

# 한국산 문절망둑속 *Acanthogobius* 어류의 골학적 연구

이 용 주

전주교육대학교

## Osteological Study of the Genus *Acanthogobius* (Perciformes: Gobiidae) from Korea

Yong-Joo Lee

Jeonju National University of Education, Jeonju 560-757, Korea

Osteological characteristics of skull, shoulder girdle, pelvic girdle, vertebrae, and pterygiophore of the four members of the genus *Acanthogobius* are described and compared. Characteristics of the metapterygoid, branchiostegals, urohyal, scapular, and pterygiophores that have been used to classify gobioid fishes were not different between the four species. However, ossification of the lacrymal and the number of ossified gill rakers differ from one *Acanthogobius* species to another. *A. flavimanus* is distinguished from its congeners in the size of the medial ethmoid, the number of caudal vertebrae, and the distance from left to right lateral ethmoid. *A. lactipes* has a large basihyal, and *A. luridus* has a wide distance from left to right lateral ethmoid: these are among the unique characters that distinguish them from other members of the genus. *A. elongata* differs notably from its congeners in the number of premaxillary and dentary teeth, the shape of the epural, and the length of the cranium.

**Key words :** *Acanthogobius*, Gobiidae, osteology, Korea

### 서 론

농어목의 망둑어과에 속하는 문절망둑속 *Acanthogobius* 어류는 왜풀망둑 *A. elongata*, 문절망둑 *A. flavimanus*, 풀망둑 *A. hasta*, 흰발망둑 *A. lactipes* 및 비늘흰발망둑 *A. luridus*의 5종이 보고되어 왔으나(Iwata and Jeon, 1987; 김 등, 1987), *A. hasta*는 망둑어과 어류의 주요 분류 형질인 지느러미의 기초수, 등지느러미 담기골의 배열식, 척추골수 및 횡열인수 등의 차이와 성장에 따른 체형의 변화를 원기재와 비교하여 *Synechogobius* 속으로 분류되어(이, 1992), 본 속에는 현재 4종이 알려져 있다. 이들은 한국, 일본 및 중국의 연안에만 제한 분포하는 것으로 알려졌으나(Fowler, 1962; Ni and Wu,

1985), 일부는 러시아, 호주 및 캐나다와 미국 등의 환태평양 연안에서 그 출현이 보고되어(Brittan *et al.*, 1963; Hoese, 1973; Middleton, 1982; Bell *et al.*, 1987; McAllister, 1990; Reshetnikov *et al.*, 1997) 동물지리학적 측면에서 주목되었다. 또한 *A. elongata*는 Ni and Wu (1985)에 의하여 *Aboma elongata*로 처음 기재된 후, Iwata and Jeon (1987)이 *Acanthogobius*속에 포함시켰으나, 두부감각관계의 배열 양상 및 비늘의 종류와 형태 등에서 동일 속 3종과 구분되어(김 등, 1987; 이, 1998) 분류학적으로 주목되었다.

한편 망둑어류의 골격형질은 그 계통분류학적인 중요성이 인정되어 많은 연구가 수행되어져 왔으나(Regan, 1911; Takagi, 1950; Goslin, 1955; Greenwood *et al.*, 1966; Akihito, 1969, 1986; Miller, 1973; Birdsong, 1975;

**Table 1.** Sampling data of specimens for osteological examination in the genus *Acanthogobius* from Korea

Species	No. of specimens	Standard length (mm)	Collection date	Localities
<i>A. elongata</i>	20	52.0~64.0	July 24, 1992	Samsan-myeon, Ganghwa-gun, Gyeonggi-do
<i>A. flavimanus</i>	20	77.1~91.7	Sep. 24, 1989	Hohwa-myeon, Goseong-gun, Gyeongsangnam-do
<i>A. lactipes</i>	20	51.9~56.6	July 3, 1994	Haseo-myeon, Buan-gun, Jeollabuk-do
<i>A. luridus</i>	20	44.0~46.0	July 4, 1993	Haseo-myeon, Buan-gun, Jeollabuk-do

Springer, 1983; Birdsong *et al.*, 1988), 국내에서는 골격 일부 또는 특정 종에 대한 기재 중심의 연구가 있을 뿐이다 (이, 1990; 이, 1993b; Kim *et al.*, 2000). 따라서 본 연구에서는 *Acanthogobius*속 어류 4종에 대한 골격의 각 부위별 위치와 형태, 각 구성골의 구조 및 근접골과의 관계를 확인하여 기재하고 그 차이점을 비교함으로써 망둑어과 어류에 대한 계통분류학적 기초자료를 얻고자 하였다.

### 재료 및 방법

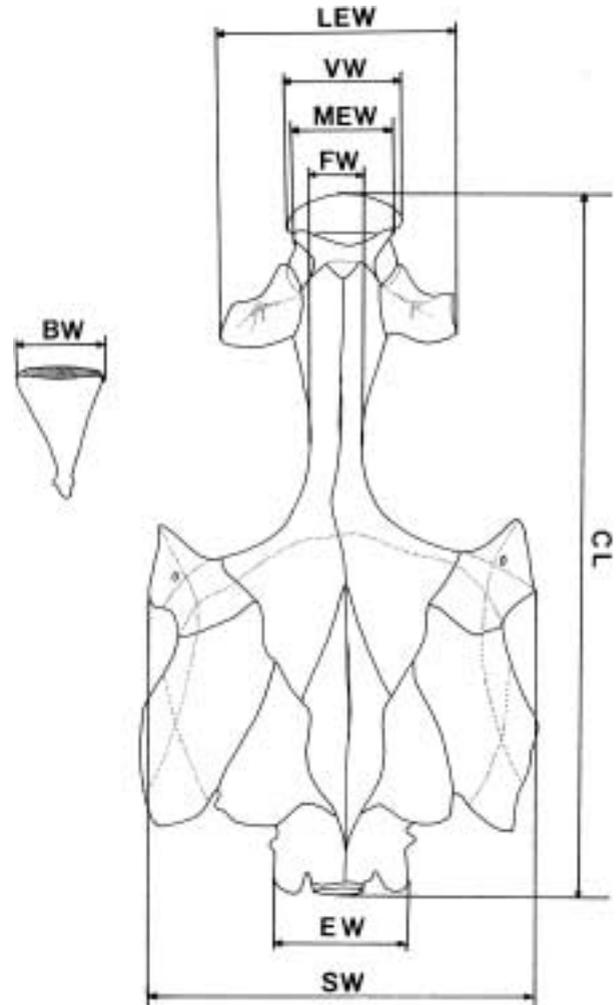
조사에 사용된 표본은 전주교육대학교 생물표본실에 소장되어진 것을 이용하였으며, 이들의 체장범위, 채집일 및 채집장소는 Table 1에 제시하였다.

골격표본은 Taylor (1967)의 clearing and staining method를 약간 변형시켜 제작하였으며, 관찰 및 스케치는 SZH-10 (Olympus) stereomicroscope set를 이용하였다. 골격의 명칭은 Birdsong (1975)과 Springer (1983), 제1 등지느러미 담기골의 배열식은 Birdsong *et al.* (1988)에 의하였고, 국문표기는 김 (1978)의 기재 방법을 적용하였다.

골격형질은 두골(skull), 척추골(vertebra) 및 지느러미 뼈(fin skeleton)로 구분하여 그 형태에 대한 주요 특징 및 차이점을 검토하였으며, 각 종마다 20개체씩 Fig. 1과 같은 방법으로 두개골장(cranium length, CL)은 체장(standard length, SL)에 대해, 그리고 기설골폭(basi-hyal width, BW), 외후두골폭(exoccipital width, EW), 액골폭(frontal width, FW), 측사골폭(lateral ethmoid width, LEW), 중사골폭(medial ethmoid width, MEW), 설이골폭(sphenotic width, SW) 및 서골폭(vomer width, VW)은 두개골장에 대한 백분비를 내어 종간의 차이점을 비교하였다.

### 결 과

문절망둑속 *Acanthogobius* 어류 4종에 있어서 대부분 의 골격형질은 동일한 특징을 나타내고 있는 바 본 속 의 모식종인 *A. flavimanus*를 대표종으로 하여 그 공통



**Fig. 1.** Diagram showing the method of measuring cranial part of *Acanthogobius flavimanus*. BW, basi-hyal width; CL, cranium length; EW, exoccipital width; FW, frontal width; LEW, lateral ethmoid width; MEW, medial ethmoid width; SW, sphenotic width; VW, vomer width.

적인 특징을 기재하고, 종간의 차이점을 비교하였다.

