

# 동남참게, *Eriocheir japonicus* (De Haan)의 種苗生産에 關한 生物學的 基礎研究

## 1. 繁殖生態

權晉洙 · 李福奎 · 李彩成

東義大學校 自然科學大學 生物學科

# Studies on the Seedling Production of the Freshwater Crab, *Eriocheir japonicus* (De Haan)

## 1. Reproductive Ecology

Chin-Soo KWON, Bok-Kyu LEE and Chae-Sung LEE

Department of Biology, College of Natural Science  
Dong Eui University, Pusan, 614-714 Korea

### ABSTRACT

The freshwater crab, *Eriocheir japonicus* inhabits from sub-tropical to temperate zone in Asia. This species belongs to a large size group among freshwater crabs. Common size of this crab is 5~6 cm in carapace length and occasionally 7 cm in carapace length.

This species of crab used to inhabit in estuaries, rivers and inland waters in Korea. However, natural population recently has been rapidly decreased because of pollution and lost their habitats by suburban development. Therefore, development of proper methods of seedling production to increase natural stock became necessity. As parts of achieving this goal, duration from mating to spawning, egg incubation period, and egg development of this species were studied. The influence of temperatures and salinities on the egg incubation and hatching was also investigated.

It took 2~8 hours from mating to egg spawning and the spawning lasted 3~9 hours from the first spawning. Egg numbers per female (6 cm in carapace length) were 380,000~410,000. Optimum temperature for egg incubation was 17~23 °C and optimum salinity, 14.0~31.5 ‰.

Incubation period of the eggs at 14 °C, 17 °C, 20 °C, 26 °C, and 28 °C was 42, 28, 21, 15, and 14 days, respectively. Relation between temperature (X) and incubation days (Y) was  $\text{Log } Y = \text{Log } 2764.267 - 1.608 \text{ Log } X$ . A female can spawn 4~6 times per year by manipulation

이 論文은 1991年度 學術振興財團의 大學附設 研究所 研究 造成費에 依하여 研究되었음.

of environmental conditions.

Under the conditions of 18 °C and 24.5‰, it took 6 days up to embryo formation, 18 days up to compound eye formation, 22 days up to abdominal movement, and 25 days up to hatch out as zoea larvae.

## 緒 言

동남참게, *Eriocheir japonicus* (De Haan)는 우리 나라의 東海와 南海 沿岸 水域 및 河口域으로부터 上流域에 걸쳐 棲息 分布하는 甲長 5~6 cm, 甲幅 6~7 cm 크기의 比較의 大型인 淡水産 게로서 옛부터 우리 나라의 土俗의인 계장용으로서 그 嗜好性이 매우 높아 産業上으로 有用한 種類에 속한다. 最近에 이르러 都市 産業 廢水의 無節制한 放流에 따른 河川 流入으로 말미암아 本種의 주된 棲息域인 河川의 荒廢化와 더불어 河口堰의 建設 등에 의한 人爲的인 河口遮斷으로 인하여 内灣 水域에서 河川 上流域 사이를 移動回遊하는 必須的인 生態過程을 잃게 됨으로서 天然에서의 資源 維持가 거의 불가능하게 되었으므로 人工 種苗生産 技術開發로 인한 資源量 確保 增強의 必要性이 절실히 要求된다.

甲殼類의 十脚目에 屬하는 短尾類의 繁殖生態에 관한 報告는 그다지 많지는 않으나 (Gifford 1962; Cheung 1969; Hughes 1973; Berrill 1982; Goy *et al.* 1985), 그나마 그들의 대부분은 斷片的인 現象을 調査한데 지나지 않는다.

한편, 本種의 繁殖生態에 관해서는 거의 調査되어 있지 않고 단지 初期幼生의 飼育에 관한 八塚 (1948)의 報告와 森田 (1974a)의 包括的인 交尾行動에 관한 報告 및 石田 等 (1975a, b), 後藤 等 (1986)과 渡邊와 梶山 (1987) 등의 年例 試驗場 業績報告와 같은 開闢的인 增殖生態에 관한 調査 內容 中에서 部分的으로 包含된 斷片的인 結果와 아울러 初期幼生의 發生에 관한 森田 (1974b) 및 Kim *et al.* (1990)의 報告가 있을 뿐 現在까지 本種의 人爲的인 種苗生産을 위하여 先決되어야 하는 效率的인 採卵方式을 確立하기 위하여 生物學的 基礎研究의 一環으로서 本種의 繁殖生態를 綜合的으로 取扱한 調査報告는 되어 있지 않는 實情이다.

따라서 本研究은 效率的인 人工採卵方式을 確立시키기 위한 目的으로 交尾生態, 產卵 및 抱卵生態, 卵發生過程 및 孵化機構와 같은 繁殖生態와 더불어 卵發生으로부터 孵化에 이르기까지에 影響을 미치는 溫度와 鹽度의 好適條件 등의 究明을 위한 生物學的 基礎課程을 調査하였다.

## 材料 및 方法

1. 成體의 飼育管理: 本實驗에 使用한 동남참게, *E. japonicus*는 慶南 河東郡 蟾津江 河口域에서 1990년 11월 中旬에 採集한 雌雄成體를 東義大學校 生物生産研究所의 飼育室에서 높이 100 cm, 가로 200 cm, 세로 100 cm 크기의 2 ton 容量의 長方形 FRP製 濾過式循環槽 2 개에 性比를 암컷 2 마리에 수컷 1 마리의 比率로 15 마리씩을 收容하였고, 이때 最初의 水溫은 7 °C, 鹽度 10.5‰, 日長時間은 10 시간을 維持하였다.

1) 人工採卵을 위한 水溫調節은 最初水溫 7 °C 및 鹽度 10.5‰에서 2週日間 適應시킨 후 17週日間隔으로 水溫을 10 °C, 12 °C, 15 °C 및 17 °C로 漸進的으로 上昇시켜 주었다. 이때 溫度調節은 thermostat를 부착한 전기 히터를 使用하였고 每日 2회씩 午前 9 시와 午後 6時頃에 飼育水의 溫度를 溫度計로써 測定하였다.

2) 鹽度調節은 最初 10.5%에서 2週 동안 適應시킨 후 水溫上昇 間隔과 同一하게 1週日 間隔으로 14.0%, 17.5%, 21.0% 과 24.5%로 漸進的인 上昇을 시키면서 交尾 및 產卵을 誘發시켰다. 한편 飼育水의 鹽度を 維持시켜 주기 위하여 最初水位를 表示한 후 溫度上昇에 따른 飼育水의 水分蒸發로 인하여 水位가 下降된 分量은 淡水를 每 2日 間隔으로 添加하여 飼育水의 鹽度變動을 抑制시켰으며 鹽度測定器 (TSI, Model No. 33型)로 每日 1回씩 計測·補完하였다.

3) 日長時間調節은 timer를 使用하여 1日 10時間의 日長時間을 自動調節하였으며, 이때 使用한 照明은 40w 螢光燈 2個씩을 設置하여 照度を 4000 Lux로 維持시켰다.

4) 먹이는 바지락의 肉片을 1日 1回 午後 6時에 投與한 후 다음날 午前 9時頃에 殘餘物을 除去하므로써 飼育水 汚染을 抑制하였다.

5) 飼育期間中の 飼育水 및 濾過砂는 每 2個月마다 1回씩 全量을 새로운 것으로 바꿔주었다.

2. Fig. 1에 表示한 바와 같이 飼育水 160ℓ를 채운 높이 50cm, 가로 92cm 및 세로 43cm 크기의 長方形 플라스틱製 側面濾過式 飼育槽에 水溫 17℃와 鹽度 24.5%을 維持시키면서 交尾後 抱卵된 成體를 1마리씩 隔離시켜 個別로 收容하여 成體 飼育때와 같은 方式으로 孵化時까지 飼育管理를 하였다.

