빙어의 卵發生過程과 仔魚의 形態發達

韓景鎬 · 李承柱 · 金容億* · 明正求**
國立水産振興院 東海水産研究所 · *釜慶大學校 海洋生物學科 · **韓國海洋研究所

Eggs Development and Larval Development of the Ice Fish, *Hypomesus transpacificus nipponensis* McAllister

Kyeong-Ho HAN, Seung-Ju LEE, Yong Uk KIM* and Jung-Goo MYOUNG**
East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Agency, Pohang, Kyoungsangbuk-do 791-110, Korea
**Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea*
***Korean Ocean Research and Development Institute, Ansan, Kyonggi-do 425-600, Korea*

Artificial fertilization of ice fish, *Hypomesus transpaciticus nipponensis* caught at Milyang-river and Osib-chun brook was performed in March 24, 1990, and the hatched larvae were reared for 25 days to describe the development of eggs and larvae. Fertilized eggs were spherical in shape, measuring 0.85~1.05 mm in diameter (mean: 0.97 mm) and translucent adhesive with many small-sized oil globules on the surface. Hatching in the indoor tank started from the 170 hours after fertilization under 16.5℃ water temperature. Newly-hatched larvae were measured 3.85~4.25 mm in total length (mean: 4.05 mm), and mouth and anus were not yet open. They had one yolk sac on the anterior part of abdomen, straight-type's notochord, and 52~54 myotomes. The larva of 5 days old transformed to postlarval stage and measured 5.20~5.65 mm (mean: 5.37 mm) in total length. As the yolk sac was completely absorbed, mouth and anus were open, and they fed rotifers vigorously. In 20 days after hatching, the larvae grew to 8.38 mm in TL, and the caudal notochord flex at 45°. In 25 days after hatching, total length reached 9.63 mm. The part of the fin-fold of the future dorsal and anal fins became high.

Key words : ice fish, eggs development, larval development

緒 論

빙어, *Hypomesus transpacificus nipponensis* McAllister는 1920년대 용흥강에서 제천 의림지, 경남 초동지 등으로 이식된 이후 지금까지 국내에 서식하는 種이다. 淡水性과 汽水性 및 陸海性이 있는데 우리나라 東北 地方과 日本의 혼슈우 이북, 알류우샨 열도에서 사할린까지의 沿海와 河川, 湖水에 분포하며, 보통 河川 부근의 바다에 서식한다 (Chyung, 1986).

바다빙어科에 對한 硏究는 빙어의 成魚 形態 및 분포에 對하여 (Okada, 1959), 바다빙어科 魚類의 稚魚期의 分類特徵 (Yanagawa, 1975), 빙어의 卵發生에 있어서 高溫耐性의 변화 (Kashiwagi et al., 1991) 및 *Hypomesus olidus* 卵의 孵化에 미치는 수온과 염분의 영향 (Kashiwagi et al., 1988) 등이 있으며, 우리나라에서는 韓國産 *H. olidus*의 지리적 形態變異 (Ryu and Lee, 1981)에 대한 연구가 있다.

본 硏究는 빙어 受精卵의 形態와 卵發生過程, 孵化仔魚의 成長에 따른 形態變化를 관찰하여 初期生活史를 체계적으로 정리하고자 한다.

材料 및 方法

實驗에 이용한 材料는 1990年 3月 24日에 慶尙北道 盈德郡 江口面에 位置한 五十川과 慶尙南道 密陽市 密陽江에서 채집하여 人工受精한 卵을 ice box에 얼음을 넣고 그 윗 부분에 스폰지를 깔아 水分이 스폰지에 촉촉히 젖은 상태에서 採卵網(21×21 cm, 網目: 1 mm)을 스폰지 위에 얹어 實驗室로 운반하여 室內飼育하면서 發生過程과 卵에서 孵化한 仔魚를 飼育하면서 形態發達을 관찰하였다.

孵化容器는 불투명한 플라스틱 용기(52×36×30 cm) 4개를 사용하였고, 물은 하루에 1/3씩 還水하였으며, 地下水를 이용하였다. 孵化後 仔魚의 飼育은 투명한 유리로 된 飼育水槽(35×23.5×27 cm) 4개로 옮겨 넣었고, 물은 하루에 1/2씩 還水하였으며, 地下水를 이용하였다.

