

황점볼락(*Sebastes oblongus*) 자치어의 골격발달

변순규 · 강충배^{1,*} · 명정구² · 차반석³ · 한경호⁴ · 정춘구

국립수산과학원 남동해수산연구소, ¹부경대학교 해양과학공동연구소, ²한국해양연구원, ³시공테크, ⁴전남대학교 해양생산학부

Early Osteological Development of the Larvae and Juveniles in *Sebastes oblongus* (Pisces: Scorpaenidae) by Soon Gyu Byun, Chung Bae Kang^{1,*}, Jung Goo Myoung², Ban Seok Cha³, Kyeong Ho Han⁴ and Choon Goo Jung (Southeast Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Namhae 668-821, Korea; ¹Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; ²Marine Living Resources Research Department, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Korea; ³225-20 Pangyojeok-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Sigongtech, 463-400, Korea; ⁴Fisheries Science Institute, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea)

ABSTRACT Skeletal development in the oblong rockfish, *Sebastes oblongus*, was studied based on extensive larval rearing conditions from December 2007 to March 2008. Newly-hatched larvae lacked osteological elements. After 3 days of bearing, jaw bones were ossified almost simultaneously with the frontal, parietal, clavicle, opercle, preopercle and branchiostegal rays at 8.0 mm average total length (TL). Ossification of the opercular was completed by 12.3 mm and the full complement of ossified elements of cranium and pectoral girdle were completed by 16.2 mm. Ossification of the cartilaginous caudal complex began to at 9.8 mm, and completely ossified by 18.0 mm. The fusing of the first and second, and the third and fourth hypurals initially occurred by 10.8 mm, and their fusion was finally completed at 18.0 mm. Notochord flexion occurred and formed an individual centrum by 8.5 mm and 10.8 mm, respectively, and all 26 centra were ossified by 13.2 mm. The preorbital bone began to ossify on the anterior region of eye at 10.8 mm, and the 1st suborbital bone appeared ossified on the lower of eye by 12.3 mm, and all elements were ossified at 27.5 mm. Finally, after 71 days of bearing, the juveniles became 27.5 mm, and ossification was completed at this stage.

Key words : *Sebastes oblongus*, osteological development

서 론

일반적으로 어류는 자치어의 발육에 따른 형태 변화가 매우 복잡하므로 과, 속 등의 분류군으로서 계통적 배경과 발육단계에 보인 법칙성을 고려해서 치어 분류상보다 중요하다고 생각되는 형태적 특징을 비교 검토하여 유기 형태를 평가하는 것이 필요하다(Okiyama, 1979).

어류의 종묘생산에 있어서 자치어기의 골격 발달과정과 관련한 관심과 정확한 지식은 사육 초기에 골격 이상을 탐지

하고 제거하는 데 필수적이며(Koumoundouros *et al.*, 1997a, b), 유어기의 계통분류학적 기초 형질을 제공하고 있어 이 분야를 연구하는 열기가 높다(Mook, 1977; Potthoff *et al.*, 1987; Potthoff *et al.*, 1988; Potthoff and Tellock, 1993; Liu, 2001; Sfakianakis *et al.*, 2004; Coban *et al.*, 2009).

황점볼락(*Sebastes oblongus*)은 썸뱅이목(Scorpaeniformes), 양볼락과(Scorpaenidae), 볼락속(*Sebastes*)에 속하는 어류로 우리나라 남부연안 및 일본 홋카이도 이남에서 큐슈까지 분포하며 연안의 암반 지대에 서식하는 난태생어류로 대중적인 어종이다(정, 1977; Nakabo, 2000).

우리나라에서 양볼락과어류의 연구는 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 초기생활사(김과 한, 1991), 썸뱅이(*Sebastes*

*교신저자: 강충배 Tel: 82-51-629-7087, Fax: 82-51-629-7091,
E-mail: labrax@hanmail.net

marmoratus)의 연령과 성숙(배와 정, 1999), 볼락(*Sebastes inermis*)의 생식과 체내자어발달(이와 김, 1992) 및 난발생 과정과 부화자어의 내부형태와 골격발달(김과 한, 1993; 김 등, 1993)에 대한 연구 등이 있다. 황점볼락의 연구는 출산, 난발생 과정 및 부화자어의 형태(변 등, 1995), 자치어 사육(변 등, 1997), 성숙과 생식주기(장 등, 1995), 인공종묘의 생식소 발달과 성비(곽 등, 2006), 초기 생식소 형성 및 성분화(윤 등, 2007) 등의 연구가 있다. 최근에는 자원조성 사업이 활발히 진행되는 과정에서 황점볼락에서 조피볼락으로 생태계의 종 조성 변화와 두 종 사이에 잡종이 출현하는 현상을 보고하였다(Tochino *et al.*, 2003).

이에 본 연구는 자치어 단계에서 볼락 속의 다른 종과 형태적으로 매우 유사하여 분류와 동정이 어려운 황점볼락을 대상으로 발육상태에 따른 내부 골격발달 과정에 관한 기본 패턴을 기술하여 본 종에 대한 정확한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 2007년 10월 전라남도 여수군 돌산읍 송도에 있는 가두리 양식장에서 자연산 친어를 채집하여 사육중인 개체를 육상 콘크리트 사각수조(280×280×80 cm)에 수용, 관리하던 중 2007년 12월 25일 전장 21.8~25.8 cm 범위의 친어 5마리가 자연산출한 자어를 사육하면서 실험에 사용하였다. 산출한 자어는 2007년 12월부터 2008년 5월까지 원형의 FRP수조(3 ton)에서 수용 및 사육하였으며, 사육 용수는 매일 1/2씩 환수하였고, 사육기간 동안의 수온 범위는 9.0~17.0°C(평균 13.6°C)였다.

사육기간 동안 자치어의 먹이는 산출 직후부터 15일째까지는 Rotifer (*Brachionus plicatilis*)를 공급하였으며, 5일째부터 25일째까지는 Brine shrimp (*Artemia* sp.) 유생을 차례로 급이하였고 20일 이후부터는 배합사료를 공급하였다.

자치어의 골격발달 과정을 관찰하기 위해 산출직후부터 80일째까지 4~5일 간격으로 10마리씩 무작위로 추출하여 5% 포르말린에 고정시킨 후 Kawamura and Hosoya (1991)의 이중염색법에 의해 염색하였으며, 이후 100% 글리세린에 보존하여 만능투영기와 입체해부현미경을 이용 관찰, 스케치하였다. 자치어의 각 부위의 명칭은 Kendall (1991), Okiyama (1988) 등에 따랐다.

결 과

황점볼락 자치어의 내부골격은 두부골격(head skeleton), 척추골(vertebrae), 미골(caudal skeleton), 견대골(pectoral

girdle bone) 및 안와골(infraorbital bone)로 구분하여 관찰하였다.

1. 두부골격

두부골격은 두개골(cranium)과 현수골(suspensorium)로 구성된다. 이들의 성장에 따른 골격 발달 과정은 다음과 같다(Fig. 1; Table 1).

산출직후의 자어는 전혀 골화가 진행된 부분은 없었다. 산출 후 3일째, 평균전장 8.0 mm의 자어에서 처음으로 두개골 가운데 액골(frontal)과 노정골(parietal)이 골화되었고 새개부(opercular)는 주새개골(opercle)과 전새개골(peropercle)이, 설궁(hyoid arch)은 3개의 새조골(branchiostegal rays)이 골화되었다. 턱을 지지하는 악골(jaw bone)은 위턱에는 주상악골(maxillary)과 전상악골(premaxillary)이, 아래턱에는 치골(dentary)의 골화는 진행 중이었다(Fig. 1A).