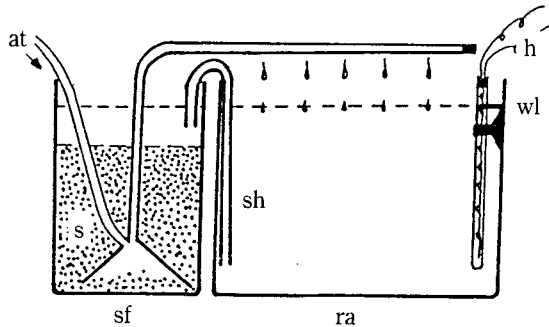


Fig. 1. Rearing aquarium of the ovigerous adult of *Eriocheir japonicus* (De Haan).

at: air tube, h: thermostat, wl: water level,  
sf: sand filtering box, sh: siphon, s: sand,  
ra: rearing aquarium.

3. 交尾行動을 觀察하기 위하여 암컷을 飼育하는 높이 50cm, 가로 92cm 및 세로 43cm 크기의 水槽에 수컷을 옮겨 交尾行動을 觀察하고 수컷을 除去시킨 후 排卵 開始時부터 抱卵 終了까지에 所要되는 時間의 測定과 그간의 諸般 動作의 機構를 觀察하였다.

4. 암컷 및 수컷의 生殖巢 觀察은 頭胸甲殼을 除去한 後 生殖巢를 各各 摘出하여 立體顯微鏡下에서 camera-lucida를 통하여 寫生함과 同時에 micrometer로써 크기를 測定하였으며, 암컷의 輸卵管

末端部에 形成되는 臟精囊 內部的 組織學的 調查를 위하여 Bouin液으로 固定시킨 후 paraffine 切片法에 의하여 5 $\mu$ 의 두께로 切斷하여 haematoxylin과 eosin으로 染色시켜 觀察하면서 精子의 모양을 顯微鏡下에서 camera-lucida를 통하여 寫生함과 同時에 그 크기는 micrometer로써 測定하였다.

5. 卵發生을 調查하기 위하여 飼育水를 各各 40ℓ씩 채우고 水溫 17.5~18.6℃와 鹽度 24.5‰를 維持시킨 높이 30 cm, 가로 50 cm 및 세로 35 cm 크기의 長方形 아크릴製 側面濾過式循環槽에 交尾를 마친 암컷을 1 마리씩 個別로 收容하여 排卵 및 抱卵되는 卵粒을 摘出하면서 經過時間에 따른 卵發生의 樣狀變化를 顯微鏡下에서 camera-lucida를 통하여 寫生함과 同時에 micrometer로써 卵徑을 測定하였다.

6. 抱卵成體의 鹽도에 따른 孵化速度 및 孵化에 따른 好適鹽도와 抱卵室에서의 脫落臨界 鹽度を 調查하기 위하여 水溫을 22℃로 維持시키고, 鹽度を 淡水(0.0‰), 3.5‰, 7.0‰, 10.5‰, 14.0‰, 17.5‰, 21.0‰, 24.5‰, 28.0‰, 31.5‰ 및 35‰의 11個의 實驗區로 나눈 가로 92 cm, 높이 50 cm 및 세로 43 cm 크기의 아크릴製 側面循環濾過式으로 된 長方形 實驗水槽의 3個씩을 各 實驗區別 1個組로 하고 抱卵成體를 各各 2마리씩 收容하여 卵發生 進行狀態와 脫落 與否를 觀察 調查하였다.

7. 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 調查하기 위하여 飼育水의 鹽度を 24.5‰로 維持시키고, 水溫을 14℃, 17℃, 20℃, 22℃, 23℃, 26℃ 및 28℃의 7個區로 나눈 가로 92 cm, 높이 50 cm 및 세로 43 cm 크기의 아크릴製 側面循環濾過式으로 된 各 實驗區別 水槽의 3個씩을 各各 1組로 하고 抱卵成體를 各各 2마리씩 收容하여 卵發生 進行狀態 및 孵化速度와 卵의 脫落與否를 觀察하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 交尾生態

#### 1) 交尾行動

Fig. 2에서 表示한 바처럼, 수컷은 거대한 짐게 다리를 前方으로 뻗으며 威勢를 부리듯 頭胸部를 높이는 姿勢를 취하면서 암컷에게로 接近을 試圖하게 된다(Fig. 2a). 이 때 交尾할 意思를 가진 암컷의 경우는 수컷의 接近에도 逃避하지 않고 잠시 停止한채 수컷의 接近을 받아들여 암컷 스스로 수컷 쪽으로 接近을 하면 수컷이 암컷의 背面으로 기어 오르게 姿勢를 낮추면 수컷은 암컷에 업히는 體位를 取하며 兩쪽 鉗脚으로서 抱擁하여 停止狀態를 取하든가(Fig. 2b) 또는, 한참동안 같이 움직 이다가 抱擁姿勢를 풀고 암컷의 背面에서 내려와 암컷의 前面으로 移動하여 한쪽의 鉗脚으로서 암컷의 步脚을 집어 끌어 안아서 서로의 腹甲面을 맞닿도록 하는 경우와 또한, 수컷이 암컷에게로 갑작스레 接近하여 한쪽의 鉗脚으로 암컷의 步脚을 집어 끌어 안아서 수컷의 步脚을 암컷의 各 步脚 사이에 넣고 鉗脚으로 암컷을 抱擁하여서 腹面을 맞닿도록 하는 경우(Fig. 2c)가 있다. 그 후 수컷은 腹甲節로서 암컷의 腹甲節을 벌려서 陰莖으로 암컷 生殖孔을 더듬는 動作을 하면서 암컷 生殖孔에 陰莖을 맞닿게하여 몸을 激烈히 震動시켜 가며 精包를 射出하여 生殖孔 周緣에 癒着시키면서 交接을 마치게 된다(Fig. 2d). 이 같은 交尾行動이 모두 끝나면 수컷은 抱接한 암컷으로부터 떨어져 가나(Fig. 2e), 이때 1회의 交尾行動으로써 交接이 成事되지 못하였을 때는 암수가 서로 떨어진 후 再次 交接行動을 反復하는 境遇를 觀察할 수 있다. 한편, 交尾行動에서 실제로 암수의 交接動作에만 所

要되는 시간은 不過 2~3 초에 지나지 않으므로 3~4 分の 시간이 所要되는 交尾前 遊戲行動에 비하면 훨씬 짧다.

