

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

2. 幼生の 成長에 따른 水溫과 鹽度의 影響

權晋洙 · 李福奎 · 文泰錫

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)

2. Influence of Temperature and Salinity
on the Growth of Larvae

Chin-Soo KWON, Bok-Kyu LEE and Tae-Seak MOON

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

ABSTRACT

For the development of seedling production techniques of the freshwater crab *Eriocheir japonicus*, the effects of salinity and temperature on the growth of larvae of the crab were studied.

Embryos hatched out as zoea larvae were measured 0.421 mm in average carapace length. Five zoea stages needed 16~26 days for metamorphosis from zoea to megalopa at 22 °C and 24.5 ‰. The average carapace length of the 5th zoea was 1.16 mm and that of the megalopa larvae was 1.89 mm. Each zoea stage could be identified based on both the number of plumosed setae on the exopodite of maxilliped, and the number of spines on the postero-inner margin of telson and also based on the rudimentary pleopods appearance.

Zoea larvae fed rotifers and *Artemia* nauplii were healthy and metamorphosing rate from zoea to megalopa was 80~90% at 22~26 °C and 17.5~31.5 ‰. The relationship between larval period (Y in days) and water temperature (X in °C) is expressed as $\text{Log } Y = 3.8604 - 1.91735 \text{ Log } X$. Water temperature and salinity ranges for better survival and metamorphosis of the larvae were 22 °C~26 °C (optimum at 26 °C) and 17.5 ‰~31.5 ‰ (optimum at 24.5 ‰), respectively. The duration of larval stages tend to longer as salinity levels deviated from optimum particulaly at lower end. All zoea larvae did not survive in freshwater.

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

I. 緒 言

前報(權 等 1993)에서 언급한 바와 같이 동남참게 (*Eriocheir japonicus*)의 자연 자원 보존을 위한 종묘 생산 기술 확립과 이 종의 생물학적 기초 연구를 위하여 前報에서는 이 종의 繁殖生態에 관하여 조사하여 인공 채란시 교미, 포란에 소요되는 시간과 난의 발생 및 난 발생에 미치는 온도와 염분의 영향을 밝혔다. 따라서 본 보에서는 부화된 유생의 성장에 미치는 수온 및 염분의 영향을 조사하였다.

II. 材料 및 方法

1. 成體 및 抱卵成體의 飼育管理

成體 및 抱卵成體의 飼育管理는 前報(權 等 1993)에 기술한 방법으로 孵化時까지 飼育管理하였다.

2. 幼生의 飼育管理

1) 孵化한 幼生의 齡期別 脫皮間隔, 變態速度, 生存率 및 成長調査

水溫 22℃와 鹽度 24.5‰을 維持시킨 飼育水를 500 ml 容量의 三角 후라스크에 넣은 후 24시간 孵化한 zoea 幼生을 20 마리씩 收容하여 每日 1회씩 飼育水 全量을 바꿔줌과 同時에 rotifera, *Artemia nauplii* 및 바지락 肉片을 齡期別로 먹이면서 脫皮殼의 確認과 아울러 顯微鏡下에서 顎脚外肢羽狀毛數를 觀察하면서 分期의 確認과 生存尾數를 調査하였다.

2) 初期幼生의 生育과 變態에 따른 好適한 水溫, 鹽度の 調査와 megalopa 幼生과 稚게의 生育에 따른 水溫, 鹽度 組合에 따른 好適한 條件調査

Fig. 1에 表示한 바와 같은 높이 30 cm, 가로 78 cm, 세로 30 cm 크기의 長方形 아크릴製 항은 水槽內에 淡水를 60 l씩 채우고 thermostat로서 水溫을 各各 10℃, 14℃, 18℃, 22℃, 26℃, 28℃로 固定維持시킨 6개의 水槽에 鹽度を 各各 10.5‰, 17.5‰, 24.5‰, 31.5‰, 35.0‰로 맞추어 채운 三角 후라스크에 第1期 zoea부터 第4期 zoea까지는 250 ml 三角 후라스크로, 第5期 zoea부터 第1期 稚게까지는 500 ml 三角 후라스크를 各各 使用하며 各 實驗區別로 各各 3個씩을 1個組로 하여 總 90個의 三角 후라스크에 孵化直後의 初期幼生을 各 20 마리씩 收容하여 各 實驗區別로 第1期 稚게로 變態되기까지의 變態速度 및 變態生存率을 各各 比較調査하였다. 이때 10℃와 14℃ 溫度區는 低溫維持를 위해 冷却水를 water bath內로 循環시켜 溫度를 調節하였다.

3) 各 齡期別 幼生의 生育에 따른 鹽度와의 關係調査

Fig. 1에 表示한 바와 같은 長方形 아크릴製 항은 水槽內에 淡水를 60 l씩 채우고 thermostat로서 水溫을 22℃로 固定維持시키며 鹽度を 0(淡水), 3.5, 7.0, 10.5, 14.0, 17.5, 21.0, 24.5, 28.0, 31.5, 35.0‰(海水)로 調整한 11個 實驗區를 設定하고, 各 實驗區마다 500 ml 三角 후라스크를 3個씩을 1個組로 하여 모두 33個를 使用하여 各 후라스크에는 分期別 幼生의 各 鹽度에 對한 適應度를 調査하였다.

한편, 飼育瓶內의 空氣供給은 收容된 幼生에 미치는 振動의 障害를 最低限으로 抑制하는 範圍에서 氣泡를 最小限으로 注入시켰으며, 換水는 每日, 1회씩 午後 9時頃에 全量換數를 實施하면서 幼生 全體 生存個體數, 齡期別個體數, 脫皮殼 確認 및 哄喰에 의한 斃死數等을 調査하였다.

그리고, 먹이 供給은 第1期 zoea는 rotifera만을, 第2期 zoea는 rotifera와 *Artemia nauplii*를 2:1의

比率로, 第3期 zoea는 rotifera와 *Artemia*를 1:1의 比率로 供給하고, 第4, 5期 zoea는 rotifera와 *Artemia*를 1:2의 比率로 供給하면서 이때부터 바지락肉 細片을 함께 供給하였으며, megalopa 幼生은 *Artemia*와 바지락肉 細片을 1日 2回 午前(09:00)과 午後(21:00)로 나누어 各各 1回씩 充分量 供給하였다. 또한 第1期 稚게가 되면 바지락肉 細片만을 1日 2回 供給하면서 飼育을 하였다.

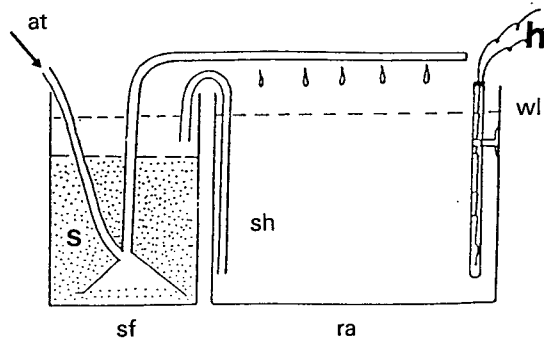


Fig. 1. Larval rearing apparatus for *Eriocheir japonicus*.

at, air tube; h, thermostat; water bath; a, air; fs, fixing stand; wl, water level; rs, rubber stopper; at, glass tube.

