

淡水産 징거미새우, *Macrobrachium nipponense* (De Haan)의 증·養殖에 關한 生物學的 基礎研究

1. 生殖生態에 關한 研究

權晉洙·李福奎

東義大學校 生物生産研究所

Studies on the Propagation of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) Reared in the Laboratory

1. Reproductive Ecology

Chin-Soo Kwon and Bok-Kyu Lee

The Institute for Biological Production Research
Dong Eui University, Pusan, Korea 614-714

ABSTRACT

This paper deals with the reproductive ecology *e.g.*, number of the pre-spawning moults, morphological characteristics of the pre-spawning moult the common moult, daily ration during a molting cycle mating behavior, structures of spermatozoa and spermatophore, structure of vas deferens, mechanisms of the oviposition and brooding into the egg-chambers, a suitable time for the artificial mating and fertilization, time sequence of the oviposition and brooding into egg-chambers from the copulation, responses to temperature and chlorinity on the egg development and hatching, effect of temperatures on duration of egg development, physical mechanism of the egg hatching, to make an attempt for the artificial spawning and brooding to establish a suitable system of the artificial seedling-production for the aquaculture.

1. Females molted commonly 8~10 times at an interval of 17~18 days at 28°C, 3.26~4.35% Cl. while the prespawning moltings were 4~5 times at an interval of 13~14 days. The suitable state for artificial copulation was within 14 hours elapsed from the prespawning moltings (most suitable state was within 8 hours). Males discharged a gelatinous spermatophore and placed it on the females sternum during copulation. Oviposition was seen 6~17 hours after copulation. External fertilization was considered to take place at oviposition. Fertilized eggs held in egg-chambers forming between pleopods were about 5000~6000 in females those sizes about 6.5 cm in body length.

2. Eggs immediately after oviposition were elliptic shape, measuring 0.58×0.48 mm up to hatching. Their sizes increased with egg development and finally reached 0.85×0.54 mm up to hatching. The relationship between the long axis of the egg(Y in μ) and days elapsed(X) was expressed as $Y=5.60194 + 0.007358X$. The eggs performed superficial cleavage and their cleavage furrows became visible at the 4-daughter-nucleus stage. The

eggs showed normal development up to hatching at water temperature range of 22~30°C (optimum temperature : 26~28°C) and at chlorinity range of 0.00~6.64‰ (optimum chlorinity : 2.21‰). The relationship between incubation period (Y in days) and water temperature(X in °C) could be expressed as $Y=50.803-1.3555X$. The eggs hatched 12~13 days after oviposition at 28.0~28.6°C.

3. The pre-spawning moltings were appreciably different in the morphologic structure from those of common moltings. Breeding setae and dresses were formed on the thoracic regions, abdominal epimerae and the bases of the first to fourth pleopods in order to prepare and support oviposition, transferring and supporting eggs in egg-chambers up to hatching. These supplementary breeding organs were observed only at reproductive seasons.

緒 言

本實驗의 對象種인 징거미새우 *Macrobrachium nipponense* (De Hann)은 우리나라, 日本, 中國大陸 및 臺灣을 區劃域으로 한 東北亞一帶에 棲息하는 淡水產새우중에서도 成體의 體長이 6~7 cm前後가 되는 中型種에 속하며 產業上으로도 有望視되고 있는 種類로서 우리나라에서는 낙동강, 섬진강, 영산강, 만경강, 한강 등의 河口근처에 棲息分布하고 있는 淡水性새우類중 代表的인 種이다.

本種에 對한 分類學的 및 生態學의 研究는 Icho(1914), Kubo(1937, 1940, 1949, 1950), Holthuis (1950) 및 Kamida(1961) 등의 報告가 있으며, 또한 初期幼生發生에 關한 Kwon and Uno(1969) 그리고 攝餌生態에 關한 Uno(1971) 등의 報告가 있고, 甲殼類中 十脚目의 游泳亞目에 속하는 새우類에 關한 生殖生態分野를 取扱·調査한 報告는 그 數量이 比較的 많은 편이나 그들의 大部分이 部分的 現象들을 斷片的으로 報告한 데 지나지 않으며 (Nath, 1937; Höglund, 1943; Burkenroad, 1947; 梶島, 1949; Forster, 1951; Rao, 1965; Little, 1968; Autheunisse, and van den Hoven 1968; Ling, 1966; Knowlton, and Williams; Kamiguchi, 1972a, b; Fielder and Eales, 1972; Ruello et al., 1973; Bauer, 1976; Kwon et al., 1972; Gleeson, 1977; Truesdale and Meymilliod, 1979; Koehler, 1979; Lee, 1980; Lynn, 1981; Kwon, 1981, 1982; Lee, and Fielder, 1982; Lynn, and Clark, Jr. 1983; Fisher and Clark, Jr., 1983; Berg and Sandifer, 1984; Kwon and Han, 1985; Ching and Velez Jr., 1985), 特히 游泳亞目(새우類)중에서도 Caridea類에 속하는 새우무리에 關한 報告는 흔하지가 않다

近年에 이르러 都市 및 工場폐수의 流入에 따른 河川水에 汚染으로 인한 本種의 棲息域 荒弊와 本種에 對한 人爲的인 種苗生産技術의 不進으로 因한 放流方案의 未備로 말미암아 天然에서의 資源量確保가 不可能함으로서 資源量의 減退現象이 顯著하게 나타나고 있다.

따라서 資源維持 및 그 確保를 위하여 本種에 關한 生物生態性 增大를 企圖함에 있어서 先決되어야 할 人工種苗生産의 技術的인 方案을 確立시키기 위한 一環의 研究로서 그 基本的인 調査段階가 되는 人爲的인 採卵을 効率的으로 遂行하기 위한 방안이 시급한 현실이다.

本實驗에서는 우리나라에 棲息하는 淡水產새우중 最大型인 징거미새우 *Macrobrachium nipponense* (Caridea, Palaemonidae)에 關한 綜合的인 生殖生態를 調査·究明하여 人爲的인 採卵을 보다 効率的으로 遂行하기 위하여 先決되어야 할 生物學的 基礎課題로서 雌性成體의 年間 脫皮回數 및 交尾前脫皮回數, 脫皮週期間에 따른 攝餌量의 測定, 交尾率을 增大시키기 위한 交尾適期の 判定, 雌性 및 雄性成體의 生殖孔位置, 交尾行動, 精包 및 精子의 構造와 크기, 雄性成體의 第2性徵인 第2游泳肢의 構造, 精巢중의 輸精管의 構造, 交尾後 排卵으로부터 抱卵終結까지에 所要되는 時間과 動作, 授精現象, 抱卵成體의 溫度 및 鹽度에 따른 好適한 孵化條件, 卵發生過程과 溫度에 따른 孵化速度, 孵化機構와 抱卵成體의 孵化補助動作, 雌性成體의 產卵期에 出現·形成되는 繁殖剛毛인 breeding setae와 breeding

dress에 관한 形態的인 考察 및 그 기능을 調査함과 아울러 孵化後 初期幼生의 生育脫皮에 따른 令期別의 形態的인 特徵과 成長을 調査究明하였다.

材料 및 方法

1. 成體의 飼育

本實驗에 使用한 징거미새우, *Macrobrachium nipponense* (De Haan)는 洛東江 河口域인 慶尙南道 院洞 앞강에서 採集하여 1986年 7月 부터 1990年 10月末까지 東義大學校 生物生産研究所의 飼育室에서 Fig. 1에 圖示한 바와 같이 標準海水(19.38% Cl.) 5%를 混合시킨 飼育水を 채운 높이 30 cm, 가로 45 cm, 세로 30 cm크기의 長方型 아크릴製 循環式濾過槽를 日照效果가 좋은 窓邊에 配列設置하고 各實驗槽內에 成體가 된 平均體長(眼柄基部에서 尾節末端的 길이) 雄 8.5cm, 雌 7.3 cm의 個體를 各各 1尾씩 隔離·收容시켜, 每日 1回씩 午後6時頃에 餌料로서 바지락 *Tapes philippiniana*의 肉片에 鷄卵殼의 細片을 少量添加하여 給與한 후 다음날 午前9時頃에 殘餘物 및 脫皮殼을 除去함으로써 飼育水의 汚濁을 抑制하였다.

飼育水의 換水는 每月1回씩 濾過砂와 함께 全量을 置換하였으며, 飼育槽에는 各各 個別로 thermostat와 heater를 設置한 후 水溫을 28℃로 固定維持시킨 후 每日2回씩, 午前9時와 午後6時頃에 測定하여 溫度를 調節하였다. 標準海水 5%를 混合한 飼育水의 最初鹽度를 維持시키기 위하여 最初水位를 表示한 후 溫度에 따른 水分蒸發로 인한 水位降下된 分量을 淡水로 每2日間隔으로 添加하여 飼育水의 鹽度變動을 抑制시킴과 동시에 實驗始作할 때의 飼育水와 鹽度와 換水時 및 實驗終了 때의 鹽度를 各各 鹽度測定器(TSI, Model No. 33型)로 計測함으로써 飼育水의 鹽度範圍를 設定하였다.

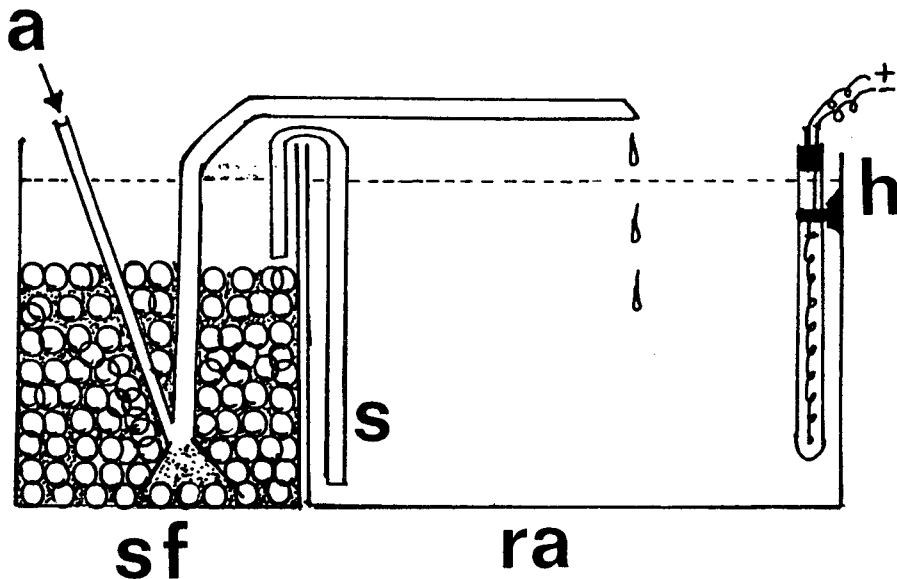


Fig. 1 Rearing aquarium of adult *Macrobrachium nipponense* a, Air ; sf, Sand filtering box ; s, Siphon ; h, Heater ; ra, Rearing aquarium.

2. 成體의 觀察가 測定

各實驗水槽內的 雌性成體에 對한 半年間脫皮回數는 脫皮殼으로써 確認하며 特히, 交尾前脫皮와 成長脫皮의 識別은 肉眼으로서 頭胸甲背面部의 觀察에 依하여 卵巢 成熟狀態를 感知한 후 交尾성 사여부와 脫皮殼에 出現·形成되는 繁殖剛毛의 有無를 確認함으로써 區分하였다. 交尾前脫皮를 한 個體는 別度隔離시켜 飼育하는 雄性成體槽에 옮겨 交尾·抱卵토록 하였고, 아울러 諸般 交尾行動과 脫皮 후 經過된 時間差別의 交尾성사에 따른 交尾適期の 調査·判定 및 排卵開始時로부터 抱卵終結까지에 所要되는 時間의 測定과 그 間의 諸般動作의 機構를 觀察하였다.

產卵期에 雌性成體의 游泳肢基部, 生殖孔周緣 및 3, 4와 5步脚의 基부와 腹節側板間部에 形成되는 繁殖剛毛인 breeding setae와 breeding dress의 觀察은 抱卵·孵化 후의 脫皮殼을 사용하였고, 雄性 및 雌性成體의 生殖孔의 位置, 雌性成體의 腹構에 癒着된 精苞 Spermatophore 및 各 游泳肢의 觀察은 그들을 摘出하여 立體顯微鏡(Nikon, SMZ-10型)下에서 camera-lucida 및 micro-meter를 通하여 觀察하였다.

雄性成體의 精巢 中 輸精管의 觀察은 頭胸甲部의 背面을 切開한 후 摘出하여 立體顯微鏡下에서 camera-lucida를 通하여 寫生함과 동시에 micrometer로서 크기를 測定하였고, 精子의 觀察은 雌性成體의 頭胸甲部 腹溝에 癒着되어 있는 精苞를 排卵開始直後에 摘出하여 立體顯微鏡下에서 精苞 外被를 解剖針으로 破裂·解體시킨 후 光學顯微鏡(Nikon, SC型)下에서 camera-lucida를 通하여 寫生하고 micro-meter를 通하여 寫生하고 micro-meter로서 크기를 測定하였다.

水溫 25.2°C~26.0°C, 鹽度 3.25~4.26‰. Cl. 飼育條件下에서 脫皮周期동안의 雌性成體에 對한 日間攝取量의 測定·調査는 各 個體의 體重에 對한 15% 重量의 바지락 肉味를 午後6時頃에 給與한 후 다음날 午前9時頃까지 먹고 남은 殘量을 計測하여 日間攝取量을 算出하였고, 特히 投與한 飼料 自體가 吸收한 水分量을 控除하기 위하여 別度로 給與時의 먹이와 같은 量의 control試料를 同一水槽內에 投入하여 이들의 吸收한 水分量에 依한 增加된 重量을 控除함으로써 投與먹이量에 對한 純攝取量을 算出하였다.

卵의 發生過程을 調査하기 위하여 水溫 25.2°C~26.5°C를 維持시키고 標準海水(19.38‰ Cl.) 5%를 混合시킨 飼育水에 交尾를 마친 雌性成體를 옮긴 후 排卵 및 抱卵되는 卵粒을 摘出하여 顯微鏡下에서 camera-lucida를 通하여 發生過程을 寫生함과 동시에 micro-meter로서 卵徑을 測定하였다.

抱卵成體의 孵化에 따른 飼育水의 好適鹽度 및 抱卵室에서의 脫落臨界鹽度を 調査하기 위하여 抱卵直後의 聖體를 飼育水의 水溫을 28°C로 維持시키고 淡水, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% 및 50% 海水를 混合한 鹽度別 6區로 나눈 實驗槽에 抱卵成體를 各各 1尾씩 옮긴 후 卵發生進行狀態와 脫落여부를 觀察調査하였다.

抱卵成體의 水溫에 따른 孵化速度 및 孵化에 따른 好適水溫과 抱卵室에서의 脫落臨界溫度를 調査하기 위하여 抱卵直後의 成體를 飼育水의 鹽度を 標準海水 5% 混合 상태로 維持시키며 水溫 22°C, 24°C, 26°C, 28°C, 30°C 및 32°C로 나눈 6區實驗槽에 各各 1尾씩 옮긴 후 卵發生進行狀態 및 孵化速度와 卵脫落여부를 觀察·調査하였다.

3. 初期幼生の 飼育

水溫28°C를 維持시킨 5% 海水가 混合된 飼育槽에서 1尾의 成體로 부터 孵化된 幼生을 Fig. 2에서 圖示한 바 같이 標準海水(19.38‰ Cl.) 30%를 混合시킨 飼育水를 채우고 thermostat와 heater를 設置하여 28°C가 維持되게 調節한 높이 30 cm, 가로 78 cm, 세로 30 cm크기의 長方型 아크릴製

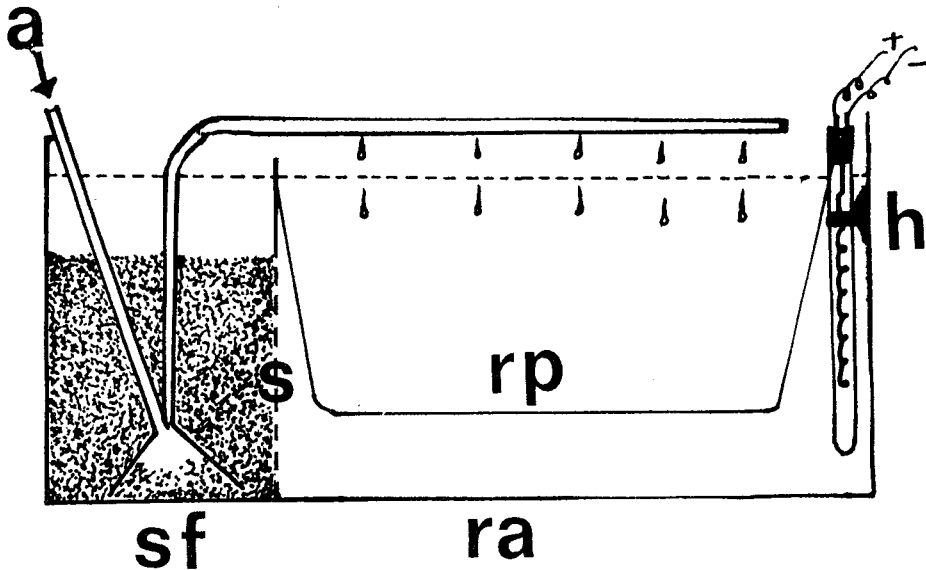


Fig. 2 Rearing aquarium of zoea larvae *Macrobrachium nipponense* a, Air ; sf, Sand filtering box ; s, Siphon ; h, Heater ; ra, Rearing aquarium ; rp, Rearing pouch.

