

백악기 함평분지에서 산출되는 담수 개형충 화석 연구

최병도¹ · Munkhtsetseg Jugdernamjil² · 허 민^{1,*} · Khand Yondon²

¹전남대학교 지구환경과학부 & 한국공룡연구센터

²Paleontological Center, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia

요 약

이 연구에서는 전라남도 함평군 일대에 분포하는 백악기 함평분지에서 산출된 담수 개형충의 분류학적 기재, 생층서 연대 및 고환경을 논의하였다. 연구지역의 개형충 군집은 총 5속 10종으로 이루어져 있으며, 전형적인 호소 환경의 종들로 확인되었다: *Cypridea* cf. *changluensis*, *C.* cf. *subprognata*, *C.* sp., *Mongolocypis* sp. 1, *M.* sp. 2, *Candona* cf. *arcinaeformis*, *C.* sp. 1, *C.* sp. 2, *Mantelliana* sp. 및 *Timiriasevia* sp. 이 중에서 *Mantelliana*와 *Timiriasevia*에 속하는 종들은 남한에서 처음으로 보고되는 분류군들이며, 특히 *Timiriasevia*의 산출을 통해 함평분지가 주기적인 계절변화의 영향을 받았던 호소환경이었다고 추론하였다. 또한 함평분지의 개형충 군집을 백악기 동아시아의 분류군들과 비교한 결과를 토대로 분지의 형성시기를 Aptian 내지 Albian으로 해석하였다.

주요어: 함평분지, 백악기, 개형충, 생층서

Byung-Do Choi, Munkhtsetseg Jugdernamjil, Min Huh and Khand Yondon, 2017, Cretaceous non-marine ostracods from the Hampyeong Basin, southwestern Korean Peninsula. Journal of the Geological Society of Korea. v. 53, no. 5, p. 631-643

ABSTRACT: In this study, we describe the taxonomy of the Cretaceous non-marine ostracods from the Hampyeong Basin, southwestern Korean Peninsula as well as its biostratigraphical and paleoenvironmental applications. The ostracod assemblage of this basin includes 10 species belonging to 5 genera: *Cypridea* cf. *changluensis*, *C.* cf. *subprognata*, *C.* sp., *Mongolocypis* sp. 1, *M.* sp. 2, *Candona* cf. *arcinaeformis*, *C.* sp. 1, *C.* sp. 2, *Mantelliana* sp. and *Timiriasevia* sp. Among these, genera *Mantelliana* and *Timiriasevia* are the first records in South Korea. Also, the occurrence of the genus *Timiriasevia* suggests that the paleoenvironment of the lake in the Hampyeong Basin was influenced by seasonal changes. Based on the ostracod assemblage, the age of this basin is considered as Aptian-Albian stages.

Key words: Hampyeong Basin, Cretaceous, ostracod, biostratigraphy

(Byung-Do Choi and Min Huh, Faculty of Earth Systems and Environmental Sciences & Korea Dinosaur Research Center, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea; Munkhtsetseg Jugdernamjil and Khand Yondon, Paleontological Center, Mongolian Academy of Sciences, Enkhtaivan Avenue, Ulaanbaatar 63, Mongolia)

1. 서 론

개형충(ostracod)은 두 장의 석회질 패각(valve)이 부착지(appendages)를 포함한 키틴질의 몸체(soft-body)를 감싸고 있는 형태의 갑각류로, 화석화 되기 쉬운 패각을 갖고 있기 때문에 고생대 오르도비스기부터 현재에 이르기까지 약 65,000여 종의 화석종과 현생

종이 보고된 바 있다(Williams *et al.*, 2008, 2015). 이들은 해양, 기수, 담수는 물론 지하수 환경과 수분이 있는 내륙까지 대부분의 수생환경에 성공적으로 진출하여 생태적 적응과 진화적 방산을 이루어냈다(Lee and Huh, 2004). 따라서 개형충은 생층서 연대를 추정하거나 고환경 해석에 매우 유용한 도구로써 이용될 수 있다(e.g., Sames, 2011a, 2011b). 특히 육성에

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

서 퇴적되었기 때문에 해양 미화석(e.g., 유공충, 방산충)의 기록이 없는 남한의 백악기 퇴적분지에서 담수 개형충은 동아시아 지역의 생충서 연구와 특정 분류군을 이용한 고환경학적 분석에 도움을 줄 수 있다(Lee and Huh, 2004).