飼育期間동안의 수온범위는 13.0~21.0℃(평균, 17.5℃)였으며, 孵化後 2日째인 仔魚期부터 *Chlorella* sp.와 유지효모로 배양한 Rotifer (*Branchionus plicatilis*)와 *Artemia* nauplius 유생을 먹이로 供給하였다.

受精卵의 形態와 發生過程은 立體解剖顯微鏡을 사용하였고, 孵化仔魚는 무작위로 추출하여 얼음으로 마취시켜서 立體解剖顯微鏡과 萬能透影機를 사용하여 관찰, 스케치하였으며, 학명은 McAllister (1963)와 Nakabo (1993)에 따라 사용하였다.

結　　果

實驗室에서 觀察한 빙어의 受精卵, 卵發生過程 및 仔魚 形態發達은 다음과 같다.

1. 受精卵

受精卵은 여러개의 附着絲가 합하여 附着膜으로 附着하는 沈性附着卵으로 되어 있으며, 독특한 부착기구인 外卵膜을 가지고 있고, 卵黃은 淡黃色의 많은 小油球를 가진다 (Fig. 1). 빙어의 受精卵은 球形으로 受精後 淡黃色은 거의 없어져 무색투명하며, 卵徑은 0.85~1.05 mm (평균 0.97 mm, n=20)이다.

2. 卵發生過程

1990年 3月24日 오후 2時에 受精한 後 實驗室로 運搬하여 觀察한 결과 受精後 10時間에 受精卵은 이미

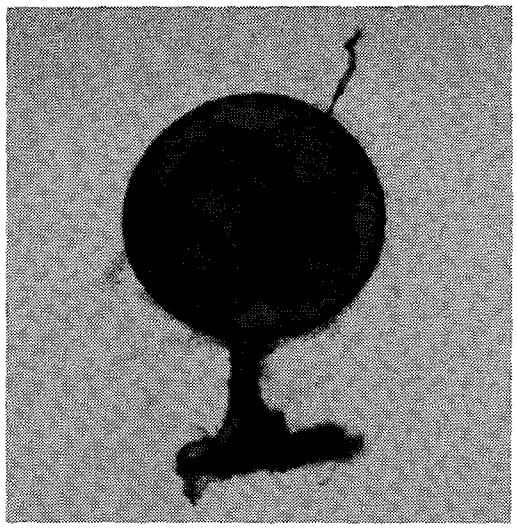

Fig. 1. Fertilization egg of *Hypomesus transpacificus nipponensis*.

胞胚期에 達해 있었고 (Fig. 2, A), 20時間 30分後에 胚盤이 卵黃의 약 1/2을 덮어 내려오며, 胚楯이 자라 올라가기 시작한다 (Fig. 2, B). 受精後 30時間에는 胚體가 형성되어가고, 胚盤이 卵黃의 거의 대부분을 덮어 내려와 原口가 폐쇄되기 직전에 이르며 (Fig. 2, C), 35時間後에는 胚體의 머리부분에 眼胞가 形成된다 (Fig. 2, D). 受精後 40時間 40分에는 耳胞와 꼬리부분에 Kupffer氏胞가 출현하며 몸의 옆쪽에 8~10개의 筋節이 분화한다 (Fig. 2, E). 受精後 55時間 30分에는 눈에 렌즈가 생기며, Kupffer氏胞는 아직 남아 있고, 筋節數는 18~20개로 증가한다 (Fig. 2, F).

受精後 90時間에는 耳胞가 거의 완전하게 분화하며 心臟이 분화하고, 꼬리부분에 막지느러미가 형성되어 卵黃으로 부터 분리되고, 筋節은 27~29개로 증가한다 (Fig. 2, G).

受精 110時間 後에는 胚體의 몸 표면에 黑色素胞가 출현하며, 腦가 분화되고, 활발하게 心臟이 박동하기 시작한다. 卵黃위의 油球數는 줄어들고 커지며, 胚體는 더욱 발달하여 卵黃을 한바퀴 감싸게 되며 가끔 움직이고, 눈에 色素가 착색되기 시작하며 筋節은 36~37개로 증가한다 (Fig. 2, H).