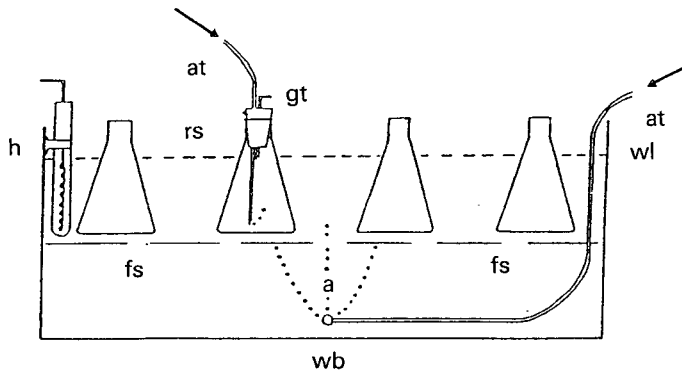


Fig. 2. Rearing apparatus of *Eriocheir japonicus* larvae.

at, air tube; h, thermostat; wb, water bath; a, air; fs, fixing stand; wl, water level; rs, rubber stopper; gt, glass tube.

3. 初期幼生과 Megalopa 幼生 및 稚게의 測定과 寫生

初期幼生은 各 齡期別로 10~25마리를 5% urethane 溶液으로 痲醉시킨 후 光學 顯微鏡下에서 camera-lucida를 통하여 全體型과 頭胸甲部 및 尾節部位를 寫生하며 頭胸甲長(眼柄의 基部에서 後

緣部末端까지의 길이)과 體長(眼柄의 基部에서 尾節末端까지의 길이)은 micrometer를 통하여 計測하였다. 또한 megalopa 幼生 및 第1期 稚게는 初期幼生과 같은 方法으로 痲醉시켜 camera-lucida를 통하여 寫生하였고, 그 크기는 micrometer로서 各各 30 個體의 頭胸甲長과 體長을 測定한 平均値로서 0.000 mm까지의 精度로 表示하였고, 또한 各 齡期別 zoea 幼生에 對한 背棘 額棘, 頭胸甲部, 腹甲部, 尾節部, 腹節部 및 額棘先端에서 背棘까지 等의 各 長이에 따른 成長度를 調查하기 위하여 各 齡期別로 20 尾씩 顯微鏡下에서 micrometer로서 計測한후 그 平均値를 0.00 mm까지의 精度로서 表示하였다.

III. 結果 및 考察

1. 初期幼生の 發生과 成長

zoea 狀態로 孵化된 幼生을 水溫 22℃, 鹽度 24.5‰을 維持시킨 恒온 水槽內에 設置한 250 ml들이 三角 후라스크에 20 마리씩 收容하여 飼育實驗한 結果, Table 1과 2에 表示한 바와 같이 4번 脫皮

Table 1. Daily survival and molting rates of the first juvenile from newly hatched larvae *Eriocheir japonicus*(De Haan) reared in the laboratory at 22.0℃~22.6℃ in temperature, 24.5~25.0‰ in salinity. Larvae were fed on rotifers, *Artemia* nauplius and meat of clam. Initial number of specimens were 20 tails

Elapsed days	Survival rate (%)	Occurrence of the larval stages*	Elapsed days	Survival rate (%)	Occurrence of the larval stages*
1	100	Z1	19	85	Z5, M
2	100	Z1	20	85	M
3	100	Z1	21	85	M
4	95	Z1, Z2	22	85	M
5	95	Z2	23	85	M
6	95	Z2	24	85	M, J
7	95	Z2, Z3	25	85	M, J
8	95	Z3	26	80	M, J
9	95	Z3	27	80	J
10	95	Z3, Z4	28	80	J
11	95	Z4	29	80	J
12	95	Z4, Z5	30	80	J
13	95	Z4, Z4	31	80	J
14	95	Z5	32	80	J
15	95	Z5	33	80	J
16	95	Z5, M	34	80	J
17	90	Z5, M	35	80	J
18	85	Z5, M	36	80	J

* Z1~Z5, first zoea larvae~fifth zoea larvae; M, megalopa larvae; J, first juveniles.

Table 2. Growth of zoea, megalopa and juvenile *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory at 22 °C and 24.5 ‰

Stage	Inter-molting period (days)	Carapace length (mm)	Number of specimens
Zoea 1	1~ 4	0.421± 0.001	12
Zoea 2	4~ 8	0.535± 0.003	12
Zoea 3	7~10	0.651± 0.009	12
Zoea 4	9~13	0.825± 0.015	12
Zoea 5	12~19	1.159± 0.085	20
Megalopa	16~26	1.892± 0.092	20
Juvenile	24~36	2.135± 0.235	15

하여 第5期 zoea 幼生으로 成長한 후 脫皮와 더불어 megalopa 幼生이 된다. megalopa 幼生은 다시 1回 脫皮를 한후에 第1期 稚게로 變態된다. Zoea 幼生은 遊泳生活을 하며, 第1期 稚게가 되면 遊泳生活에서 低棲生活로 移行하는 生態로 變하게 된다. 한편, 갓 孵化된 第1期 zoea 幼生在 第5期 zoea 幼生으로 脫皮·移行하기까지는 孵化後 16~26日이 所要되면, 그 후 第2期 稚게로 變態하기까지는 孵化後 24~36日이 所要된다. 또한 分期別 初期幼生の 脫皮間隔을 살펴보면, 第1期 zoea 時間은 1~4日, 第2期 zoea 期間은 4~8日, 第3期 zoea 期間은 7~10日, 第4期 zoea 期間은 9~13日, 第5期 zoea 期間은 12~19日이므로 各各 4日, 5日, 4日, 5日 및 8日을 所要하게 된다. 그 후 megalopa로 移行하기까지는 孵化後 16~26日이 所要되고, 그 후 第1期 稚게까지는 孵化後 24~36日이 所要된다. 그리고 各 齡期別 zoea 幼生の 頭胸甲長의 平均길이는 第1期 幼生이 0.421 mm, 第2期 幼生은 0.535 mm, 第3期 幼生은 0.651 mm, 第4期 幼生은 0.825 mm, 第5期 幼生은 1.159 mm이며, megalopa 幼生으로 移行하면 1.892 mm, 그리고 第1期 稚게가 되면 2.135 mm로 成長하게 된다. 따라서 孵化로 부터 第1期 稚게까지의 各成長段階別 個體群의 成長(頭胸甲長길이)은 $Y=0.29513 e^{0.28479x}$ 의 曲線式으로 나타낼 수 있다 (Y: 頭胸甲長, X: 成長段階別 齡期) (Fig. 3).

