

학공치, *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel) 仔稚魚의 골격 발달

이 승 주 · 김 용 역* · 한 경 호**

국립수산진흥원 남해수산종묘시험장, *부경대학교 해양생물학과,
**여수대학교 수산생명과학부

Osteological Development of Larvae and Juveniles of *Hyporhamphus sajori* (Teleostei: Hemiramphidae)

Seung-Ju Lee, Yong Uk Kim* and Kyeong-Ho Han**

Namhae Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency,
Namhae, Kyongsangnam-do, 668-821, Korea, *Department of Marine Biology,
Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea,
**Division of Aqua Life Science, Yosue National University, Yosue 550-749, Korea

The fertilized eggs of *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel) were collected on the shore of Youngil Bay, Pohang-shi, Korea, on May 27, 1991, and were hatched and reared in the laboratory to investigate osteological development of larvae and juveniles. The newly hatched larvae were 7.00~8.50 mm (mean 7.80 mm, n = 5) in total length (TL) and had an ossified cranium, visceral skeleton and shoulder girdle bones. At 8 days, the larvae had attained 10.07~14.75 mm (mean 13.07 mm, n = 5) in TL had elongated dentaries anteriorly, and their vertebral columns were posteriorly ossified. At 14 days, the larvae had attained 17.62~19.35 mm (mean 19.20 mm, n = 5) in TL, had ossified pterygiophores, and 41 slender ribs on the vertebrae. At 16 days, the larvae were 18.90~24.72 mm (mean 23.00 mm, n = 5) in TL and had three ossified epurals.

Ossification of the jaw bone and operculum of the newly hatched larvae, which was related to feeding and respiration was almost completed 37 days after hatching.

Key words : *Hyporhamphus sajori*, Larvae and Juveniles, osteological development

서 론

학공치, *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel)는 동갈치목 (Belontiiformes), 학공치과 (Hemiramphidae), 학공치屬 (*Hyporhamphus*)에 속하는 어류로서, 우리나라를 비롯하여 동중국해, 일본, 타이완 등지에 분포하는 중요한 수산자원의 하나 이다 (정, 1977; 한국동물분류학회,

1997; 김 등, 2001).

학공치에 관한 연구로는 仔稚魚의 형태발달 (이 등, 2001), 난발생과 孵化仔魚 (김 등, 1984), 생활사 (內田, 1931), 卵과 仔魚의 형태 (Inaba, 1931), 쾡치, *Colobabis saira*의 卵과 仔魚와의 상이점 (遊在, 1958), 생활학적 연구 (國行과 小出, 1963)와 산란생태 (Senta, 1966a, b) 등 仔稚魚의 발육단계에 따른 형태변화에 대한 상세한 보고는 있으나, 仔稚魚 발육단계에 따른 골격발달의 보

고는 없다.

따라서 이 연구는 학공치 仔稚魚의 발육단계에 따른 골격 발달 과정을 관찰한 결과를 토대로 학공치과 어류 분류에 대한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 재료는 1991년 5월 27일 경상북도 포항시 청하면 방어리 소재의 포항수산종묘시험장 앞 해안(Fig. 1)에서 모자반류(*Sargassum* sp.)에 부착되어 있는 학공치의 수정란을 채집하여 부화한 자어를 사육하였으며, 사육은 배양장 내에 있는 FRP 수조(100×200×100 cm)에서 지수상태로 하였다.

사육수온은 17.6~23.2°C (평균 20.3°C, 65일간)였고, 사육용수는 매일 1회 환수하였으며, 환수량은 사육초기에는 10%, 사육후기에는 50%를 환수하였다.

仔稚魚의 사육기간 중 먹이는 부화 후 10일까지 rotifer (*Brachionus plicatilis*)를 공급하였고, 부화 후 6일부터 20일까지는 brine shrimp (*Artemia* sp.) nauplius 유생을 공급하였다. 부화 후 15일부터는 배합사료로 먹이 불임을 시작하였으며, 부화 후 21일부터 양어용 배합사료만을 공급하였다.



Fig. 1. Map showing the sampling area of *Hemiramphus sajori* (Temminck et Schlegel).

仔稚魚의 골격 관찰을 위해 仔稚魚를 부화 직후부터 매일 5개체씩 5% 중성포르말린에 고정시킨 후 Park and Kim (1984)의 염색법에 의하여 이중염색하였으며, 그 후 입체해부현미경과 만능투영기를 사용하여 주로 頭蓋骨, 內臟骨, 肩帶骨, 脊椎骨, 擔鰭骨, 腰帶骨 및 尾骨의 골격 발달 과정을 관찰, 스케치하였고, 골격의 각 부위 명칭은 Potthoff (1975)에 따랐으며, 각 부위는 0.01 mm까지 측정하였다.

