (崔, 1975)을 볼때 이 期間이 西海中部 沿岸에서의 産卵期로 推定할 수 있으며, 본 調査에서도 産卵期는 水温이 20℃以上으로 上昇하는 7月 初旬부터 9月 初旬으로 推定되며 産卵最盛期는 7月 中旬부터 8月末로서 生殖巢 熟度指數의 變動과도 거의 一致되었다.

Summary

The structure of gonad, gametogenesis and the reproductive cycle of the clam, *Cyclina sinensis* were investigated mainly employing photomicrography and electron micrography.

The materials were sampled monthly at Seongsanpo, Jeju Island from October 1982 to September 1983.

1. The gonad is located between the mid-intestinal gland in the visceral sac and the connective tissue of the foot. The ovary is composed of a number of ovarian sacs. The testis is composed of a number of seminiferous tubules, which form the tubular structure, and the epithelium of the tubule has the function of germinal epithelium.

2. The outer wall of the gonad is 420-600 μ m thick, and the epithelial layer consists of simple columnar epithelial cells, which are 30-40 μ m thick. Under the epithelial layer are sequentially collagenous fiber layers, mucous gland cells fibromuscular capsules compacted by collagenous fibers and muscle fibers. These thicknesses are 50 μ m, 80 μ m and 260-430 μ m respectively. The upper and lower fibromuscular capsules are arranged of vertically, and the middle fibromuscular capsules are arranged of longitudinally.

3. Undifferentiated mesenchymal tissue and eosinophilic granular cells function as nutritive cells in the formation and development early stage of germ cells.

4. The oocytes reach approximately 70 μ m in diameter seceded from the

yolk stalk, the mature eggs were about 90-120 μ m.

5. The plasma membrane and the nucleus membrane of oocytes are composed of a double membrane. Accumulation of yolk granules in the cytoplasm begins in the cortical layer and diffusion occurs outside the nuclear envelope and diffuse towards the cortical layer.

6. The head of the spermatozoa is approximately 5 μ m in length and its tail is about 20 μ m. The conical acrosome at the distal part of the head is distinguished by two regions with different electron densities. There is a clear space between the acrosome and nucleus. The flagellum of the tail consists of nine pairs of microtubules at the periphery, one pair at the center fiber, and four spherical mitochondria form the paranucleus around the centrioles.

7. The development process may be divided into six successive stages : multiplication (January-April), growing (March-June), mature (May-August), spent (July-early September), degenerative (September-December) and recovery stages (December-February).

8. Spawning of *C. sinensis* occurs from early July to early September when the sea water temperature was normally above 20 $^{\circ}$ C and its peak spawning occurred from late July to August

9. The hermaphroditic were eight individuals among the 390 individuals examined.

謝 辭

本 研究를 遂行함에 있어 始終 指導하여 주신 本 大學校 李 定
宰 博士님, 本文을 校覽하여 주신 卞 忠圭 博士님, 趙 載潤 教授님
과 資料 및 많은 助言을 주신 海洋資源研究所 鄭 相喆 博士님께
深甚한 謝意를 表하며, 勞心焦思 걱정하시고 뒤를 돌봐주신 父母님과
本 研究를 위하여 誠心껏 도와주신 여러분께 眞心으로 感謝를 드림
니다.



REFERENCES

- Bedford, L.(1966): The electron microscopy cytochemistry of oogenesis and the cytochemistry of embryonic development of prosobranch Gastropod, *Bembicium nanum* L. J. Embryol. Exp. Morph., 15, 15-37.
- Chang, Y.J. and T. Y.Lee(1982): Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). Bull. Korean Fish. Soc., 15(3), 241-253.
- 崔基哲(1971): 대합과 가무락의 種貝增産을 위한 生態的 研究. 한국육수학회지., Vol.4(1-2), 1-10.
- 崔信錫(1975): 대합, *Meretrix lusoria* 과 가무락, *Cyclina sinensis*의 初期發生 및 成長에 關한 比較研究, 韓水誌., 8(3), 185-195.
- 崔信錫·宋容圭(1973): 가무락, *Cyclina sinensis*의 人工受精 및 發生에 關한 研究. 韓水誌., 6(1, 2), 76-80.
- 鄭義泳(1980): 淡水産 眞珠貝 鬚조개, *Anodonta (Sianodonta) woodiana* (Lea)의 生殖週期 및 妊卵期. 韓水誌., 13(4), 135-144.
- Coggeshall, R. E.(1970): A cytologic analysis of the bag cell control of egg laying in Aplysia. J. Morph., 132, 461-486.
- Dinamani, P.(1974): Reproductive cycle and gonadal changes in the New Zealand Rock oyster, *Crassostrea glomerata*. J. Mar. and Freshwater Res. New Zealand., 8(1), 39-65.
- Euler, U. S. von and H. Heller(1963): Comparative endocrinology II. Academic Press, New York and London., pp282.
- Galtsoff, P.S. and D.E. Philpott(1970): Ultrastructure of the spermatozoan of the oyster, *Crassostrea virginica*. J. Ultrastructure Research., 3, 241-253.