현재까지 남한 지역에서 보고된 개형충 화석은 주로 경상북도 일대에 분포하는 포항분지와 어일분지(e.g., Huh, 1992, 1994; Huh and Paik, 1993; Huh and Whatley, 1997), 제주도 일대의 서귀포층과 신양리층(e.g., Lee, 1990; Lee and Paik, 1992) 및 울릉분지(Kim et al., 1998) 등 주로 신생대 해양 퇴적층에서 발견된 것이 다수이며, 고생대와 중생대 개형충 연구는 매우 적은 편이다. 특히 중생대 개형충의 경우, 경상분지 진주층에서 산출된 개형충의 분류학적 연구(Paik et al., 1988; Choi, 1990; Choi and Huh, 2016)를 비롯하여 황해 대륙붕 퇴적층에서의 개형충 보고(Yun et al., 2000) 및 해남분지, 영동분지와 함평분지에서 산출된 개형충의 단편적인 기재와 학위논문이 소수 있을 뿐이다(Chun et al., 1993; Huh et al., 1998; Jugdernamjil, 2009). 이는 불량한 보존상태로 인하여 심도 있는 연구가 힘든 것에 기인하지만, 최근의 연구(Choi and Huh, 2016) 결과는 국외의 연구결과들과 마찬가지로 남한에서 산출되는 백악기 개형충을 통해 생충서, 고환경 및 일부 분류군들의 계통진화를 설명하는 것이 가능함을 시사한다.

함평분지의 백악기 개형충 연구는 Huh and Hayashi (2001)에 의해 7속 18종이 보고된 것이 최초이며, 이후 Jugdernamjil (2009)이 6속 11종의 개형충을 기재하고 이를 통해 함평분지 퇴적층의 연대를 Aptian 내지 Albian으로 보고한 바 있다. 이들 연구를 종합해 보면 개형충 군집은 주로 *Cypridea*와 *Mongolocypis* 속(genera)과 소수의 *Candona*, *Lycoprocypris*, *Linnocypridea*, *Mongolianella*, *Eucypris*, *Timiriasevia* 및 *Darwinula* 속으로 구성되며, 중국, 몽골 등지의 전기 백악기 퇴적층에서 보고된 개형충과 비슷한 군집 형태를 보인다고 기술되었다. 그러나 기존 연구에서는 개형충의 보존상태가 불완전하여 단일 종을 여러 종으로 기재하거나 잘못된 분류를 하는 등 정밀한 조사가 어려운 실정이었다. 이번 연구는 Jugdernamjil (2009)의 표본을 통해 기존에 보고된 함평분지의 개형충을 재기재 및 분류하고, 국내외 개형충 군집과의 비교를 통해 생충서와 고환경을 논의하는데 목적이 있다.

2. 지질개요

함평분지는 옥천습곡대의 남서쪽에 위치한 소규모 백악기 퇴적분지이며(그림 1), 북동-남서 방향의 전주전단대와 광주단층(Paik et al., 1979; Hwang et al., 2002)의 방향을 따라 분포하고 있다. 분지의 면적은 약 520 km²이고, 두께는 약 500 m이다(You et al., 2000; Hong et al., 2007). 행정구역상으로는 전라남도 함평군 함평읍, 대동면, 엄다면, 학교면, 나주시 문평면과 다시면, 무안군 북동부 일대에 걸쳐 위치한다(Huh and Chung, 2009). 함평분지의 기반은 시대미상의 편암류와 이를 관입한 쥐라기 화강암류로 이루어져 있으며, 분지 내부는 백악기의 화산쇄설암류와 쇄설성 퇴적암류로 구성된다(Hwang et al., 2002). 분지를 이루는 주구성 암석은 역암, 사암, 이암, 응회암 및 화산암류로 이루어져 있으며, 이들은 하부로부터 상부로 갈수록 응회암류, 자색 응회질 사암 내지 이암, 녹회색 역암, 사암 및 이암, 암회색 이암, 래필리응회암 등의 순서를 따라 나타난다(You et al., 2000; Hwang et al., 2002). 함평분지의 퇴적환경은 화산활동의 영향을 받은 충적평야, 범람원 및 호수로 이루어진 하성-호소환경(fluvio-lacustrine environment)으로 보고된 바 있다(Hwang et al., 2000; Hwang et al., 2002). 여기에서 보고된 화석으로는 식물(You et al., 2000; Hwang et al., 2002)과 곤충(Huh and Chung, 2009)이 있으며, 기존 문헌에서 기재되지 않았으나 개갑류(clam shrimp)와 복족류(gastropod) 화석도 산출된다. 함평분지의 퇴적 연대는 피자식물인 *Platanus*속 식물의 산출을 통해 Aptian-Albian 또는 이보다 신기로 해석된 바 있으며(You et al., 2000), Hong et al. (2007)은 암석의 고지자기 연구에서 화산암 내 극의 위치를 통해 함평분지의 연대를 후기 백악기로 해석하였다.

