

<Short Note>

강원도 동해시의 마이오세 북평층에서 산출된 새 다리뼈 화석에 대한 보고

박진영^{1,2,*} · 박수인³

¹서울대학교 지구환경과학부

²서대문자연사박물관

³강원대학교 지질학과

요 약

강원도 동해시 남부에 위치한 대구동과 지가동 일대에 분포하는 제3기 마이오세 북평층의 담갈색 이암에서 새의 다리뼈 화석 일부가 발견되었다. 이 화석은 좌측 경족근골로 원위부만 보존되어 있다. 이 표본에서는 *Dromornis planei*와 모든 순계류를 묶는 분기군의 공동파생형질이 관찰되었기 때문에 Galloanserae로 분류하였다. 비록 불완전한 표본이지만 이 화석은 한반도에서 보고되는 최초의 신생대 조류 체화석이다.

주요어: 강원도, 동해시, 마이오세, 북평층, 조류, 체화석

Jin-Young Park and Soo-In Park, 2017, Report on the bird leg bone from the Miocene Bukpyeong Formation, of Donghae City, Gangwon Province, South Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 53, no. 2, p. 313-320

ABSTRACT: A partial bird leg bone was found from a light brown mudstone layer of the Miocene Bukpyeong Formation, in Daegu-dong and Jiga-dong areas of the southern part of Donghae City, Gangwon Province. The preserved fossil is a left distal tibiotarsus. It is assigned to Galloanserae by synapomorphies of the node which includes *Dromornis planei* and all galliforms. Although not complete, this specimen represents the first Cenozoic avian body fossil from the Korean peninsula.

Key words: Gangwon Province, Donghae City, Miocene, Bukpyeong Formation, Aves, body fossil

(Jin-Young Park, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea; Jin-Young Park, Seodaemun Museum of Natural History, Seoul 03718, Republic of Korea; Soo-In Park, Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea)

1. 서 론

2,060여 속(屬), 9,700여 종(種)의 현생 분류군을 포함하는 조류(Aves)는 지금으로부터 약 1억 6,000만 년 전에 처음 출현했다(Sibley and Monroe, 1990; Godefroit *et al.*, 2013). 이들의 체화석은 모든 대륙에서 산출되고 있으며, 최근 중국에서는 골격과 연부조직이 온전하게 보존된 조류화석들이 많이 보고되고 있다(e.g., Wang *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2015; Huang *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016a, 2016b, 2017). 하지만 조류의 골

격은 매우 연약해서 대부분의 조류 체화석은 화석화 과정 중에 훼손되어 완전하지 못한 모습으로 보존된다(Chatterjee, 1997).

현재까지 남한에서 보고된 조류화석은 흔적화석이 전부다. 중생대의 조류 흔적화석은 모두 백악기 퇴적층에서 산출된 발자국들이며(Kim, 1969; Lockley *et al.*, 1992; Yang *et al.*, 1995; Baek and Yang, 1998; Lim *et al.*, 2000; Kim, J.Y. *et al.*, 2006b, 2012, 2013; Lockley *et al.*, 2006, 2012; Kim, H.J. *et al.*, 2011; Huh *et al.*, 2012), 신생대의 조류 흔적화석은 제주도

* Corresponding author: +82-2-880-2241, E-mail: stegosaur@hanmail.net

의 후기 플라이스토세 퇴적층에서 발견된 깃털 화석 뿐이다(Kim *et al.*, 2006a). 반면 북한에서 보고된 조류화석은 전부 체화석이며, 모두 전기 백악기 신의주 통에서 산출되었다. 지금까지 알려진 북한의 조류 체화석은 Confuciusornithidae에 속하는 표본 3개체, Enantiornithes에 속하는 표본 1개체, 그리고 아직 명확하게 기재되지 않은 분류 미상의 조류 1개체, 총 5개체다(Lee *et al.*, 2001; Gao *et al.*, 2009).