한편, 各 zoea 幼生の 齡期別 背棘長, 額棘長, 頭胸甲長, 腹甲長, 腹節長, 尾節長 및 額棘先端에서 背棘末端까지의 길이에 對한 各 平均値는 Table 3에서 表示한 바처럼 第1期 幼生인 境遇는 各各 0.3 mm, 0.28 mm, 0.42 mm, 0.80 mm, 0.33 mm, 0.98 mm 및 0.46 mm인데 比하여 第5期 幼生인 境遇는 各各 0.89 mm, 0.98 mm, 1.15 mm, 2.24 mm, 0.76 mm, 2.89 mm 및 1.48 mm로서 齡期の 進展에 따른 길이의 變化가 顯著하게 나타나며, 各 部位에 對한 齡期別 成長은 Fig. 4에서 表示한 바처럼 背棘長이 $Y=0.24685 e^{0.25237X}$, 額棘長은 $Y=0.22135 e^{0.29126X}$, 頭胸甲長은 $Y=0.32288 e^{0.24585X}$, 腹甲長은 $Y=0.61893 e^{0.24668X}$, 腹節長은 $Y=0.33778 e^{0.21845X}$, 尾節長 $Y=0.27240 e^{0.19227X}$ 그리고 額棘先端에서 背棘末端까지의 길이는 $Y=0.78190 e^{0.25391X}$ 의 曲線式으로 各各 表示할 수 있다.

그리고 各 齡期別 zoea 幼生の 頭胸甲長에 對한 各 部位別의 相對成長은 Fig. 5에서 表示한 바처럼, 腹節長 $Y=-0.09138+1.30045X$, 尾節長은 $Y=0.09956+0.56412X$, 背棘長은 $Y=0.00459+0.75050X$ 그리고 額棘長은 $Y=-0.09666+0.93965X$ 의 直線式으로 各各 表示된다.

한편, zoea 幼生과 megalopa 幼生 및 稚게는 제각기 形態적으로 個有的 特徵으로 나타내고 있는데, 특히 zoea 幼生에 있어서는 外形으로 類似한 形態를 나타내므로 齡期別 zoea를 區別하기가 多少 어려우나 Table 4와 Fig. 6에 表示한 바와 같이 體長 크기, 顎脚의 外肢羽狀毛數와 尾節內側毛數 및 遊泳肢의 出現 與否로서 쉽게 識別할 수가 있다. 한편 第1期 zoea 幼生은 4個씩의 顎脚外肢羽

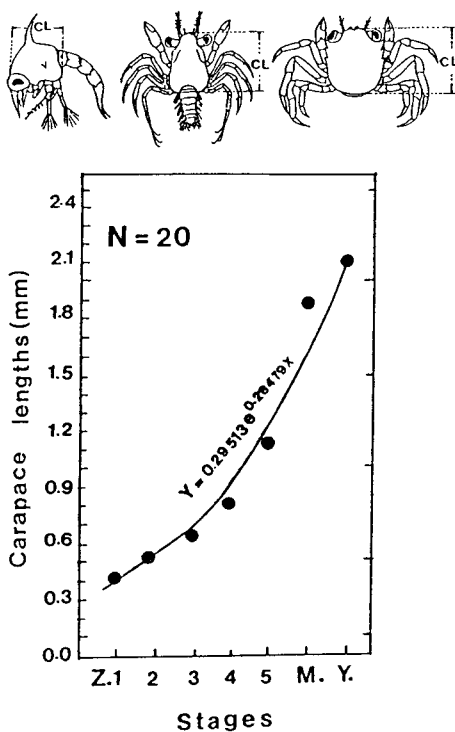


Fig. 3. Growth of zoea, megalopa and first juveniles *Eriocheir japonicus* (De Haan).
 a, zoea larvae; b, megalopa larvae; c, first juveniles;
 Z, zoea; M, megalopa; J, first juvenile; Cl, carapace length.

Table 3. Measurement of zoea larvae *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory at 22 °C, 24.5 ‰.
 Number of specimens: 20 larvae in each stage

Appendages	Mean of length (mm) in each stage				
	Zoea 1	Zoea 2	Zoea 3	Zoea 4	Zoea 5
Dorsal spine	0.30 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.50 ± 0.02	0.58 ± 0.03	0.89 ± 0.03
Rostral spine	0.28 ± 0.01	0.42 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.68 ± 0.02	0.98 ± 0.03
Carapace	0.42 ± 0.02	0.53 ± 0.02	0.65 ± 0.03	0.82 ± 0.02	1.15 ± 0.04
Abdomen with telson	0.80 ± 0.04	1.03 ± 0.05	1.28 ± 0.04	1.54 ± 0.06	2.24 ± 0.08
Telson	0.33 ± 0.02	0.43 ± 0.02	0.45 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.76 ± 0.03
From the rostral tip to distal end of telson	0.98 ± 0.05	1.38 ± 0.04	1.62 ± 0.04	2.04 ± 0.03	2.89 ± 0.05
Abdomen without telson	0.46 ± 0.03	0.58 ± 0.03	0.84 ± 0.05	0.97 ± 0.04	1.48 ± 0.07

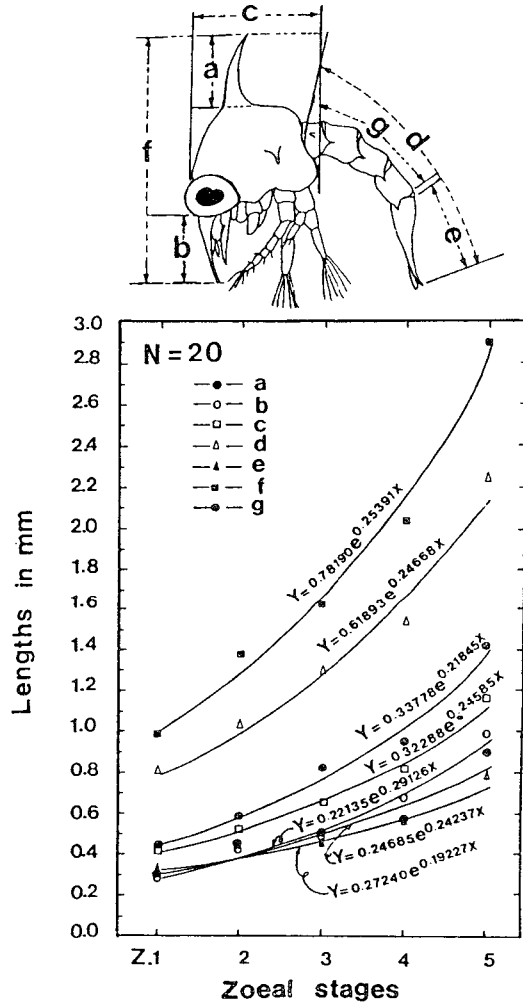


Fig. 4. Growth of larval appendages of *Eriocheir japonicus* (De Haan).
 a, length of dorsal spine; b, length of rostral spine;
 c, carapace length; d, abdominal length; e, length of telson;
 f, length from the rostral tip to the distal end of dorsal spine; g, abdominal length without telson.