결 과

학공치 仔稚魚의 발육단계에 따른 골격 발달은 크게 頭蓋骨, 內臟骨, 肩帶骨, 脊椎骨, 擔鰭骨, 腰帶骨 및 尾骨로 구분하여 관찰하였다.

1. 頭蓋骨, 內臟骨 및 肩帶骨

頭部의 골격은 頭蓋骨(cranium)과 內臟骨(visceral skeleton)로 이루어져 있으며, 肩帶骨(shoulder girdle bone)은 頭蓋骨의 後側頭骨(post-temporal)과 관절하고, 가슴지느러미를 지지한다. 학공치 仔稚魚의 성장에 따른 이들 頭蓋骨, 內臟骨 및 肩帶骨의 골격 발달 과정은 다음과 같다.

부화 직후, 전장이 7.00~8.05 mm (평균 7.80 mm, n = 5)인 仔魚는 頭蓋骨을 구성하는 골격인 副楔骨(parasphenoid)이 선모양으로 골화하였으며, 가슴지느러미를 지지하는 肩帶骨 중에서, 鎖骨(cleithrum)이 최초로 골화하였다(Fig. 2A).

부화 후 1일째, 전장이 7.65~8.70 mm (평균 8.08 mm, n = 5)인 仔魚는 頭蓋骨의 外後頭骨(exoccipital)과 基底後頭骨(basioccipital)이 鎖骨의 앞쪽에 골화하였으며, 턱을 지지하는 顎骨(jaw bone) 중, 主上顎骨(maxillary), 齒骨(dentary), 關節骨(articular), 鰓蓋部(opercular)의 主鰓蓋骨(opercle), 口蓋部(palate)의 口蓋骨(palatine)과, 그 뒤쪽에 後翼狀骨(metapterygoid)이 최초로 골화하기 시작하였다(Fig. 2B).

부화 후 3일째, 전장이 8.60~10.90 mm (평균 9.83 mm, n = 5)인 仔魚는 副楔骨의 바로 뒤쪽에 口蓋部의 舌顎骨(hyomandibular)과 方骨(quadrangle), 舌弓部(hyoid arch)의 角舌骨(ceratohyal)이 골화하기 시작하였으며, 頭蓋骨의 基底後頭骨의 앞쪽에 上耳骨(epiotic)과 舌弓部の 鰓條骨(branchiostegals) 2개가 골화하기 시작하였다(Fig. 2C).

부화 후 5일째, 전장이 8.75~12.15 mm (평균 10.47 mm, n = 5)인 仔魚는 額骨(frontal)이 눈의 위쪽에 골화

하기 시작하였으며, 外後頭骨의 앞쪽에 前耳骨 (prootic) 이 골화하였다. 口蓋部의 前上顎骨 (premaxillary)과 鯰蓋部의 下鯰蓋骨 (subopercle)이 역삼각형 모양의 主鯰蓋骨 아래부분에서 골화하기 시작하였고, 口蓋骨의 아래쪽에 外翼狀骨 (ectopterygoid)이 골화하기 시작하였

으며, 鯰條骨이 4개로 증가하였다 (Fig. 2D).

부화 후 7일째, 전장이 9.40~13.90 mm (평균 12.28 mm, n = 5)인 仔魚는 主上顎骨에 비하여 齒骨의 골화가 상당히 진행되었으며, 主鯰蓋骨 앞쪽에 鯰蓋部의 前鯰蓋骨 (preopercle)과, 舌弓部의 上舌骨 (epihyal)과 下舌骨 (hypohyal)의 골화가 시작하였다 (Fig. 2E).

부화 후 8일째, 전장이 10.07~14.75 mm (평균 13.07 mm, n = 5)인 仔魚는 舌顎骨의 뒤쪽에 頭蓋部의 楔耳骨 (sphenotic)과 翼耳骨 (pterotic), 그리고 副楔骨의 앞쪽에 鋤骨 (vomer)의 골편이 골화하기 시작하였으며, 鯰蓋部의 間鯰蓋骨 (interopercle)이 골화하기 시작하였다. 골화가 빠른 齒骨의 앞부분은 점점 앞쪽으로 신장되어 골화하기 시작하였고, 肩帶部의 烏喙骨 (coracoid)이 鎖骨 뒤쪽 아래부분에 골화하였으며, 鎖骨의 중간부분이 넓어졌다 (Fig. 2F).