3. 연구대상 및 방법

이 연구의 시료와 사진은 Jugdernamjil (2009)의 석사학위 논문에서 기재된 개형충 화석을 바탕으로 하고 있다. 연구 지역은 전라남도 함평군 학교면 마산리와 월산리 일대(N35°00'-N35°05', E126°30'-126°35'; 그림 1)이며, 시료는 3개 퇴적 단면(HP-1, HP-2, HP-3; 그림 2)의 17개 층준 내 암회색 이암에서 채취하였

다. 암석 시료 중 개형충이 산출되는 층은 총 12개 이다. 산출된 개형충 표본은 대체로 두 각이 모두 붙은 배갑(carapace)보다는 한쪽 패각(valve)만 산출되는 경우가 흔하며, 보존 상태는 대체로 불량한 편이다.

퇴적암 내 개형충은 암석의 고화 정도에 따라 두 가지 방법을 이용하여 추출하였다. 첫째, 단단히 고화된 암석의 경우 Na₂SO₄ 용액을 시료에 넣어 동결

하고, 녹이는 방법을 4-5회 반복한 후, 분해된 시료를 체(500-125 μm)를 통해 걸러서 화석을 얻거나, 둘째, 부드러운 암석의 경우 온수(60-90°C)에 넣은 후, 얼렸다 녹이는 과정을 반복하여 얻어진 분해 시료를 체로 걸러낸 후 현미경에서 관찰하고 추출하였다. 추출한 개형충 미화석은 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 정밀하게 관찰하고 사진을 촬영하였다. 연

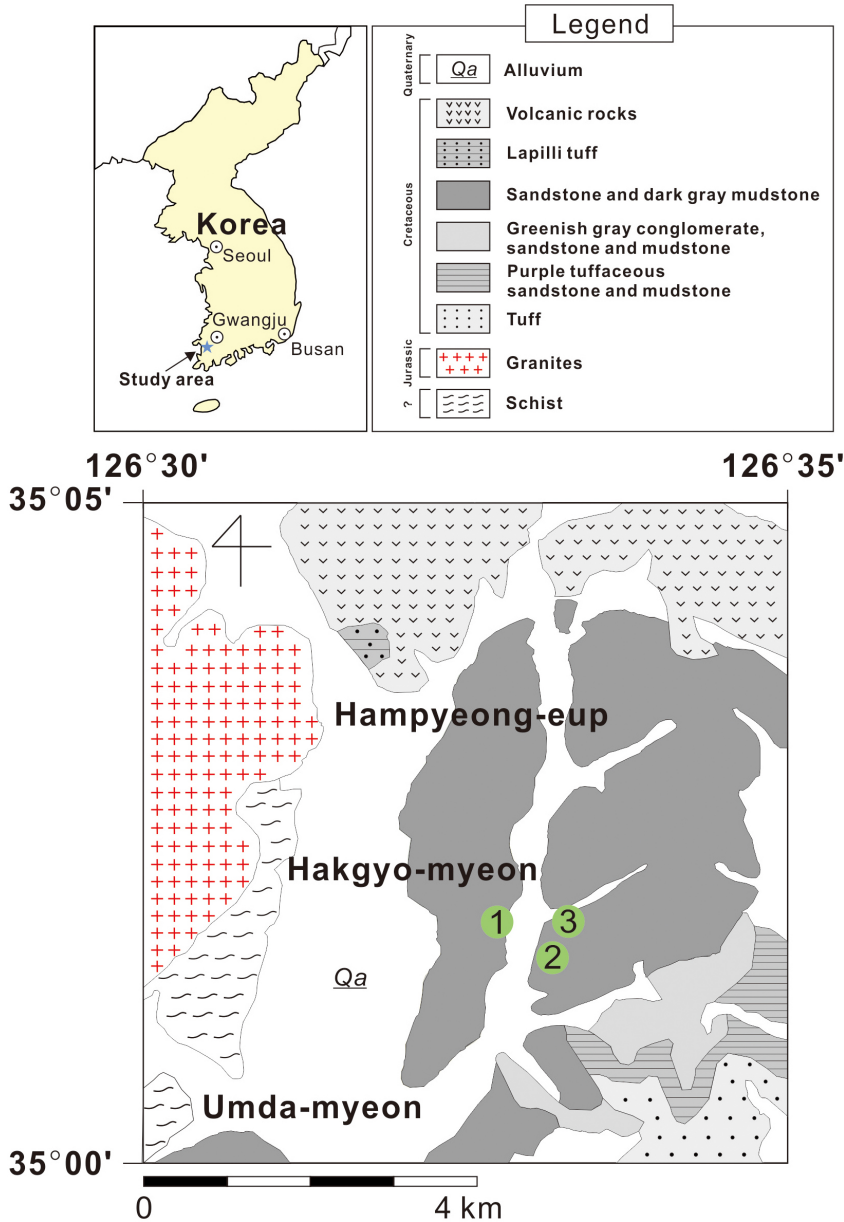


Fig. 1. Location and geological map of the study area (modified from Hwang *et al.*, 2002) including localities of the measured sections (HP-1, 2 and 3).