受精後 130時間에는 胚體의 머리부분이 더 發達하고, 卵黃위에 黑色素胞가 出現하며, 筋節數는 더욱 증가하게 되고, 가슴지느러미가 膜狀으로 아주 작게

分化한다 (Fig. 2, I).

受精後 170時間에는 卵黃과 胚體의 배쪽에서 黑色素胞가 더욱 증가하고 筋節은 46~48개로 되며, 孵化直前에 이르게 되는데, 孵化는 개체에 따라 머리부터 孵化하는 경우가 대부분이다 (Fig. 2, J).

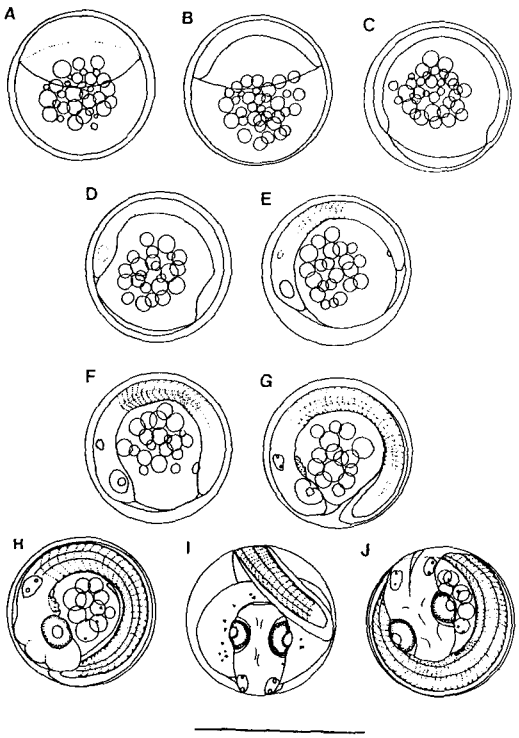

Fig. 2. Egg developmental stages of *Hypomesus transpacificus nipponensis* reared in the laboratory. A: Blastula stage, 10 hrs. after fertilization; B: Gastrula stage, 20 hrs. 30 mins.; C: Embryo formation, 30 hrs.; D: Optic vesicles just before forming, 35 hrs.; E: 8~10 myotomes stage, appearance of Kupffer's vesicles, 40 hrs. 40 min.; F: Formation of eye lens, 55 hrs. 30 min.; G: Appearance of otolith, 90 hrs.; H: Appearance of melanophore on the body, 110 hrs.; I: Development of pectoral fin, 130 hrs.; J: Embryo just before hatching, 170 hrs. Scale bar=1 mm.

3. 仔魚의 形態發達

孵化直後의 仔魚는 全長 3.85~4.25 mm (평균 4.05 mm, n=10)로 몸은 매우 가늘고 길어 투명하며, 입과 항문이 열려 있지 않고, 머리부분을 제외한 몸 전체에 막지느러미가 발달되어 있다. 눈에는 色素胞가 착색

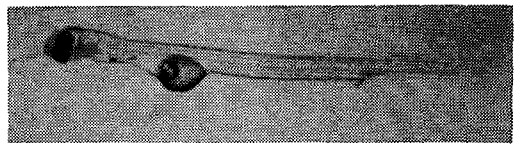

Fig. 3. Prelarva of *Hypomesus transpacificus nipponensis.*

되어 있으며, 卵黃은 크고, 卵黃 위에 小油球 5~6개가 있다. 消化管은 길게 延長되어 있고, 유문수는 소화관 앞에서 부터 1/3에 위치한다. 黑色素胞는 적은 편으로 가슴쪽에서 배쪽의 막지느러미 基底에 1열로 항문까지 나열되어 있으며, 卵黃 위와 卵黃 뒷쪽의 消化管 가장자리에 나뭇가지 모양으로 분포한다. 脊索은 거의 직선으로 筋節數는 36~37+16~17=52~54개이며, 이 時期의 仔魚는 바닥에 가라앉아 거의 遊泳하지 않는다 (Fig. 3; Fig. 4, A).