2014년 3월, 제2저자는 강원도 동해시 남부에 위치한 대구동을 지나는 7번 국도 절개면에 노출된 제3기 마이오세 북평층의 미고결된 담갈색 이암에서 조류의 좌측 경족근골(tibiotarsus)의 일부분을 발견하였다(그림 1). 이 화석은 원위부(distal part)에 기질이 조금 붙어 있는 상태에서 채집되었으며(그림 2), 2014년 5월에 제1저자는 dental scraper를 이용해 뼈 화석을 기질에서 분리했다. 비록 완전한 상태의 화석은 아니지만 이것은 한반도에서 처음으로 보고되는 제3기 조류의 체화석으로 우리나라에 마이오세에 서식했던 조류의 종류를 파악하는 중요한 첫 번째 단서다. 본 논문의 목적은 이 새로운 화석을 기재하고 분류하여 우리나라 신생대 조류화석에 대한 새로운 자료를 제공하는 데 있다. 이 표본은 강원대학교 자연과학대학 지질·지구물리학과 고생물연구실에 보관되어 있으며(표본번호: KNU-BF1; Kangwon National

University – Bird Fossil Catalogue Number), 안타깝게도 화석이 발견된 노두는 2014년 이후에 진행된 도로 공사로 훼손되어 현재는 존재하지 않는다.

2. 지질 개요

북평층은 동해안을 따라 발달된 신생대 제3기의 여러 분지 중 강원도 동해시 남부의 북평분지 내에 분포한다. 북평층은 전기 고생대 조선누층군을 부정합으로 덮고 있으며, 상부의 도경리역암층에 의해 부정합으로 피복된다(Lee *et al.*, 2003). 북평층과 도경리역암층은 분지의 중심을 향해 5~15°의 경사를 이룬다. 북평층은 이암, 사암, 역암, 얇은 갈탄층으로 이루어지며 두께는 약 40 m다. 도경리역암층은 역암, 사암, 이암으로 구성되며 두께는 약 100 m다.

북평층에서 산출된 주요 화석으로는 구조, 이매패류, 복족류, 포자화분, 식물화석이 있다(Kim, 1970; Lee, 1977; Choi and Bong, 1986; Kim *et al.*, 1996). 이 층에서는 과거에 거북 늑골판(costal plates)과 포유류 문치(incisor)와 같은 척추동물의 화석이 발견되었지만 자세한 연구는 진행되지 않은 상황이다(Lee *et al.*, 2003). 그 후 이 층에 대한 조사를 통해 잉어과(Cyprinidae) *Cyprinus*속의 이빨 563개, 황어아과(Leuciscinae) 이빨 16개가 발견되어 기재되었으며(Lee *et al.*, 2003;

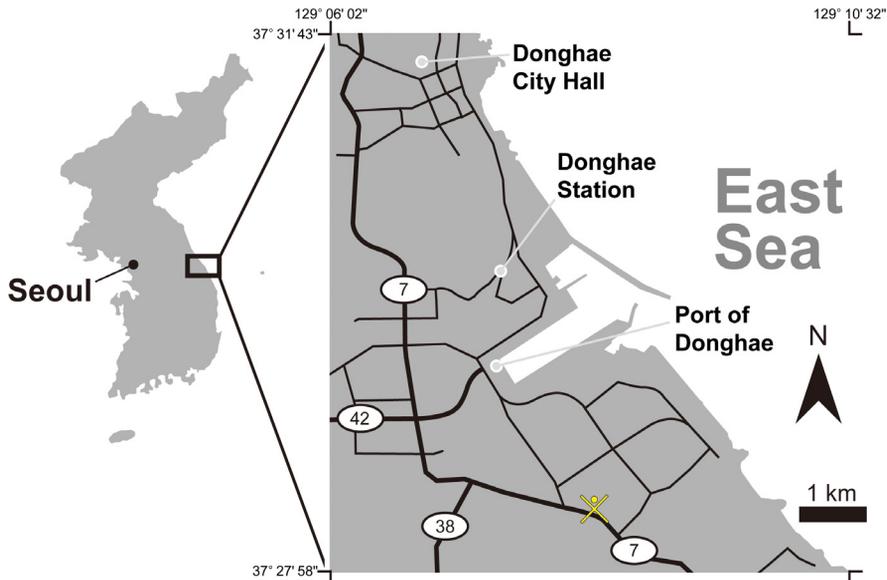


Fig. 1. Map showing the locality where the bird fossil specimen was discovered.