구에 사용된 함평분지 개형층 표본들은 전남대학교 한국공룡연구센터에 보관중이다.

개형층 크기에 대한 척도는 길이를 기준으로 Ayress and Whatley (2014)를 따랐으며(매우 소형: < 0.40 mm, 소형: 0.40-0.50 mm, 중형: 0.51-0.70 mm, 대형: 0.71-1.00 mm, 매우 대형: 1.01-2.00 mm, 초대형: > 2.0 mm), 형태적 특징은 Sames (2011c)가 제안한 용어들을 바탕으로 기재하였다. 다만 일부 형태학적 용어들은 국내에 소개되어 있지 않기 때문에

여기에서는 원어로 표기하였다(그림 3).

4. 기재

Class Ostracoda Latreille, 1802
 Order Podocopida Müller, 1894
 Superfamily Cypridoidea Baird, 1845
 Family Cyprideidae Martin, 1940
 Genus *Cypridea* Bosquet, 1852

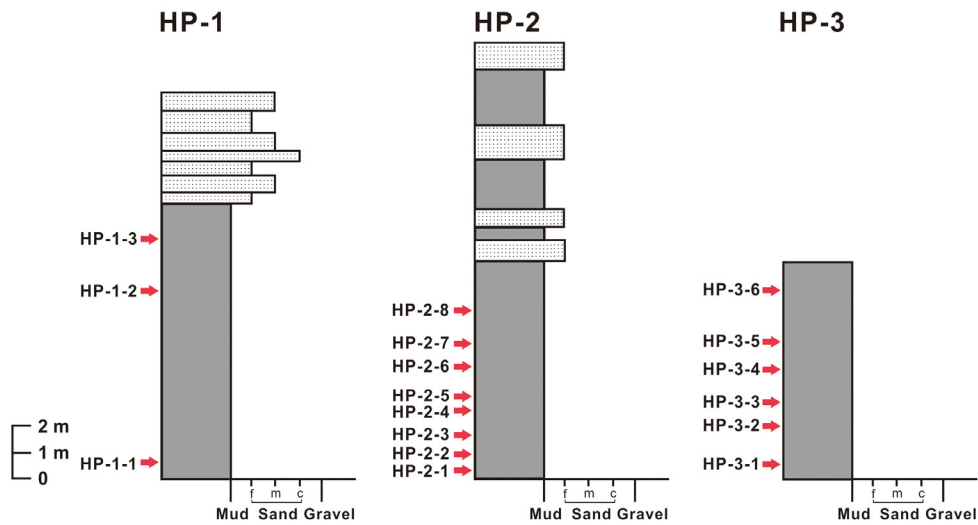


Fig. 2. Stratigraphic sections of the study area and sample numbers (modified from Jugdernamjil, 2009).

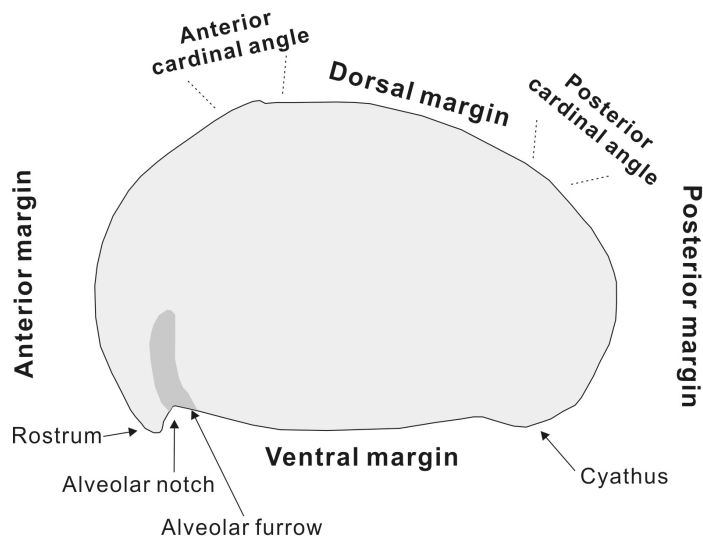


Fig. 3. Morphologic terms for carapace (without ornamentation) in the genus *Cypridea* (based on Sames, 2011c).

Cypridea cf. *changluensis* Zhao, 1985

(Fig. 4a)

2009 *Cypridea* cf. *changluensis* Zhao; Jugdernamjil, p. 38, pl. 1, Fig. 6.

산출: 1개체, HP-2 단면(HP-2-8 층준).

크기: 길이 1.68 mm, 높이 0.93 mm.

