

한국 최초의 대형 익룡(翼龍) 이빨 화석

윤철수*, 양승영**

*대구과학고등학교, 706-040, 대구광역시 수성구 황금동 613번지

**경북대학교 사범대학 지구과학교육과, 702-701, 대구광역시 북구 산격동 1370번지

요 약: 경북 고령군 성산면 기산리 국도변 도로공사장에 노출된 경상층군 동명층(중생대 백악기) 하부 층군의 흑색이암과 쌍림면 합가리에 분포하는 하산동층 하부의 녹색이암에서 국내 최초로 익룡 이빨 화석이 발견되었다. 이빨의 형태가 길고 날카로우며 전체적으로 완만하게 휘어져 있고 에나멜질의 표면에는 평행한 줄무늬가 잘 발달되어 있다. 이빨의 크기는 기존에 알려진 것보다 1.5~2배 정도 큰 것으로 미루어 볼 때 이빨의 주인공은 초대형 익룡으로 판단된다.

서 언

익룡(翼龍: Pterosauria)은 하늘을 날 수 있었던 최초의 척추동물이다. 익룡은 앞발이 날개로 변했다는 점이 공룡과는 구별된다. 한반도에 익룡이 살았다는 증거는 그 동안 국내에서 몇 군데 발자국과 그 골편 화석으로 알려졌으나, 이빨이 발견된 것은 이번이 처음이다.

우리나라에서 익룡에 관한 화석이 최초로 알려진 것은 전남 해남군 황산면 우항리에 분포하는 중생대 백악기 우항리층에서 발견된 익룡 발자국 화석이다(허민 등, 1996). 이 곳에서 산출되는 400여 개의 발자국 화석은 익룡이 두발 또는 네발로 걸었음을 지지하며, 발자국의 형태로 보아 테로다틸로이드(pterodactylid) 종류라고 추정하였다(Hwang, 2001).

또한 전남 해남군 우항리 공룡 화석지에서 익룡의 것으로 추정되는 보존 상태가 불량한 뼈화석이 발견(허민·전승수, 1999)되었으며, 두 번째의 익룡 뼈화석은 2001년 8월 백광석(경남 덕산중 교사)이 경남 하동군 진교면 술상리 앞바다의 방아섬에서 발견한 길이 30 cm, 폭 3 cm 정도의 크기를 갖는 완전한 형태의 날개뼈 화석이다(2001. 10. 26일 공표).

한편 익룡의 부분 화석으로 익룡의 정체를 밝히는데 가장 유력한 분류학적 형질이라고 할 수 있는 익룡 이빨 화석이 경북 고령군 성산면 기산리에서 국내 처음으로 발견되었으며(2001. 11. 8일 공표), 본 논문 투고 중에 앞의 산지에서 약 15 km 남서쪽으로 떨어진 고령군 쌍림면 합가리에서 익룡 이빨 화석으로 추정되는 표본 2점이 추가로 발견되었다. 본 논문에서는 이번에 발견된 익룡 이빨 화석의 개략적인 특징과 의미를 간단히 살펴보고, 보다 구체적인 연구 결과는 차후 면밀한 분석과 검토 후 발표할 예정이다.

화석 산지 및 지질 개요

익룡 이빨 화석이 처음으로 발견된 곳은 행정구역상 경북 고령군 성산면 기산리에 속하며, 화석을 발견한 지점의 위치는 동경 128° 19' 40", 북위 35° 44' 05" 이다(Fig. 1). 본 지역은 논공-성산간 국도 확장공사를 위해 야산을 절개한 곳으로 지층이 비교적 잘 노출되어 있다. 이 지층은 경상층군 동명층(진주층)의 하부에 해당하고, 지층의 주향은 N35° E, 경사는 23° SE이다. 주위에는 소규모의 단층이 발달하고 있으며, 사암에서는 연흔이 발견되기도 한다. 암석은 대개 이암과 사암으로