Lee, 2004), 이외에도 “어류 척추 및 비늘, 뼈 조각, 양서류의 턱뼈, 거북 배갑 파편” 등이 발견되었다(Lee *et al.*, 2003:202). 또한 3종류의 설치류(Rodentia) 이빨화석(*Spermophilinus* sp., *Democricetodon*속 또는 *Kowalskia* sp., *Neocometes* aff. *similis*)들이 추가적으로 보고되면서 북평층의 다양한 척추동물 화석의 존재가 입증되었다(Lee, 2004; Lee and Jacobs, 2010). 북평층의 퇴적환경은 담수 환경이 우세하며 현재 유공층에 근거한 해상층의 존재는 의문시되고 있다(Lee *et al.*, 2003).

북평층의 형성 시기는 화분과 구조 화석에 의하여 제3기 마이오세 또는 플라이오세로 해석되었고(Yu, 1971), 다른 연구자에 의한 화분 화석 분석에 의해서는 후기 마이오세 또는 플라이오세로 제안되었다(Choi and Bong, 1986). 최근 북평층의 시대를 정확히 밝히기 위해 전 세계 제3기 육성층 대비에 사용되는 포유류화석 연구가 실시되어 *Neocometes*속의 설치류 이빨이 발견되었고, 이에 근거해 북평층의 지질시대는 전기 마이오세의 후반부(18 Mya)와 중기 마이오세의 전반부(15.2 Mya) 사이로 추정되었다(Lee and Jacobs, 2010).

3. 기재

표본 KNU-BF1(그림 3) 기재에 사용한 해부학 용어들은 현재 가장 널리 인용되고 있는 Baumel and Witmer (1993)의 것을 따랐다.

표본은 조류의 좌측 경족근골로 근원부(proximal part)가 소실되어 몸체(shaft) 일부와 원위부만이 남아 있다. 보존된 표본의 길이는 67 mm이지만 전체 경족근골의 길이는 약 140 mm로 추정된다. 몸체의

폭은 7 mm, 골간(diaphysis)의 폭은 10.9 mm이다. 외측과(condylus lateralis)의 폭은 15 mm, 내측과(condylus medialis)의 폭은 16 mm이며, 골단(epiphysis)의 원위부 폭은 16.7 mm, 미측(caudal)의 폭은 12.4 mm이다. 배면(ventral view)에서 바라본 골단 원위부의 과간(intercondylar) 폭은 9.8 mm이다.

표본의 몸체는 전체적으로 가느다랗고 긴 형태이며, 그 단면은 원위로 갈수록 원에서 긴반월형(semilunate)의 형태를 보인다. 두개면(cranial view)에서 몸체는 골단의 원위를 향할수록 점점 깊어지는 길고 오목한 부위가 관찰된다. 이 sulcus extensorius로 긴발가락 편근(long digital extensor)의 개시부(開始部)에 해당하는 힘줄이 지나가는 곳이다(그림 4). Sulcus extensorius는 두개면상에서 몸체의 근원내측부(proximomedial)에서 출발해 골단 원위의 중앙을 향해 발달했다. 그리고 원위에서 넓은 pons supratendineus에 의해 덮여 깊고 좁은 구멍(foramen)을 이룬다. Sulcus extensorius와 pons supratendineus가 접하는 지점의 외측 면에는 거의 수직으로 발달한 crest 구조가 관찰되지만 충분히 발달되어 있지는 않다.

Pons supratendineus는 근위내측에서 원위외측(distolateral) 방향으로 기울어졌으며, 근원(proximodistal)은 좁고 폭이 넓다. 하지만 pons supratendineus의 원위 테두리는 거의 수평으로 존재한다. 이 수평으로 놓인 테두리 아래로 타원형의 canalis extensorius 또는 수평으로 열려 있다. Canalis extensorius는 내측



Fig. 2. Partial left tibiotarsus of a Galloanserae from the Bukpyeong Formation, in lateral view, with unrecovered matrix on the distal portion.



Fig. 3. Partial left tibiotarsus of a Galloanserae from the Bukpyeong Formation, in cranial view.