기재: 매우 대형이며, 측면은 아난형(sub-ovate) 내지 긴 형태(elongate)이다. 패각의 최대 길이는 높이의 중간 지점이며, 최대 높이는 anterior cardinal angle에 위치한다. 배면(dorsal margin)은 일직선에 가까우나 약간 아치형이며, 후면부(posterior margin)를 향해 약간 더 기울어진다. 복부 경계(ventral margin)는 약간 부푼 형태이다. 복부 전면부(anteroventral margin)에 위치한 rostrum은 폭이 매우 넓고, 끝부분은 복부 경계면을 넘지 않는다. Alveolar notch가 매우 넓고 두드러지게 발달되어 있으며, alveolar furrow는 패각 높이의 1/4까지 발달 되어 있다. 전면부(anterior margin)는 상부에서 완만한 경사를 보이나 중부에서부터 크게 경사를 이룬다; Anterior cardinal angle은 둥근 형태이며 두드러지지 않는다. 후면부는 매우 좁으며 상부와 하부에 관계없이 거의 비슷하게 굴곡을 이룬다. Cyathus는 미약하게 발달되어 있다. 표면장식은 관찰되지 않는다.

토의: *C. changluensis*는 중국 Fuxin층(Aptian-Albian)과 Mengyin층에서 보고되었으며, 함평분지의 표본과는 형태적으로 거의 유사하나, 이번 연구의 표본은 rostrum이 더 크게 발달되어 있다. *C. cf. changluensis*는 rostrum과 alveolus의 일부(alveolar notch, alveolar furrow)가 매우 두드러지게 발달되는 점에서 전기 백악기의 *Cypridea* (*Cyamocypris*) 아속(subgenus)과 매우 유사한 형태를 보인다. 그러나 중국에서 보고된 *C. changluensis*와 *C. (Cyamocypris)* 간의 관계는 밝혀진 바가 없기 때문에 계통학적인 측면에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다. 또한 함평분지의 *C. cf. changluensis*는 중국의 *C. ampullaceosa* 및 *C. lishuiensis*와 유사한 분류학적 특징을 공유하지만, 이를 명확하게 하기 위해서는 보다 좋은 보존상태의 표본이 다수 필요하다.

Cypridea cf. *subprognata* Hou, 2002

(Fig. 4b)

2009 *Cypridea subprognata* Hou; Jugdernamjil,

p. 36, pl. 1, Fig. 3.

산출: 1개체, HP-2 단면(HP-2-6 층준).

크기: 길이 1.38 mm, 높이 0.92 mm.

기재: 매우 대형이며, 아난형(sub-ovate)의 측면 형태이다. 패각의 최대 길이는 높이의 중간 지점보다 약간 아래이며, 최대 높이는 anterior cardinal angle이 위치한 곳이다. 배면(dorsal margin)은 아치 형태이지만 anterior cardinal angle 부분이 약간 돌출되어 있으며, 후면부(posterior margin)를 향해 좀 더 기울어진 형태이다. 복부 경계(ventral margin)의 형태는 약간 부푼 형태이다. 복부 전면부(anteroventral margin)에 위치한 rostrum은 넓고 끝이 아래를 향하며, 복부 경계면을 약간 넘어서나. Rostrum 후면부의 alveolar notch가 크지는 않으나 구분되며, alveolar furrow는 폭이 넓고, 패각 높이의 1/3까지 발달되어 있다. 전면부(anterior margin)는 넓고 아래를 향해 좀 더 경사진다; 상부에 위치한 anterior cardinal angle이 발달되어 있으며 그 아래에는 swelling-like node가 희미하게 위치한다. 후면부는 전면부에 비해 상대적으로 좁으나 중간 부분이 약간 돌출되어 있고 아래를 향해 경사져 있다. 복부 후면부(posteroventral margin)에 위치한 cyathus가 크게 발달되어 있으며 둥글고, cyathus의 끝부분은 복부 경계면을 넘어서나. 패각의 표면에는 puncta와 작은 돌기들(tubercles)이 분포한다.

토의: *Cypridea subprognata*는 중국의 랴오닝성(Liaoning Province)의 전기 백악기 Yixian층(Hauterivian-Aptian, 주로 Barremian)과 내몽골의 백악기 퇴적층에서 보고된 바 있다(Hou *et al.*, 2002). 이번 연구의 표본을 Hou *et al.* (2002)의 도판과 비교하여 보았을 때, 함평분지의 *C. cf. subprognata*는 rostrum이 복부를 넘어서며, alveolar furrow가 발달되어 있고, cyathus는 둥글고 넓은 형태이지만 중국의 표본과 동일한 패각 형태를 보인다. 충분한 표본이 산출되지 않았기에 정확한 판별은 어렵지만 함평분지의 표본은 *C. subprognata*의 층서적 범위를 Aptian 내지 Albian까지 확장할 수 있다는 것을 시사하거나, 그 후손 또는 근연종일 가능성임을 시사한다.

Cypridea sp.

