

남한의 공룡알화석 산출 현황

허 민^{1,*} · 백인성² · 박 준¹ · 황구근¹ · 이용일³ · 양승영⁴ · 임종덕⁵ · 이영엽⁶ ·
정대교⁷ · 서승조⁸ · 박계현² · 문기현¹

¹전남대학교 지구환경과학부 & 한국공룡연구센터 · ²부경대학교 환경지질학과

³서울대학교 지구환경과학부 · ⁴경북대학교 지구과학교육과

⁵국립문화재연구소 자연문화재연구실 · ⁶전북대학교 지구환경과학과

⁷강원대학교 지질학과 · ⁸진주교육대학교 과학교육과

요 약

남한에 분포하는 백악기 퇴적층 가운데 경남 하동군 수문리 지역의 하산동층, 전남 보성군의 선소역암, 경기도 화성시의 시화층, 경남 고성군의 고성층, 경남 사천시 신수도의 함안층, 부산시의 다대포층, 전남 구례군 금내리층의 7개 지역에서 공룡알과 알둥지화석이 풍부하게 산출되었다. 남한의 공룡알화석층은 시대적으로 백악기초에서 백악기말에 이르고, 퇴적환경은 충적선상지에서부터 충적평원에 이르기까지 다양하다. 공룡알은 주로 사질 이암층에서 등지형태로 산출되며, 대부분 산란된 그 자리에서 매몰되어 화석화된 것으로 해석된다. 공룡알들은 주로 석회질 고토양에 보존되어 있는데 이는 당시의 고기후가 건기와 우기가 교호된 반건조한 환경이었음을 알 수 있다. 전반적으로 공룡알 화석층에 고토양 기원의 캘크리트가 수반되어 있음은 석회질을 띠는 공룡알의 보존에 알칼리성을 띠는 석회질고토양의 발달이 주요한 역할을 담당하였음을 시사한다. 한편, 보성 및 고성 지역의 알화석층에서 동일한 지역의 여러 층위에 걸쳐 알둥지가 반복적으로 산출되는 양상은 집단 산란지역을 매우 오랜 시간동안 반복적으로 이용하는 소위 “산란지의 반복적인 선호특성”이 백악기에 한반도에 서식하였던 공룡들에게도 부분적으로 있었음을 시사하여 준다. 대부분 공룡알들은 상부가 제거되거나 깨진 채 발견되며, 이들 알껍질 내외부에는 주변 퇴적물로 충전 되어 있다. 보성에서는 알 내부가 방해석으로 채워지거나 정동(geoid) 양상으로 속이 빈 내부에 광물질로 충전 된 경우도 있다. 남한에서 공룡알은 52개 정도의 공룡알둥지에 390 여개의 공룡알들이 발견 및 발굴되었다. 하나의 둥지는 3개에서 16개까지의 공룡알로 구성되어 있다. 공룡알의 크기는 69 mm 에서부터 180 mm에 이르기까지 다양하며, 공룡알의 모양은 타원형, 반구형, 구형으로 나타난다. 공룡알껍데기 두께는 0.58 mm에서부터 4.90 mm까지의 범위를 보이고 있다. 2.0 mm가 넘는 두꺼운 알껍데기가 산출됨은 매우 특징적이다. 공룡알 표면은 부드러운 돌기에서 울퉁불퉁한 돌기, 골이 깊은 돌기까지 다양하다. 남한에서 산출되고 있는 공룡알은 알껍데기는 크게 Faveoololithidae, Spheroolithidae, Dendroolithidae, Ovaloolithidae, Elongatoolithidae의 5개의 난과(Parataxonomic Families)로 분류되고, 이 중 Faveoololithidae는 남한의 공룡알화석 가운데 제일 풍부하게 산출된다. 한반도에서 산출되고 있는 공룡알화석은 중국 산둥반도나 후베이, 후난성 지역 및 몽골 고비 사막 지역 등에서 산출된 종류와 비교가 가능하며, 이들은 또한 북미 대륙의 알버타주 등에서 산출된 공룡알들과 비교가 요구되고 있다. 공룡알의 부화 유형은 대부분 수평으로 평평한 형태를 이루고 있어 중국이나 몽골에서 산출되는 알화석에서 볼 수 있는 일명 아시아 유형을 띠고 있다. 다양한 층에서 다양한 종류를 갖는 남한의 공룡알 산출은 공룡알과 함께 산출된 다른 화석들과 함께 백악기 당시 공룡 산란지 환경이나 고환경 및 고생태를 해석할 수 있는 중요한 지역임을 시사한다.

주요어: 남한, 공룡알, 공룡알둥지, 고토양, 공룡알형태, 알껍데기구조, 산란지환경

Min Huh, In Sung Paik, June Park, Koo Geun Hwang, Yong Il Lee, Seong Young Yang, Jong Deok Lim, Young Up Lee, Dae Kyo Cheong, Seoung Jo Seo, Kye Hun Park and Ki Hyun Moon, 2006, Occurrence of dinosaur eggs in South Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*. v. 42, no. 4, p. 523-547

* Corresponding author: Tel. +82-62-530-3455, E-mail. minhuh@chonnam.ac.kr

ABSTRACT: Abundant dinosaur eggs and clutches have been found from the Cretaceous non-marine deposits of Korea. They occur in several stratigraphic formations including the Hasandong Formation at Hadong, the Seonso Conglomerate at Boseong, the Shiwha Formation at Hwaseong, the Goseong Formation at Goseong, the Haman Formation at Shinsudo of Sacheon, the Dadaepo Formation at Busan and the Geumnaeri Formation at Gurye. Most of the egg-bearing formations are the Late Cretaceous except the Early Cretaceous Hasandong and Shiwha formations. The dinosaur eggs usually occur as clutches in purple sandy mudstone of floodplain deposits associated with fluvial plain and alluvial fan deposits. The preservation of these dinosaur eggs in calcic and vertic paleosols suggests that the palaeoclimate of the nested areas were semi-arid with alternation of wetting and drying periods. Mostly, the eggs are top-broken and filled with surrounding sediments, while some eggs at Boseong site show geoid-fill. In South Korea, a total of 52 clutches containing 390 dinosaur eggs were found and excavated until now. The clutches contain from 3 to 16 eggs. The eggs have spherical to subspherical and ellipsoidal shapes showing range from 69-180 mm in diameter. The thickness of eggshells ranges from 0.58 mm to 4.90 mm. The surface of eggshell varies from linearituberculate to dispersituberculate ornaments. Five taxonomic families (Faveoolithidae, Spheroolithidae, Dendroolithidae, Ovalootithidae and Elongatoolithidae) are identified from the Korean dinosaur eggs. The eggs appear to have closest ootaxonomic affinities with those from the Xixia Basin of Henan Province, and Hunan, Hubei, Shandong areas in China and the Nemegt Basin in Gobi Desert of Mongolia. More ootaxonomic comparison with Central Asian dinosaur eggs is needed. On the basis of previous discoveries elsewhere in Asia, it is suggested that the eggs described herein belong to sauropods, ornithomorphs, and theropods. The occurrences of Korean dinosaur eggs in diverse stratigraphic formations and sedimentological setting and in diverse morphotypes provide an opportunity to study the palaeoecologic and palaeoenvironmental conditions of nesting sites of the Late Cretaceous dinosaurs.

Key words: South Korea, dinosaur eggs, clutch, paleosol, egg morphotype, eggshell morphotype, condition of nesting site

(Min Huh, June Park, Koo Geun Hwang and Ki Hyun Moon, Faculty of Earth Systems and Environmental Sciences & Korea Dinosaur Research Center, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea; In Sung Paik and Kye Hun Park, Department of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; Yong Il Lee, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 151-741, Korea; Seong Young Yang, Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 701-802, Korea; Jong Deok Lim, Division of Natural Heritage, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 305-380, Korea; Young Up Lee, Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; Dae Kyo Cheong, Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; Seoung Jo Seo, Department of Science Education, Chonju National University of Education, Chonju 660-756, Korea)

1. 서론

최근 남한 곳곳에서 대규모로 발견된 공룡발자국, 공룡뼈, 공룡알, 공룡이빨 및 익룡발자국, 익룡뼈 등 다양한 종류의 공룡 및 익룡 화석들의 연구 결과(양승영 외, 2000, 2006; 윤철수와 양승영, 1997; 윤철수 외, 2004; 이용남 외, 2000, 2004; 허민 외, 1999, 2000, 2006; Chang *et al.* 1982; Dong *et al.* 2001; Kim, 1983; Kim *et al.*, 2000; Huh *et al.* 1996, 1997, 2000, 2001a,b, 2003a,b, 2004a,b, 2006a,b; Huh & Zelenitsky, 2002; Hwang, 2001; Hwang *et al.* 2002a,b, 2004, 2006; Lim, 1991; Lim *et al.*, 2002; Lim *et al.* 1989, 1994; Lee *et al.* 2000, 2001, 2003; Lee & Huh, 2002; Lockley *et al.*, 1992a,b, 1995, 1997; Paik *et al.*, 2001a,b, 2004, 2006a,b(in press); Park *et al.*, 2000; Yang *et al.*, 1995,

1997; Yun & Yang, 2001)는 남한이 백악기 공룡화석 연구에 있어서 매우 중요한 지역임을 입증하고 있다. 이는 1990년대 중반부터 본격적으로 시작된 한반도 중생대 퇴적층을 대상으로 한 공룡화석 발굴 연구에 힘입은 바크다고 할 수 있다. 이들 화석들로 인한 학술적 가치는 가히 세계적이어서 공룡시대에 산출된 화석의 연구는 한반도 뿐만 아니라 세계 중생대 생물진화 사나 고환경, 고기후를 해석하는데 매우 중요한 지역으로 인식되고 있다. 한반도에는 상기 지역들 외에 소규모 퇴적분지들이 발달되어 있어, 앞으로도 많은 공룡화석들이 발견될 것으로 전망된다. 이들 발자국 화석 외에 그동안 드물게 산출되었던 공룡골격화석은 경남 하동에서 새천년부경룡(*Bukyongosaurus milleniumi* Dong *et al.*, 2001)이 발굴되었고, 전남 보성 공룡알 화석지에서 휩실로포돈류의 신종 공룡골격이 발굴됨

로서 이제 남한에서도 완벽한 모양의 공룡골격을 볼 수 있게 되었다(허민 외, 2006). 여기에 여수 지역에서는 피자식물에 해당되는 규화목의 발견과 함께 아시아 지역 백악기 최후기의 공룡화석지로 연구되어(Kim *et al.*, 2002; Paik *et al.*, in press), 남한의 후기백악기 화석지가 공룡 최후기 시대 및 공룡생태 연구에 매우 중요 지역으로 공룡멸종에 관련된 새로운 과학적 연구가 가능하게 되었다.

한편, 한반도 공룡알 연구는 1972년 경남 하동군 금남면 수문동에서 국내에서는 처음으로 공룡알 화석이 발견되었고, 1996년 동일 지역에서 다수의 공룡알 파편들이 발견되었다(윤철수와 양승영, 1997). 이후 전남 보성군 득량면 비봉리 선소해안 일대에서 대규모 공룡알화석이 발굴 연구되었다(허민 외, 1999, 2000, 2006; Huh & Zelenitsky, 2002; Paik *et al.*, 2004). 이들 알화석 발견지는 완벽한 모양을 갖춘 공룡알둥지가 대규모로 발견된 국내 최초의 일이다. 보성 비봉공룡알화석지에 이어 경기도 시화호 남측 간척지에서도 대규모 공룡알 및 알둥지가 발견되었다(이용남 외, 2000, 2004; Kim *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2003). 이 후 경남 고성군일대에서 공룡알들이 발견되었고(양승영 외, 2000), 최근 이 일대 4개 지역에서 공룡알 및 거북알이 발굴되었다(양승영 외, 2006). 2003년에는 경남 사천시 신수도에서 공룡알이 발견되었으며(윤철수 외, 2004), 이들 지역 외에 부산 다대포, 전남 구례지역에서 공룡알이 발견되어 연구되고 있다(Huh *et al.*, 2006b).

금번 연구는 지금까지 산출된 남한의 공룡알화석지 7개 지역을 대상으로 공룡알들의 산출양상에 관하여 알아보는 한반도 공룡알화석에 관한 1차 연구이다. 이 연구는 현재 진행되고 있는 한반도 공룡알에 대한 체계적인 고생물학적 연구의 기초단계 연구이며, 중생대 퇴적층에서 공룡알과 함께 무수히 발견되고 있는 다른 척추동물골격이나 각종 생흔화석, 식물 및 미화석 등의 화석과의 비교 연구를 통해서 백악기 최후기에 한반도에서 일어났던 지질학적 사건들을 규명하기 위한 기초 연구로서 그 의의를 찾을 수 있다.

2. 공룡알화석 연구사

2.1 세계의 공룡알화석 연구사

공룡알화석 연구에 관한 기존 연구는 약 150 년 전

으로 거슬러 올라간다. 최초의 공룡알화석의 발견은 1859년 서부 프랑스였다. 이 시기는 1841년 영국의 리처드 오엔 경이 공룡(Dinosauria)란 용어를 처음 제안한 후 얼마 지나지 않는 시점이었다. 당시 공룡알껍질을 발견한 사람들(Buffetaut and Le Loewff)은 이를 악어나 익룡의 알껍질로 잘못 해석하고 말았다. 그 후 공룡연구는 1910년부터 공룡 연구가들이 아시아의 중국과 몽고에 관심을 가지면서부터 활발해지기 시작하였다. 1923년 미국자연사박물관 로이 채프린 앤드루스(Andrew, 1932) 관장이 이끄는 미국 자연사박물관 중앙아시아 탐험대는 몽고 고비사막 바얀작 지역에서 세계 처음으로 공룡알둥지를 발견하였다. 이곳에서는 20개의 타원형 공룡알들이 몇 층을 이루며 동심원상으로 배열되어 있었고, 공룡알둥지와 함께 프로토세라톱스 공룡뼈도 함께 발견되었다. 이들의 발견은 공룡이 딱딱한 알을 낳는 파충류이라는 것을 알리는 계기가 되었다. 이 공룡알들은 1993년 동일지역에서 똑같은 알둥지에 오비렙터(Oviraptor)의 공룡뼈가 발견될 때까지 이곳 공룡알의 주인은 프로토세라톱스에 속한 것으로 믿었다. 이 발견 이후 이곳에서는 오비렙터가 공룡알을 보호 하였던 것으로 밝혀졌다. 이후 Jepsen(1931)에 의해 북미 몬타나에서 공룡알화석이 발견되었고, 중국, 몽고 등지에서는 Efremov (1950), Young (1954, 1959, 1965) 등에 의해 공룡알화석이 연구되었다. Young (1954, 1959, 1965)은 중국의 산둥반도에서 다량의 공룡알 화석을 발견하고 기재하였으며, Oolithes라는 알화석에 대한 명칭을 제안(Young, 1965)한 바 있다. 1960년대 Thaler (1965)는 프랑스와 브라질에서, Jensen (1966)은 미국 유타에서 공룡알화석을 보고하였다. Jensen (1966)은 특히 North Horn Formation에서 산출되는 공룡알을 대상으로 외부윤곽과 표면장식에 의해 3가지 부류로 나누기도 하였다. Sochava (1969)는 몽골의 고비사막에서 발견된 공룡알화석을 기도관(air canal)의 특징에 따라 3 가지로 구분하였다.