- Giese, A. C. (1959) : Annual reproductive cycle of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21, 547-576.
- 原垣弘子(1966) : 廣島湾 潮間帯 生物の 研究Ⅻ. *Cyclina sinensis* の 發生. 廣島大學 東雲分校 理科同好会, 理科研究報告., 第5報, 29-30.
- Katkansky, S. C. and A. K. Sparks (1966) : Seasonal sexual pattern in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Washington state. Washing Dept. Fish. Res. Paper., 2(4), 80-89.
- 今依・本間義治・朴川新十郎(1966) : 海産無脊稚動物の生殖腺の成熟に關する 研究-I. イボニシの生殖腺にみられて季節的變化. 日水誌., 32(6), 484-491.
- 李定宰(1983) : 濟州道産 소라, *Turbo cornutus* 의 生殖週期에 關한 組織學的 研究. 濟州大學校 海資報., 7, 29-51.
- 李澤烈(1972) : 진주조개, *Pinctada mertensii* (Dünker) 의 生殖細胞形成 및 發達에 關하여, 釜山水大 塩研報., 5, 21-30.
- _____(1974) : 전복類의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期. 釜山水大 塩研報., 7, 21-50.
- _____. 鄭義泳(1980) : 남방재첩, *Corbicula fluminea* 의 生殖週期. 釜山水大 海研報., 12, 47-54.
- Longo, F. J. and E. J. Dornfield (1967) : The fine structure of spermatid differentiation in the mussel, *Mytilus edulis*. J. Ultrastructure Research., 20, 462-480.
- Loosanoff, V. L. (1962) : Gametogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis* in water of marine. Biol. Bull., 122(1), 86-95.
- Luft, J. H. (1961) : Improvement in epoxy embedding methods. J. Biophy. Biochem. Cytol., 9, 409-427.

- 丸邦義(1976) : ホタテガイの生殖に関する研究, 第一報 養殖ホタテガイの生殖周期. 北海道立水産試験場 報告., 第18号, 9-26.
- (1978a) : ホタテガイの生殖に関する研究, 第二報 1年目の生殖巣の發達. 北海道立水産試験場報告., 第20号, 13-26.
- (1978b) : ホタテガイの生殖に関する研究, 第三報 雌雄同體 生殖巣の觀察, 北海道立水産試験場報告., 第20号, 27-33.
- 森勝義・長内健治(1977) : 山田湾 養殖ホタテガイ 1年目にみられる生殖巣發達異常について. 日水誌., 43(1), 9-17.
- . 佐藤隆平(1977) : 岩手眞唐丹湾における養殖ホタテガイ生殖巣の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 Bay, Newfoundland. Can. J. Zool., 48, 1003-1012.
- Pearse, J. S.(1965) : Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* (Koehler), a common Antarctic asteroid. Biology of the Antarctic Seas., 2, 39-85.
- Reynolds, E. S.(1963) : The use of lead citrate at high pH as an electronopaque stain in electron microscope. J. Cell Biol., 17, 208-212.
- Rigby, J. E.(1982) : The fine structure of differentiation spermatozoa and sertoli cells in the gonad of the Pond snail, *Lymnaea stagnalis*. J. Moll. Stud., 48, 111-123.
- Ropes, J. W.(1968) : Reproductive cycle of the Surf clam, *Spisula solidissima*, in offshore New Jersey. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., woods hole 135, 349-365.
- Sabatini, D. D., K. G. Bensch and R. J. Barnett(1963) : Cytochemistry and