循環式濾過水槽內에서 網目の 크기가 200 μ 인 bolting-silk로 된 2 ℓ 容積의 飼育주머니를 各各 3個씩 設置하여 各 飼育주머니안에 幼生을 200尾씩 收容시켜 1日 數回씩 孵化直後の Mexico產 *Artemia nauplius*를 充分히 給與시키며 飼育하고, 또한 各 飼育주머니속의 幼生을 每日 5尾씩 飼育槽와 같은 生育條件을 維持시킨 300ml 容積인 10個씩의 bowl-finger속에 各各 옮겨 每日 2回씩 換水하면서 幼生의 脫皮殼을 認識한 후 形態의 特徵에 따라 各 令期 및 脫皮間隔期間을 調査한 뒤에 5% urethane용액으로서 各 令期別의 幼生을 마취시켜 光學顯微鏡下에서 頭胸甲長과 體長을 micro-meter를 通하여 測定하고 아울러 立體顯微鏡下에 옮겨 解剖針으로서 各附屬肢를 確認한 후 光學顯微鏡下로 옮겨서 camera-lucida를 通하여 寫生하며 micro-meter로서 크기를 測定하였다. 飼育期間동안 溫度에 따른 水分蒸發로서 惹起되는 飼育水의 鹽度變動을 抑制하기 爲하여 飼育水槽內에 最初의 水位를 表示한 후 2日間隔으로 降下된 水位를 標準海水의 5% 混合水를 添加補充하였고 飼育開始때의 飼育水의 鹽度和 實驗終時의 鹽度を 各各 鹽度測定器(YSI. Modal No. 33型)로서 計測함으로써 飼育水의 鹽度범위를 設定하였다. 또한 飼育水에 對한 pH值의 變動을 調査하기 爲하여 3日間隔으로 pH測定器(Digital, pH Model 611)로서 飼育水를 計測하였다.

4. 卵徑 및 幼生의 測定方法

卵徑과 各 令期別幼生의 頭胸甲長 및 體長의 計測은 顯微鏡下에서 micro-meter를 通하여 卵粒은 各各 30個, 幼生은 令期別로 各各 10~30尾를 選定하여 小수점 세자리 까지 mm의 값으로 測定하며 四捨五入하여 小수점 두자리 까지 mm值로 表示하였고, 特히 令期別幼生의 頭胸甲長은 眼柄의 基部에서 頭胸甲 後緣末端까지의 길이, 또한 體長은 眼柄의 基部로부터 尾節末端까지의 길이로 測定·表示하였다.

受精現象의 組織學的인 調査를 爲하여 抱卵直後の 卵塊를 抱卵室에서 摘出하여 bouin液으로 固

定시킨 후 paraffin 切片法에 의하여 5 μ 의 두께로 切斷하여 haematoxylin과 eosin으로 染色시켜 觀察하였다.

結 果

1. 雌性成體의 脫皮

1) 脫 皮

징거미새우, *Macrobrachium nipponense*의 脫皮는 다른 새우類와 마찬가지로 成長을 反復함에 따라 行하는 成長脫皮 (Common moult)와 産卵을 위하여 交尾直後에 行하는 交尾前脫皮 (Pre-spawning moult)로 大別하게 되나, 이외에도 孵化終了後에 行하는 것과 몸의 損傷을 回復하기 위하여 不定期的으로 行하는 脫皮 및 老化된 成體가 거의 成長을 同伴하지 않고 行하는 脫皮등이 있다.

一般的으로 脫皮의 期日이 가까워짐에 따라 平素에 淡綠褐色을 띠고 있는 體色이 漸次로 淡赤褐色으로 變하면서 脫皮 3~4日前부터는 Fig. 3에서 圖示한 것처럼 額角의 背側上緣部에 色素가 脫色된 淡褐白色의 色帶가 나타남이 肉眼으로 觀察된다. 또한 이 期間中에 雌性成體는 腹甲部의 屈曲動作을 間歇적으로 行하면서 第1步脚의 鉞指로서 額角, 第1~2觸角의 周緣部 및 關節部, 腹甲側板의 周緣部, 尾扇 및 游泳肢 등과 같은 遊離器官의 周緣部를 連續적으로 擠는 動作을 反復하고 있음을 볼 수가 있으며, 脫皮 2~3日前에 達하면 Fig. 4에서 圖示된 것 처럼 各遊離器官의 皮殼아래서 新生殼이 形成됨으로서 新·舊殼사이에 離層이 形成되고 그 사이로 새로운 新生附屬器官이 生成되어 있음을 顯微鏡下에서 觀察할 수가 있다.

한편, 脫皮는 成體가 腹部節의 屈曲動作을 反復함에 따라 우선 頭胸甲殼을 連結하는 透明한 얇은 間殼의 融合部에 破裂이 일어나게 되고 그때 成體는 左右兩側의 第1 및 第2步脚으로서 額角基部의 背面을 把握하여 舊頭胸甲角을 아래쪽으로 끌어 벗겨 내림과 동시에 Fig. 5에서 圖示된 것처럼 頭胸甲部를 뒷편으로 바로 새우는 動作을 取함으로서 우선 頭胸甲을 脫殼하고 뒤따라 腹部節을 內側으로

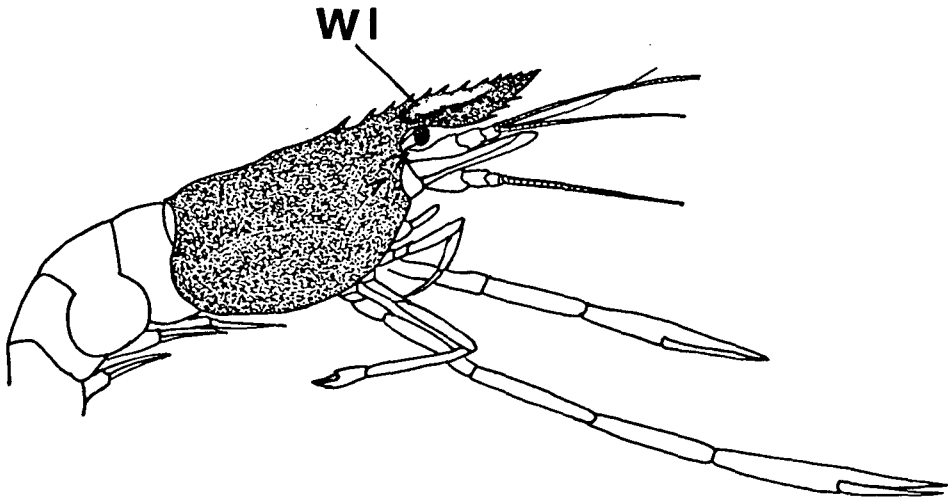


Fig. 3 Showing of white belt appeared at the dorsal margin of the rostrum in *Macrobrachium nipponense*(De Haan) during molt approached. W1, white belt.

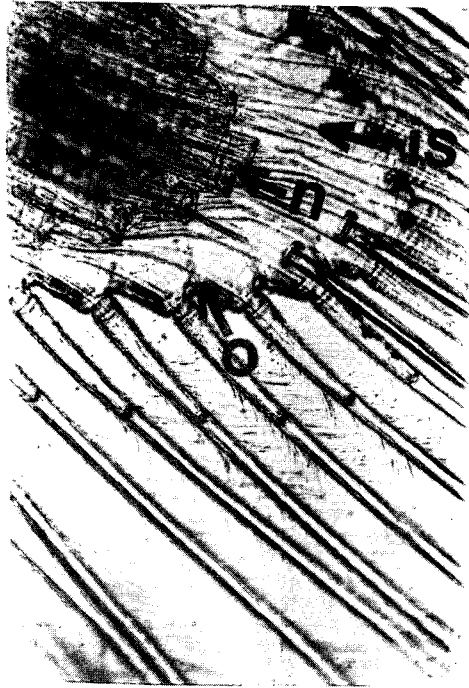


Fig. 4 Showing on the posterior margin of pleopod in the premolting period n, New cuticle : o
Old cuticle : is, Inter-space between old shell and new shell.

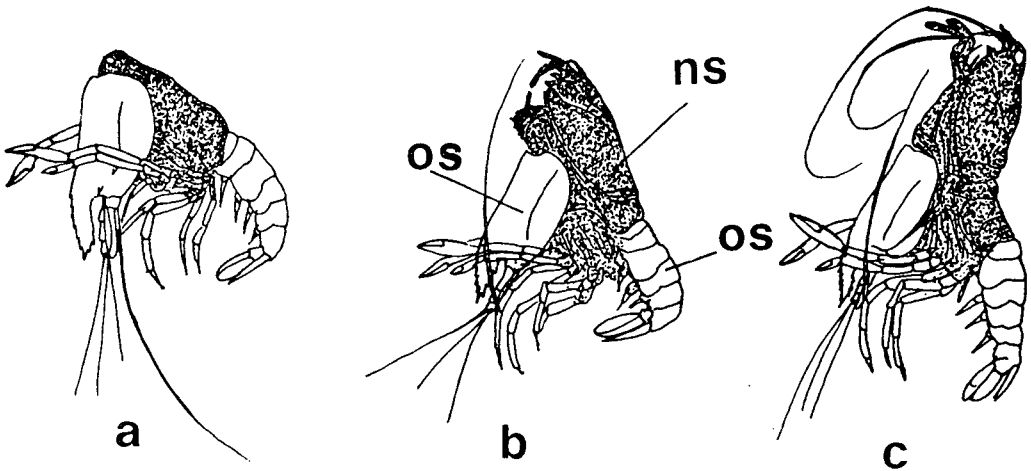


Fig. 5 Molting behavior and its process of *Macrobrachium nipponense*(De Hann). os, Old shell ; ns, New shell.

屈曲시킨 상태에서 尾節部를 外側으로 急激하게 跳撥케 함으로서 일어나는 反動에 依하여 舊腹甲殼과 脫殼중에 아직 덜 벗겨진 頭胸甲部의 附屬肢部位를 한꺼번에 말끔히 벗게 된다. 이같은 脫殼動作은 正常狀態下에서는 4~5秒 以內에 일어나는 瞬發의인 動作임을 觀察할 수가 있다.

또한, 脫皮直後の 新生外殼은 매우 柔軟한 狀態이며 더우기 脫皮前期에 일어나는 脫水現象에 依하여 體表는 쭈그러져서 거의 움직이지 않고 一定한 場所에서 橫臥姿勢를 取하여 靜止狀態로 있다가 그후 時間이 經過함에 따라 體表는 徐徐히 水分을 吸收하여 正常的인 元來의 體形으로 되돌아 오게 되고 이같은 狀態까지에는 10分餘의 時間이 所要된다.

한편, 脫皮후 1~2時間이 經過하면 靜止狀態에서 움직이기 始作하여 脫皮후 8時間前後가 되면 新生外殼은 不完全하지만 相當히 硬化되고 脫皮前의 狀態로 完全回復되기 까지는 脫皮후 一晝夜의 時間이 所要된다.

2) 六個月間의 飼育에 따른 脫皮回數 및 抱卵回數

成熟한 雌性成體의 6個月間의 飼育에 따른 脫皮回數는 Table 1, 2, 3에서 表示한 바 처럼 水溫 28.2℃~28.8℃, 28.0℃~28.8℃ 및 25.6℃~26.8℃을 鹽度 3.38~4.28‰ Cl. 條件下에서 바지락 肉片을 投與하며 飼育한 경우에 성장 탈피는 16~20日間隔으로 행하여 지는데 比하여 교미전 탈피는 13~15日間隔으로 행하게 됨으로서 6個月間 飼育에 다른 總脫皮回數는 個體에 따라 多少間의 差異는 있으나 大體로 8~10回의 脫皮를 행하고 그 중에서도 교미전 탈피 回數는 4~5회가 된다. 한편, 脫皮間隔日數는 위에서 表示한 바 처럼 飼育個體의 成長段階, 性別 및 飼育水溫에 따라 差異를 나타내며 大體로 어린 成長段階의 脫皮間隔은 成體에 比하여 짧고, 또한 雄性成體에 比하여 雌性成體의 脫皮間隔은 훨씬 길다. 또한, 成熟한 雌性成體의 飼育水溫 25.6℃~28.8℃ 範圍下에서 성장 탈피에 對한 脫皮間隔日數는 水溫에 따라 多少間의 差異를 나타내나 大體로 水溫 25.6℃~26.8℃ 範圍에서는 그 平均値가 18日~20日, 水溫 28.2℃~28.8℃ 範圍에서는 16日~18日인데 比하여 교미전 탈피의 間隔日數는 水溫 25.6℃~26.8℃範圍에서의 平均値는 15日, 水溫 28.2℃~28.8℃ 範圍에서는 平均値는 13日을 나타낸다.

한편, 抱卵回數는 大體로 교미전 탈피 回數와 一致함으로 飼育條件만 調節·維持할 경우에는 年中 抱卵이 可能하며 Table 1에서 表示한 바 처럼 孵化後 繼續의인 교미전 탈피를 행함으로서 連續的인 抱卵을 3回以上하는 경우도 觀察할 수 있다.

Table 1. Frequency of the moults and broodings in adult females *Macrobrachium nipponense*(De Haan) during a 6-months rearing at 28.0~28.8℃ and 3.38~4.26‰ in chlorinity. ▼ and △ represent pre-spawning moult and common moult, respectively. J.~D. represent January~December, respectively.

Individual No.	No. of moltings during 6-months rearing	Moult Period					
		J.	A.	S.	O.	N.	D.
Experiment period : (July, 1988~December, 1988)							
1.	9	△ ▼	△ ▼ △	▼ △ ▼	▼	△ ▼	▼
2.	9	▼ ▼ ▼	△ ▼ △	▼ △ ▼	△ ▼	△	△
3.	8	▼	△ ▼ △	▼	▼ ▼ △ ▼		
4.	10	▼ △ ▼ △ ▼	△ ▼ △	△ ▼ △	△ ▼ △	△ ▼ △	△ ▼ △
5.	9	▼ ▼ △	▼ △ ▼	▼ △ ▼	▼	△ ▼	△

Table 2. Intermoult periods in the adult and juvenile *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory at 25.6~26.8°C and 3.28~4.18‰ in chlorinity

Carapace length(mm)	Intermoult period(days)		No. of specimens
	Mean	sd.	
Male			
10~12	14.7	2.5	5
12~14	15.8	3.5	5
14~16	16.0	3.8	6
18~22*	18.4	4.5	12
24~26*	27.5	5.1	15
27~28*	33.7	3.6	10
Female(common moult)			
7~9	12.6	5.5	15
10~12	14.2	4.5	10
12~14	15.5	2.2	10
14~16*	18.8	2.7	8
18~20*	20.2	2.5	8
Female(prespawning moult)			
14~16*	15.8	1.8	5
18~20*	15.4	2.5	7

* marks represent the mature adults.

Table 3. Intermoult periods in the adult and juvenile *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory at 28.2~28.8°C and 3.26~4.35‰ in chlorinity

Carapace length(mm)	Intermoult period(days)		No. of specimens
	Mean	sd.	
Male			
10~12	13.5	3.5	8
12~14	16.5	6.5	6
15~17	15.8	3.2	6
18~20	20.5	6.2	5
21~23*	31.5	3.8	7
24~26*	35.8	5.2	5
Female(common moult)			
7~9	10.6	6.8	15
10~13	12.5	5.2	12
14~16*	17.2	4.5	7
18~20*	16.8	5.6	8
22~24*	18.28	3.8	6
Female(prespawning moult)			
14~16*	13.2	3.5	7
18~20*	13.5	4.6	8
22~24*	13.8	3.2	6

* marks represent the mature adults.

3) 交尾前脫皮的 形態的인 特徵

交尾前脫皮는 交尾 · 産卵을 하기 위하여 先行되는 脫皮로서 一般的인 成長脫皮와는 判異하게 相異한 形態的인 差異點을 갖는다. 한편, 交尾는 脫皮後 新生外骨骼이 아직 柔軟한 狀態下에서 行하게 되며, 이때 雌性成體는 Fig. 6-a, b에서 圖示한 바 처럼 生殖孔에서 排出되는 卵粒을 抱卵室로 誘導 · 蓄積케 하여 抱卵室內에서 孵化가 終了될때 까지 卵粒의 脫落 · 逸失됨을 防止하기 위하여 雌性生殖孔의 周緣部와 第4 및 第5步脚의 基部 및 頭胸甲의 腹側後緣部에 一種의 繁殖剛毛인 breeding setae가 形成되며 또한 第1, 2, 3 및 第4腹節의 側腹節間周緣部에도 纖毛狀의 breeding dress가 形成됨과 아울러 Fig. 7에서 圖示한 바 처럼 第1, 2, 3 및 第4游泳肢의 基部에도 繁殖剛毛인 breeding setae 形成되어 있음을 觀察할 수가 있다.

한편, 肉眼로 觀察할 境遇에 一般的인 成長脫皮로 부터 交尾前脫皮를 識別하는 方法으로서 頭胸甲의 背部를 通하여 卵巢의 成熟發達된 狀態가 泡沫狀으로 觀察됨으로서 容易하게 判斷할 수가 있다.