산출 후 9일째, 평균전장 8.5 mm의 자어는 악골은 주상악골, 전상악골 및 치골의 골화가 완료되었다. 두개골은 기저후두골(basioccipital)과 상후두골(supraoccipital)의 골화가 시작되었으며, 익이골(pterotic) 부위에 1개의 극이 형성되어 골화가 시작되었다. 설궁은 새조골 4개가 골화되었고 각설골(ceratohyal)의 골화가 시작되었으며, 구개부(palate)는 설악골(hyomandibular)의 골화가 시작되었다(Fig. 1B).

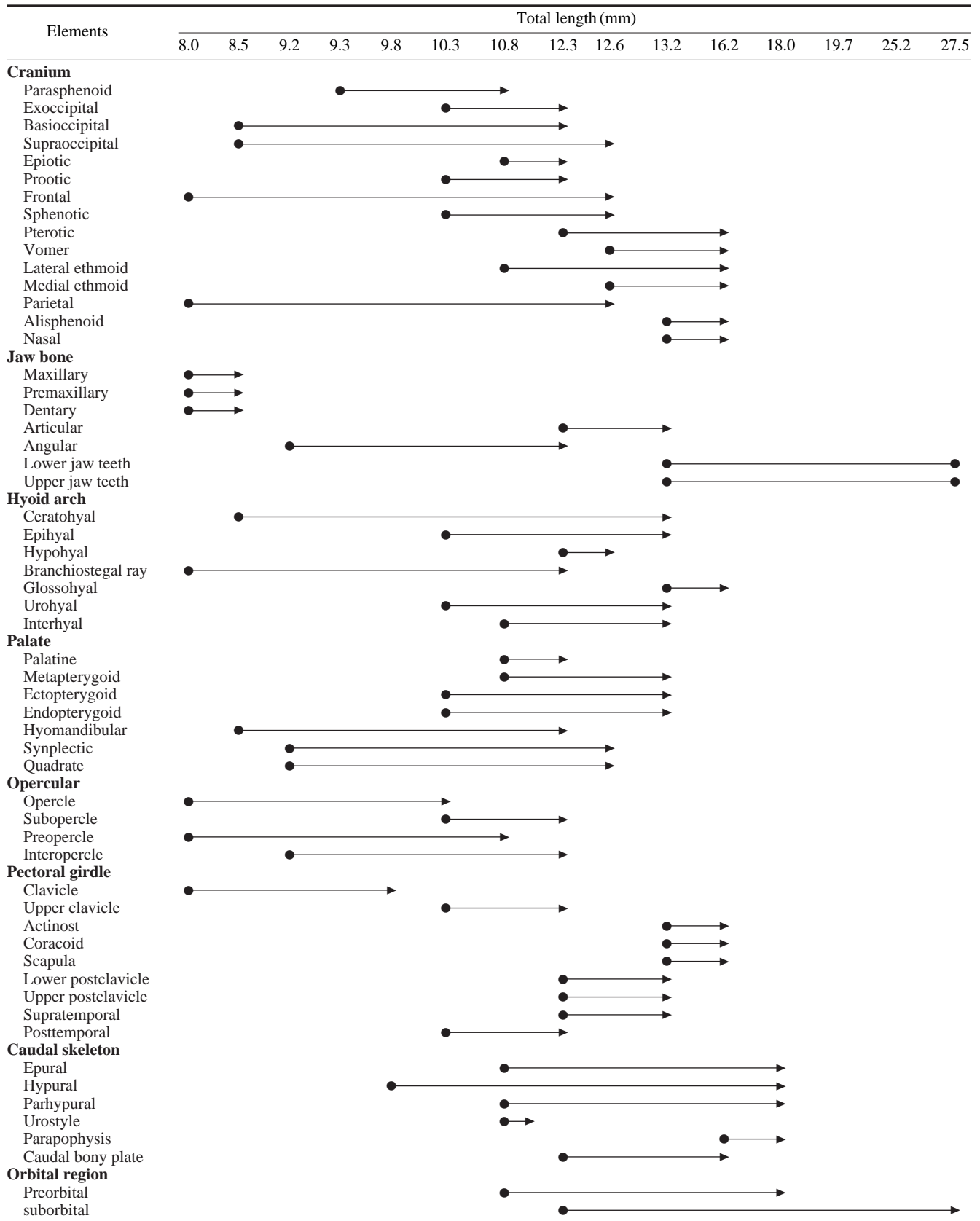
산출 후 12일째, 평균전장 9.2 mm의 자어는 두개골의 기저를 이루는 부설골(parasphenoid)의 골화가 시작되었고, 새개부는 주새개골 밑에 간새개골(interopercle)이 골화하고 새조골은 6개가 골화되었다. 구개부는 방골(quadrate)과 접속골(symplectic)의 골화가 진행되었고 설악골이 신장되었다. 아래턱에는 치골 후연에 각골(angular)이 골화되기 시작하였다(Fig. 5C)

산출 후 17일째 평균전장 10.3 mm의 자어는 두개골 중 액골이 확장되어 노정골과 경계를 이루며, 설이골(sphenotic)과 전이골(prootic) 및 외후두골(exoccipital)의 골화가 시작되었고, 구개부는 내익상골(endopterygoid)과 외익상골(ectopterygoid)의 골화가 시작되었다. 새개부는 간새개골 위에 하새개골(subopercle)의 골화가 시작되었다. 설궁은 각설골의 위쪽에 상설골(epihyal)의 골화와 함께 인설골과 하설골의 기저에서 후하방으로 연장되는 미설골(urohyal)의 골화가 시작되었으며, 이 시기에 많은 골격들의 골화가 시작되었다(Fig. 1D).

산출 후 20일째 평균전장 10.8 mm의 자어는 두개골 가운데 부설골이 거의 골화가 완료되었으며, 상이골(epiotic)과 측사골(lateral ethmoid)의 골화가 시작되었다. 또한 구개부는 구개골(palatine)과 후익상골(metapterygoid)이, 설궁에는 간설골(interhyal)의 골화가 함께 진행되었다(Fig. 1E).