孵化後 1日째의 前期仔魚는 全長이 4.35~4.80 mm (평균 4.57 mm, n=10)로 卵黃은 어느정도 흡수되고 입과 항문이 열리면서 臟이 發達하기 始作하며, 양턱이 머리의 배쪽보다 앞쪽으로 이동하고 근육이 발달하기 시작한다. 黑色素胞는 卵黃 위의 배쪽에서 더욱 증가하고, 筋節은 53~55개이다 (Fig. 4, B).

孵化後 4~5日째 仔魚는 全長이 5.20~5.65 mm (평균 5.37 mm, n=10)로 卵黃은 거의 흡수되어가고, 卵黃의 앞쪽에 油球가 1개 존재한다. 항문이 열린 부분의 막지느러미가 분리되어 있고, 눈의 色素胞는 더욱 짙어진다. 筋節數는 37~39+16~17=53~56개이며, 이 시기에 rotifer를 먹기 시작한다 (Fig. 4, C).

孵化後 7日째 後期仔魚는 全長이 5.75~6.25 mm (평균 6.01 mm, n=10)로 膜狀의 가슴지느러미는 더욱 커지고, 아가미가 열리기 시작하며, 양턱이 머리부분의 앞쪽에서 튀어나오게 된다. 유문수는 소화관 중앙 위 제 15~17筋節 아래에 위치하며, 꼬리부분의 배쪽과 막지느러미위에 黑色素胞가 나타나기 始作한다 (Fig. 4 D).

孵化後 10日째 後期仔魚는 全長이 6.39~6.75 mm (평균 6.59 mm, n=10)로 머리가 커지고, 머리의 폭이 넓어지고, 몸의 높이도 높아진다. 卵黃은 거의 흡수되어 흔적적이고, 1개의 油球는 아직 남아 있다. 머리부분에 처음으로 黑色素胞가 出現하고, 항문 윗 부분에 것은 증가하며, 아가미는 더욱 발달한다 (Fig. 4 E).

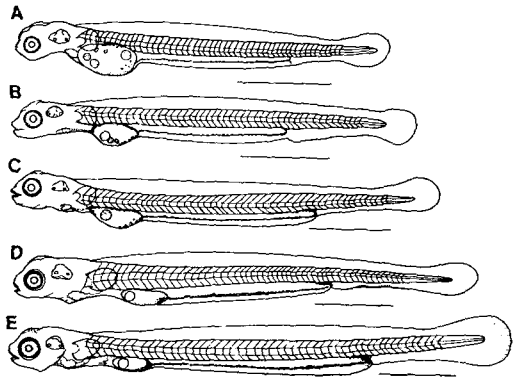

Fig. 4. Larvae of *Hypomesus transpacificus nipponensis* reared in the laboratory. A: 4.05 mm in total length (TL), newly-hatched larva; B: 4.57 mm in TL, 1 days after hatching; C: 5.37 mm in TL, 5 days after hatching; D: 6.01 mm in TL, 7 days after hatching; E: 6.59 mm in TL, 10 days after hatching. Scale bars=1 mm.

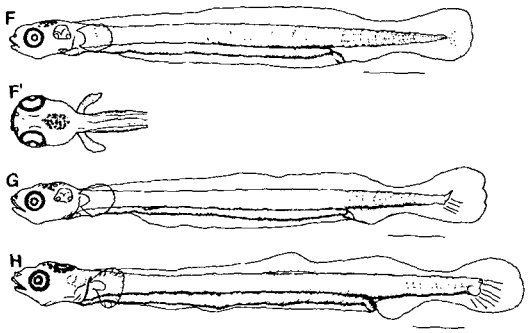

Fig. 5. Larvae of *Hypomesus transpacificus nipponensis* reared in the laboratory. F: 7.45 mm in total length (TL), 15 days after hatching; F': Dorsal view of F; G: 8.38 mm in TL, 20 days after hatching; H: 9.63 mm in TL, 25 days after hatching. Scale bars=1 mm.

孵化後 15日째 仔魚는 全長이 7.25~7.95 mm (평균 7.45 mm, n=10)로 머리부분이 發達하며, 卵黃은 完全히 흡수되어 後期仔魚期에 달한다. 黑色素胞가 머리 꼭대기부분에 밀집하여 나타나고, 몸 옆쪽의 등쪽, 배쪽 및 꼬리부분에서 증가한다. 꼬리지느러미 줄기의 原基가 出現하기 시작한다 (Fig. 5, F, F').