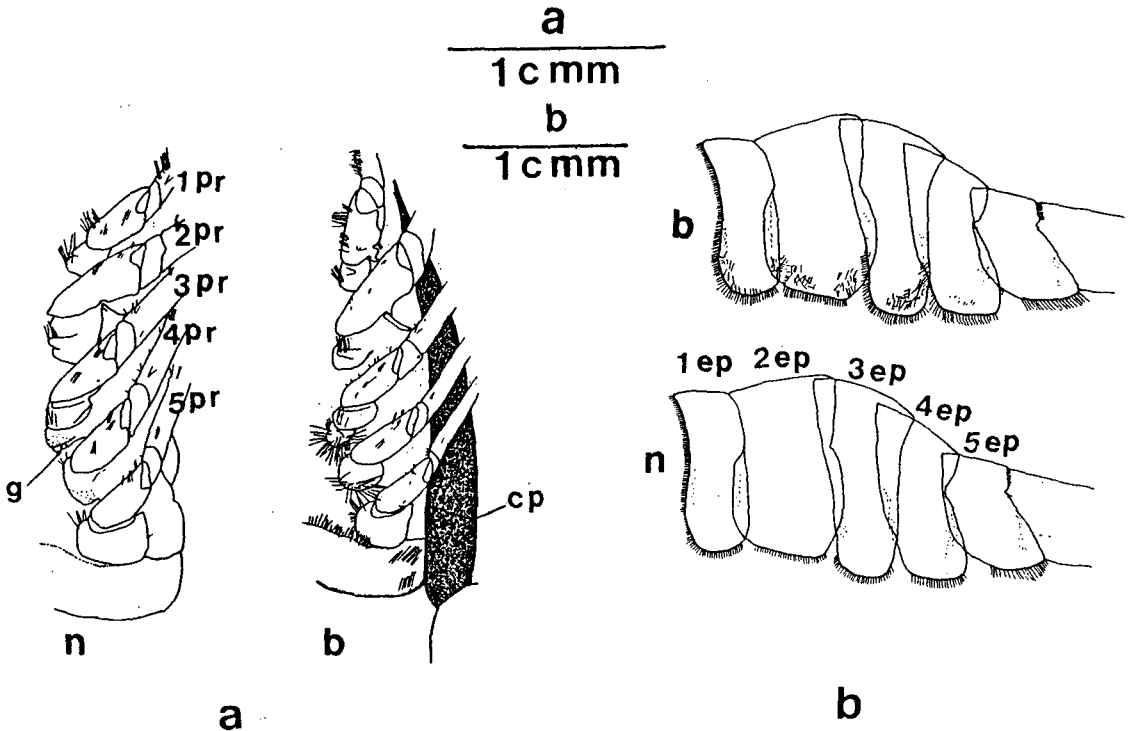


Fig. 6 A comparison of the breeding dress on the thoracic region(a) and abdominal epimera(b) of female *Macrobrachium nipponense*(De Haan). b, Ovigerous female ; n, Common female ; 1-5ep, 1-5 Abdominal epimera ; 1-5pr, 1-5 Pereiopod ; g, Genital pore ; cp, Carapace.

4) 脫皮週期에 따른 日間攝餌量의 變化

成長脫皮나 交尾前脫皮를 莫論하고 個體의 크기別, 個體間的 差異 및 飼育環境條件에 따라 脫皮週期間에 있어서의 日間攝餌量에는 相當한 差異點을 觀察할 수가 있으나, 大體로 脫皮日이 接近됨에

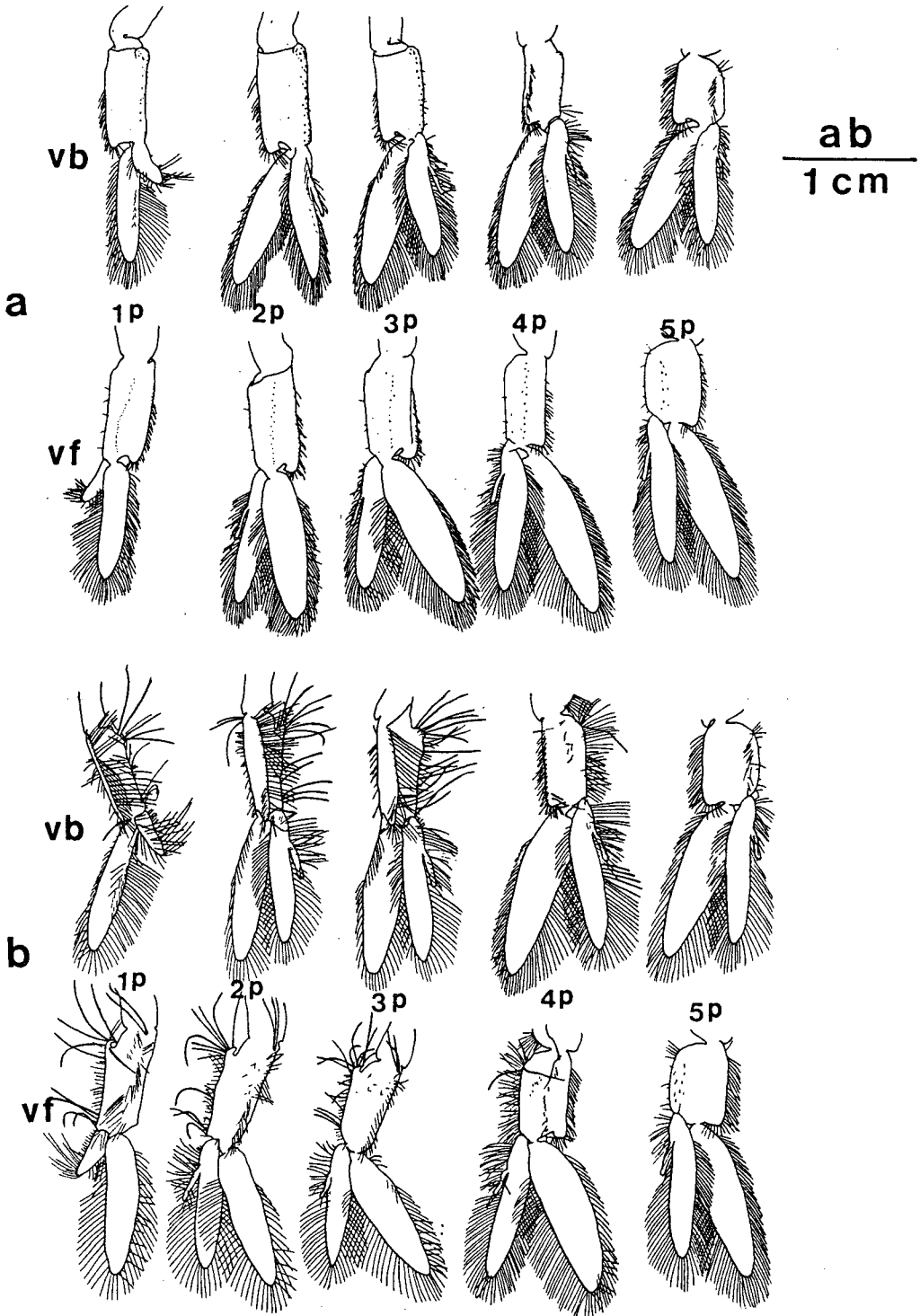


Fig. 7 A comparison of the breeding setae on the bases of pleopods in common female(a) and ovigerous female(b) on *Macrobrachium nipponense*(De Haan). 1p-5p, 1-5 pleopods ; vb, View from behind ; vf, View from front.

따라 日間攝餌量은 減少되는 傾向을 보이다가 脫皮前日에는 顯著하게 急減되는 現象을 나타내다가 脫皮當日에는 거의 切食狀態로 되며, 또한 脫皮翌日부터는 再次 攝餌活動이 旺盛하게 나타난다. 한편, Fig. 8에서 圖示한 바 처럼 體長 7.2 cm (體重 8.15 g)인 雌性成體에 對한 脫皮週期間의 日間攝餌량을 測定해 보면 水溫 25.2°C~26.0°C條件下에서 飼育한 境遇에 있어서 交尾前脫皮의 週期는 12~16日 間隔을 보이며, 이 週期 동안의 日間攝餌量은 大體로 0.6~0.8 g로 나타나는 것이 脫皮 1日前은 0.1~0.2 g로 急減하였다가 脫皮當日에는 切食狀態가 됨을 알 수가 있다. 이와 같은 日間攝餌量의 變化現象을 觀察함으로써 間接적으로 脫皮日을 豫測할 수 있는 方法으로도 삼을 수가 있다.

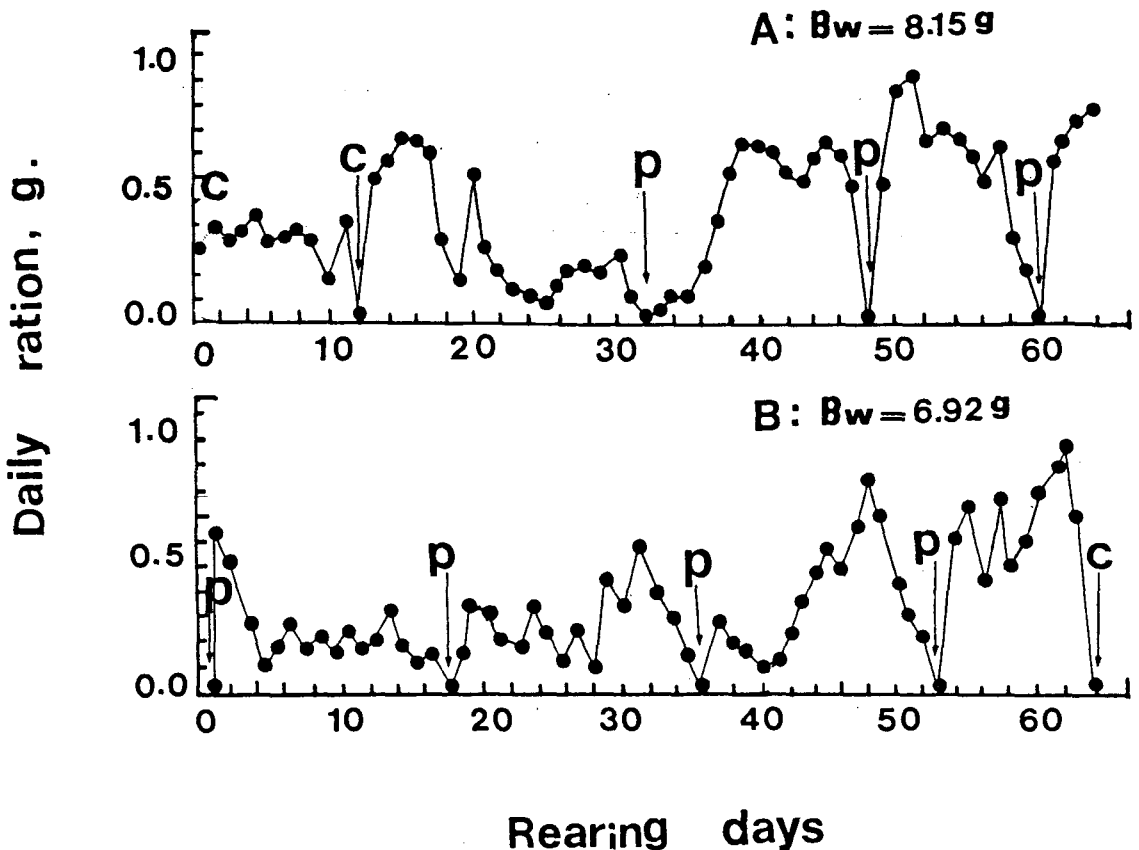


Fig. 8 Daily feeding amount during a molting period cycle in the adult female *Macrobrachium nipponense*(De Haan) at 25.2~26.0°C. c, Common molt ; p, Prespawning molt ; Bw, Body weight.

2. 交尾生態

1) 交尾行動

卵巢가 잘 成熟된 雌性成體는 交尾前脫皮를 행한 후 아직 新生外骨骼이 柔軟한 狀態로 있는 동안에

雌性成體에게로 移轉·接遇시키면 雄性成體는 곧 交尾前戲行動을 取하며 Table 4에서 表示한 바 처럼 約 5分前後로 하여 모든 交尾行動을 終了한다. 한편 雌性成體의 交尾前脫皮로 부터 經過된 時間에 따른 交尾成事의 成功率은 調査한 바에 의하면 Table 5에서 表示한 바 처럼 그 成功率은 脫皮로 부터 經過된 時間에 따라 相異함을 나타내며 大體로 交尾前脫皮의 終了 후 14時間以內에는 交尾成功率이 50%以上이 되나 그 보다 時間이 超過된 雌性成體를 雄性成體에게로 移動시키면 脫皮後 經過時間이 길어 질수록 交尾成功率은 낮아지는 傾向이 顯著하게 나타난다. 한편, 脫皮 후 經過된 時間에 따른 交尾成功率에 對한 好適한 條件은 脫皮 후 8時間以內에 있는 雌性成體를 雄性聖體에게로 移動·接遇시키는 것이 交尾의 成功率이 가장 良好한 反面에 脫皮 후 17時間을 超過한 境遇에는 거의 交尾成功率은 全無함을 나타낸다.

Table 4. Time sequence on the mating behavior of *Macrobrachium nipponense*

Item	Elapsed hours
Courting displaying	About 3 minutes
Mountaining and seizure of female by male	1-2 minutes
Final copulation acting	1-2 sec.

Table 5. Time Sequence on the occurrence of the copulation and brooding within the elapsed hours from prespawning moults of *Macrobrachium nipponense* in the laboratory at 28.2~28.8°C and 3.35~4.28‰ in chlorinity.

The elapsed hours from prespawning moults	No. of the copulated individuals/No. of specimens	No. of the berried individuals/No. of the copulated individuals
1 hour	3/3	3
2 hours	4/4	4
3~4	15/16	15
5~8	5/6	5
10~14	4/7	3
15~16	2/5	1
17~19	0/5	0
20~21	0/5	0

脫皮後 雌性成體와 接遇한 雄性成體의 交尾前戲行動 Fig. 9에서 圖示한 바 처럼 雄性成體는 巨大한 第2步脚을 前方으로 뻗으며 威勢를 부리듯 胸甲部를 높이는 姿勢를 取하면서 胴體를 左右로 移動시켜가며 雌性成體에게로 接近을 試圖하게 된다. 이때 間歇의으로 第2步脚을 前方과 後方으로 오무려 뻗는 連續動作으로서 雌性成體를 威脅하게 된다. 한편 雌性聖體에게로 接近한 雄性成體는 第2步脚의 鉤指로서 相對方을 잡는 듯이 威脅하면서 펼쳐 뻗은 左右 兩쪽의 第1步脚 사이로 雌性成體를 안아서 끌어 들이는 動作을 하게 된다. 이때 交尾할 意思를 가진 雌性成體의 境遇는 雄性成體의 接近에도 逃避하지 않고 姿勢를 낮추어 匍伏한 狀態로 잠시 靜止한채 雄性成體의 接近을 받아들이다가 또는 雌性成體 스스로 雄性成體의 左右兩側步脚사이로 기어 들어가서 긴 觸角을 서로 맞대어 마치 交尾 意思를 打診이나 하는듯 잠시동안 動作을 멈추고 있다가 雌性成體는 姿勢를 바꾸어 尾節部로 부터 雄性成體의 胸腹部 아래로 向하여 기어 들어간다.

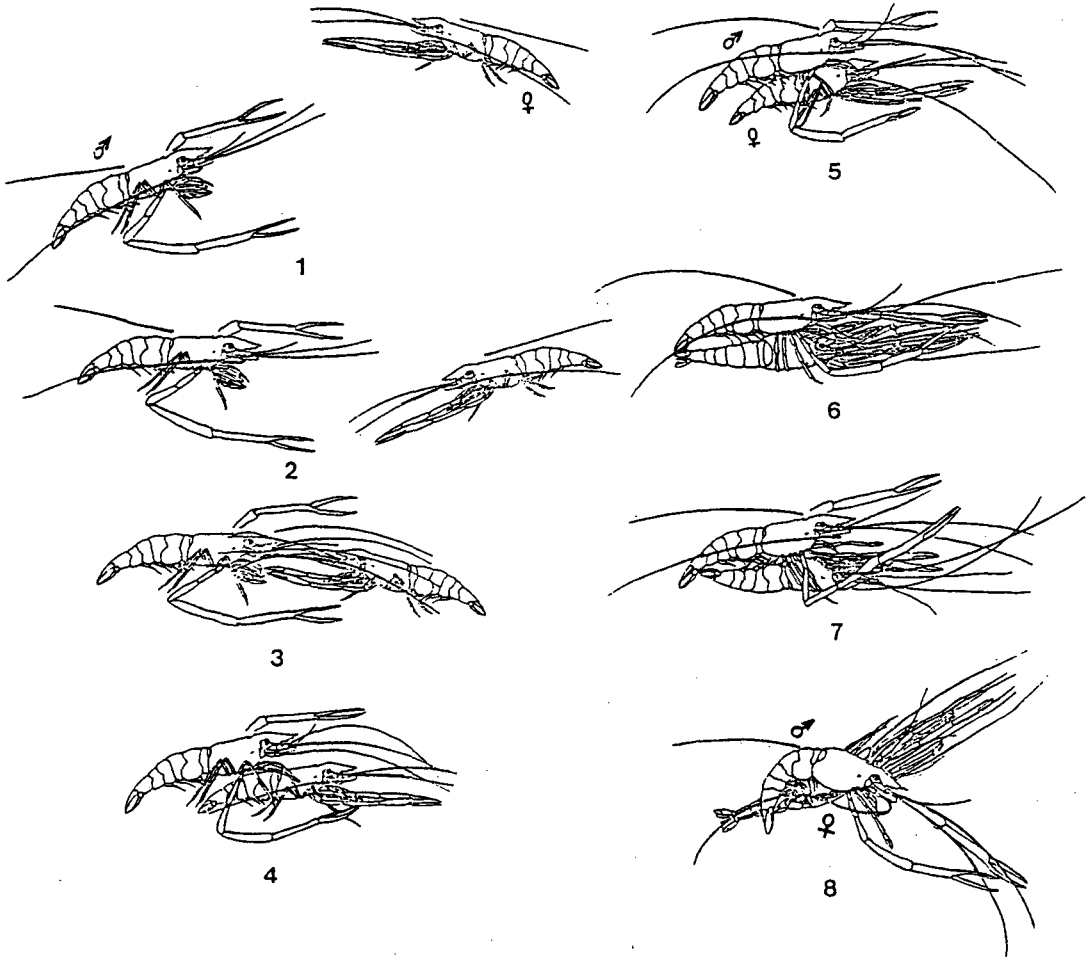


Fig. 9 Mating behavior of *Macrobrachium nipponense*. 1-2, Courting gesture ; 3, Contact ; 4, Seizure of female by male ; 5, Mounting ; 6-7, Turning of female ; 8, Copulation.

또한境遇에 따라서는 雄性成體의 交尾前戲行動에 겁을 내어 逃亡하는 雌性成體를 游泳 · 追跡하면서 巨大한 第2步脚의 鈹指로서 잡아잡아 胸腹下部로 옮기며 또 다른 步脚으로는 背面으로부터 雌새우를 把握하여 逃亡하지 못하도록 하는 行動도 觀察할 수가 있다.

