한국산 점농어(*Lateolabrax maculatus*) 자치어의 골격발달과 비늘형성

강충배 · 명정구^{1*} · 김용억² · 김형철³

부경대학교 해양과학공동연구소, ¹한국해양연구원, ²부경대학교, ³국립수산물과학원

Early Osteological Development and Squamation in the Spotted Sea Bass *Lateolabrax maculatus* (Pisces: Lateolabracidae)

Chung-Bae Kang, Jung-Goo Myoung^{1*}, Yong Uk Kim² and Hyongchol Kim³

Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Marine Living Resources Research Department, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan 426-744, Korea

²Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³Division of Environmental Research, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

Early osteological development of the skull, vertebral column, and fins, and squamation in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*, were studied under extensive larval rearing conditions. The first ossification during cephalic skeleton development began with the premaxillary, dentary, and parasphenoid at 6.4 mm Total length (Notochord length 6.1 mm) and was completed by 25.2 mm TL (Standard length 20.3 mm). Ossification of the cartilaginous caudal complex started simultaneously in the urostyle and two preural centra at 12.2 mm TL (10.4 mm) and it was completely ossified by 32.0 mm TL (26.4 mm). The principal caudal fin rays, with a count of 9/8, began to ossify at 11.6 mm TL (10.2 mm) and the procurent caudal fin rays, with counts of 4 (upper) and 3 (lower), started to ossify by 12.6 mm TL (10.9 mm). Ossification of these parts was completed by 21.4 mm TL (17.5 mm). Ossification of the vertebral column was first observed in the first to fourth centra at 8.3 mm TL (7.5 mm) and was fully completed by 21.7-35.0 mm TL (17.8-29.3 mm). The pectoral girdle started to ossify by 5.6 mm TL (5.4 mm) and was completed by 26.8 mm TL (21.8 mm). Eight pectoral fin rays were ossified at 11.6 mm TL (10.2 mm) and 16-18 rays were fully ossified by 13.8 mm TL (12.0 mm). Also, the dorsal, anal, and pelvic fin rays started to ossify at 12.2 mm TL (10.4 mm) and were completed by 12.8 mm TL (11.2 mm), 23.8 mm TL (19.4 mm), and 13.8 mm TL (12.0 mm), respectively. Ossification of the anal and dorsal pterygiophores initially occurred by 12.6 mm TL (10.9 mm) and 14.3 mm TL (12.2 mm), and was completed by 21.4 mm TL (17.5 mm) and 19.3 mm TL (15.9 mm), respectively. Squamation started at three centers of differentiation: the middle region of the trunk, the anterior of the caudal peduncle, and on the caudal peduncle at 23.8 mm TL (19.4 mm). The body was covered with scales, except the snout, at 57.2-60.2 mm TL (SL 47.1-49.2 mm).

Key words: *Lateolabrax maculatus*, Osteological development, Squamation

서론

어류는 개체 발생 동안 자어기에서 치어기로 변태하기 직전에 형태적, 생리적, 행동적으로 매우 극심한 변화를 겪으므로 자세한 발생학적 지식은 발생학적 측면뿐만 아니라 어업생물학적 및 양식업에서도 매우 중요하다(Koumoundouros et al., 1999). 또한 이 두 분야와 관련하여 해부학의 발달은 유어의 형태발달 단계에서 기능적인 발달 경향과 환경에 대한 선호도를 이해하는데 도움을 준다(Fukuhara, 1992). 어류의 종교생산에 있어서 자치어기의 골격 발달과정에 관한 관심과 정

확한 지식은 사육 초기에 골격 이상의 탐지와 제거를 위해 필수적이며(Koumoundouros et al., 1997a, b), 유어의 계통분류학적 기초 형질을 제공하고 있어 이 분야를 연구하는 열기가 높다(Mook, 1977; Potthoff et al., 1988; Faustino and power, 1999; Liu, 2001; Sfakianakis et al., 2004).

점농어는 농어목(Perciformes) 농어과(Lateolabracidae) 농어속(*Lateolabrax*)에 속하는 어종으로 최근에 별종으로 보고되었다(Kim et al., 2001). 농어속어류는 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등 동아시아 국가에서 상업적으로 매우 중요한 어종으로써 인기가 많은 어류이며, 특히 점농어는 성장이 빨라 양식업에서 매우 선호되는 어종이다(Yokogawa and Tajima, 1996; Kim et al., 1998). 그러나 점농어에 관한 연구는 호르

*Corresponding author: jgmyoung@kordi.re.kr

문(Baek et al., 2001; Kim et al., 1999), 초기생활사(Kim et al., 1998; Nakayama et al., 1996), 형태 및 유전학적 연구(Yokogawa and Seki, 1995; Park et al., 1996; Myoung et al., 1997; Liu et al., 2006) 등 일부 보고가 있을 뿐이며, 골격 발달 및 비늘형성 과정에 관한 연구는 알려져 있지 않다.

본 연구의 목적은 자치어 단계에서 농어속어류의 다른 종과 형태적으로 매우 유사하여 분류와 동정이 어려운 점농어를 대상으로 분류학적 연구의 일환에서 발육상태에 따른 내부 골격발달 과정과 비늘형성에 관한 상세한 기본 패턴을 기술하는데 있다.

재료 및 방법

점농어 자치어는 1995년 10월 30일 전남 고흥에서 채집한 어미로부터 채란, 인공 수정시킨 후 양식장에서 사육시킨 것을 대상으로 관찰하였다. 사육시 수생균의 발생을 억제시키기 위하여 1주일 간격으로 약육 처리하였으며, 먹이는 부화 후 4일째부터 Rotifer (*Branchionus rotundiformis*)를 공급하였고, 16일부터는 미립자 배합사료를 함께 공급하였다. 해수는 부화 후 7일째부터 지수식으로 관리하였고 이후 여과 해수를 공급하여 유주시켰다. 사육 기간 중 수온은 12.8-22.0℃ (평균 20.4℃)이었다. 부화 자어는 부화 후 3개월까지 사육하면서 30일째까지는 매일 무작위로 10-15마리씩 추출하였고 그 이후로는 5-7마리씩 4-5일 간격으로 추출하여 5% 포르말린에 고정하였다.

자치어는 2중 염색법(Kawamura and Hosoya, 1991)으로

염색한 후 입체해부현미경과 Drawing tube를 이용하여 스케치하였고 각 부위별 골화의 정확성을 확인하기 위해 성어 개체에서 채골한 골격과 비교 검토하였다. 골격 각 부위 명칭은 Okiyama (1988), Kendall et al. (1984)에 따랐으며, 크기는 0.01mm까지 측정하였다

결 과

점농어 자치어의 발육단계에 따른 골격발달은 두개골(cranium), 내장골(visceral skeleton), 척추(vertebral column), 미골(caudal skeleton), 견대골(pectoral girdle bone), 지느러미(fin-rays)와 담기골(ptyerygiophore) 및 비늘형성과정(squamation)을 구분하여 관찰하였다.