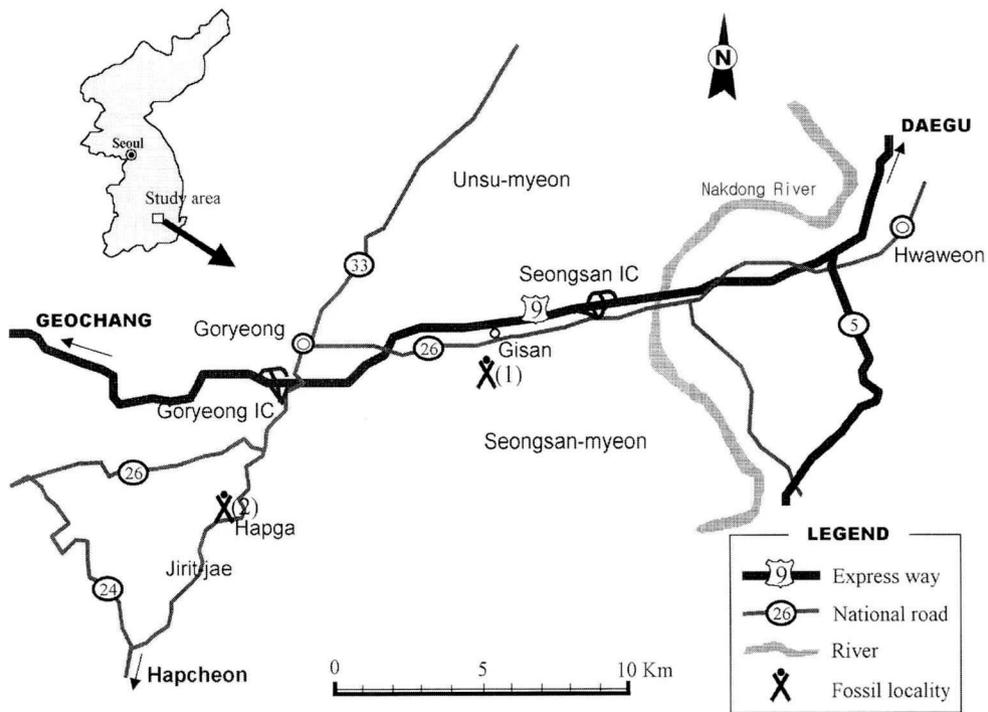


Fig. 1. Index map of fossil localities in Goryeong, Korea.

구성되며 엽층리가 잘 발달된 흑색셰일이 7~8 m 정도 포함되어 있다(Fig. 2).

익룡 이빨 화석이 산출된 층준은 괴상의 흑색이암이며, 같은 층에서 이매패 화석이 다량 산출된다. 보다 상위의 흑색셰일에서는 약 15 cm 정도 길이의 어류 화석, 어류 비늘 화석과 곤충 화석 등이 양호한 보존 상태로 발견된다.

또한, 앞의 산지에서 남서쪽으로 약 15 km 떨어진 경북 고령군 쌍림면 합가리 국도변 도로 확장 공사장에서 2점의 익룡 이빨 화석이 추가로 발견되었다(Fig. 1). 화석 산지의 위치는 동경 128° 13' 50", 북위 35° 39' 10" 이다. 이곳에 분포하는 지층은 하산동층 하부에 해당하며 주로 중립질 사암과 녹회색을 띠는 이암에 교호되어 있으며, 지층의 주향은 N50° E, 경사는 18° SE를 보인다. 합가리 화석층은 녹회색 이암이며 그 외에도 다량의 이매패류 화석(주로 *Plicatounio nakdongensis*)과 거북 배갑 화석, 거북 골격 화석, 개형충 화석, 어류 비늘 화석 등이 산출된다.

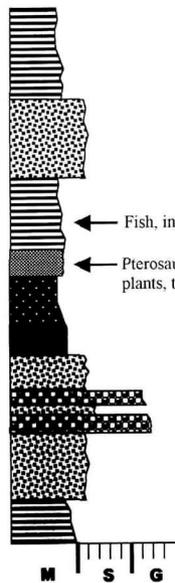
익룡 이빨 화석의 특징 및 기재

조사된 표본: 경북 고령군 성산면 기산리에 분포하는 동명층 하부에서 산출된 완전한 형태의 익룡 이빨 화석 1점(KPE40001), 경북 고령군 쌍림면 합가리에 분포하는 하산동층 하부에서 산출된 비교적 양호한 익룡 이빨 화석 1점(KPE40002)과 익룡 이빨 화석으로 추정되는 파편 1점(KPE40003).

보관: KPE40001은 문화재보호법시행규칙 제38조의 2항에 따라 국가 귀속 대상 문화재로 되어 현재 국립대구박물관에 보관 중이며, 나머지 2점은 경북대학교 사범대학 지구과학과에 보관 중이다.