雌性成體의 胸腹部 밑으로 기어들어간 雌性成體는 雄性成體의 第1, 3, 4 및 5步脚으로써 背面으로부터 抱擁하고 各步脚을 움직이며 雌性成體의 體位를 自由自在로 調節하는 한편, 第3步脚의 指節로서 雌性成體의 第3步脚의 基節內側에 開口하고 있는 雌性成體 生殖孔을 더듬으며 그 位置를 確認함과 同時에 그 周邊部를 긋는 動作을 한다. 더우기, 이같은 動作은 雌 · 雄性成體가 서로 交接할 때 雄性成體의 第5步脚 基節內側에 開口하고 있는 雄性生殖孔에서 排出하는 白色半透明의 gelatin狀 物質로 된 복숭아 모양의 精苞가 Fig. 10에서 圖示한 바 처럼 雌性成體의 第2, 3, 및 4步脚의 腹溝에 잘 癒着되도록 하기 위한 動作으로 여겨진다. 한편 雌性生殖孔의 周邊部를 긋는 動作이 마치면 雄性成體는 雌性成體의 體位를 바꾸어 胸腹甲部의 腹面이 서로 맞대이도록 調節 · 移行시켜 交接하기

쉬운 姿勢를 만든다. 이때 雄性成體는 自身の 體位를 多少 變動시켜 雌性成體의 胸甲部 腹面이 自身の 胸甲部 腹面과 겹쳐지게 體位를 바꾸어 腹節部를 鈎形으로 屈曲시켜 몸을 激烈히 震動시켜가며 交接을 하게되고, 이때의 屈曲·震動作動에 依하여 雄性成體의 生殖孔에게 精苞가 排出·遊離되는 듯 하다. 또한, 交尾行動 中에 雌性成體가 一貫하여 全步脚을 前方으로 뺀 姿勢를 취하는 것은 雄性成體에 依하여 交尾體位가 調節되는 동안에 姿勢변동에 따른 體表의 抵抗을 最小限으로 줄이게 하는 듯하다. 한편, 交接時에 있어서 雄性成體 交接姿勢를 觀察하면 우선 左右 兩側의 第2游泳肢를 Fig. 11에서 圖示한 바 처럼 雌性成體의 胸甲腹面 後端部에 附着시켜 세우고, 그 先端部가 外側으로 折曲된 狀態에서

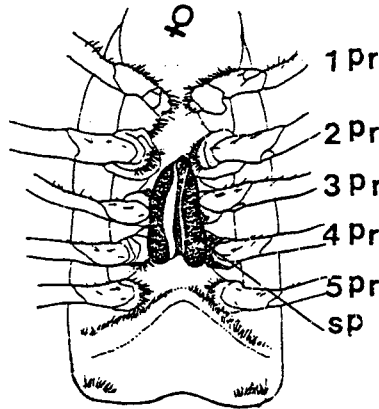


Fig. 10 Ventral view on the thoracic sternum of the female *Macrobrachium nipponense*(De Haan).
1-5 pr, 1-5 pereopod ; sp, Adhered spermatophore.

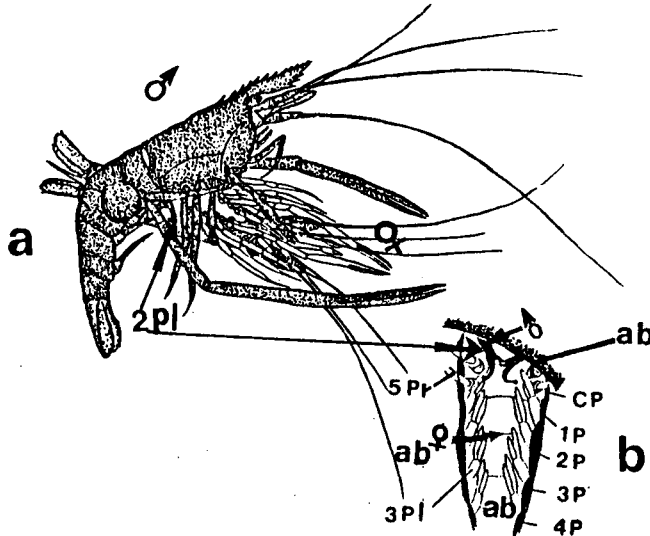


Fig. 11 Mating posture of the male fixed with the second pleopods on the posterior portion of the thoracic sternum in female *Macrobrachium nipponense* during transference of spermatophore. a, Mating posture of the male ; b, Enlargement of fixing with the second pleopods on the posterior of female's thoracic sternum ; 3pl, 3rd pleopod ; ab, Abdominal portion ; cp, Carapace of female ; 5pr, 5th pereopod of female ; 1-4p, 1-4 abdominal epimera.

體位를 固定시킨다. 이때 固定된 兩側의 第2游泳肢는 Fig. 12-d, e에서 圖示한 바 처럼 各內肢에 附屬된 雄性的 第2性徵인 雄性突起(*appendix internae*)의 末端部에 形成되어 있는 鈎毛(*cincinulli*)가 相互

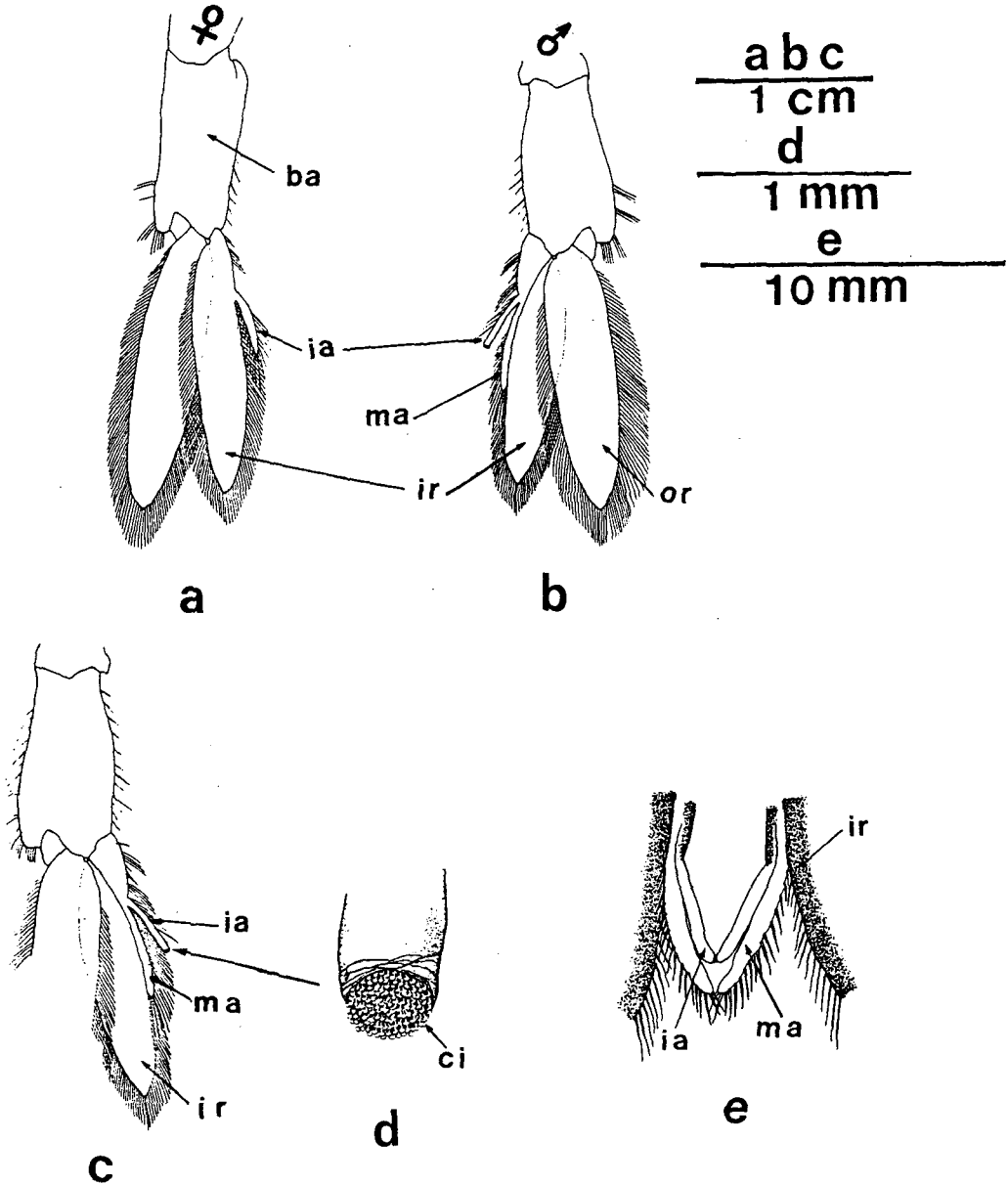


Fig. 12 Showing of the second pleopod in th mature adult *Macrobrachium nipponense* a, Female's ; b, Male's ; c, Endopodite in male ; d, Enlargement of the distal portion in male's appendix intema ; e, Showing of a connected posture within a pair of male's second pleopods. or, Exopodite ; ir, Endopodite ; ia, Appendix interna ; ma, Appendix masculina ; ci, Cincinulli.

接合됨으로서 兩側의 棒相突起(*appendix masculin*)도 또한 그 末端部에서 서로 接合됨으로서 第2 游泳肢의 定着·固定은 加一層 그 安定性を 높게 된다.

더우기, 交尾前戲行動을 취하고 있는 雄性成體는 이미 第5步脚에 基節內壁에 肉眼으로도 識別할 수 있는 精苞의 一部分이 Fig. 13에서 圖示한 바 처럼 반쯤 밀려나와 있는 狀態이고, 그 후 交接體勢로 옮겨져 腹節部를 鈎形으로 屈曲시키며 激烈한 震動動作을 취함으로써 精苞가 完全히 體外로 排出되어 雌性成體의 腹溝에 移轉·癒着된다. 이같은 交尾行動이 모두 끝나면 雄性成體는 抱擁한 雌性成體로부터 떨어져 가나 이때 一回의 交尾行動으로서 交接이 成事하지 못하였을 때는 雌·雄成體는 서로 解離하지 않고 抱握한 狀態에서 再次 交接行動을 反覆하는 境遇를 觀察할 수가 있다. 한편, 實際로 雌·雄性成體의 交接動作에만 所要되는 時間은 不可 2~3秒에 지나지 않으므로 5分余의 時間이 所要되는 交尾前戲行動에 比하면 훨씬 짧다.

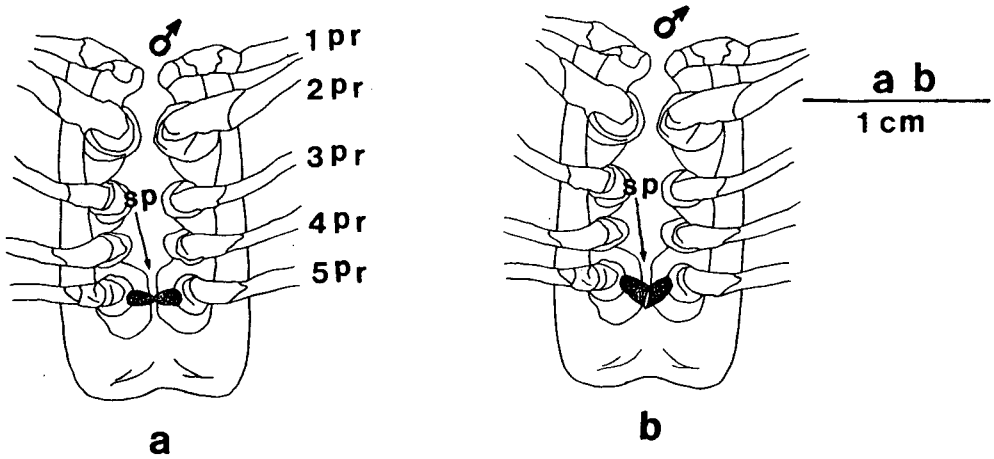


Fig. 13 Showing of the formation process on spermatophore of the male *Macrobrachium nipponense*.
a. Rudimentary formation phase ; b, Advanced formation phase ; 1-5pr, 1-5 pereioiped ; sp, Rudimental spermatophore.

交尾를 마치고 抱握狀態에서 解離된 雌性成體는 雄性成體의 周邊에서 靜止한 채 조용히 抱卵을 기다리게 된다. 한편, 交尾完了 후 精苞가 癒着된 雌性成體는 그 후 재차 다른 雄性成體에 移住·接遇시켜도 交尾를 하지 않는데 比하여 雄性成體는 하루에 2~3回의 交尾를 行하는 경우도 적지 않다. 특히 交尾와 關聯하여 興味있는 事實은 雌性成體만을 共棲시킬 境遇에는 個體間에 생기는 攻撃·損傷 및 共喰現象이 脫皮후 新生皮脚이 아직 硬化되기 전의 狀態에서 往往 發生·觀察되나, 交尾한 雄性成體間과 함께 共棲시킬 境遇에는 다른 雌性成體의 攻撃, 損傷 및 喰現象은 볼 수가 없다.

2) 精苞와 精子

이미 交尾行動에서 記述한 바 처럼 雄性成體는 交尾에 依하여 Fig. 14-b에 圖示된 바 처럼 第5步脚의 基節에 開口된 雄性生殖孔을 通하여 精子가 埋藏되어 있는 gelatin狀의 精苞를 雌性成體의 第2, 3 및 4步脚의 胸溝에 癒着시키게 된다. 精子는 Fig. 14-d에서 圖示한 바 처럼 壓針狀을 하며 頭部의 直徑은 約 8 μ 이고 尾部의 長이는 約 10 μ (實際로는 壓針의 頭部가 運動器官으로써 꼬리部分에 該當하고, 壓針의 尾部先端에 尖體가 있어 머리 部分에 該當한다)이다. 한편, 精子는 輸精管을 經由하는

途中에 gelatin狀의 物質에 包埋 · 保藏되어지며, 輸精管은 Fig. 14-e에서 圖示한 바 처럼 螺旋形의 細管으로 되어 있고 그 末端部는 伸縮性이 큰 平滑筋으로 되어 있는 排出管으로 生殖孔에 開口하고, 交接時에 雄性成體가 腹節部를 屈曲 · 收縮 및 震動動作을 行할 때 排出管에 收縮作用이 일어나게 되어 그 部位에 蓄積되어 있던 包埋된 精子塊가 生殖孔의 開口部로부터 排出 · 遊離되어 精苞를 이루게 된다. 더우기, 左右兩側의 雄性生殖孔에서 排出된 精苞는 이미 Fig. 13과 Fig. 14-c에서 圖示한 바 처럼 中央部에서 相互 融着하여, 복숭아 모양을 하게 되고 그 크기는 雄性成體의 個體 크기에 따라 多少의 差異가 있어 그 길이는 大體로 25~38 mm, 幅은 18~26 mm에 達한다.

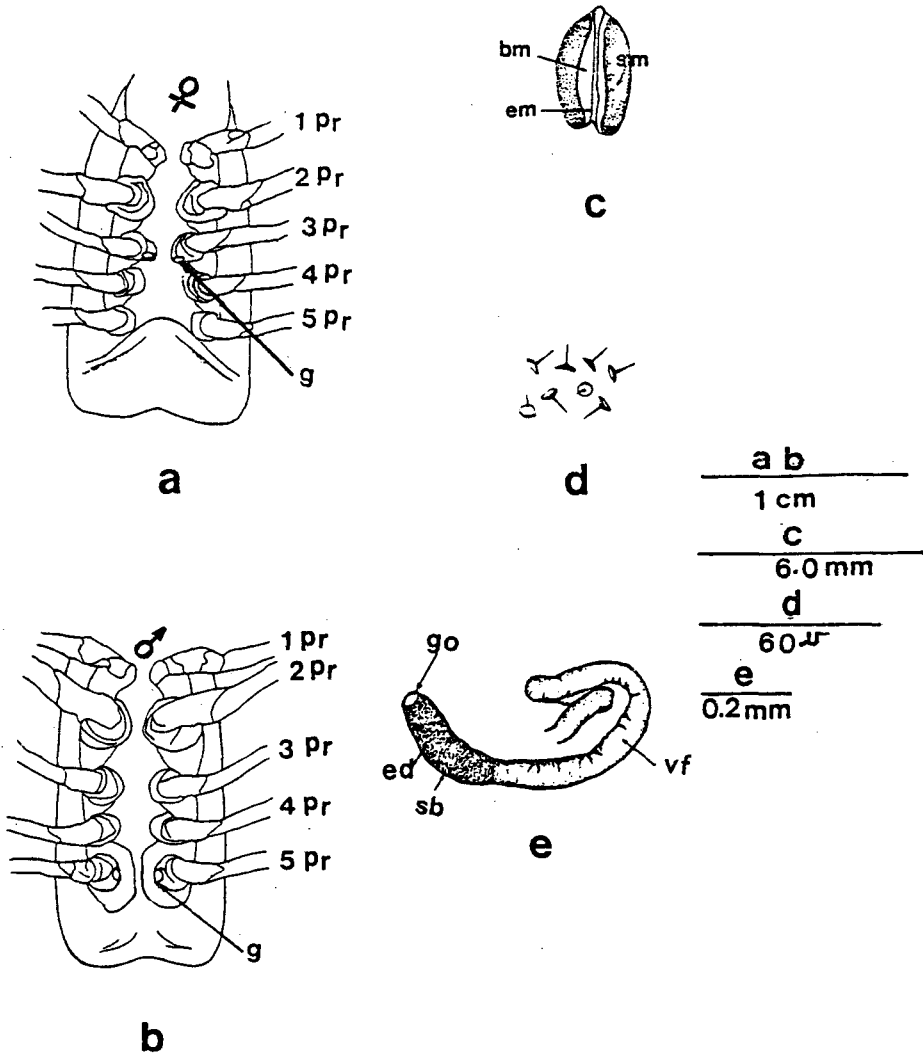


Fig. 14 Ventral view on the thoracic sternum and spermatophore of *Macrobrachium nipponense*(De Haan) a, Genital pore of female ; b, Genital pore of male ; c, Spermatophore ; d, Spermatozoa ; e, Vas deferens. 1-5pr, 1-5 Pereioped ; sp, Spermatozoa ; g, Genital pore ; ed, Ejaculatory duct ; sb, Striated muscle ; go, Gonopore ; v, Anterior portion of vas deferens ; bm, Basophilic matrix ; sm, Sperm mass ; em, Eosinophilic matrix.