두부골격

두개골과 내장골로 이루어진 점농어의 두부 골격 발달 과정을 나타내었다(Fig. 1; Table 1). 전장 6.4 mm (체장 6.1 mm)의 자어는 처음으로 위턱을 구성하는 전상악골(premaxillary)과 아래턱을 구성하는 치골(dentary) 및 두개골의 기저를 형성하는 부설골(parasphenoid)이 먼저 골화하였다(Fig. 1A). 전장 6.6 mm (6.4 mm)의 후기자어는 주상악골(maxillary)이 골화되어 위턱의 빠른 골화가 진행되었으며, 새개부를 형성하는 전새개골(preopercle)과 주새개골(opercle)의 골화가 시작되었다(Fig. 1B). 전장 7.5 mm (7.2 mm)에 달하면 위턱의 전상악골은 상행돌기와 관절돌기가 형성되고 4-5개의 이빨이

Fig. 1. Development of the head skeleton in *Lateolabrax maculatus*. A-I, lateral view; E', dorsal view. A, 6.4 mm TL; B, 6.6 mm TL; C, 7.5 mm TL; D, 8.8 mm TL; E-E', 11.2 mm TL; F, 12.0 mm TL; G, 14.1 mm TL; H, 15.5 mm TL; I, 25.2 mm TL. al, alisphenoid; an, angular; ar, articular; bao, basioccipital; bas, basisphenoid; brs, branchiostegal rays; d, dentary; eh, epihyal; enp, endopterygoid; ecp, ectopterygoid; ep, epiotic; exo, exoccipital; fr, frontal; h, hypophyal; hm, hyomandibular; ih, interhyal; iop, interopercle; le, lateral ethmoid; lu, lucryma; me, mesethmoid; mp, metapterygoid; mx, maxillary; na, nasal; op, opercle; opi, opisthotic; pa, parasphenoid; pal, palatine; par, parietal; pr, prootic; pmx, premaxillary; pop, preopercle; pt, pterotic; q, quadrate; soc, supraoccipital; sop, subopercle; sor, suborbital; sp, sphenotic; spm, supramaxillary; sy, symplectic. Empty area, cartilage; stippled area, ossified

Table 1. Development process of the head skeleton in *Lateolabrax maculatus*

Elements	Total length (mm)												
	6.4	6.6	7.5	8.8	10.5	11.2	12.0	12.2	12.6	14.1	15.5	21.7	25.2
Cranium													
Parasphenoid	●												→
Basioccipital						●							→
Exoccipital										●			→
Supraoccipital									●				→
Opisthotic										●			→
Epiotic									●				→
Alisphenoid									●				→
Parietal									●				→
Prootic									●				→
Basisphenoid											●		→
Pterotic								●					→
Sphenotic						●							→
Vomer						●							→
Frontal						●							→
Lateral ethmoid							●						→
Mes ethmoid										●			→
Nasal							●						→
Orbital region													
Preorbital						●							→
Suborbital												●	→
Jaw bone													
Maxillary		●											→
Premaxillary	●												→
Supramaxillary											●		→
Dentary	●												→
Articular			●										→
Angular			●										→
Hyoid arch													
Ceratohyal			●										→
Epihyal				●									→
Hypohyal							●						→
Interhyal							●						→
Glossohyal								●					→
Branchiostegal ray				●									→
Palate													
Palatine						●							→
Metapterygoid							●						→
Ectopterygoid						●							→
Endopterygoid							●						→
Hyomandibular				●									→
Symplectic						●							→
Quadrate						●							→
Opercular													
Opercle		●											→
Preopercle		●											→
Subopercle								●					→
Interopercle								●					→

black bar, ossified state; ●, initial ossification; →, full complement state of elements;

형성되며, 아래턱은 관절골(articular)과 각골(angular)이 골화되었다. 설궁(hyoid arch)은 각설골(ceratohyal)의 골화가 먼저 시작되고 그 아래쪽에 2개의 새조골이 관절되어 골화가 시작되었다. 새개부의 전새개골과 주새개골은 더욱 골화가 진행되어 넓게 발달하며 전새개골에 하나의 구멍이 형성되었다(Fig. 1C). 전장 8.8 mm (8.5 mm)로 성장하면 설궁에 상설골(epihyal)이 골화 직전에 이르며, 모두 6개의 새조골이 골화되었다. 구개부는 가장 먼저 설악골(hyomandibular)의 일부분이 전새개골의 앞에서 골화가 시작되었다. 또한 주상악골의 앞부분은 전상악골의 관절돌기와 관절할 부분이 오목하게 골화가 진행되었다(Fig. 1D). 전장 11.2 mm (9.8 mm)에 달하면 설악골은 더욱 골화가 진행되어 하나의 커다란 구멍이 형성되며, 구개골(palatine), 외익상골(ectopterygoid), 방골(quadrate), 접속골(symplectic) 등이 동시에 골화하고 구개골에 구개치가 형성되었다. 새개부는 하새개골(subopercle)과 간새개골(interopercle)이 골화되어 새개부 구성요소의 골화가 함께 진행되었으며, 부설골의 앞쪽에는 서골(vomer)이, 뒤쪽에는 기저후두골(basioccipital)이 골화되었다. 눈의 위·아래쪽에 각각 액골(frontal)과 안전골(preorbital = lacrymal)이 골화하며, 설악골의 위쪽에 설이골(sphenotic)과 익이골(pterotic)이 골화되었다(Fig. 1E-E'). 전장 12.0 mm (10.4 mm)에 달하면 두개골 중에서 노정골(parietal), 상이골(epitotic), 익설골(alisphenoid), 전이골(prootic), 상후두골(supraoccipital), 비골(nasal), 측사골(lateral ethmoid) 등이 골화되며, 구개부에 내익상골(endopterygoid)과 후익상골(metapterygoid)이 마지막으로 골화되었다. 설궁에는 하설골

(hypohyal)과 간설골(interhyal) 및 7개의 새조골이 골화되어 설궁의 모든 골격들의 골화가 완료되어 이 시기에 골화가 급속히 진행되었다(Fig. 1F). 전장 14.1 mm (12.0 mm)에 달하면 외후두골(exoccipital), 후이골(opisthotic) 및 중사골(mesethmoid)이 골화되었다(Fig. 1G). 전장 15.5 mm (13.2 mm)에 달하면 두개골 중 기저설골(basisphenoid)이 최후로 골화되며, 악골 중 상주상악골(supramaxillary)이 가장 늦게 골화되어 두개골 및 내장골의 골화가 완료 직전에 달하였다(Fig. 1H). 전장 25.2 mm (20.3 mm)에 달하면 안하골(suborbital)이 골화되어 두부를 구성하는 모든 골격들의 골화가 최종 완료되었다(Fig. 1I).