산출 후 26일째 평균전장 12.3 mm의 자어는 새개부에 7

Table 1. Development sequence of ossification in *Sebastes oblongus*



black bar, ossified state; ●, initial ossification; →, ossification completed

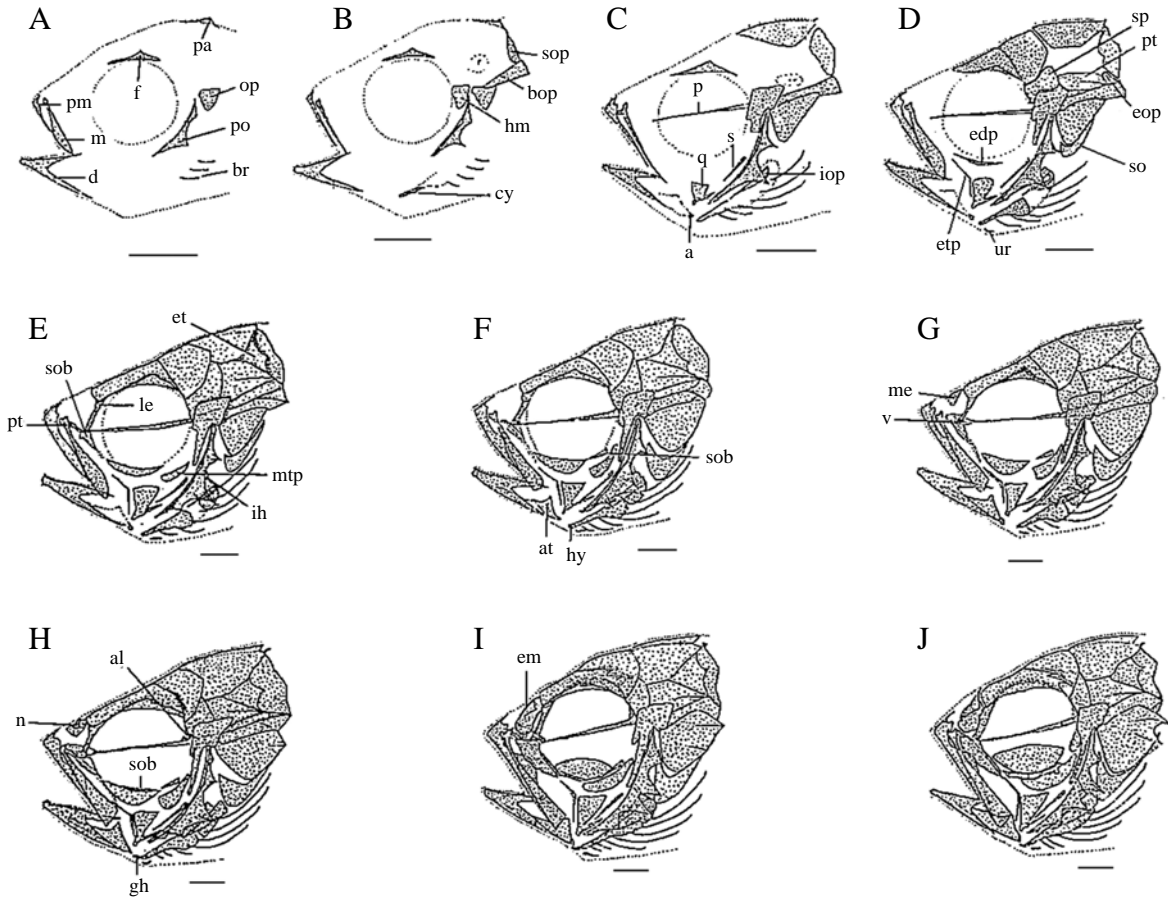


Fig. 1. Development of the cranium and suspensorium in *Sebastes oblongus*. A, 8.0 mm TL; B, 8.5 mm TL; C, 9.2 mm TL; D, 10.3 mm TL; E, 10.8 mm TL; F, 12.3 mm TL; G, 12.6 mm TL; H, 13.2 mm TL; I, 16.2 mm TL; J, 19.7 mm TL. A, angular; al, alisphenoid; at, articular; bop, basioccipital; br, branchiostegal ray; cy, ceratohyal; d, dentary; edp, endopterygoid; eop, exoccipital; eh, epihyal; em, ethmoid; et, epiotic; etp, ectopterygoid; f, frontal; gh, glossohyal; hm, hyomandibular; hy, hypohyal; ih, interhyal; iop, interopercle; le, lateral ethmoid; m, maxillary; me, medial ethmoid; mtp, metapterygoid; n, nasal; op, opercle; p, parasphenoid; pa, parietal; pe, pterotic; po, preopercle; pm, premaxillary; pro, prootic; pt, palatine; q, quadrate; s, symplectic; so, subopercle; sob, soborbital; sop, supraoccipital; sp, sphenotic; ur, urohyal; v, vomer. Scale bars are 0.5 mm.

개의 새조골이 골화가 완료되었고, 두개골은 익이골(pteroitic)이, 악궁에는 마지막으로 관절골(articular)이, 설궁에는 하설골(hypohyal)의 골화가 시작되었다. 이 시기에 이르러 구개부의 구개골 및 두개골의 상이골, 전이골, 기저후두골, 외후두골을 비롯하여 아래턱의 각골이 골화가 거의 완료되었다. 또한, 구개부에 형성된 설악골과 후익상골이 확장되어 서로 연결에 의해 관절되었다(Fig. 1F).

산출 후 29일째 평균전장 12.6 mm의 자어는 두정극과 액극이 톱니 같은 모양을 형성하였고 두정극 바로 뒤에 경극이 형성되었다. 두개골 가운데 액골, 설이골, 노정골, 상후두골의 골화가 거의 완성되었으며, 구개부는 접속골과 방골이, 설궁에는 하설골의 골화가 완성되었다. 또한 양 턱을 지지하는 골격도 모두 골화가 완료되어 성어와 유사한 형태를 나타내었다. 이 시기에 두개골 가운데 서골(vomer)과 중사골(medial ethmoid)의 골화가 시작되었다(Fig. 5G).

산출 후 33일째 평균전장 13.2 mm로 성장하면 중사골 위쪽에 비골(nasal)이 골화되었다. 현수골 가운데 내익상골과 후익상골의 골화가 완성되었으며, 설궁에는 인설골(glossohyal)의 골화가, 두개골에는 익설골(alisphenoid)의 골화가 시작되었다. 한편, 설궁은 인설골을 제외하고 미설골, 각설골, 상설골 및 간설골의 골화가 완료되었으며, 이 시기에 양 턱에 이빨이 형성되기 시작하였다(Fig. 1H).

산출 후 47일째 평균전장 16.2 mm로 성장하면 두정극, 경극, 액극 등이 보다 뾰족하게 돌출하여 용기선이 뚜렷하게 형성되었다. 두개골은 익설골, 익이골, 서골, 사골 및 비골의 골화가 가장 늦게 완료되었으며, 설궁은 인설골의 골화가 가장 늦게 완료되었다. 양 턱에는 이빨이 더욱 날카롭게 발달되었고, 전새개골에는 앞쪽에 형성된 2개의 가시는 소실되고 후연에 잘 발달된 5개의 가시가 형성되었다(Fig. 1I).

산출 후 52~60일째 사이, 평균전장 19.7 mm로 성장하면

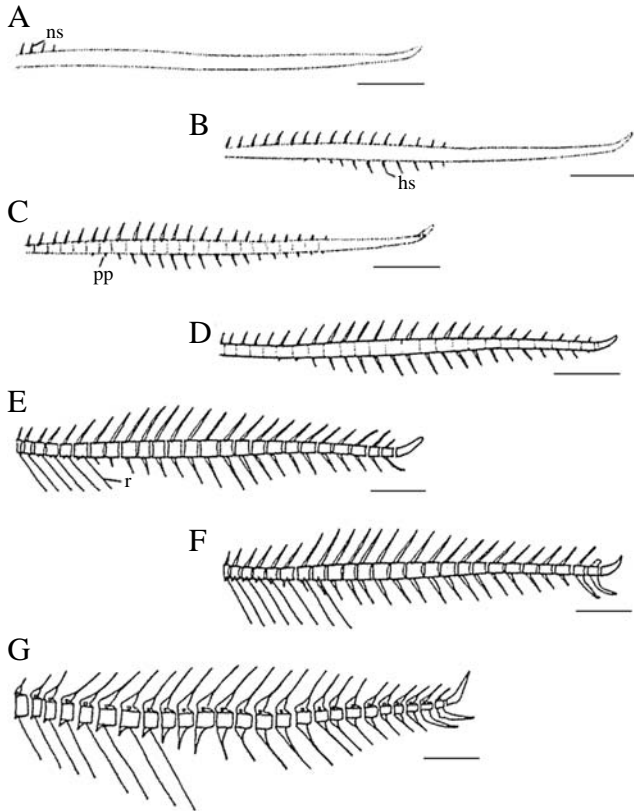


Fig. 2. Development of the vertebrae in *Sebastes oblongus*. A, 9.3 mm TL; B, 9.8 mm TL; C, 10.3 mm TL; D, 10.8 mm TL; E, 13.2 mm TL; F, 16.2 mm TL; G, 18.0 mm TL. hs, hemal spine; pp, parapophysis; ns, neural spine; r, rib. Scale bars are 1.0 mm.