#### 1. 두골 (skull)

##### 1) 신경두개 (neurocranium) (Figs. 2, 3)

서골(vomer)은 두골의 맨 앞부분을 구성하고 있는 뼈

로, 이(齒)가 나 있지 않으며 전단이 아래쪽으로 약간 굽어 주걱 모양을 하고 있다. 전단은 약간 불룩한 곡선을 이루며 연골성 사골(ethmoid cartilage)에 의해 덮여 있고, 뒤쪽은 좁아져 좁은 돌기(process)를 형성하여 부설골(parasphenoid)과 연결되어진다.

중사골(medial ethmoid)은 좌·우로 2개의 돌기를 형성하여 완만한 V자형의 홈을 이루고 있다. 뾰족한 연골로 되어 있는 배면 후방은 액골(frontal)에 의해 덮여 있고, 복면은 부설골과 연결되어 있으며, 측면은 측사골(lateral ethmoid)과 연골결합(synchondrosis)을 하고 있다. 중앙으로부터 판상의 연골성 뼈가 복부쪽으로 뻗어 나가 안와(orbit) 앞쪽에 부분적인 얇은 격막을 형성한다.

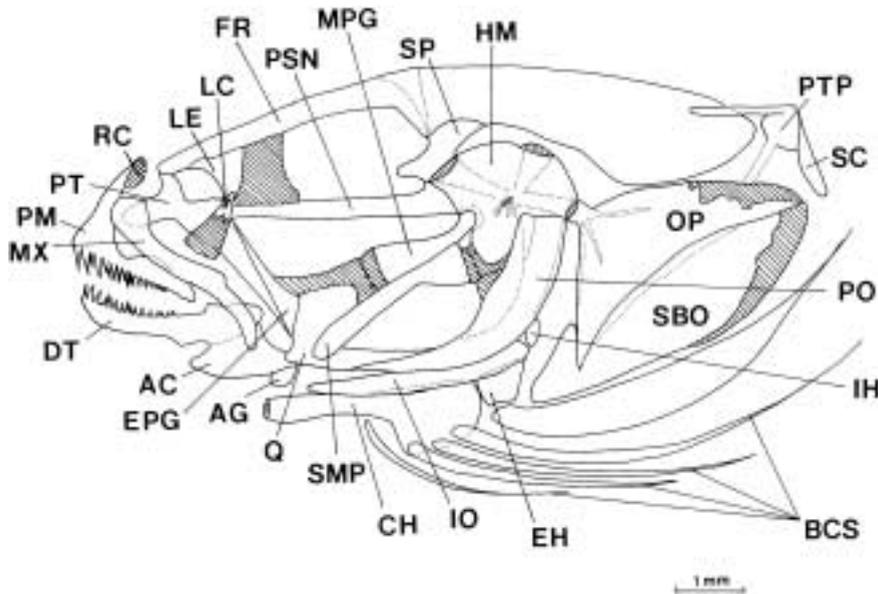
측사골은 좌·우 한 쌍의 나비 날개 모양으로 되어 있으며, 후면 가장자리가 안와의 앞쪽 경계를 이루고 있다. 중사골의 위쪽 측면과 인대결합(syndesmosis)을 이루고 있으며, 전방 중앙부분은 구개골(palatine) 배면의 돌기와 관절을 이루고, 측면은 누골(lacrymal)과 관절되어 있다.

액골은 좌·우가 중앙선을 따라 만나는 곳에서 골결합(synostosis)을 이루고 있다. 유합된 액골은 안와 사이의 경계를 형성하며, 뒤쪽으로는 넓어져서 두개골판(cranial roof)의 전반부를 형성한다. 각 측면 가장자리는 V자형의 홈을 이루고 있어 이곳으로 전안전감관(anterior oculoscapular canal)이 지나가게 된다. 앞쪽으로는 중사

골과, 뒤쪽으로는 설이골(sphenotic), 익이골(pterotic), 상이골(epiotic) 및 상후두골(supraoccipital)과 겹치지며, 복면 안와의 후단에서 익설골(alisphenoid)과 부동결합(synarthrosis)을 형성한다.

설이골은 좌·우 한 쌍의 나비 날개 모양의 뼈로 안와의 뒤쪽 경계를 이룬다. 배면은 액골과 겹쳐 있고, 앞쪽으로는 익설골과, 복부 중앙에서는 전이골(prootic)과, 뒤쪽으로는 설이골과 연골결합을 이룬다. 복면에는 설악골(hyomandibular)의 전관절구(anterior condyle)와 연결되어지는 좁은 관절와(articular fossa)를 가지고 있다. 작은 구멍(foramen) 하나가 날개 부분을 관통한다. 배측면의 가장자리는 V자형의 홈을 형성하고 있어, 이 홈으로 후안전감관(posterior oculoscapular canal)이 지나가게 되며, 앞쪽으로는 액골의 안상골(supraorbital) 홈과, 뒤쪽으로는 익이골의 안후골(postorbital) 홈과 연결되어진다.

익이골은 좌·우 한 쌍으로 두개골(cranium)의 뒤쪽 경계를 이룬다. 전면은 설이골 및 전이골과, 측면은 상이골과, 후면은 외후두골과 연골결합을 이루고 있다. 배면 앞부분은 액골에 의해 겹쳐 있으며, 복부 중앙에는 하측두골와(subtemporal fossa)와 접해 있다. 바깥쪽 가장자리에서 설이골의 것과 연결된 V자형 홈을 형성하여, 이곳을 통하여 후안전감관이 지나가게 된다. 2개의 용기판(shelf)이 전단으로부터 외측면으로 거의 평행하게 뻗어 있으며, 용기판의 전면은 설악골 후관절구(posterior



**Fig. 2.** Skull of *Acanthogobius flavimanus* (lateral view). Diagonal hatching represents cartilage. AC, articular; AG, angular; BCS, branchiostegals; CH, ceratohyal; DT, dentary; EH, epihyal; EPG, ectopterygoid; FR, frontal; HM, hyomandibular; IH, interhyal; IO, interopercle; LC, lacrymal; LE, lateral ethmoid; MPG, metapterygoid; MX, maxillary; OP, opercle; PM, premaxillary; PO, preopercle; PSN, parasphenoid; PT, palatine; PTP, posttemporal; Q, quadrate; RC, rostral cartilage; SBO, subopercle; SC, supracleithrum; SMP, symplectic; SP, sphenotic.

condyle)와의 관절을 위한 좁은 와 (fossa)를 형성하고 있다.

상이골은 좌·우 한 쌍의 판상 구조로 두개골의 뒤쪽 부분을 형성한다. 측면은 익이골과, 후면은 외후두골과 연골결합을 하고, 전방 중앙은 액골 및 상후두골에 의해 겹쳐진다. 배면 외측면은 후측두골 (posttemporal)의 배면돌기와 인대결합을 하고 있다.

상후두골은 두개골판의 뒤쪽 중앙부분을 차지하며, 전단은 액골과 넓게 겹쳐지고, 후단은 상이골 및 외후두골과 겹쳐 있다. 중앙선을 따라 후방으로 액골과 이어진 넓은 시상용기 (sagittal crest)가 뻗어 있다.

외후두골은 좌·우 2개의 판으로 두개골의 정중선을 따라 연골결합을 이루고 있으며, 두개골의 후단을 차지한다. 전단 중앙은 상후두골과 연결되어 있고, 복면은 기저후두골 (basioccipital)과 넓게 겹쳐지며, 배면 전단은 상이골과 연골결합을 이루고 있다. 복부 중앙에서는 기저후두골과 융합되어 있고, 복면 전단은 간재골 (intercalar)에 덮여 있다.