초기 상태 및 확인: KPE40001의 경우 화석 발견 당시에는 Fig. 3과 같이 부러진 자연 상태의 단면이 다소 납작한 난형(oval cross section)을 보였다. 당초에는 어느 공룡 이빨 화석으로 추정하고,

GISAN SECTION



HAPGA SECTION

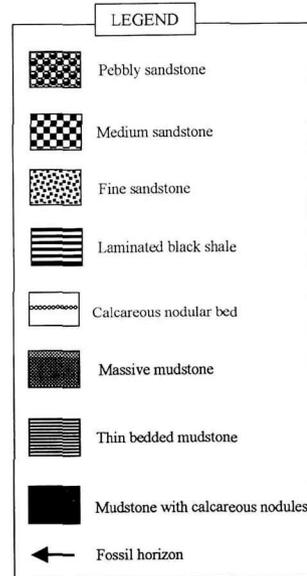
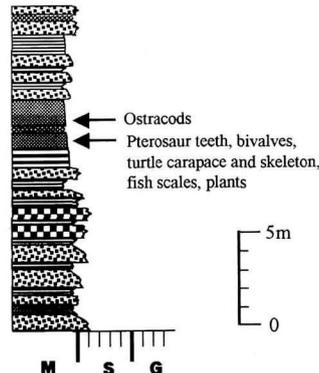


Fig. 2. Columnar sections of the lower part of the Dongmyeong Formation at Gisan-ri and the lower part of the Hasandong Formation at Hapga-ri, Goryeong-gun, showing the fossil bearing horizons. M: mud, S: sand, G: gravel.

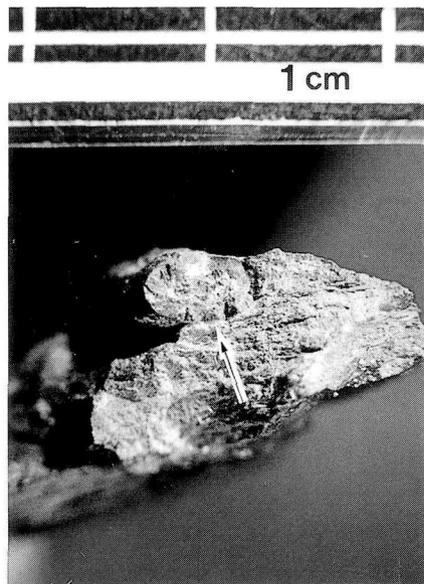


Fig. 3. Oval cross section at the root of the pterosaur tooth(KPE40001).

실험실로 운반한 후 주위 매트릭스를 제거하는 화석정리작업(curing) 과정을 통하여 길쭉하고 날카로운 형태의 이빨이 노출되었다(Fig. 5).

측정: 표본 KPE40001의 전체 길이는 68.5 mm이고, 다소 완만하게 휘어져 곡률반경은 136.7 mm로 측정되었다. 기저부 즉 이빨의 뿌리에서 장경 6.3 mm, 단경 3.4 mm이며, 1 mm 정도의 두께로 외층이 둘러싸고 있다. 가장 굵은 부분, 즉 이빨의 기저부에서 14 mm되는 지점에서 장경이 9.8 mm

를 보인다. 또한 이빨의 선단부로부터 15 mm되는 지점에서 장경과 단경은 각각 5.6 mm, 3.2 mm로 측정되었다(Figs. 4, 5).

표본 KPE40002는 이빨의 선단부가 일부 부러진 상태이며 현 상태에서 길이 35 mm, 가장 굵은 부분에서 폭 7.6 mm이다. KPE40001보다 다소 작으나 이빨의 형태와 모양에 있어서 거의 유사하다(Figs. 4, 6). 이빨 기저부가 초승달 모양을 보이는 것은 압축에 의한 변형의 결과라고 생각된다.

특징: 전체적으로 길쭉한 송곳처럼 가늘고 길며, 완만하게 휘어져 있다. 이빨의 뿌리 쪽은 방추형이며, 선단부로 갈수록 점이적으로 가늘어진다. 이빨의 단면은 납작한 난형 또는 타원형이다. 이빨 전체는 에나멜질의 외피로 둘러싸이며 표면에는 종축 방향(longitudinal direction)으로 평행하게 발달된 홈(grooves)과 능(ridges)이 발달되어 있다. 표본 KPE40001의 경우 현재 표면에 보이는 매끈한 부분은 외피가 벗겨진 상태이며, 벗겨진 외피는 몰드(mould) 화석에 붙어있다.