孵化後 20日째 仔魚는 全長 8.20~8.55 mm (평균 8.38 mm, n=10)로 꼬리지느러미에 4~5개의 줄기가 分化되기 시작하며, 양턱은 더욱 발달하고, 새개부 아랫쪽에 4~5개의 새조골이 분화되어 있다. 몸의 폭은 더욱 넓어지고, 脊索末端이 45° 각도로 위로 굽어져 있으며, 몸의 옆쪽에 黑色素胞는 더욱 증가한다 (Fig. 5, G).

孵化後 25日째 仔魚는 全長이 9.15~9.75 mm (평균 9.63 mm, n=10)로 등지느러미와 뒷지느러미에 原基가 각각 제22~26 筋節 위와 제40~44 筋節 아래에 출현하여 융기하기 시작하고, 가슴지느러미가 發達한다. 꼬리지느러미 줄기는 7~8개로 증가하고 下尾軸骨부분이 더욱 발달한다. 머리꼭대기 부분에 분포하는 黑色素胞는 더욱 발달하고, 消化管 가장자리와 몸 옆쪽의 色素는 더욱 증가하여 斑紋이 형성되기 시작한다 (Fig. 5, H).

考　　察

硬骨魚類는 軟骨魚類에 비해 많은 數의 알을 産卵하며, 卵은 작고, 仔魚의 運動器官이나 感覺器官을 비롯한 많은 器官의 발달정도는 낮고, 攝食能力도 한정되어 있다. 이와 같은 硬骨魚類의 多産性과 仔魚의 특수성이 관련되어 仔魚期에는 다량의 개체가 단시간내에 사망하게 된다 (Tanaka, 1972).

硬骨魚類中 빙어나 은어, *Plecoglossus altivelis* (Lee et al., 1995)와 같이 沈性卵을 낳는 魚類의 卵은 一般的으로 浮性卵에 비하여 卵의 크기가 크고, 孵化에 소요되는 시간이 길며, 孵化된 仔魚는 器官의 발달정도가 높은 편이며, 그들의 사는 장소나 生活方法에 따라, 그들에 適合한 産卵生態를 가진다. 이러한 産卵生態는 魚種에 따라 아주 다양하며, 卵의 모양이나 성질도 또한 魚種에 따라 다르다.

Hamada (1961)는 빙어의 生活形을 遡河形과 완전하게 민물에 사는 淡水形으로 구분하였으며, 産卵은 주로 4~5月에 江 또는 호수에서 하고, 成熟은 1年안에 이루어 진다고 하였다.

빙어의 卵은 外卵膜이 附着膜의 機能을 하는 沈性附着卵으로 受精卵은 球形으로서, 卵徑이 0.85~1.05 mm (평균 0.92 mm)로 일본산 *H. olidus* (Yamada, 1963)의 0.6~0.7 mm보다 큰 편이었으며, 같은 科 魚類인 *Osmerus eperlanus*의 0.9~1.3 mm (Russell, 1976) 및 은어 (Lee et al., 1995)의 0.95~1.08 mm (평균 1.02 mm)보다는 약간 적었으나, 빙어보다 小型魚인 뱅어

科(Salangidae)의 뱅어, *Salangichtys microdon* (KORDI, 1987)의 0.7~1.02 mm와 비슷하였고, 產卵生態는 *H. olidus* (Yamada, 1963)와 거의 비슷하였다.

卵發生中 黑色素胞의 출현시기는 孵化할 때까지 나타나지 않는 種도 있으나, 빙어는 은어(Lee et al., 1995)와 마찬가지로 心臟 박동이 시작된 後에 나타나며, 학공치(Kim et al., 1984)의 경우처럼 黑色素胞가 먼저 나타난 後에 心臟이 박동하는 種도 있어 魚種에 따라 差異가 있다고 볼 수 있다. 이러한 黑色素胞의 出現時期, 분포 위치 및 形態는 魚類의 仔稚魚 分類의 중요한 分類形質로 알려져 있는데, 빙어의 경우, 머리 꼭대기 부분과 머리부분 뒤쪽의 筋節에 분포하는 별 모양의 黑色素胞는 後期仔魚에서 부터 나타나고, 꼬리부분과 소화관 가장자리에 분포하는 나뭇가지 모양의 黑色素胞는 心臟 박동이후 나타나며, 卵黃에 분포하는 黑色素胞는 心臟 박동이후 처음 출현할 때는 나뭇가지 모양이지만, 발생이 진행됨에 따라 차츰 원형에 가까운 形態로 변해간다.