기저후두골은 두개골판의 후단 기저부를 형성하며, 복부쪽에서는 거의 Y자 모양을 이루고 있다. Y자의 양 끝을 따라 전이골과 연골결합을, 뒤쪽으로는 제1척추골

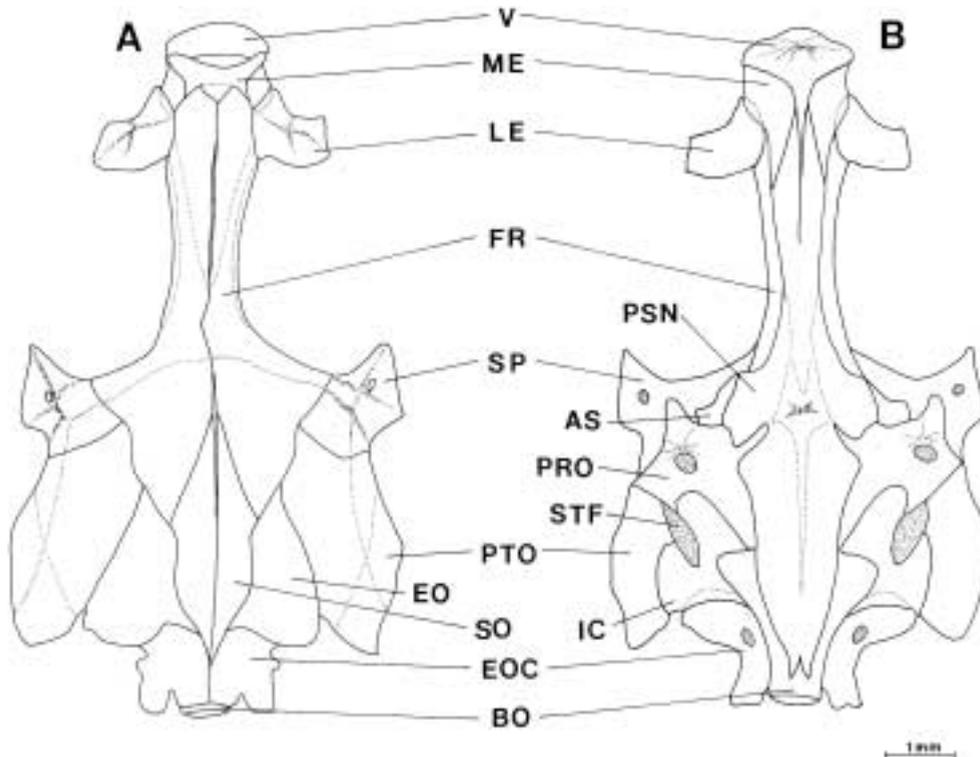
(vertebra)의 추체 (centrum)와 관절을 이루고 있다. 양측면은 간재골에 의해, 전면 중앙은 부설골에 의해 겹쳐 있다.

간재골은 두개골의 복부에 위치하는 나비 날개 모양의 얇은 판상골로 부설골에 의해 분리되어진다. 전면은 전이골을 약간 덮고 있으며, 하측두골와의 전방 경계를 이루고 있다. 측면은 익이골 및 기저후두골을, 후면은 외후두골을 덮고 있다. 후단은 후측두골의 복면돌기와 인대결합을 하고 있다.

하측두골와는 좌·우 한 쌍으로 두개골의 복면에 위치한다. 앞쪽으로는 전이골, 외측으로 익이골, 뒤쪽으로는 간재골에 의해 경계를 형성하고 있다.

전이골은 좌·우 한 쌍으로 두개골의 앞 측면을 구성한다. 전면은 설이골과, 외후면은 익이골과 연골결합을 이룬다. 후면 중앙은 하측두골와의 경계가 되며, 등쪽 후면은 간재골에 의해, 중앙은 부설골에 덮여진다. 전단은 깊은 V자형 홈을 이루고 있으며, 중앙은 안면대공 (large facial foramen)이 관통하고 있다.

익설골은 좌·우 한 쌍으로 액골 아래, 안와의 후단에 위치하며, 액골, 전이골, 설이골과 연골결합을 이룬다. 복부 중앙으로 형성된 판상돌기는 부설골과 연골결합을



**Fig. 3.** Dorsal (A) and ventral (B) aspects of cranium in *Acanthogobius flavimanus*. AS, alisphenoid; BO, basioccipital; EO, epiotic; EOC, exoccipital; FR, frontal; IH, intercalar; LE, lateral ethmoid; ME, medial ethmoid; PRO, prootic; PSN, parasphenoid; PTO, pterotic; SO, supraoccipital; SP, sphenotic; STF, subtemporal fossa; V, vomer.

이루며, 전이골의 전단 일부와 겹쳐진다.

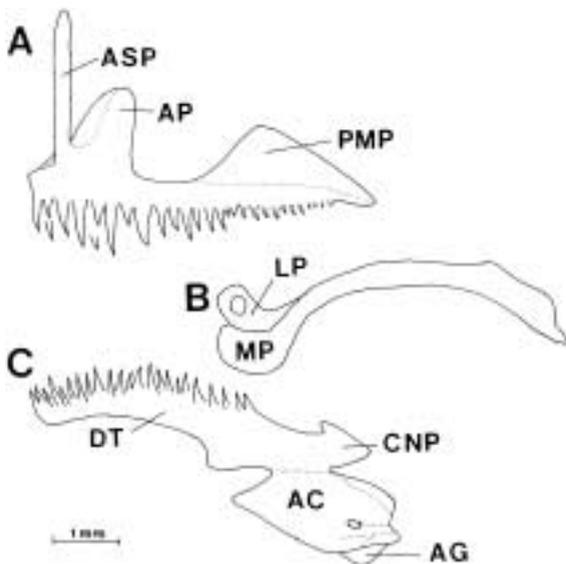
부설골은 액골의 중앙판(medial floor)을 형성하며, 전 반부는 좁은 돌기 모양으로 신장되어 안와를 분리시키고, 전단은 서골의 뒤쪽 돌기와 겹쳐진다. 측면은 전이골과 후면은 기저후두골과 겹쳐진다. 안와 후단 부분에서 넓어져 양 옆에 날개 모양의 구조를 이루며, 각 날개는 익설골의 복면돌기와 연결결합을 한다.

누골은 얇은 삼각형 모양으로 아래쪽은 경골화 되어 있지 않으며, 위쪽 끝은 측사골과 인대에 의해 느슨하게 연결되어 있고, 가느다란 구멍이 배면 앞쪽을 관통한다. 문골(rostral)은 원통형의 연골성골로 전상악골(premaxillary)의 상행돌기(ascending process) 아래에 상하로 비스듬하게 위치한다. 이골(otolith)은 커다란 원반 모양의 넓고 큰 편평석(saggita)과 작은 역석(lapilus)으로 구분된다.

## 2) 내장두개 (viscerocranium)

### (1) 상악 및 하악 (upper and lower jaws) (Figs. 2, 4)

상악은 전상악골과 주상악골(maxillary)로 구성되어 있다. 전상악골은 봉합부를 따라 위쪽으로 뿔뿔하게 되어 있는 상행돌기, 중간부분에서 위쪽으로 크게 돌출되어 주상악골과 관절을 이루고 있는 관절돌기(articular process) 및 넓고 편평하게 후방에 뻗어 있는 후상악돌기(postmaxillary process)로 구성되어 있다. 주상악골은



**Fig. 4.** Lateral aspects of upper (A, B) and lower jaws (C) in *Acanthogobius flavimanus*. AC, articular; AG, angular; AP, articular process; ASP, ascending process; CNP, coronoid process; DT, dentary; LP, lateral process; MP, medial process; PMP, postmaxillary process.

전상악골의 관절돌기와 관절을 이루는 고리 모양의 측 돌기(lateral process) 및 두개골의 하단돌기와 관절을 이루는 편평한 정중돌기(medial process)로 구성되어 있다. 이는 송곳 모양으로 모두 안쪽으로 굽어 있으며, 수 개의 열이 불규칙하게 배열되어 있는데, 맨 바깥열이 크고, 안쪽과 후방으로 갈수록 작아진다.

하악은 길다란 치골(dentary)이 대부분을 차지하고 있으며, 치골 후방 위쪽에는 커다란 관상돌기(coronoid process)가 뻗어 있고, 복면 중앙 아래쪽으로는 자그마한 용기판이 나와 있다. 뒤쪽에 이어져 있는 관절돌기의 후단은 안장 모양의 관절면(articular surface)을 이루어 방골(quadrate)이 관절하고 있다. 관절골(articular)은 하방 후단에서 각골(angular)과 연결결합을 하고 있으며, 후방에 하나의 작은 구멍이 관통하고 있다.

### (2) 설악골 및 구개골궁(hyomandibular and palatine arch) (Fig. 2)

설악골은 전체적으로 편평하며, 중앙에서부터 뻗어나 간 3개의 길다란 뼈로 구성되어 있고, 각 끝은 연골성 관절면을 이루고 있다. 전방 관절의 끝은 설이골과, 배면 관절의 끝은 익이골과, 후방 관절의 끝은 주새개골(opercle)과 각각 관절을 이루고 있다. 전면은 후익상골(metapterygoid)과 연결되어 있고, 중앙에는 안면신경(facial nerve)이 관통하는 신경공이 하나 위치해 있다.

후익상골은 뒤쪽이 가늘고 앞쪽은 부채 모양으로 넓게 되어 있으며, 배면은 설악골과 견고히 연결되어 있고, 복면은 접속골(symplectic)과 넓게 관절되어 있다. 접속골은 길다란 막대기 모양으로 후방 아래쪽으로 아주 얇은 날개를 가지고 있으며, 전면에 좁은 홈을 이루고 있어 위쪽으로는 후익상골, 아래쪽으로는 방골과 단단히 연결되어 있다.