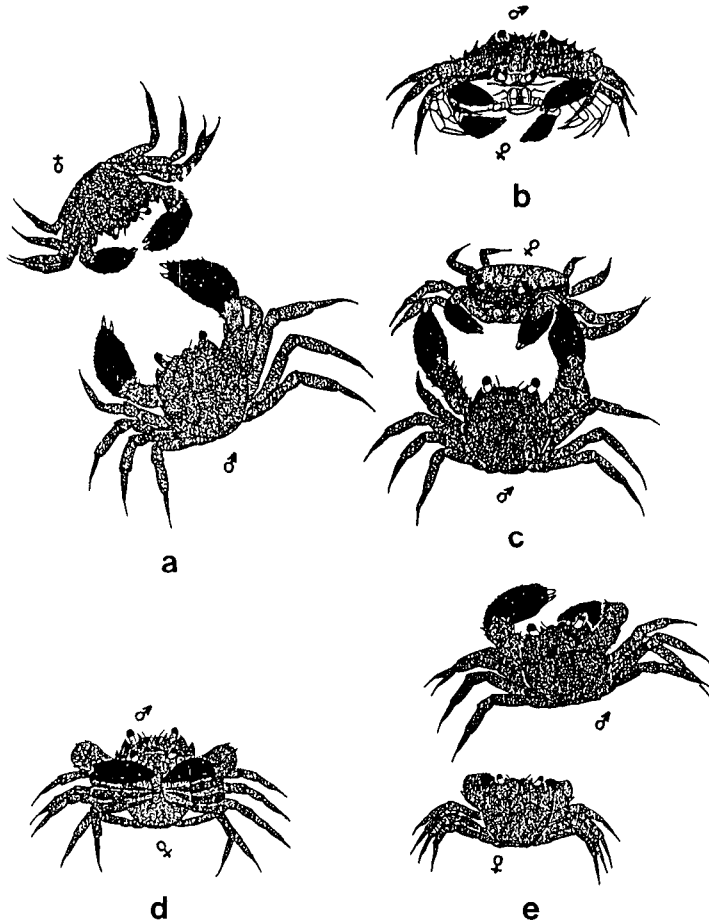


Fig. 2. Mating behavior of *Eriocheir japonicus*.

a: courting gesture, b: mounting, c: contact, d: seizure and mating, e: free from mating.

## 2) 産卵, 受精 및 抱卵

암수의 구별은 Fig. 3에서 表示한 바처럼, 腹甲節의 形態로서 容易하게 識別할 수 있으며, 수컷의 腹節 內側 基部에는 遊泳肢가 變形되어 形成된 한쌍의 陰莖 突起가 있고, 암컷의 第6 胸腹甲板에는 左右 한쌍의 生殖孔이 開口되어 있다. 한편 암컷의 卵巢는 Fig. 4b에서 表示한 바처럼, H형을 하고 輸卵管의 末端에는 臟精囊이 形成되어 있으며 그 末端은 生殖孔에 開口된다. 그리고 수컷의 精巢는 Fig. 4a에서 表示한 바처럼, V형을 하며 그 基部는 길게 늘어진 螺旋狀의 輸精管을 이루고 그 末端部는 가늘어진 射精管으로 되어 있으며, 또한 射精管의 末端은 陰莖의 先端部에 連結되어 開口된다. 또한, 交尾할 때 수컷은 陰莖 끝을 암컷 生殖孔에 맞닿게 하여 乳白色의 半透明한 粘液性의 精包를

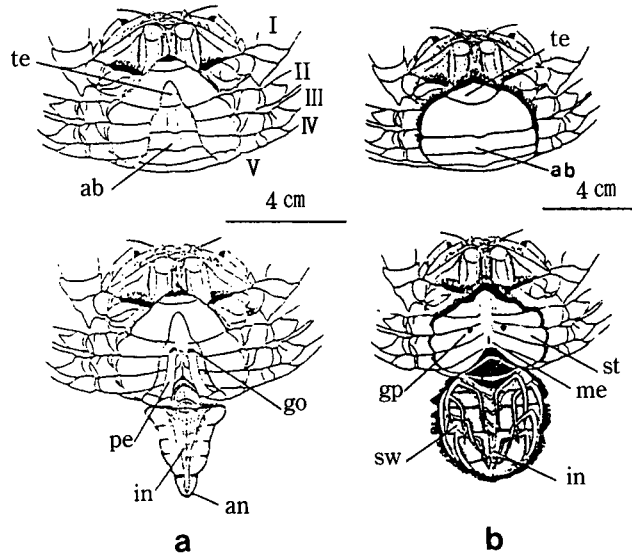


Fig. 3. Ventral view of male (a) and female of *Eriocheir japonicus* (b) with opened abdomen  
 pe: penis, in: intestine, an: anus, gp: genital pore, sw: pleopod, me: median groove,  
 I ~ V: 1~5 pereopod, te: telson, ab: abdomen, st: abdominal sternum.

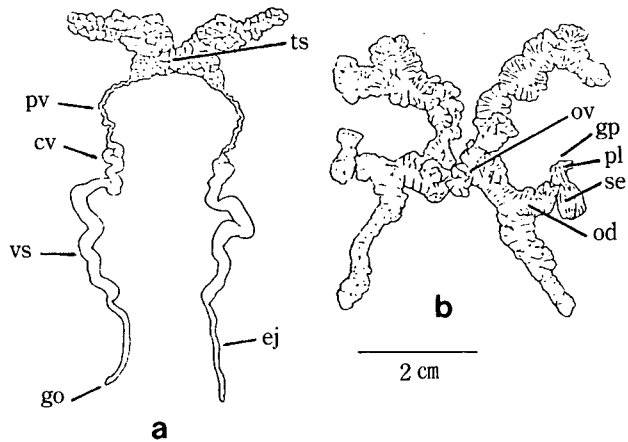


Fig. 4. Male (a) and female (b) genital organs of *Eriocheir japonicus*.  
 ts: testis, vs: vas deferens, ej: ejaculatory duct, go: gonophore, ov: ovary,  
 se: seminal receptacle, od: oviduct, gp: genital pore, pv: proximal vas deferens,  
 cv: convoluted vas deferens.

암컷의 生殖孔에 射出·癒着시키며, 그후癒着한 精包는 Fig. 4b에서 表示한 바처럼, 輸卵管의 末端에 形成된 臟精囊에 吸入·貯藏된다.

精子의 모양과 크기는 Table 1 및 Fig. 5에서 表示한 바처럼, 압침 모양을 하며 前核이 위치하는 頭部의 길이는 3.66  $\mu\text{m}$ 이고, 末部の 直徑은 3.47  $\mu\text{m}$ 이다.

Table 1. Size of spermatozoa of *Eriocheir japonicus*

No.	Head ( $\mu\text{m}$ )	Tail ( $\mu\text{m}$ )	No.	Head ( $\mu\text{m}$ )	Tail ( $\mu\text{m}$ )
1	3.00	3.05	17	3.80	3.95
2	3.00	3.05	18	3.80	3.95
3	3.10	3.00	19	3.85	4.00
4	3.10	3.80	20	3.90	3.70
5	3.20	2.60	21	3.90	3.70
6	3.20	2.60	22	3.90	3.95
7	3.20	3.40	23	3.95	3.45
8	3.40	3.10	24	3.95	3.45
9	3.45	3.05	25	4.00	3.75
10	3.50	3.50	26	4.00	3.90
11	3.55	3.05	27	4.10	3.50
12	3.55	3.20	28	4.10	3.50
13	3.75	3.55	29	4.10	4.00
14	3.75	3.60	30	4.15	4.00
15	3.80	3.20			
16	3.80	3.20			
			Mean	3.66 $\pm$ 0.36	3.47 $\pm$ 0.42

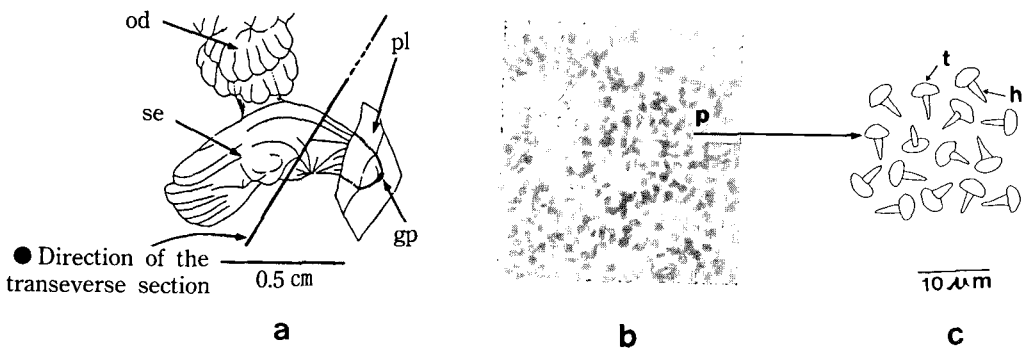


Fig. 5. Showing of the seminal receptacle and spermatozoan of *Eriocheir japonicus*.

a, seminal receptacle; b, spermatozoa in seminal receptacle; c, enlargement of spermatozoa; gp, genital pore; od, oviduct; pl, piece of abdominal segment of ventral segment; se, seminal receptacle; t, tail portion; h, head portion.