과와 인접해 있다. Canalis extensorius보다 원위에 위치한 incisura intercondylaris의 폭은 기러기류(Anseriformes)인 *Garganornis ballmanni* (Meijer, 2014)와 오리과(Anatidae)의 것만큼 넓지 않지만, 순계류(Galliformes)인 Megapodiidae의 것처럼 좁지는 않다. 배면에서 바라본 incisura intercondylaris는 깊지만 원위 배면의 중앙까지 도달하지는 않는다(그림 5). 외측과와 내측과의 두개면 표면은 조금 훼손되었지만 전체적으로 잘 보존되었다. 두개면에서 바라본 외측과의 폭은 9 mm, 내측과의 폭은 8 mm이다. 외측과는 두개면 방향으로 똑바로 솟아 있다. 반면 내측과는 약간 내측으로 기울어졌다. 외측과의 윗부분(pons supratendineus와 인접한 부위)에는 작은 결절(tubercle)이 존재한다. 이 결절은 뚜렷하게 발달하지 않아 표본을 내측면(medial view)에서 바라봐야 관찰이 된다(그림 4). 외측면(lateral view)에서 외측상과(epicondylus lateralis)는 근원과 폭이 거의 비슷해 원의 형태를 보인다. 외측상과의 표면은 거의 평평하다. 외측상과로부터 근원에 있는 tuberculum retinaculi musculi fibularis는 약하게 발달되며, 마루(ridge)의 형태로 외측부면을 따라 근위부를 향하면서 점점 얇아진다. 내측면에서 관찰 가

능한 내측상과(epicondylus medialis)는 외측상과와 달리 근원이 좁고 폭이 넓어서 타원형이다. 내측상과에는 잘 발달된 근결절(adductor tubercle)이 존재하는데, 이것은 두개면 방향에서 몸체와 외측과가 이어지는 곳 바로 밑에 위치한다. 원위의 미측에서 배면까지 연장된 trochlea cartilaginis tibialis는 오목하지만 깊게 발달하지 않았다.

위에서 기술한 형태는 분류에 도움이 되는 몇 가지 해부학적 특징들을 포함한다. 우선 이 표본은 두개면에서 외측과의 폭(9 mm)이 내측과의 폭(8 mm)보다 넓다. 이것은 Norell and Clarke (2001)에 따르면 Ornithurae의 공동파생형질이다. 게다가 두개면에서 바라볼 때 잘 발달된 넓은 pons supratendineus를 확인할 수 있다. 이러한 특징은 Neornithes의 공동파생형질이다. Neornithes보다 기저에 속하는 모든 Avialae가 백악기 말에 절멸했다는 사실을 감안하면 (Naish, 2012), 이 표본은 Ornithurae 내의 Neornithes에 속할 것으로 판단된다.

또한 이 표본의 pons supratendineus는 근위내측에서 원위외측 방향으로 기울어진 형태로 발달했지만, canalis extensorius가 시작되는 원위부의 테두리는 수평으로 발달했다. Worthy *et al.* (2016)의 계

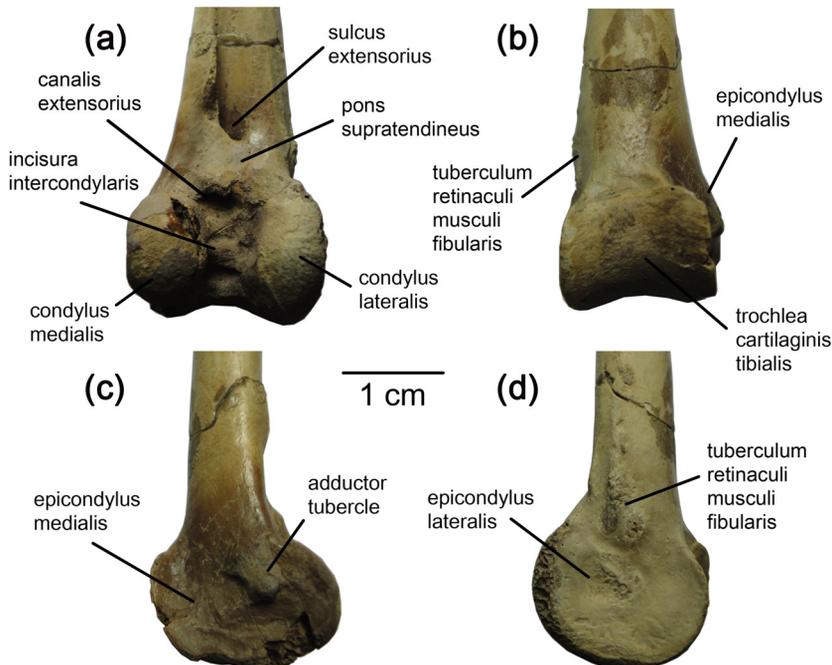


Fig. 4. Anatomical terms of distal end of left tibiotarsus. In (a) cranial, (b) caudal, (c) medial, and (d) lateral views.