狀毛數와 6 個의 尾節內側毛數를 가지며, 第 2 期 zoea 幼生은 6 個씩의 顎脚外肢毛數와 6 個의 尾節內側毛數를 가지며, 第 3 期 zoea 幼生은 8 個씩의 顎脚外肢毛數와 8 個의 尾節內側毛數를 가지며, 第 4 期 zoea 幼生은 10 個씩의 顎脚外肢毛數와 8 個의 尾節內側毛數를 가지며 遊泳肢의 原基가 出現하게 되고, 第 5 期 zoea 幼生은 12 個씩의 顎脚外肢羽狀毛數와 10 個의 尾節內側毛數를 가지게 되며 遊泳肢는 發達하여 內外肢로 分枝가 일어나게 된다.

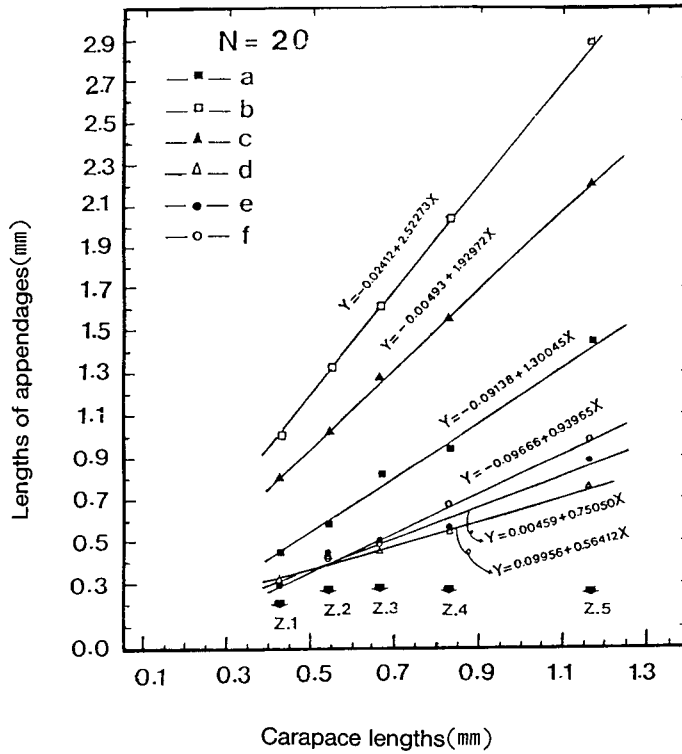


Fig. 5. Co-relative growth of each larval appendage against carapace length in each stage of zoea larvae *Eriocheir japonicus* (De Haan).

a, abdominal length without telson; b, length from the rostral tip to the distal end of dorsal spine; c, abdominal length; d, length of telson; e, length of dorsal spine; f, length of rostral spine.

Table 4. Morphological characters of zoea larvae *Eriocheir japonicus* reared in the laboratory at 22 °C and 24.5 ‰

Zoea stage	Carapace length (mm)	Number of plumosed setae on exopod of maxilliped	Number of setae on posterior margin of telson	Appearance of pleopod
1	0.421	4	3 pairs	—
2	0.535	6	3 pairs	—
3	0.651	8	4 pairs	—
4	0.825	10	4 pairs	Budding
5	1.159	12	5 pairs	Biramous and bare

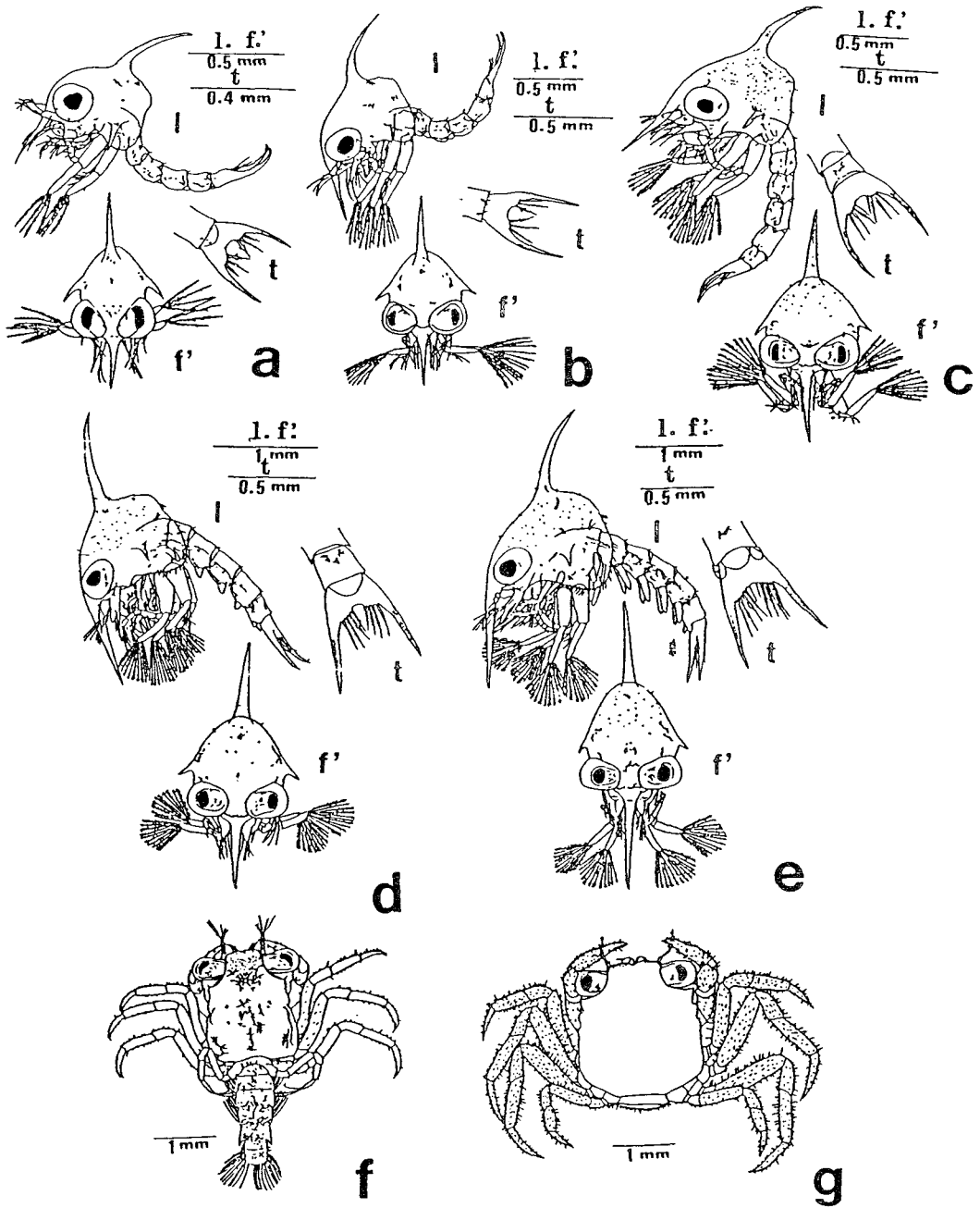


Fig. 6. Larval development of *Eriocheir japonicus* (De Haan).

l, lateral view of zoea larvae; f, frontal view of zoea larvae; t, telson; a, first zoea larva; b, second zoea larva; c, third zoea larva; d, fourth zoea larva; f, megalopa larva; g, first juvenile crab.