방골은 옆으로 누운 도끼 모양을 하고 있는데, 도끼의 머리에 해당되는 하단은 안장 모양으로 되어 있으며, 하악의 관절골과 관절을 이룬다. 도끼 날 부분은 전면으로는 외익상골(ectopterygoid)과, 후면으로는 접속골과, 후상단으로는 후익상골의 연결 부분과 접속되어 있다. 길고 가는 자루 부분은 그 복면을 따라 홈을 형성하여 전새개골(preopercle)의 전면과 연결되어진다. 외익상골은 긴 삼각형 모양으로, 전면은 구개골과 후면은 방골과 연결되어 있다. 구개골은 대략 T자 모양의 뼈로서, 상단은 중사골(medial ethmoid)과, 하단은 주상악골의 관절돌기와 관절을 이루고 있으며, 배면의 돌기는 측사골과 관절을 이룬다.

### (3) 새개열 (opercular series) (Fig. 2)

주새개골은 긴 삼각형 모양의 납작한 뼈로서, 앞쪽 끝

에 오목한 돌기를 형성하여 설악골과 관절을 이루며, 관절돌기의 기부로부터 후부, 후복부 및 복부 쪽으로 3개의 비후된 지주선 (strut)이 방사되어 나간다. 후복부의 가장자리는 J자형의 하새개골 (subopercle)의 전면과 겹치며, 상후단은 경골화가 완전하지 못하다.

전새개골은 초승달 모양으로 후면 가장자리를 따라 깊은 홈이 나 있으며 이 홈으로 전새개관 (preopercular canal)이 지나가게 된다. 배부 앞쪽으로는 설악골과 인대결합을 하고 있고, 복부에서는 앞쪽으로 가지가 뻗어나가 방골의 후방 오목한 면과 만난다. 가운데 부분에서 접속골의 후방돌기 쪽으로 얇은 판을 형성하고 있으며, 아래쪽으로는 간설골 (interhyal)과 인대결합을 하고 있다.

간새개골 (interopercle)은 얇은 칼날 모양으로 전새개골과 방골의 후돌기 아래에 놓여 있으며, 앞쪽으로는 각골과, 뒤쪽으로는 상설골 (epihyal) 및 하새개골과 인대에 의해 연결되어 있다. 하새개골은 옆으로 누운 J자 모양으로 전면은 주새개골과 겹치며, 후단은 경골화가 완전치 못하여 가장자리의 모양이 일정치 않다.

(4) 설궁 (hyoid arch) (Figs. 2, 5)

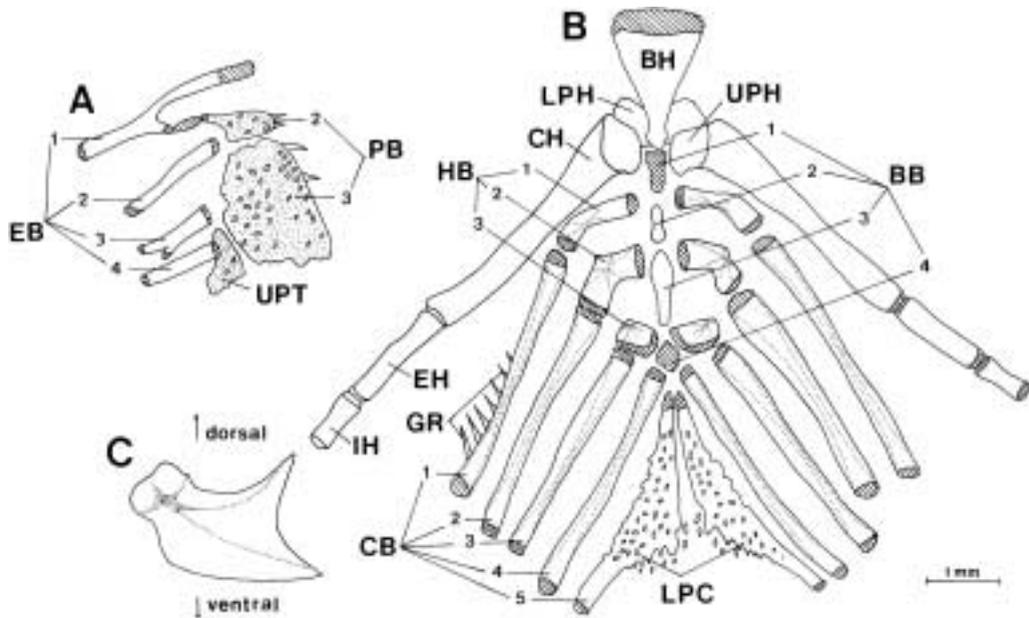
간설골은 작은 원통 모양으로 배면은 설악골과 복면은 상설골과 연결되어 있다. 상설골은 간설골과 후면에

서, 각설골 (ceratohyal)과 전면에서 연골결합을 한다. 각설골 후면은 상설골과 연골결합을 하고, 전면은 하설골 하골편 (lower piece of hypohyal) 및 하설골상골편 (upper piece of hypohyal)과 관절을 이루고 있다.

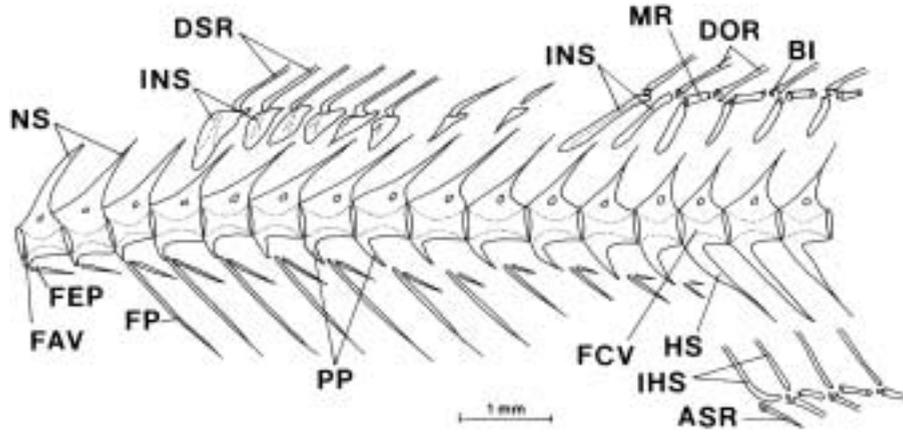
새조골 (branchiostegal)은 5개로 되어 있으며, 제1새조골은 각설골의 중앙과, 제2~4새조골은 각설골 복면의 넓은 부분과, 제5새조골은 상설골의 복면과 각각 관절을 이루고 있다. 기설골 (basihyal)은 설궁의 맨 앞쪽에 위치하는 혀를 이루고 있는 뼈로, 전단은 연골로 되어 있으며, 후단 기저부에서는 양 옆으로 작은 돌출부를 형성하고 있다. 미설골 (urohyal)은 기설골 바로 밑에 위치하는 뼈로, 배복면으로 넓고 납작하게 되어 있고, 전단은 하설골하골편에 연결되어 있으며, 그 끝은 제3기새골 (basibranchial) 밑에까지 다다른다.

(5) 새궁 (branchial arch) (Fig. 5)

상인두골 (upper pharyngeal bone)은 제1~4상새골 (epibranchial), 제2~3인새골 (pharyngobranchial) 및 제4상인두골판 (upper pharyngeal tooth plate)으로 구성되어 있다. 제1상새골은 중앙에서 두 갈래로 갈라져 있고, 그 양 끝은 신장되어 있다. 쌍을 이루지 않는 하인두골 (lower pharyngeal bone)은 제2~3기새골이 경골화 되어 있고, 막대기 모양의 제1기새골과 마름모꼴의 제4기새골



**Fig. 5.** Branchial and hyal arches of *Acanthogobius flavimanus*. A, upper branchial arch (left side, dorsal view); B, hyal and lower branchial arch (dorsal view); C, urohyal (lateral view); BB, basibranchials; BH, basihyal; CB, ceratobranchials; CH, ceratohyal; EB, epibranchials; EH, epihyal; GR, gill rakers; HB, hypobranchials; IH, interhyal; LPC, lower pharyngeal tooth plate+ceratobranchial 5; LPH, lower piece of hypohyal; PB, pharyngobranchials; UPH, upper piece of hypohyal; UPT, upper pharyngeal tooth plate.