한편, 精苞를 이루는 物質은 Fig. 14-c에서 圖示한 바 처럼 精子塊와 그것을 包埋하며 haematoxylin에 잘 染色되는 部分과, 또한 eosin에 染色되며 精苞를 包圍하고 있는 粘着性物質로 區分하게되나, 그 中에서도 前2者는 産卵이 進行됨에 따라 漸次로 消滅되어가는데 比하여 後者는 産卵終了後에도 殘滓하고 있음을 觀察할 수가 있다.

3) 産卵, 受精과 抱卵

交尾前脫皮 후에 交尾가 끝나면 成熟한 卵은 輸卵管을 通하여 Fig. 15-a에서 圖示한 바 처럼 雌性成體의 第3步脚 基節에 開口된 雌性生殖孔으로부터 外部로 排出·産卵하여지며, 그 時刻은 반드시 一定하지는 않으나 大體로 日没時로부터 夜半중에 行하나, 人爲的인 採卵의 境遇에는 交尾時間의 調節로서 어느 程度까지는 晝夜間에 關係없이 任意의 時刻에 産卵시킬 수도 있다. 한편, 交尾後 産卵時刻이 가까워질수록 雌性成體는 거의 一定한 位置에 靜止하여, 腹節部를 Fig. 15-b에서 圖示한 바 처럼 內側으로 屈曲시키며 第1步脚의 鉤指로서 生殖孔의 周緣部와 第5步脚의 基部 및 游泳肢의 基부와 腹節의 側板節間部 등을 間歇的으로 擠는 動作을 反復하는 것을 觀察할 수 있으며, 이와같은 動作은 아마도 그 部位에 茂生하고 있는 breeding dress 및 breeding setae를 産卵을 對備하여 整頓·整理하는 것으로 생각된다.

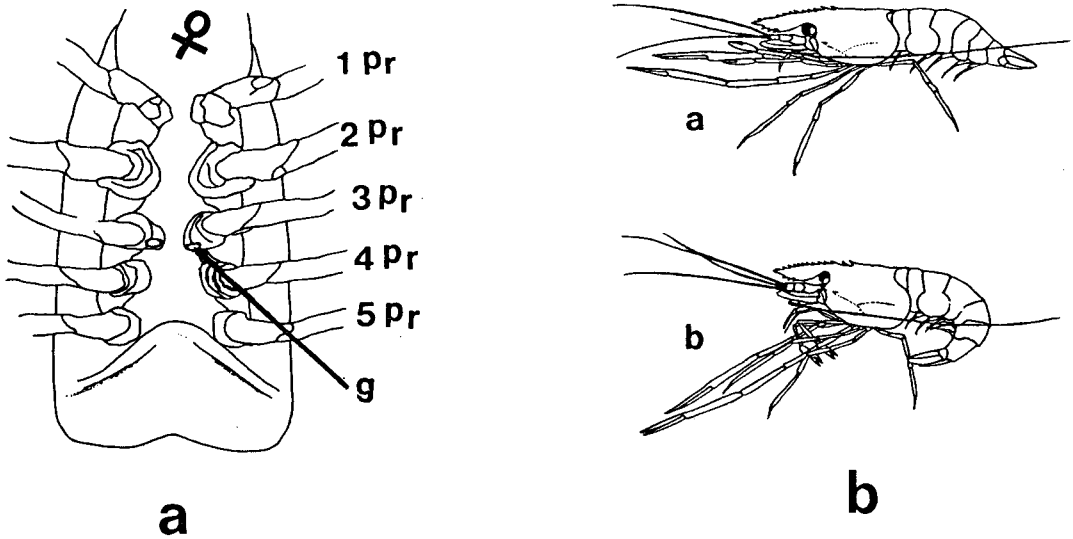


Fig. 15 Female's genital pore and brooding posture during egg-transference into egg chamber. a, Ventral view of female's cephalothorax protion ; b a-b, Bending posture for brooding.

交尾前 脫皮후 2時間이 經過한 雌性成體를 雄性成體에게로 移轉·接遇시킨 境遇에 交尾로부터 産卵開始까지에 所要되는 時間은 Table 6에서 表示한 바 처럼 交尾後 8~10時間이 가장 많고 大體로 12時間 以內에는 産卵을 하게된다. 또한 未交尾한 雌性成體의 境遇는 産卵이 多少間 遲延되어 20時間 以上을 要함을 觀察할 수가 있다.

雌性生殖孔에서 排出되는 卵의 受精은 體外受精으로써, 交尾時에 雄性成體로부터 移轉·癒着된 精苞內에서 特히, haematoxylin에 依하여 잘 染色되는 部分이 排卵하기 30~40分前부터 雌性生殖孔에서 分泌되는 어떤 物質에 依하여 漸次로 溶解되어 그 속에 埋包되어 있던 精子가 비로써 그 機能이

Table 6. Time sequence of the oviposition from copulation of *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory at 28.2~28.8°C and 38.8~4.35% Cl. Copulation of each specimen was carried out after 2 hours from prespawning moult. (No. of specimens : 20)

Elapsed hours from copulation (hours)	No. of individuals oviposited
2	0
3~5	0
6~7	5
8~9	8
10~12	5
13~17	2
18~20	0
21~24	0

活性化되는 듯 하고, 그후 활성화된精子는 排卵時에 雌性成體의 第2, 3 및 4步脚 基節에 茂生하고 있는 breeding setae의 纖毛運動에 補助되어 卵粒과 함께 抱卵室로 導入·蓄積된 直後에 受精이 일어난다. 더우기 排出된 卵粒은 産卵直後에 第1極體가 卵膜上에 出現되고, 産卵後 5~6分 以内에는 卵粒 周邊의 卵柄에 數個의 精子가 附着하여 있는 것을 觀察할 수가 있으며, 또한 排卵後 約20分 以内에는 第1極體가 出現한 部位에서 또다시 第2極體가 出現됨을 觀察할 수가 있다.

따라서 第2極體의 出現은 Fig. 16에서 圖示한 바 처럼 精子가 꼬리部分(實際로는 頭部임)을 先端으로 해서 卵膜에 侵入하여 卵核의 第2成熟分裂을 誘發시킴으로써 惹起된다.

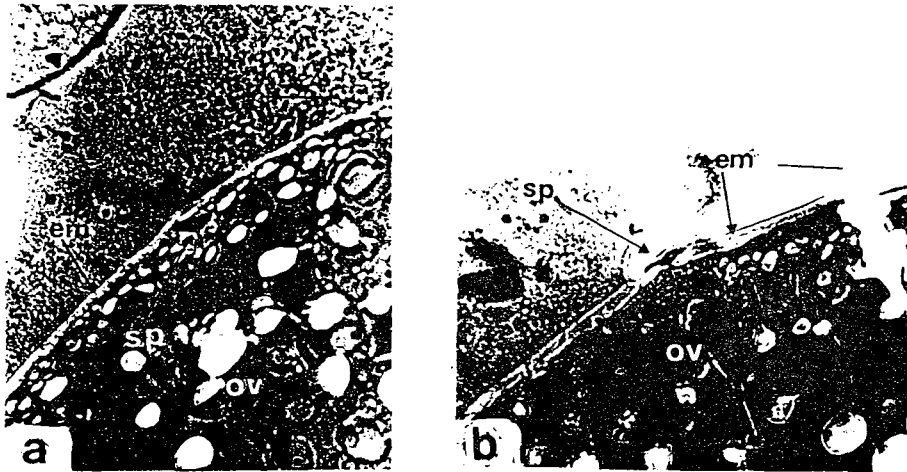


Fig. 16 Sections in the egg membrane of *Macrobrachium nipponense* penetrated by spermatozoa, em, Egg membrane; ov, Ovum; sp, Spermatozoa. The scale marks represent 15μ.

本種은 受精후에도 受精膜의 形成은 觀察되지 않으며 受精이 일어나는 時期는 時間적으로 보아서 第2極體가 出現하는 直前인 듯하고, 이 時期의 卵은 그 内部가 아직 不透明하기 때문에 卵核의 存在를

뚜렷하게 觀察하기가 어렵다. 한편 排卵된 卵粒은 游泳肢에 依한 물갈퀴動作에 惹起되어 생기는 水流에 誘導·便乘됨과 同時에 雌性成體의 完만한 體位の 左右 기울림動作과, 腹節部の 屈伸動作 및 第1, 2, 3 및 4游泳肢에 依한 各抱卵室의 開閉動作 등의 補助動作 및 第5步脚의 基部和 胸甲部の 腹面 後緣部に 茂生하는 breeding setae의 纖毛運動들의 複合動作에 依하여 腹節部の 底面に 形成된 抱卵室으로 導入·蓄積하게 된다. 따라서 前述한 各動作의 機作을 說明하면 우선 抱卵室으로 導入되는 途中에 있어서 卵粒의 流失을 最大限으로 막기 위하여 雌性成體는 이미 Fig. 15에서 圖示한 바 처럼 腹節을 鉤形으로 屈曲시켜 排卵孔으로부터 抱卵室까지의 距離를 短縮시키고, 또한 完만하게 體位를 左右로 기울게 함으로서 抱卵室에 導入·蓄積되는 卵粒들의 配置部位를 均一하게 整頓·調節한다. 特히 興味있는 機作은 卵粒들이 抱卵室으로 導入될 때 各游泳肢에 依하여 導入口의 調節을 擔當케 하는 閉鎖蓄의 役割을 들 수가 있다. 따라서 卵粒이 抱卵室으로 誘導·蓄積되는 過程에서 各游泳肢의 内外肢는 그들이 各抱卵室의 區隔壁을 形成하여 諸各己 抱卵室의 導入口를 開閉·調節함으로써 卵粒이 어떤 抱卵室에 導入·蓄積되는가를 決定하게 된다. 한편 抱卵室內에 導入·蓄積하는 卵粒들은 各抱卵室의 區隔壁을 形成하는 各游泳肢(第5游泳肢는 除外함)의 基節에 散在하고 있는 皮腺으로부터 分泌하는 透明한 粘液性物質이 Fig. 17에서 圖示한 바 처럼 卵粒의 表面에 癒着·凝固하여 彈力性을 가진 絲狀의 卵柄을 形成함으로써 卵粒 相互間을 結索하는 役割을 하고, 더우기 이들 卵柄은 各游泳肢의 基節에 茂生하는 breeding setae와, 第1, 2, 3 및 4腹節의 側板節間部에 茂生하는 纖毛狀의 breeding dress와도 서로 結索하여 抱卵室內에 導入된 卵粒을 더욱 堅固히 堆積케 함과 同時에 卵의 脫落·缺損을 防止하는 役割을 한다. 한편 抱卵室의 形成에 있어서 留意할 事項은 第5步游泳肢의 基部和 第5腹節의 側板節間部에는 breeding setae와 breeding dress가 缺乏되어 있어 이같은 理由로서 第5抱卵室은 形式上的의 것일 뿐 卵粒의 導入·蓄積은 이루어지지 않음을 觀察할 수가 있다.

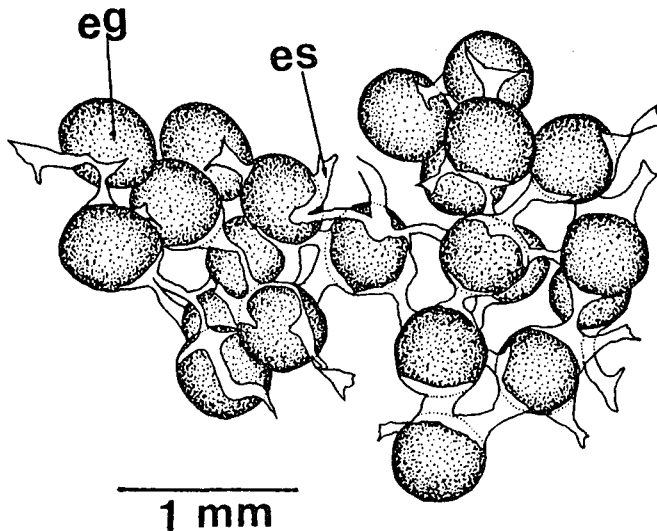


Fig. 17 Egg attached together with egg-stalk, cement resemble material, which is formed by tegmental glands within the base of pleopods. eg, Egg ; es, Connective egg-stalk.

交尾終了 후 産卵開始부터 抱卵室에 卵粒의 導入·堆積이 完結하기까지에 所要되는 時間은 個體別 및 飼料條件에 따라 多少間의 差異가 있으나 Table 7에서 表示한 바 처럼 수온 28.2~28.8℃, 염도

3.34~4.38% Cl.의 飼育條件下에서는 大體로 6~9時間이 所要된다. 大體로 抱卵行動은 夜間에 行 하나 그時刻은 반드시 一定치가 않고, 이미 産卵에서도 記述한 바와 같이 交尾를 行하는 時刻에 따라서 어느 程度는 抱卵時刻을 人爲的으로 調節이 可能하다. 한편, 抱卵을 終了한 雌性成體는 卵의 發生이 進前되어가는 동안에 間歇的으로 第1步脚의 鉸指를 움직이며 卵塊內의 卵粒을 整頓함과 아울러 發生過程에서 死滅한 卵粒들의 除去 및 그들의 表面에 附着한 異物質들을 除去 · 清掃하는 動作을 取하고 있음을 觀察할 수가 있다.

Table 7. Time sequence of the brooding-finished from oviposition of *Macrobrachium nipponense* reared in the laboratory at 28.2~28.8°C and 3.34~4.38% Cl. (No. of specimens : 12)

Elapsed hours from oviposition (hours)	No. of the brooding-finished individuals
1	0
2~3	0
4~5	1
6~7	6
8~9	4
10~12	1
13~15	0

4) 抱卵한 雌性成體의 鹽度 및 水溫에 對한 反應

抱卵한 成體의 抱卵途中에 있어서 卵脫落에 미치는 鹽度の 限界範圍를 調査하기 위하여 飼育水의 水溫을 28.2~28.8°C로 固定維持케하고 鹽素量을 淡水(0.00%)로 부터 標準海水(19.38% Cl.)를 50% 混合시킨 鹽分濃度範圍까지 6段階로 나누어 各 鹽度に 따른 卵의 脫落 및 孵化까지에 達하는 狀況如否를 調査한 結果는 Table 8에서 表示한 바 처럼 鹽素量 0.00%의 淡水에서 5.78% 以下の

Table 8. Responce to the different chlorinity in the ovigerous females *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory at 28.2~28.8°C in constant. (No. of initial specimens : 5 in each.)

Elapsed days	No. of the ovigerous individuals at different chlorinity(% Cl.)						
	0.00	2.21	3.45	5.78	6.64	8.21	9.85
1	5	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	3	2
4	5	5	5	5	4	2	1
5	4	5	5	4	4	2	0
6	4	4	4	4	3	1	
7	4	4	4	3	3	0	
8	4	4	4	3	2		
9	3	4	4	2	2		
10	3	4	4	2	1		
12	3	4	4	2	1		
13	3	H*	H*	2	1		
14	H*			H*	H*		

* H represents hatching out.

範圍内에서는 比較的 順調롭게 孵化까지에 이르나 이 範圍以上の 鹽度에서는 濃度가 높아 질수록 抱卵途中에 抱卵室로 부터 卵의 脫落이 漸進的으로 顯著하게 나타난다. 한편, 淡水에서는 抱卵으로부터 孵化되기 까지의 卵發生狀態는 順調롭게 進行되나 때때로 飼育水중에 水生菌類가 繁殖하는 境遇가 있어 이것이 抱卵室內까지 傳播되어서 卵粒의 死滅을 誘發시킴과 동시에 卵의 脫落을 일으키기도 한다. 따라서 飼育水内に 水生菌의 繁殖을 抑制케 함과 아울러 抱卵한 成體에 對한 卵脫落도 考慮하면 飼育에 따른 好適한 鹽度는 鹽素量 2.21~3.45% Cl.의 範圍인듯 하다.

한편, 抱卵途中에 있어서의 卵脫落에 미치는 水溫의 限界範圍를 調査하기 위하여 飼育水의 鹽度を 鹽素量 3.32~4.28% Cl.의 範圍로 固定維持시키며 水溫을 22℃로 부터 34℃까지 7段階로 나누어 各段階別 水溫에 따른 抱卵成體의 卵脫落如否 및 孵化까지에 이르는 狀況을 比較調査한 結果는 Table 9에서 表示한 바와 같다. 따라서 孵化速度와 抱卵成體의 安定固體數를 同時에 考慮하였을 때 抱卵成體의 飼育에 따른 好適 水溫은 24~28℃ 範圍인듯하고 이 範圍以上の 높은 水溫下에서는 溫度가 높은수록 卵脫落速度는 빠르고 또한 顯著하게 나타난다. 한편, 各水溫에 따른 孵化까지에 所要되는 日數 차이에 관해서는 後述하기로 한다.

Table 9. Response to the different temperature in the ovigerous females *Macrobrachium nipponense* (De Haan) reared in the laboratory at 3.32~4.28% Cl. in constant. No. of initial specimens were 5 in each.

Elapsed days	No. of the ovigerous individuals at different temperature(°C)						
	22	24	26	28	30	32	34
1	5	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	2	1	0
5	5	4	5	5	1	0	
6	5	4	5	5	1		
9	4	4	5	5	1		
10	4	4	5	5	H*		
12	3	4	5	5			
14	3	3	4	H*			
16	3	3	H*				
18	3	H*					
20	3						
21	3						
22	H*						

* H represents hatching out.