交尾가 끝나면 成熟한 卵은 輸卵管의 末端部에 연결된 臟精囊을 經由하여 암컷의 第6 胸腹甲板에 開口된 生殖孔을 通하여 外部로 排出되며, 이때 卵粒은 아직은 不正 圓形을 하며 Fig. 6에서 表示한 바처럼, 卵粒 周圍를 둘러싸고 있는 粘液性 물질속에 包埋되어 있는 精子와 함께 암컷의 遊泳肢로서 形成된 抱卵室內에 收容되면서 體外受精이 일어난 후에 圓형으로 된다.

한편, 人爲的인 交尾 · 産卵을 誘發시키기 위하여 採集한 암컷을 最初에 水溫 7℃, 鹽度 10.5‰ 및 日長時間을 10 시간으로 하여 2주간을 適應시킨 후 水溫 및 鹽度を 1주일 間隔으로 서서히 段階的으로 上昇시켜 水溫 17℃ 및 鹽度 24.5‰로 調節 · 飼育하면 Table 2에서 表示한 바처럼, 2月부터 交尾 · 産卵을 開始하는 個體가 나타난다. 따라서 이 結果에 의하면 個體에 따라서 交尾 · 産卵 開始의 時期差는 엇볼 수 있으나, 天然水域에서는 대체로 年間 2~3 회의 産卵을 하며 4, 6月頃の 抱卵한 個體가 採集되는데 비하여 飼育環境의 人爲的인 調節에 의하면 6個月間的 飼育에서 2~4 회의 産卵을 하게 되는 個體가 나타나므로 年間 産卵回數를 人爲的으로 調節할 수 있음을 알 수 있다.

交尾로부터 産卵開始까지에 所要되는 時間은 Table 3에서 표시한 것처럼, 交尾後 4~6 시간이 가 장 많고 다소간 遲延되어 21時間 이상을 요하게 되는 경우도 觀察할 수가 있다. 그리고 交尾 完了後 産卵 開始로부터 抱卵이 完了되기까지에 所要되는 時間은 個體에 따라 다소간의 차이가 있으나, 뚜렷한 차이는 엇볼 수 없으며 水溫 17.0~25.0℃, 鹽度 24.5‰의 飼育條件下에서는 대체로 3~9 시간이 所要되며 1회의 抱卵數는 Table 4에서 表示한 바처럼, 頭胸甲長의 길이에 따라 相異하며 甲長 6 cm인 境遇에는 약  $32\sim45 \times 10^4$ 粒 정도이다.

### 3) 抱卵成體의 孵化에 따른 鹽度 및 水溫과의 關係

水溫 21.8~22.6℃ 條件下에서 鹽度에 따른 孵化速度 및 抱卵成體의 孵化狀態를 調査한 結果는 Table 5에서 表示한 바처럼, 鹽度에 따른 孵化速度의 差異는 水溫의 變化에 비하여 그다지 顯著하게 나타나지 않는다. 鹽度 24.5‰ 경우에 18日이 所要되는데 비하여 이보다 鹽度가 높아질수록 漸進的으로 孵化速度가 다소 늦어지는 傾向을 보인다. 한편 鹽度 35.0‰의 경우에는 19日이 所要되나 抱卵成體의 孵化率은 80%를 나타내는데 비하여, 鹽度가 24.5‰보다 낮아지는 경우에는 漸進的으로 孵化速度가 늦어지는 傾向을 보이나, 특히 鹽度 7.0‰에서는 흔적적인 卵割은 일어나지만 그 이상의 發生 · 進展은 되지 아니하고 2~3日 以內에 抱卵室로 부터 卵塊는 死滅 · 脫落하며, 淡水 0.0%~3.5%에서는 처음부터 卵割이 일어나지 않고 1~2日 以內에 死滅 · 脫落하게 된다. 한편 이 같은 現象은

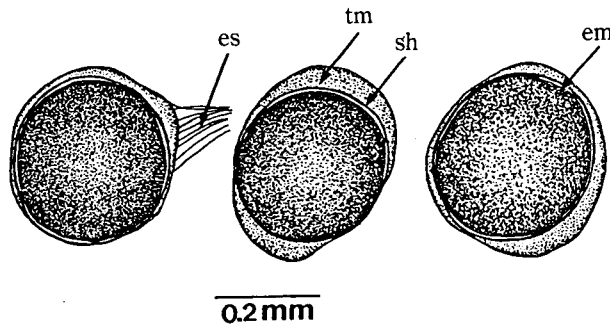


Fig. 6. Newly spawned eggs of *Eriocheir japonicus*.

es: egg stalk, em: egg membrane, tm: transparant mucus, sh: egg shell.



Table 2. Time frequency on the oviposition of the adult females of *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory for 6 months at 17~24 °C and 17.5~24.5 ‰. Crabs were fed on meat of fish and clam

Individual (N=7)	Carapace length (Body weight)	Frequency of oviposition	Oviposition occurred						
			※ Feb.	Mar.	Apr.	May	June.	July.	
* Experiment period : February~July, 1990.									
1	4.8 cm ( 65.1g)	3 times							
2	5.4 cm ( 94.7g)	3 times							
3	4.4 cm ( 49.4g)	3 times							
4	6.1 cm (135.4g)	4 times							
5	5.0 cm ( 72.2g)	3 times							
6	4.3 cm ( 51.3g)	2 times							
7	5.6 cm (109.6g)	2 times							

← and → marks represent the brooding day and hatched day, respectively.

※ Temperature ranges in rearing aquaria in February~April: 17~18 °C, May: 17~20 °C, June: 19~23 °C and July: 22~26 °C

\* → mark represents occurrence of copulation.

Table 3. Time sequence of adult females of reared *Eriocheir japonicus* from copulation to oviposition and brooding. The females were in the laboratory at 17~25 °C and 24.5 ‰

Individual (N=13)	Time required		Temperature
	Oviposition started	Brooding finished	
1	After 27 hours	After 3 hours	21~22 °C
2	14	6	21~22 °C
3	12	7	21~22 °C
4	21	6	21~22 °C
5	8	9	17~18 °C
6	7	9	17~18 °C
7	5	4	21~22 °C
8	6	3	21~22 °C
9	6	6	21~22 °C
10	4.5	5	21~22 °C
11	6	3	19~20 °C
12	1.5	6	21~22 °C
13	4	7	23~25 °C

Table 4. Fecundity (number of eggs) of the ovigerous females of *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory

Individual (N=25)	Carapace length (cm)	No. of berried eggs/female (grains)
1	4.0	120,000
2	4.1	90,000
3	4.1	150,000
4	4.5	120,000
5	4.9	250,000
6	5.0	300,000
7	5.1	270,000
8	5.3	200,000
9	5.3	300,000
10	5.3	220,000
11	5.5	300,000
12	5.5	380,000
13	5.5	350,000
14	5.5	400,000
15	5.5	380,000
16	5.7	350,000
17	6.0	410,000
18	6.0	320,000
19	6.0	450,000
20	6.0	380,000
21	6.0	450,000
22	6.5	400,000
23	6.5	490,000
24	6.5	440,000
25	6.5	310,000

Table 6 및 Fig. 7 에서 表示한 바처럼, 鹽度 24.5% 에서의 卵 크기가 0.30×0.31 mm 인데 비하여, 淡水 및 보다 낮은 低鹽度에서는 滲透作用에 의하여 外部의 水分이 卵內로 透入되어 鹽度 7% 에서는 卵의 크기가 0.37×0.39 mm, 3.5% 에서는 0.39×0.40 mm 그리고 淡水에서는 0.43×0.45 mm로서 急激한 膨脹이 일어나 溶血作用에 의하여 卵은 死滅되어 抱卵室에서 脫落됨을 알 수 있다. 따라서 飼育水의 각 鹽度에 따른 孵化速度 및 抱卵成體의 孵化如否를 考慮할때 孵化에 따른 好適한 鹽度 범위는 14.0~31.5% 인 듯하다.