1970년대에 들어와서는 주로 독일의 Erben (1970, 1972)과 Erben, Hoefs & Wedepohl (1979)는 주사전자현미경(SEM)에 의해 공룡알껍데기화석의 미구조에 대한 자세한 관찰과 그 연구를 활발히 진행하였으며, 특히 그들은 공룡 멸종의 원인을 공룡 알껍데기의 두께가 중생대 백악기말로 갈수록 점점 박화(薄化)되어졌기 때문이라고 제안했다. Zhao & Jiang

(1974)는 중국 산둥지방에서 산출된 92개의 알화석을 5가지 종류로 분류하였으며, Zhao (1975, 1979a,b)는 공룡알껍데기의 속명은 “oolithus”라는 어미를 쓸 것을 제안한 바 있다. 1979년 미국 몬타나주에서 발견된 공룡알둥지는 공룡들이 알을 낳고 기르는 생활상을 이해시키는 공룡 생태에 관한 새로운 사실을 알려 주었다. 이는 잭 호너 박사가 17년 동안 이곳에서 연구한 결과였다. 발견된 오로드로미우스(Orodromeus)의 알둥지는 12개에서 24개의 공룡알들이 나선형으로 배열되어 있었고, 둥지에는 호수에서 자란 식물의 잔해들이 화석으로 발견되었다. 이는 이 공룡이 알을 식물로 덮고 썩게 함으로서 인큐베이터와 같은 부화 기술을 발휘하였던 것으로 해석되었다. 호너 박사가 밝힌 또 하나의 공룡알 둥지는 초식공룡 마이아사우라(Maiasaura)의 둥지였다. 이 공룡은 건조한 고지대에 집단으로 그들의 둥지를 만들었고, 둥지를 다시 수선해 사용하였다는 놀라운 사실을 가르쳐 주었다. 또한, 마이아사우라 새끼는 부화 후 약 몇 주 동안은 어미로부터 먹이를 공급받았던 것으로 해석되었다. 이러한 사실은 둥지 안에 밝혀 깨어진 알조각들이 많았던 것을 통해 알 수 있었다. 이러한 발견은 공룡의 모성애와 사회생활을 엿 보게 해 주는 중요한 사실을 제공 해 주었다. 1990년 이후에는 중국의 산둥, 후베이, 후난성, 제지안 및 광둥 지역 등에서 공룡알들이 무더기로 발견되기도 하였다.

Hirsch (1979, 1983, 1985), Hirsch & Packard (1987), Hirsch, Stadtman, Miller & Madsen (1989), Hirsch & Quinn (1990) 등은 최근까지 알껍데기 구조 연구 및 공룡 알화석의 다양한 연구 기술 개발에 힘썼으며, 특히 미국 콜로라도(Colorado)의 에오세 지층에서 악어 알화석을 최초로 기재하기도 하였다 (Hirsch, 1985). 최근 Zhao (1994)는 1951년 이래 중국에서 산출된 수 백 개의 완전한 공룡알과 수 천 개의 알껍데기 화석에 대한 그들의 거시형태적, 미구조적 특징과 알둥지의 생태적인 특징에 근거하여 다음과 같이 5개의 족(families)로 나누었다. Dictyoolithidae, Faveoolithidae, Dendroolithidae, Spheroolithidae, Elongatoolithidae. 최근에 Carpenter, Hirsch and Horner(1994)등은 “Dinosaur Eggs and Babies”라는 책으로 공룡알 연구를 집대성하였다. 최근에 이르러 Hirsch, Zhao, Mikhailov, Horner 등에 의해 공룡알 연구가 활발히 진행되고 있고, Zelenisky는 카

나다 알버타의 공룡알층에서, Sahi는 인도에서 공룡 알화석에 관해 연구를 하고 있다.

2.2 남한의 공룡알 연구사

국내에서 최초로 발견된 공룡알화석은 1972년 경남 하동군 금남면 수문리 해안에서 경북대학교 양승영 교수에 의해서이다. 양 교수는 수문리 해안에서 연체동물화석 산지를 조사하던 중 우연히 공룡알껍데기를 발견하였고, 이 후 학술연구 결과를 1976년 2월 대한지질학회 학술발표대회를 통해서 발표하였다(양승영, 1976). 이 후 1996년 동일 지역에서 다수의 공룡알 파편들이 발견되었다(윤철수와 양승영, 1997). 이들은 비록 공룡알의 완벽한 형태를 가지지 않은 알 파편으로 산출되었을지라도 한반도 공룡알 화석의 최초 발견이라는 점에서 의의가 크다고 할 수 있다.

1980년대에 들어와 전남 보성군 득량면 비봉리 선소해안에서 1998년 9월 본 논문 첫 저자(전남대학교 허민 교수팀)에 의해 공룡알이 무더기로 발견되었다(허민 외, 1999). 허민 교수팀은 이 보성지역 3 km 해안에서 1999년부터 2005년까지 3차에 걸친 대규모 발굴 조사를 통해 200 여점의 공룡알화석과 힘실로포돈류의 공룡골격 신종과 거북뼈 및 거북알화석 등 척추동물화석들을 발굴하여 이를 국내외에 발표하였다(허민 외, 1999, 2000, 2006; Huh & Zelenitsky, 2002; Paik *et al.*, 2004; Huh *et al.*, 2005). 이들 보성 공룡알화석 발견은 알껍데기같은 파편이 아닌 완벽한 모양을 갖춘 공룡알둥지가 대규모로 발견된 국내 최초의 일이다. 보성 비봉공룡알화석지에 이어 경기도 시화호 남측 간척지인 경기도 화성시 송산면 고정리 일대에서 현지 환경운동을 하던 최종인 씨에 의해 공룡알 화석 산지가 발견되었고, 최종인과 한국해양연구원 정갑식 박사는 1999년 4월 이 곳 일대에서 다수의 공룡알을 추가로 발견하였다. 시화호 일대는 공룡알과 함께 식물화석 및 생흔화석 등이 함께 산출되고 있으며(이용남 외, 2000, 2004; Kim *et al.*, 2000), 한국지질자원연구원과 한국해양연구원 팀에 의해 지속적으로 연구되고 있다. 이 후 양승영과 한석운은 1999년 경남 고성군일대에서 공룡발자국조사 용역을 수행하던 중 고성군 삼산면 판곡리 마리개와 갈미개 해안에서 공룡알들을 발견되었고, 고성을 월평리 위생처리장 부근에서 한석운에 의해 추가로 공룡알

산지가 발견되었다(양승영 외, 2000). 최근 이 일대 4개 지역에서 공룡알 발굴 용역이 수행되었고(양승영 외, 2006), 공룡알 및 거북알이 연구되고 있다(Huh *et al.*, 2006b). 고성 지역은 완벽한 모양의 공룡발자국들이 무수히 산재되어 있는 대규모 공룡발자국화석 지관 점에서 공룡알화석의 발견은 그 의의가 크다고 할 수 있다. 2003년 2월에는 경남 사천시 신수도에서 윤철수, 백광석, 정형석에 의해 공룡알화석이 발견되었고(윤철수 외, 2004), 이 후 신수도 인근 아두섬 지역에서도 공룡알이 추가로 발견되었다. 특히 이 지역은 함안층에서 처음 발견된 지역이고, 목재화석 및 공룡발자국이 함께 산출된 지역이다. 최근 문화재청에서는 이들 지역을 보성, 시화호에 이어 공룡알산지로는 국내 3번째로 천연기념물 지역으로 지정하였다. 이들 지역 외 전남 구례군 문척면과 간전면 일대에서 전북대학교 이영엽 교수팀에 의해 공룡골격화석이 발견되었고(송준호, 2004), 전북대학교, 전남대학교공룡연구센터, 부경대학교 연합팀에 의해 공룡알 및 규화목화석이 추가로 발견되었다(Huh *et al.*, 2006b). 이 지역에서는 규화목 등 식물화석이 공룡알과 함께 발견되었고, 화석이 발견된 퇴적층이 주변 지역과 격리된 소규모 퇴적분지라는 점에서 의의가 있다. 공룡골편은 대형 용각류공룡의 골격 일부로 해석되어(송준호, 2004), 이 지역에 대한 새로운 발굴 연구가 기대된다. 부산 다대포지역은 부경대학교 백인성 교수에 의해 2004년 부산광역시 사하구 다대동의 두송반도 해안에 분포하는 다대포층에서 공룡알이 발견되었다. 이들 공룡알화석층에 대한 연구는 백인성 등에 의해 연구되고 있다(Paik *et al.*, 2005). 이 외 경남 통영 도산면 도선리 해안에서 한석운과 부산대학교 김항목은 2000년에 공룡알들이 잘 배열된 하나의 등지 형태의 공룡알을 공개하였다. 이 등지는 알의 모양과 등지 배열 패턴으로 보아 수각류공룡으로 판단되나, 이들에 대한 구체적인 연구 자료가 발표되지 않은 관계로 이들 지역에 대한 확인 조사는 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

3. 남한 공룡알화석층의 산상 및 퇴적환경

한반도에 공룡이 서식하였던 중생대 백악기 당시의 남한 지역에는 산지로 둘러싸인 광활한 충적분지가 지금의 경상남북도 및 전남 일부 지역을 포함하는

여러 지역에 발달되어 있었다(그림 1). 이들 백악기 육성분지의 지층에서 공룡의 뼈화석이 산출되는 주요퇴적층은 대부분 백악기초의 충적평야 퇴적층이며(백인성 외, 1998; Paik *et al.*, 2001b), 발자국화석이 집중적으로 산출되는 퇴적층은 백악기말의 호수연변부 퇴적층이다(Paik *et al.*, 2001b; Huh *et al.*, 2003). 이와는 달리 공룡의 알껍질이 처음으로 발견된 경남 하동군 수문리 지역의 하산동층 알화석층을 비롯하여, 근래 들어 새로이 보고된 보성군의 선소역암, 화성시의 시화층, 고성군의 고성층, 사천시 신수도의 함안층, 부산시의 다대포층 및 구례군의 금내리층 등에 발달된 공룡알화석층은 시대적으로도 백악기초에서 백악기말에 이르고(그림 2), 퇴적환경 또한 충적선상지에서부터 충적평원에 이르기까지 다양한 것으로 보고되었다. 이들 공룡알화석층에서 산출되는 알들의 대부분은 집단의 형태를 어느 정도 보존한 채 산출되며, 이는 이 알화석들이 퇴적물과 함께 운반되어 온 것이 아니라, 산란된 그 자리에서 대부분 매몰되어 화석화된 것으로 해석된다. 이와 같은 우리나라 공룡알 화석층의 전반적인 발달특성은 백악기 당시 한반도에 서식하였던 공룡들의 산란환경이 시대 및 지역별로 차이가 있었음을 시사하여 준다. 한편 이들 공룡알 화석층들의 다양한 지질시대와 산상에도 불구하고, 전반적으로 공룡알화석층에 고토양 기원의 캄크리트가 수반되어 있음은 일반적인 특성으로, 이는 석회질을 띠는 공룡알의 보존에 알칼리성을 띠는 석회질고토양의 발달이 주요한 역할을 담당하였음을 시사하여 준다. 표 1은 지금까지 우리나라에서 보고된 공룡알화석층의 산상과 퇴적환경을 요약한 것이다.

한편 보성 및 고성 지역의 알화석층에서 나타나는 것처럼 동일한 지역의 여러 층준에 걸쳐 알둥지가 반복적으로 산출되는 양상은 오늘날의 펭귄처럼 집단 산란지역을 매우 오랜 시간동안 반복적으로 이용하는 소위 "site fidelity"라 말하는 "산란지의 반복적인 선호특성"이 백악기에 한반도에 서식하였던 공룡들에게도 부분적으로 있었음을 시사하여 준다(Paik *et al.*, 2004). 이와 함께 보성과 고성지역에서 확인된 공룡알과 거북알의 동일한 퇴적환경에서의 산출 백악기 당시 공룡과 거북이 선호하는 산란지 환경이 서로 유사하였음을 시사한다.