토 의

1996년 한반도에 익룡이 살았던 흔적인 익룡 발자국 화석이 전남 해남군 우항리층에서 처음 발견된 이래 익룡의 정체를 밝힐 수 있는 가장 확실한 증거라고 할 수 있는 익룡 이빨 화석이 나타난 것이다. 이 이빨 화석의 보존 상태는 비교적 완전하기 때문에 보다 자세한 비교 연구 및 추가 발굴을 통해 익룡의 모습을 복원하는데 크게 기여할 것으로 생각된다. 최근 경남 하동군 진교면 술상리 앞바다의 방아섬에서 발견된 익룡의 날개뼈 화석과의 관련성 여부도 주목된다.

본 이빨 화석들의 형태적 특징은 난형의 단면(oval cross section)을 보여주며, 다소 완만하게 휘어져 가늘고 예리하다(Fig. 4). 또한 표면에는 평행한 줄무늬가 발달한다. 이러한 특징으로 미루어 보아 이번에 발견된 이빨 화석은 공룡이나 악어의 이빨과는 다른 익룡의 이빨 화석으로 판단된다.

본 이빨 화석이 가늘고 길며 완만하게 휘어져 있다는 점에서 우선 람포링쿠스류(rhamphorhynchoid)와 그 유사성을 찾을 수 있는데, Wellnhofer(1975, 1978), Bennett(1995) 등이 기재한 독일 졸렌호펜 석회암에서 산출된 람포링쿠스(*Rhamphorhynchus*)의 표징과 비교된다. 이들에 의하면 람포링쿠스의 이빨은 상악골 한쪽에 4개의 전상악치와 6개의 상악치, 하악골 한쪽에서 7개의 이빨이 발달하여 총 34개로 되었다고 한다. 전치(前齒: anterior teeth)는 길고 앞쪽과 바깥쪽으로 다소 휘어져 있고, 특히 4번째 전상악치는 다른 이빨보다 더 크고 바깥쪽에 치우쳐 있으며, 후치(後齒: posterior teeth)는 보다 작고 악골에 대하여 수직에 가까운 특징을 가진다. 또한 중국 지공(自貢)의 쥐라기 중기 지

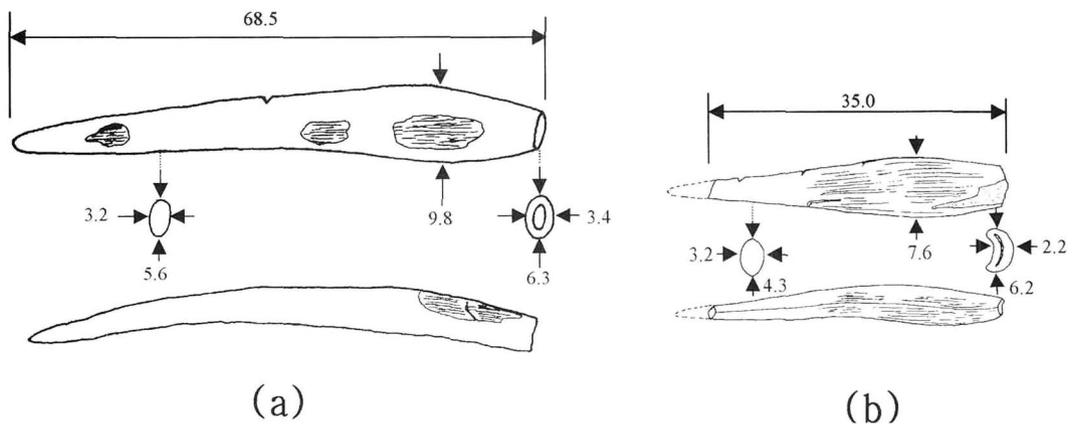


Fig. 4. Diagrammatic sketch and measurements(in mm) of the pterosaur teeth (a) KPE40001, (b) KPE40002.