또한 鹽度 24.5% 條件下에서 抱卵 直後の 암컷에 대한 水溫에 따른 孵化速度는 Table 7 및 Fig. 8 에서 表示한 바처럼, 14℃에서는 28日, 20℃에서는 22日, 22℃에서는 18日, 23℃에서는 17日 그리고 26℃에서는 15日이 각각 所要되며 28℃에서는 孵化率은 매우 低調하나 14日이 所要된다. 따라서 水溫에 따른 孵化速度는  $\text{Log } Y = \text{Log } 2764.267 - 1.608 \text{ Log } X$ 의 式으로 나타낼 수가 있다 (Y: 所要 일수, X: 水溫). 따라서 水溫에 대한 孵化速度 및 抱卵成體의 孵化率을 비교하면 孵化에 따른 好適한 水溫範圍는 17~26℃ 인 듯하다.

Table 5. Duration of incubation at different salinity levels of the ovigerous females of *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory at 21.8~22.6°C. Initial number of specimens was 5 each

Salinity (‰)	Time required to hatch out from the brooding (days)	No. of individuals hatched out	Remarks
0.0	—	0	* 5 within 2 days
3.5	—	0	* 5 within 3 days
7.0	—	0	* 5 within 3 days
10.5	19.38±0.24	4	* 1
14.0	18.36±0.31	5	
17.5	18.52±0.37	5	
21.0	18.28±0.48	5	
24.5	18.24±0.35	5	
28.0	18.27±0.44	5	
31.5	19.15±0.25	5	
35.0	19.61±0.42	4	* 1 tail

\* Marks represent the numbers of detached eggs from the egg-chambers.

Table 6. Size variation of newly spawned eggs of *Eriocheir japonicus* at different salinity levels. Number of specimens was 10 each

Egg size (mm)	Salinity (‰)			
	0.0	3.5	7.0	24.5
Short axile	0.4312±0.0161	0.3953±0.094	0.3734±0.0107	0.3016±0.0031
Long axile	0.4594±0.0231	0.4078±0.0107	0.3969±0.0063	0.3125±0.0102

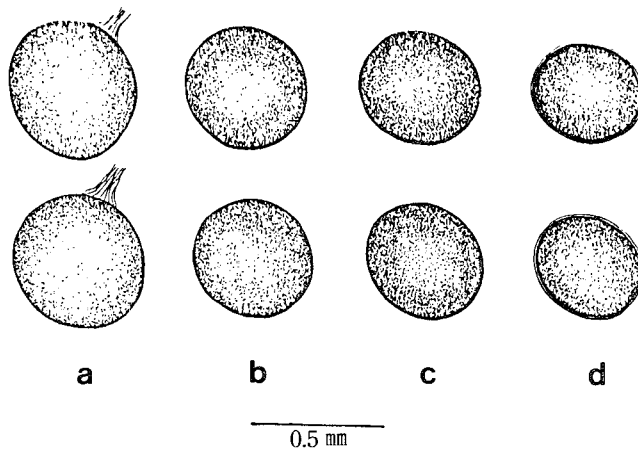


Fig. 7. Morphological variation of newly spawned eggs of *Eriocheir japonicus* at different salinity levels.

a: 0.0‰, b: 3.5‰, c: 7.0‰, d: 24.5‰

Table 7. Effects of different temperature levels on the incubation period of ovigerous female, *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory at 24.5‰ in salinity. Initial number of specimens were 6 in each

Temperature (°C)	Required duration for hatching out from the brooding (days)	No. of specimens	Remarks
14± 0.14	42.87± 0.33	5	* 1
17± 0.38	28.59± 0.31	6	
20± 0.45	21.92± 0.26	6	
22± 0.55	18.55± 0.42	6	
23± 0.62	17.64± 0.36	6	
26± 0.87	15.05± 0.28	4	* 2
28± 0.85	14.23± 0.15	2	* 4

\* Marks represent the numbers of detached eggs from the egg-chamber during the brooding periods.

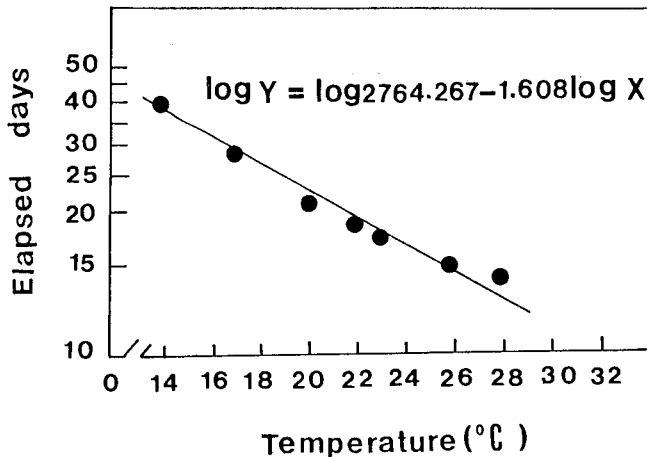


Fig. 8. Relationship between incubation time and temperature of *Eriocheir japonicus*.

## 2. 卵의 發生

### 1) 發生過程

産卵直後の 난 크기는 0.30×0.31mm로서 색깔은 暗綠色이고 不透明하나 發生이 進行됨에 따라 그 크기는 漸進적으로 커져감과 아울러 색깔도 漸進적으로 透明度가 增加하여 淡綠褐色으로 변하게 되어 孵化 直前に 이르러서는 그 크기가 0.36×0.41 mm에 달하게 된다. 따라서 産卵直後로부터 孵化 直前に 이르기까지의 卵發生 過程에 따른 卵軸의 變化는 Fig. 9 에서 表示한 바처럼, 短軸은  $\text{Log } Y = 0.0426 \text{ Log } X - 0.5175$ , 長軸은  $\text{Log } Y = 0.5088 \text{ Log } X - 0.5062$ 의 式으로 表示된다 (X: 經過日數, Y: 卵의 크기 μm).

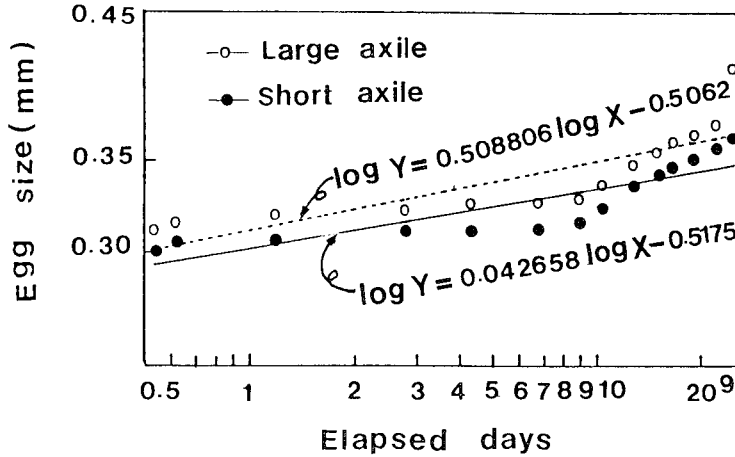


Fig. 9. Relationship between brooding days and egg size of *Eriocheir japonicus*.