2. 幼生の 生育에 따른 水溫 및 鹽度의 影響

1) 生育에 따른 水溫과의 關係

孵化直後の zoea 幼生에 대한 水溫의 影響을 調査하기 위하여 水溫別로 megalopa 幼生으로의 移行 速度와 移行率을 比較하면 Table 5 와 Fig. 7, 8 에 表示한 바와 같이 水溫 10℃에서는 megalopa 幼生으로 移行하지 않고 2 마리만 1 回의 脫皮를 하며 대부분은 脫皮하지 않은 狀態에서 28 日만에 全量斃死하였다. 한편, megalopa 幼生까지의 移行에 所要되는 日數는 14℃에서 48.5 日, 18℃에서는 26.8 日, 22℃에서는 18.5 日, 26℃에서는 14 日, 그리고 28℃에서는 12.8 日로서 溫度가 높을수록 移行速度가 빠른 것을 알 수 있다. 따라서 이 때의 各 水溫別 移行速度는 Fig. 9 에 表示한 바와 같이 $\text{Log } Y = 3.8604 - 1.91735 \text{ Log } X$ 의 式 (Y: 移行所要日數, X: 水溫)으로 나타 낼 수 있다. 한편 上記한 水溫에 따른 megalopa 幼生으로의 移行率은 水溫 14℃에서 45%, 18℃에서는 80%, 22℃에서는 90%, 26℃에서는 90%, 28℃에는 70%를 나타내었다. 그러므로 各 水溫에 대한 移行率과 移行速度를 比較할 때, 幼生の 生育에 따른 好適한 水溫範圍는 18~28℃이며 그중에서도 最適水溫은 22℃~26℃ 範圍인 듯하다.

Table 5. Effects of different temperature levels on the development of newly hatched zoea larvae *Eriocheir japonicus* into megalopa under the constant salinity of 24.5‰

Temperature levels (°C)	Required duration (days)	Rate of development (%)
10 ± 0.11	—	—
14 ± 0.16	48.45 ± 2.28	45
18 ± 0.45	26.81 ± 0.66	80
22 ± 0.58	18.60 ± 0.63	90
26 ± 0.81	13.95 ± 0.66	90
28 ± 0.88	12.84 ± 0.55	70

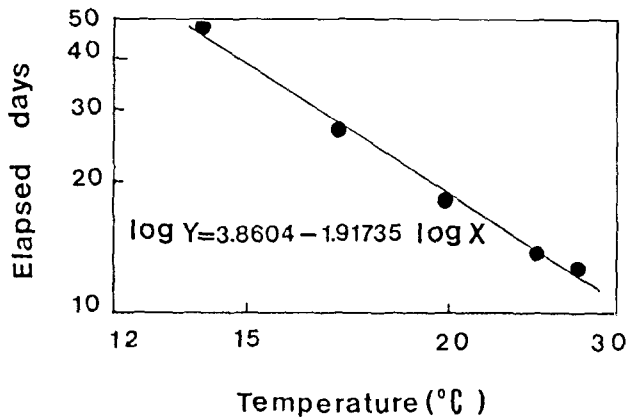


Fig. 7. Relationship between temperature and development into megalopa larvae *Eriocheir japonicus* (De Hann).

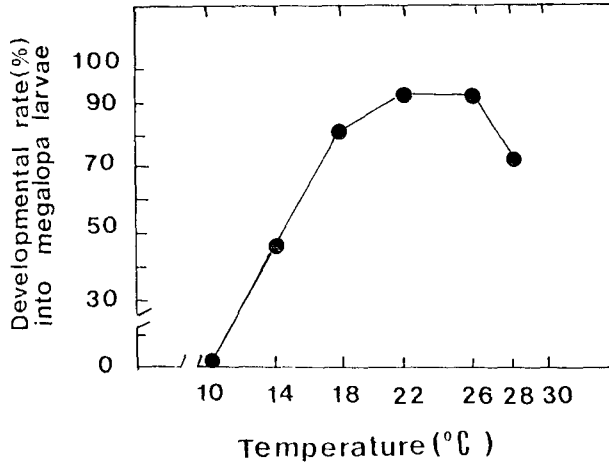


Fig. 8. Relationship between developmental rate (%) of zoea larvae *Eriocheir japonicus* into megalopa and different temperatures under the constant salinity (24.5‰).

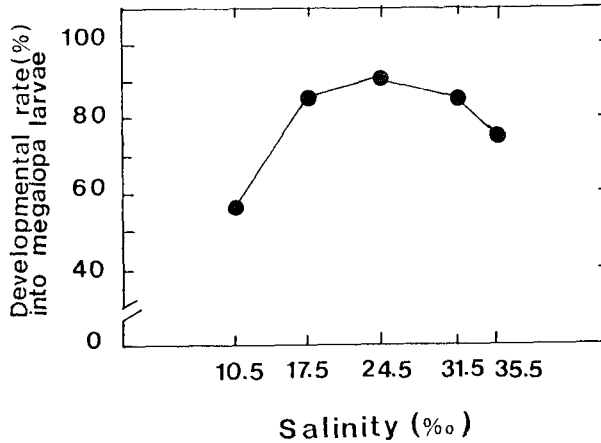


Fig. 9. Relationship between developmental rate (%) of zoea larvae *E. japonicus* into megalopa and different salinities under constant water temperature (22°C).

2) 生育에 따른 鹽度の 關係

初期幼生の 飼育에 따른 鹽度の 影響을 調査하기 위하여 飼育水의 水溫을 22°C로 固定·維持시키고 各段階別 鹽度에 對한 megalopa 幼生으로의 移行速度와 移行率을 比較調査하면, Table 6 과 Fig. 9 에 表示한 바와 같이 鹽度 0.0‰ (淡水)에서는 2時間 以內에 全滅하며 3.5‰ 에서는 淡水에서 보다는 生存時間이 多少 延長되나 24時間 以內에 死滅한다. 한편, 鹽度 7.0‰ 에서는 megalopa 幼

生으로는 移行하지 않고 孵化後 13 日을 前後하여 zoea 狀態 (3~4 齡期)로 死滅하는데 비하여, 10.5% 에서는 55%, 17.5% 에서는 85%, 24.5% 에서는 90%, 31.5% 에서는 85% 그리고 35.0% (海水)에서는 75%의 移行生存率을 나타낸다. 한편 各段階別의 鹽度에 따른 megalopa 幼生으로의 移行速度는 水溫의 경우에 비하여 그 差異는 顯著하지 않으나, 鹽度 24.5%을 基點으로 하여 鹽度가 높거나 낮은 경우에는 變態速度가 漸進적으로 늦어지는 경향을 나타내고, 특히 鹽度가 낮아짐에 따라 이같은 現象은 더욱 뚜렷하며 移行率의 低下도 顯著하게 나타난다.