통분석(phylogenetic analyses) 결과에 의하면, 이러한 특징은 *Dromornis planei*와 모든 순계류를 묶는 분기군의 공동파생형질이다. 따라서 본 표본은 'D. planei + 순계류' 분기군에 속한다고 볼 수 있다. 하지만 'D. planei + 순계류' 분기군보다 crownward에 위치한 '*Sylviornis neocaledoniae* + 순계류' 분기군에는 본 표본이 속하지 않는 것으로 판단된다. 왜냐하면 본 표본의 incisura intercondylaris는 그 폭이 canalis extensorius보다 넓지만 '*S. neocaledoniae* + 순계류' 분기군은 폭이 서로 거의 같기 때문이다(Worthy et al., 2016). 그러므로 이 표본은 'D. planei + 순계류' 분기군에 속하지만 이보다 더 진화한 '*S. neocaledoniae* + 순계류' 분기군에 포함되지 않고 이 분기군의 stem group에 속하는 것으로 추정할 수 있다. 따라서 이 표본은 모든 순계류와 *D. planei*를 포함시키는 Galloanserae로 분류하는 것이 타당할 것으로 여겨진다(그림 6).

4. 토 의

비록 본 표본에서 관찰되는 공동파생형질들은 순계류와 많은 유사성을 보이지만, Galloanserae 내에 포함되는 또 다른 분류군인 기러기류와도 비슷한 점이 관찰된다. 두개면에서 바라본 본 표본의 canalis extensorius는 중앙에 위치하지 않고 내측과와 가깝게 인접해 있다. 기러기류는 canalis extensorius의 테두리가 내측과와 만난다(Worthy et al., 2016). 따라서 본 표본은 기저 Galloanserae와 기러기류의 과도기적 형태(transitional species)로부터 기원한 종일 가능성도 있지만, 더 정확한 비교를 위해서는 더 많은 화석 표본이 필요하다. 순계류나 기러기류에 포함되지 않고 Galloanserae의 기저에 속하는 분류군들(taxa)로는 오스트레일리아 불럭크리크(Bullock Creek)의 캠필드 단위층(Camfield Beds)에서 발견된 *D. planei* (Rich, 1979), 피지 비치레부 섬(Viti Levu)의 우딧토모 동굴(Udit Tomo)에서 발견된 *Megavitiornis altirostris* (Worthy, 2000), 바누아투 에파테 섬(Efate)의 테오우마 유적지(Teouma)에서 발견된 *Mwalau walterlinii* (Worthy et al., 2015), 오스트레일리아 뉴칼레도니아(New Caledonia)의 핀다이 동굴(Pindai Caves)에서 발견된 *S. neocaledoniae* (Poplin, 1980)가 있다. 이 4종의 기저 Galloanserae는 현재까지 모두 남반구에서 발견되었다. 따라서 강원도 동해시 남부의 북평층에서 발견된 새 다리뼈 화석은 북반구



Fig. 5. Distal view of left tibiotarsus.

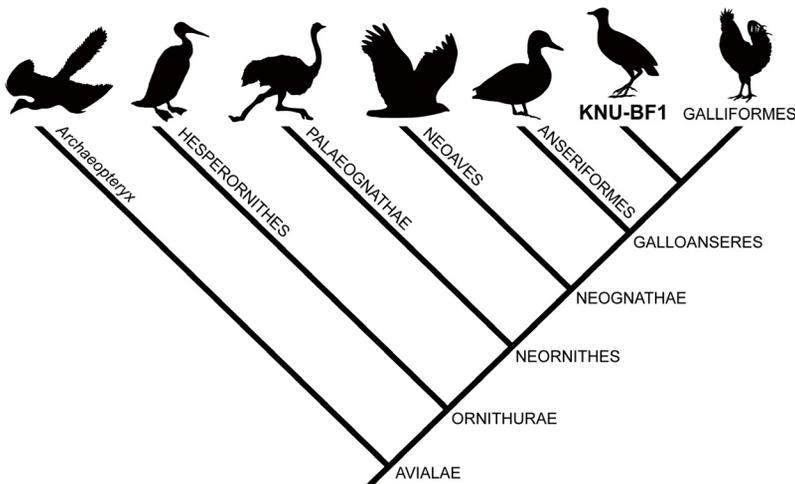


Fig. 6. Simplified phylogenetic tree of Avialae, showing the taxonomic position of specimen KNU-BF1 based on this study.