- electron microscopy. The preservation of cellular ultrastructure and enzymic activity by aldehyde fixation J. cell Biol., 17, 19 - 58.
- 東 怜(1964) : 淡水産二枚貝イケチヨウガイの精子形成過程の電子顕微鏡的研究. 日水誌., 30(7), 564 - 569.
- 澤田充明(1973) : シヤミセンガイ配偶子形成過程の電子顕微鏡的觀察. 動物學雜誌., 82, 178 - 188.
- 杉浦靖夫(1959) : ムラサキイガイの生殖腺の周年變化と性現象について. 日水誌., 25(1), 1 - 6
- Takahashi, N.(1978) : Ultrastructural characteristics of the proteid yolk formation on the ovary of the squid, *Todarodes pacificus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 29(2), 89 - 99.
- 高橋延昭・高野和則(1970) : ウバガイの生殖周期に関する組織學的研究 - I. 精巢の季節的變化. 日水誌., 36(4), 337 - 344.
- ・山本喜一郎(1970) : ウバガイの生殖周期に関する組織學的研究 - II. 卵巢の季節的變化. 日水誌., 36(4), 345 - 352.
- Webber, H. H. and A. C. Giese(1969) : Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropoda: Prosobranchiata). Mar. Biol., 4, 152 - 159.
- 山本護太郎(1943) : ホタテガイ *Pecten (Patinopecten) yossoensis* (Jay)の生殖細胞形成並び生殖時期. 日水誌., 12(1), 21 - 26.
- 梁太運(1979) : 유령멍게, *Ciona intestinalis* (Linne)의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期, 釜山水大碩士學位 請求論文.

EXPLANATION OF ABBREVIATION

a	: acrosome	nm	: nucleus membrane
ar	: axial rod	no	: nucleolus
av	: acrosome vesicle	oc	: oocyte
ax	: axis	p.cen	: proximal centriole
cen	: centriole	pf	: peripheral fiber
cenf	: central fiber	pm	: plasma membrane
cf	: collagenous fiber	sc	: spermatocyte
ch	: chromatin	sg	: spermatogonia
cp	: clear space	sgr	: secretory granule
d	: desmosome	sh	: sheath
d.cen	: distal centriole	st	: spermatid
er	: endoplasmic reticulum	sz	: spermatozoa
fmc	: fibromuscular capsule	szn	: nucleus of spermatozoa
g	: golgi apparatus	szt	: tail of spermatozoa
m	: mitochondria	t	: tail
mc	: mucous gland cell	v	: vacuolated empty substance
mv	: microvillus	vm	: vitelline membrane
n	: nucleus	yg	: yolk granule
nc	: nutritive cell		



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

EXPLANATION OF PLATES

Plate I and II are photomicrographs and others are electron micrographs.

PLATE I

- Fig. 1. The gonads are located between the liver and the outer fibromuscular layers compacted by connective tissue fibers and muscle fibers beneath the epithelial layer. X 300
- Fig. 2. Ovarian sac of the multiplication stage. Note great proliferation of small oogonia along the ovarian sac wall. X 1200
- Fig. 3. Early growing ovary. Note small primary oocytes along the ovarian sac wall. X 300
- Fig. 4. Growing ovary. Note the yolk stalk of the oocytes attaching to the ovarian sac wall. X 300
- Fig. 5. Late growing ovary. The oocyte connected by the yolk stalk to the germinal epithelium. X 1200
- Fig. 6. The ovarian sacs of mature stage. The mature oocytes fill up the ovarian sac. X 300
- Fig. 7. A ripe oocyte in the ripe ovarian sac. Numerous yolk materials are seen in the cytoplasm. X 1200
- Fig. 8. Spent ovary. Notes a few discharged oocytes which are in the ovarian sacs after spawning. X 300
- Fig. 9. A shrunken ovarian sac of recovery stage. The basement membrane is activating and the oogonia begin to appear on the germinal epithelium. X 300