한편, 水溫은 18℃ 鹽度 24.5‰의 條件下에서 卵의 發生過程은 Table 8 과 Fig. 10 에서 表示한 바처럼, 抱卵 終了後 약 6 시간이 지나면 顯微鏡下에서 卵의 中心部에 融合된 核의 輪廓이 보이고 (Fig. 10-2), 抱卵後 약 13 시간이 經過되면 卵割이 일어나며 (Fig. 10-3), 抱卵 後 약 104 시간 前後하여 陷入이 시작되어 原腸胚로 進展되고 (Fig. 10-10), 약 160 시간 후에는 胚體가 出現한다 (Fig. 10-14). 한편, 抱卵後 약 360 시간이 지나면 nauplius 眼이 出現함과 同時에 心囊 搏動이 일어나고 (Fig. 10-19), 약 450 시간 후에는 複眼이 제법 發達되면서 胚體의 附屬肢는 보다 發達·形成되어 間歇的인 微震動作을 窺할 수 있고, 아울러 腹節部의 體節 輪廓도 보다 明瞭하게 나타나며 (Fig. 10-21), 그후 抱卵 終了로부터 약 540 시간 前後가 되면 胚體의 卵黃은 顯著하게 吸收·減少되고, 複眼도 거의 孵化直後의 幼生과 같게 發達되며, 또한 心囊 搏動도 훨씬 그 頻度가 빨라지면서, 胚體의 屈身動作이 일어나 卵內의 胚體는 孵化幼生の 形態를 거의 갖추게 되고 (Fig. 10-22), 그 후 抱卵으로부터 624 시간이 經過되면 卵內 幼生은 zoea 狀態로 孵化된다 (Fig. 10-24).

## 2) 孵化機作

### (1) 卵內幼生の 孵化機作

卵內幼生은 그 發生 分化가 進展됨에 따라 胚體의 容積은 漸進的으로 增加되며 孵化前 2~3 日에 달하면 間歇的인 몸의 屈身動作을 취하게 된다 (Fig. 11a).

孵化前 1~2 日에 이르러 卵內幼生の 屈身動作은 胸甲部와 尾節部 사이에 있는 얇은 間膜部를 起點으로 하여 加一層 腹節部의 屈身動作이 頻繁하게 일어나기 때문에 이 部位의 卵膜 및 卵殼은 漸進的으로 伸張되고, 이 動作에 隨伴되어 尾節部가 從前의 位置에서 眼球先端部 사이를 反復 移動하게 되므로 이때 卵膜의 內側壁에 近接하고 있던 尾節部의 末端을 다소 外側으로 향하게 되어 卵膜과의 接觸面에 摩擦이 일어나서 그 部位의 伸張度를 增大시키게 된다 (Fig. 11b). 그후 孵化當日에 이르러 卵內 幼生の 間歇的인 屈身動作은 그 頻度を 서서히 높히면서 反復되고 그에 따라 卵膜과 卵殼의 伸張도 漸進的으로 높아져 가는 過程에서 卵膜의 伸張이 더해가는 동안에 卵膜의 外側을 둘러싸고 있는 卵殼의 伸張은 이에 미치지 못하게 되어 孵化直前에 이르러 卵內 幼生の 屈身動作에

Table 8. Egg development process of *E. japonicus* reared in the laboratory at 24.5% and 17.5~18.6°C

Time elapsed from the oviposition			Recognized characters	Length of egg		Fig. No.
Days	Hours	Minutes		long axile	short axile	
				mm	mm	
00	00	00	Brooding finished	0.301560	0.310156	1
00	06	20	Protoplasmatic island appeared (Nuclear)			2
00	12	45	2-Blastomers (cleavage)	0.301875	0.310625	3
00	14	40	4-Blastomers	0.306250	0.313750	4
00	17	10	8-Blastomers			5
00	22	30	16-Blastomers			6
01	03	55	32-Blastomers			7
02	16	45	Morula embryo	0.311875	0.321875	9
04	08	05	Invagination at endomesodermic cells (Gastrulation started)	0.312500	0.326875	10
05	13	15	Gastrulation advanced			12, 13
06	16	35	Germinal disc appeared	0.313125	0.325625	14
08	22	15	Rudimental lobes of body segments appeared on germinal disc	0.317125	0.329375	15
10	09	30	Primitive prostominal lobe appeared and rudimental body segments more or less advanced	0.325625	0.336250	16
12	20	30	Redish pigments appeared on surface of primitive body segments	0.336875	0.347500	18
15	03	55	Nauplius eye appeared and primitive heart-sac pulsed slowly	0.343750	0.356875	19
16	09	55	Primitive antenna, antenule, digestive duct, carapace, maxillipeds and other appendages more or less differentiated and yolk-sac decreased	0.347500	0.361250	20
18	23	15	Compound eye advanced, heart-sac pulsed more frequently, yolk-sac decreased distinctly, mouth appendage oscillated and abdominal segments appeared more distinctly	0.352500	0.366250	21
22	12	05	Flexible act of embryo occurred, yolk-sac decreased more distinctly, compound eye advanced almost completely, blackish pigments advanced on embryo body surfaces and appendages of body almost differentiated as just hatched larvae	0.359375	0.373750	22
24	21	45	Mouth appendage oscillated more frequently, flexible act of body and heart-sac pulse occurred more frequently, and yolk-sac absorbed much distinctly	0.362500	0.375625	23
25	22	45	Hatching out immediately	0.364375	0.411875	24