부화 후 14일째, 전장이 17.62~19.35 mm (평균 19.20 mm, n = 5)인 仔魚는 額骨의 앞쪽에 篩骨 (ethmoid)과 눈의 앞쪽에 前額骨 (prefrontal)이 골화하였으며, 齒骨이 앞쪽으로 가늘고 길게 골화가 진행되었다. 肩帶部는 鎖骨의 윗부분에 上鎖骨 (supra-cleithrum)이 연결되어 골화하였고, 肩胛骨 (scapula)이 烏喙骨의 위쪽에서 골화하기 시작하였다. 肩胛骨의 중앙에는 肩胛骨 구멍 (scapula foramen)이 형성되었으며, 제 1, 2 射出骨 (actinost)이 골화하였다 (Fig. 2G).

부화 후 15일째, 전장이 18.50~20.65 mm (평균 19.94 mm, n = 5)인 仔魚는 頭部의 위쪽에 上後頭骨 (supraoccipital)과 鎖骨의 위쪽 앞부분에 後側頭骨 (post-temporal)의 골화가 시작되었으며, 內翼狀骨 (endopterygoid)이 口蓋骨 아래쪽에서 골화하기 시작하였고, 咽舌骨 (glosshyal)과 12개의 鯰條骨이 골화하였다. 肩帶部의 後鎖骨 (post-cleithrum)이 肩胛骨 뒤쪽에 가늘고 길게 골화하였으며, 鎖骨의 뒤쪽 중간부위에서 肩胛骨과 烏喙骨이 융합하였고, 제 3, 4 射出骨의 원기가 나타났다 (Fig. 2H).

부화 후 24일째, 전장이 26.10~30.40 mm (평균 28.10 mm, n = 5)인 仔魚는 頭蓋部의 눈 뒤쪽에 翼楔骨 (alisphenoid)이, 上後頭骨의 아래쪽에 顛頂骨 (parietal)이 골화되어 頭蓋部의 골격이 완성되었다. 舌弓部의 尾舌骨 (urohyal)이 角舌骨 아래쪽에 골화하였고, 肩帶部의 제 3, 4 射出骨이 골화하여 射出骨의 골화가 완성되었다 (Fig. 2I).

부화 후 37일째, 전장이 32.37~44.95 mm (평균 35.25 mm, n = 5)인 치어는 關節骨 뒤쪽에 인접하여 턱을 지지하는 顎骨 중, 下顎 연골이 경골화된 연골성 경골인 角骨 (angular)과 接續骨 (symplectic)이 方骨의 뒤쪽에

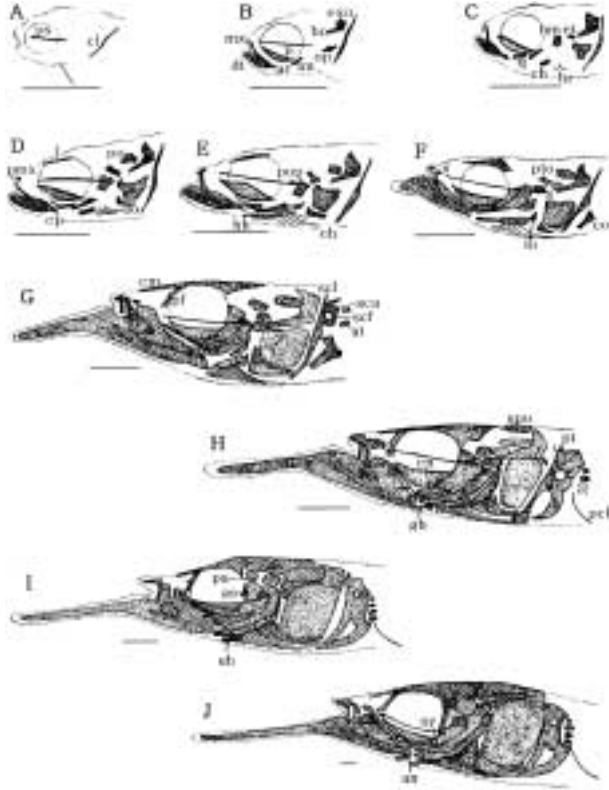


Fig. 2. Skeletal ossification of the cranium, visceral skeleton and shoulder girdle bone of *Hemirampus sajori* (Temminck et Schlegel).