(Fig. 4c)

2009 *Cypridea subprognata* Hou; Jugdernamjil,

pl. 1, Fig. 2.

산출: 1개체, HP-3 단면(HP-3-2 층준).

크기: 길이 1.34 mm, 높이 0.84 mm.

기재: 매우 대형이며, 측면은 아난형(sub-ovate)이다. 패각의 최대 길이는 높이 중간 지점보다 약간 하부에서 시작하며, 최대 높이는 anterior cardinal angle이다. 배면(dorsal margin)은 아치 형태이고, 후면부(posterior margin)를 향해 좀 더 기울어진 형태이다. 복부 경계(ventral margin)의 형태는 약간 부푼 형태이다. 복부 전면부(anteroventral margin)에 위치한 rostrum은 폭이 좁고 후면부를 향해 휘어있으며, 그 끝은 복부 경계면을 넘지 않는다. Rostrum 후면부의 alveolar notch가 작지만 잘 발달되어 있으나, alveolar furrow는 뚜렷하지 않다. 전면부(anterior margin)는 넓고 아래를 향해 좀 더 경사진다; Anterior cardinal angle은 둥근 형태이지만 잘 관찰된다. 후면부는 전면부에 비해 상대적으로 좁으나 마찬가지로 아래를 향해 경사져있다; Posterior cardinal angle은 둥글며, 두드러지지 않는다. 복부 후면부(posteroventral margin)에 위치한 cyathus가 잘 발달되어 있으며, 둥근형태이다. Cyathus의 끝부분은 복부 경계면을 넘어서지 않는다. 패각의 표면에는 puncta와 작은 돌기들(tubercles)들이 산재하여 분포한다.

토의: 상기한 *C. cf. subprognata*와 매우 유사한 패각 및 표면장식 형태를 보이거나 rostrum이 짧고 후면부로 휘어있으며, alveolar furrow가 두드러지지 않고, 후면부의 cyathus가 덜 발달되어 있다. 또한 크기 차이가 크지 않기 때문에 성장과정의 차이로 보기는 힘들다. 형태적 유사성에도 불구하고 분류학적으로 중요한 특징들에서 차이를 보이기 때문에 이 연구에서는 이들을 별개의 종으로 구분하였다. 그러나 기존에 보고된 *Cypridea* 종들과의 공통점을 찾기 어려워져서 open nomenclature로 표기하였다.

Genus *Mongolocypris* Szczechura, 1978

Mongolocypris sp. 1

(Fig. 4d-j)

2001 *Cypridea tera* Su; Huh and Hayashi, Fig. 7.1.

2001 *Limmocypridea cf. harbinensis* Ten; Huh and Hayashi, Fig. 7.2.

2001 *Cypridea* sp. 1; Huh and Hayashi, Fig. 7.4.

2001 *Cypridea cf. tera* Su; Huh and Hayashi, Fig. 7.6.

2001 *Limmocypridea?* sp.; Huh and Hayashi, Fig. 7.7

2001 *Cypridea (C.) cf. cavernosa* Galeeva; Huh and Hayashi, Fig. 7.8.

2001 *Cypridea (C.) cf. tenuis* Anderson; Huh and Hayashi, Fig. 7.9.

2009 *Mongolocypris hamnyeongensis* sp. nov. Jugdernamjil, pp. 41-42, pl. 2, Figs. 5-6, pl. 3, Figs. 1-10.

산출: 142 개체, HP-2 단면(HP-2-1, 2-2, 2-4, 2-5, 2-7 층준), HP-3 단면(HP-3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5 층준).

크기: 길이 1.5-1.75 mm, 높이 0.8-0.98 mm.

기재: 매우 대형이며, 긴 형태 내지 직사각형의 형태이다. 왼쪽 각이 오른쪽 각을 감싸는 형태이다. 패각의 최대 길이는 높이의 중간이며, 최대 높이는 배면(dorsal margin)의 중간 지점에 위치한다. 등 부위는 약간 아치형을 보이며, 등 부위의 전면부와 후면부 모두 균일하게 굴곡진 형태이다. 복부 경계(ventral margin)는 거의 일직선이지만 왼쪽 각은 약간 부푼 형태이다. Rostrum은 넓고 끝부분은 후면부를 향해 약간 휘 형태를 보이고 복부 경계를 약간 넘어선다. Alveolar notch는 매우 미약하다. 전면부와 후면부는 패각의 위, 아래 모두에서 동일하게 넓고, 둥근 굴곡을 보이지만 아래 부분이 조금 더 부푼 형태이다. Anterior cardinal angle은 둥근 형태이다. Cyathus는 매우 미약하고 거의 관찰되지 않는다. 표면장식은 없다. 근흔 패턴(muscle scar pattern)은 중앙에 위치한 6개의 패각근흔(adductor muscle scars)과 하부에 위치한 2개의 대악근흔(mandibular scars)이 신장형(kidney-shaped)으로 위치하며, 상부에는 아원형의 전방근흔(frontal scars)이 2개 존재한다(그림 4e2).