Table 6. Effects of different salinity levels on the development of newly hatched zoea larvae *E. japonicus* into megalopa under the constant water temperature at 22 °C

Salinity (%)	Required duration (days)	Rate of development (%)
7.0	—	—
10.5	20.55 ± 1.25	55
17.5	18.69 ± 0.75	85
24.5	18.51 ± 0.70	90
31.5	18.59 ± 0.86	85
35.0	19.82 ± 0.55	75

3) 初期幼生の 飼育에 따른 鹽度 · 水溫 組合關係

Zoea 幼生の 生育에 따른 各段階別 鹽度 · 水溫의 組合에 대한 調査結果는 Table 7 과 Fig. 10 에 表示한 바와 같이 水溫 10 °C에서는 鹽度에 關係없이 脫皮가 일어나지 않고 19~28 日 以內에 대부분은 第 1 期 zoea 狀態에서 死滅하며, 水溫 14 °C 鹽度 10.5% 境遇에서는 megalopa 幼生까지는 달하지 않고 生育 67 日만에 第 4 期 zoea 狀態로서 모두 死滅하였으나, 鹽度 17.5% 이상의 境遇에는

Table 7. Effects of different combinations of temperature-salinity on the development of zoea larvae *Eriocheir japonicus* into megalopa.

Larvae were fed on rotifers, *Artemia* nauplii and meat of clam

Temperature (°C)	Salinity level (%)				
	10.5	17.5	24.5	31.5	35.0
10	T: — M: 0	T: — M: 0	T: — M: 0	T: — M: 0	T: — M: 0
	T: — M: 0	T: 53.86 ± 1.57 M: 25	T: 48.45 ± 2.28 M: 45	T: 51.57 ± 2.20 M: 40	T: 56.75 ± 2.78 M: 30
18	T: 35.75 ± 2.46 M: 30	T: 29.00 ± 0.99 M: 70	T: 26.81 ± 0.66 M: 80	T: 28.33 ± 1.25 M: 70	T: 31.49 ± 0.66 M: 60
	T: 20.55 ± 1.25 M: 55	T: 18.69 ± 0.75 M: 85	T: 18.51 ± 0.70 M: 90	T: 18.59 ± 0.86 M: 85	T: 19.82 ± 0.55 M: 75
26	T: 15.46 ± 0.59 M: 45	T: 14.21 ± 0.56	T: 13.95 ± 0.66 M: 90	T: 14.16 ± 0.37 M: 80	T: 15.12 ± 0.32 M: 75
	T: 14.44 ± 0.63 M: 25	T: 13.15 ± 0.66 M: 65	T: 12.84 ± 0.55 M: 70	T: 13.14 ± 0.41 M: 70	T: 14.10 ± 0.60 M: 55

T and M: Developmental duration into megalopa and developmental rate (%).

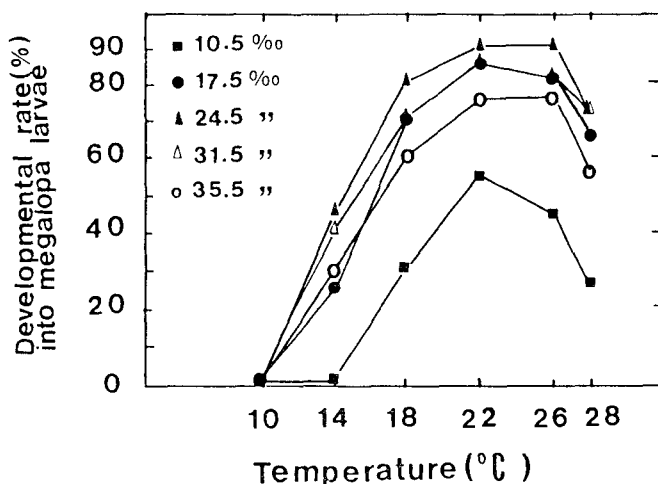


Fig. 10. Relationship between developmental rate (%) of zoea larvae *Eriocheir japonicus* into megalopa and the combined influences of temperature and salinity.

모두 megalopa 幼生으로 移行하며 그 중에서도 鹽度 24.5 ‰ 의 境遇에는 移行에 所要되는 日數가 48.5 日, 移行率도 45%로서 가장 良好하다.

또한 水溫 18°C 境遇의 鹽度 10.5 ‰ 에서는 megalopa 幼生으로 移行하는 所要日數 35.8 日, 移行率 30%를 나타내고, 鹽度 35.0 ‰ 에서는 移行所要日數 31.5 日, 移行率 60%를 나타내지만, 鹽度 17.5~31.5 ‰ 範圍에서는 移行所要日數 26.8~29 日, 移行率 70~80%를 나타내어 그 중에서도 24.5 ‰ 이 移行所要日數 26.8 日, 移行率 80%로서 가장 良好하다.

그리고 水溫 22°C 의 경우에 있어서 鹽度 10.5 ‰ 에서는 移行所要日數 20.6 日, 移行率 55%를 나타내고, 鹽度 35.0 ‰ 에서는 移行所要日數 19.8 日, 移行率 75%를 나타내나, 鹽度 17.5~31.5 ‰ 範圍에서는 移行所要日數 18.5~18.7 日, 移行率 85~90%를 나타내어 그 중에서도 24.5 ‰ 가 移行所要日數 18.5 日, 移行率 90%로서 가장 良好하다.

水溫 26°C 境遇의 鹽度 10.5 ‰ 에서는 移行所要日數 15.5 日, 移行率 45%를 나타내고, 鹽度 17.5~35.0 ‰ 範圍에서는 移行所要日數 約 13.9~15.1 日, 移行率 75~90%이며 그 중에서도 24.5 ‰ 이 移行所要日數 13.9 日, 移行率 90%로서 가장 良好하다.

한편으로, 水溫 28°C 境遇의 鹽度 10.5 ‰ 에 있어서 移行所要日數는 14.4 日, 移行率은 25%이며, 鹽度 35.0 ‰ 에서는 移行所要日數 14.1 日, 移行率 55%를 나타내고, 鹽度 17.5~31.5 ‰ 에서는 移行所要日數가 12.8~13.1 日 範圍로 가장 빠르나, 移行率은 14°C를 除外한 다른 水溫區에 비하여 低下되어 65~70%를 나타내나 그 중에서도 鹽度 24.5 ‰ 의 境遇는 移行所要日數 12.8 日, 移行率 70%로서 다소 良好하다.

따라서 앞서 記述한 megalopa 幼生으로의 移行所要日數 및 移行率을 比較하면, 各段階別 鹽度와 水溫을 組合시킨 複合條件下에서 zoea 幼生の 生育에 따른 好適한 範圍는 水溫 18°C下의 鹽度 17.5~31.5 ‰, 22°C下의 17.5~35.0 ‰, 26°C下의 17.5~35.0 ‰ 과 28°C下의 17.5~35.0 ‰ 이며, 特히 이 範圍內에서는 水溫에 相關없이 鹽度 24.5 ‰ 의 境遇가 最適條件인 듯하다. 한편 好適範圍를 벗어난

鹽도와 水溫의 組合條件下에서는 比較의 높은 水溫에 비하여 낮은 水溫에서의 移行率은 低下되며, 또한 比較의 높은 鹽度에 비하여 낮은 鹽度에서의 移行率은 顯著하게 低下되는 傾向을 나타낸다.