A: mean 7.80 mm in total length (TL); B: mean 8.08 mm in TL; C: mean 9.83 mm in TL; D: mean 10.47 mm in TL; E: mean 12.28 mm in TL; F: mean 13.07 mm in TL; G: mean 19.20 mm in TL; H: mean 19.94 mm in TL; I: mean 28.10 mm in TL; J: mean 35.25 mm in TL.

an: angular; ar: articular; as: alisphenoid; at: actinost; bo: basioccipital; br: branchiostegal; ch: ceratohyal; cl: cleithrum; co: coracoid; dt: dentary; eh: epihyal; em: ethmoid; en: endopterygoid; ep: ectopterygoid; exo: exoccipital; et: epiotic; f: frontal; gh: glosshyal; hh: hypohyal; hm: hyomandibular; io: interopercle; mt: metapterygoid; mx: maxillary; op: opercle; p: prootic; pa: parietal; pcl: post-cleithrum; pf: prefrontal; pop: preopercle; ps: paracphenoid; pt: post-temporal; pto: pterotic; q: quadrate; s: sphenoid; sca: scapula; scl: supra-cleithrum; scf: scapular foramen; so: subopercle; spo: supraoccipital; sy: symplectic; uh: urohyal.; v: vomer. Scale bars indicate 1.00 mm.

골화하여 顎骨과 口蓋部の 골화가 완성되었다. 또한 舌弓部の 鯉條骨이 13개 골화하여 정수에 달해 舌弓部도 골화가 완성되었으며, 頭部の 골격이 성어와 비슷한 형태를 갖추게 되었고, 肩帶部도 골화가 완성되어 성어와 같은 형태를 갖추게 되었다(Fig. 2J).

2. 脊椎骨, 擔鰭骨 및 腰帶骨

부화 직후, 전장이 7.00~8.05 mm (평균 7.80 mm, n = 5)인 仔魚는 아직 골화가 일어나지 않았으며, 脊索(notochord)의 말단이 위로 굽어 있었다(Fig. 3A).

부화 후 2일째, 전장이 8.24~9.65 mm (평균 9.05 mm, n = 5)인 仔魚는 22개의 椎體(vertebral column)가 골화

하기 시작하였으며, 앞쪽 3번째까지의 椎體 등쪽에 神經棘(neural spine)이 골화하였다(Fig. 3B).

부화 후 4일째, 전장이 8.67~11.87 mm (평균 10.00 mm, n = 5)인 仔魚는 椎體의 골화보다 椎體에 대응되는 神經棘과 血管棘(hamal spine)의 골화가 먼저 일어났다. 尾部의 血管棘은 아직 골화가 완성되지 않았으나, 그 수가 19개로 정수에 달하였으며, 血道弓門(hamal arch)이 형성되기 시작하였다. 미부의 마지막 血管棘은 비교적 길게 휘어져 신장 되어 있었다(Fig. 3C).

부화 후 6일째, 전장이 9.90~13.65 mm (평균 11.18 mm, n = 5)인 仔魚는 60개의 椎體가 사각형모양으로 완전히 골화가 완성되었고, 神經棘에는 神經弓門(neural arch)이 형성되기 시작하였으며, 血管棘에 血道弓門이