미골

대부분의 경골어류에서 꼬리지느러미를 지지하는 미골(caudal skeleton)은 적당히 변형된 몇 개의 추골과 골편으로 이루어진 미골복합체(caudal complex)로 구성된다(Fig. 2; Table 2).

미골은 전장 9.1 mm (8.7 mm)까지는 전혀 골화가 일어나지 않고 미부봉상골(urostyle)이 45°로 휘어져 있다(Fig. 2A). 전장 12.2 mm (10.4 mm)로 성장하면 미부봉상골의 일부와 마지막 미추골의 제3-4 번째 추체 및 하미축골이 형성될 뒤 가장자리에 꼬리지느러미 상하를 구성하는 두 줄기가 골화되었다(Fig. 2B). 전장 12.6 mm (10.9 mm)에 이르면 추체의 골화가 완료되고, 신경극(neural spine)과 혈관극(hemal spine)이 골화되며, 5개의 하미축골(hypural bone)과 1개의 준하미축골(parhypural bone)이 동시에 골화되고 꼬리지느러미

Fig. 2. Development of the caudal skeleton in *Lateolabrax maculatus*. A, 9.1 mm TL; B, 12.2 mm TL; C, 12.6 mm TL; D, 14.1 mm TL; E, 14.9 mm TL; F, 21.7 mm TL; G, 24.8 mm TL; H, 32.0 mm TL. cbp, caudal bony plate; ep 1-3, epural 1-3; hs, hemal spine; hy 1-5, hypural 1-5; ns, neural spine; ph, parhypural; us, urostyle; uro, uroneural. Empty, cartilage; stippled, ossified.

Table 2. The development process of pectoral girdle, caudal skeleton and vertebrae in *Lateolabrax maculatus*

Elements		Total length (mm)																	
		5.6	8.3	9.1	10.0	10.5	12.2	12.6	14.1	14.9	15.6	21.7	22.9	24.0	24.8	26.0	26.8	32.0	35.0
Pectoral girdle																			
Cleithrum		●	→																
Dorsal post leithrum					●	→													
Ventral post leithrum					●	→													
Supracleithrum		●	→																
Posttemporal					●	→													
Supraposttemporal	1st												●	→					
	2nd															●	→		
Coracoid								●	→										
Scapula								●	→										
Actinost(radial)								●	→										
Caudal skeleton																			
Urostyle				●	→														
Hypural	1-5th							●	→										
Parhypural								●	→										
Epural	1st									●	→								
	2nd											●	→						
	3rd													●	→				
Uroneural										●	→								
Caudal bony plate										●	→								
Vertebrae																			
Neural spine		●	→																
Hemal spine			●	→															
Parapophysis			●	→															
Abdominal vertebra		●	→																
Caudal vertebra			●	→															

black bar, ossified state; ●, initial ossification; →, full complement state of elements.

의 위쪽과 아래쪽을 형성하는 줄기가 각각 5, 6개가 골화되었다(Fig. 2C). 전장 14.1 mm (12.0 mm)에 달하면 미골의 골화 상태는 거의 변화가 없으나 신경극과 혈관극 및 꼬리지느러미 줄기의 골화가 현저히 진행되었다(Fig. 2D). 전장 14.9 mm (12.5 mm)가 되면 첫 번째 상미추골(epural bone)과 미신경골(uroneural) 및 미골판(caudal bony plate)의 골화가 시작되었다(Fig. 2E). 전장 21.7 mm (17.8 mm)가 되면 첫 번째 상미추골이 미부봉상골의 등쪽 면을 따라 길게 형성되며, 두 번째 상미추골이 골화되었다. 신경극과 혈관극은 더욱 길게 골화가 진행되고 마지막 두 번째 혈관극의 기저부에 하나의 구멍이 형성되었다(Fig. 2F). 전장 24.8 mm (20.2 mm)가 되면 미골의 마지막 구성요소인 세 번째 상미추골의 골화가 시작되며, 마지막 2-3번째 신경극의 기저부에 구멍이 형성되었다(Fig. 2G). 전장 32.0 mm (26.4 mm)에 달하면 신경극의

기저부 및 미골판에도 하나씩의 구멍이 형성되어 이 시기에 모든 골편들의 골화가 완성되어 성어의 형태를 갖추게 되었다(Fig. 2H).

척추골

어류의 척추골은 몸의 중축을 이루는 골격으로 척수(spinal cord)와 혈관(blood vessel)을 보호한다. 점농어 자치어의 척추골은 두개골이나 내장골보다 늦게 골화가 시작되었고 척추골은 복추골 앞쪽의 추체와 신경극의 골화가 먼저 시작되었으나 신경극과 혈관극은 거의 동시에 골화가 완성되었다(Fig. 3; Table 2).

전장 8.3 mm (7.5 mm)인 자어는 복추골에서 1-4번째 추체(centrum)의 골화가 신경극(neural spine)과 함께 골화가 시

Fig. 3. Schematic diagram showing development of the vertebra column, caudal skeleton, fin support, and spinous and soft fin in *Lateolabrax maculatus*. A, 8.3 mm TL; B, 10.0-12.2 mm TL; C, 12.6-13.1 mm TL. D, 15.5 mm TL; E, 16.6 mm TL; F, 21.7 mm TL; G, 35.0 mm TL. Scales are vertebrae numbers. Dotted, cartilage; solid, ossified.