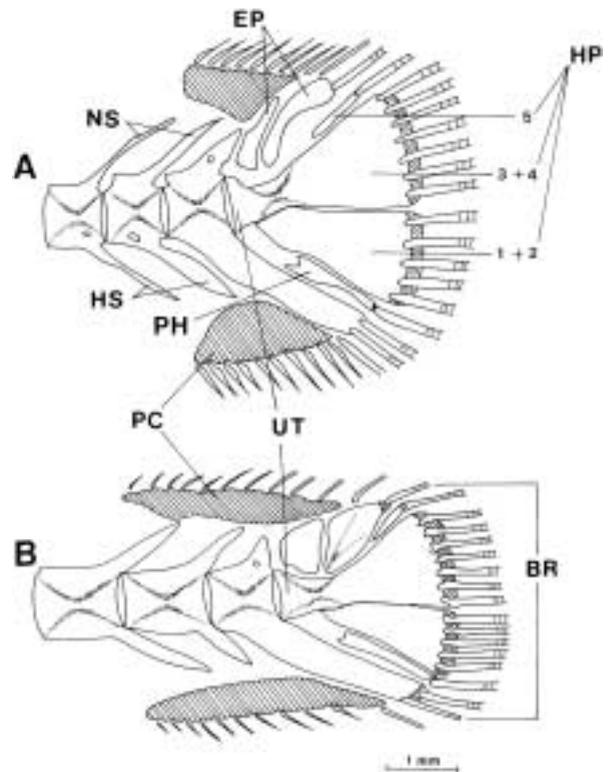
**Fig. 6.** Anterior vertebrae and median fin elements of *Acanthogobius flavimanus*. ASR, anal spinous ray; BI, basiost; DOR, dorsal soft ray; DSR, dorsal spinous ray; FAV, first dominal vertebra; FCV, first caudal vertebra; FEP, first epipleural; FP, first pleural; HS, hemal spine; INS, interneural spine; IHS, interhemal spine; MR, medial radial; NS, neural spine; PP, parapophysis.

은 모두 연골로 되어 있다. 쌍을 이루고 있는 하인두골은 제1~3하새골 (hypobranchial)과 제1~5각새골 (ceratobranchial)로 구성되어 있으며, 제5각새골은 하인두골판 (lower pharyngeal tooth plate)과 융합되어 있다.

## 2. 척추골 (vertebra) (Figs. 6, 7)

척추골은 복추골 (abdominal vertebrae) 및 미부봉상골 (urostyle)을 포함한 미추골 (caudal vertebrae)로 구성되어 있다. 미부봉상골을 제외한 모든 척추골에는 신경극 (neural spine)이 발달되어 있으며, 또 모든 복추골은 측돌기 (parapophysis)를 가지고 있다. 제1측돌기는 짧고, 후방으로 갈수록 길어진다. 제1~2복추골은 상능골 (epipleural) 만을 가지고 있으며, 제3복추골부터는 상능골과 측능골 (pleural)을 모두 가지고 있다. 상능골과 측능골은 그 기저에서 측돌기와 관절을 이루고 있으며, 상능골은 뒤쪽으로 갈수록 측돌기로부터 점차 떨어져 위치하게 된다. 제1척추골의 측면돌기는 외후두골 (exoccipital)의 관절구 (condyle)와 관절을 이룬다. 추체의 전면은 기저후두골의 후면과 관절을 이룬다. 척추골의 신경궁 (neural arch) 측면에는 구멍이 뚫려 있으며, 이 구멍은 후방으로 갈수록 작아져 후단 몇 개에서는 나타나지 않고, 몇몇 척추골의 신경궁 측면에는 2차적인 작은 구멍이 가끔 나타난다.

미부봉상골과 끝에서 두 번째 추골 (penultimate vertebra)을 제외한 모든 추골은 신경궁을 가지고 있다. 끝에서 두 번째 추골은 꼬리지느러미를 지지하기 위하여 변형되어 있는데, 신경극이 상후방으로 약간 뾰족하게 신장되어 있으며, 혈관극 (hemal spine)은 하후방으로 넓



**Fig. 7.** Caudal skeleton of the genus *Acanthogobius*. A, *A. flavimanus*; B, *A. elongata*; BR, branchial rays; EP, epurals; HP, hypurals; HS, hemal spine; NS, neural spine; PC, procurrent cartilage; PH, parhypural; UT, urostyle.

고 길게 신장되어 그 끝이 꼬리지느러미의 기저에 닿는다. 미부봉상골 (urostyle)은 앞쪽의 추체와 뒤쪽의 부체

모양으로 된 제3~4하미측골(hypural)이 완전히 융합된 모습으로 나타난다. 가느다란 막대기 모양의 준하미측골(parhypural)이 마지막 혈관극과 제1~2하미추골 사이에 끼워져 있으며, 전방 양 옆으로 돌출부(flange)를 형성한다. 제1~2하미측골은 하나의 부채 모양의 판으로 융합되어 있으며, 미부봉상골과 제3~4하미측골의 융합면 하단에 끼워져 있다. 좁고 가는 제5하미측골이 제3~4하미측골과 상미측골 사이에 위치하고 있으며, 그 끝이 제3~4하미측골의 중간 부분까지 이어진다.

상미측골(epural)은 미부봉상골 위, 제5하미측골 앞쪽에 쌍으로 위치하며, 전방의 것이 후방의 것보다 1/2쯤 작게 나타난다. 미골에 접해 있는 분절된 기조(segmented ray)는 17개로 마지막 혈관극에 2개, 준하미측골에 1개, 제1~2하미측골에 5개, 제3~4하미측골에 7개, 제5하미측골에 1개, 하미측골에 1개씩 각각 일정하게 끼워 배열되어 있다. 분절된 기조 앞쪽으로는 9~10개의 분절되지 않은 기조(unbranched ray)가 procurrent cartilage에 끼워 배열되어 있다.

### 3. 지느러미 뼈(fin skeleton)

#### 1) 견대(shoulder girdle) (Fig. 8)

후측두골은 전방으로 두 갈래진 가늘고 긴 돌기를 형성하여, 배면돌기는 상이골과, 복면돌기는 간재골과 인대결합을 이루고 있다. 방망이 모양의 상의쇄골(supracleithrum)은 전단이 후측두골의 후방 중앙과 결합되어 있고, 뒤쪽으로는 의쇄골(cleithrum)의 배면과 인대결합을 이루고 있다. 의쇄골은 긴 초승달 모양으로 되어 있으며, 위쪽은 두 갈래로 갈라져 있고, 후면으로는 깊은 홈이 나 있다. 아래쪽 후방으로는 하나의 짧은 돌기를 형

성하여 요골(pelvic bone)과, 그리고 후면 중앙은 오혜골(coracoid)과 연골결합을 이룬다.

방사골(radial)은 4개로 되어 있으며, 맨 위쪽의 것은 삼각형이고, 나머지 3개는 사각형을 이루고 있다. 가장자리는 연골로 둘러싸여 있으며, 이 연골을 통하여 서로 관절을 이루고 있다. 견갑골(scapular)은 의쇄골 아래에 대부분이 가려진 형태로 존재하는데, 경골화(ossification)된 위 부분은 견갑골공(scapular foramen)을 사이에 두고 차상으로 분지되어 있으며, 아래쪽은 연골(cartilage)로서 길다랗게 오혜골의 상단과 연결되어 있다.

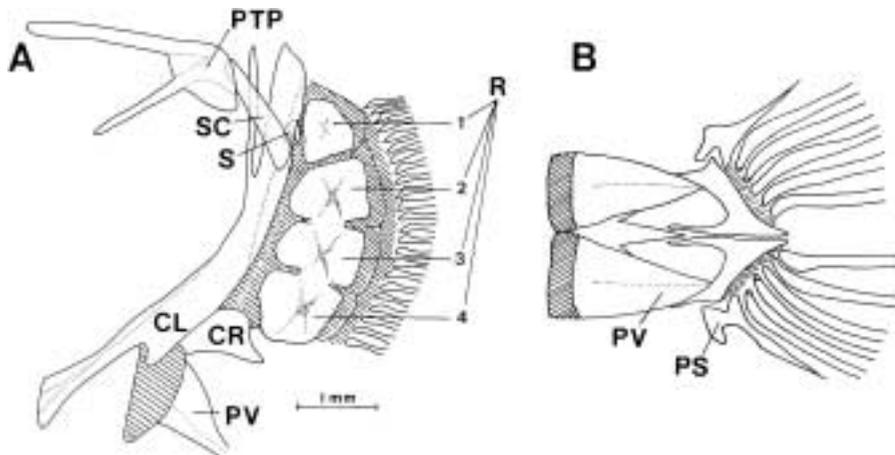
#### 2) 요대(pelvic girdle) (Fig. 8)

요골(pelvic bone)은 원뿔 모양으로 위쪽은 의쇄골의 후방돌기(posterior process)와 연골결합을 이루고 있다. 원뿔의 기저부분은 중앙으로 얇게 펼쳐져 중앙선에서 좌·우가 연결하고 있으며, 위쪽으로는 가는 돌기를 형성하여 좌·우 돌기가 Y자를 이루어 연결하게 된다. 후면에는 하나의 극조(spinous ray)와 다섯 개의 연조(soft ray)가 요골에 부착되어 있다. 극조는 변형된 Y자 모양을 이루고 있으며, 위쪽은 요골과 관절을 이룬다. 다섯 개의 연조는 연골에 의해 요골과 관절되어 있다.