비골에 하나의 가시가 형성되었으며, 주새개골 후연에 2개, 액극에 2개의 날카로운 가시가 각각 형성되었다(Fig. 1J). 이후 약 80일 전후 평균전장 28.0 mm 이상으로 성장하면 두정극에 형성된 톱 같은 가장자리는 매끈해졌다. 경극은 두정극과 서로 융합되어 하나의 극을 형성하였으며, 이 시기에 두부 극이 완성되었다.

2. 척추골

척추골은 몸의 중축 골격으로써 1열로 줄지어 있으며, 척추(spinal cord)와 혈관(blood vessel)을 보호한다. 척추골은 두개골이나 현수골보다 늦게 골화가 시작되었고 복추골 앞쪽의 신경극의 골화가 먼저 시작되었으나 혈관극과 동시에 골화가 완성되었으며, 추체의 골화는 복추골의 앞쪽에서 시작하여 뒤쪽으로 진행되었다(Fig. 2).

산출 후 12일째 평균전장 9.3 mm의 자어는 추체의 골화는 전혀 진행되지 않으나 3~4번째 추체의 등쪽에 신경극의 골화가 시작되었다(Fig. 2A).

산출 후 15일째 평균전장 9.8 mm의 자어는 각 추체에 해

당되는 신경극과 혈관극의 골화가 복추골 쪽에서 빠르게 진행되었으나 추체의 골화는 아직 진행되지 않았다(Fig. 2B).

산출 후 17일째 평균전장 10.3 mm의 자어는 척추골의 골화가 진행되어 20번째 추체까지 골화가 진행되었으며, 이에 대응하는 신경극과 혈관극도 골화되었으나 그 끝은 아직 뾰족하지 않았다. 복추골에 2~3개의 측돌기(parapophysis)가 형성되었으며, 꼬리지느러미를 지지하는 미부봉상골이 골화되었다(Fig. 2C).

산출 후 20일째 평균전장 10.8 mm의 자어는 추체의 골화와 함께 신경극과 혈관극의 골화가 비교적 빨리 진행되어 거의 골화가 완성되었으며, 신경극과 혈관극의 끝이 뾰족하게 변형되었다. 미부봉상골은 미골 중 가장 먼저 골화가 완료되었다(Fig. 1D).

산출 후 33일째 평균전장 13.2 mm로 성장하면 신경극과 혈관극이 길게 신장되었으며, 26개의 추체의 골화가 거의 완료되었다. 한편, 복추골에 형성된 8개의 측돌기 가운데 6쌍의 늑골(rib)이 골화하여 관절되었다(Fig. 2E).

산출 후 47일째 평균전장 16.2 mm로 성장하면 복추골에 형성된 측돌기에 모두 8쌍의 가늘고 긴 늑골이 골화와 함께 관절되었다(Fig. 2F).

산출 후 52일째 평균전장 18.0 mm로 성장하면 추체의 등쪽과 배쪽에 각각 신경관절돌기(neural zygapophysis)와 혈관관절돌기(hemal zygapophysis)가 골화되어 각각의 추체들과 더욱 강하게 관절되었다. 이 시기에 8쌍의 늑골은 더욱 길어지며, 26개의 척추골은 모두 골화가 완료되었다(Fig. 2G).

3. 미골

경골어류의 경우 꼬리지느러미를 지지하는 미골은 최후에 몇 개의 척추골이 변형하여 몇 개의 골편으로 구성된 미골복합체(caudal complex)를 형성하였다(Fig. 3; Table 1).

산출 후 10일째의 평균전장 8.5 mm의 자어는 아직 골화가 일어나지 않았으나 척색 말단을 형성하는 미부봉상골(urostyle bone)은 45°로 위로 휘어져 있었다.

산출 후 14~15일째 평균전장 9.8 mm의 자어는 미골을 구성하는 골편 중 가장 먼저 3개의 하미척골(hypural bone)이 미부봉상골 아래쪽에서 골화가 시작되었다. 미골 주위의 신경극과 혈관극 및 상미척골(epural bone)은 연골상태였다(Fig. 3A).

산출 후 20일째 평균전장 10.8 mm의 자어는 마지막 1~2번째 추체와 미부봉상골(urostyle bone)이 골화되었으며, 1, 2번째의 상미척골 2개와 준하미척골(parhypural)의 골화가 시작되었다. 또한 미부봉상골과 관절된 4번째 하미척골이 골화되어 모두 4개의 하미척골이 골화되었으며, 이 시기에 1, 2번째 하미척골과 3, 4번째 하미척골이 서로 융합되었

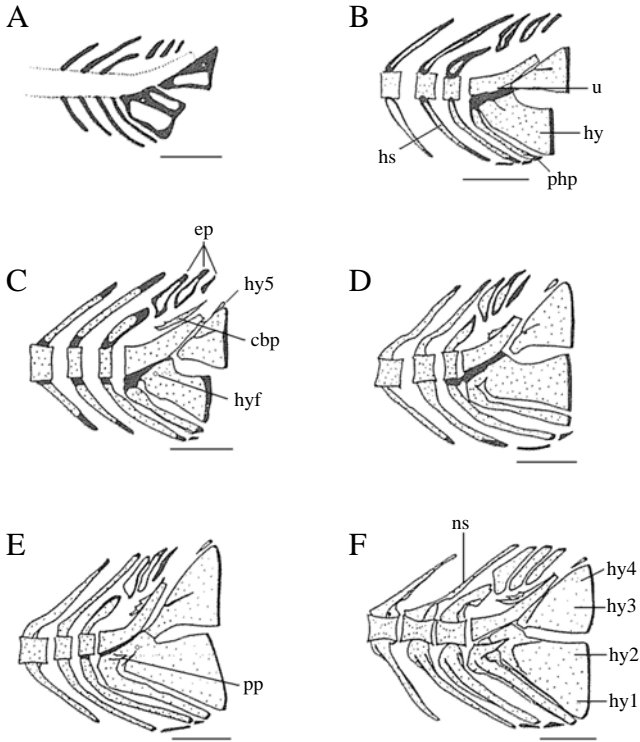


Fig. 3. Development of caudal skeleton in *Sebastes oblongus*. A, 9.8 mm TL; B, 10.8 mm TL; C, 12.3 mm TL; D, 13.2 mm TL; E, 16.2 mm TL; F, 18.0 mm TL. cbp, caudal bony plate; ep, epural bone; hs, hemal spine; hy, hypural bone; hyf, hypural foramen; php, parhypural; pp, parapophysis; ns, neural spine; u, urostyle bone. Scale bars are 0.5 mm.