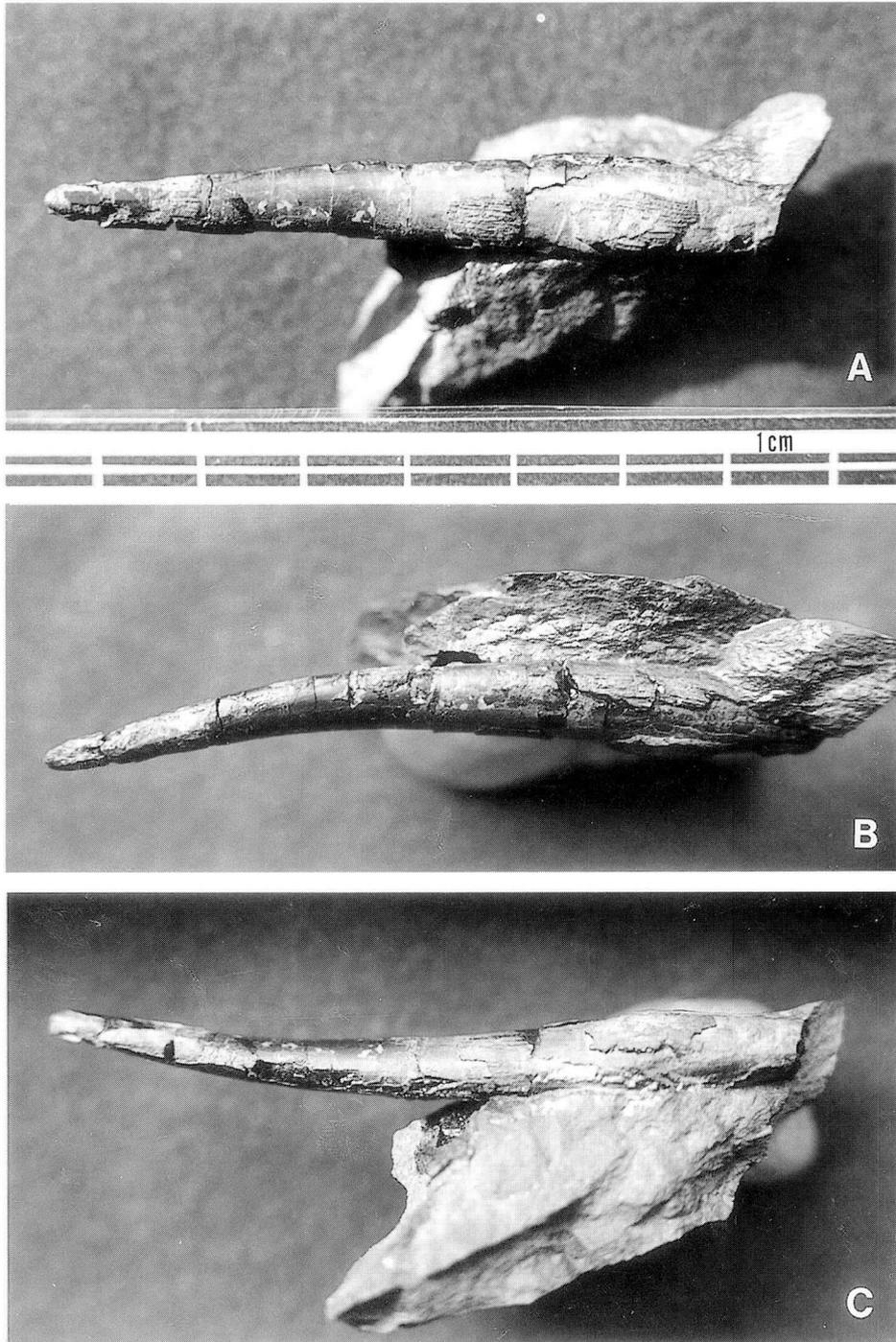


Fig. 5. Pterosaur tooth from the Dongmyeong Formation, Gisan-ri, Goryeong. KPE40001 (collected by Cheol-Soo Yun), A: lingual view, B: posterior carina view, C: anterior carina view.

층인 다스한푸층(Dashanpu Formation)에서 발견된 *Angustinaripterus*의 두개골(He *et al.*, 1983)에서 보이는 길고 날카로운 이빨과도 그 형태와 모양에 있어서 비교되며, 상당히 긴 전치를 갖는