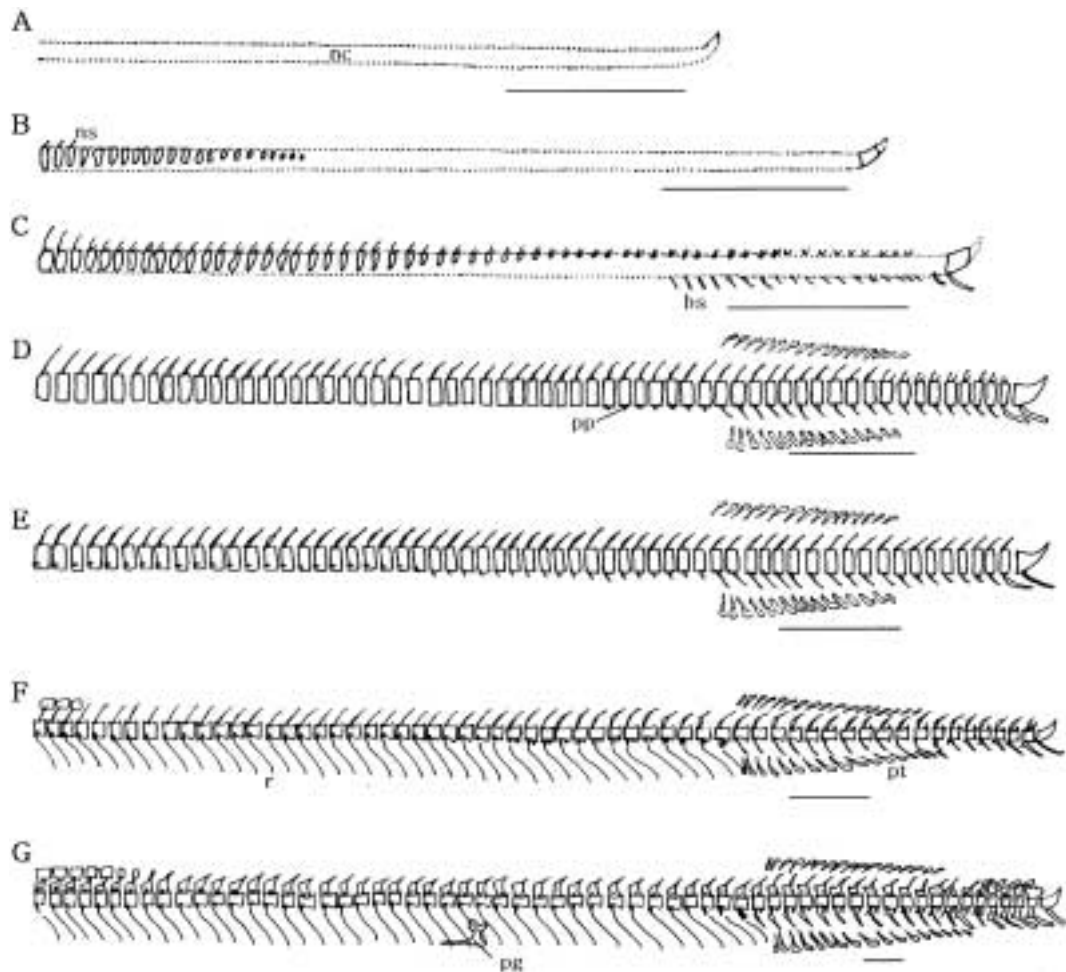


Fig. 3. Skeletal ossification of the vertebrae, pterygiophore and pelvic girdle bone of *Hemiramphus sajori* (Temminck et Schlegel).

A: mean 7.80 mm in total length (TL); B: mean 9.05 mm in TL; C: mean 10.00 mm in TL; D: mean 11.18 mm in TL; E: mean 13.07 mm in TL; F: mean 19.20 mm in TL; G: mean 35.26 mm in TL.

hs: hemal spine; nc: notochord; ns: neural spine; pg: pelvic girdle bone; pp: parapophysis; pt: pterygiophore; r: rib. Scale bars indicate 1.00 mm.

완전히 형성되었다. 제 1~12번째 尾椎骨 (caudal vertebra) 사이의 등쪽과 배쪽에 각각 16개씩의 등지느러미와 뒷지느러미를 지지하는 擔鰭骨 (pterygiophore)의 원기가 나타났으며, 復椎骨 (abdominal vertebra)의 뒤쪽, 7개의 椎體 아래쪽에 側突起 (parapophsis)가 형성되었다 (Fig. 3D).

부화 후 8일째, 전장이 10.70~14.75 mm (평균 13.07 mm, n = 5)인 仔魚는 復椎骨의 아랫부분 전체에 側突起가 형성되었으며, 神經棘에 神經弓門이 완전히 형성되었다 (Fig. 3E).

부화 후 14일째, 전장이 17.62~19.35 mm (평균 19.20 mm, n = 5)인 仔魚는 復椎骨에 41개의 가늘고 긴 肋骨 (rib)이 발달하여 내장을 보호하였다. 등과 뒷지느러미를 지지하는 擔鰭骨이 각각 16~17개씩 골화하여, 그 수가 정수에 달하였다. 제 1, 2, 3 神經棘의 윗부분이 변형되어 마름모꼴이 되었다 (Fig. 3F).

부화 후 37일째, 전장이 32.37~44.95 mm (평균 35.26 mm, n = 5)인 치어는 제 25~27번째 復椎骨 아래쪽에 배지느러미를 지지하는 腰帶骨 (pelvic girdle bone)이 골화하였고, 제 1~7번째의 神經棘이 마름모꼴로 변형되어 脊椎骨, 擔鰭骨, 腰帶骨은 성어의 골격과 비슷하게 발달하였다 (Fig. 3G).

3. 尾骨

부화 직후, 전장이 7.00~8.50 mm (평균 7.80 mm, n = 5)인 仔魚는 아직 골화가 일어나지 않았으나, 척색말단이 위로 굽어 있었다 (Fig. 4A).

부화 후 1일째, 전장이 7.65~8.70 mm (평균 8.08 mm, n = 5)인 仔魚는 제 1 下尾軸骨 (hypural bone)과 제 2 下尾軸骨이 융합되어 골화하였고, 제 3 下尾軸骨이 그 위에 골화하기 시작하였다 (Fig. 4B).

부화 후 4일째, 전장이 8.67~11.87 mm (평균 10.00 mm, n = 5)인 仔魚는 尾部棒狀骨 (urostyle bone)의 골화와 함께 準下尾軸骨 (parhypural)이 가늘고 길게 골화하였으며, 제 4 下尾軸骨이 골화하였다 (Fig. 4C).