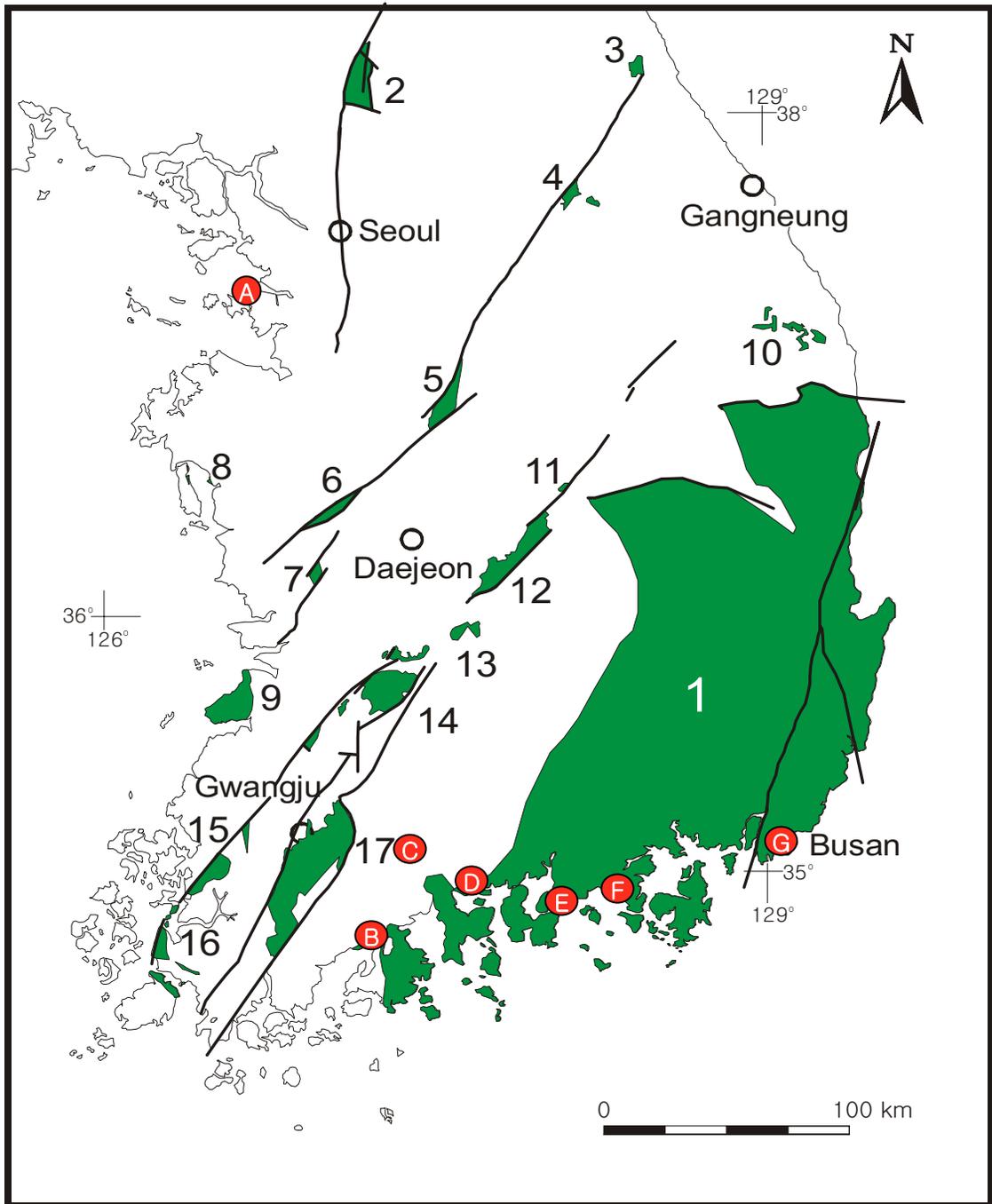


Fig 1. Distribution of Cretaceous basins and the main dinosaur egg sites in South Korea. A: Hwaseong, B: Boseong, C: Gurye, D: Hadong, E: Sinsudo, F: Goseong, G: Dadaepo dinosaur egg site. 1. Gyeongsang Basin, 2. Cheolwon Basin (undefined), 3. Misiryong Basin (undefined), 4. Pungam Basin, 5. Eumseong Basin, 6. Gongju Basin, 7. Puyeo Basin, 8. Cheonsuman Basin, 9. Kyokpo Basin, 10. Tongni Basin (undefined), 11. Jungsoori Basin (undefined), 12. Yongdong Basin, 13. Muju Basin, 14. Chinan Basin, 15. Hampyeong Basin (undefined), 16. Haenam Basin, 17. Neungju Basin.

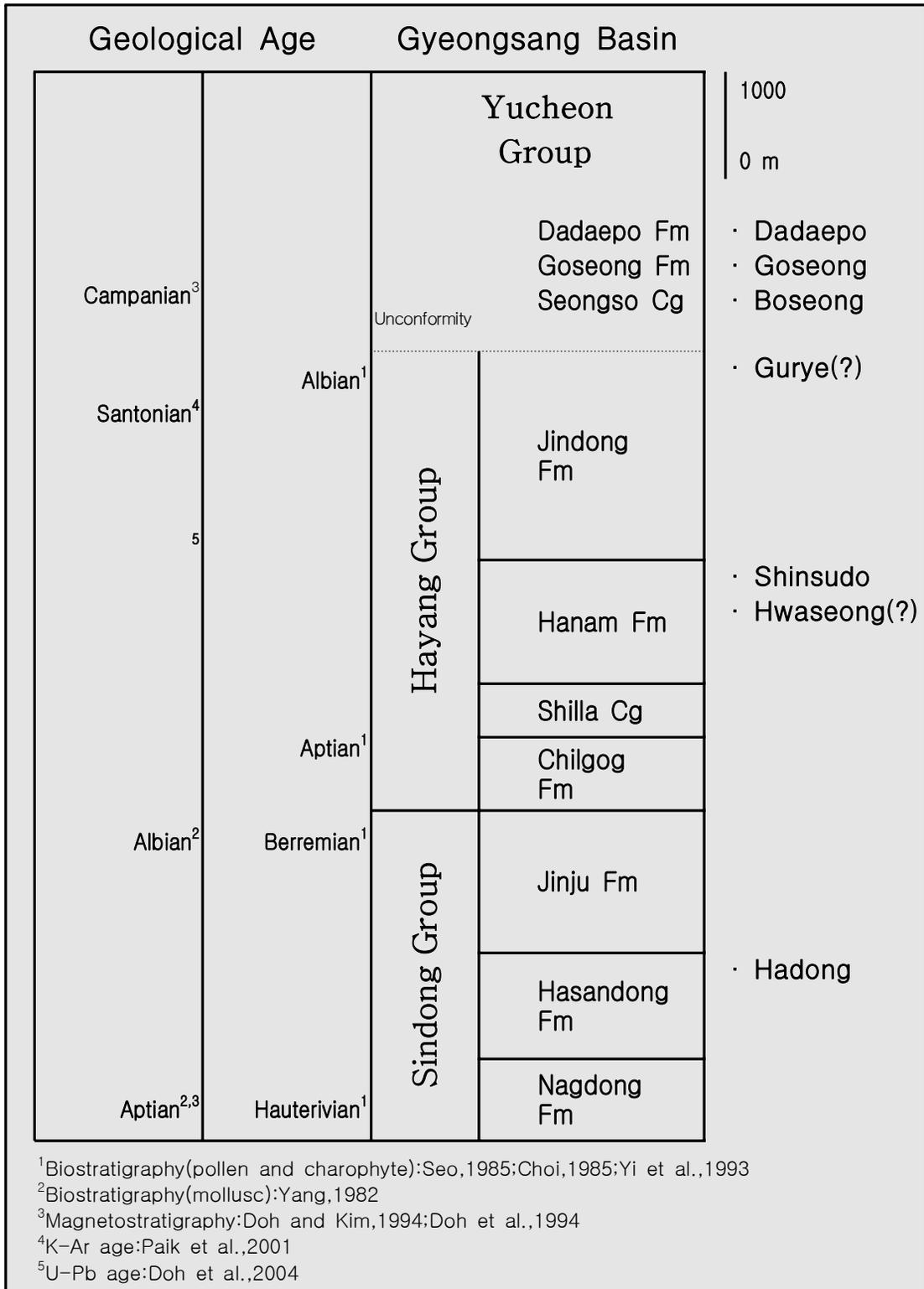


Fig. 2. Stratigraphic occurrence of the Cretaceous dinosaur egg-bearing deposits in South Korea.

Table 1. The summarized stratigraphic and depositional occurrence of the dinosaur egg-bearing deposits from the Cretaceous of South Korea.

Locality	Formation	Age	Lithology	Depositional environment	Paleoclimatic condition
Hadong	Hasandong	Lower Cretaceous	Sandy mudstone (calicic paleosols)	Floodplain associated with meandering river	Semi-arid
Boseong	Seonso Conglomerate	Upper Cretaceous	Tuffaceous sandy mudstone (calicic paleosols)	Floodplain on alluvial fan	Semi-arid
Hwaseong	Shiwha	Lower(?) Cretaceous	Gravelly siltstone Conglomerate	Channel Floodplain on alluvial fan	Semi-arid
Goseong	Goseong	Upper Cretaceous	Tuffaceous sandy mudstone (calicic paleosols) Tuffaceous medium- to fine-grained sandstone	Floodplain associated with meandering river	Semi-arid
Shinsudo	Haman	Upper Cretaceous (Cenomanian)	Tuffaceous sandy mudstone (calicic paleosols) Tuffaceous medium- to fine-grained sandstone	Floodplain on alluvial plain	Semi-arid
Dadaepo	Dadaepo	Upper Cretaceous	Tuffaceous sandy mudstone (calicic paleosols) Tuffaceous medium fine-grained sandstone	Floodplain associated with braided river	Semi-arid
Gurye	Geumnaeri	Upper Cretaceous	Tuffaceous sandy mudstone (calicic paleosols)	Floodplain on alluvial fan	Semi-arid

4. 공룡알 연구 방법

4.1 공룡알화석 연구개요

알(egg)은 태아(embryo)의 집이라 할 수 있다. 이 집은 태아가 성장하는데 필요한 모든 것을 제공하여야 한다. 즉, 공간구조(shelter), 외부방어격자(protection), 음식(food), 물(water), 신선한 공기(산소)(fresh air: oxygen), 오염공기배출, 일정한 온도, 골격구조성장에 필요한 칼슘, 그리고 쓰레기 저장장소 등이다. 알껍데기(eggshell)는 이 집을 지키는 벽으로 주로 석회질(calcareous)과 유기물(organic matter)로 구성되어 있고, 동지를 유지하고 어미의 무게를 지탱할 수 있을 정도로 단단해야 한다. 비록 이 알들이 부화 시간이 지남에 따라 부화하기 쉽게 점점 약해지기 마련이지만, 공룡알들은 다른 파충류의 알보다 훨씬 두껍고 단단한 게 사실이다. 또한 알들은 외부의 박테리아나 기생충으로부터 태아를 보호하기 위한 알껍

데기구조를 가지고 있다. 알과 알껍데기는 다양한 환경에 적응하기 위한 다양한 모양, 구조 및 기공계(pore system)를 가지고 있다. 공룡알의 모양은 타원형에서 원형까지 다양하며, 크기는 조각류나 용각류인 경우 직경이 100 mm 에서 200 mm 정도 까지이며, 수각류인 경우 직경이 약 400 mm 정도로 나타난다. 알껍질구조와 표면구조에 의해서 공룡알은 다른 파충류의 알들과 확실히 구별된다. 공룡알껍데기(eggshell)는 다른 악어나 조류알에 비해 훨씬 두껍다. 보통 공룡알껍데기는 1.5-2.5 mm 정도의 두께를 가지며, 표면은 오돌토돌한 돌기 형태를 가지고 있다. 알껍데기의 단면은 내층과 외층으로 구분되는데 내층(inner layer)은 유두상의 돌기가 있어 유상층(mammillary layer)이라 부르며, 외층(outer layer)은 해면층 또는 주상층(spongy layer or prismatic layer)이라 부르는데 매우 조밀하고 딱딱한 층으로 구성되어 있다. 보통 알껍데기의 외층은 내층보다 2배

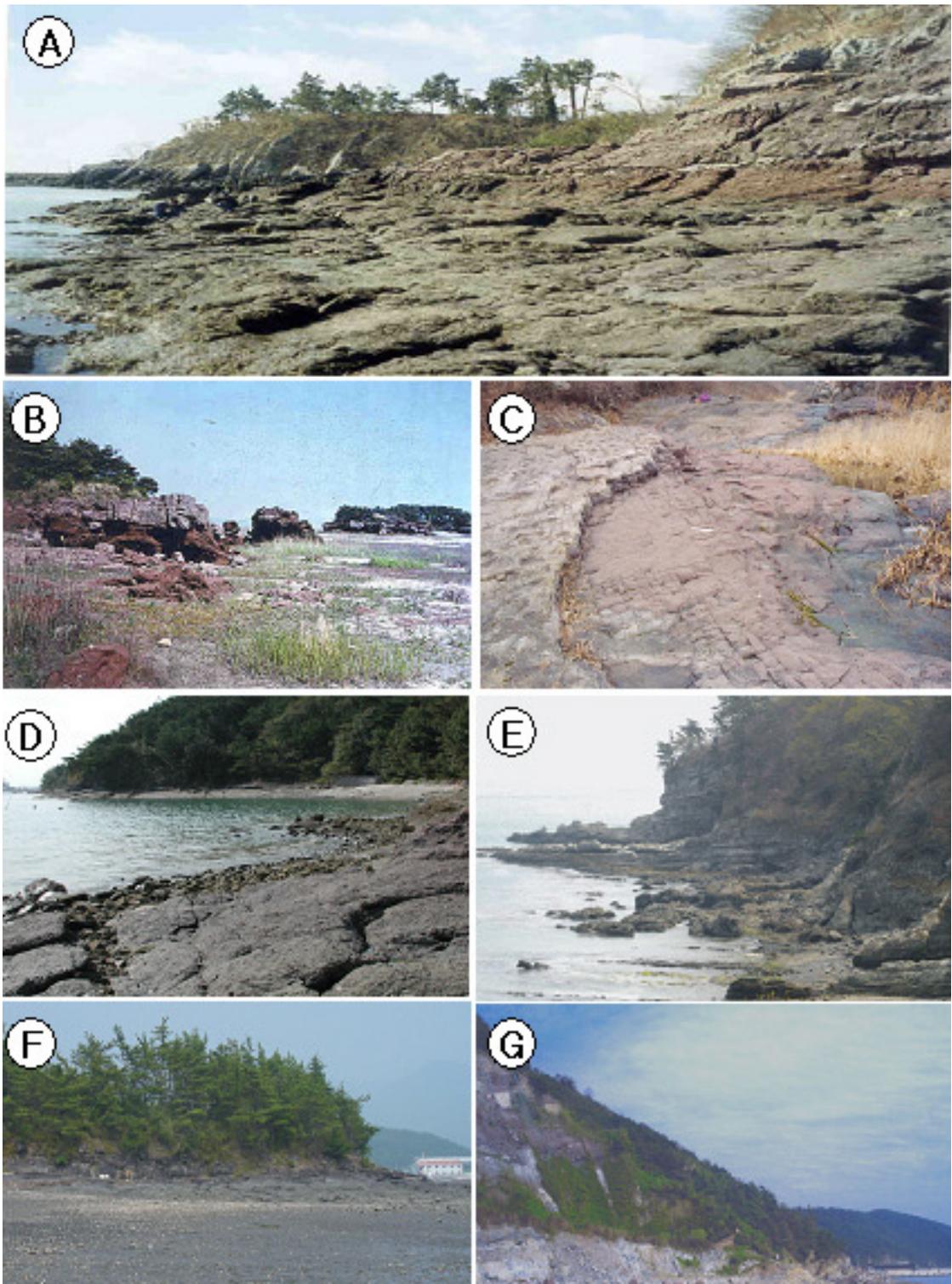


Fig. 3. The overall views of dinosaur egg sites in Korea. A: Boseong, B: Hwaseong, C: Gurye, D: Hadong, E: Sinsudo, F: Goseong, G: Dadaepo.