3. 各成長段階別 幼生 및 第 1 期 稚게의 鹽度에 대한 適應度

飼育水溫을 22℃로 固定·維持시키면서 各 齡期別 zoea 幼生 및 megalopa 幼生과 第 1 期 稚게에 대한 各段階別 鹽度에 對한 7 日間 飼育時의 生存率로서 適應度를 比較하면, Table 8에 表示한 바와 같이 zoea 幼生은 鹽度 0.0% (淡水)에서 3.5% 이내에서는 그 齡期에 따라 生存時間에 다소간의 차이는 있으나 24 시간 이내에 모두 死滅하며, 鹽度 7.0% 에서는 5~10%의 生存率을 나타내는데 비하여, 鹽度 10.5~35.0% (海水) 範圍內에서는 第 5 齡期를 除外하고는 齡期에 상관없이 그 生存率은 80% 이상을 나타내며 그 중에서도 鹽度 17.5~31.5% 範圍內에서는 90% 이상의 生存率을 나타낸다. 한편 第 5 齡期로 脫皮·成長하면 全般的으로 그 生存率은 보다 어린 成長段階의 zoea 齡期에 비하여 다소 低下되는 傾向을 나타낸다. 한편 megalopa 幼生으로 移行하면 zoea 幼生에 비하여 低鹽度에 대한 適應度가 顯著하게 커져서 鹽度 0.0 (淡水)~10.5% 範圍內에서도 50~85%의 生存率을 나타내며, 또한 第 1 期 稚게가 되면 鹽度 0.0% (淡水)에서 35.0% (海水)에 이르기까지 各 段階別 鹽度에 대한 生存率은 95% 이상을 나타내므로 megalopa 幼生으로부터는 漸進적으로 淡水 및 低鹽度에 대한 適應度가 커지는 傾向을 보이다가 稚게로 移行되면 淡水와 海水 어느쪽에서도 生育이 可能的한 廣鹽性으로 변하게 됨을 알 수 있다.

Table 8. Effects of different salinity levels on each growth-stage of larvae and juveniles *E. japonicus* (De Haan) at 22°C. Larvae were fed on rotiferas, *Artemia* nauplii and meat of clam

Stage	Salinity level										
	0.0	3.5	7.0	10.5	14.0	17.5	21.0	24.5	28.0	31.5	35.0
Zoea 1	—	—	5	85	85	90	95	95	95	90	85
Zoea 2	—	—	5	85	85	90	100	100	95	90	85
Zoea 3	—	—	5	80	85	95	100	100	95	95	85
Zoea 4	—	—	10	85	90	90	100	100	95	90	80
Zoea 5	—	—	6	60	70	70	80	85	85	80	80
Megalopa	50	70	85	90	100	100	95	100	95	85	80
Juvenile	95	95	100	95	100	100	100	100	95	100	95

따라서 이미 記述한 바처럼 水溫 22℃를 固定·維持시킨 條件下에서의 zoea 幼生の 各段階別 鹽度에 대한 megalopa 幼生으로의 移行速度 및 移行率과, 各成長段階別 幼生과 megalopa 幼生 및 稚게의 各段階別 鹽度에 대한 適應度를 比較하면, zoea 幼生の 飼育에 따른 好適한 鹽度範圍는 17.5~31.5% 이지만, 그중에서도 最適鹽度는 24.5% 인 듯하다. 한편 megalopa 幼生은 zoea 幼生에 비하여 低鹽性으로 移行하는 傾向을 보이며, 특히 第 1 期 稚게인 경우에는 淡水에서도 正當인 生育이 可能하다.

4. Megalopa 幼生の 生育에 따른 溫度 및 鹽度の 影響

Megalopa 幼生에서 稚게로의 移行하는데 따른 水溫 및 鹽度の 好適한 範圍를 調査하기 위하여 各段階 鹽度·水溫의 組合 조건하에서 稚게로의 變態 종료하는데 所要되는 日數 및 그 變態·生存 率을 調査한 結果는 Table 9 에 表示한 바와 같이 水溫 18~28℃ 範圍內에서는 대체로 鹽度 10.5% 로부터 35.0% (海水) 사이에서는 水溫에 관계없이 어느 것이나 80% 以上の 生存率을 보이며, 稚 게로 移行하는데 所要되는 日數는 28℃下의 鹽度 10.5% 과 35.0% 의 경우를 除外하고는 水溫의 上昇에 따라 短縮되고, 또한 各水溫區마다 鹽度 24.5% 의 경우에 있어서 그 移行生存率은 95~100% 로서 가장 良好함과 동시에 變態에 所要되는 日數도 短縮된다.

한편으로 이보다 低鹽度 및 高鹽度の 경우는 그 生存率은 低下됨과 동시에 移行·成長하는데 所 要되는 日數도 漸進的으로 길어지는 傾向을 나타낸다. 따라서 megalopa 幼生을 稚게로 生育·成長 시키는데 따른 好適한 水溫 및 鹽度範圍는 22~26℃와 10.5~31.5% 인 듯하다.

Table 9. Combined effects of temperature-salinity on the metamorphic duration of megalopa larvae (MP) into the first juveniles *E. japonicus*. Initial number of megalopa larvae were 20 in each.

Temperature(℃)	Salinity level (%)				
	10.5	17.5	24.5	31.5	35.0
18	MP : 18	MP : 18	MP : 17	MP : 19	MP : 18
	JS : 80	JS : 90	JS : 95	JS : 100	JS : 80
22	MP : 11	MP : 11	MP : 10	MP : 12	MP : 11
	JS : 90	JS : 95	JS : 100	JS : 95	JS : 100
26	MP : 9	MP : 9	MP : 8	MP : 8	MP : 9
	JS : 90	JS : 100	JS : 100	JS : 100	JS : 95
28	MP : 10	MP : 8	MP : 6	MP : 8	MP : 10
	JS : 100	JS : 95	JS : 100	JS : 100	JS : 80

JS : Metamorphic rate (%) into the first juvenile.

따라서 이미 記述한 바처럼, 本種의 初期幼生 및 megalopa 幼生과 稚게의 生育에 미치는 諸般 環境要因중에서 가장 基本이 되는 溫度 및 鹽度の 最適條件인 水溫 22℃와 鹽度 24.5% 下에서 孵化된 zoea 狀態의 初期幼生은 第5 zoea 分期를 거쳐 孵化로 부터 16~26日 후에 megalopa 幼生으로 移行되고 그로부터 8~10日 후에 第1期 稚게로 變態된다.