빙어의 卵은 은어(Lee et al., 1995)와 같이 독특한 부착기구인 外卵膜을 가지고 있으며, 植物極보다 상대적으로 가벼운 動物極 쪽에 이 附着膜이 위치하고 있으므로, 發生이 진행됨에 따라 胚盤은 附着膜이 붙어 있는 반대쪽으로 卵黃을 덮어 올라가는 현상이 관찰되었는데 이러한 현상이 沈性附着卵을 產卵하는 다른 담수 魚種에서도 일어나는 지에 대해서는 앞으로 연구과제라 생각된다.

빙어의 孵化에 소요된 시간은 사육수온 13.0~19.3℃(평균, 16.5℃)에서 170시간 이상으로 같은 科 魚類인 *Osmerus eperlanus*의 8.0~12.0℃에서 27日 소요(Russell, 1976)되는 것과 은어(Lee et al., 1995)의 평균 사육수온 16.5℃에서 264시간, 뱅어(KORDI, 1987)의 평균 사육수온 14.5℃에서 8~9日에 비해 다소 빠른 편이다.

빙어 仔魚의 筋節은 54~56개로 Okiyama(1988)의 결과와 일치하였으며, *H. olidus* (Yamada, 1963)의 53~56개와 거의 같은 수였고, 날빙어(*H. pretiosus japonicus*)의 60~61개(Okiyama, 1988) 보다는 적은 수를 보였다.

自然에서의 빙어는 은어(Lee et al., 1995)와 마찬가지로 孵化直後부터 산란장소를 떠나 江河口쪽으로 이동하게 되는데, 이것은 물의 흐름을 감지할 수 있는 발달한 눈과 遊離感丘(free neuromast)를 갖고서 孵化되기 때문이며, 孵化後 4日이 지나야 비로소 눈과 遊離感丘가 발달되어 산란장소를 떠날 수 있는 피라미(*Zacco platypus*)와는 차이를 보인다(Kawamura et al., 1983).

孵化 20日째 全長 8.20~8.55 mm가 되면 脊索末端이 45°각도로 위로 굽어지고, 꼬리지느러미 줄기가 分化되기 始作하는데, 體長 11.3 mm에 脊索末端이 위로 굽어지기 시작한다는 Okiyama(1988)의 결과와는 차이가 있으며, 은어(Lee et al., 1995)가 30일째에 꼬리, 등, 뒷지느러미 줄기가 分化되기 시작한다는 결과와도 차이가 있었다.

또한, 前期仔魚의 에너지源은 卵黃임을 알 수 있고, 卵黃吸收直前부터 얼마 동안의 급변한 성장 둔화를 보이는데 이것은 에너지源이 卵黃物質에서 외부 영양섭취로의 완전한 전환이 이루어지지 않았기 때문에 일어나는 일시적 현상이라고 생각되며, 빙어의 경우 孵化後 5일째에 卵黃이 거의 흡수되어 은어(Lee et al., 1995; Tsukamoto and Kajihara, 1984)와 卵黃 흡수시기가 같았고, 卵黃吸收後 성장이 빨라졌다. 그리고 孵化 1~2日째 以後에 仔魚의 대량폐사가 일어났는데, 이것은 siphon에 의한 仔魚의 충격과 환경에 대한 부적응을 비롯하여, 세균증식에 알맞은 사육수온에 의한 仔魚의 病 등 여러가지 원인에 기인된 것이라고 생각된다.

要　　約

1990年 3月, 慶尙北道 盈德郡 江口面에 位置한 五十川과 慶尙南道 密陽市 密陽江에서 채집하여 人工受精한 卵을 실험실로 운반하여 卵發生過程과 孵化仔魚의 成長에 따른 形態變化를 觀察한 결과는 다음과 같다.