이상의 두께를 가진 이중층(double-layer)으로 구성되어 있다. 알껍데기의 기본 구조에 따라 공룡알들을 용각류, 조각류, 수각류로 구분하는데 기본 모델로 사용되어지고 있다. 또한 공룡알데기의 기본구조는 거북, 악어, 새 등 다른 동물들과 차이를 보이고 있다. 공룡알데기의 성분은 대부분 CaCO_3 (97%)이고, 나머지는 MgCO_3 , Fe_2O_3 , FeO 등이 소량 포함되어있고 유기물은 0.3% 내외이다.

공룡의 종류에 따라 알을 분류하기가 매우 어렵기 때문에 학자들은 알화석 자체의 특징에 따른 독립적인 분류체계를 만들어 놓았다(그림 4). 공룡알에 대한 이러한 분류 방법은 길이와 폭의 비율, 껍데기의 두께, 숨구멍, 표면장식 등에 근거한다. 알의 분류는 일반적인 생물의 분류와 구분하기 위하여 난과(oofamily), 난속(oogenus), 난종(oospecies)등의 표현을 사용하며, 학명에는 '돌로 된 알'이라는 의미로 'oolithus'라는 명칭을 사용하게 된다. 현재까지 8년과, 18년속, 그리고 40개 이상의 난종이 알려져 있다. 가장 쉽고 간단한 분류는 전체적인 알의 형태에 따라 원형(spheroidal)과 장형(elongated)으로 구분하는 것이지만, 현재 학자들에 의해 가장 널리 채택되고 있는 방법은 껍데기 단면의 미세 수직구조에 따르는 것이다. 현미경을 통해 알껍데기의 단면을 관찰해 보면 크게 여섯 가지의 형태를 발견할 수 있는데, 이들 중 공룡의 알에서는 원형(spherulitic), 각주형(prismatic), 조각형(ornithoid)의 세 가지 형태가 발견된다(그림 4). 원형(spherulitic)은 결정 입자가 수직으로 길다란 타원형을 하고 있는 형태로서 대부분 용각류, 조각류의 알껍데기에서 발견되고 기도관의 형태에 따라 faveoololithidae, dendroolithidae, megaloolithidae, spheroolithidae, ovaloolithidae의 다섯 가지 형태로 세분된다(그림 4). 각주형(Prismatic)은 비교적 규칙적인 유상돌기들이 배열된 유상층(mammillary layer)과 각진 기둥 모양을 지닌 주상층(prismatic layer) 있는 형태로서 프로코케라톱스류와 힘실로포돈류 등과 같은 조각류의 알껍데기에서 관찰된다. 조각형(ornithoid)은 유상층의 돌기들이 규칙적으로 배열되어 있고, 상층으로 갈수록 인접 결정들이 결합되어 하나의 덩어리를 이루고 있는 형태로서, 각각의 결정들이 떨어져있는 다른 두 형태와는 확연히 구분된다. 수각류 공룡이나 조류의 알껍데기에서 이런 형태를 관찰할 수 있다.

4.2 공룡알화석 연구방법

공룡알을 연구하기 위해서는 알에 대한 정밀한 측정과 기재가 요구된다. 야외에서의 공룡알은 알껍데기 내부가 퇴적물로 충전 되어 있거나 파편으로 산재 되어 있어 공룡알껍데기를 분리해 측정하는데 어려움이 따를 수 있다. 측정과 기재는 야외와 실내에서 동시에 이루어진다. 직접 발굴이 어려울 경우는 야외에서 알의 모양, 크기, 알껍데기 두께, 표면장식 등 일 반구조를 중심으로 최대한 정밀 측정을 하고, 야외에서 알동지와 함께 발굴된 시료들은 실내에서 화석처리과정(preparation)을 거쳐 복원된 공룡알들을 대상으로 측정된다. 화석처리하는 에어콤프레샤와 에어스크라이브 등을 이용하여 오랜 기간의 작업을 거치면서 수행된다. 이들 작업에 의해 공룡알들이 서서히 드러나면서 알의 개수나 크기 등의 측정이 가능해진다. 공룡알껍질 연구는 박편을 제작하여 편광현미경, 주사전자현미경, 투과전자현미경 등을 이용하여 미세 조직들을 관찰하고, X-ray, CAT(computerized axial tomography)등을 이용하여 연구한다. 공룡알 배아 등을 규명하기 위해서는 CT Scan 분석기 등이 동원된다.

5. 남한의 공룡알 산출지 분포 및 산출현황

5.1 하동

경남 하동은 우리나라에서 처음 공룡알이 발견된 곳이다. 행정구역으로는 경남 하동군 금남면 수문리 해안으로 백악기 하산동층에 해당된다. 남해대교 서측에 위치한 이 지역은 해안가를 따라 하산동층 상부에 해당하는 퇴적층이 단속적으로 노출된 지역으로서(그림 3D), 이 곳 퇴적층은 하도사암층, 틈새하천퇴적층, 범람원퇴적층 및 호소퇴적층으로 구성되어 있으며, 범람원퇴적층에는 석회질고토양과 버티줄고토양이 발달한다(백인성, 1998). 공룡알껍데기들은 녹회색사질이암으로 이루어진 석회질고토양 내에서 산출되며, 공룡알들이 완전한 형태로 산출되지 않아 크기를 추정하기는 어렵다. 다만 발견된 공룡알껍데기의 산출 양상으로 볼 때 공룡알은 평균 직경이 69-89 mm 정도의 크기를 가진 6-7개의 타원형 공룡알로 추정되었다(윤철수와 양승영, 1997). 이 중 2내지 3개는 공룡알의 형태를 갖추고 있으나, 나머지 대부분은 부서진 파편으로 산출되었다. 공룡알껍데

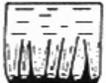
BASIC TYPES OF EGG SHELL ORGANIZATION	MORPHOTYPES	ESTABLISHED TAXONOMIC FAMILIES	TAXONOMIC GROUPS
Geckonoid			
Crocodlloid			
Testudoid			
Dinosauroid-spherulitic		Faveoolithidae (Zhao and Ding, 1976)	Sauropoda?
		Dendroolithidae (Zhao and Zuocong, 1988)	Sauropoda? Ornithopoda?
		Megalolithidae (Zhao, 1979)	Sauropoda? Ornithischia?
		Spheroolithidae (Zhao, 1979)	Ornithopoda (some hadrosaur)
		Ovalolithidae (Mikhailov, 1991)	Ornithopoda?
Dinosauroid-prismatic		Prismatoolithidae (Hirsch, 1994)	(protoceratopsids, hypsilophodontids)
			Ornithopoda?
Ornithoid		Elongatoolithidae (Zhao, 1975)	Theropoda? (Troodon ?)
		Laevioolithidae (Mikhailov, 1991)	Theropoda?, avian?
		Subtilioolithidae (Mikhailov, 1991)	
		Neognathe	

Fig. 4. Schematic view of basic groups with their structural morphotype and corresponding taxonomic egg families (After K. Hirsch, 1994).

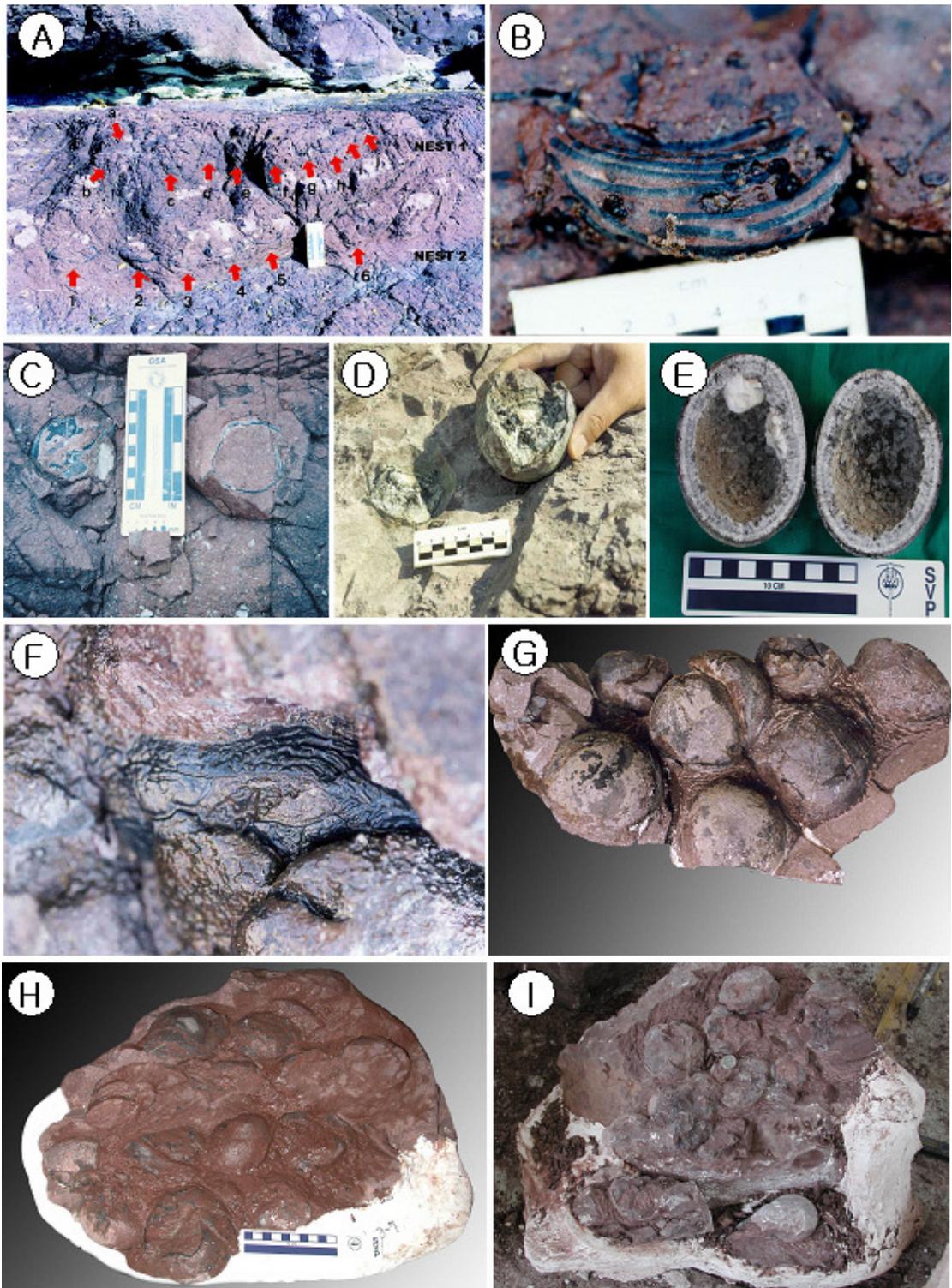


Fig. 5. The clutches containing dinosaur eggs in outcrop (A, B, C, D, F), the empty dinosaur egg in inside (E) and the clutches recovering by preparation (G, H, I) from the Boseong site.

기의 표면장식은 오돌토돌한 형태와 약간 골이 깊은 형태이다. 알껍데기 두께는 0.58-1.09 mm의 범위(윤철수와 양승영, 1997)이나 더욱 상세한 측정이 요구된다. 이 지역에서는 지골과 동정이 불가능한 골편화석(백인성 외, 1998)과 이빨화석(Park *et al.*, 2000)이 산출되었다.

5.2 보성

보성 비봉리 공룡알화석지는 행정구역상 전라남도 보성군 득량면 비봉리 선소마을 해안 일대(그림 3A)에 해당된다. 이 지역은 중생대 백악기 후기 선소역암층으로 지질 연대는 지금으로부터 약 8천 5백만 년 전에 형성된 것으로 연구되고 있다(허민외, 2006). 이 지역은 사질이암층과 이암층이 교호적으로 나타나는 충적선상지의 하부퇴적층으로 해석되었으며, 공룡알들은 방해석이 풍부한 고토양환경에 해당되는 사질이암층에서 집중적으로 발굴되었다(Paik *et al.*, 2004). 1999년부터 2005년까지 총 3차례의 발굴 연구를 통해 이 지역에서는 21개의 공룡알동지에서 195개의 공룡알이 발견되었고, 이 중 11개의 공룡알동지가 집중적으로 발굴 복원되었다. 발굴된 공룡알동지는 대부분 밀물 시 바닷물에 잠겨 훼손되기 쉬운 화석들을 대상으로 하였다. 현장에서 발굴되고 실내에서 복원된 공룡알동지에는 5에서 16개까지의 공룡알들이 들어 있다(허민외, 2006)(그림 5G-I). 공룡알의 크기(직경)는 약 75 mm에서 180 mm까지의 범위이며, 알 모양은 타원형(ellipsoidal), 원반형(discoidal) 또는 구형 내지 아구형(spherical to sub-spherical)을 이루고 있으며, 알껍데기 두께는 1.5 - 2.5 mm까지 서로의 차이를 보이고 있다. 알 표면은 부드러운 돌기(linearituberculate ornamentation)에서 울퉁불퉁한 돌기(dispersituberculate ornamentation)를 보이고 있다(그림 5F). 알껍질은 수많은 기공(pore canal)을 함유하고 높은 공극률(25-30% porosity)을 보이고 있다. 기공은 속성작용(diagenesis)에 의해 충전되어 있기도 하다. 공룡알 겉부분이 깨지지 않은 채 완벽한 모양의 부화하지 않은(unhatched) 상태의 공룡알 화석들과 부분적으로 깨진 알껍데기가 하나의 알 속에 중첩되어 나타난다(그림 5B, C). 부분적으로 깨진 공룡알 주변에는 수많은 공룡알껍데기 파편들이 산재되어 있다(허민외, 1999, 2000, 2006; Huh & Zelenitsky, 2002). 보성 공룡알의 특징 중의 하나는

모든 알들의 껍질 두께가 비슷하다는 것이다(허민외, 2006). 대체적으로 부화된 알껍질은 어느 한 쪽이 얇아지기 마련인데 이 지역 산출 공룡알껍질은 거의 대부분 알껍질의 두께가 비슷하다. 이러한 현상은 다른 현상, 즉 병리적이거나 기후적 현상의 원인일 수도 있어 이 분야의 새로운 연구가 기대되고 있다(허민외, 2006). 또한 알 내부가 방해석으로 충전 되어 나타나기도 한다(그림 5D). 발굴된 공룡알동지 가운데 약 300 mm 간격으로 상부와 하부층이 연결되어 나타나기도 하는데 이들 동지의 크기는 직경이 약 1.5 m로 세계적인 크기의 공룡알동지로 평가되고 있다(그림 5A). 이곳 동지들이 완벽히 복원되면 동지 당 약 30여개의 공룡알들이 산출될 것으로 기대된다. 또한 특이 사항 가운데 하나는 하나의 공룡알에서 최대 11개의 공룡알껍질이 층(layer)을 이루면서 나타난 것이다(그림 5B). 한편 이 지역에서는 완벽한 모양의 힘실론포돈류의 새로운 종으로 해석되는 공룡골격과 10여개의 거북뼈화석이 발굴 복원되고 있다(허민외, 2006).