부화 후 5일째, 전장이 8.75~12.15 mm (평균 10.47 mm, n = 5)인 仔魚는 尾部棒狀骨 앞쪽의 椎體가 골화하였으며, 尾部棒狀骨은 위쪽으로 골화가 진행되어 下尾軸骨과 부채모양으로 접속되었고, 尾神經骨 (uroneural)이 그 위에서 골화하였다 (Fig. 4D).

부화 후 7일째, 전장이 9.40~13.90 mm (평균 12.28 mm, n = 5)인 仔魚는 準下尾軸骨이 굵게, 제 1 下尾軸骨 아래에서 골화하였고, 제 3, 4 下尾軸骨이 융합되어 발달하기 시작하였으며, 제 5 下尾軸骨이 가늘게 골화하였다

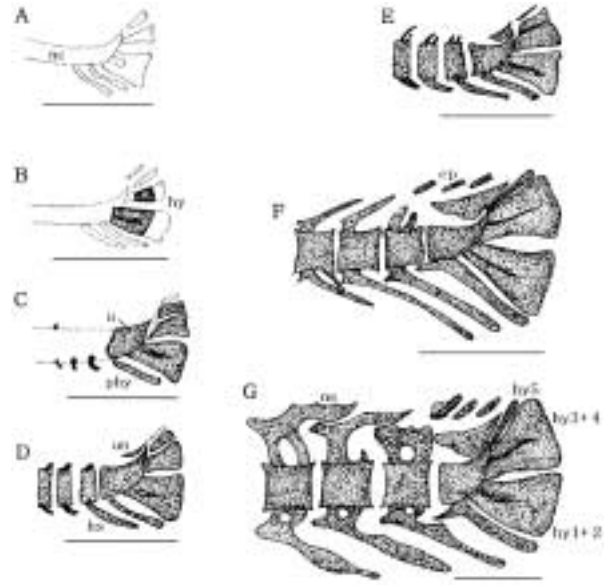


Fig. 4. Skeletal ossification of the caudal skeleton of *Hemirampus sajori* (Temminck et Schlegel). A: mean 7.80 mm in total length (TL); B: mean 8.08 mm in TL; C: mean 10.00 mm in TL; D: mean 10.47 mm in TL; E: mean 12.28 mm in TL; F: mean 23.00 mm in TL; G: mean 35.26 mm in TL. ep: epural; nc: notochord; hs: hemal spine; hy: hypural bone; ns: neural spine; phy: parhypural; u: urostyle bone; un: uroneural. Scale bars indicate 1.00 mm.

(Fig. 4E).

부화 후 16일째, 전장이 18.90~24.72 mm (평균 23.00 mm, n = 5)인 仔魚는 3개의 上尾軸骨 (epural)이 골화하였다 (Fig. 4F).

부화 후 37일째, 전장이 32.37~44.95 mm (평균 35.25 mm, n = 5)인 稚魚는 尾部棒狀骨 앞의 椎體와 결속된 血管棘과 神經棘에 구멍이 형성되었고, 神經棘은 사슴뿔 모양으로 복잡하게 발달하였으며, 血管棘도 櫓 모양으로 넓게 발달하였다. 제 1, 2 下尾軸骨과 제 3, 4 下尾軸骨이 각기 삼각형 모양으로 미부봉상골에 단단히 맞물려 尾骨이 성어의 형태를 갖추었다 (Fig. 4G).

고 찰

학공치의 발육단계에 따른 골격발달 과정을 보면, 초기의 부화 직후부터 골화가 진행되어 있는 것으로 보아 난내 발생과정에서부터 배체에 골화가 시작 된 것을 알 수 있었다.

부화 직후, 전장이 7.00~8.50 mm (평균 7.80 mm, n =

5)인 仔魚에서 골화가 시작되어, 부화 후 37일째 전장 32.37~44.95 mm (평균 35.25 mm, n = 5) 稚魚에 이르러 대부분의 골격이 완성되었는데, 다른 경골어류와 비교하여 아래턱을 지지하는 齒骨의 발달이 앞으로 연장되는 특수한 형태를 취하였다.

頭部의 골격은 감성돔과의 *Achosargus probatocephalus* (Mook, 1977)와 주둥치(명과 김, 1984)와 마찬가지로 頭蓋骨의 副楔骨, 外後頭骨, 基底後頭骨, 上耳骨, 顎骨의 主上顎骨, 齒骨, 關節骨, 口蓋部의 口蓋骨, 外翼狀骨, 鰓蓋部의 主鰓蓋骨은 거의 동시에 골화하였으며, 특히 턱을 구성하는 골격과 內臟骨은 초기에 골화하였다(Table 1). 이와 같은 결과는 비교적 다른 어류의 골격 발달 과정과 비슷하였으나, 학공치의 경우에는 仔魚때

난황이 비교적 빨리 흡수되고, 입과 항문이 열린 상태에서 부화하기 때문에 생존을 위하여 호흡과 외부로부터 영양섭취를 해야 하는 생활 적응으로 생각된다.