3. 卵의 發生

1) 發生過程

產卵直後에 있어서 卵의 크기는 0.53×0.46 mm의 橢圓形으로 暗綠茶色이고 不透明하나, 發生이 進行됨에 따라 그 크기는 漸次로 增加하며 또한 色彩도 차차로 透明度가 增加하여 淡綠褐色으로 變하게된다. 그 후 孵化直前에 이르러 그 크기는 0.99×0.60 mm에 達하여 頭豆形으로 된다. 한편 孵化까지에 達하는 卵의 發生速度日數는 水溫에 따라 相異하며, Fig. 18에서 圖示한 바 처럼 飼育水의

鹽度を 標準海水(19.39% Cl.)를 10% 混合시킨 鹽素量 3.28~4.15%의 範圍를 維持시킨 條件下에서 水溫 22.2~22.8°C인 境遇에는 20~21日, 24.0~24.8°C인 境遇에서는 16~17日, 26.1~26.5°C의 境遇에는 14~15日, 28.0~28.6°C인 境遇에는 12~13日, 29.0~29.6°C인 境遇에는 10~11日이고 또한 30.0~30.5°C의 境遇에는 9~10日이 所要되기 때문에 水溫에 對한 孵化까지에 所要되는 日數를 그 平均值로서 表示한 發生速度는 $Y=50.803-1.3555X$ 의 式으로 나타낼 수가 있다(Y; 孵化에 所要되는 日數, X; 水溫).

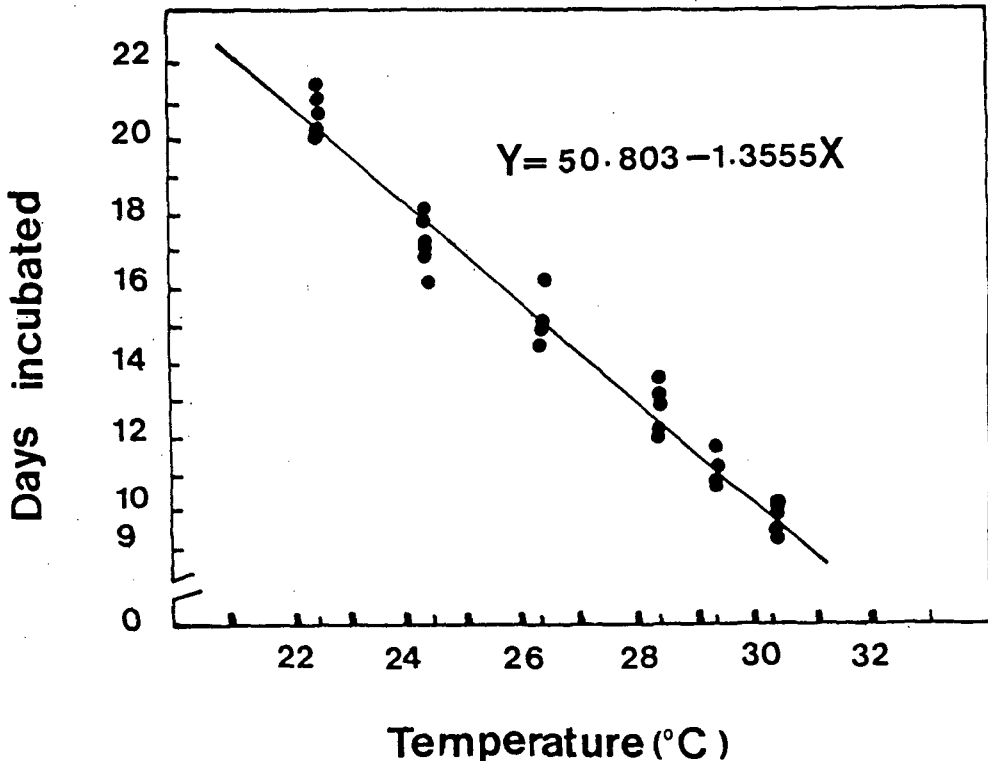


Fig. 18 Relationship between the incubation period and temperature of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) at 3.28~4.15% in chlorinity under the laboratory conditions.
Days incubated Temperature (°C) $Y=50.803-1/3555X$

한편, 水溫 25.2~26.5°C, 鹽素量 3.28~4.15% 條件下에서 卵發生 過程은 Table 10 및 Fig. 19에서 表示한 바 처럼 排卵後 約 2時間 前後가 되면 卵의 中央部位에 細胞質을 둘러싼 卵核(Fig. 19-2)을 볼 수가 있고, 그로부터 約 50分후에는 核分裂이 일어나서 2個의 原形質島(卵核) (Fig. 19-3)가 形成하며, 또다시 約 50分이 지나면 原形質島는 4個로 分裂(Fig. 19-4)됨과 동시에 그 후 約 10分이 經過되면 細胞質에 不完全하나마 分割溝이 形成됨으로 비로서 4個의 割球가 形成된다(Fig. 19-11).

그 후 約 45分이 지나면 原形質島가 6~7個로 分裂되나 割溝은 여전히 不完全한 狀態이고, 排卵後 約 4時間 45分(Fig. 19-8)이 經過된 時點에 이르러 4個의 完全한 分割球가 形成됨과 同時에 8個의 原形質島가 形成된후 各 卵核이 漸次로 卵膜의 周緣部로 移動·接近해 간다(Fig. 19-7). 그 후 뒷따라

담수산 징거미 새우 증·양식에 관한 연구

Table 10. Egg development of *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory at 25.2~26.5°C and 3.28~4.15% Cl.

Elapsed hours from the oviposition			Process of egg development and recognized characteristics	Representing numbers in Fig. 19
Days,	Hours,	Minutes.		
		0	Ovipositing.	1
	1	40	Starting of protoplasmatic island appeared(Pre-nuclear).	2
	2	30	Appearing of 2-Protoplasmatic islands divided(2-Nuclears).	3
	3	20	4-Protoplasmatic islands divided.	4
	3	30	4-Incomplete cleavage furrows within 4-Protoplasmatic islands.	5
	4	15	4-Incomplete cleavage furrows within 7-Protoplasmatic islands.	6
	4	45	4-Blastomers within 8-Protoplasmatic islands.	7
	4	55	Complete cleavage within 8-Blastomers.	8
	5	40	16-Blastomers.	9
	6	50	32-Blastomers.	10
	8	64	64-Blastomers.	
	10	20	Appearing of primitive endo-mesodermic cells.	11
	19	30	Appearing of invagination at position of endo-mesodermic cells(Gastrulation begins). Egg size : 5.05×6.02μ	12
1	23	20	Beginning of gastropore closed	
	2	12	Appearing of germinal disc. Egg size : 5.15×6.10μ	13
2	20	37	Appearing of prostominal lobe on germinal disc. Egg size : 5.16×6.20μ	14
5	23	34	Appearing of pigments on prostominal lobe, and primitive heart-sac appeared. Egg size : 5.25×6.30μ	
6	3	40	Efferentiation of primitive brain, optic lobe, rudimental bends of body segments and appendages on prostominal lobe, moreover nauplius eyes appeared.	15
6	16	43	More advanced germinal bends of appendages, and primitive heart-sac pulsated occasionally. Egg size : 5.40×6.35μ	16
8	22	45	Primitive heart-sac pulsated frequently. and absorbing of yolk grains.	
11	5	50	Appearing of indistinct outlines in carapace, antenna, antennule and digestive duct, while more advanced compound eyes and yolk-sac decreased. Egg size : 5.53×6.29μ	17
12	7	45	Yolk-sac decreased more, appendages of carapace advanced more, almost complete compound eyes, and structures of carapace, antenna, antennule, digestive duct more distinctly. Egg size : 5.56×7.75μ	18
14	0	20	Occasional oscillation of mouth apendage occurred, and appearing of complete compound eyes in the first time.	
14	17	35	Frequency on oscillation of mouth appendage and flexible motion of abdomen increased, and yolk-sac decreased distinctly.	19
15	2	35	Occurrence of abdomen's flexible motion frequently more. Egg size : 5.90×7.80μ	
15	7	40	Egg enlarged distinctly at large axile, telson removed at the front of eyes, flexible motion of abdomen more frequently, moreover removed motion of telson distinctly more. Egg size : 5.95×7.95μ	20
15	8	45	Hatching out immediately. Egg size : 6.00×9.92μ	21

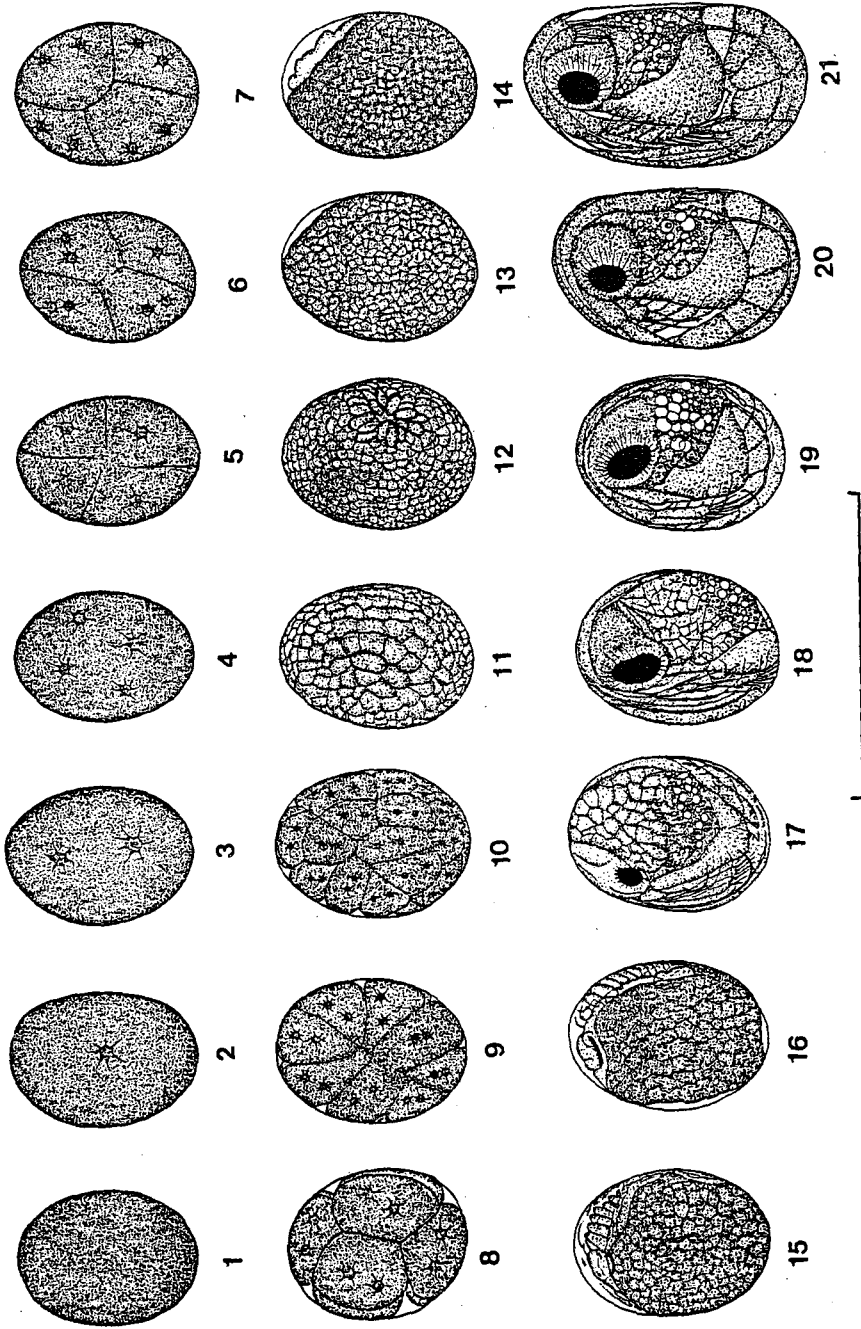


Fig. 19 Egg development of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) at 25.2~26.5°C in temperature and 3.28~4.15‰ in chlorinity.

細胞質도 分裂이 일어나서 約 10分후에는 거의 同等한 크기를 한 8割球로 된다(Fig. 19-8). 이때 形成된 各 分割溝은 卵의 中心部까지에는 達하지 않고 卵表面의 細胞質性 顆粒層에서 만이 일어나기 때문에 表割을 하게 되고 以後 8割球가 形成된 時期부터의 分割은 通常的인 卵割로서 排卵後 約 5時間 40分 經過되던 16個의 割球(Fig. 19-9)로 進展되었다가 그 후 約 1時間 10分만에 32個(Fig. 19-10)의 割球를 거쳐서 또 다시 約 1時間 40분이 지나면 64分割球로, 그리고 排卵後 거의 10時間 前後가 되면 이미 形成된 다른 割球에 比하여 多少 큰 割球群인 原始中胚葉性 細胞(Primitive endomesodermic cell, Fig. 19-11)가 形成되고 그 후 約 9時間이 經過되던 原始中胚葉性 細胞群의 中央 部位에서 陷入이 일어나면서 原腸胚(Fig. 19-12)로 된다

한편, 卵內發生이 順調롭게 進行되면 排卵後 約 23時間이 지나면 陷入口(原口 Gastropore)는 폐쇄되기 始作하며 排卵後 約 26時間이 經過되던 胚體의 原基因 胚盤(Germinal disc)(Fig. 19-13)이 出現하게 되고, 그 후 時間의 經過와 더불어 排卵後 約 6일이 지나면 心襄의 原基因 心盲襄의 搏動이 일어나며, 이와 거의 때를 같이하여 赤褐色의 色素胞가 出現하고 그 후 約 4時間이 經過되던 原始腦葉, 視葉 및 體節의 隆起와 nauplius 眼(Fig. 19-15)이 形成된다. 그 후 時間의 經過와 더불어 胚體의 發生·分化는 더욱 進行되어 排卵後 約 11일이 지나면 胚體에 頭胸甲, 제1, 2 觸角(Antenna) 및 原始腸管(Primitive digestive-duct)가 鮮明하게 나타나며, 眼色素胞는 加一層 發達되어 複眼(Fig. 19-17)의 樣相을 나타내기 始作하고 그로부터 約 22時間(Fig. 19-18)이 지나면 複眼은 거의 完成됨과 동시에 腹節部 및 頭胸甲部의 各附屬肢가 鮮明하게 나타난다. 한편 이 時期부터는 間歇的으로 第2小顎의 微振動作이 일어나게 되며, 또한 卵黃의 吸收는 漸次로 增加하여 卵黃襄의 容積도 顯著하게 減少된다. 또한 排卵後 14日(Fig. 19-19)이 經過되던 第2小顎의 微振動作은 더욱 活潑하게 됨과 동시에 腹節部의 屈伸動作이 間歇的으로 일어나게 되고, 더욱이 이때가 되면 卵長軸의 크기 變化가 뚜렷하게 나타남과 동시에 卵黃의 吸收가 더욱 增加된다. 이후부터는 孵化日이 가까워져 갈수록 卵內幼生의 屈伸動作, 第2小顎의 微振動作, 心襄의 搏動 및 卵黃의 吸收量도 漸進的으로 增加하며, 또한 各附屬肢의 樣相도 거의 孵化直後의 初期幼生의 그것과 거의 같은 形態를 갖추게 된다. 더욱이 排卵後 15日 째인 孵化當日(Fig. 19-20, 21)이 되면 卵內幼生의 屈伸動作은 더욱 活潑하게 되며 따라서 卵殼과 卵膜은 더욱 膨脹하고 그에 따라서 纏卵絲가 卵殼 및 卵膜에 癒着된 部位(卵內幼生의 胸甲과 腹甲의 連結部를 이루고 있는 얇은 間膜部)에 破裂이 일어나 그 裂口를 通하여 卵內幼生은 尾節로서 卵膜을 차는 듯이 하여 跳躍·脫出하면서 zoea 狀態로 孵化된다.

2) 孵化機作

抱卵室의 卵粒들은 卵의 發生이 進行되어 孵化에 이르기 까지 雌性成體는 間歇的으로 第一歩脚의 鉸指에 依한 卵塊內의 卵粒들을 整頓·配列시킴과 同時에 發生途中에 死滅한 卵粒의 除去 및 卵殼에 附着되어 있는 異物質들을 除去하는 動作을 觀察할 수 있으며, 이 같은 動作은 雌性成體가 抱卵室內에 水流를 導入시켜 卵의 發生途中에 必要로 하는 酸素의 供給과 抱卵室 밖으로 排出되는 老廢 gas를 流出시키기 위한 補助動作으로서, 間歇的인 游泳肢의 緩慢한 泳動運動의 效率性을 助長시키는 動作인 듯 하다. 한편, 이 游泳肢의 泳動은 그 후 卵의 發生이 進展됨에 따라 그 運動의 頻度는 漸次로 增加되어 孵化數日 前에 達하면 거의 連續的인 動作으로 移行됨과 同時에 그 泳動運動의 自體도 加一層 強하게 된다.

大體로 抱卵室에 收容된 卵의 孵化는 卵發生의 進行에 隨伴하여 成長하는 卵內幼生의 그 自體에 依한 몸의 屈伸運動에 依하여 卵殼과 卵膜이 膨脹·伸張되어 破裂·脫殼하는 過程과 또한 雌性成體의 游泳肢에 依한 泳動運動으로써 일어나는, 水流에 起因되는 物理的인 衝擊이 卵內幼生에게 刺戟을 加하여 屈伸運動을 誘發시키는 過程과, 抱卵室內에 脫殼한 幼生을 雌性成體의 瞬發的인 強激한 泳動動作으로써 惹起되는 水流에 便乘시켜 抱卵室로부터 雌性成體의 尾節後方으로 飛散되게 하는 過

程으로 區分된다.

한편, 孵化는 正常的인 경우에는 그 開始時間으로부터 數時間以內에 一齊히 雌性成體의 抱卵室밖으로 孵化 · 流散되어 終了되나, 飼育條件이 不適當인 경우에는 간혹 1日以上이 所要되는 境遇도 있으며 이런 狀況下에서 孵化된 幼生은 各 附屬肢의 發育 · 分化가 非正常的인 樣相을 나타내며 發生初期에 大部分이 死滅한다.