5.3 화성

화성 지역 일대에 분포하는 백악기층인 시화층은 경기도 화성시 일대에 발달한 시화(남양)분지(기원서 외, 2006)와 주변 지역에 소규모로 발달한 탄도분지에 분포되어 있다(Kim, 2003; Kim *et al.*, 2006). 이들 지역의 지질연대는 아직까지 불분명하나, 대체적으로 전기백악기에 해당되는 것으로 사료된다. 시화층은 충적선상지환경에서 망상하천, 충적평원으로 이루어진 퇴적환경과 유문암질 응회암과 안산암질 화산 각력암으로 구성되어 있으며(Kim, 2003; Kim *et al.*, 2006), 공룡알화석은 주로 망상하천과 충적평원에 해당되는 적색의 중립 혹은 조립질 사암층과 분급과 원마도가 불량한 역들로 구성된 퇴적층에서 산출되고 있다. 공룡알은 주로 사암층에서 산출된다(그림 3B).

화성지역 공룡알은 1999년에 발견된 경기도 화성시 송산면 고정리 일대에서 주로 분포하고 있다(그림 3B). 이 지역에서 현재까지 갯벌 위에 노출된 9개의 섬들과 노두 표면으로부터 20개 이상의 동지를 포함하여 139개의 공룡알이 확인되었다(이응남, 2004). 공룡알동지의 형태를 보면 공룡알들은 서로 가깝게 붙어있지 않고 다소 떨어져 있으며 한 동지 당 대개 6

개에서 9개의 공룡알이 불규칙하게 분포되어 있다(그림 6A-D). 그러나 어떤 동지에서는 방향성 없이 흩어져 있거나 일직선으로 배열되기도 한다. 대부분 공룡알들은 껍데기 윗부분이 깨져서 열려있으며(그림 6A, B) 껍데기 조각들이 알 내부에 산재되어 있고(그림 6C-D; Lee, 2003), 때로는 공룡알 내부에 커다란 역들이 포함되기도 한다(Kim *et al.*, 2000). 화성지역 공룡알들은 껍데기의 두께와 표면장식에 의해 크게 세 종류 형태가 확인되는데(이용남, 2004), 대체적으로 본 화석지에서 발견된 공룡알들의 크기는 장축의 길이는 95-135 mm이고, 단축(폭)의 길이는 78-115 mm까지의 범위를 갖는다. 공룡알은 아구형 내지 타원형 모양으로 나타난다. 알껍데기의 두께 범위는 0.85-1.23 mm가 보통이나, 매우 두껍게 3.4-4.9 mm로 나타나기도 한다. 숨구멍의 직경은 0.34-0.45 mm로 비교적 크며 원형 또는 타원형의 단면을 갖는다(이용남, 2004).

5.4 고성

고성군 일대에서 총 4개의 공룡알 동지에 30여개의 공룡알이 발굴되었다(양승영 외, 2006). 공룡알이 산출되는 지역은 고성읍 월평리, 삼산면 판곡리와 삼산면 병산리 일대이다. 이들 지역의 공룡알들은 주로 해안가에 분포되어 파도작용이나 해수의 침식을 받아 훼손이 심한 편이다(그림 3F). 이 지역 공룡알들은 주로 응회질퇴적암과 응회암으로 구성된 고성층에 해당되며, 응회질퇴적암은 붉은색의 세일 및 사질세일, 녹회색의 응회질사암과 역암으로 구성되어 있다. 공룡알화석은 이 가운데 이암 및 응회질사암층에 발달된 하성의 범람원 퇴적환경에 속한 퇴적층에 발달되어 있다. 이암에는 부분적으로 캘크리트 단괴가 산출된다. 대부분 공룡알들은 동지 형태로 이루어져 있고, 주변에 산재된 알껍데기의 산포 범위가 넓지 않아 이 알들은 이동되지 않고 동지에서 퇴적되었음을 알 수 있다. 그러나 부분적으로 공룡알 껍데기들이 층리에 대체적으로 평행하게 산재되기도 하는데, 이는 알이 깨진 후 유수에 의해 재동되었음을 시사한다. 한편, 공룡알들이 산출된 이암이 석회질고토양으로 이루어져 있음은 공룡알 보존에 퇴적 이후의 석회질고토양화가 중요한 역할을 하였음을 지시한다(양승영 외, 2006).

2005년부터 2006년까지 진행된 고성지역 공룡알

발굴은 3개 지역에서 수행되었다. 고성읍 월평리 지역에는 총 3개의 공룡알동지가 발견되어, 그 중 1개 공룡알동지(그림 6G)와 1개의 거북알동지가 발굴되었고, 고성군 삼산면 판곡리와 병산리에서는 각각 1개씩의 공룡알동지가 발굴되었다(양승영 외, 2006)(그림 6H). 이들 공룡알들은 발굴과 복원에 의해 공룡알의 갯수가 추가되었다(그림 6G, H). 대체적으로 한 동지 당 4개에서 10개의 공룡알로 이루어져 있다. 알의 형태는 타원형내지 반구형 형태로 주변에 산재된 공룡알껍데기 파편들과 배태되어 있었다(그림 6F). 공룡알들은 퇴적층 속성작용에 의해 약간 변형되어 있는 경우가 많은데 공룡알의 형태 측정은 알동지 발굴처리(preparation) 후 원래 형태로 복원된 상태에서 측정된다. 이 지역 공룡알동지는 단층 등의 지질현상에 의해 균열이 나 있고, 파도 등에 의해 침식 제거되어 공룡알동지를 복원하기는 상당히 어려웠다. 대부분 공룡알들은 상부가 깨진 채 퇴적되었다. 알의 크기는 장축이 88-105 mm 까지이며, 폭은 65-90 mm 까지 범위로 나타난다. 알껍데기의 두께는 1.0-1.3 mm 까지의 범위를 보이고 있다.

5.5 신수도

신수도는 경남 사천시 신수동에 속하며 삼천포항에서 약 3 km 정도 떨어져있는 신수도 섬 안에 위치한다(그림 3E). 신수도는 경상누층군 함안층이 상부진동층과 경계를 이루고 있다. 이 지층들은 담회색 이암이나 사암, 실트암, 흑색 세일로 주로 구성되어 있고, 석회질 결핵체들이 포함된 탄산염암이 협재되기도 한다. 공룡알들은 담녹회색 사암과 이암층에서 주로 발견된다. 이 지역에는 공룡알 외에 공룡뼈, 공룡발자국, 목재화석 등도 산출된다(윤철수 외, 2004). 공룡알이 함안층에서 발견된 것은 처음이다. 공룡알은 크게 2개의 지점에서 산출되며, 2-3개의 공룡알들이 동지를 이루며 형성되어 있다(그림 7A, B). 특히 담녹회색 사암층에는 5개의 공룡알이 배태되어 있는데 이는 시화호 일부 공룡알처럼 수류에 의해 약간 이동되어 퇴적된 것으로 생각된다. 신수도에서는 현재까지 10개 내외의 공룡알들이 발견되고 있다. 공룡알의 크기는 직경 80 mm에서 150 mm 정도에 해당되며, 공룡알의 형태는 수직 단면상 반구형에서 타원형으로 나타나나, 정확한 형태는 3차원적 관찰 혹은 발굴에 의해 알화석이 복원되면 정확히 알 수 있다.

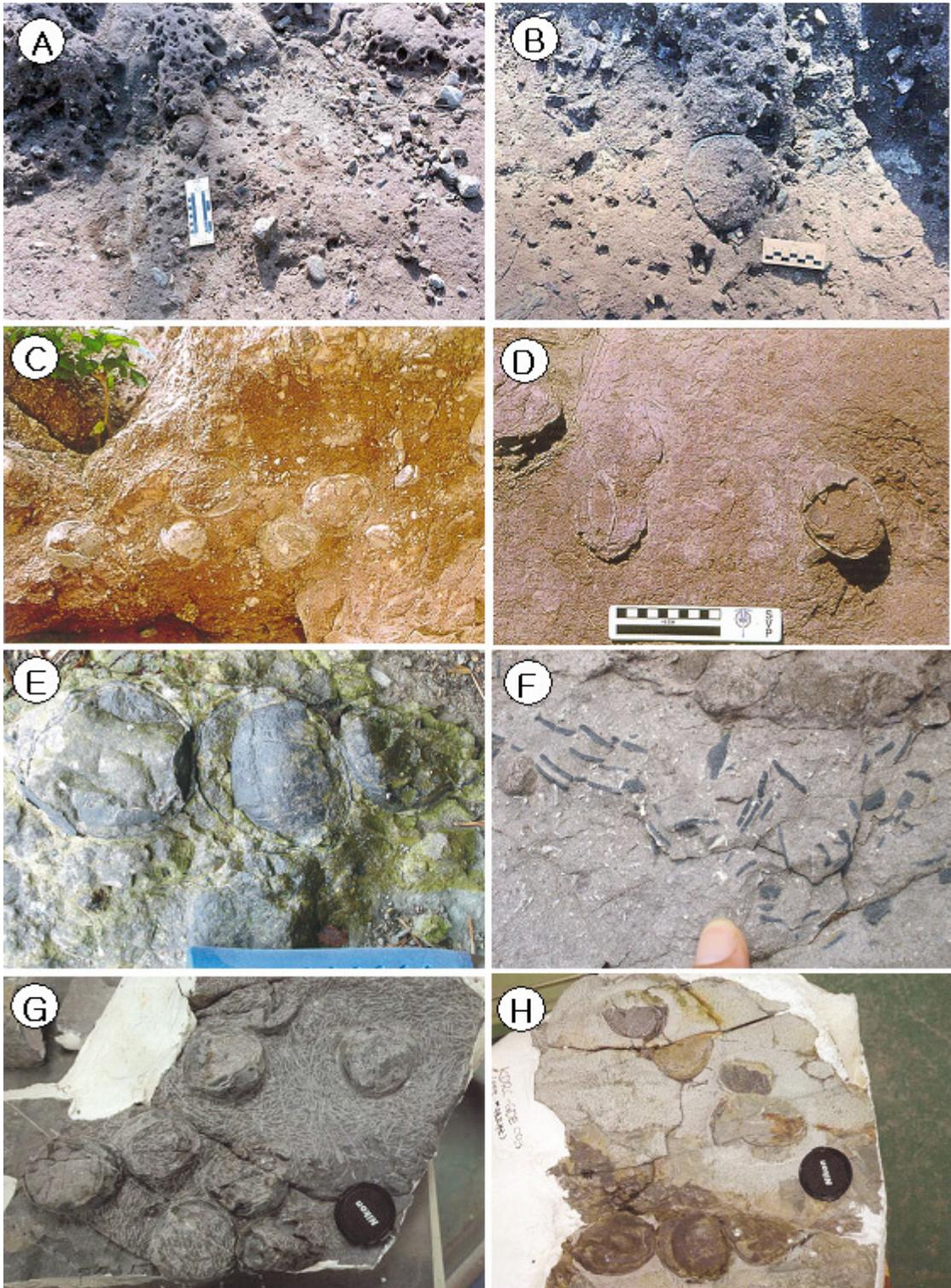


Fig. 6. The clutches containing dinosaur eggs from the Hwaseong site (A, B, C, D)(C, D; after Lee, 2003), and the clutch (G) and fragmented eggshells (F) in outcrop and the clutches after preparation (G, H) from the Goseong site.