Table 3. Development process of fin ray and pterygiophore in *Lateolabrax maculatus*

Total length (mm)	Counts									
	Fin-Rays							Pterygiophores		
	D	A	PT	PL	C			FIS	D	A
					Upper procurent	Principal	Lower procurent			
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.6	0	0	8	0	0	9+8	0	0	0	0
12.2	0-0, 11	II, 7	12	3	0	9+8	0	0	0	0
12.6	XII-I, 9	II, 7	14	3	4	9+8	3	0	0	1
12.8	XII-I, 12	II, 7	14	4	5	9+8	4	0	0	1
13.0	XII-I, 14	II, 9	14	4	5	9+8	5	0	(12)	1(1)
13.1	XIII-I, 14	II, 8	14	5	6	9+8	6	0	(12)	1(2)
13.8	XIII-I, 13	II, 8	17	1, 5	7	9+8	6	0	(12)	1(1)
14.3	XII-I, 13	II, 7	16	1, 5	8	9+8	7	0	3(15)	1(3)
14.4	XII-I, 14	II, 9	16	1, 5	7	9+8	6	0	5(13)	1(3)
15.6	XII-I, 14	II, 7	18	1, 5	9	9+8	8	0	6(16)	1(1)
15.6	XII-I, 13	II, 9	18	1, 5	10	9+8	9	0	19(2)	1(2)
16.0	XIII-I, 13	II, 9	18	1, 5	9	9+8	8	0	21	5(2)
16.6	XIII-I, 13	II, 9	18	1, 5	9	9+8	8	3	21	5(2)
19.3	XII-I, 14	II, 9	18	1, 5	11	9+8	11	3	24	5(3)
21.4	XIII-I, 13	II, 9	18	1, 5	14	9+8	13	3	24	9
21.7	XIII-I, 13	II, 9	18	1, 5	14	9+8	13	3	24	9
22.8	XII-I, 14	II, 9	19	1, 5	14	9+8	13	3	24	9
23.8	XII-I, 13	III, 8	17	1, 5	15	9+8	14	3	25	9
26.8	XII-I, 13	II, 8	19	1, 5	14	9+8	13	3	25	8
28.6	XII-I, 14	II, 8	19	1, 5	14	9+8	13	3	25	9
30.4	XII-I, 13	III, 9	18	1, 5	14	9+8	13	3	25	10
33.8	XII-I, 13	III, 8	18	1, 5	13	9+8	13	3	25	10
35.7	XIII-I, 13	III, 8	18	1, 5	14	9+8	14	3	27	10

(), present before ossification; A, anal; C, caudal; D, dorsal; FIS, free interneural spine; PL, pelvic; PT, pectoral.

작되었다(Fig. 3A). 이후 전장 9.1 mm (8.7 mm)로 성장하면 복추골의 추체와 신경극은 모두 골화가 완료되고 측돌기(parapophysis)의 골화가 시작되었다. 미추골은 앞쪽에서부터 골화가 시작되었으며, 동시에 혈관극(hemal spine)과 신경극의 골화가 꼬리쪽으로 진행되었다. 전장 10.0-12.2 mm (8.9-10.4 mm)에 달하면 2-4개의 추체가 골화되지 않은 상태에서 미부봉상골(urostyle bone)의 일부가 골화하였다. 또한 신경극과 혈관극의 끝 부분은 아직 완전히 골화되지 않아서 끝 부분이 뾰족하지 않았으며, 제1 미추골의 혈관극이 오목하게 분지되어 혈관간극(interhemal spine)이 삽입될 수 있도록 변형되었다(Fig. 3B). 전장 12.6-13.1 mm (10.9-11.3 mm)에 달하면 모든 추체의 골화가 완료되며, 신경극과 혈관극에는 신경궁문(neural arch)과 혈도궁문(hemal arch)이 골화되

었다. 3-7번째 추체에 늑골(rib)이 골화하여 관절되었다(Fig. 3C). 전장 15.5-16.6 mm (13.1-14.1 mm)에 달하면 먼저 미추골의 등쪽과 배쪽에 각각 전관절돌기와 후관절돌기가 발달하고, 이후 복추골의 등쪽에도 전관절돌기와 후관절돌기가 발달하였다. 또한 미추골의 신경극 기부에 구멍이 형성되기 시작하였다. 늑골은 7-9개로 증가하였고 상늑골이 1-4번째 추체 상에서 골화되었다(Fig. 3D, E). 전장 21.7-35.0 mm (17.8-29.3 mm)에 달하면 14개의 늑골이 모두 골화되어 각 측돌기에 관절되며, 각각의 신경극에 하나씩의 구멍이 형성되어 모든 척추골을 형성하는 골격이 완성되었다(Fig. 3F, G).

지느러미 및 담기골

각 지느러미 및 등지느러미를 지지하는 신경간극과 뒷지

느리미를 지지하는 혈관간극 즉, 담기골(ptyerygiophore)의 골화 과정을 나타내었다(Table 3; Fig. 3). 지느러미 중에서 꼬리지느러미가 부화 후 약 30일경인 전장 11.6 mm (10.2 mm)에 주 줄기 수는 이미 정수에 달하여 골화되었으며, 전장 12.6 mm (10.9 mm)에 달하면 꼬리지느러미 부속줄기(procurrent)의 골화가 시작하고 전장 21.4 mm (17.5 mm)에 이르면 그 수가 위쪽이 14-15개, 아래쪽이 13-14개로 정수에 달하여 골화가 완료되었다. 가슴지느러미는 전장 11.6 mm (10.2 mm)에 최초로 8개의 줄기가 골화되며, 전장 13.8 mm (12.0 mm)에 16-19개로 골화가 완료되었다. 등지느러미는 전장 12.2 mm (10.4 mm)에서 최초로 11개의 줄기가 골화되기 시작하여 13.0 mm (11.3 mm)에 이르면 이미 지느러미의 수는 정수에 달하였다. 그러나, 등지느러미의 경우 두 번째 등지느러미의 가시(극)이 성어와 닮은 완전한 형태를 갖춘 것은 14.30-15.60 mm (12.2-13.3 mm)에서 나타났다. 배지느러미는 전장 12.2 mm (10.4 mm)에 최초로 3개의 줄기가 골화되고, 전장 13.8 mm (12.0 mm)에 달하면 그 수가 정수에 달하여 골화가 완료되었다. 뒷지느러미는 등지느러미, 배지느러미와 같이 전장 12.2 mm (10.4 mm)에서 골화가 진행됨과 동시에 그 수가 정수에 달하여 있었으나, 완전한 3개의 가시 형태를 갖춘 것은 약 23.8-30.4 mm (19.4-24.6 mm) 전후였으며, 지느러미 중에서 가장 늦게 골화되었다.

담기골의 골화는 전장 12.6 mm (10.9 mm)에서 첫 번째 혈관간극이 뒷지느러미의 2개의 가시와 관절되어 가장 먼저 골화가 시작되며, 신경간극은 전장 14.3 mm (12.2 mm)에서 등지느러미의 2개의 가시와 관절되어 골화가 시작되었다. 그러나 골화의 진행은 신경간극이 다소 빨리 진행되어 전장 19.3 mm (15.9 mm)에서, 혈관간극은 21.4 mm (17.5 mm)에서 골화가 완료되는 개체가 출현하였다. 유리신경간극은 전장 16.6 mm (14.1 mm)에서 골화가 시작되어 전장 21.7 mm (17.8 mm)에서 완료되었다.

견대골

가슴지느러미를 지지하는 견대골(shoulder girdle bone)은 수 개의 막골이 부속되며, 후측두골(posttemporal)에 의해 두 개골에 관절되었다(Fig. 4; Table 2).