다(Fig. 3B).

산출 후 26일째 평균전장 12.3 mm로 성장하면 미부봉상골 등쪽에 미골판(caudal bony plate)이 골화되기 시작하였다. 1, 2번째 하미척골의 융합부위에 하나의 구멍(hypural foramen)이 형성되었고 마지막 5번째 하미척골이 골화되었다. 이 시기에 1, 2번째 하미척골은 완전히 융합되어 하나의 뼈를 형성하였다(Fig. 3C).

산출 후 33일째 평균전장 13.2 mm로 성장하면 1, 2번째 하미척골은 뒤 가장자리가 신장되어 4, 5번째 하미척골과 거의 일직선상을 이루며, 미부봉상골과 접하는 부분은 아직 연골 상태로 남아 있었다(Fig. 3D).

산출 후 47일째 평균전장 16.2 mm로 성장하면 준하미척골은 더욱 넓게 골화되었고 측돌기(parapophysis)가 형성되기 시작하였으며, 미골판의 등쪽 가장자리 부분은 3부분으로 분지되어 그 끝부분이 뾰족하게 돌출되어 골화가 완료되었다(Fig. 3E).

산출 후 52일째 평균전장 18.0 mm로 성장하면 제3, 4하미척골이 완전히 하나의 뼈를 형성하여 1, 2번째의 융합된 하미척골 및 5번째 하미척골과 함께 외견상 3개의 하미척골을 형성하였다. 또 3번째 상미척골이 마지막으로 골화되

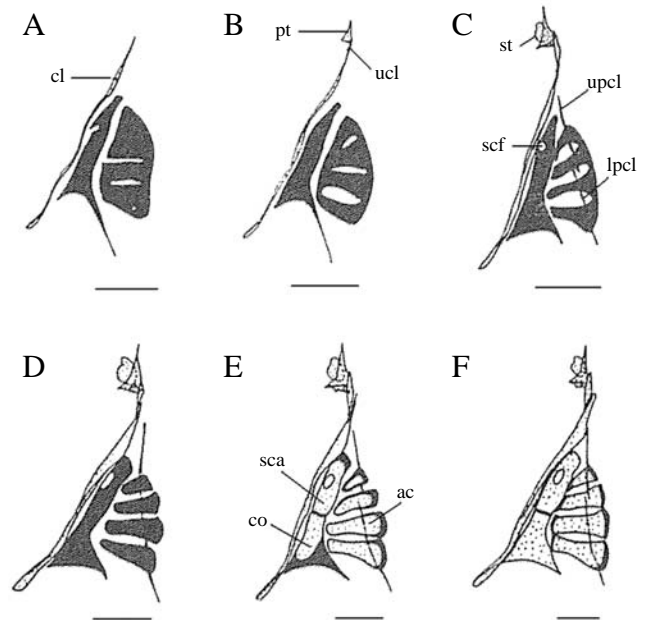


Fig. 4. Development of the pectoral girdle in *Sebastes oblongus*. A, 8.0 mm TL; B, 10.3 mm TL; C, 12.3 mm TL; D, 12.6 mm TL; E, 13.2 mm TL; F, 16.2 mm TL. ac, actinost; cl, clavicle; co, coracoids; lpcl, lower postclavicle; pt, posttemporal; sca, scapula; scf, scapula foramen; st, supratemporal; ucl, upper post clavicle; upcl, upper post clavicle. Scale bars are 0.5 mm.

어 미골의 골화가 모두 완료되었다(Fig. 3F).

4. 견대골 (petoral girdle bone)

가슴지느러미를 지지하는 견대골은 수 개의 막골이 부속되며, 후측두골(posttemporal)에 의해 두개골에 관절되었다(Fig. 4; Table 1).

산출 후 3일째 평균전장 8.0 mm의 자어는 견대골 가운데 처음으로 쇄골(clavicle)이 가는 바늘처럼 골화되었으며, 산출 후 평균전장 9.8 mm까지는 쇄골 이외의 다른 뼈들은 연골상태를 유지하였다(Fig. 4A).

산출 후 17일째 평균전장 10.3 mm의 자어는 쇄골의 등쪽 관절 부위에 나란히 상쇄골(upper-clavicle)과 후측두골(posttemporal)이 골화되었다(Fig. 4B).

산출 후 20일째 평균전장 10.8 mm의 자어는 아직 연골성인 사출골(actinost)이 4개로 분리되었으며, 후측두골 위쪽에 상측두골(supratemporal)이 골화되었다. 또한 연골성인 오혜골(coracoids)의 배쪽 긴 가지가 점점 짧아졌다. 산출 후 26일째 평균전장 12.34 mm에 달하면 가늘고 긴 상후쇄골(upper post clavicle)과 하후쇄골(lower post clavicle)이 골화되었고, 연골성인 견갑골(scapula)에 하나의 구멍(scapula foramen)이 형성되었다(Fig. 4C).

산출 후 29일째 평균전장 12.6 mm의 자어는 연골성의 사

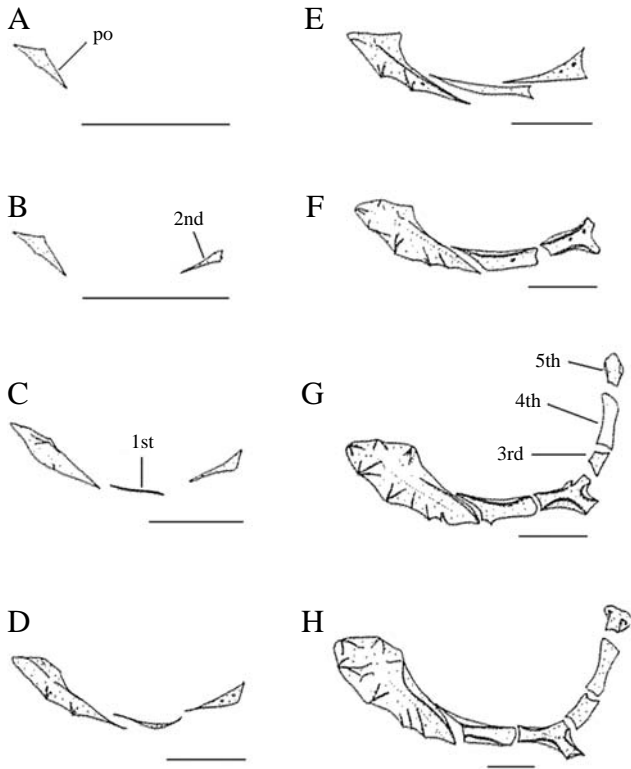


Fig. 5. Development of the infraorbital bone in *Sebastes oblongus*. A, 10.8 mm TL; B, 12.3 mm TL; C, 12.6 mm TL; D, 13.2 mm TL; E, 16.2 mm TL; F, 18.0 mm TL; G, 25.2 mm TL; H, 27.5 mm TL. po, preorbital bone; 1st~5th, suborbital. Scale bars are 0.5 mm.

출골이 4개로 완전히 분리되며, 쇄골과 후측두골이 더욱 넓게 골화되었다(Fig. 4D).

산출 후 33일째 평균전장 13.2 mm로 성장하면 하나의 연골로 결합된 견갑골과 오뿔골이 각각 분리, 골화되었으며, 사출골의 골화도 같이 진행되었다. 견갑골에 형성된 foramen은 완전한 둥근 형태를 갖추었다(Fig. 4E).