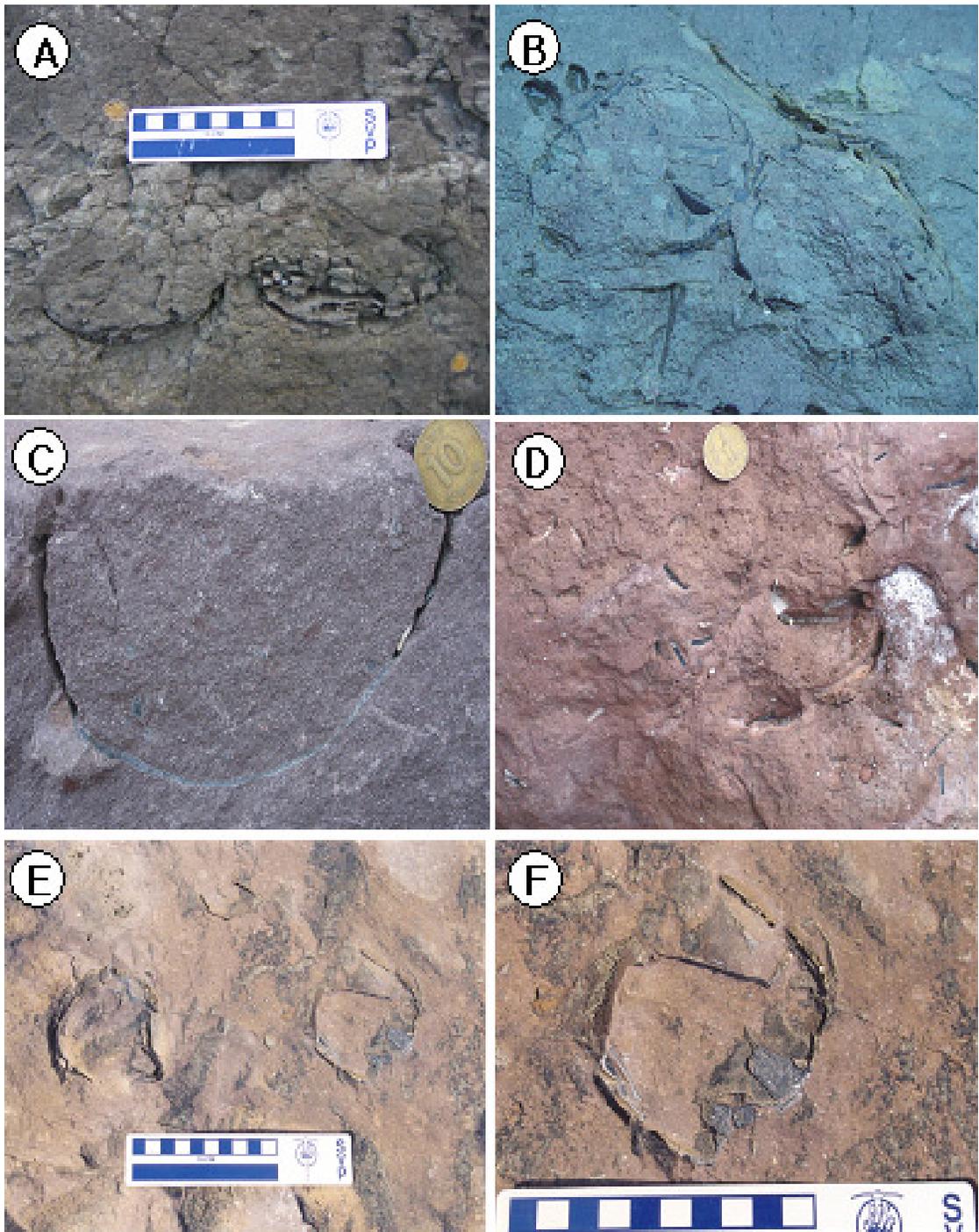


Fig. 7. The dinosaur clutches and eggs from Shinsudo (A, B), Dadaepo (C, D) and Gurye sites (E, F).

공룡알 알껍데기의 두께는 보통 1.0에서 1.3 mm까지의 범위이나, 2.0 mm에 이르는 상당히 두꺼운 알도 산출된 것으로 보고되었다(윤철수 외, 2004). 알 표면에 나타나는 숨구멍의 평균직경은 0.09에서 0.12 mm이며, 알껍데기의 표면장식은 줄무늬가 보이지 않고 부드러운(smooth) 편이다(윤철수 외, 2004).

5.6 다대포

부산 다대포 공룡알화석지는 부산광역시 사하구 다대동에 위치한 두송반도 해안 일대에 분포하는 다대포층에서 산출된다(그림 3G). 다대포층은 경상누층군 유천층군의 하부층에 해당되며, 이 지층들은 충적선상지에서 충적평원에 이르는 환경의 퇴적층으로 구성되어 있다(Kim *et al.*, 2004). 공룡알들은 붉은색을 띠는 세립사암 또는 사질이암으로 이루어진 범람원기원 퇴적층에서 주로 발견되며, 이 알화석층에는 캄크리트 단괴들이 흔히 수반되어 있다. 공룡알은 이 지역의 해안 절벽에서 떨어진 전석들에서 발견되므로 동지 상태의 것들은 확인되지 않았으며, 일부 암석에서는 알껍데기 파편들이 여기 저기 산재되어 나타난다(그림 7C, D). 다대포 지역에서 확인된 공룡알의 크기는 직경 80 mm에서 110 mm정도이며, 공룡알의 형태는 수직 단면상 반구형 형태로 나타난다. 알껍데기의 두께는 1.0 mm에서 1.3 mm 범위를 갖는다.

5.7 구례

구례지역의 공룡알 화석 산지는 전라남도 구례군 문척면과 간전면에 분포하는 비교적 규모가 작은 백악기 육성 퇴적분지에서 발견된다. 송준호(2004)는 이 하나의 독립된 퇴적분지를 구례분지로 재정의하고, 자색 이암과 실트암으로 구성된 금내리층에서 공룡알이 산출된 것으로 보고하였으며, 응회암의 K-Ar 절대연대 측정 결과 106.67 ± 3.12 Ma로 Albian에 해당된다고 하였다.

구례분지의 공룡알 화석은 금정리 계곡을 따라서 세 장소에서 발견되었다(그림 3C). 공룡알이 산출되는 암상은 평균 2-4 mm의 석회질 콘이 발달하는 자색의 이암 및 실트암상이며 하부암상은 자색의 석회질 콘(cone)을 포함하는 이암 및 실트암상이고, 상부층은 녹색의 응회암상이다(송준호, 2004). 금정리 계곡 하부에 노출된 첫 번째 알화석지에는 알껍데기 파

편화석 등이 산출되며, 두 번째 지역에서는 알 상반부가 제거되어 깨진 2개의 공룡알화석과 다수의 알 껍질 파편들을 관찰할 수 있고(그림 7E, F), 세 번째 장소에서는 1개의 공룡알과 알껍데기 파편들이 다수 발견되었다. 두 번째 장소에서 알둥지화석과 가장 많은 알껍데기 파편이 있는데, 아직 발굴이 이루어지지 않아 정확한 알의 모양은 알 수 없지만, 노두에서 보아 알의 형태는 구형 내지 타원형으로 생각된다. 알들은 대부분 눌러져 있어서 제대로 모양을 구분하기는 어렵다. 구형으로 가정한 알의 평균 직경은 약 90 mm이다. 공룡알껍데기 표면은 좁쌀 모양의 돌기에 의해 오돌토돌하면서 약간의 골이 나 있다. 공룡알껍데기 두께는 1.0-1.3 mm 정도이고 안쪽 표면의 기도관을 잘 관찰할 수 있다. 기공은 방해석으로 채워져 있다.

이상 7곳의 공룡알화석지에서 나타난 공룡알 산출상태(occurrence)와 산출형태(morphology)는 표 2에 요약되어 있다.

6. 공룡알화석 껍데기 분석 현황

한반도에서 산출되고 있는 공룡알은 알껍데기 분석 결과 크게 Faveoololithidae (Zhao & Ding, 1976), Spheroolithidae (Zhao, 1979), Dendroolithidae (Zhao & Zuocong, 1988), Ovalolithidae (Mikhailov, 1991), Elongatoolithidae (Zhao, 1975)의 5개의 난과 (Parataxonomic Families)로 분류되고 있다(Huh & Zelenitsky, 2002; Paik *et al.*, 2005; Huh *et al.*, 2006a; 윤철수와 양승영, 1997; 이윤남 외, 2000; 윤철수 외, 2004; 허민 외, 2006; 양승영 외, 2006). 이 중 Faveoololithidae는 남한의 공룡알화석 가운데 제일 풍부하게 산출된다. 이들에 관한 결과는 표 3에 정리되어 있다.

Faveoololithidae는 용각류 공룡으로 분류되며 알껍데기의 표면은 대체적으로 부드럽다. Shell unit는 매우 길고(long), 날씬하며(slender), pore canal에 의해 분리된 2차 방해석 결정들로 불규칙하게 채워져 있다(그림 4: 그림 8A, B, C). Faveoololithid-type 공룡알은 multicanalicate pore system으로 구성되어 있다(Zhao and Ding, 1976). 숨구멍을 수직 단면(radial view)에서 보면 매우 불규칙하며 porlocanalicate pore system (Mikhailov, 1997)에서 관찰

Table 2. Distribution of dinosaur egg occurrence morphology and nesting communities from the dinosaur egg sites in South Korea.

Sites	Clutches	Number of eggs	Egg length	Egg shape	Eggshell thickness	Associated eggshells
Hadong	2 (?)	6 - 7	69 - 89 mm	ellipsoidal	0.58 - 1.09 mm	
Boseong	21	195	75 - 180 mm	ellipsoidal subspherical spherical	1.5 - 2.5 mm	Turtle
Hwaseong	20	139	95 - 135 mm	spherical subspherical	0.85 - 4.90 mm	
Goseong	4	30	88 - 105 mm	ellipsoidal subspherical	1.0 - 1.3 mm	Turtle
Shinsudo	2	10 (?)	80 - 150 mm	ellipsoidal subspherical	1.0 - 2.0 mm	
Dadaepo	1 (?)	3 - 4(?)	80 - 110 mm	subspherical	1.0 - 1.3 mm	
Gurye	2	8 (?)	80 - 110 mm	subspherical	1.0 - 1.3 mm	

Table 3. Comparisons of eggshell morphotypes, taxonomic families, taxonomic groups and related dinosaur egg sites in South Korea.

Basic types of eggshell organization	Morphotypes	Established taxonomic families	Taxonomic groups	Related egg sites
Dinosauroid-spherulitic	Filispherulitic (Multispherulitic)	Faveoolithidae	Sauropoda ?	Boseong Hwaseong Goseong Shinsudo Gurye
	Dendrospherulitic	Dendroolithidae	Sauropoda ? Ornithopoda ?	Boseong Hwaseong
	Prolatospherulitic	Spheroolithidae	Ornithopoda ? (some hadrosaur)	Boseong Goseong
	Angustispherulitic	Ovaloolithidae	Ornithopoda ?	Hadong Boseong
Dinosauroid-prismatic	Ratite	Elongatoolithidae	Theropoda ? (Troodon ?) (Oviraptoid ?)	Hwaseong Dadaepo

* References: Faveoolithidae (Zhao & Ding, 1976), Dendroolithidae (Zhao & Zuocong, 1988), Spheroolithidae (Zhao, 1979), Ovaloolithidae (Mikhailov, 1991), Elongatoolithidae (Zhao, 1975)

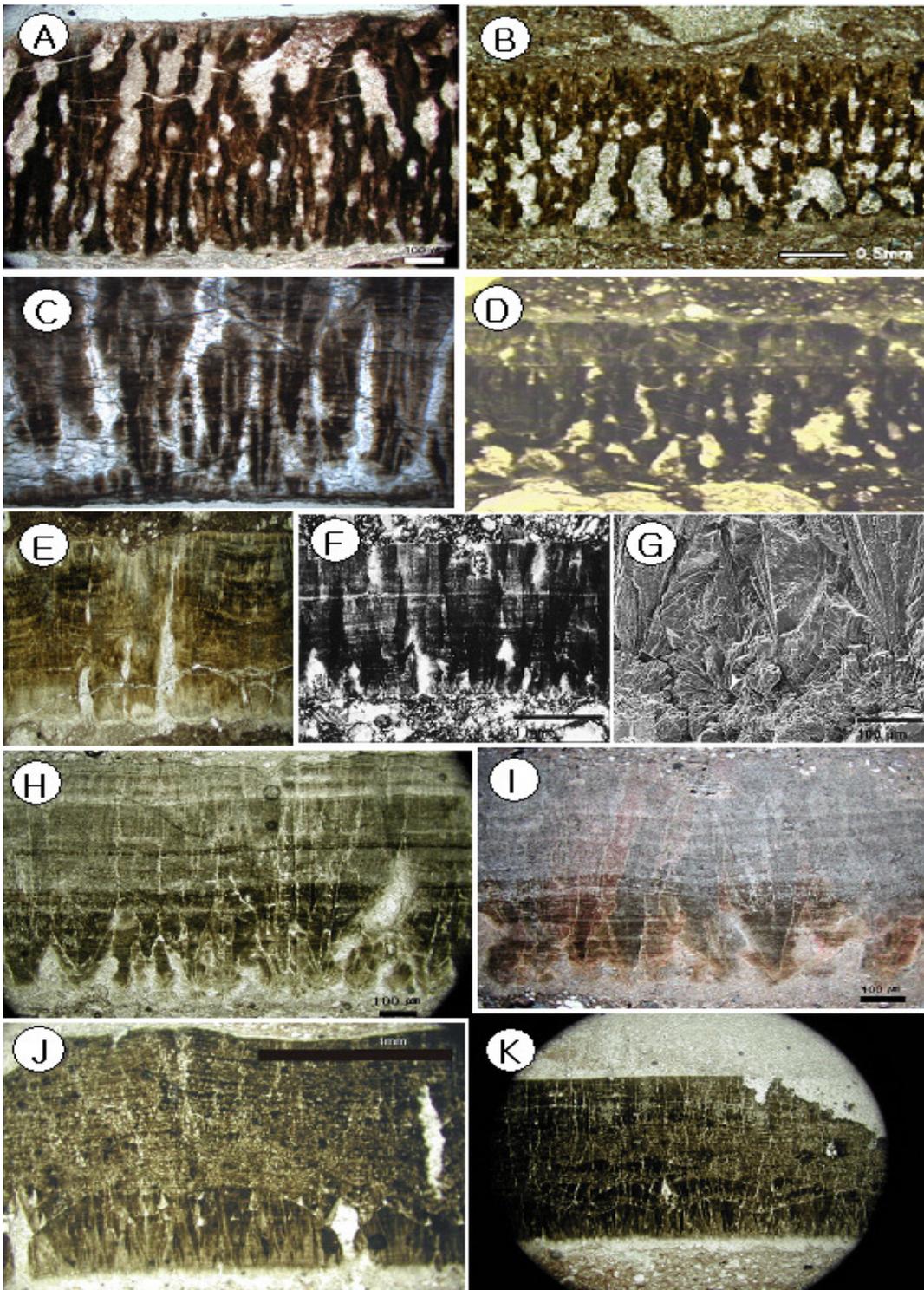


Fig. 8. Radial thin-section of eggshells from Cretaceous dinosaur egg sites in South Korea. (A),(B),(C): Faveloolithidae, (D): Dendroolithidae, (E),(F),(G): Spheroolithidae, (H),(I): Ovaloolithidae, (J),(K): Elongatoolithidae. (A),(D),(F), (G),(H),(I) from Boseong, (B) from Gurye, (C) from Hwaseong, (E) from Goseong, (J),(K) from Dadaepo.

되는 것처럼 어떤 숨구멍은 커다란 공동(lacunae)을 가지기도 한다. Columnar layer와 mammillary layer사이의 경계는 불분명하다. 이러한 알껍데기 구조는 중국(Zhao and Ding, 1976), 몽골(Mikhailov, 1994)에서 발견된다. 남한에서는 보성, 화성, 고성, 신수도, 구례 공룡알화석지에서 이 형태가 관찰된다(윤철수 외, 2004; 양승영 외, 2006; 허민 외, 2006; Huh & Zelenitsky, 2002). 보성공룡알은 *Faveoololithus* sp.로 분류되었다(Huh & Zelenitsky, 2002).