토의: Huh and Hayashi (2001)은 이 종을 *Cypridea tera* (현재는 *Mongolocypris tera*로 분류, Hou et al., 2002 참조)를 비롯한 7종으로 구분한 바 있으며, Jugdernamjil (2009)는 신종 *Mongolocypris hamnyeongensis* sp. nov.로 보고한 바 있다. 그러나 다른 *Mongolocypris* 종들과 비교하여 보았을 때, 신종으로 판단할 수 있는 중요한 특징이 발견되지 않으며, 대부분의 화석이 압착된 형태이거나 배갑(carapace)이 아닌 분리된 패각(valve)의 형태이다. 또한 기존에 보고된

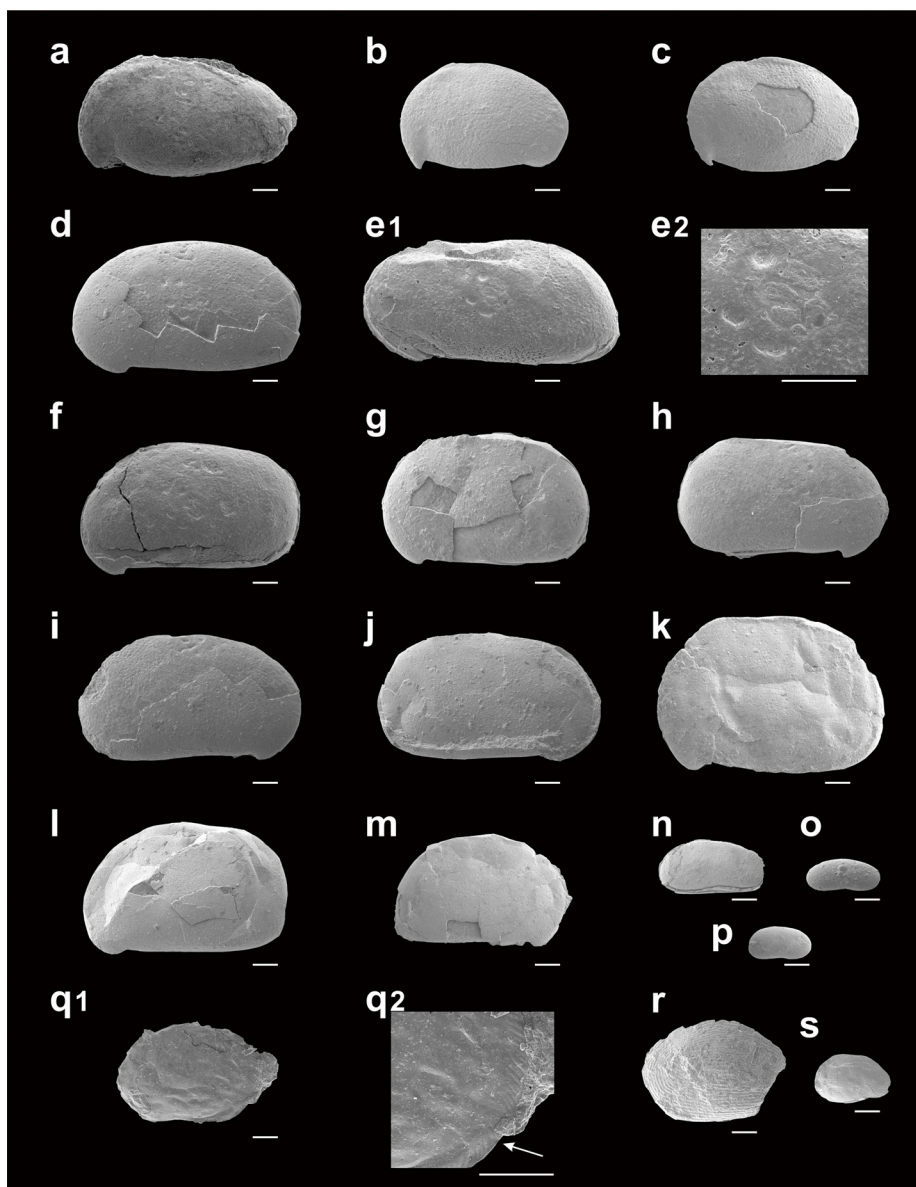


Fig. 4. Non-marine ostracods of the Cretaceous Hampyeong Basin (refigured from Jugdernamjil, 2009). (a) *Cypridea* cf. *changluensis*, left view of left valve, specimen from sample HP-2-6; (b) *Cypridea* cf. *subprognata*, left view of left valve, specimen from sample HP-2-6; (c) *Cypridea* sp., left view of left valve, specimen from sample HP-3-2; (d-j) *Mongolocypsis* sp. 1; (d) left view of left valve, specimen from sample HP-2-5; (e1) left view of left valve, specimen from sample HP-2-2; (e2) idem, detail of muscle scar pattern; (f) left view of left valve, specimen from sample HP-3-4; (g) left view of left valve, sample from HP-3-4; (h) right view of right valve, specimen from sample HP-3-4; (i) right view of right valve, sample from HP-2-5; (j) right view of right valve, specimen from sample HP-2-5; (k-m) *Mongolocypsis* sp. 2; (k) left view of left valve, specimen from sample HP-2-1; (l) left view of left valve, specimen from sample HP-2-1; (m) right view of right view, specimen from sample HP-2-1; (n) *Candona* cf. *arcinaeformis*, right view of right valve, specimen from sample HP-1-3; (o) *Candona* sp. 1, right view of right valve, specimen from sample HP-3-1; (p) *Candona* sp. 2, right view of right valve, specimen from sample HP-2-2; (q1) *Mantelliana* sp., right view of right valve, specimen from sample HP-2-3; (q2) idem, detail of anterioventral area (arrow indicates marginal flange); (r-s) *Timiriasevia* sp.; (r) right view of right valve, specimen from sample HP-2-2; (s) right view of right valve, specimen from sample HP-2-2. Scale bars = 200 μ m.