에서 발견된 최초의 기저 Galloanserae의 체화석 기록이다.

흥미롭게도 *D. planei*와, *M. altirostris*, *M. walterlinii*, *S. neocaledoniae*는 모두 북평층보다 젊은 지층에서 산출되었다. *M. altirostris*와 *M. walterlinii*, *S. neocaledoniae*는 생존시기가 홀로세에 해당된다(Poplin, 1980; Worthy, 2000; Worthy *et al.*, 2015). 북평층의 Galloanserae에 속한 새화석은 시기적으로 중기에서 후기 마이오세 사이에 생존했던 *D. planei*보다 오래되었다(Rich, 1979). 신생대에서 가장 오래된 원시 Galloanserae 화석이 남반구가 아닌 북반구에서 발견되었다는 것은 이들의 진화유형과 고지리에 관한 연구에 이 화석이 중요한 자료가 될 수 있음을 암시한다.

이 표본이 발견된 북평층 내에서는 다양한 규조류와 *Cyprinus*속의 인두치가 풍부하게 산출되는데(Lee, 1977; Choi and Bong, 1986; Lee *et al.*, 2003), Lee *et al.* (2003)은 당시의 규조류가 저식성(benthivorous) 어류인 *Cyprinus*속의 풍부한 먹이원이었을 것으로 추정했다. 먹이사슬의 상위 개체에 해당하는 조류 또한 규조가 풍부한 환경에서 직간접적인 영향을 받았을 것으로 여겨지며, 함께 산출되는 물고기와 설치류 등의 동물을 먹이로 삼았을 가능성도 있다.

사 사

새화석의 분류에 도움을 준 일본 홋카이도 대학교(Hokkaido University)의 타나카 토모노리(Tanaka Tomonori) 석사와 호주 플린더즈 대학교(Flinders University)의 베네사 드 피에트리(Vanesa De Pietri) 박사, 그리고 수장고 내 조류 골격표본 접근을 허락해 주신 서대문자연사박물관의 백두성 전시교육팀장님에게 감사드립니다. 서울대학교의 박의준 학생은 문헌을 구하는 일에 도움을 주었습니다. 고맙습니다. 투고에 앞서 원고를 읽어주시고 개선할 만한 사항들을 제시 해주신 출판사 씨드북의 장미연 편집자님에게도 감사드립니다. 마지막으로 본 단보를 심사해주신 서울대학교의 이용남 교수님과 익명의 심사위원님에게 감사드립니다.

REFERENCES

- Back, K.S. and Yang, S.Y., 1998, Preliminary Report about the Bird Tracks from the Cretaceous Haman Formation of Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 34, 94-104 (in Korean with English abstract).
- Baumel, J.J. and Witmer, L.M., 1993, Osteologia. In: Baumel, J.J., King, A.S., Breazile, J.E., Evans, H.E. and Vanden Berge, J.C. (eds.), Handbook of Avian Anatomy: Nomina Anatomica Avium (2nd ed.), 45-132.
- Chatterjee, S., 1997, The Rise of Birds: 225 Million Years of Evolution. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 328 p.
- Choi, D.K. and Bong, P.Y., 1986, Neogene palynomorphs from lignite beds of Bugpyeong and Yeonghae areas, Korea. Journal of Paleontological Society of Korea, 2, 1-17.
- Gao, K.-Q., Li, Q., Wei, M., Park, H. and Pak, I., 2009, Early Cretaceous birds and pterosaurs from the Sinuiju Series, and geographic extension of the Jehol Biota into the Korean Peninsula. Journal of Paleontological Society of Korea, 25, 57-61.
- Godefroit, P., Cau, A., Hu, D.-Y., Escuillié, F., Wu, W. and Dyke, G., 2013, A Jurassic avialan dinosaur from China resolves the early phylogenetic history of birds. Nature, 498, 359-362.
- Huang, J., Wang, X., Hu, Y., Liu, J., Peteya, J.A. and Clarke, J.A., 2016, A new ornithurine from the Early Cretaceous of China sheds light on the evolution of early ecological and cranial diversity in birds. PeerJ, 4, e1765. DOI 10.7717/peerj.1765
- Huh, M., Lockley, M.G., Kim, K.S., Kim, J.Y. and Gwak, S.-G., 2012, First Report of *Aquatilavipes* from Korea: New finds from Cretaceous strata in the Yeosu Islands Archipelago. Ichnos-an International Journal for Plant and Animal Traces, 19, 43-49.
- Kim, B.K., 1969, A study of several sole marks in the Haman Formation. Journal of the Geological Society of Korea, 5, 243-258.
- Kim, B.K., 1970, A Study on the Neogene Tertiary deposits in Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 2, 77-96 (in Korean with English abstract).
- Kim, H.J., Paik, I.S. and Huh, M., 2011, Bird footprint-bearing deposits from the Cretaceous Haman Formation in the southern Gyeongsang Basin: Occurrences, taphonomy and paleoenvironments. Journal of the Geological Society of Korea, 47, 97-122 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.Y., Kim, K.-S. and Kim, S.H., 2006a, A fossil feather from the Late Pleistocene deposits in Jeju Island, Korea. Journal of the Korean Earth Science Society, 27, 579-584.
- Kim, J.Y., Kim, M.K., Oh, M.S. and Lee, G.Z., 2013, A new semi-palmate bird track, *Gyeongsangornipes lockleyi* ichnogen. et ichnosp. nov., and *Koreanaornis* from the