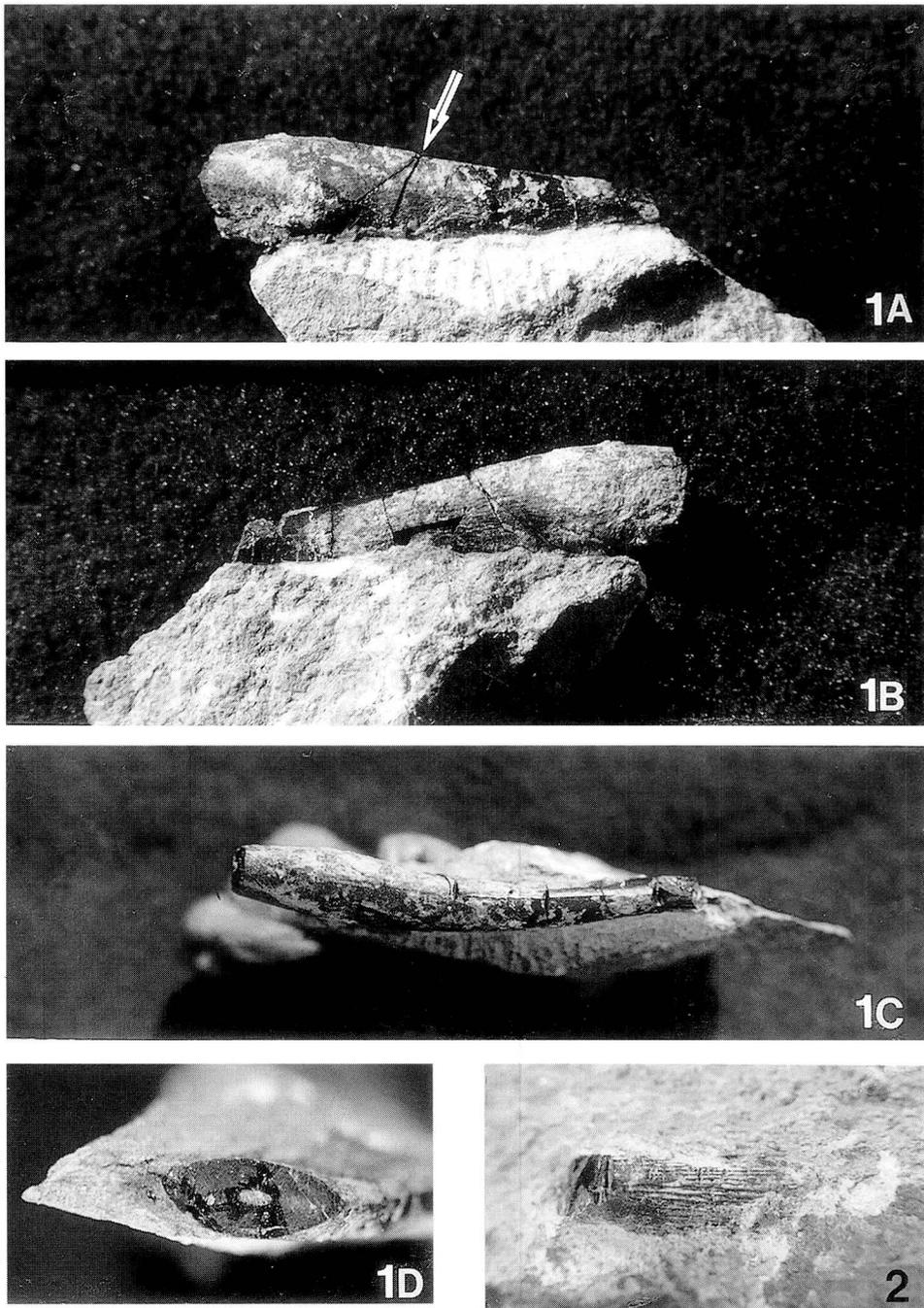


Fig. 6. Pterosaur teeth from the Hasandong Formation, Hapga-ri, Goryeong. 1. KPE40002(collected by Jun-Ho Kwon), 1A: labial view, $\times 1.8$, 1B: lingual view, $\times 1.8$, 1C: posterior carina view, $\times 1.8$, 1D: Oblique section at position indicated by arrow given 1A. $\times 2.4$, 2. KPE40003(collected by Jin-Ho Kim), Partial fragment showing the fine longitudinal striations or bands on the surface, $\times 2.5$.

*Dorygnathus*와도 닮았다. *Angustinaripterus*와 *Dorygnathus* 둘 다 람포링쿠스과에 속한다. 그러나 본 이빨 화석이 산출된 지층이 백악기 전기 지층이기 때문에 람포링쿠스과가 생존했던 트리아스기

중기에서 쥐라기 말까지와는 시대적으로 상치된다.