전장 5.6 mm (5.4 mm)의 자어는 쇄골(cleithrum)이 골화되기 시작하였고 전장 8.3 mm (7.5 mm)에는 쇄골의 위 부분에 상쇄골(supracleithrum)이 골화하였다(Fig. 4A, B). 전장 10.5 mm (9.2 mm)에는 후측두골이 골화되어 상쇄골과 관절되며, 2개의 후쇄골(postcleithrum)이 긴 막대모양으로 골화되었다(Fig. 4C). 전장 12.6 mm (10.9 mm)에 달하면 후측두골에 2개, 상쇄골에 1개의 가시가 형성되고 가슴지느러미 줄기가 골화되었다(Fig. 4D). 전장 15.6 mm (13.3 mm)에 달하면 후측두골의 아래쪽이 보다 넓게 발달하며, 오혜골(coracoid), 견갑골(scapula), 사출골(actinost=radial)이 골화하였다(Fig. 4E). 전장 22.9 mm (18.9 mm)에 달하면 쇄골과

Fig. 4. Development of the pectoral girdle in *Lateolabrax maculatus*. A, 5.6 mm TL; B, 8.3 mm TL; C, 10.5 mm TL; D, 12.6 mm TL; E, 15.6 mm TL; F, 22.9 mm TL; G, 26.8 mm TL. cl, cleithrum; cr, coracoid; dpcl, dorsal post cleithrum; pt, posttemporal; r, radial; sc, scapula; scl, supracleithrum; spt 1-2, supraposttemporal 1-2; vpcl, ventral post cleithrum.

상측두골(supraposttemporal)에 1개의 가시가 형성되었다. 견갑골은 거의 사각형으로, 오혜골은 망치모양으로 골화가 진행되며 각각에 구멍이 형성되었다(Fig. 5F). 전장 26.8 mm (21.8 mm)에 달하면 후측두골의 중간 부분에 1개의 가시가 추가로 형성되고, 상쇄골과 관절 부위에 3-7개의 가시가 형성되었다. 또한 쇄골에도 최대 3개의 가시가 형성되었다. 후측두골의 위쪽 가지에 마지막 상측두골 하나가 더 골화되어 쇄골을 형성하는 모든 골격이 완성되었다(Fig. 4G).

비늘형성

비늘의 형성은 주로 비늘 열의 수와 비늘에 의해 몸 표면에 덮이는 부분의 범위에 따라서 다음과 같이 진행되었다.

전장 23.8 mm (19.4 mm)에 달하면 비늘은 몸 정중앙 부위를 따라서 최초로 형성되는데 그 위치는 몸통중앙부에 1열, 꼬리자루 시작부분에 2열 및 꼬리자루 후방에 2열의 비늘이 불연속적으로 형성되었다(Fig. 5A). 전장 24.2 mm (19.8 mm)에 달하면 몸통 중앙에서 꼬리자루에 걸쳐서 불연속적으로 형성된 비늘이 서로 연속되어 출현하며, 비늘 열도 앞쪽(몸통 중앙)은 2-4열에서 점점 꼬리자루로 향하면서 4-5열로 증가하였다(Fig. 5B). 전장 26.8 mm (21.8 mm)에 달하면 몸통 중앙부의 비늘은 두부 쪽으로 확장되어 새개부의 후방까지 닿으며, 뒤쪽은 꼬리지느러미의 기저부를 제외하고 확장되었다. 비늘 열은 새개부 바로 뒤쪽에서 2-3열, 몸통 중앙부위에서 4-5열, 꼬리자루 부분에서 6-7열로 증가하여 뒤쪽으로 갈

Fig. 5. Development of the squamation in *Lateolabrax maculatus*. A, 23.8 mm TL; B, 24.2 mm TL; C, 26.8 mm TL; D, 28.3 mm TL; E, 29.4 mm TL; F, 34.2 mm TL; G, 34.7 mm TL; H, 39.3 mm TL; I, 46.8 mm TL; J, 49.0 mm TL; K, 57.2 mm TL; L, 60.2 mm TL. Solid area, scales.

수록 비늘열 수가 증가하였다. 또한 새개부 바로 뒤에서 배지느러미 쪽으로 경사를 이루는 3-4개의 비늘이 1열로 형성되었다(Fig. 5C). 전장 28.3 mm (23.2 mm)에 달하면 새개부 뒤쪽의 비늘이 4-6개로 증가하고, 몸체에 형성된 비늘이 증가하여 몸통부위에서 미부까지 형성된 비늘 열은 10줄로 증가하며, 전장 29.4 mm (24.6 mm)에 달하면 미부에 형성된 비늘은 등쪽과 배쪽으로 확장되어 완전히 덮이기 직전에 달하였다(Fig. 5D, E). 전장 34.2 mm (27.5 mm)에 달하면 새개부 뒤쪽 가장자리를 따라서 형성된 비늘이 몸통에 형성된 비늘 열과 서로 연결되면서 몸통 중앙 부위의 비늘이 등쪽과 배쪽으로 상하 확장되고 미부는 거의 대부분이 비늘로 완전히 덮였으며, 새개부의 위쪽과 배지느러미 전후에 새롭게 비늘이 출현하였다(Fig. 5F). 전장 34.7 mm (28.0 mm)에 달하면 배지느러미와 뒷지느러미 사이에 형성된 비늘이 가슴지느러미 부근에서 몸체에 형성된 비늘과 서로 연결되어 범위가 확장되었다(Fig. 5G). 전장 39.3 mm (32.3 mm)에 달하면 가슴지느러미와 배지느러미 사이의 일부 및 등지느러미 가시부의 기저 부분을 제외하고는 새개부 뒤쪽에서 꼬리까지 비늘로 덮여있다(Fig. 5H). 전장 46.8-49.0 mm (38.4-40.1 mm) 사이에 달하면 비늘은 눈의 후방(안하골 부위), 주전개골 및 가슴지

느러미 기저부 부근에 형성되었다(Fig. 5I, J). 전장 57.2-60.2 mm (47.1-49.2 mm)에 달하면 주둥이 부분을 제외한 모든 부위에 비늘이 형성되었다(Fig. 5K, L).