PLATE II

- Fig. 10. Section of a seminiferous tubule of multiplication stage. Many small spermatogonia occur along the germinal epithelium of the seminiferous tubule. X 1200
- Fig. 11. Testis of growing stage. Numerous spermatogonia and spermatocytes appear along the germinal epithelium. X 300
- Fig. 12. Growing testis showing spermatogenesis in the seminiferous tubule. X 1200
- Fig. 13. Testis of mature stage. Note spermatids in the spermiogenesis and spermatocytes along the wall of the seminiferous tubule. X 300
- Fig. 14. Late mature testis. Note the enlarged seminiferous tubules containing a large number of spermatozoa. X 1200
- Fig. 15. Testis of spent stage. Seminiferous tubules become withering and a few number of undischarged spermatozoa remain in the tubules. X 300
- Fig. 16. Testis of spent stage. X 1200
- Fig. 17. Testis of recovery stage. X 300
- Fig. 18. Hemaphroditic gonad. Showing few young oocytes present in the ovarian sac wall and multiplying spermatogonia occur along the germinal epithelium of the seminiferous tubules. X 300

PLATE III

- Fig. 19. Electron micrography of a part of oocyte. Numerous yolk, lipid granules and secretory granules are seen in the cytoplasm. Microvillus are found in the vitellin membrane. X 5800

Fig. 20. Electron micrography of oocyte. Numerous endoplasmic reticulum are seen in the cytoplasm. X 4200

PLATE IV

Fig. 21. Electron micrography a part of oocyte. Note numerous vacuolated empty substances. Lipid granules, large yolk and mitochondria found in the cytoplasm. X 5800

Fig. 22. Electron micrography of plasma membrane. X 12500

PLATE V

Fig. 23. Electron micrography of nucleus membrane. X 14500

Fig. 24. Electron micrography of a part of oocyte. Numerous variety size of yolk, lipid and endoplasmic reticulum are seen in the cytoplasm. X 5800

PLATE VI

Fig. 25. Electron micrography of spermatogenesis. X 4200

Fig. 26. Electron micrography of spermiogenesis. X 5800

PLATE VII

Fig. 27. Electron micrography of spermatozoa head which is covered by a sheath and centriols surrounded by mitochondria. X 17000

Fig. 28. Electron micrography of mature spermatozoan showing conical acrosome, nucleus, and centrioles.