#### 3) 담기골(ptyerygiophore) (Fig. 6)

##### (1) 신경간극(interneural spine)

제1등지느러미는 모두 극조로 구성되어 있으며, 이들은 각각 하나의 신경간극과 관절되어 있다. 제1등지느러미 기조의 각각은 하나의 신경간극에 의해 지지되어진다. 맨 앞쪽의 제1~2신경간극은 medial radial과 융합되어 있으며, 나머지는 신경간극과 medial radial이 분리되어 있다. 마지막 신경간극을 제외하고는 모두 기조골



**Fig. 8.** Shoulder (A, lateral view) and pelvic girdles (B, ventral view) of *Acanthogobius flavimanus*. CL, cleithrum; CR, coracoid; PS, pelvic spine; PTP, posttemporal; PV, pelvis; R, radials; S, scapula; SC, supracleithrum.

을 가지고 있으며, 이 기조골은 기조 기저의 양 돌기 사이에 끼워져 있다. 신경극 사이에는 각각 1개씩의 신경간극이 끼워져 있으며, 마지막 2개의 신경간극은 1개의 신경극 사이에 같이 들어가 있다. 제2등지느러미는 4종 모두 하나의 극조를 가지고 있으며 연조수에 있어서는 *A. lactipes*와 *A. luridus*가 10~11개, *A. elongata*와 *A. flavimanus*가 12~13개로 그 수가 비슷하였다.

#### (2) 혈관간극 (interhemal spine)

뒷지느러미에서 각각의 기조는 하나의 혈관간극으로 지지되어져 있다. 첫 번째 혈관간극은 medial radial과 유합되어 있고, 나머지는 분리되어 있다. 첫 번째와 맨 마지막을 제외하고는 혈관간극, medial radial, 기조골로 구성되어 있으며, 맨 마지막 혈관간극에는 기조골이 없다. 제1혈관극 (hemal spine) 전방의 혈관간극 수는 4종 모두 2개로 일정하였다. 또 3번째 혈관간극부터 맨 마지막 2개를 제외한 모든 혈관간극은 하나의 혈관극 사이에 같이 들어가 있다. 뒷지느러미는 4종 모두 하나

의 극조를 가지고 있으며 연조수에 있어서는 *A. lactipes*와 *A. luridus*가 10개, *A. elongata*와 *A. flavimanus*가 11개로 서로 비슷하였다.

#### 4. 계측형질

골격의 계측형질에 있어서는 두개골장은 체장에 대해, 그리고 서골폭, 액골폭, 중사골폭, 외후두골폭, 기설골폭, 측사골폭 및 설이골폭은 두개골장에 대한 백분비를 내어 그의 평균, 표준편차 및 범위를 그림으로 나타내어 비교하였다 (Fig. 9). 체장에 대한 두개골장 비는 *A. elongata*가 평균 16.6%로 현저히 낮았으며, *A. flavimanus*, *A. lactipes* 및 *A. luridus*는 각각 21.1%, 19.4%, 19.3%로 서로 비슷한 값을 나타내었다. 두개골장에 대한 서골폭 비는 *A. lactipes*가 17.2%로 가장 높게 나타났고, *A. flavimanus*는 14.2%로 비교적 낮게, *A. elongata*와 *A. luridus*는 15.5%로 중간 값을 나타내었다. 두개골장에 대한 액골폭 비는 4종간에 뚜렷한 차이는 없었다. 두개골장에 대한 중사골폭 비는 *A. luridus*가 18.4%로 가장 높게

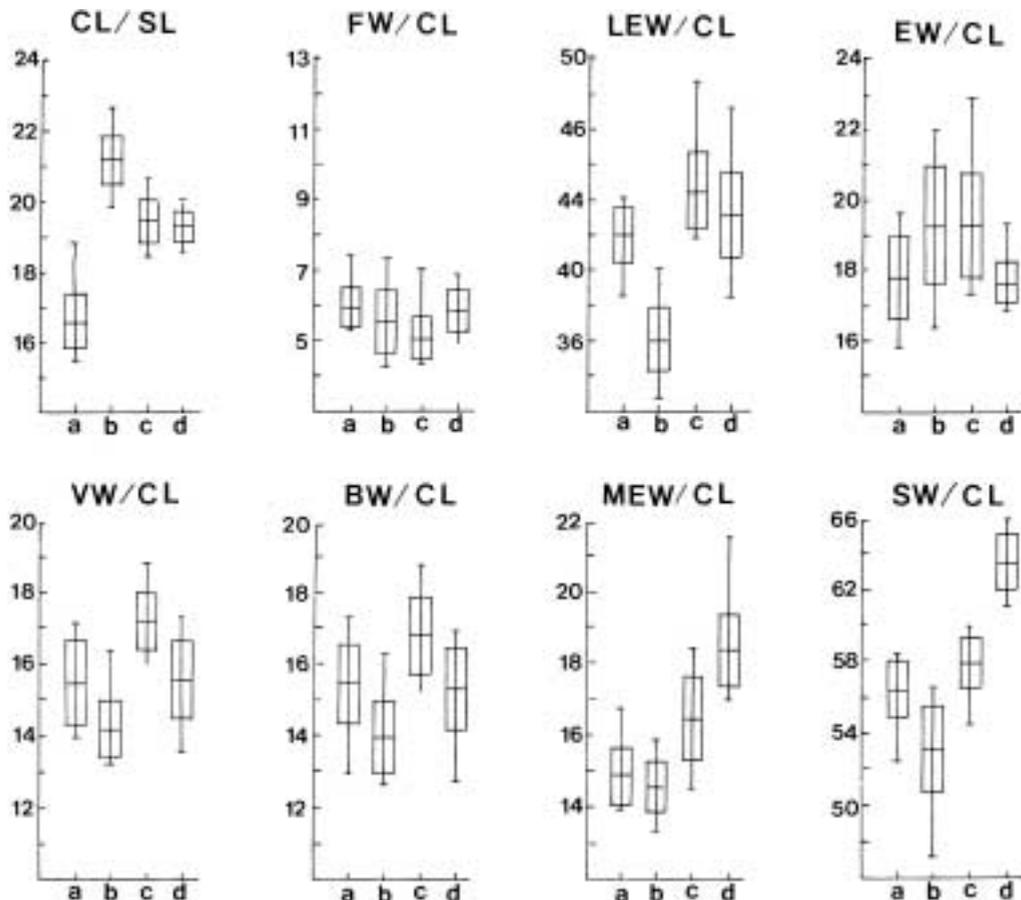


Fig. 9. Comparison of biometric skull characters (described in Fig. 1) of the genus *Acanthogobius*. SL, standrd length; a, *A. elongata*; b, *A. flavimanus*; c, *A. lactipes*; d, *A. luridus*.

나타났고, 그 다음으로 *A. lactipes*가 16.5%로 비교적 높게, 그리고 *A. elongata*와 *A. flavimanus*는 각각 14.9%, 14.6%로 비슷하였다. 두개골장에 대한 외후두골폭 비는 종간에 뚜렷한 차이를 나타내 주지 않았다. 두개골장에 대한 기설골폭 비는 *A. lactipes*가 16.9%로 가장 높게 나타났고, *A. flavimanus*는 14.1%, 그리고 *A. elongata*와 *A. luridus*는 15.5%로 중간 값을 나타내었다. 두개골장에 대한 측사골폭 비는 *A. flavimanus*가 35.9%로 현저히 낮게 나타났고, *A. elongata*, *A. lactipes* 및 *A. luridus*는 각각 42.0%, 44.5%, 43.4%로 높은 값을 나타내었다. 두개골장에 대한 설이골폭 비는 *A. luridus*가 63.7%로 가장 높게 나타나 뚜렷이 구분되었으며, *A. flavimanus*가 53.6%로 가장 낮게, 그리고 *A. elongata*와 *A. luridus*는 각각 55.5%, 57.9%로 서로 비슷한 값을 나타내었다.