고 찰

일반적으로 경골어류는 부화 시에 골격발달에 있어서 주목할 만한 변화를 나타낸다고 알려져 있다(Koumoundouros et al., 2001). 농어목어류(Perciformes)는 두개골과 지느러미의 발달이 부화 이후에 관찰되나(Matsuoka, 1985; Koumoundouros et al., 1997b, 2001a, 2001b; Faustion and Power, 1999; Sfakianakis et al., 2004, 2005), 연어과어류(Salmonidae)는 부화 이전에 두개골과 지느러미의 골격 발달이 시작한다(Kendall et al., 1984). 점농어는 Table 1과 2에서 나타난 바와 같이 부화 이후에 골화가 진행되었으며, 전장 5.6 mm (5.4 mm)에 가장 먼저 쇄골의 골화가 진행되고 이어서 전장 6.4 mm (6.1mm)에 이르면 두개골을 형성하는 골격 중 전상악골, 치골 및 부설골의 골화가 진행되었다. 쏜뱅이목어류(Han et al., 2001; Kim et al., 1997)는 쇄골과 함께 악골, 부설골이 동시에 골화가 진행되며, 청베도라치과에 속하는 저울베도라치 *Entomacrodus stellifer lighti* (Kim et al., 1992)는 쇄골과 부설골이 먼저 골화하고 이후 악골의 골화가 이어졌으며, 복어목에 속하는 졸복 *Takifugu pardalis* (Han et al., 2005)은 쇄골과 부설골 및 악골이 동시에 골화가 진행되어 분류군별로 차이를 나타내었다. 하지만 이들 중 모두 턱을 구성하는 악골이 비교적 빠른 속도로 골화하는 특징을 나타내었다. 이것은 두개골이 섭이와 호흡을 위한 중요한 필요 골격 요소로서 골화가 우선적으로 일어나는 부위이며(Vandewalle et al., 1997), 이 시기에 입의 개구와 섭이 기능에 sternohyoideus muscle을 지지하는 쇄골이 중요한 역할을 하기 때문이다(Wagemans and Vandewalle, 1999). 한편 점농어와 유사속인 Morone 속(Fritzsche and Johnson, 1980) 어류는 전상악골, 주상악골, 치골 및 쇄골이 체장 4.6-6.0 mm 사이에 골화가 진행되어 점농어와 비슷한 크기에서 골화하였다.

자치어기의 형태 발달에 따른 내부 골격발달, 특히 두부 골격의 가시의 형성은 개체 발육 상태 및 발육 환경에 따라서 다소 차이는 있으나 두정부, 새개부, 완와 및 견대부 등에 형성되는 가시는 유어기의 매우 중요한 분류형질이다(Okuyama, 1988). 점농어는 견대부의 주 골격인 쇄골에 가시가 출현하였으나, Nakayama et al. (1996)의 경우 특별한 언급이 없어 가시가 출현하지 않는 것으로 판단된다. 그러나 농어속 어류 성어의 견대부 골격을 채골하여 쇄골의 형태를 살펴보면 농어, 점농어, 넙치농어 3종 모두 견대부의 등쪽 가장자리가 톱니모양을 형성하고 있는데 이 견대부에 형성된 톱니모양이 어린 자치어기 때 쇄골에 형성되는 가시가 그 기원으로 판단된다. 점농어는 전장 22.9-26.8 mm (18.9-21.8 mm) 사이에서 1-3개의 가시가 형성되어 이것을 뒷받침하였다. 그

러나 Nakayama et al. (1996)의 경우 최대관찰 표본의 크기가 체장 17.2 mm로 점농어와 많은 차이를 보였는데, 이는 관찰 표본의 크기 때문에 가시가 출현하지 않은 것으로 생각되거나 향후 보다 큰 개체를 대상으로 정밀한 조사가 필요하다고 생각된다. 한편 가슴지느러미를 지지하는 골격 중 견갑골은 다소 큰 foramen이 형성되는데 이는 농어목어류의 전형적인 형질이다(Koumoundouros et al., 2001b). 점농어의 경우 견갑골에 둥근 구멍이 뚫린 foramen이 형성되며, 특이하게 전장 22.9mm에 이르면 오嘿골에도 foramen이 형성되었다가 이후 전장 26.8 mm (21.8mm)에 달하면 사라지는 특징을 보였다. 견갑골에 foramen가 형성되는 종은 황돔 *Dentex dentex* (Koumoundouros et al., 2001b), *Lutjanus campechanus* (Potthoff et al., 1988), 자리돔류(Emery, 1973) 등 많은 농어목어류를 비롯하여 쏜뱅이목어류(Kim et al., 1997; Han et al., 2001; Kim et al., 1997)에서도 형성되어 이는 어류의 일반적인 형질로 보여진다.

척추골의 골화(Table 2; Fig. 3)와 관련해서 점농어는 전장 8.3 mm (7.5 mm)에서 복추골의 제 1-4번째 추체가 신경극과 함께 골화가 진행되어 점차 미추골 쪽으로 골화가 진행되며, 미부의 추체가 거의 골화된 이후에 미부봉상골이 골화하였는데, 저올베도라치(Han et al., 1992)도 이와 같은 골화 순서를 나타내었다. 반면에 졸복(Han et al., 2005), *Diplodus sargus* (Koumoundouros et al., 2001a), 붉은쏜뱅이(Han et al., 2001)은 복추골 쪽의 신경극이 먼저 골화가 일어난 후 추체의 골화가 진행되는 차이를 보였다. 또한 척추골의 골화는 후기자어기 부터 진행되는데, *Polochthys maui* (Ozawa, 1976)는 척추골의 골화가 몸 중앙에서 먼저 골화한 후 앞, 뒤쪽으로 골화가 진행되는 종류도 있으나, 점농어는 날치 *Prognichthys agoo* (Park and Kim, 1987), *Diplodus sargus* (Koumoundouros et al., 2001a), 붉은쏜뱅이(Han et al., 2001) 등과 마찬가지로 복추골에서 골화가 먼저 진행된 후 미추골 쪽으로 골화가 진행되었으며, 미부봉상골은 미골 부위의 추체보다 먼저 골화하였다.

일반적으로 농어목어류에서 후방의 등지느러미와 뒷지느러미의 발달은 전방의 등지느러미가 발달하기 이전에 먼저 발달하기 시작하는 것이 일반적이다(Johnson, 1984; Faustino and Power, 1999). 점농어의 경우 등지느러미와 뒷지느러미의 발달은 일반 농어목어류와 같은 경향을 나타내었으나 내부 골화의 진행은 전, 후방의 등지느러미와 뒷지느러미는 전장 12.2-12.6 mm (10.4-10.9 mm) 사이에 거의 동시에 진행되었으며, 이들의 지지골격인 담기골의 골화는 신경간극이 전장 12.6 mm (10.9 mm)에서, 혈관간극은 전장 14.3 mm (12.2 mm)에서 진행되어 다소 차이가 있으나 골화의 진행방향은 공통적으로 전방에서 후방으로 진행되는 특징을 나타내었다. 반면에 *Diplodus puntazzo* (Sfakianakis et al., 2005)와 *Diplodus sargus* (Koumoundouros et al., 2001a)는 신경간극과 혈관간극의 골화는 전, 후방에서 거의 동시에 골화가

이루어지며, *Pagellus erythrinus* (Sfakianakis et al., 2004)는 신경간극의 후방에서 골화가 먼저 진행된 이후 신경간극과 혈관간극의 골화가 전 후방에서 동시에 진행되었고 참돔(Matsuoka, 1985)은 신경간극과 혈관간극의 골화가 동시에 진행되나 신경간극의 경우 전, 후방에서 골화가 먼저 진행된 이후 점점 중앙쪽으로 골화가 진행되어 종 간에 다양한 골화과정을 나타내었다.