(1) 卵內幼生의 孵化機作

卵內幼生의 孵化機作은 屈伸動作에 依하여 始作된다. 卵內幼生은 그 發生 · 分化가 進行됨에 따라 胚體의 容積은 漸進的으로 增加되어 가고 孵化前 2~3日에 達하면 間歇的인 몸의 屈伸動作을 取하게 되고, Fig. 20-b에서 圖示한 것 처럼 腹節部를 彎曲하여 尾節部의 末端이 頭胸甲部의 先端에 있는 兩眼球의 基部背面에 插入된 體形을 取한다. 또한 各附屬肢는 胸甲部의 腹面에서 서로 疊積된 狀態로 겹쳐서 卵內空間을 極限으로 占有 · 利用한 體形을 維持하던 것이 胸甲部와 腹節部를 連結하는 얇은 間膜을 境界로 하여 腹節部의 屈伸動作이 일어남으로서 疊積된 卵內幼生의 體形은 漸次로 緩解되고

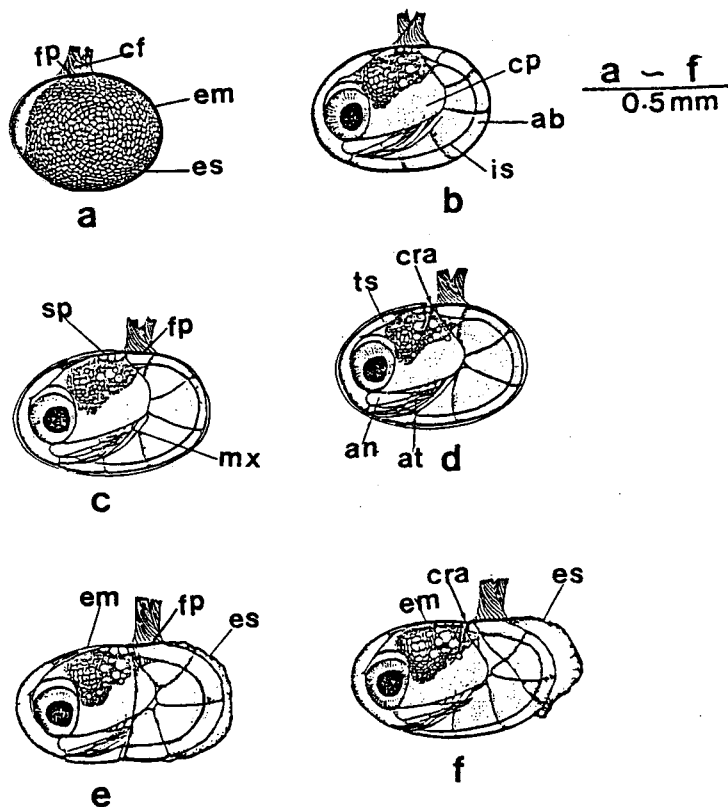


Fig. 20 Hatching process on the embryonic larvae *Macrobrachium nipponense*(De Haan). a, b, c, d, e, f ; Normal phase. em, Egg membrane ; es, Egg shell ; ef, Egg-stalk ; cra, Broken crack ; sp, Space ; ts, Telson ; cp, Carapace ; ab, Abdomen ; is, Digestive duct ; mx, Maxillipeds ; an, Antennule ; at Antenna ; fp, Adhesion place.

그에 따라 體表面積이 增加됨으로써 卵膜 및 卵殼이 膨大·伸張하고, 그 結果 卵粒은 漸進적으로 그 크기가 增大된다. 特히 卵의 發生·分化가 進展됨에 따라 卵粒의 長軸은 短軸에 比하여 顯著하게 變化하며 排卵으로 부터 孵化에 達하기까지의 卵의 크기는 0.53×0.46 mm로 부터 0.99×0.60 mm로 變하여 가며 卵의 發生經過 過程에 따른 卵軸의 變化는 Fig. 21에서 表示한 바 처럼 長軸은 $Y = 5.60194 + 0.00735788X$ 로, 短軸은 $Y = 4.9353 + 0.002607X$ 의 直線式으로 表示된다(X; 卵의 發生經過日數, Y; 卵軸의 크기 μ).

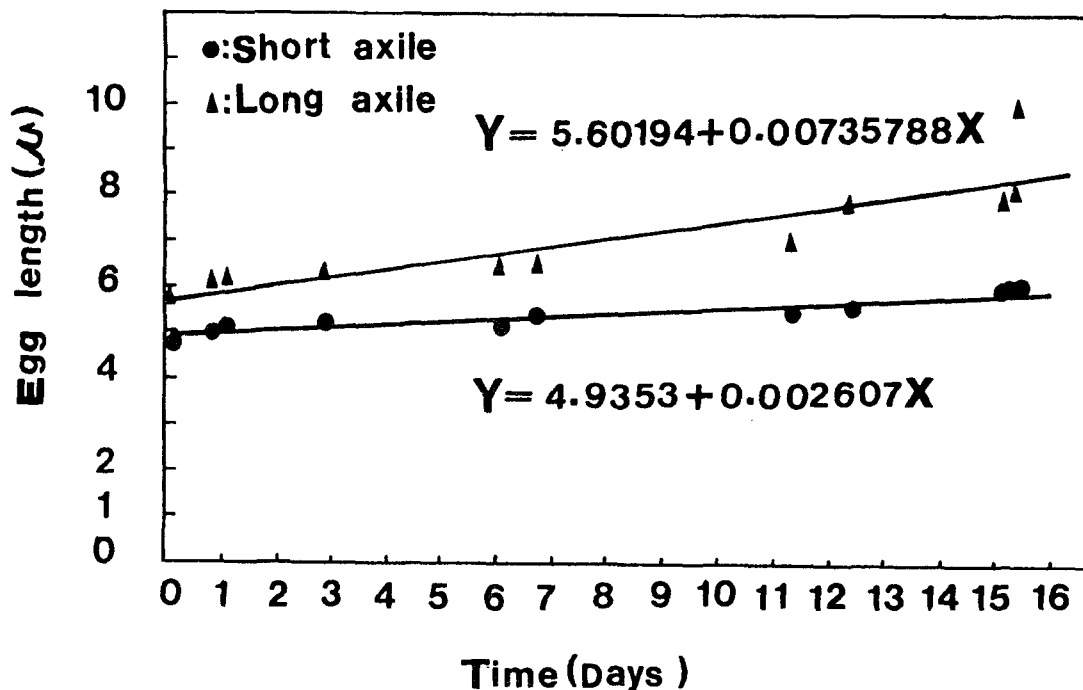


Fig. 21 Relationships between elapsed days and egg length of *Macrobrachium nipponense* at 25.2~26.5°C in temperature and 3.28~4.15‰ in chlorinity.

Egg length(μ) Time(Days) ● : Short axile ▲ : Long axile

$$Y = 5.60194 + 0.00735788X \quad Y = 4.9353 + 0.002607X$$

한편, 卵膜은 卵殼에 比하여 彈力性이 큰 얇은 膜으로 되어 있고, 또한 卵粒들은 相互結索하는 卵柄인 纏卵絲는 Fig. 20-b, c에서 圖示한 바 처럼 卵內幼生의 分化 初期에는 尾節 末端部가 位置하는 部位에서 卵膜이 그 外廓을 둘러싸고 있는 卵殼에 癒着 되어 있고 이 部位는 그 構造上으로 보아서 卵殼의 다른 곳과는 明確하게 다른 特性을 가지고 있다. 換言하면, 다른 卵殼面은 그 內側에 있는 卵膜과의 사이에 뚜렷한 隔離된 間隔을 形成하고 있는데 比하여 纏卵絲가 癒着되어 있는 卵殼의 先端部位만은 Fig. 20-c(fp)에서 圖示한 바 처럼 卵膜과 서로 癒着되어 있어 孵化에 따른 卵內幼生의 脫殼時에 重要한 役割을 담당하게 된다.

孵化 1~2日前에 이르러 卵內幼生의 屈伸動作은 胸甲部와 腹節部 사이에 있는 얇은 間膜部를 基點으로 하여 加一層 腹節部の 屈伸動作이 頻繁하게 일어나기 때문에 이 部位의 卵膜 및 卵殼은

漸進적으로伸張되고, 또한 이動作에隨伴되어尾節部가從前의位置에서球眼先端部사이를反復移動하게됨으로이때卵膜의內側壁에近接하고있던尾節部の末단을多少外側으로向하게起立시켜卵膜과의接觸面に摩擦이일어나서그位部の伸長度도또한增大시키게된다.그후時間이經過함에따라屈伸動作은그頻도가빨라짐과同時에強度를높이므로尾節部の位置도 Fig. 21-d, e에서圖示한바처럼漸次로眼球의前方으로徐徐히移轉하게된다.한편卵內幼生의屈伸動作에隨伴되어各附屬肢및腹節部の疊着되었던狀態는더욱緩解되어卵內幼生의體表와卵膜사이에殘留하던間隔은漸進적으로없어지고,終局에는 Fig. 20-d, e에서圖示한바처럼屈伸動作에依하여卵膜의다른部位보다훨씬많이膨脹·身長되는胸甲부와腹節部사이의間膜部와,尾節의移動範圍인尾節末部로부터卵殼에癒着한纏卵絲의基部先端部사이에限하여卵內幼生의體表와卵膜사이에間隔이形成·殘在됨을觀察할수가있다.이時期에이르러卵內幼生의位置는조금씩前方으로移動되어從前에尾節의末部에位置하던纏卵絲의癒着部位가胸甲부와腹節部の사이에있는얇은間膜이있는곳에까지移行하게된다.그후孵化當일에이르러卵內幼生의間歇的인屈伸動作은그頻도를徐徐히더높이면서反復되고그에따라卵膜과卵殼의伸張도漸進적으로徐徐히높아져가는데,보다彈力성이높은卵膜의伸張이더해가는동안外廓을둘러싸고있는卵殼의伸張은이에미치지못하게되며,孵化直前に達하면只순까지卵內幼生의屈伸動作에依하여伸張도가가장높은胸甲부와腹節部사이의얇은間膜部에纏卵絲가癒着된卵殼에서一次的으로破裂이일어나게된다.即,纏卵絲가癒着된先端部는唯一하게卵膜과卵殼이서로接着·融合한部位로써다른部位에比하여가장堅韌한곳으로屈伸動作에依하여가장높이伸張되는卵殼部位와連結되어있고그후繼續的인屈伸動作에隨伴되어卵殼의伸張에依하여生成되는異質間的兩面사이에서일어나는彈力差에따라가장虛弱한곳인境界面의卵殼部位에 Fig. 20-d(cra)에서圖示한바처럼破裂目이卵의短軸에沿해서形成되면서瞬間적으로앞쪽半部分의卵殼面이먼저卵膜에서離脫된다.따라서 Fig. 20-e에서圖示한바처럼卵內幼生의앞쪽半部分은얇은卵膜만으로둘러싸여지게되고,나머지뒷쪽의半部分은잠시동안남은卵殼에둘러싸여진채纏卵絲에依하여結索되어매달린樣相을하게된다.그후뒤따라殘留하고있는뒤쪽部分의卵殼도 Fig. 20-f(es)에서圖示한바처럼卵膜表面으로부터벗겨져離脫되어가는途中에前述한卵殼의破裂目이形成되었던部位와同一한곳의卵膜에서도 Fig. 20-f(cra)에서圖示한바처럼卵의短軸에沿하여破裂目이形成되며,이때卵內幼生의繼續的인屈伸動作에依하여腹節部の疊積狀態가加一層緩解됨과더불어그에隨伴된尾節部の反復된移動動作도促進되어結局에는尾節部로써破裂目を瞬間적으로차서破裂·跳出하는樣相을떠면서頭胸甲部로부터卵膜을脫出하게되나,이때卵膜을跳蹴하는尾節部の힘에依한反動으로卵內幼生은 Fig. 22-1(a, b)에서圖示한바처럼大略 180°回轉한體勢로서水中으로脫出·散放하게된다.한편,卵膜을脫出した直後の幼生은아직各附屬肢가完全히正常狀態로되돌아오지않고굽혀진樣相을하고있으나잠시후正常狀態를갖추게된다.

前述한卵內幼生의孵化動作즉,卵內幼生의屈伸動作에依하여卵殼및卵膜에破裂目이形成된후에그卵膜의破裂로서卵內幼生이孵化終了하기까지에所要되는時間은正常的인孵化狀態에서는不過2~3秒以內的瞬間的인動作이나,非正常的인狀態下에서는數秒以上으로부터거의1분가까이所要되는境遇도있었고그때의孵化되는樣相은앞에서記述한正常的인孵化動作과는顯著하게달리 Fig. 22-g에서圖示한바처럼卵膜의破裂目이胸甲부와腹節사이의얇은間膜部인纏卵絲가卵殼에癒着된先端部位에서일어나지않을뿐아니라卵內幼生의屈伸動作에依한尾節部の反復移動動作도非正常的으로行하여져서尾節의屈曲된基部가眼球先端쪽으로徐徐히移行됨으로서尾節基부와眼球先端사이에큰間隔이形成되는同時에卵內幼生은卵膜의內側壁에接하고있던尾節部の末단外側으로向하여若干隆起시킴으로서卵膜과의接觸面に摩擦이일어나며,그에따라서

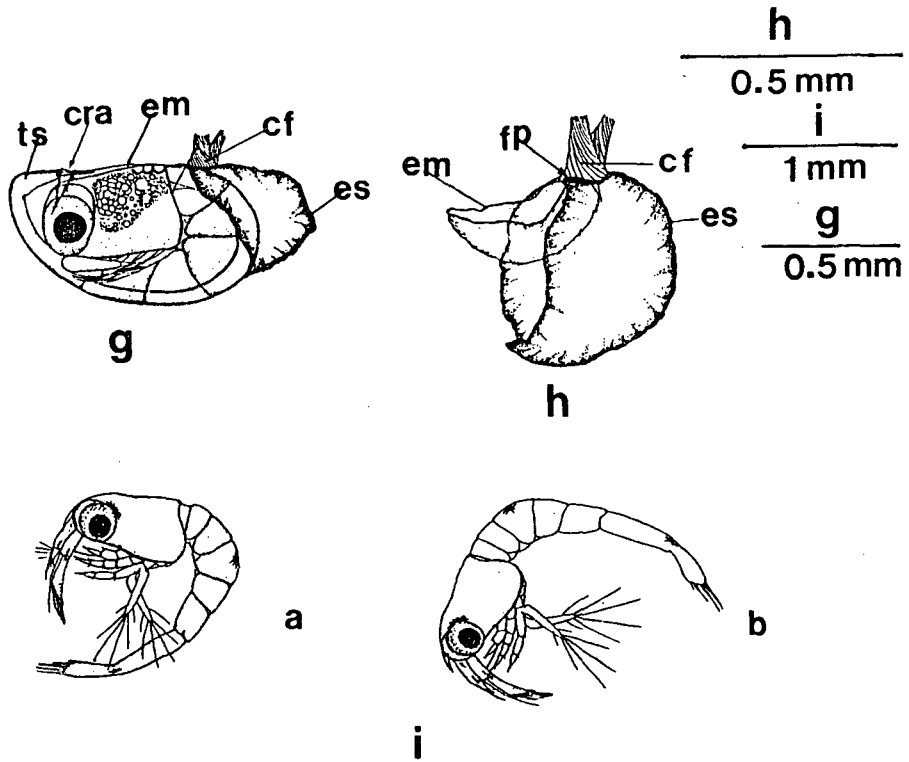


Fig. 22 Hatching process of the embryonic larvae *Macrobrachium nipponense* (De Haan). g : Abnormal phase. h, Egg shell after embryonic larva escaped out ; i, Escaping phase of larva on hatching ; em, Egg membrane ; es, Egg shell ; cf, Egg-stalk ; cra, Broken crack ; ts, Telson ; fp, Adhesion place.

이 部位의 伸張이 다른 部位에 比하여 增大됨으로써 破裂目이 尾節末端部に 形成되어 卵內幼生은 이 곳을 通하여 脫出·孵化되나 이같은 非正常的인 孵化動作은 취하는 境遇는 孵化過程을 觀察하는 동안에 Table 11에 表示한 바 처럼 間或 發見되었고 이런 狀況下에서 孵化된 幼生은 大部分이 各 附屬肢를 正常形態로 갖추지 않는 奇型으로써 發生의 初期段階에 死滅한다.

Table 11. Frequency of the abnormal hatching-individuals in each batch of eggs in the laboratory condition at 25.0~25.8°C.

No. of eggs in each batch	Number of individuals	
	Normal hatching	Abnormal hatching
82	77	5
85	80	2
67	63	4
55	53	4
70	65	5
58	53	5

(2) 抱卵成體의 孵化補助 行動

抱卵終了後, 卵의 發生이 進行됨에 따라 當初 抱卵室內에 蓄積 · 收容된 卵粒은 漸次로 그 크기가 增大됨에 따라 各 卵粒사이의 間隔도 커지게 되어 孵化日이 가까워짐에 따라서 지금까지는 抱卵室內에서만 充滿하던 卵塊는 漸次로 抱卵室 밖으로 剝出하게 되어, 卵塊는 마치 票房狀을 한 수많은 小卵塊의 集合體로 形成되어 있음을 肉眼으로 觀察할 수 있다. 한편, 이 時期에 達하면 卵內의 幼生도 그 發生이 相當하게 進展되어 漸次로 呼吸量도 增加하기 때문에 從前까지는 干歇의으로 緩慢하게 움직이고 있던 雌性成體의 游泳肢는 漸次로 그 泳動動作의 頻度數를 增加시키며 頻繁하게 抱卵室로 新鮮한 水流를 流入되게 함으로서 卵內幼生의 呼吸에 隨伴되어 排出되는 老廢 gas와의 置換을 加一層 促進시키게 한다. 더욱이, 孵化前, 1~2日 達하면 游泳肢의 泳動動作은 더욱 頻繁하게 되어 거의 中斷됨이 없이 孵化直前까지 繼續的으로 行하게 되나, 한편으로 雌性成體의 움직임은 漸次로 둔하게 되고 孵化當日에 이르러 거의 한자리에 靜止한채 游泳肢의 游泳動作만이 더욱 活潑 · 激強하게됨을 觀察할 수가 있다.