Spheroolithidae은 shell unit는 기둥(columnar)에서 방사선모양(fan-shaped)으로 매우 뻣뻣하다(tightly). 유상층의 유두상 돌기(mamillae)가 관찰되며 약간은 불규칙적으로 붙어서 나열되어 있다(그림 4와 그림 8E, F, G). 우측 중심부의 마름모꼴의 기도관이 특징적으로 관찰되며 그 안은 방해석으로 충전되어 있다. Cone의 형태는 말단부가 둥근 구모양 보다는 약간의 각진 모습을 보이며 기도관은 유상층(mammillary layer)에서 시작하여 주상층(prismatic layer)으로 연결되지 못하고 그 수 또한 매우 적고, column의 형태가 거의 나타나지 않는다. Prolatocanaliculate 기공 시스템을 갖는 spheroolithidae형으로써 초식공룡의 조각류 알로 판명된다. 특히 하드로스아우루스류가 여기에 속한다. 보성에서 산출된 이 형태의 알껍데기 구조는 radiating calcite crystal의 single ultrastructural layer로 구성되어 있다. 보성공룡알은 *Spheroolithus* sp.로 분류되었다(Huh & Zelenitsky, 2002). 이 알들은 몽고(Mikhailov, 1994)와 중국(Zhao and Jiang, 1974)에서 산출된 알들과 구조와 형태가 유사하다. 보성과 고성지역에서 이 형태가 산출된다(Huh & Zelenitsky, 2002; 양승영 외, 2006).

Dendroolithidae은 대체적으로 많은 공극을 갖는 prolatocanaliculate pore system의 형으로 분류된다. 기도관의 형태에 있어 희미하게나마 일직선상으로 이어지나 그 형태와 분포에 있어 매우 불규칙함을 보이고 산재되어 있음이 관찰된다(그림 4와 그림 8D). Cone의 형태는 끝이 매우 날카로운 썩기형이며 유상층의 유두상 돌기가 관찰되지 않고, 또한 그 배열 상태조차 매우 불량하다. 기도관은 유상층에서 상부층으로 갈수록 폭이 좁아지고 길이 또한 현저히 감소됨을 알 수 있다. 이는 용각류나 조각류 공룡의 알에 속하는 것으로 생각된다. *Dendroolithus*는 *Spheroolithus*보

다 변화된 형태로 생각된다. 보성과 화성 지역에서 나타난다(이용남 외, 2004; 허민 외, 2006).

Ovaloolithidae는 알껍데기 내층(inner later)의 유두상 돌기(mamillae)의 뚜렷한 형태가 관찰되며 cone의 형태는 일반적으로 날카로운 썩기모양으로 나타나고 있고 뻣뻣이 빈틈없이 배열되어 있다(그림 4와 그림 8H, I). 주상층(prismatic layer)에서는 pore의 흔적이 잘 관찰되지 않고 있으나 column과 mamillae의 형태와 배열로 보아 angusticanaliculate 기공 시스템을 갖는 ovaloolithidae 형에 속하는 것으로 해석된다. 이는 현생 조류 알껍데기 구조 중 ratite structural morphotypes을 지닌 laevissoolithidae형과 유사하다. 하동과 보성지역에서 관찰된다(윤철수와 양승영, 1997; 허민 외, 2006).

Elongatoolithidae는 남한의 공룡알 형태가 대부분 조각류나 용각류의 초식공룡인데 비해, 이 형태는 트루돈류(Troodontid)이나 오비랍토르류(oviraptorid) 같은 육식공룡에 해당된다(그림 4와 그림 8J, K). 그리고 이 형태들은 주상층(prismatic layer)과 유상층(mammillary layer)의 구분이 명확하다(two histrostructural layer). 다대포지역 알에서는 기도관의 모양은 거의 관찰할 수 없으나 일반적으로 angusticanaliculate pore system을 갖는 형태이다. 이들은 ornithoid -type 알껍데기 형태로 ratite morphotype 형태이다. 남한에서는 경기도 화성(이용남 외, 2004)과 부산 다대포지역에서 산출된다(Paik *et al.*, 2005; Huh *et al.*, 2006).

7. 결 론

1. 남한에 분포하는 백악기 퇴적층 가운데 경남 하동군 수문리 지역의 하산동층, 전남 보성군의 선소역암, 경기도 화성시의 시화층, 경남 고성군의 고성층, 경남 사천시 신수도의 함안층, 부산시의 다대포층, 전남 구례군 금내리층의 7개 지역과 경남 통영 등지에서 공룡알과 공룡알둥지화석이 풍부하게 산출되었고, 그 중 7개 지역이 본 연구를 위해 선택되었다.
2. 남한의 공룡알화석은 초기백악기에서 후기백악기에 이르는 퇴적시기에 형성되었으며, 대부분 후기백악기 시기에 해당된다. 이들이 산출되고 있는 퇴적환경은 층적선상지에서부터 층적평원에 이

- 르는 다양한 환경이다. 공룡알은 주로 사질 이암 층에서 알둥지형태로 산출되며, 대부분 산란된 그 자리에서 매몰되어 화석화된 것으로 해석된다. 공룡알들은 주로 석회질 고토양에 보존되어 있는데 이는 당시의 고기후가 건기와 우기가 교호된 반건조한 환경에서 배태되었음을 알 수 있다. 전반적으로 공룡알화석층에 고토양 기원의 켈크리트가 수반되어 있음은 석회질을 띠는 공룡알의 보존에 알칼리성을 띠는 석회질고토양의 발달이 주요한 역할을 담당하였음을 시사한다.
3. 보성 및 고성 지역의 알화석층에서 동일한 지역의 여러 층준에 걸쳐 알둥지가 반복적으로 산출되는 양상은 집단 산란지역을 매우 오랜 시간동안 반복적으로 이용하는 소위 “산란지의 반복적인 선호 특성”이 백악기 한반도에 서식하였던 공룡들에게도 부분적으로 있었음을 시사하여 준다.
 4. 대부분 공룡알들은 상부가 제거되거나 깨진 채 발견되며, 이들 알껍질 내외부에는 주변 퇴적물로 충전되어 있다. 그러나 보성 등지에서는 알 내부가 방해석으로 채워지거나 정동(geoid) 양상으로 속이 빈 내부에 광물질로 충전된 경우도 있다.
 5. 남한에서 공룡알은 현재까지 52개 정도의 공룡알둥지에 390 여개의 공룡알들이 발견 및 발굴되었고, 이들 개수는 지속적인 발굴조사에 의해 훨씬 늘어날 전망이다. 하나의 둥지는 보통 3개에서 16개까지의 공룡알로 구성되어 있다. 남한 공룡알의 크기는 69 mm 에서부터 180 mm에 이르기까지 다양하며, 공룡알의 모양은 타원형, 원반형, 반구형, 구형의 형태로 나타난다. 공룡알껍데기 두께는 0.58 mm에서부터 4.90 mm까지의 넓은 범위를 보이고 있다. 특히 2.0 mm가 넘는 매우 두꺼운 알껍데기가 산출됨은 매우 특징적이다. 공룡알 표면은 부드러운 돌기에서 울퉁불퉁한 돌기, 골이 깊은 돌기까지 다양하다.
 6. 남한에서 산출되고 있는 공룡알은 알껍데기는 크게 Faveoololithidae, Spheroolithidae, Dendroolithidae, Ovaloolithidae, Elongatoolithidae의 5개의 난과(Parataxonomic Families)로 분류되고, 이 중 Faveoololithidae는 남한의 공룡알화석 가운데 제일 풍부하게 산출된다. 한반도에서 산출되고 있는 공룡알화석은 중국 산둥반도나 후베이, 후난성, 제지안, 광둥 지역 및 몽골 고비사막 지역 등에

서 산출된 종류와 비교가 가능하며, 이들은 또한 북미 대륙의 알버타주 Oldman Formation 및 Red deer Formation 등에서 산출된 공룡알들과 비교가 요구되고 있다.

7. 공룡알의 부화 유형(clutch pattern)은 대부분 수평으로 평평한(horizontal plane) 형태를 이루고 있어 중국이나 몽고에서 산출되는 알화석에서 볼 수 있는 일명 아시아 유형을 띠고 있다.
8. 다양한 층에서 다양한 종류를 갖는 남한의 공룡알 산출은 공룡알과 함께 산출된 다른 화석들과 함께 백악기 당시 공룡 산란지 환경이나 고환경 및 고생태를 해석할 수 있는 중요한 지역임을 시사한다.

사 사

공룡이라는 커다란 프로젝트를 위해 현장 발굴비와 조사비를 지원하여 주시고, 물심양면으로 협조해 주신 문화재청 및 전라남도, 경상남도 문화재 관계자, 그리고 실무를 담당하신 전남 보성과 경남 고성 등 해당 지자체 관계자에게 심심한 감사를 드립니다. 이들의 아낌없는 지원에 의해 1억년 동안 바닷가 깊숙이 묻혔던 공룡알둥지가 노출되었으며, 그 일부가 본 연구 결과로 탄생되었음을 밝힙니다. 번덕스러운 날씨와 혹한 속에서도 힘과 성의를 다해 발굴에 참여하여 준 전남대학교 지구환경과학부 및 한국공룡연구센터 학생들, 전북대학교와 부경대학교 학생들에게도 별도의 고마움을 표하고 싶습니다. 아울러 다소 복잡한 문화재 분야에서 천연기념물로서의 화석 발굴에 대해 조언해 주시고 격려해 주신 상지대학교 이광춘 교수님과 한국교원대학교 김정률 교수님께 감사를 드립니다. 또한 본 논문을 심사하여 주신 경북대학교 윤철수 박사와 익명의 심사위원께 감사를 드립니다. 이 논문은 제 1저자의 2003년도 전남대학교 연구년교수연구비 지원에 의해 연구되었으며, 부분적으로 한국과학재단 특정기초연구비(KOSEF R01-2005-000-10060-0)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 기원서, 김복철, 이용남, 2006, 백악기 남양분지의 퇴적환경과 구조적 진화. 대한지질학회지, 42, 329-352.
 송준호, 2004, 전남 구례군 백악기 구례분지의 층서 및 퇴적환경. 전북대학교 석사학위 논문, 49p.

- 백인성, 이용일, 김현주, 1998, 경상누층군에 발달한 공룡화석층: 화석화과정 및 고환경. 대한지질학회지, 34, 243-265.
- 양승영, 1976, 경남 하동군 금남면 해안의 하산동층에서 발견된 공룡알화석에 관하여. 대한지질학회 정기총회 및 학술발표회(초록), 서울대학교, 10월 28일, 23p.
- 양승영, 서승조, 이동진, 이용남, 한석운, 2000, 고성군 지역 공룡화석지 기초학술조사 보고서. 한국고생물학회, 고성군, 205p.
- 양승영, 서승조, 백인성, 허민, 임종덕, 황구근, 2006, 고성덕령리의 공룡 및 새발자국 화석 주변 공룡알 및 거북알 화석 발굴 및 학술조사 보고서. 고성군, 한국지질고생물 연구회, 113p.
- 윤철수, 백광석, 정형석, 2004, 경남 사천시 신수도에서 발견된 공룡알화석. 한국고생물학회지, 20, 31-37.
- 윤철수와 양승영, 1997, 한국 경상누층군 하산동층의 공룡알화석. 한국고생물학회지, 13, 21-36.
- 이용남, 정갑식, 장순근, 최문영, 최종인, 2000, 경기도 시화호 남측 간척지 공룡알과 동지화석의 기초연구. 한국고생물학회지, 16, 27-36.
- 이용남, 2004, 공룡알. 한국고생물학회지, 특별호 7권, 285-294.
- 허민, 백인성, 이용일, 김해경, 1999, 전남 보성에서 발견된 공룡알화석과 공룡알둥지. 대한지질학회지, 35, 229-232.
- 허민, 백인성, 이용일, 이영엽, 정대교, 정철환, Darla Zelenitsky, 2000, 보성 공룡알 화석지 종합학술조사(1) 보고서. 전남대학교 한국공룡연구센터, 보성군, 132p.
- 허민, 양승영, 백인성, 박계현, 이용일, 이영엽, 임종덕, 황구근, 2006, 보성공룡알화석지 종합 학술조사(2) 보고서. 전남대학교 한국공룡연구센터, 보성군, 229p.
- Andrew, R. C., 1932, The New Conquest of Asia: A narrative of the explorations of the central asiatic expeditions in Mongolia and China, 1921-30. New York, American Museum of Natural History, 678p.
- Carpenter, K., Hirsch, K. H. and Horner, J. R., 1994. Dinosaur Eggs and Babies. Cambridge University Press, 32-150.
- Chang, K. H., Seo, S. J. and Park, S. O., 1982. Occurrence of a dinosaur limb bone near Tabri, southern Korea. Journal of Geological Society of Korea 18, 195-202. (In Korean)
- Dong Z., Paik I. S. and Kim, H. J., 2001. A preliminary report on a sauropod from the Hasandong Formation (Lower Cretaceous), Korea. In: Deng T., and Wang Y. (eds.), Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology. China Ocean Press, Beijing, 41-53.
- Efremov, I. A., 1950, Taphonomy and the fossil record. Trudy Paleontologicheskogo Instituta AN SSSR, 24, 1-178.
- Erben, H. K., 1970, Ultrastrukturen und Mineralization zentraler und fossiler Eischalen bei Vogeln und Reptilien. Biomineralisation, 1, 1-66.
- Erben, H. K., 1972, Ultrastrukturen und Dicke der Wand pathologischer Eischalen. Akad. Wiss. Lit. Mainz. Abh. Math. Naturwiss. Kl., 6, 193-216.
- Erben, H. K., Hoefs, J., and Wedepohl, K. H., 1979, Palcobiological and isotope studies of eggshells from a declining dinosaur species. Paleobiology, 5, 380-414.
- Jepsen, G. L., 1931, Dinosaur eggshell fragments from Montana. Science, 73, 12-13.
- Hirsch, K. F., 1979, The oldest vertebrate egg. Journal of Paleontology, 55, 1068-1084.
- Hirsch, K. F., 1983, Contemporary and fossil chelonian eggshells. Copeia, 1983, 382-397.
- Hirsch, K. F., 1985, Fossil crocodylian eggs from the Eocene of Colorado. Journal of Paleontology, 59, 531 - 542.
- Hirsch, K. F. and Packard M. J., 1987, Review of fossil eggs and their shell structure. Scan Microscopy, 1, 383-400.
- Hirsch, K. F., Stadtman, K., Miller, W. and Madsen, J., 1989, Upper Jurassic dinosaur egg from Utah. Science, 243, 1711-1713.
- Hirsch, K. F. and Quinn, E., 1990, Eggs and eggshell fragments from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana. Journal of Vertebrate Paleontology, 10, 491-511.
- Huh, M., Lim, S. K. and Yang, S. Y., 1996, First discovery of pterosaur tracks from Asia. Journal of the Geological Society of Korea, 32, 526 - 528.
- Huh, M., Lim, S. K., Yang, S. Y. and Hwang, K. G., 1997, A preliminary report on the Cretaceous dinosaur tracks from the Uhangri Formation, Haenam, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea Special Publication 2, 1-16.
- Huh, M., Paik, I. S., Chung, C. H., Park, J. B. and Kim, B. S., 2001a, Dinosaur tracks from islands in Yeosu, Jeollanamdo, Korea. Journal of Geological Society of Korea, 37, 653-658.
- Huh, M. and Paik, I. S. 2001b. Current studies on Korean dinosaurs. Proceedings of the International Kanazawa workshop on geological and environmental aspects of the circum-Japan sea region : toward the 21th century. Kanazawa University, Kanazawa, Japan. 23-28.
- Huh, M. and Zelenitsky, D. K., 2002, A rich nesting site from the Cretaceous of Bosung County, Chullanam-do Province, south Korea. Journal of Vertebrate Paleontology, 22, 716-718.
- Huh, M., Hwang, K. G., Paik, I. S. and Chung, C. H., 2003a, Dinosaur tracks from the Cretaceous of South Korea: distribution, occurrence and paleobiological significance.