各 成長段階別 個體群의 生長에 대한 水溫 및 鹽度 (權 等 1991)를 綜合하면, 本種은 그들의 生長하는 課程에서 水溫條件은 各成長段階의 個體群에 관계없이 18~28℃의 範圍에서는 대체로 正常 的인 飼育이 기대되며 그 중에서도 22~26℃가 最適條件인데 비하여, 要求되는 鹽度 條件은 各成 長段階別 個體群에 따라 顯著하게 相異하다. 특히 初期幼生の 生育에는 鹽度 10.5% 이상을 維持 시킴이 必須不可缺한 條件인데 비하여, megalopa 幼生으로 移行되면 다소 低鹽性으로 變化하는 傾 向을 보이며, 그후 稚게로 變態되면 zoea 幼生과는 判異하여 淡水에서 海水에 이르기까지의 全範圍 에서 正當的인 生育이 可能한 廣鹽性으로 變化하게 된다. 따라서 各成長段階別 個體群의 生長에 따

른 鹽度조건의 이같은 變化現象을 미루어 보아 稚게로 變態한 個體群은 그들이 부화된 淺海沿岸 및 河口岸으로부터 鹽分의 影響을 받지않는 河川의 上流域을 향하여 漸進的으로 遡上 · 移動하면서 成長을 거듭하게 됨을 알수가 있다. 한편 그 후에 成體로 成長한 個體群은 成熟하여 産卵期가 되면 從前에 그들의 어미가 經由하던 것처럼 交尾 · 産卵을 위하여 河口쪽으로 遡下 · 移動하여 淺海沿岸에서 孵化를 하게되고, 孵化된 初期幼生은 比較的 海水의 移動이 緩慢하고 먹이生物이 豊富하게 棲息하는 沿岸에서 浮遊生活을 지내다가 megalopa 幼生으로 移行하여 稚게로 變態되면 다시 淺海沿岸으로부터 河口를 經由하여 河川 上流域을 향하여 遡上 · 移動하며 成長하는 生活史를 밝는 것으로 推定된다.

IV. 要 約

1990年 11月 中旬에 慶南 河東郡 蟾津江 下流域에서 採集한 雌雄成體를 東義大學校 生物 生産研究所내에서 飼育하며 人工採卵을 하였고 거기서 孵化된 幼生을 使用하며 그들의 發生과 飼育 · 成長에 미치는 水溫 및 鹽度の 好適條件을 調査하였다.

孵化된 幼生은 Zoa 狀態로서 第5 zoa 齡期를 지나 megalopa 幼生으로 移行되며, 水溫 22℃, 鹽度 24.5‰ 條件下에서 孵化한 齡期別 幼生の 脫皮間隔은, 第1期 Zoa는 1~4日, 第2期 zoa는 4~8日, 第3期 zoa는 7~10日, 第4期 zoa는 9~13日, 第5期 zoa는 12~19日이므로 各各 4日, 5日 및 8日이 所要되고, 그 후 megalopa 幼生으로 移行하기까지는 孵化後 16~26日이 所要되며, 그로부터 8~10日후에 第1期 稚게로 變態된다. 孵化로 부터 第1期 稚게까지의 各成長段階別 個體群의 頭胸甲長 길이變化는 $Y=0.29513e^{0.28479X}$ 의 曲線式으로 表示된다.

初期幼生の 各 齡期에 따른 形態의 重要特徵은 顎脚外肢羽狀毛數와 遊泳肢의 出現狀態 與否로서 容易하게 識別되며, 그 중에서 第1期 zoa 幼生の 顎脚外肢羽狀毛數는 4個, 第2期는 6個, 第3期는 8個, 第4期는 10個, 第5期는 12個이다.

Megalopa 幼生으로의 移行에 所要되는 日數와 生存率을 綜合하면, 初期幼生の 生育에 따른 好適한 水溫範圍는 18~28℃이고, 그 중에서도 最適水溫範圍는 22~26℃인 듯하다. 또한 生育에 따른 好適한 鹽度範圍는 17.5~31.5‰ 이고 그 最適鹽度는 24.5‰ 인 듯하다.

Zoa 幼生은 比較的 높은 鹽度인 17.5~35.0‰ 範圍에서 適應力이 큰 데 비하여, megalopa 幼生은 14.0~31.5‰ 範圍로서 zoa 幼生에 비하여 다소 低鹽性으로 기울어지는 傾向을 보이며, 특히 稚게로 變態되면 淡水로 부터 海水에 이르기까지의 全範圍에서 生育이 가능한 廣鹽性으로 변한다.

幼生の 生育에 다른 各段階別의 水溫 · 鹽度を 組合한 複合條件下에서는 水溫 22~26℃ 範圍와 鹽度 17.5~31.5‰ 範圍를 서로 組合한 경우가 幼生の 生育에 대한 好適範圍로서 megalopa 幼生까지의 移行率은 80% 이상이고, 移行까지에는 14~18.7日이 所要된다. 특히 그 중에서도 水溫 26℃와 鹽度 24.5‰ 下에서는 megalopa 幼生까지의 移行率이 90%, 所要日數는 14日을 나타냄으로써 最適한 生育條件인 듯하다.

Megalopa 幼生에서 稚게로 變態시키는데 따른 各 水溫과 鹽度を 組合시킨 境遇의 好適한 範圍는 水溫 18~28℃와 鹽度 10.5‰ ~35.0‰ 로서 이 範圍 사이에서는 水溫에 關係없이 80% 以上の 變態 · 生存率을 나타내나, 그 중에서도 水溫 22~26℃, 鹽度 10.5~31.5‰ 範圍가 最適한 條件인 듯 하다.

參 考 文 獻

- Kim, C. H. and S. G. Hwang. 1990. The complete larval development of *Eriocheir japonicus* De Haan(Crustacea, Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory. Korean. J. Zool. 33: 401~427.
- 後藤悦郎・川島隆壽・鈴木博也・山本孝二. 1986. モクズガニの成熟と幼生の飼育に関する研究. 島根縣水産試験場 研究報告 4: 38~61.
- 石田雅俊・鶴治市. 1975 a. モクズガニに関する研究. 福岡縣豊前水試研究業務報告 1975年: 51~71.
- 石田雅俊・鶴治市. 1975 b. モクズガニに関する研究. 第2報, 幼生の飼育について. 福岡縣豊前水試研究業務報告 1975年, 41~51.
- 金勳洙. 1973. 韓國動物圖鑑, 第14卷 動物編(집게, 게류), 文教部 465~471.
- 小林哲・松浦修平. 1991. 鹿兒島縣神之におけるモクズガニの流程分布. 日本水産學會誌 57(10): 29~1034.
- 權普洙・李福奎. 1993. 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. 韓國養殖學會誌 6(4): 235~253.
- 森田豊彦. 1974 a. モクズガニ *Eriocheir japonica* De Haanの交尾習性について. 甲殼類の研究 6: 31~47.
- 森田豊彦. 1974 b. モクズガニ *Eriocheir japonica* De Haanの發生學的觀察. 動雜 83: 24~81.
- 渡邊精一・梶山誠. 1987. 大風澤川(千葉縣)におけるモクズガニ *Eriocheir japonicus* De Haanの成熟. 甲殼類の研究 16: 87~92.
- 八塚剛. 1948. モクズガニ幼生の人工飼育(第1報). 日本水産學會誌 10(1): 35~39.