산출 후 47일째 평균전장 16.2 mm로 성장하면 오뿔골의 배쪽 긴 가지는 짧아져 사출골의 골화가 거의 완료되었다. 또한 쇄골의 상단부분은 매우 넓어져 삼각형을 이루어 견대부를 형성하는 모든 골편들의 골화가 완료되었다(Fig. 4F).

5. 안와골 (infraorbital bone)

대부분의 경골어류는 눈 주위에 안전골(preorbital), 안하골(suborbital) 및 안상골(supraorbital)로 구성된다. 황점볼락은 이 세가지 골편 가운데 눈의 앞 가장자리를 덮고 있는 안전골과 눈의 아래와 뒤 가장자리를 보호하는 안하골로 구성되었다(Fig. 5; Table 1).

산출 후 20일째 평균전장 10.8 mm의 자어는 눈 주위의 골격을 형성하는 골편 가운데 가장 먼저 안전골이 눈 앞쪽에서 삼각형으로 골화되었다(Fig. 5A).

산출 후 26일째 평균전장 12.3 mm의 자어는 안하골을 형성하는 5개의 골편 가운데 제2안하골이 눈의 아래쪽보다 약간 뒤쪽에서 골화되었다(Fig. 5B).

산출 후 29일째 평균전장 12.6 mm의 자어는 안전골의 앞쪽이 약간 두꺼워지고 두개골과 나란한 방향으로 신장되며, 안전골과 제2안하골 사이에 제1안하골이 눈 아래 부분에 실처럼 가늘게 골화되었다(Fig. 5C).

산출 후 33일째 평균전장 13.2 mm로 성장하면 안전골이 아래쪽으로 2개의 돌출부가 각 저 있었으며, 제2안하골은 더욱 넓어졌다(Fig. 5D).

산출 후 47일째 평균전장 16.2 mm로 성장하면 안전골의 아래쪽에 형성된 2개의 돌출부는 더욱 예리해져 가시처럼 형성되었다. 제2안하골에 2개의 구멍이 형성되고 제1안하골은 앞뒤로 더욱 길어져 안전골의 뒷부분과 관절되었다(Fig. 5E).

산출 후 52일째 평균전장 18.0 mm로 성장하면 안전골의 하방에 형성된 돌출부가 3~4개로 증가되고 끝이 각이 저 가시처럼 뾰족해서 골화가 완성되었다. 또 제1안하골에도 하나의 구멍이 형성되었으며, 제2안하골이 T자 형으로 변형되어 두 개의 골편 조각들이 안하골의 오목한 구를 형성하였다(Fig. 5F).

산출 후 69일째 평균전장 25.2 mm로 성장하면 안전골의 거의 모든 면에 돌출부가 형성되며, 제3, 4, 5번째 안하골이 동시에 골화되었다. 한편 제1, 2번째에 형성된 구멍은 보이지 않았다(Fig. 5G).

산출 후 71일째 평균전장 27.5 mm로 성장하면 안전골의 앞 등쪽 면이 길어져 안전골의 후방 등쪽면과 겹쳐서 접속하고 모든 안하골이 얇은 구를 형성하여 전체적으로 성어와 같은 형태를 갖추며, 안전골의 모든 골편들의 골화가 완료되었다(Fig. 5H).

고 찰

본 연구는 사육하면서 초기생활사 동안 황점볼락의 두개골, 현수골, 미골, 척추골, 쇄골 및 안와의 골격발달 과정을 관찰하였다. 황점볼락 자치어는 부화 후 3일째 전장 8.0 mm에서 처음으로 골화가 일어나 부화 71일 후 전장 27.5 mm에서 모든 골격의 골화가 완료되었다(Table 1).

일반적으로 경골어류는 부화 시에 골격발달에 있어서 주목할 만한 변화를 나타낸다고 알려져 있으며(Koumoundouros *et al.*, 2001a), 농어목어류(perciformes)는 두개골과 지느러미의 발달이 부화 이후에 관찰되나(Matsuoka, 1985; Koumoundouros *et al.*, 1997b, 2001a, b; Sfakianakis *et al.*, 2004, 2005; Coban *et al.*, 2009), 연어과어류(Salmonidae)는 부화 이전에 두개골과 지느러미의 골격 발달이 시작한다(Ken-

dall *et al.*, 1984).

산출직후 황점볼락 자어는 전혀 골화되지 않았으나 산출 후 3일째 평균전장 8.0mm에 이르면 처음으로 골화가 일어나 산출 후 71일째 27.5mm에서 완전한 골격이 완성되었는데, 볼락(Kim *et al.*, 1993)은 산출 후 7일째 평균전장 7.0mm에 첫 골화가 일어나 산출 후 65~69일째 17.6~20.8mm에 골격이 완성되었고, 조피볼락(김과 한, 1991)은 산출 후 6~8일째 평균전장 6.85mm일 때 처음으로 골화가 일어나 산출 후 30~31일째 20.2mm 개체에서 완료되었고, 붉은쏨뱅이, *Sebastes tertius* (한 등, 2001)는 산출 후 8일째 평균전장 4.4mm에서 골화가 일어난 후 산출 후 39일째 14.1~14.3mm일 때 모든 골격이 완성되었는데 황점볼락의 골화는 볼락, 조피볼락 및 붉은쏨뱅이보다 훨씬 느린 것으로 나타났다.

황점볼락은 Table 1과 같이 두부골격은 부화 이후에 골화가 진행되었으며, 전장 8.0mm에 가장 먼저 쇠골의 골화와 함께 두개골을 형성하는 액골과 노정골이, 턱을 형성하는 주상악골, 전상악골, 치골 등이, 새개부는 주새개골과 전새개골 등이 골화되었고 이후 현수골과 설골 등도 골화가 진행되었다. 같은 양볼락과에 속하는 붉은쏨뱅이(한 등, 2001), 쏨뱅이(김 등, 1997), 조피볼락(김과 한, 1991), 볼락(김 등, 1993) 등도 쇠골과 함께 턱을 형성하는 악골과 두개골을 형성하는 골이 동시에 골화가 진행되어 유사한 경향을 보였으며, 성대과어류(Triglidae)에 속하는 *Prionotus carolinus* (Yuschak and Lund, 1984)는 턱뼈와 쇠골 등의 골화와 함께 특이하게 설골부의 뼈도 골화가 진행되었으나 새개부의 골화는 다소 늦게 진행되었다. 그 외 청베도라치과에 속하는 저울베도라치, *Entomacrodus stellifer lighti* (김 등, 1992a)는 쇠골과 부설골이 먼저 골화하고 이후 악골의 골화가 이어졌으며, 북어목에 속하는 졸복, *Takifugu pardalis* (한 등, 2005)은 쇠골과 부설골 및 악골이 동시에 골화가 진행되었고 갯방어, *Seriola dumerili* (Liu, 2001)는 전상악골, 주상악골, 치골, 전새개골, 주새개골의 골화와 함께 안절골, 서골 등이 골화되었고, 망둑어류인 미끈날망둑, *Chaenogobius laevis* (김과 한, 1989)는 쇠골과 턱뼈의 골화와 함께 설골부와 내장골이 함께 골화가 일어나 분류군별로 많은 차이를 나타내었다. 하지만 이들 중 모두 턱을 구성하는 악골이 비교적 빠른 속도로 골화하는 특징을 나타내었다. 이것은 두개골이 섭이와 호흡을 위한 중요한 필요 골격 요소로써 골화가 우선적으로 일어나는 부위이며 (Vandewalle *et al.*, 1997), 이 시기에 입의 개구와 섭이 기능에 sternohyoideus muscle을 지지하는 쇠골이 중요한 역할을 하기 때문이다 (Matsuoka, 1987; Wagemans and Vandewalle, 1999).