- early Cretaceous Jindong formation of Goseong county, Southern Coast of Korea. *Ichnos-an International Journal for Plant and Animal Traces*, 20, 72-80.
- Kim, J.Y., Kim, S.H. and Lockley, M.G., 2006b, The oldest record of webbed bird and pterosaur tracks from South Korea (Cretaceous Haman Formation, Changseon and Sinsu Island): More evidence of high avian diversity in West Asia. *Cretaceous Research*, 27, 56-69.
- Kim, J.Y., Koh, Y.K., Chung, C.H. and Kim, H.G., 1996, Paleocology of Neogene palynoflora from the Bugpyeong Formation, Donghae Area, Korea. *Journal of Paleontological Society of Korea*, 12, 168-180 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.Y., Lockley, M.G., Seo, S.J., Kim, K.S., Kim, S.H. and Baek, K.S., 2012, A Paradise of Mesozoic Birds: The World's Richest and Most Diverse Cretaceous Bird Track Assemblage from the Early Cretaceous Haman Formation of the Gajin Tracksite, Jinju, Korea. *Ichnos-an International Journal for Plant and Animal Traces*, 19, 28-42.
- Lee, Y.G., 1977, On the fossil diatoms in the Bukpyeong Formation, Bukpyeong area, Gangweondo, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 13, 23-40.
- Lee, Y.-N., 2004, The first cyprinid fish and small mammal fossils from the Korean Peninsula. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24, 489-493.
- Lee, Y.-N. and Jacobs, L.L., 2010, The platanthomyine rodent Neocometes from the Miocene of South Korea and its paleobiogeographical implications. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55, 581-586.
- Lee, Y.-N., Lee, Y.-S. and Yoon, S., 2003, Cyprinid pharyngeal teeth from the Bukpyeong Formation, Donghae City, Gangweon Province. *Journal of the Geological Society of Korea*, 39, 199-210 (in Korean with English abstract).
- Lee, Y.-N., Yu, K.-M. and Wood, C.B., 2001, A review of vertebrate faunas from the Gyeongsang Supergroup (Cretaceous) in South Korea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 165, 357-373.
- Lim, J.D., Zhou, Z., Martin, L.D., Baek, K.S. and Yang, S.Y., 2000, The oldest known tracks of web-footed birds from the lower Cretaceous of Korea. *Naturwissenschaften*, 87, 256-259.
- Lockley, M.G., Houck, K.A., Yang, S.Y., Matsukawa, M. and Lim, S.K., 2006, Dinosaur dominated footprint assemblages from the Cretaceous Jindong Formation, Hallyeo Haesang National Park, Goseong county, South Korea: Evidence and implications. *Cretaceous Research*, 27, 70-101.
- Lockley, M.G., Lim, J.-D., Kim, J.Y., Kim, K.S., Huh, M. and Hwang, K.-G., 2012, Tracking Korea's Early Birds: A Review of Cretaceous Avian Ichnology and Its Implications for Evolution and Behavior. *Ichnos-an International Journal for Plant and Animal Traces*, 19, 17-27.
- Lockley, M.G., Yang, S.Y., Matsukawa, A., Fleming, F. and Lim, S.K., 1992, The track record of Mesozoic birds: Evidence and implications. *Philosophical Transaction Royal Society London B*, 336, 113-134.
- Meijer, H.J.M., 2014, A peculiar anseriform (Aves: Anseriformes) from the Miocene of Gargano (Italy). *Comptes Rendus Palevol*, 13, 19-26.
- Naish, D., 2012, Birds. In: Brett-Serman, M.K., Holtz, Jr., T.R. and Farlow, J.O. (eds.), *The Complete Dinosaur* (2nd ed.), Indiana University Press, Indiana, USA, 379-423.
- Norell, M.A. and Clarke, J.A., 2001, Fossil that fills a critical gap in avian evolution. *Nature*, 409, 181-184.
- Poplin, F., 1980, *Sylviornis neocaledoniae* n. g., n. sp. (Aves), ratite éteint de la Nouvelle-Calédonie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris Série D*, 290, 691-694 (in French with English abstract).
- Rich, P., 1979, The Dromornithidae, an extinct family of large ground birds endemic to Australia. *Bureau of National Resources, Geology and Geophysics Bulletin*, 184, 1-196.
- Sibley, C.G. and Monroe, Jr., B.L., 1990, *Distribution and taxonomy of birds of the world*. Yale University Press, New Haven, USA, 11360 p.
- Wang, M., O'Connor, J.K., Pan, Y. and Zhou, Z., 2017, A bizarre Early Cretaceous enantiornithine bird with unique crural feathers and an ornithuromorph plough-shaped pygostyle. *Nature Communications*, 8, 14141. doi:10.1038/ncomms14141
- Wang, M., Wang, X., Wang, Y. and Zhou, Z., 2016a, A new basal bird from China with implications for morphological diversity in early birds. *Scientific Reports*, 6, 19700. doi:10.1038/srep19700
- Wang, M., Zheng, X., O'Connor, J.K., Lloyd, G.T., Wang, X., Wang, Y., Zhang, X. and Zhou, Z., 2015, The oldest record of ornithuromorpha from the early cretaceous of China. *Nature Communications*, 6, 6987. doi:10.1038/ncomms7987
- Wang, M., Zhou, Z. and Sullivan, C., 2016b, A Fish-Eating Enantiornithine Bird from the Early Cretaceous of China Provides Evidence of Modern Avian Digestive Features. *Current Biology*, 26, 1170-1176.
- Worthy, T.H., 2000, The fossil megapodes (Aves: Megapodiidae) of Fiji with descriptions of a new genus and two new species. *Journal of The Royal Society of New Zealand*, 30, 337-364.
- Worthy, T.H., Hawkins, S., Bedford, S. and Spriggs, M.,