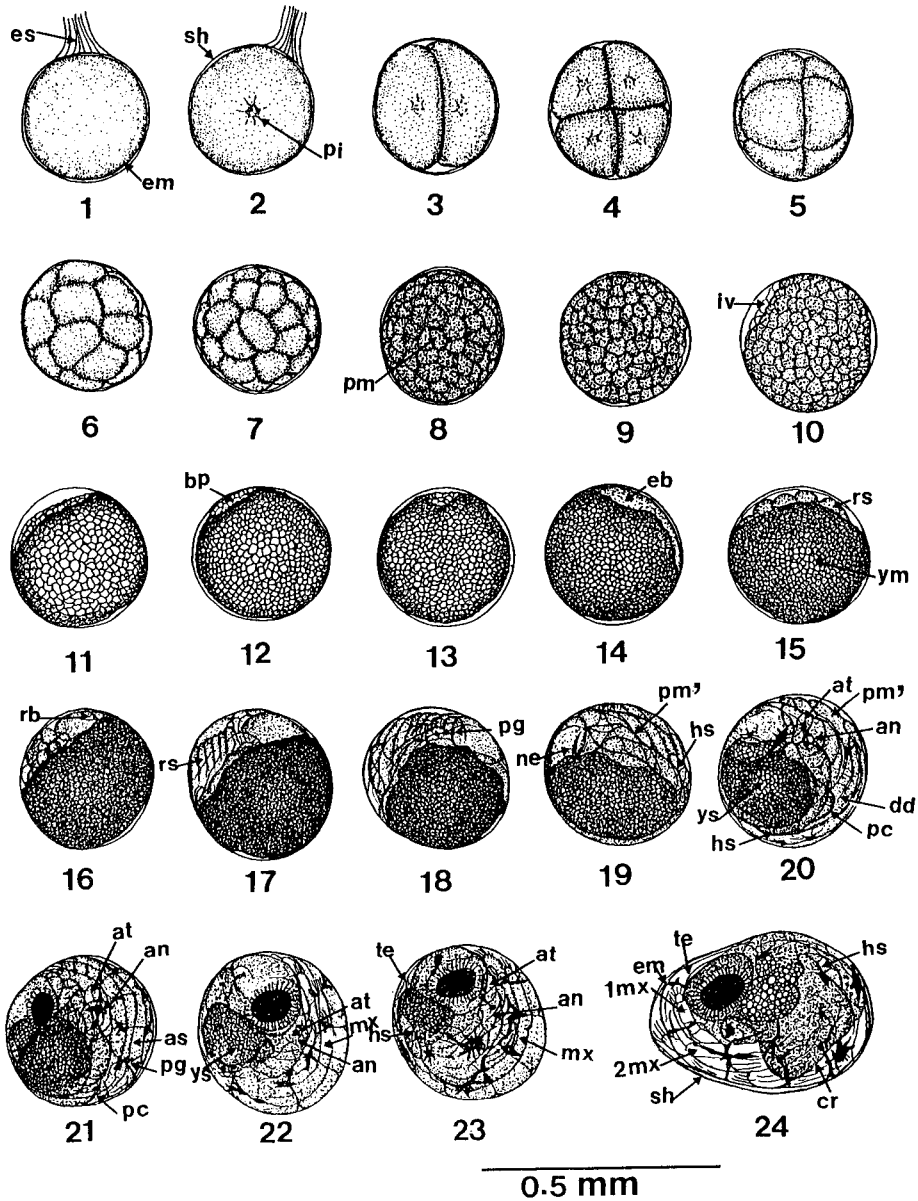


Fig. 10. Egg developmental process of *Eriocheir japonicus*.

es:egg stalk, em:egg membrane, sh:egg shell, pi:protoplasmatic island, pm:primitive endomesodermic cell, iv:invagination, bp:blastopore, eb:germinal disc, rs:rudimentary lobes of body segment, rb:primitive prostominal lobe, pg:pigment, ne:nauplius eye, hs: primitive heart-sac, pm:primitive maxilliped, ym:yolk mass, ys:yolk sac, at:primitive antenna, an:primitive antennule, dd:digestive duct, pc:primitive carapace, as:abdominal segment, mx:maxilliped, te:telson, cr:carapace.

의한 伸張度가 가장 높은 胸甲部와 腹節部 사이에 位置하는 얇은 間膜部の 纏卵絲가 癒着된 卵殼에서 破裂이 일어나게 된다 (Fig. 11c, d). 이때 卵內 幼生의 계속적인 屈身動作에 의하여 尾節部の 反復된 移動動作도 促進되어 결국에는 尾節部로서 破裂目を 瞬間적으로 차서 破裂시키는 樣狀을 띠면서 頭胸甲部로 부터 앞서 卵膜을 脫出하게되나, 이때 卵膜을 跳躍하는 尾節部の 힘에 의한 反動으로 卵內 幼生은 대략 180° 回轉하여 水中으로 脫出· 孵化하게 된다.

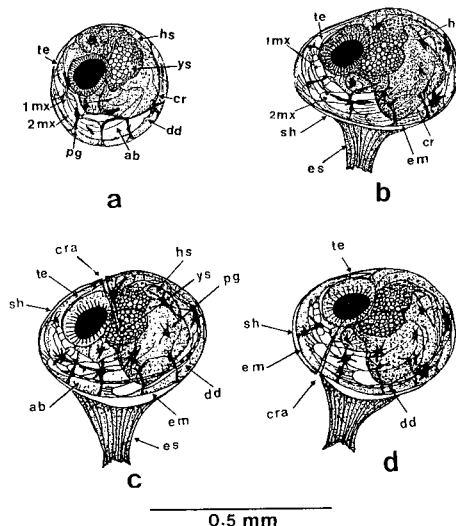


Fig. 11. Hatching process of the embryonic larvae of *Eriocheir japonicus*.

te: telson, mx: maxilliped, pg: pigment, ab: abdomen, dd: digestive duct, cr: carapace, ys: yolk sac, hs: primitive heart-sac, cra: broken crack, es: egg stalk, em: egg membrane, sh: egg shell.

## (2) 卵內幼生의 孵化機作

抱卵 終了後 卵發生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 가까워지면 지금까지 抱卵室內에서만 充滿하던 卵粒의 卵塊는 漸次로 抱卵室 밖으로 빠져나오게 되어 卵塊는 많은 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 抱卵室內의 탄산가스量도 增加한다. 또한 從前까지는 암컷의 腹節部 開閉運動이 間歇적이고 緩慢하게 일어나던 것이 孵化日이 가까워짐에 따라 開閉運動의 頻度數는 漸進적으로 頻繁하게 일어나서 抱卵室로 신선한 水流를 流入하게 되며, 이같은 動作에 隨伴되어 卵發生의 進展에 따라 排出되던 抱卵室內의 탄산가스와 신선한 水流속의 酸素와의 gas交換이 일어난다. 더우기 孵化 1~27日 前에 이르러 이같은 運動은 더욱 活潑하게 일어나는 觀察할 수가 있다. 또한 孵化直前에 이르러 암컷은 Fig. 12에서 圖示한 바처럼, 짐게다리를 몸의 前方으로 뺀어 水槽壁에 기대며 第 2, 3步脚을 약간 굽혀 頭胸甲部를 윗쪽으로 경사되게 굽혀 올린 姿勢를 取하고 腹節部の 開閉動作을 크게 하면서 몸을 震動하는 動作을 하게 된다. 이때의 開閉動作에 따라 形成되는 水流에 刺戟되어 抱卵室內의 各 卵粒은 강한 物理的인 衝擊을 받아 卵內 幼生의 屈身動作은 더욱 活潑하게 되어 卵內幼生에 의한 卵膜의 破裂과 卵膜으로부터의 脫出을 誘發· 助



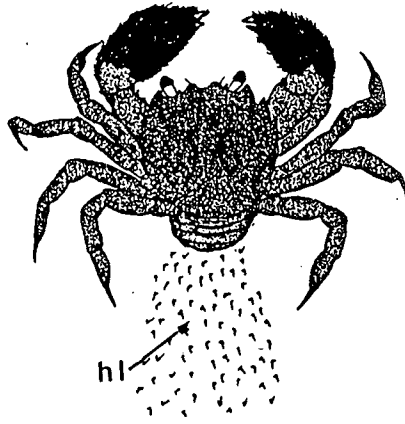


Fig. 12. Hatching behavior of the ovigerous female of *Eriocheir japonicus*.

長시킨다. 이때 卵殼을 破裂시켜 脫出된 幼生은 암컷의 尾節部 開閉動作에 의해 이루어지는 水流에 便乘하여 抱卵室 밖으로 흘러져 나오게 된다.

지금까지 記述한 바와 같이, 孵化機構는 크게 나누어 卵發生의 進展에 隨伴하여 成長한 卵內 幼生의 屈身動作에 의한 卵殼과 卵膜의 膨脹에 依하여 破裂이 생겨 脫殼하는 직접적인 幼生의 孵化過程과 이에 並行하여 抱卵成體의 尾節 開閉動作에 의하여 생긴 水流에 便乘되어 卵膜을 脫出한 抱卵室內의 幼生을 抱卵室 밖으로 流出시키는 孵化補助 動作이 합친 複合機作에 의하여 孵化가 이루어진다. 한편 孵化 開始로 부터 孵化完了까지의 所要時間은 Table 9에서 表示한 바처럼, 大體로 3~4 時間 以內에 孵化가 完了되나 個體중에는 간혹 11 時間 以上 54 時間까지 所要되는 境遇도 있으며 大部分 이런 境遇에 孵化된 幼生은 變態까지는 達하지 않고 生育 도중에서 死滅됨을 觀察할 수 있다.