한편, 황점볼락의 가슴지느러미를 지지하는 골격 요소 중 하나인 견갑골에 다소 큰 foramen이 형성되어 있는데, 이러한 구멍은 참돔, *Pagrus major* (Matsuoka, 1987), 황돔, *Den-*

tex dentex (Koumoundoures *et al.*, 2001b), 자리돔류와 놀래기류(Emery, 1973; Taki *et al.*, 1986; Potthoff *et al.*, 1987; Potthoff and Tellock, 1993) 등 많은 농어목 어류에서 알려져 있으며, 이와 같은 foramen의 형성을 Koumoundouros *et al.* (2001b)는 농어목어류의 전형적인 형질이라 하였다. 그러나 foramen는 쏨뱅이목 어류의 조피볼락(김과 한, 1991)과 *Prionotus carolinus* (Yuschak and Lund, 1984)를 비롯하여 동갈치목 어류의 전력날치, *Cypselurus heterurus deoderleini* (Dasilao and Yamaoka, 1998), 북어목 어류의 *Balistes capriscus* (Matsuura and Katsuragawa, 1984) 등 다른 분류군에서도 형성되어 이는 농어목 어류의 전형적인 형질은 아닌 것으로 판단된다.

황점볼락 새개부의 골화는 주새개골과 전새개골이 동시에 골화하고 이후 하새개골과 간새개골이 골화되었는데 (Table 1), 이는 같은 양볼락과에 속하는 쏨뱅이(김 등, 1997), 붉은쏨뱅이(한 등, 2001), 조피볼락(김과 한, 1991), 볼락(김 등, 1993) 등과 일치하였으며, 전력날치(Dasilao and Yamaoka, 1998), 참돔(Matsuoka, 1985), 미끈망둑, *Luciobobius guttatus* (김 등, 1992b), 갯방어(Liu, 2001) 등도 같은 경향을 보여 새개부의 골화 순서는 분류군별로 특별한 차이를 나타내지는 않는 것으로 생각된다.

척추골의 골화는 전장 9.3mm에서 복추골의 1~4번째 추체가 신경극과 함께 골화가 진행되어 점차 미추골 쪽으로 진행되었는데 이러한 경향은 붉은쏨뱅이(한 등, 2001), 쏨뱅이(김 등, 1997), 조피볼락(김과 한, 1991), 볼락(Kim *et al.*, 1993) 등 같은 양볼락과어류에서 동일한 경향을 나타내었다. 다만 황점볼락의 경우 미추골의 완전한 골화 이전에 미부봉상골의 골화가 진행되었으나 조피볼락(김과 한, 1991)은 미부의 추체가 거의 골화된 이후에 미부봉상골이 골화하여 차이를 나타내었다. 한편 미골을 형성하는 주요 골격 중의 하나인 하미축골의 경우 황점볼락은 9.8~10.8mm 사이에 하미축골이 서로 융합되어 외관상 3개의 하미축골(하미축골 1+2, 3+4, 5)을 형성하였다. 이와 같이 골격발달이 진행함에 따라 하미축골의 융합이 황점볼락과 같은 양상을 보이는 종은 볼락(Kim *et al.*, 1993), 조피볼락(김과 한, 1991)을 비롯하여, *Balistes capriscus* (Matsuura and Katsuragawa, 1984) 등에서도 알려져 있으며, 방어류(Kohno, 1997; Liu, 2001)는 하미축골이 1+2, 3+4+5가 서로 융합되었고, *Hemilepidotus* spp. (Kendall and Vinter, 1984)는 외관상 2개의 하미축골(준하미축골+하미축골 1+2의 융합, 하미축골 3+4, 5번째 하미축골 소실)을 형성하는 종류도 있으며, 쥐노래미류(Kendall and Vinter, 1984)는 이와는 다른 융합형태를 나타내었다. Gosline(1961)은 이와 같이 다양한 하미축골의 융합 현상에 관하여 계통학적 연구가 필요하다고 강조하였다. 이와 같이 어류의 해부학적 지식은 어업생물학 적이나 양식에서 건강하고 효율적인 종묘관리를 비롯하여

유사 종과의 식별이나 생태학 분야에서 유용한 지식으로 활용될 수 있을 것이다.

요 약

사육 중인 친어로부터 자연 산출된 자어를 2007년 12월부터 2008년 5월까지 수조에서 사육하면서 자치어의 성장에 따른 골격발달과정을 관찰하였다. 산출직후의 자어는 어떠한 골격요소도 전혀 골화되지 않았다. 부화 후 3일째의 평균전장 8.0 mm에 처음으로 턱뼈의 골화와 함께 액골, 노정골, 새골, 새개골, 새조골 등의 골화가 시작되었다. 새개부를 구성하는 골격들은 12.3 mm에 골화가 모두 완료되었으며, 두개골과 견대골을 구성하는 골격들은 평균전장 16.2 mm에 골화가 완료되었다. 미골복합체는 평균전장 9.8 mm에 하미축골의 골화가 시작되었고 이후 평균전장 10.8 mm에 1번째와 2번째 하미축골 및 3번째와 4번째 하미축골이 서로 융합이 일어났으며, 평균전장 18.0 mm에 마지막으로 상미축골이 골화되어 모든 골격이 완료되었다. 척색의 골절은 평균전장 8.5 mm에 형성되어 평균전장 10.8 mm에 완료되었으며, 26개로 구성된 척추골의 골화는 13.2 mm에 완료되었다. 안와골의 골화는 안전골은 평균전장 10.8 mm에서 안하골은 평균전장 12.3 mm에서 골화가 시작되었으며, 평균전장 27.5 mm에 완료되었다. 최종적으로 부화 후 71일, 평균전장 27.5 mm에 모든 골격의 골화가 완료되었다.

사 사

이 연구는 국립수산물연구원 경상과제 (관리번호 RP-2012-AQ-48)의 지원에 의해 수행되었으며, 본 논문의 교정을 위해 세심하게 검토해 주신 이혜경 선생님께 깊은 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

곽은주 · 이경우 · 최낙현 · 박충국 · 한경호 · 이원교. 황점볼락 *Sebastes oblongus* 인공종묘의 생식소 발달과 성비. 한국수산학회지, 39: 297-302.
 김용억 · 한경호. 1989. 해산동물의 초기생활사에 관한 연구 1. 미끈달망둑, *Chaenogobius laevis* (Steindachner)의 난발생과 자치어. 한국수산학회지, 22: 317-331.
 김용억 · 한경호. 1991. 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사. 한국어류학회지, 3: 67-83.
 김용억 · 한경호 · 강충배. 1992a. 저울베도라치, *Entomacrodus stellifer* 자치어의 형태와 골격발달. 한국어류학회지, 4:

31-43.
 김용억 · 한경호 · 강충배 · 김진구 · 변순규. 1997. 썸뱅이, *Sebastes marmoratus* 초기생활에 관한 연구 2. 산출 자치어의 외부형태 및 골격발달. 한국어류학회지, 9: 186-194.
 김용억 · 한경호 · 강충배 · 유정화. 1992b. 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* Gill의 산란습성 및 초기생활사. 한국어류학회지, 4: 1-13.
 김용억 · 한경호 · 변순규. 1993. 볼락, *Sebastes inermis*의 초기생활사에 관한 연구 2. 산출 자치어의 외부형태 및 골격발달. 한국수산학회지, 26: 465-476.
 배희찬 · 정상철. 1999. 제주산 썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)의 연령과 성장. 한국수산학회지, 32: 432-437.
 변순규 · 고창순 · 문영봉. 1995. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 난발생 과정과 부화자치어의 형태. 국립수산물연구원연구보고, 50: 31-39.
 변순규 · 김병학 · 한석중 · 문영봉. 1997. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 출산과 자치어 사육. 국립수산물연구원연구보고, 53: 81-88.
 윤성중 · 황형규 · 박경현 · 한석중 · 이윤호 · 김대현 · 김재원. 2007. 황점볼락, *Sebastes oblongus* 초기 생식소 형성 및 성분화. 한국양식학회지, 20: 47-50.
 이택열 · 김성연. 1992. 난태생 경골어류 볼락, *Sebastes inermis*의 생식과 체내자치어발달. 한국수산학회지, 25: 413-431.
 장영진 · 임한규 · 변순규. 1995. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 성숙과 생식주기. 한국양식학회지, 8: 31-46.
 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 728pp.
 한경호 · 임상구 · 김광수 · 김철원 · 유동재. 2001. 한국산 붉은썸뱅이 *Sebastes tertius* (Barsukov et Chen) 자치어의 골격발달. 한국어류학회지, 13: 63-68.
 한경호 · 조재권 · 이성훈 · 황선영 · 윤선영 · 서원일 · 김춘철. 2005. 줄복 (*Takifugu pardalis*) 자치어의 골격발달. 한국어류학회지, 17: 29-35.
 Coban, D., C. Suzer, H.O. Kamaci, S. Saka and K. Firat. 2009. Early osteological development of the fins in the hatchery-reared red porgy, *Pagrus pagrus* (L. 1758). J. Appl. Ichthyol., 25: 26-32.
 Dasilao, Jr J.C. and K. Yamaoka. 1998. Osteological and functional development of the flyingfish, *Cypselurus heterurus doederleini* (Teleostei: Exocoetidae). Bull. Mar. Sci. Fish. Kochi Univ., 18: 13-26.
 Emery, A.R. 1973. Ecology and functional osteology damselfish (Pisces; Pomacentridae) at Alligator Reef, Florida Keys. Bull. Mar. Sci., 23: 649-770.
 Gosline, W.A. 1961. The perciform caudal skeleton. Copeia (1961): 265-270.
 Kawamura, K. and K. Hosoya. 1991. A modified double staining technique for making a transparent fish skeletal specimen. Bull. Nalt'l. Res. Inst. Aquaculture, 20: 11-18.
 Kendall, A.W. and B. Vinter. 1984. Development of Hexagrammids (Pisces: Scorpaeniformes) in the northeastern Pacific Ocean. US Dep. Commer NOAA Tech. Rep. NMFS. 2: 44pp.
 Kendall, A.W., E.H. Ahlstrom and H.G. Moser. 1984. Early life

- history stages of fishes and their characters. In: Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall and S.L. Richardson (eds.), *Ontogeny and systematics of fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, special publication no 1. Allen Lawrence KS, 11-12.
- Kendall, W. 1991. Systematics and identification of larvae and juveniles of the genus *Sebastes*. *Env. Biol. Fish.*, 30: 173-190.
- Kohno, H. 1997. Osteological development of the caudal skeleton in the carangid, *Seriola lalandi*. *Ichthyol. Res.*, 44: 219-221.
- Koumoundouros, G., F. Gagliardi, P. Divanach, C. Boglione, S. Cataudella and M. Kentouri. 1997a. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. *Aquaculture*, 149: 215-226.
- Koumoundouros, G., G. Oran, P. Divanach, S. Stefanakis and M. Kentouri. 1997b. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Spartus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture*, 156: 165-177.
- Koumoundouros, G., D.G. Sfakianakis, E. Maingot, P. Divanach and M. Kentouri. 2001a. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae). *Mar. Biol.*, 139: 853-862.
- Koumoundouros, G., P. Divanach and M. Kentouri. 2001b. Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. *Mar. Biol.*, 38: 399-406.
- Liu, C.H. 2001. Early osteological development of the yellow tail *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae). *Zool. Stud.*, 40: 289-298.
- Matsuoka, M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. *Japanese J. Ichthyol.*, 32: 35-51.
- Matsuoka, M. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. *Bull. Seikai Red. Fish Res. Lab.*, 65: 1-14.
- Matsuura, Y. and M. Katsuragawa. 1984. Osteological development of fins and their supports of larval grey triggerfish, *Balistes caprisus*. *Japan J. Ichthyol.*, 31: 411-421.
- Mook, D. 1977. Larval and osteological development of the sheephead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). *Copeia* (1977): 126-133.
- Nakabo, N. 2000. *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. 2nd (Ed). Tokai Univ. Press. Tokai. XIII-Ivi, 1748pp.
- Okiyama, M. 1979. *Manuals for the larval fish taxonomy* (2), General aspects of larval characters that aid identification. *Aquabiology*, 2: 53-59.
- Okiyama, M. 1988. *An atlas of the early stage fishes in Japan*. Tokai Univ. Press, 1184pp.
- Potthoff, T. and J.A. Tellock. 1993. Osteological development of the snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). *Bull. Mar. Sci.*, 52: 669-716.
- Potthoff, T., S. Kelley and L.A. Collins. 1988. Osteological development of the red snapper, *Lutjanus scampechanus* (Lutjanidae). *Bull. Mar. Sci.*, 43: 1-40.
- Potthoff, T., S. Kelly, V. Saksena, M. Moe and F. Young. 1987. Description of larval and juvenile damselfish *Microspathodon chrysurus*, Pomacentridae, and their osteological development. *Bull. Mar. Sci.*, 40: 1-40.
- Sfakianakis, D.G., C.K. Doxa, S. Kouttouki, G. Koumoundouros, E. Maingot, P. Divanach and M. Kentouri. 2005. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Aquaculture*, 250: 36-46.
- Sfakianakis, D.G., G. Koumoundouros, P. Divanach and M. Kentouri. 2004. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morpho-anatomical abnormalities. *Aquaculture*, 232: 407-424.
- Taki, Y., H. Kohno and S. Hara. 1986. Early development of fin-supports and fin-rays in the milkfish *Chanos chanos*. *Japan J. Ichthyol.*, 32: 413-420.
- Tochino, M., M. Yamamoto, K. Yamaga and M. Fujiwara. 2003. Replacement of fish species from *Sebastes oblongus* to *Sebastes schlegeli*, confirmed by the change of the appearance juveniles associated with floating seaweeds in the central Seto Inland Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 69: 805-807.
- Vandewalle, P., I. Gluckmann, E. Baras, F. Hurliaux and B. Focant. 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. *J. Fish. Bio.*, 50: 227-253.
- Wagemans, F. and P. Vandewalle. 1999. Development of the cartilaginous skull in *Solea solea*: trends on Pleuronectiforms. *Ann. Sci. Nat.*, 1: 39-52.
- Yuschak, P. and W.A. Lund. 1984. Eggs, larvae and osteological development of the northern searobin, *Prionotus carollinus* (Pisces, Triglidae). *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 5: 1-15.