頭蓋骨과 內臟骨 및 尾骨의 발달 과정이 날치의 골격 발달 과정 (Park and Kim, 1987)과 상당히 비슷한데, 이것은 학공치와 날치가 같은 亞目 (Suborder Exocoetina)에 속하여, 이들은 산란생태와 생활습성이 비슷하기 때문인 것으로 생각된다.

학공치의 경우 肩帶部의 골격 발달 과정이 脊椎骨의 골격 발달 과정보다 늦게 일어나는데 (Table 2), 이것은 蛇行形으로 유행하는 특성상 脊椎骨의 발달이 선행되어야 하기 때문인 것으로 생각된다.

脊椎骨의 골화는 부화 2일째, 전장이 8.24~9.65 mm

Table 1. The developmental process of visceral skeleton and cranium of *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel)

		Days after hatching							
Characteristic		5	10	15	20	25	30	35	
Visceral skeleton	Upper jaw	Premaxillary							
		Maxillary							
	Lower jaw	Dentary							
		Articular							
		Angular							
	Hyoid arch	Glosshyal							
		Urohyal							
		Ceratohyal							
		Epihyal							
		Hypohyal							
		Branchinostegal							
	Palate	Hyomandibular							
		Endopterygoid							
		Palatine							
Ectopterygoid									
Metapterygoid									
Quadrate									
Opercular	Symplectic								
	Opercle								
	Subopercle								
	Preopercle								
Cranium	Interopercle								
	Parasphenoid								
	Exoccipital								
	Supraoccipital								
	Basioccipital								
	Frontal								
	Parietal								
	Vomer								
	Prefrontal								
	post-temporal								
	Epiotic								
	Sphenotic								
	Pterotic								
	Prootic								
Ethmoid									
Alisphenoid									

Table 2. The developmental process of shoulder girdle bone, vertbrae, pterygiophore, pelvic girdle bone and caudal skeleton of *Hyporhampus sajori* (Temminck et Schlegel)

		Days after hatchng							
		5	10	15	20	25	30	35	
Shoulder girdle bone	Cleithrum	[shaded]							
	Supra-cleithrum	[shaded]							
	Post-cleithrum	[shaded]							
	Coracoid	[shaded]							
	Actinost	[shaded]							
	Scapula	[shaded]							
Vertbrae	Centrum	[shaded]							
	Neural spine	[shaded]							
	Hemal spine	[shaded]							
	Parapophsis	[shaded]							
	Rib	[shaded]							
Pterygiophore		[shaded]							
Pelvic girdle bone		[shaded]							
Caudal skeleton	Hypural bone 1	[shaded]							
	Hypural bone 2	[shaded]							
	Hypural bone 3	[shaded]							
	Hypural bone 4	[shaded]							
	Hypural bone 5	[shaded]							
	Parhypural	[shaded]							
	Epural	[shaded]							
	Urostyle bone	[shaded]							
	Uroneural	[shaded]							

(평균 9.05 mm, n = 5)인 仔魚에서부터 椎體가 골화하기 시작하여 점차 꼬리 부분으로 발달되었는데, 椎體보다 골화가 늦게 시작된 神經棘과 血管棘이 대응되는 椎體의 골화보다 빠르게 진행되었으며, 또한 尾部의 椎體보다 尾部棒狀骨이 먼저 골화가 시작되었으나, 골화의 완성은 거의 동시에 이루어졌다 (Table 2). 이것은 어류 脊椎骨의 골화는 그들의 습성과 생활방식에 의하여 골화가 통제되는데 (Mook, 1977), 학공치의 이러한 특성은 蛇行形으로 유영을 하는 습성에 의한 것으로 생각된다.

지느러미를 지지하는 擔鰭骨은 잉어, *Cyprinus carpio* (Itazawa, 1963)와 참돔 (Kohna et al., 1983), 가물치, *Chamna argus* (Itazawa, 1963)에서와 마찬가지로 脊椎骨과 지느러미 줄기 보다 늦게 골화되며, 脊椎骨과 지느러미 줄기가 거의 완성된 후에 완전히 골화가 이루어 지는데, 이것은 지느러미 줄기의 발달과 더불어 어류가 유영하는데 추진력을 증가시키는 역할을 하는 것으로 생각된다.

hampus sajori (Temminck et Schlegel) 수정란에서 부화한 자어를 사육하면서 발육단계에 따라 골격의 발달과정을 관찰하였다.