- The Island Arc, 12, 132-144.
- Huh, M., Paik, I. S., Chung, C. H., Hwang, K. G. and Kim, B. S., 2003b, Theropod tracks from Seoyuri in Hwasun, Jeollanamdo, Korea: occurrence and paleontological significance. *Journal of Geological Society of Korea*, 39(4), 461-478 (In Korean).
- Huh, M. and Hwang, K. G., 2004a, Pterosaur fossils from the Cretaceous of South Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special publication No. 7. 305-318 (In Korean).
- Huh, M. and Hwang, K. G., 2004b, Dinosaur footprints from the Cretaceous of South Korea: with reference to Cheollanam-do dinosaur sites. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special publication No. 7. 319-335 (In Korean).
- Huh, M., Paik, I. S., Lockley, M. G., Hwang, K. G., Kim, B. S. and Kwak, S. K., 2006a, Well-preserved theropod tracks from the Upper Cretaceous of Hwasun County, Southwestern Korea and their paleobiological implications. *Cretaceous Research*, 27, 123-138.
- Huh, M., Paik, I. S., Park, J. and Lee, D. G., 2006b, Dinosaur eggs in South Korea: occurrence and palaeobiology. 9th Int'l symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystem, Manchester, U.K., June 26-30, 161p
- Hwang, K. G. 2001. Dinosaur and pterosaur tracks from the Late Cretaceous Uhangri Formation, Haenam, SW Korea. Unpublished Ph. D. Thesis, 1-179.
- Hwang, K. G., Huh, M., Lockley, M. G., Unwin, D. M. and Wright, J. L., 2002a, New pterosaur tracks (Pteraidnidae) from the Late Cretaceous Uhangri Formation, SW Korea. *Geological Magazine*, 139, 421-435.
- Hwang, K. G., Huh, M. and Paik, I. S. 2002b, Sauropod tracks from the Cretaceous Jindong Formation, Hogyeri, Masan-city. *Journal of the Geological Society of Korea*, 38, 361-375(In Korean).
- Hwang, K. G., Huh, M. and Paik, I. S., 2004, Sauropod trackways from the Cretaceous Jindong Formation at Docheon-ri, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 40, 145-159 (In Korean).
- Hwang, K. G., Huh, M. and Paik, I. S., 2006, Sauropod trackways from the Cretaceous Jindong Formation at Docheon-ri, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 42, 69-78 (In Korean).
- Jensen, J. A., 1966, Dinosaur eggs from the Upper Cretaceous North Horn Formation of central Utah. *Brigham Young University Geology Studies*, 13, 55-67.
- Kim, H. M. 1983. Cretaceous dinosaurs from Korea, *Journal of the Geological Society of Korea* 19, 115-126. (In Korean).
- Kim, C. B., Huh, M., Cheong, C. S., Lockley, M. G. and Chang, H. W., 2002. The age of the pterosaur and web-footed bird tracks associated with dinosaur footprints from South Korea. *The Island Arc*, 12, 125-131.
- Kim, K. S., Cheong, E. K., Suzuki, M., Huh, M. and Paik, I. S., 2002. Some coniferous fossil woods from the Cretaceous of Korea. *Geoscience Journal*, 6, 131-140.
- Kim, J. Y., Jeong, K. S., Chang, S. K., Choi, M. Y. and Lee, Y. N., 2000, Occurrence of dinosaur eggs and nests from the Mesozoic strata of Hwaseong-gun, westcoast of Korea. The 31th annual meeting of IGC(abstract), Rio de Janeiro, Brazil, August 6-17, 81p.
- Kim, S. B., Kim, Y. G., Jo, H. R., Jung, K. S. and Chough, S. K., 2006, The Cretaceous Shiwha Formation: depositional environments and basin evolution. The 61th annual meeting of Geological Society of Korea(abstract), Daejeon, Oct. 26-27, 26p.
- Kim, Y. G., 2003, Depositional systems and environments of Cretaceous Shiwha Formation. Seoul National University, MSc. Thesis, 55p.
- Lee, Y. N., Yang, S. Y., Seo, S. J., Baek, K. S., Yi, M. S., Lee, D. J., Park, E. J. and Han, S. W. 2000b. Distribution and paleobiological significance of dinosaur tracks from the Jindong Formation (Albain) in Kosong County, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special Publication 4, 1-12.
- Lee, Y. N., Yu, K. M. and Wood, D. C. B., 2001. A review of vertebrate fauna from the Gyeongsang Supergroup (Cretaceous) in South Korea. *Palaeoceanography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 165, 357-373.
- Lee, Y. N. and Huh, M., 2002. Manus-only sauropod tracks in the Uhangri Formation (upper Cretaceous), Korea and their paleobiological implications. *Journal of Paleontology*, 76, 558-564.
- Lee, Y. N., 2003, Dinosaur bones and eggs in South Korea. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum*, 2, 113-122.
- Lim, J. D., Baek, K. S. and Yang, S. S., 2002. A new record of a pterosaur from the Early Cretaceous of Korea. *Current Science*, 82, 1208-1210.
- Lim, S. K., Yang, S. Y. and Lockley, M. G., 1989, Large dinosaur footprint assemblages from the Cretaceous Jindong Formation of Southern Korea. In D. D. Gillette and M. G. Lockley (eds.), *Dinosaur tracks and traces*. Cambridge University Press, 333-336.
- Lim, S. K. 1991. Trace fossils of the Cretaceous Jindong Formation, Koseung, Korea. Ph.D. Thesis, Kyungpook National University, 128 p. (In Korean).
- Lim, S. K., Lockley, M. G., Yang, S. Y., Fleming, R. F. and

- Houck, K., 1994, A preliminary report on sauropod track-sites from the Cretaceous of Korea. *GAIA: Revista de Geociencias*, Museu Nacional de Historia Natural, Lisbon, Portugal 10, 109-117.
- Lockley, M. G., Fleming, R. F., Yang, S. Y., Lim, S. K. and Houck, K. 1992a. Dinosaur Tracks in intrusive igneous rocks. *Ichnos* 2, 213-216.
- Lockley, M. G., Yang, S. Y., Matsukawa, M., Fleming, F. and Lim, S. K., 1992b, The track record of Mesozoic birds : evidence and implication. *Philosophical Transactions of Royal Society of London*, B336, 113-134.
- Lockley, M. G., Huh, M., Lim, S. K., Yang, S. Y., Chun, S. S. and Unwin, D., 1997, First report of pterosaur tracks from Asia, Chullanam Province, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special Publication 2, 17-32.
- Mikhailov, K. E. 1991. Classification of fossil eggshells of amniote vertebrates. *Acta Palaeontologica Polonica*, 36, 193-238.
- Mikhailov, K. E., 1994, Eggs of sauropod and ornithopod dinosaurs from the Cretaceous of Mongolia. *Paleontologicheskii Zhurnal*, 3, 114-127.
- Mikhailov, K. E. 1995. Theropod and protoceratopsian dinosaur eggs from the Cretaceous of Mongolia and Kazakhstan. *Paleontological Journal*, 28, 101-120.
- Mikhailov, K. E., Bray, E. S. and Hirsch, K. F., 1996, Parataxonomy of fossil egg remains (Veterovata): principles and applications. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16, 763-769.
- Norell, M. A., Clack, J. M., Chiappe, L. M. and Dashzeveg, D., 1995, A nesting dinosaur. *Nature*, 378, 774-776.
- Paik, I. S., Kim, H. J. and Lee, Y. I., 2001a, Dinosaur track-bearing deposits in the Cretaceous Jindong Formation, Korea: occurrence, palaeoenvironments and preservation. *Cretaceous Research*, 22, 79 - 92.
- Paik, I. S., Kim, H. J., Park, K. H., Song Y. S., Lee, Y. I., Hwang, J. Y. and Huh, M., 2001b, Palaeoenvironments and taphonomic preservation of dinosaur bone-bearing deposits in the Lower Cretaceous Hasandong Formation, Korea, *Cretaceous Research*, 22, 627-642.
- Paik, I. S., Huh, M. and Kim, H. J., 2004, Dinosaur egg-bearing deposits (Upper Cretaceous) of Boseong, Korea: occurrence, palaeoenvironments, taphonomy, and preservation, *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 205, 155-168.
- Paik, I. S., Huh, M., Yang, S. Y., So, Y. H., Lee, J. E. and Jeong, H. S., 2005, Palaeoenvironments and preservation of dinosaur egg-bearing deposits in the Cretaceous Gyeongsang Supergroup, Korea. The 60th annual meeting of Geological Society of Korea (abstract), Jinju, Gyeongsang National University, Oct. 29-30, 184p.
- Paik, I. S., Huh, M., Park, K. H., Hwang, G. K., Kim, K. S. and Kim, H. J., 2006a (In Press), Yosu dinosaur tracks site of Korea: the last dinosaur track records in Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*.
- Paik, I. S., Huh, M., So Y. H., Lee, J. E. and Kim, H. J., 2006b (In Press), Traces of evaporites in Upper Cretaceous lacustrine deposits of Korea: origin and palaeoenvironmental implications. *Journal of Asian Earth Sciences*.
- Park, E. J., Yang, S. Y., and Currie, P. J. 2000. Early Cretaceous dinosaur teeth of Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special Publication 4, 85-98.
- Sochava, A. V., 1969, Dinosaur eggs from the Upper Cretaceous of the Gobi Desert. *Paleontological Journal*, 4, 517-527.
- Thaler, L. S., 1965, Les oeufs des dinosaures du Midi de la France livrent le secret de leur extinction. *Sci. Prog. Nat.*, 2, 41-48.
- Varricchio, T. C., Johnsom, F. J., Borkowski, J. and Horner, J. R., 1997, Nest and egg clutches of the dinosaur *Troodon formosus* and the evolution of avian reproductive traits. *Nature*, 385, 247-250.
- Yang, S. Y., Lockley, M. G., Greben, R., Erickson, B. R., and Lim, S. K., 1995, Flamingo and duck-like bird tracks from the Late Cretaceous and Early Tertiary: Evidence and implications. *Ichnos*, 4, 21-34.
- Yang, S. Y., Lockley, M. G., Lim, S. K., and Chun, S. S., 1997, Cretaceous bird tracks of Korea. In Yang, S. Y., Huh, M., Lee, Y. N., and Lockley, M. G. (eds.), *International Dinosaur Symposium for Uhangri Dinosaur Center and Theme Park in Korea*. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special Publication, 2, 33-42.
- Young, C. C., 1954, Fossil reptilian eggs from Laiyang, Shantung, China. *Scientia Sinica*, 3, 505-522.
- Young, C. C., 1959, New fossil eggs from Laiyang, Shantung. *Vertebrata Palasiatica*, 3, 34-35.
- Young, C. C., 1965, Fossil eggs from Nanhsiung, Kwangtung, and Kanchou, Kiangsi. *Vertebrata Palasiatica*, 9, 141-170.
- Yun, C. S., and Yang, S. Y., 1997, Dinosaur eggshells from the Hasandong Formation, Gyeongsang Supergroup, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 13, 21-36. (In Korean)
- Yun, C. S. and Yang, S. Y., 2001. First discovery of big pterosaur teeth in Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 17, 69-76. (In Korean)
- Zhao, Z., 1993, Structure, formation and evolutionary trends of dinosaur eggshells. In I. Kobayashi, Mutvei, H. and Sahni, A. (eds.), *Structure, Formation and Evolution of Fossil Hard Tissues*, Tokyo, Tokai University Press, 195-212.

- Zhao, Z. K. and Jiang, Y. K., 1974, Microscopic studies on the dinosaurian eggshells from Laiyang, Shantung Province. *Scientia Sinica*, 17, 71-83.
- Zhao, Z. K. and Ding, S., 1976, Discovery of the dinosaurian eggshells from Alxa, Nangxia and its stratigraphic significance. *Vertebrata Palasiatica*, 14, 42-44.
- Zhao, Z. K., 1975, The microstructure of the dinosaurian eggshells of Nanxiong Basin, Guangdong, and the problems in dinosaur egg classification. *Vertebrata Palasiatica*, 13, 105-117.
- Zhao, Z. K., 1979, Progress in the research of dinosaur eggs. In *Mesozoic and Cenozoic Red Beds of South China*, Beijing, Science Press, 330-340.
- Zhao, Z. K., 1994, The dinosaur eggs in China: On the structure and evolution of eggshells. In: Carpenter K., Hirsch, K. F. and Horner, J. R., *Dinosaur Eggs and Babies*. Cambridge University Press, 184-203.
-
- 투 고 일 : 2006년 11월 1일
심 사 일 : 2006년 11월 3일
심사완료일 : 2006년 12월 5일