비늘형성은 자연상태에서 서식처의 변화에 대한 반응과 더불어 방어기작과 밀접한 관계가 있으므로 매우 중요하다(Fukuhara, 1992). 점농어의 비늘발달은 초기에 발생지점과 열에 있어서 매우 다양한 변화를 나타내었는데, 몸통 중앙과 꼬리자루 앞부분 및 꼬리자루 중앙부분 등 세 곳에서 불연속적으로 형성된 후 서로 전후로 확장되어 곧 바로 연결되는 특징을 나타내었다. 비늘형성에 있어 다른 종들을 살펴보면 황돔(Koumoundouros, 2001b), 넙치 *Paralichthys olivaceus* (Seikai, 1980), 농어 *Lateolabrax japonicus* (Fukuhara and Fushimi, 1982), *Tilapia sparrmani* (Fujita, 1971) 등은 꼬리자루에서, 참돔 (Fukuhara, 1976), 감성돔 *Mylio macrocephalus* (Fukuhara, 1977), 붉돔 *Eynniss japonica* (Fukuhara and Fushimi, 1981)은 몸통 중앙에서, 황새치 *Xiphias gladius* (Potthoff and Kelley, 1982)는 몸통 중앙 복부 부위에서 가장 먼저 비늘이 형성되며, 돌돔 *Oplegnathus fasciatus* (Fukuhara and Ito, 1987)과 쥐노래미 *Hexagrammos otakii* (Fukuhara and Fushimi, 1984)는 몸통 앞 부위와 중앙부위 두 곳에서, *Rivulus marmoratus* (Park and Lee, 1988)은 두정부에서, 용치놀래기 *Halichoeres poecilopterus* (Kimura and Kiriyama, 1993)는 몸통 앞 부위의 측선이 시작되는 부위에서 처음으로 출현하여 종마다 매우 다양한 양상을 보였다. Sire and Arnulf (1990)은 문헌 조사를 토대로 대부분의 경골어류에서 비늘이 형성되는 부위를 7곳으로 구분하였는데, 조사어종의 85종 가운데 61종이 처음 비늘이 발생하는 부위는 꼬리자루 부분이며, 나머지 24종은 다른 부위에서 비늘이 출현하였다고 밝혔다. 점농어는 비늘이 측선부위를 따라 동시에 세 곳에서 발생하였고 이후 곧바로 확장 연결되었다. 같은 속의 농어(Fukuhara and Fushimi, 1982)는 꼬리자루에서만 비늘이 출현하여 점농어와 뚜렷한 차이를 나타내었다. 또한 비늘의 첫 출현시기는 점농어는 전장 24.0 mm (19.5mm) 전후에서 농어는 체장 19.0 mm로 비슷하였으나, 두부를 제외한 몸 전체에 비늘이 최종 형성되는 시기는 점농어가 전장 46.8 mm (38.4mm)이나 농어는 체장 35 mm로 두 종 간에 다소 차이를 나타내었다. 그러나 이러한 비늘형성 시기와 완료 시기는 추후 자연산과의 비교 검토가 필요한 부분이라고 생각된다.

Mook (1997)에 의하면 어류의 골격형성은 그들의 생활 방식에 의해 골화가 통제되며 이러한 생활방식의 차이는 골화되는 정도와 순서에 변화를 초래하여 자치어의 골결 발달에 다양한 변화를 줄 수 있다고 지적하였는데, 자치어의 골격 연

구는 중 동정뿐만 아니라 성어의 골격 이해 및 계통의 추정에도움을 줌으로 골격발달에 대한 보다 구체적인 연구가 필요하다고 본다.