1. 빙어의 受精卵은 球形의 沈性附着卵으로 무색투명하며, 卵徑은 0.85~1.05 mm(평균 0.97 mm, n=50)이다.

2. 孵化에 소요된 시간은 평균 16.5℃에서 약 170시간만에 孵化한다.

3. 孵化直後의 仔魚는 全長 3.85~4.25 mm(평균 4.05 mm, n=10)로, 아직 입과 항문이 열려 있지 않고,

눈에 色素胞가 착색되어 있으며, 근절수는 52~54개이다.

4. 孵化 4~5日째의 仔魚는 全長이 5.20~5.65 mm (평균 5.37 mm, n=10)로 卵黃은 거의 흡수되고, 눈의 色素는 더욱 짙어진다.

5. 孵化 20日째의 後期仔魚는 全長이 8.20~8.55 mm (평균 8.38 mm, n=10)로 脊索末端이 45° 각도로 위로 굽어진다.

6. 孵化 25日째의 後期仔魚는 全長이 9.15~9.75 mm (평균 9.63 mm, n=10)로 등지느러미와 뒷지느러미에 각각 융기하기 시작하여 原基가 나타난다.

參 考 文 獻

Chyung, M. K. 1986. The Fishes of Korea. Iljisa Publishing Co. Seoul, 727pp (in Korean).

Hamada, K. 1961. Taxonomic and ecological studies of the genus *Hypomesus* of Japan. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 9(1), 1~55.

Kashiwagi, M. T. Iwai and Alexandre N. G. Lopes. 1988. Effects of temperature and salinity on egg hatch of the pond smelt *Hypomesus olidus*. Bull. Fac. Bioresources, Mie Univ. 1, 7~13.

Kashiwagi, M., Y. Deng and T. Iwai. 1991. Change of susceptibility to thermal shock in developing eggs of pond smelt *Hypomesus transpacificus*. Suisanzoshoku, 39(3), 321~325 (in Japanese).

Kawamura, G., Y. Mukai and H. Ohta. 1983. Morphology of the eye and free neuromast of larval ayu and chub and its relation to behaviour in water flow. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49(10), 15 27~1532.

Kim, Y. U., J. G. Myoung and S. O. Choi. 1984. Eggs development and larvae of horn fish, *Hemiramphus sajori*. Bull. Korean Fish. Soc., 17(2), 125~131 (in Korean).

Korea Ocan Research & Development Institute, 1987. Ecological Data of Marine Organisms, 37~53 (in Korean).

Lee, S. J., S. J. Son, J. U. Lee and S. U. Park. 1995. Embryonic development and larval morphology of sweetifish, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel. Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, 50, 91~102 (in Korean).

McAllister D. E. 1963. A revision of the smelt family, Osmeridae. Nat'l Mus. of Canada, Bull. 191 (Biological series No. 71), 1~53.

Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press, Tokyo, 1474 pp (in Japanese).

Okada, 1959. Studies on the fresh water fishes of Japan. I. General Part. J. Fac. Fish Mie Pref. Univ. 4, 588 pp (in Japanese).

Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo. 65~71 (in Japanese).

Russell, F. S. 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, London. 524 pp.

Ryu, B. S. and K. R. Lee. 1981. Morphological variations in relation to geographical distribution of pond smelt, *Hypomesus olidus* Pallas. Bull. Korean Fish. Soc., 14(3), 179~188 (in Korean).

Tanaka, M. 1972. Studies on the structure and function of the digestive system in teleost larvae-V. Changes in the anteromedian part of the intestine after feeding. Japan. J. Ichthyol. 19(1), 15~25 (in Japanese).

Tsukamoto, K. and T. Kajihara. 1984. On the relation between yolk absorption and swimming activity in the Ayu larvae *Plecoglossus altivelis*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50(1), 59~61.

Yamada, J. 1963. The normal developmental stages of the pond smelt, *Hypomesus olidus* (Pallas). Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 14(3), 121~126.

Yanagawa, S. 1975. New discriminative characters between juveniles of two osmerid fishes, *Spirinchus lanceolatus* and *Osmerus mordax*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 25(3), 163~168 (in Japanese).

1996년 5월 9일 접수
1996년 7월 9일 수리