- 2015, Avifauna from the Teouma Lapita Site, Efate Island, Vanuatu, Including a new genus and species of Megapode. *Pacific Science*, 69, 205-254.
- Worthy, T.H., Mitri, M., Handley, W.D., Lee, M.S.Y., Anderson, A. and Sand, C., 2016, Osteology supports a stem-galliform affinity for the giant extinct flightless bird *Sylviornis neocaledoniae* (Sylviornithidae, Galloanseres). *PLoS ONE*, 11, e0150871. doi:10.1371/journal.pone.0150871
- Yang, S.Y., Lockley, M.G., Greben, R., Erickson, B.R. and Lim, S.K., 1995, Flamingo and duck-like birdtracks from the Late Cretaceous and Early Tertiary: Evidence and implications. *Ichnos-an International Journal for Plant and Animal Traces*, 4, 21-34.
- Yu, C.J., 1971, The Tertiary fossil pollens and diatoms from Bukpyeong, Korea. *Bulletin of the Geological Survey of Korea*, 13, 449-484.
- Zhao, T., Mayr, G., Wang, M. and Wang, W., 2015, A trogon-like arboreal bird from the early Eocene of China. *Alcheringa-an Australasian Journal of Palaeontology*, 39, 287-294.
-

Received : February 14, 2017

Revised : April 5, 2017

Accepted : April 9, 2017