한편, 卵內幼生이 卵膜을 破裂하며 脫出하는 孵化直前에 이르러 雌性成體는 Fig. 23에서 圖示한 것처럼 第1, 2步脚은 몸의 前方으로 뻗으며, 第3, 4步脚을 若干 굽히면서, 第5步脚을 第3, 4步脚에 比하면 多少 높이면서 頭胸甲部의 높이가 腹節部보다 아래로 굽혀져 傾斜되게 姿勢를 取하게 하고, 同時에 腹節部를 곧게 뻗어서 尾節部가 위로 上向되게 하는 體勢를 取하면서 間歇的으로 激強하게 游泳肢를 瞬發的으로 泳動시키므로써 形成되는 水流의 강한 震動이 抱卵室內로 傳播되게 한다. 따라서 이 激強한 震動이 傳達될 때 마다 抱卵室內의 各卵粒은 강한 物理的인 衝擊을 받아 卵內幼生의 屈伸動作, 卵膜의 破裂 및 卵膜으로 부터의 脫出을 誘發 · 助長시킴과 同時에 이로 因하여 雌性成體의 尾節部 後方으로 강한 水流의 流動이 일어나기 때문에 卵膜을 뚫고 外部로 躍出한 幼生은 集團을 이루어서 水流에 便乘되어 抱卵室로 부터 尾節의 後方을 向하여 飛散되는 듯한 樣相으로 孵化 · 散流되는 것을 觀察할 수가 있다.

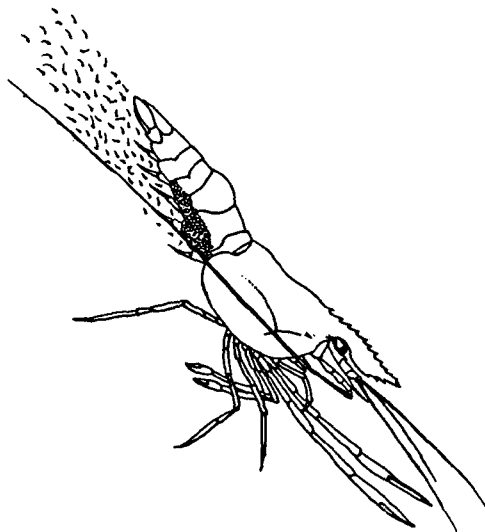


Fig. 23 Hatching behavior of the ovigerous female *Macrobrachium nipponense*(De Haan).

위에서 記述한 바와 같이 孵化機構는 크게 나누어서 卵發生의 進展에 隨伴하여 成長한 卵內幼生の 自體에 依한 屈伸動作에 따른 疊積·受容된 脚附屬肢 및 腹節部의 緩解로써 惹起되는 卵殼과 卵膜의 膨脹으로써 胸甲部와 腹節部사이의 位置하는 얇은 間膜의 部位 即, 纏卵絲가 癒着한 先端部에서 破裂이 生겨 脫殼하는 過程과, 또한 孵化日이 가까와 집에 따라 抱卵成體의 間歇的인 游泳肢의 泳動에 依하여 일어나는 水流에 起因한 物理的인 衝擊이 卵內幼生에게 刺戟이 되어 屈伸動作을 誘發·助長시킴과 同時에 卵內幼生の 脫殼直後에 있어서 抱卵成體가 瞬發的으로 游泳肢를 激強하게 泳動함으로써 惹起시키는 水流에 便乘되어 孵化한 幼生이 抱卵室의 周邊으로부터 抱卵成體의 尾節後方으로 飛散하듯 流送케 하는 孵化補助行動등의 複合機作에 依하여 孵化가 이루어진다.

考 察

이미 記述한 바 처럼 十脚目중 長尾類의 Caridea類에 屬하는 種類에 關한 生殖生態를 調査·研究한 報告는 흔하지 않으며 더우기 Hippolytidae에 屬하는 *Heptacarpus Pictus*(Bauer, 1976) 및 Palaemonidae에 속하는 *Macrobrachium rosenbergii*(Kwon, 1981)의 것을 除外하고는 어느 것이나 生殖生態중의 部分的인 問題를 取扱한 交尾生態, 精子 및 精苞의 構造, 授精現象, 雄性成體의 第2性徵인 第2游泳肢의 雄性突起의 構造, 生殖期間에 出現·形成되는 breeding setae 및 dress에 關한 形態 및 機作上的 問題와 雌·雄性 成體의 各 生殖巢에 關한 形態學的인 調査·報告들중에서도 거의가 斷片的인 內容을 記述한데 지나지 않고, 特히 Palaemonidae에 屬하는 種類들에 關한 報告는 *Macrobrachium rosenbergii*(Kwon, 1981; Kwon and Han, 1985)를 除外하고는 그나마 限定된 斷片的인 現狀을 取扱한 數編의 報告가 있을 뿐이다. 따라서 本報에서는 우리나라에 棲息하면서 産業上으로 注目을 받고 있는 淡水 產새우中에서 最大型인 징거미새우에 對한 人爲的인 種苗生産을 試圖하는 一環의 調査·研究로써 우선 先決해야 할 採卵問題를 보다 效率的으로 遂行하기 위하여 本種의 交尾生態는 勿論, 採卵의 年間回數를 決定하는 產卵을 위한 交尾前脫皮의 半年間의 發現回數를 調査함과 아울러 脫皮한 雌性成體에 對한 交尾成功率를 높여 授精卵을 保護하기 위하여 雄性成體에게로 移轉·相接시켜 交尾 遂行이 可能케 하는 適期의 調査, 精苞의 形態學的인 調査, 精子의 構造, 授精現象 및 交尾·授精에서 始作하여 雌性生殖孔에서 排出된 卵粒이 抱卵室안으로 移轉·蓄積되어 抱卵이 完結되기까지에 經由하는 諸般的인 行動機構와 거기에 所要되는 期間들을 調査함으로써 人爲的인 採卵의 實效성을 높임과 同時에 그 時期를 豫測케 하였다.

한편, 本種의 生殖生態는 Bauer(1976) 및 Kwon(1981) Kwon and Han(1985)에 依하여 報告된 *Heptacarpus pictus*와 *Macrobrachium rosenbergii*의 그것과는 諸般 繁殖行動 및 그 動作의 機構, 生殖巢 및 精苞와 精子등의 形態學的인 構造에 關해서는 大體로 大同少異하다. 特히 本報에서는 本種에 關한 雌性成體의 年間脫皮回數와 抱卵回數, 交尾前脫皮·후에 交尾成就를 위하여 雌性成體에게로 移轉·交接케 하는 適期의 究明과, 交尾후의 排卵으로부터 卵粒들이 抱卵室로 導入·蓄積되기까지에 일어나는 動作의 機構 및 거기에 所要되는 各 段階別 時間을 調査함으로써 從前까지에 報告된 單一種에 對한 綜合的인 生殖生態를 加一層 補完하였다. 特히 本種과 *Macrobrachium rosenbergii*의 生殖生態에 關한 相異點은 本種의 特性으로서 固定되어 있는 脫皮期間, 諸般 繁殖行動의 終結에 所要되는 時間, 및 精苞와 精子의 크기, 卵發生 速度와 發生初期 段階인 卵割過程의 相異點, 및 水溫에 따른 孵化速度와, 鹽度 및 水溫에 對한 孵化適正值 등과 같은 差異는 그 種의 固有的인 特徵으로서 認定되며 더우기 孵化후의 成體脫皮가 *Macrobrachium rosenbergii*에 있어서는 數日이 所要되는 데 比해서 本種의 경우는 孵化후 數時間만에 脫皮가 行하여지고, 그것 또한 交尾前脫皮를 함으로서 繼續的으로 交尾·產卵을 行하게 됨으로 半年間의 產卵回數도 10回以上인 경우가 허다하다. 이같은 現象은 Kubo(1949, 1950)

에 의한 天然界에 있어서의 本種에 對한 產卵回數의 報告가 1~2회로 되어 있는 것에 比하면 단지 飼育水溫을 調節함으로써 人爲的인 採卵回數를 增加시킬 수 있고 또한 年中採卵이 可能하게 됨으로서 本種의 種苗生産을 試圖함에 큰 長點이 되는 것으로 思料된다.

要 約

담수산 징거미새우 *Macrobrachium nipponense* (De Hann)는 우리나라 南部의 河口 汽水 區域에 棲息하는 흔한 종으로 體長 約 7 cm 정도이며 우리나라 *Macrobrachium* 屬의 새우 중에서는 가장 큰 種이다. 최근 自然 水域의 汚染으로 自然에서의 이 種의 數가 급격히 減少되고 있어서 이에 대한 對策이 시급한 실정이다. 따라서 본 實驗에서는 이 種의 人工種苗生産을 위한 기초로서의 生殖生態 즉 交尾前脫皮 횟수, 交尾前脫皮의 形態學的 特徵, 脫皮期間中の 一日 먹이량, 交尾 行動, 精子和 精苞의 구조, 精巢內的 受精管의 형태, 產卵 기작, 適正人工受精 시간, 交尾로 부터 產卵에 所要되는 시간 및 過程, 水溫과 鹽分濃度에 따른 卵發生 및 孵化에 미치는 영향, 卵孵化過程을 조사하였고 그 결과는 다음과 같다.

1. 水溫 28°C, 鹽素量 3.26~4.35%에서 암컷은 17~18일 週기로 成長 脫皮를 하였고, 13~14일 간격으로 4~5회의 交尾前脫皮를 하였다. 人工受精에 적절한 시간은 交尾前脫皮後 14시간 이내였고 最適時間은 脫皮後 8時間 이내였다. 交尾時에 수컷은 寒天質의 精苞를 암컷의 腹溝에 넣었고 產卵은 交尾後 6~17時間 後에 觀察되었으며 產卵時에 體外受精이 된다고 思料된다. 受精卵은 암컷의 游泳肢 사이에 만들어진 抱卵室에 부착되며 그 수는 암컷 體長이 6.5 cm인 경우 약 5000~6000粒 정도이다.

2. 產卵 直後의 알은 橢圓形이며 평균 크기는 0.58×0.48 mm였고 卵發生이 진행되면서 크기가 증가되어 마지막에는 0.85×0.48 mm로 되었다. 알의 長軸(Y)와 所要日數(X)와의 相關關係는 $Y = 5.60194 + 0.007358X$ 로 나타낼 수 있었다. 卵의 發生은 表割이었으며 分轄溝는 4 細胞期에 나타났다. 卵發生은 水溫 22~30°C에서 正常的이며 最適水溫은 26~28°C로 나타났고, 鹽分度는 鹽素量 0~6.64%에서 正常的으로 발생하였으며 最適鹽分 濃度는 2.21% Cl.이었다. 卵孵化日數(Y)와 水溫(X)와의 相關關係는 $Y = 50.803 - 1.355X$ 로 나타났고 水溫 28~28.6°C에서 產卵에서 孵化까지는 12~13일이 所要되었다.

3. 交尾前脫皮는 成長 脫皮와 형태적으로 큰 차이가 났으며 交尾前脫皮에서만 繁殖剛毛와 繁殖 纖毛가 胸腹甲部, 腹部側板 및 1~4번 游泳肢 基部에 나타났다.

參 考 文 獻

- Antheunisse, L. J. and N. P. van den Hoven, 1968. The breeding characters of *Palaemonetes vairans* (Leach) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 14 : 259~270.
- Bauer, R. T., 1976. Mating behavior and spermatophore transfer in the shrimp *Heptacarpus pictus* (Stimpson) (Decapoda : Caridea : Hippolytidae). *J. Natural history*, 10 : 415~440.
- Berg, A. V. and P. A. Sandifer, 1984. Mating behavior of the grass shrimp *Palaemonetes pugio* Holthis (Decapoda, Caridea). *J. Crustacean Biology*, 4(3) : 417~424.
- Burkenroad, M. D., 1947. Reproductive activities of decapod crustacea. *American Nat.*, LXXXI : 392~398.

- Ching, C. A. and M. J. Velez Jr., 1985. Mating, incubation and embryo number in the freshwater prawn, *Macrobrachium heterochirus*(Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae) under laboratory conditions. *Crustaceana*, 49(1) : 42~48.
- Fielder, D. R. and A. J. Eales., 1972. Observation on courtship, mating and sexual maturity in *Portraus pelagicus*(Linn. 1766) (Decapoda, Portunidae). *J. Natural history*, 6 : 273~277.
- Fisher, W. S. and W. H. Clark Jr., 1983. Eggs of *Palaemon macroductylus* : 1. Attachment to the pleopods and formation of the outer investment coat. *Biol. Bull.*, 164 : 189~200.
- Forster, G. R., 1951. The biology of the common prawn, *Leander serratus* Pennant. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 30 : 333~360.
- Gleeson, R. A., 1977. Pheromone communication in the reproductive behavior of *Callinectes sapidus*. Ph. D. Dissertation, The College of Willam & Mary in Virginia. U.S.A.
- Höglund, H., 1943. On the biology and larval development of *Loander squilla*(Linn.) forma typica de Man. *Svenska hydrograf.-biol. Komm. Skr.*, (n. s.)2 : 1~44, pls 1~4, 1 folding chart.
- Holthuis, L. B., 1950. The decapoda of the Siboga Expedition ; Part X. The Palaemonidae collected by the Siboga and Snellius Expeditions, with remarks on other species. I. Subfamily Palaemoninae. *Siboga Expeditie*, 39(a) ; E. J. Brill, Leiden, Holland.
- Icho, H., 1914. Japanese freshwater Palaemonid prawns and their larvae(In Japanese). *Dobutsugaku Zasshi*, Japan, 26 : 183~187.
- Kamiguchi, Y., 1972a. Mating behavior in the freshwater prawn, *Palaemon paucidens*, a study of the sex pheromone and its effect on males. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 4, Zool.*, 18(3) : 347~355.
- _____, 1972b. A histological study of the "Sternal gland" in the female freshwater prawn, *Palaemon paucidens*, a possible site of origin of the sex pheromone. *Ibid.*, 18(3) : 356~365.
- Knowlton, R. E. and A. B. Williams, 1970. The life history of *Palaemonetes vulgaris*(Say) and *P. pugio* Holthuis in coastal North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 86 : 185.
- Koehler, L. D., 1979. A unique case of cyto-differentiation : Spermiogenesis of the prawn, *Palaemonetes paludosus*. *J. Ultrastructure Research*, 69 : 109~120.
- Kubo, I., 1937. Sexual dimorphism in abdominal appendages of some Palaemonoid shrimps of Japan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 5(6) : 346~348.
- _____, 1940. Studies on Japanese Palaemonoid shrimps. I. *Palaemon*. *Jour. Imp. Inst. Tokyo*, 34(1) : 6~10.
- _____, 1949. Ecological studies on the Japanese freshwater shrimp, *Palaemon nipponensis*. 1. Seasonal migration and monthly size-composition with special reference to the growth and age. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 15(3) : 125~130.
- _____, 1950. Ecological studies on the Japanese freshwater shrimp, *Palaemon nipponense*. 2. Localization found on population of the shrimp of the lake Kasumigaura(In Japanese). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 15(10) : 561~566.

- Kwon, C. S., 1981. A basic study on the production of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*(De Man), through utilizing inland-water productivity. J. Dong Eui Univ., Pusan, Korea, 5(Suppl.) : 1~136.
- _____, and C. H. Han, 1985. A study on the mechanism of egg hatching process in a freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*(De Man). J. Inst. Bio-Prod. Res. Dong Eui Univ., 2 : 23~40.
- _____, and Y. Uno., 1969. The larval development of *Macrobrachium nipponense* (De Hann) reared in the laboratory. Bull. de la societe franco-japonaise d' oceanographie, 7(4) : 30~46.
- Lee, C. L., 1980. Some aspects of the taxonomy, behavior and biology of the freshwater prawn, *Macrobrachium australiense* Holthuis 1950(Crustacea : Decapoda : Palaemonidae). Ph. D. thesis, Univ. Queensland, Australia.
- Lee, C. L. and D. R. Fielder, 1982. Maintenance and reproductive behavior in the freshwater prawn, *Macrobrachium australiense* Holthuis(Crustacea : Decapoda : Palaemonidae). Aust. J. Mar. & Freshw. Res., 33 : 629~646.
- Ling, S. W., 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii*(De Man). FAO Fish. Rep., 57 : 589~606.
- Little, G., 1968. Induced winter breeding and larval development in the shrimp *Palaemonetes pugio* Holthuis(Caridea, Palaemonidae). Crustaceana, (Suppl.) 2 : 19~26.
- Lynn, J. W., 1981. The reproductive biology and gamete interaction in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Ph. D. Dissertation, Univ. Calif., Davis, Calif., U.S.A.
- Lynn, J. W. and W. H. Clark Jr., 1983. The fine structure of the mature sperm on the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Biol. Bull., 164 : 459~470.
- Nath, V., 1937. Spermatogenesis of the prawn, *Palaemon lamarrei*. J. Morphol., 61 : 149~163.
- Rao, R. M., 1965. Breeding behavior in *Macrobrachium rosenbergii*(De Man). Fish. Techno. (India)2 : 19~25.
- Ruello, N. V. and P. F. Maffitt and S. G. Phillips, 1973. Reproductive behavior in captive freshwater shrimp *Macrobrachium australiense* Holthuis. Australian Jour. Mar. & Freshw. Res., 24 : 197~202.
- Truesdale, F. M. and W. J. Meymilliod, 1979. The river shrimp *Macrobrachium ohione*(Smith) (Decapoda, Palaemonidae) : Its abundance, reproduction and growth in the Atchafalaya river basin of Louisiana, U.S.A. Crustaceana, 36 : 61~73.
- Uno, Y., 1971. Studies on the aquaculture of *M. nipponense*(De Haan) with special reference to breeding cycle, larval development and feeding ecology. Bull. de la societe franco-japonaise d' oceanographie, 9(2) : 39~44.
- 梶島考雄, 1949, スジエビ *Leander paucificus* Stimpson の發生 1. 産卵習性. 日本動物學雜誌., 58(10) : 187~190.
- 上田常一, 1961. 日本淡水産エビの研究. 松江書店.