## 고 찰

골격형질은 어류의 계통분류학 연구에 있어서 아주 중요한 비중을 차지하고 있어 각 분류군마다 많은 연구가 수행되어져 왔다 (Ramaswami, 1955; Gosline, 1968; Nelson, 1966; Matsuura, 1979; Hosoya, 1986). 대부분의 다른 경골어류 (teleost)에 비해서 망둑어류의 골격은 상당히 퇴화되어져, 노정골 (parietal), 상주상악골 (supramaxillary), 등지느러미 전배골격 (predorsal bone)이 없고, 안하골 (infraorbital)이 거의 결여되어 있는 등 아주 특징적인 모습을 보여준다 (Akihito, 1986). 또한 망둑어류의 골격은 아주 단순화된 구조를 가지고 있어 종 및 근연속 간에 차이점을 찾아 볼 수 없을 정도로 유사한 특징을 갖고 있는데 (Miller, 1973; Birdsong, 1975), *Acanthogobius*속 어류 4종에 있어서도 대부분의 골격형질은 동일한 특징을 나타내고 있으며, 일부 형질에서만 종간에 차이를 보여주었다.

이골의 편평석은 미세 구조를 분석하여 연령사정에 이용되며 (Pannella, 1974; Williams and Bedford, 1974;

Campana and Neilson, 1985; 임, 1989), 형태 또한 중요한 분류형질이 되기도 하는데 (Fitch and Barker, 1972), 저서성 어류인 *Acanthogobius*속 4종에 있어서는 종간에 구분됨이 없이 커다란 원반 모양으로 나타나 그 크기가 활동성인 것에 비해 비활동성인 어류가 훨씬 크게 나타난다는 보고 (김, 1978)와 일치하였다.

한편 Miller (1973)는 후익상골의 방골과 겹쳐지는 전방돌기 (anterior process) 및 접속골 후방돌기 (posterior process)의 발달을 망둑어류의 분류에서 아과를 구분하는데 특별한 중요성을 부여하였지만, Birdsong (1975)은 이 두 가지 특징 모두의 불안정성과 더불어 *Microgobius signatus*에서 성적이형 (sexual dimorphism)을 보고하였다. 그러나 *Acanthogobius*속 어류 4종에 있어서 후익상골의 배면은 설악골과 견고히 연결되어 있고, 복면은 접속골과 넓게 관절되어 종간에 차이가 없었으며, 성적이형 또한 나타나지 않아 속 수준에서의 안정된 형질로 판단되었다.

새조골의 수는 망둑어류의 분류에서 중요하게 취급되는 형질이지만 (Miller, 1973; Birdsong, 1975) 4종 모두 5개로 차이가 없었다. 한편, 미설골은 그 형태가 속 및 종에 따라 다양하게 나타나기 때문에 어류에 있어서 중요한 분류형질로 이용되고 있는데 (Akihito, 1986; Hosoya, 1986), 4종 모두가 방패 모양으로 그 형태는 일정하였다 (Fig. 5C).

견갑골의 유무는 망둑어류의 동일 속 내에서는 거의 일치하고 있으며, 경골화의 정도가 다양하여 중요한 분류형질로 취급되어지고 있는데 (Regan, 1911; Gosline, 1955; Akihito, 1963, 1969; Birdsong, 1975), *Acanthogobius*속의 견갑골은 의쇄골 아래에 대부분이 가려진 형태로 존재하며 종간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 또한 제 1등지느러미 신경간극 수와 배열은 계통분류학적으로 아주 중요시되는 분류형질로 (Birdsong, 1975; Akihito et al., 1984; Birdsong et al., 1988), 그 배열식에 있어서 4종 모두 몇 개체를 제외하고는 3-1221110으로 일정한

**Table 2.** Comparison of several characters of the genus *Acanthogobius*

Species	DF (n)	EP	PL	E	PT	DT
<i>A. elongata</i>	3-1221110 (20)	12	10	2	40~70	46~72
<i>A. flavimanus</i>	3-1221110 (19) 3-2121110 ( 1)	13	11	2	90~180	50~100
<i>A. lactipes</i>	3-1221110 (18) 3-122111*0 (2)	12	10	2	76~150	44~80
<i>A. luridus</i>	3-1221110 (18) 3-1212110 ( 2)	12	10	2	102~140	74~114

DF, first dorsal-fin pterygiophore formula; DT, number of dentary teeth; E, epural number; EP, epipleural number; PL, pleural number; PT, number of premaxillary teeth.

양상을 나타내었다 (Table 2). 제2등지느러미는 모두 하나의 극조를 가지고 있으며 연조수에 있어서는 *A. lactipes*와 *A. luridus*가 10~11개, *A. elongata*와 *A. flavimanus*가 12~13개로 그 수가 비슷하였다.

중사골은 좌·우돌기 사이에 홈이 파여져 완만한 V자형을 이루고 있는데, *A. flavimanus*는 그 폭이 넓고 길이가 짧은 반면, *A. elongata*, *A. lactipes* 및 *A. luridus*에서는 폭이 좁고 길이가 길게 나타났다. 누골은 망둑어류의 안하골 중 유일하게 남아 있는 흔적기관으로 (Akihito, 1986), *A. flavimanus*와 *A. lactipes*는 누골 위쪽 끝의 경골화가 뚜렷하나, *A. elongata*는 경골화가 흔적적이고, *A. luridus*는 경골화 되어 있지 않아 종간에 차이를 나타내주고 있다. 상·하악골에 나 있는 이의 수는 *A. flavimanus*, *A. lactipes*, 및 *A. luridus*에서 상악치가 76~180개, 하악치가 44~114개로, 상악치가 하악치보다 많은 경향을 나타내는 반면, *A. elongata*에서는 상·하악치 모두 40~72개로 거의 비슷하였다 (Table 2).

기설골은 설골의 맨 앞쪽에 위치하고 있는 뼈로, Takagi (1950)는 그 형태에 근거하여 일본산 Gobioid를 4가지 type으로 구분하고 계통을 논의하였는데, 4종 모두가 그의 spatulate type에 해당되었으며, 그 폭은 *A. lactipes*에서만 약간 넓게 나타났다 (Fig. 5B). 하인두골의 제1가새골에는 좁은 나뭇잎 모양의 경골화된 새파 (gill raker)가 측면을 따라 *A. elongata*와 *A. luridus*는 5~6개, *A. flavimanus*와 *A. lactipes*는 7~8개씩 각각 1열로 배열되어 종간에 차이를 나타내었다.

척추골은 망둑어류의 계통분류학에서 중요한 분류형질로 취급되어져 왔는데 (Birdsong, 1975), 이 중 복추골은 4종 모두 13개로 일정하게 나타났고, 미추골은 *A. flavimanus*에서만 다른 3종보다 1개가 많은 20개로 구분되어졌다. Miller (1973)는 상미추골의 수를 망둑어과의 아과를 구분하는 주요 분류형질로 사용하였지만, 상미추골의 수는 망둑어류에서 1~3개로 다양하게 나타나며, Rhyacichthyidae과에서만 3개가 알려져 있고, 대다수는 1~2개 또는 그 중간형, 심지어 몇몇 속에 있어서는 종내 변이도 나타나고 있어 (Birdsong, 1975), 분류형질로는 상당한 불안정성을 보여주고 있다. *Acanthogobius*속에 있어서는 4종 모두 2개로 그 수는 동일하였으나 (Table 2), *A. flavimanus*와 *A. lactipes* 그리고 *A. luridus*에서는 그 형태가 상현달 모양으로 길고 가늘게 나타난 반면, *A. elongata*에서는 훨씬 넓게 나타났다. Procurrent cartilage는 *A. flavimanus*, *A. lactipes* 및 *A. luridus*에서는 끝에서 두 번째 추골 전단까지 약간 넓은 모습으로 이어져 있으나, *A. elongata*에서는 끝에서 세 번째 추골 전단까지 좁고 길게 나타나 차이를 보여주었다 (Fig. 7).

골격의 계측형질에 있어서 *A. elongata*는 체장에 대한 두개골장에 대한 비가 그리고 *A. flavimanus*는 두개골장에 대한 측사골폭의 비가 현저히 낮았고, *A. luridus*는 두개골장에 대한 설이골폭의 비가 높아 동일 속 3종과 구별되었다 (Fig. 9).

이상과 같이 망둑어류의 계통분류에 있어서 중요한 형질로 취급되어져온 골격의 특징에 있어서는 *Acanthogobius*속 4종간에 대부분 동일한 양상을 나타내었다. 그러나 일부 골격형질은 4종간에 서로 다르게 나타났고, 몇몇 형질에서는 동일 속 3종과 구분되는 특징을 보여 주었다. 특히 *A. elongata*는 동일 속 3종과 구분되는 특징이 많았는데, 두부감각관계의 배열 양상 및 비늘의 종류와 형태 등에서 구분되어지는 보고 (김 등, 1987; 이, 1993a, 1998)와 더불어 분류학적으로 주목되었다.