한편, 本 種의 天然水系에서 成熟하면 交尾·産卵을 爲하여 定着·棲息하던 河川 上流域으로부터 河口를 거쳐 沿岸水域으로 移動하며 大體로 年間 2~3 回の 産卵을 4~6 月頃에 行하나, 이들을 室內에 옮겨 飼育條件을 低溫에서 順致시킨 後 漸進的으로 水溫과 鹽度を 上昇시키면서 水溫 17~26 °C, 鹽度 14.0~31.5‰로 維持 調節하면 季節에 關係없이 年間 4~6 回 以上의 人爲的인 採卵이 可能하게 되므로 今後 本 種에 對한 種苗生産의 效率的인 技術方式을 摸索함에 있어 큰 利點이 될 것으로 思料된다.

## 要 約

동남참게, *Eriocheir japonicus*의 인공 채란 방식을 확립시키기 위하여 1990년 11월~1991년 7월까지 慶南 河東郡 蟾津江 河口域에서 採集한 雌雄成體를 飼育하면서 交尾로부터 産卵 및 抱卵까지에 所要되는 時間, 卵發生과 孵化에 따른 溫度와 鹽分濃度와의 關係等 生物學的 基礎課題를 調査한 結果는 다음과 같다.

交尾로부터 産卵開始까지에 所要되는 時間은 2~8 時間이 걸리고, 産卵開始로부터 抱卵이 完了될 때까지에는 大體로 3~9 時間이 소요되며 卵은 抱卵室內에서 體外수정을 한다. 인위적인 교미 조절에 의해 年間 最少限 4~6 回の 산란을 시킬 수 있었으며, 抱卵數는 胸甲長의

Table 9. Time sequence of adult females of *Eriocheir japonicus* from first to final hatching times, in the laboratory at 24.5 ‰

Individual (N=14)	Time required		Temperature
	Starting	Finishing	
	Month day, Time.	Month day, Time.	
1	Mar. 26, PM 11:30	Mar. 27, AM 03:40 ( 4 hs. 10 min. )	17.0 °C
2	Apr. 27, AM 01:30	Apr. 27, AM 05:40 ( 4 hs. 30 min. )	17.5 °C
3	May 27, PM 03:10	May 27, PM 06:55 ( 3 hs. 45 min. )	17.0 °C
4	May 27, PM 10:55	May 28, AM 02:20 ( 3 hs. 25 min. )	17.0 °C
5	May 28, AM 00:40	May 28, AM 05:10 ( 4 hs. 30 min. )	17.5 °C
6	May 28, AM 02:30	May 28, AM 04:45 ( 3 hs. 15 min. )	16.5 °C
7	May 28, PM 02:40	May 28, AM 05:50 ( 3 hs. 10 min. )	17.5 °C
8	May 30, PM 11:50	June 1, AM 03:40 ( 3 hs. 50 min. )	18.5 °C
9	June 3, PM 08:10	June 4, AM 00:15 ( 4 hs. 05 min. )	19.5 °C
10	June 3, PM 10:55	June 4, AM 02:50 ( 3 hs. 55 min. )	19.0 °C
11	June 4, PM 11:30	June 5, AM 02:55 ( 3 hs. 25 min. )	20.0 °C
12	June 28, AM 01:20	June 30, AM 07:20 ( 54 hs. 00 min. )	23.5 °C
13	July 1, AM 00:10	July 1, PM 11:15 ( 11 hs. 05 min. )	22.5 °C
14	July 6, PM 11:00	July 8, AM 05:55 ( 30 hs. 55 min. )	22.5 °C

길이가 6 cm인 境遇에는 大體로 38~41×10<sup>4</sup>粒 程度이다. 抱卵한 어미게의 孵化에 따른 好適한 水溫 및 鹽分濃度는 各各 17~23 °C, 14.0~31.5 ‰ 범위였다. 産卵 開始로부터 孵化까지에 達하는 所要日數는 水溫 14 °C일때 42日, 17 °C일때 28日, 20 °C일때 21日, 26 °C일때 15日 그리고 28 °C일때는 14日이 소요되며, 水溫 (X)과 孵化日數 (Y)와의 關係는  $\text{Log } Y = \text{Log } 3.267 - 1.602 \text{ Log } X$ 의 式으로 表示된다.

水溫 18℃, 鹽度 24.5‰의 條件下에서 卵發生 進行過程은 產卵後 6日이 지나면 胚體가 形成되고 18日 만에는 複眼이 形成되며 22日째가 되면 腹節部의 屈身動作이 間歇적으로 일어나게 되어 25日째에 zoea 狀態로 孵化하게 된다.

### 參 考 文 獻

- Berrill, M. 1982. The life cycle of the green crab, *Carcinus maenas* at the northern end of its range. *Journal of Crustacean Biology* 2(1):31~39.
- Cheung, T. S. 1969. The environmental and hormonal control of growth and reproduction in the adult female stone crab, *Menippe mercenaria* (Say). *Biol. Bull.* 136:327~346.
- Gifford, C. A. 1962. Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille) in South Florida. *Biol. Bull.* 123:207~223.
- Goy, J. W., S. G. Morgan and J. D. Costlow, Jr. 1985. Studies on the reproductive biology of the mud crab, *Rhithropanopeus harrisi* (Gould): induction of spawning during the non-breeding season (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana* 49(1):83~87.
- Hughes, D. A. 1973. On mating and "copulation burrows" of crabs of the genus *Ocypode* (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana* 24(1):72~76.
- Kim, C. H. and S. G. Hwang. 1990. The complete larval development of *Eriocheir japonicus* De Haan (Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory. *Korean J. Zool.* 33:411~427.
- 後藤悅郎・川島隆壽・鈴木博也・山本孝二. 1986. 모크즈가니의 成熟幼生の 飼育에 關する 研究. 島根縣水產試驗場 研究報告 4:38~61.
- 石田雅俊. 1974. 모크즈가니의 生態와 増殖에 關する 研究. 福岡水試研報 1~40.
- 石田雅俊・鶴治市. 1975a. 모크즈가니에 關する 研究. 福岡縣豊前水試研究業務報告 51~71.
- 石田雅俊・鶴治市. 1975b. 모크즈가니에 關する 研究. 第2報, 幼生에 飼育에 關하여, 福岡縣豊前水試研究業務報告 41~51.
- 金勳洙. 1973. 韓國動植物圖鑑 第14卷 動物編(갑게, 게류). 文教部 465~471.
- 小林 哲・松浦修平. 1991. 鹿兒島縣神之川에 於ける 모크즈가니의 流程分布. 日本水產學會誌 57:1029~1034.
- 森田豊彦. 1974a. 모크즈가니 *Eriocheir japonica* De Haan의 交尾習性에 關하여, 甲殼類의 研究 6:31~47.
- 森田豊彦. 1974b. 모크즈가니 *Eriocheir japonica* De Haan의 發生學的觀察. 動雜 83:24~81.
- 渡邊精一・梶山誠. 1987. 大風澤川(千葉縣)에 於ける 모크즈가니 *Eriocheir japonicus* De Haan의 成熟. 甲殼類 研究 16:87~92.
- 八塚剛. 1948. 모크즈가니幼生의 人工飼育에 關하여(第1報). 日本水產會誌 10(1):35~39.