한편, 본 이빨 화석은 백악기에 번성한 테로다틸로이드(pterodactyloid) 가운데 비교적 긴 전치와 큰 두개골을 갖는 브라질의 산타나층(Santana Formation)에서 산출된 *Cearadactylus*의 이빨과 비교될 수 있다(Leonardi and Borgomanero, 1985).

이번에 발견한 익룡 이빨 화석은 길이에 있어 기존에 알려진 람포링쿠스류의 것보다는 약 2배 정도 길고, *Cearadactylus*의 이빨보다 약 1.5배 가량 길다는 점에서 본 이빨 화석의 주인공은 초대형 익룡일 것으로 추정된다.

익룡 이빨 화석이 발견된 층준과 상부 층준에서는 약 15 cm크기의 물고기 화석도 다수 발견하였는데, 이는 날카로운 이빨을 가진 익룡이 물고기를 낚아채는 방법에 의해 먹이를 취했음을 뒷받침하는 자료이다. 그 외에도 이곳에서는 다량의 이매패류, 곤충 및 거북의 배갑 화석이 같이 산출되어 익룡과 어우러진 중생대 호수 환경의 생물상을 이해하는데 도움이 될 것이다.

특히 주목할 만한 것은 이번에 발견된 익룡 이빨 화석은 중생대 한반도의 상공을 지배한 익룡의 정체를 밝히는데 가장 확실한 단서를 제공하게 되었다는 것이다.

감사의 글

본 연구를 위해 귀중한 화석을 발견하여 제공해 준 권준호군과 김진호씨에게 먼저 감사드립니다. 사진을 통해 화석에 대한 많은 조언을 해 준 University of California, Berkeley의 Dr. Kevin Padian에게 특히 감사한다. 또한 및 연구 방법 및 전문가를 소개해 준 캐나다 Tyrrell Museum의 Dr. Philip Currie와 Yale University의 Takanobu Tsuihiji씨에게도 감사드립니다. 그리고 본 논문을 위해 세심한 지적과 도움말을 주신 전남대학교 허민교수님께 깊은 감사를 드립니다.

First discovery of big pterosaur teeth in Korea

Cheol-Soo Yun* and Seong-Young Yang**

*Daegu Science High School, 613 Hwanggeum-dong, Suseong-gu, Daegu, 706-040, Korea

**Department of Earth Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

Abstract: In Korea, pterosaur teeth were firstly discovered from the black mudstone of the lower part of the Dongmyeong Formation at Gisan-ri and from the greenish mudstone of the lower part of the Hasandong Formation (Early Cretaceous) at Hapga-ri, Goryeong-gun, Gyeongsangbuk-do. The teeth are characterized by long, sharp and curved morphology and display enamel surface which runs in a band from the tip to root of the tooth. Judging from the size one and a half to two times long compared to previously known ones, the host animal could be considered as an extra-big pterosaur.

참고문헌

- 허민, 임성규, 양승영, 1996: 아시아 최초 익룡 발자국 발견. 지질학회지, vol. 32, p. 526-528.
 허민, 전승수, 1999: 해남 우항리층의 공룡화석과 퇴적상. 1999년 대한지질학회 추계학술답사 안내서, 135p.
 Bennett, S. C., 1995: A statistical study of *Rhamphorhynchus* from the Solnhofen Limestone of Germany: year-classes of a single large species. Journal of Paleontology, vol. 69, no. 3, p. 569-580.

- He, X., Yan, D., and Su, C., 1983: A new pterosaur from the Middle Jurassic of Dashanpu, Zigong, Sichuan. Journal of the Chengdu College of Geology, supplement 1, p. 27-33, Chengdu, China.
- Hwang, G. G., 2001: Dinosaur and pterosaur tracks from the Late Cretaceous Uhangri Formation, Haenam, SW Korea. Chonnam National University, Ph. D Thesis(Unpublished), 182p.
- Leonardi, G. and Borgomanero, G., 1985: *Cearadactylus atrox* nov. gen., nov. sp. : Novo Pterosauria (Pterodactyloidea) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil, D.N.P.M. Coletana de trabalhos Paleotologicos, Séria Geológica, 27, p. 75-80.
- Wellnhofer, P. 1975: Die Rhamphorhynchoidea(Pterosauria) der Oberjura-Plattenkalke Süddeutschlands. Palaeontographica A148: p. 1-33, A148: 132-186, A149: 1-30.
- Wellnhofer, P. 1978: Pterosauria. Handbuch der Palaoherpetologie - Teil 19. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 82p.