## 적 요

망둑어과에 속하는 문절망둑속 *Acanthogobius* 어류 4종의 골격형질을 두골, 척추골 및 지느러미 뼈로 구분하여 형태학적 주요 특징과 차이점을 기재하고, 두개골의 각 부위를 측정하여 종간에 그 비를 비교하였다. 후익상골, 새조골, 미설골, 견갑골 및 담기골의 특징에서는 4종간에 차이점을 찾아볼 수 없었다. 그러나 누골의 경골화 정도와 제1가새골의 경골화된 새파수에 있어서는 서로 다른 차이를 보여주었다. 또한 *A. flavimanus*는 중사골의 크기와 미추골의 수 및 측사골의 폭에서, *A. lactipes*는 기설골의 폭에서, *A. luridus*는 설이골의 폭에서 각각 독특한 특징을 나타내었다. 특히 *A. elongata*는 상·하악골에 나 있는 이의 수, 상미추골의 형태, 두개골의 길이에서 동일 속 3종과 구별되었다.

## 사 사

본 연구는 2000년도 전주교육대학교 학술연구비의 지원에 의하여 수행되었음을 밝힙니다.

## 인 용 문 헌

- Akihito, P. 1963. On the scapula of gobiid fishes. Japan. J. Ichthyol., 11(1/2) : 1~26. (in Japanese)
- Akihito, P. 1969. A systematic examination of the gobiid fishes based on the mesopterygoid, postcleithra, branchiostegals, pelvic fin, scapula, and suborbital. Japan. J. Ichthyol., 16(3) : 93~114. (in Japanese)
- Akihito, P. 1986. Some morphological characters considered to be important in gobiid phylogeny. In: Uyeno, T.,

- R. Arai, T. Taniuchi, and Matsuura (eds.), Indo-Pacific Fish Biology. Proc. of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo, pp. 629~639.
- Akihito, P., M. Hayashi and T. Yoshino. 1984. Suborder Gobioidi. In: H. Masuda, K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino (eds.), The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 236~289.
- Bell, J.D., A.S. Steffe and R.B. Talbot. 1987. The oriental goby, *Acanthogobius flavimanus*, colonizes a third estuary in New South Wales, Australia. Japan. J. Ichthyol., 34(2) : 227~230.
- Birdsong, R.S. 1975. The osteology of *Microgobius signatus* Poey (Pisces: Gobiidae), with comments on other gobiid fishes. Bull. Florida St. Mus. Biol. Sci., 19(3) : 134~189.
- Birdsong, R.S., E.O. Murdy and F.L. Pezold. 1988. A study of the vertebral column and median fin osteology in gobioid fishes with comments on gobioid relationships. Bull. Mar. Sci., 42(2) : 174~214.
- Brittan, M.R., A.B. Albrecht and J.D. Hopkirk. 1963. An oriental goby collected in the San Joaquin River Delta near Stockton, California. Calif. Fish Game, 40 : 302~304.
- Campana, S.E. and J.D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42 : 1014~1032.
- Fitch, J.E. and L.W. Barker. 1972. The fish of the family Moridae in the eastern north Pacific with notes on morid otoliths, caudal skeleton, and the fossil record. Fish. Bull., 70 : 565~584.
- Fowler, H.W. 1962. A synopsis of the fishes of China. Part IX. The gobioid fishes (concluded). Quart. J. Taiwan Mus., 2 : 1225~1495.
- Gosline, W.A. 1955. The osteology and relationships of certain gobioid fishes, with particular reference to the genera *Kraemeria* and *Microdesmus*. Pac. Sci., 9 : 158~170.
- Gosline, W.A. 1968. The suborders of perciform fishes. Proc. U. S. Nat. Mus., 124(3647) : 1~78.
- Greenwood, P.H., D.E. Rosen., S.H. Weitzman and G.S. Myers. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 131 : 339~456.
- Hoese, D.F. 1973. The introduction of the gobiid fishes *Acanthogobius flavimanus* and *Tridentiger trigonocephalus* into Australia. Koolewong, 23 : 3~5.
- Hosoya, K. 1986. Interrelationships of Gobioidae (Cyprinidae). In: Uyeno, T., R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura (eds.), Indo-Pacific Fish Biology. Proc. of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo, pp. 484~501.
- Iwata, A. and S.R. Jeon. 1987. First record of four Gobiidae fishes from Korea. Korean. J. Limol., 20(1) : 1~12.
- Kim, B.J., K. Nakaya and I.S. Kim. 2000. Osteology of *Micropercops swinhonis* from Korea (Perciformes: Odontobutidae). Korean J. Ichthyol., 12(3) : 157~165.
- Matsuura, K. 1979. Phylogeny of the superfamily Baliostoidae (Pisces: Tetradontiformes). Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 26(1/2) : 49~169.
- McAllister, D.E. 1990. A working list of fishes of the world. Can. Mus. Nat. Can., 2661 pp.
- Middleton, M.J. 1982. The oriental goby, *Acanthogobius flavimanus* (Temminck and Schlegel), an introduced fish in the coastal waters of New South Wales, Australia. J. Fish Biol., 21(5) : 513~524.
- Miller, P.J. 1973. The osteology and adaptive features of *Rhyacichthys aspro* (Teleostei: Gobioidi) and the classification of gobioid fishes. J. Zool. Lond., 171 : 397~434.
- Nelson, G.J. 1966. Osteology and relationships of the eel, *Nenachelys buitendijki*. Copeia, 1966(2) : 321~324.
- Ni, Y. and H.L. Wu. 1985. Two new species of the genera *Aboma* and *Acanthogobius* from China. J. Fish. China, 9(4) : 383~388. (in Chinese)
- Pannella, G. 1974. Otolith growth patterns: An aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: T.T. Bagenal (ed.), The ageing of fish. Unwin Brothers. Ltd. Surrey, pp. 28~39.
- Ramaswami, L.S. 1955. Skeleton of cyprinoid fishes in relation to phylogenetic studies: 6. The skull and Weberian apparatus in the subfamily gobioidae (Cyprinidae). Acta Zoologica Bd., 36 : 127~158.
- Regan, C.T. 1911. The osteology and classification of the gobioid fishes. Ann. Mag. Nat. Hist., Ser. 8, 8 : 729~733.
- Reshetnikov, Y.S., N.G. Bogutskaya, E.D. Vasil'eva, E.A. Dorofeeva, A.M. Naseka, O.A. Popova, K.A. Savvaitova, V.G. Sideleva and L.I. Sokolov. 1997. An annotated check-list of the freshwater fishes of Russia. J. Ichthyol., 37(9) : 687~736.
- Springer, V.G. 1983. *Tyson belos*, new genus and species of western Pacific fish (Gobiidae, Xenisthminae), with discussions of gobioid osteology and classification. Smithsonian Contr. Zool., (390) : 1~40.
- Takagi, K. 1950. On the glossohyal bone of the gobioid fishes of Japan, with some phylogenetic considerations. Japan. J. Ichthyol., 1 : 37~52. (in Japanese)
- Taylor, W.R. 1967. An enzyme method of clearing and staining small vertebrates. Proc. U. S. Nat. Mus., 122(3569) : 1~17.
- Williams, T. and B.C. Bedford. 1974. The use of otoliths for

- age determination. In: T.B. Bagenal (ed.), *The ageing of fish*. Unwin Brothers. Ltd. Surrey, pp. 114~123.
- 김용억. 1978. 어류학총론. 태화출판사, 부산, 270 pp.
- 김익수 · 이용주 · 김용억. 1987. 한국산 망둑어아과 어류의 분류학적 재검토. 한국수산학회지, 20(6) : 529~542.
- 이용주. 1992. 한국산 문절망둑속과 풀망둑속 어류의 분류학적 연구. 한국어류학회지, 4(2) : 1~25.
- 이용주. 1993a. 한국산 문절망둑속과 풀망둑속 어류의 비늘 특성. 전주교육대학교 과학교육연구논문집, 15 : 23~42.
- 이용주. 1993b. 한국산 망둑어과 어류의 척주와 담기골에 관한 연구. 한국동물분류학회지, 9(1) : 25~34.
- 이용주. 1998. 한국산 망둑어 아목 어류의 비늘 특성. 한국동물분류학회지, 14(2) : 121~134.
- 이충렬. 1990. 한국산 말뚝망둥어 *Periophthalmus cantonensis* (농어목: 망둑어과)의 골학적 연구. 한국동물학회지, 33(4) : 402~410.
- 임양재. 1989. 천수만 망둑어과 어류의 계절에 따른 종조성 변화와 상태. 충남대학교 대학원 석사학위논문, 56 pp.

Received : January 20, 2001

Accetped : March 10, 2001