부화 직후, 전장이 7.00~8.50 mm (평균 7.80 mm, n=5)인 仔魚는 頭蓋骨, 內臟骨 및 肩帶骨의 골화가 시작되었으며, 부화 후 8일째 전장 10.07~14.75 mm (평균 13.07 mm, n = 5) 仔魚는 齒骨이 골화하기 시작하여, 앞으로 가늘고 길게 골화가 진행되었다.

부화 후 14일째, 전장이 17.62~19.35 mm (평균 19.20 mm, n = 5)인 仔魚는 擔鰭骨의 골화가 일어났으며, 脊椎骨에 41개의 가늘고 긴 肋骨이 골화하였다.

부화 후 16일째, 전장이 18.90~24.72 mm (평균 23.00 mm, n = 5)인 仔魚는 3개의 上尾軸骨이 골화하였다.

골격의 골화는 섭이와 호흡에 연관된 顎骨과 鯰蓋部에서 골화가 시작되어, 부화 후 37일째에 전장이 32.37~ 44.95 mm (평균 35.25 mm, n = 5)인 稚魚에 이르러 모든 골격이 완성되었다.

요 약

인 용 문 헌

1991년 5월 27일 경북 포항시 청하면 방어리 소재의 포항수산종묘시험장 앞 해안에서 채집한 학공치, *Hypor-*

Inaba, D. 1931. On some teleostean eggs and larvae found in Mutsu Bay. Rec. Oceanogr. Works Japan 3(2) :

- 57~59. (in Japanese)
- Itazawa, Y. 1963. The ossification sequences of the vertebral column in the carp and snail-head fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29(7) : 667~674. (in Japanese)
- Kohnno, H., Y. Taki, Y. Ogasawara, Y. Shirojo, M. Taketomi and M. Inoue. 1983. Development of swimming and feeding function in larval *Pagrus major*. Japan. J. Ichthyol., 30(1) : 47~60. (in Japanese)
- Mook, D. 1977. Larval and osteological development of the Sheepshead, *Archosargus probatocephalus*. Copeia, (1) : 126~133.
- Park, E.H. and D.S. kim. 1984. A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent. Stain Technol., 59(5) : 269~272.
- Potthoff, T. 1975. Development and structure of caudal complex, the vertebral column and pterygiophores in the Black-fin tuna *Thunnus atlanticus* (Pisces, Scombridae). Bull. Mar. Sci., 25(2) : 205~231.
- Senta, T. 1966a. Spawning habits of Halfbeaks, *Hemiramphus sajori* (Temminck et Schlegel) in the Seto Inland Sea-I. Spawning of drifting seaweed. Japanese Journal of Ecology, 16(4) : 165~169. (in Japanese)
- Senta, T. 1966b. Spawning habits of Halfbeaks, *Hemiramphus sajori* (Temminck et Schlegel) in the Seto Inland Sea-II. The drift movement and the fate of eggs fastened to drifting seaweeds. Japanese Journal of Ecol., 16(5) : 171~175. (in Japanese)
- 김용익 · 명정구 · 김영섭 · 한경호 · 강충배 · 김진구. 2001. 한국해산어류도감. 도서출판 한글, pp. 382.
- 김용익 · 명정구 · 최상웅. 1984. 학공치, *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel)의 난발생과 부화자어. 한국수산학회지, 17(2) : 125~171.
- 명정구 · 김용익. 1984. 주둥치, *Leiognathus nuchalis* (Temminck et Schlegel)의 자치어의 형태. 부산수대 연구보고, 24(1) : 1~2.
- 박양성 · 김용익. 1987. 날치의 자치어에 관한 연구 II. 자치어의 골격발달. 한국수산학회지, 20(5) : 447~456.
- 이승주 · 한경호 · 김용익. 2001. 학공치, *Hyporhamphus sajori* (Temminck et Schlegel) 자치어의 형태 발달. 한국어류학회지, 13(1) : 69~73.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, pp. 727.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집 (곤충제외). 도서출판 아카데미서적, 서울, pp. 489.
- 内田惠太郎. 1931. サヨリの生活史. 日學協報, (6) : 555~560.
- 遊在多津雄. 1958. サンマドサヨリの魚卵と稚魚の主な相違點について. 北水試月報, 15(6) : 249~256.
- 國行一正 · 小出高弘. 1963. さより, *Hemiramphus sajori* (Temminck et Schlegel)의生態學的 研究. 内水研研報, 16(1) : 165~169.

Received : August 2, 2001

Accepted : September 18, 2001