사 사

본 연구를 위하여 수고해주신 한국해양연구원 통영해양생물연구보존센터의 박용주님과 현장 직원들, 세보수산 직원들에게 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- Baek H-J, An C-M and Kim H-B. 2001. Biosynthesis of C21-steroids in spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) ovaries. J Korean Fish Soc 34, 638-642.
- Emery AR. 1973. Ecology and functional osteology damselfish (Pisces; Pomacentridae) at Alligator Reef, Florida Keys. Bull Mar Sci 23, 649-770.
- Faustino M and Power DM. 1999. Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. J Fish Biol 54, 1094-1110.
- Fritzsch A and Johnson GD. 1980. Early osteological development of white perch and striped bass with emphasis on identification of their larvae. American Fish Soc 109, 387-406.
- Fujita K. 1971. Early development of the squamation in *Tilapia sparrmani*. Japan J Ichthyol 18, 90-93.
- Fukuhara O and Ito K. 1987. On the formation of the fins and squamation in the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* reared in the laboratory. Bull Nansei Reg Fish Lab, 9-17.
- Fukuhara O and Fushimi T. 1981. Observations of morphology and squamation in *Eyynnys japonica* Tanaka (Sparidae) reared in the laboratory. Bull Nansei Reg Fish Reg Lab, 1-8.
- Fukuhara O and Fushimi T. 1982. Development of fins and squamation in the percichthyid fish, *Lateolabrax japonicas*. Japan J Ichthyol 29, 173-178.
- Fukuhara O and Fushimi T. 1984. Squamation of larval greenling *Hexagrammos otakii* (Pisces: Hexagrammidae) reared in the laboratory. Bull Japan Soc Sci Fish 50, 759-761.
- Fukuhara O. 1976. Morphological studies of larva of red sea bream. II. Early development squamation. Bull Nansei Reg Fish Res Lab, 13-18.
- Fukuhara O. 1977. Some morphological observation on larvae and juveniles of the kurodai, *Mylio macrocephalus* (Sparidae, Teleostei) reared in the laboratory. Bull Nansei Reg Fish Res Lab, 1-16.
- Fukuhara O. 1992. Study on the development of functional morphology and behavior of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. Contr Fish Res Jpn Sea Block 25, 1-122.
- Han K-H, Cho J-K, Lee S-H, Hwang S-Y, Yoon S-M, Seo W-I and Kim C-C. 2005. Osteological development of the larvae and juveniles of *Takifugu pardalis* (Teleostei: Tetraodontidae). Korean J Ichthyol 17, 29-35.
- Han K-H, Lim S-K, Kim K-S, Kim C-W and Yoo D-J. 2001. Osteological development of the larvae and juveniles of *Sebastiscus tertius* (Barsukov et Chen) in Korea. Korean J Ichthyol 13, 63-68.
- Johnson GD. 1984. Percoidae: development and relationship. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW, Kendall SL Richardson (eds). Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, special publication no 1, Allen Lawrence KS, 464-498.
- Kawamura K and Hosoya K. 1991. A modified double staining technique for making a transparent fish-skeletal specimen. Bull Nat'l Res Inst Aquaculture 20, 11-18.
- Kendall AW, Ahlstrom EH and Moser HG. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW, Richardson SL (eds). Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, special publication no 1. Allen Lawrence KS, 11-12.
- Kim CH, Jun JC and Kim SU. 1998. Early life history of Korean temperate sea bass *Lateolabrax* sp. (Pisces: Moronidae). Bull Net Fish Res Dev Agency 54, 79-85.
- Kim J-W, Lee W-K, Yang S-W, Jeong K-S, Cho Y-C, Rho Y-G, Bang I-C, Kim K-S, Lim S-K, Yoo M-S and Kwon H-B. 1999. Immunohistochemical identification of the two forms of gonadotropin releasing hormones (sGnRH, cGnRH-II) in spotted sea bass (*Lateolabrax* sp.) brain. J Korean Fish Soc 32, 266-270.
- Kim YU, Han K-H and Kang C-B. 1992. Morphological and skeletal development of larvae and juveniles of *Entomacrodus stellifer* (Herre). Korean J Ichthyol 4, 31-43.
- Kim YU, Han K-H, Kang C-B, Kim JK and Byun S-K. 1997. The early life history of the rockfish, *Sebastiscus marmoratus* 2. Morphology and skeletal development of larvae and juvenile. Korean J Ichthyol 9, 186-194.
- Kim YU, Myoung J-G, Kim Y-S, Han K-H, Kang C-B and Kim J-G. 2001. The marines fishes of Korea. Hangeul, Busan, Korea, 382.
- Kimura S and Kiriya T. 1993. Development of eggs, larvae and juveniles of the labrid fish, *Halichoeres poecilopterus*, reared in the laboratory. Japan J Ichthyol 39, 371-377.
- Koumoundouros G, Gagliardi F, Divanach P, Boglione C, Cataudella S and Kentouri M. 1997a. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. Aquaculture 149, 215-226.
- Koumoundouros G, Oran G, Divanach P, Stefanakis S and Kentouri M. 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, Sfakianakis DG, Maingot E, Divanach P

- and Kentouri M. 2001a. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae). Mar Bio 139, 853-862.
- Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 1999. Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. J Fish Bio 54, 424-436.
- Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 2001b. Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. Mar Bio 138, 399-406.
- Liu C-H. 2001. Early osteological development of the yellow tail *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae). Zool Stud 40, 289-298.
- Liu J-X, Gao T-X, Yokogawa K and Zhang Y-P. 2006. Differential population structuring and demographic history of two closely related fish species, Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) and spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) in Northwestern Pacific. Mol Phylogenet Evol 39, 799-811.
- Matsuoka M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. Japanese J Ichthyol 32, 35-51.
- Mook D. 1977. Larval and osteological development of the sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). Copeia 1977(1), 126-133.
- Myoung J-G, Park C-W, Kim M-S, Kim J-M, Kang C-B and Kim YU. 1997. Morphological changes during starvation in early development stages of spotted sea bass, *Lateolabrax* sp. I. Post-larval stage. Korean J Ichthyol 9, 15-21.
- Nakayama K, Kinoshita I, Seikai T, Nakabo T and Tanaka M. 1996. Morphological comparisons during early stage rearing of Chinese and Japanese forms of the temperate bass, *Lateolabrax japonicus*. Japan J Ichthyol 43, 13-20.
- Okiyama M. 1988. An Atlas of the Early State Fishes in Japan. Tokai Univ. Press. 1157pp.
- Ozawa T. 1976. Early life history of the gonostomatid fish, *Pollichthys mauili* in the oceanic region off southern. Japan J Ichthyol 23, 43-54.
- Park E-H and Lee S-H. 1988. Scale growth and squamation chronology for the laboratory-reared Hermaphroditic fish *Rivulus marmoratus* (Cyprinodontidae). Japan J Ichthyol 34, 476-482.
- Park J-Y, Kim K-K and Kim Y. 1996. Genetic characterization of two types of sea bass, *Lateolabrax japonicus* in Korea by isozyme analysis. J Aquaculture 9, 437-445.
- Park YS and Kim YU. 1987. Studies on the larvae and juveniles of flying fish, *Prognichthysa goo* (Temminck and Schlegel) (Pisces, Exocoetidae) .II. Osteological development of larvae and juveniles. Bull Korean Fish Soc 20, 447-456.
- Potthoff T, Kelley S and Collins LA. 1988. Osteological development of the red snapper, *Lutjanu scampechanus* (Lutjanidae). Bull Mar Sci 43, 1-40.
- Potthoff T and Kelly S. 1982. Development of the vertebral column, fins and fin supports, branchiostegal rays, and squamation in the swordfish, *Xiphias gladius*. Fish Bull 80, 161-186.
- Seikai T. 1980. Early development of squamation in relation to color anomalies in hatchery-reared flounder, *Paralichthys olivaceus*. Japan J Ichthyol 27, 249-254.
- Sfakianakis DG, Doxa CK, Kouttoui S, Koumoundouros G, Maingot E, Divanach P and Kentouri M. 2005. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). Aquaculture 250, 36-46.
- Sfakianakis DG, Koumoundouros G, Divanach P and Kentouri M. 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.
- Sire JY and Arnulf I. 1990. The development of squamation in four teleostean fishes with a survey of the literature. Japan J Ichthyol 37, 133-143.
- Vandewalle P, Gluckmann I, Baras E, Huriaux F and Focant B. 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. J Fish Bio 50, 227-253.
- Wagemans F and Vandewalle P. 1999. Development of the cartilaginous skull in *Solea solea*: trends on Pleuronectiforms. Ann Sci Nat 1, 39-52.
- Yokogawa K and Tajima T. 1996. Morphological and genetic characters of artificially propagated sea bass in Taiwan. Fisheries Sci 62, 361-366.
- Yokogawa K and Seki S. 1995. Morphological and genetic difference between Japanese and Chinese sea bass of the genus *Lateolabrax*. Japan J Ichthyol 41, 437-445.

2012년 4월 5일 접수
 2012년 5월 11일 수정
 2012년 6월 4일 수리