The centrioles aggregates of 9 + 2 fibers. X 21000

PLATE I

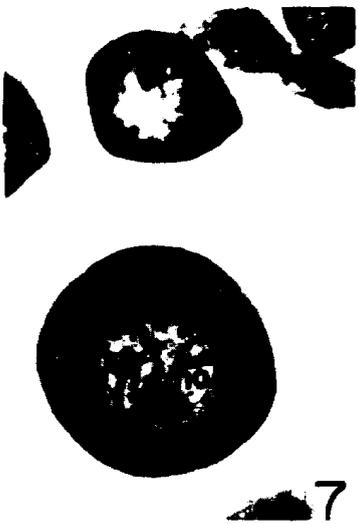
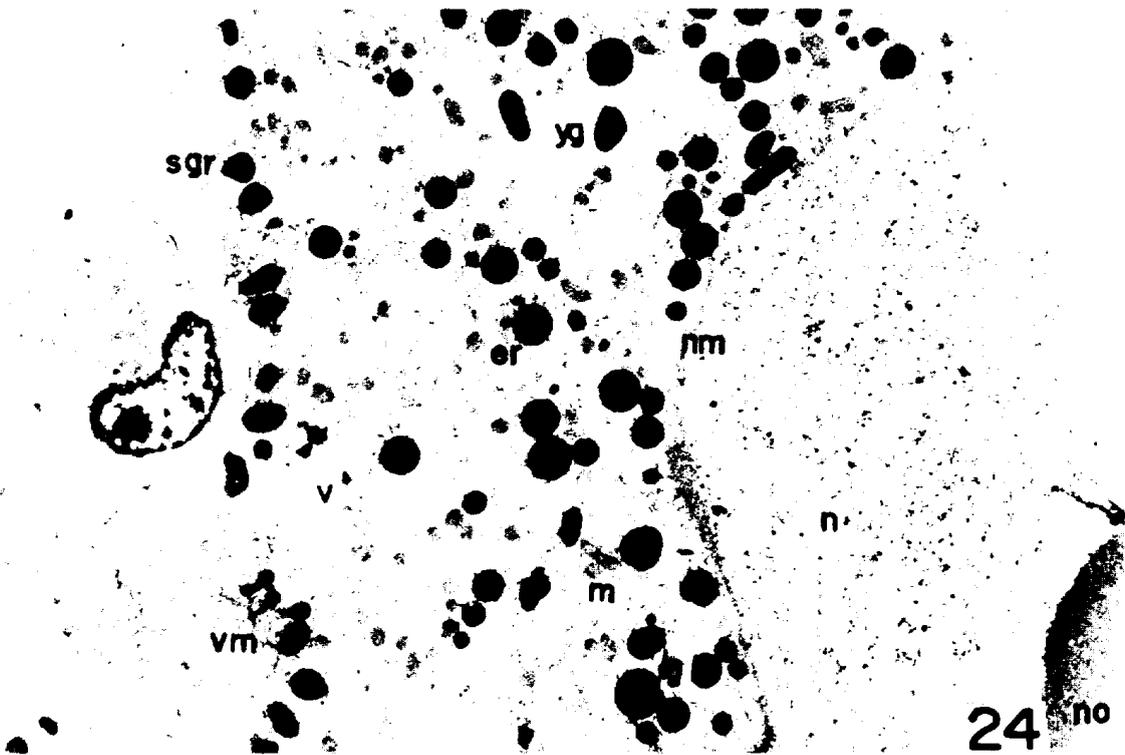
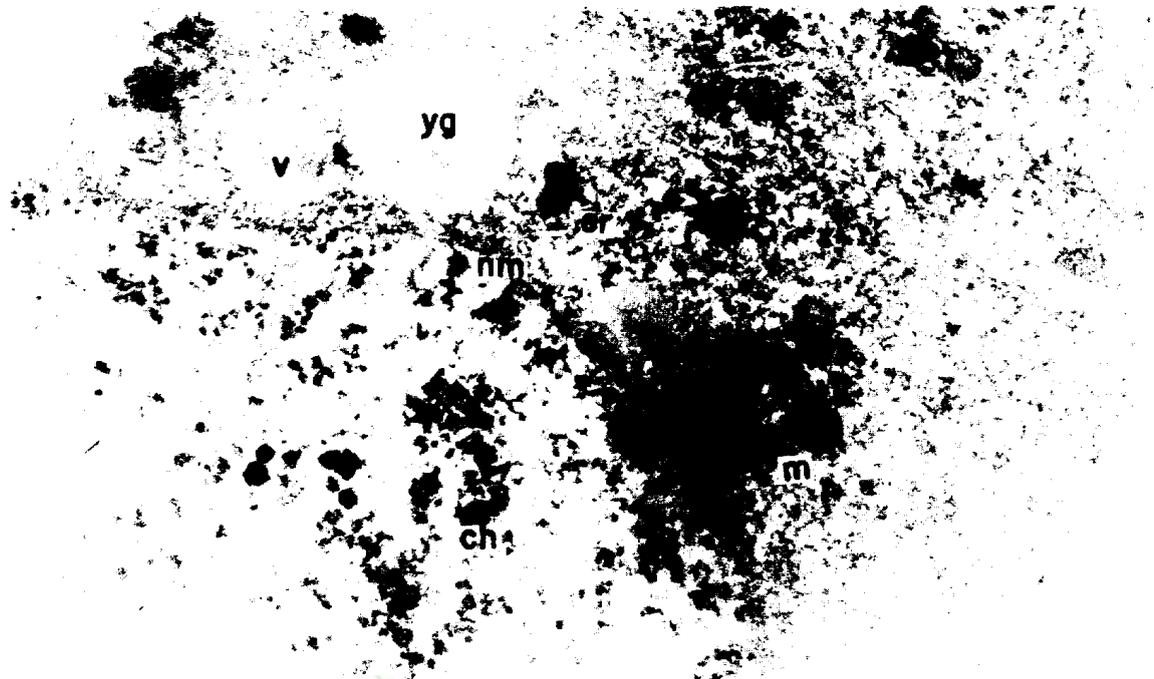


PLATE III





LATE VII