Mongolocypris 속의 어느 특정한 종으로 분류할 수 있는 특징이 보이지 않기 때문에 open nomenclature로 구분하였다. 한편 이 종은 함평분지에서 함께 산출되는 *M. sp. 2*의 수컷형일 가능성이 높다(아래 *Mongolocypris sp. 2* 참고).

Mongolocypris sp. 2

(Fig. 4k-m)

2009 *Mongolocypris huhu* sp. nov. Jugdernamjil, p. 43, pl. 4, Figs. 1-6.

산출: 16개체, HP-2 단면(HP-2-1 층준).

크기: 길이 1.37-1.68 mm, 높이 0.88-1.14 mm.

기재: 매우 대형이며, 약간 정사각형의 형태이다. 패각의 최대 길이는 높이의 중간이며, 최대 높이는 배면(dorsal margin)의 중간 지점이다. 등 부위는 직선에 가까우나 약간 아치형을 보인다. 복부 경계(ventral margin)는 약간 부푼 형태지만 일직선에 가깝다. Rostrum은 넓고 끝부분은 후면부를 향해 약간 흰 형태를 보이며, rostrum의 끝은 복부 경계를 약간 넘는다. Alveolar notch는 매우 미약하게 발달되어 있다. 전면부는 넓고 둥근 형태로 발달되어 있으며, 후면부는 수직에 가깝지만 아래를 향해 약간 굴곡져 있다. Anterior cardinal angle은 둥근 형태를 보인다. Cyathus는 미약하지만 돌출되어 있다. 표면장식은 없다.

토의: 이 종은 Jugernamjil (2009)에 의해 *M. huhu* sp. nov.로 명명 되었으나 이 연구에서는 *M. sp. 1*과 마찬가지로 불량한 보존상태로 인해 open nomenclature로 기재하였다. *M. sp. 2*의 외형은 *M. sp. 1*에 비해 짧은 형태이기 때문에 길이/높이의 비가 낮고, 둥근 형태를 하고 있으며, cyathus가 후면부로 조금 더 돌출된 형태이다. Rostrum은 약간 더 아래를 향하지만 alveolus의 형태에는 차이가 없다. 기존 연구에서 모식종인 *M. distributa*의 수컷은 긴 형태를 보이며, 암컷은 상대적으로 짧은 배갑과 돌출된 cyathus를 보이기 때문에(Szczuchura, 1978), 이 연구에서는 약간 더 길쭉한 형태의 *M. sp. 1*을 수컷으로, 길이/높이비가 낮고 cyathus가 돌출된 형태의 표본인 *M. sp. 2*를 암컷으로 추측할 수 있다. Sames (2011b)는 *Mongolocypris*와 근연의 분류군인 *Cypridea* 속 내 일부 종의 형태적 차이가 mixed reproduction에 의한 성적이형성(sexual dimorphism)일 것으로 추

정하였는데, *Cypridea*의 성적이형성은 이번 연구에서와 마찬가지로 배갑의 길이/높이의 비와 형태 차이를 보인다. 국내의 경우 경상분지 진주층에서 산출된 *M. kohi*에서 성적이형성으로 추정되는 표본들이 보고된 바 있다(Choi and Huh, 2016). 그러나 생식기관이 관찰되지 않는 화석 상에서 Cypridoidea상과에 속하는 대부분의 개형층들은 배갑(carapace)의 성적이형성이 매우 미약하다. 또한 *M. sp. 1*이 대부분의 층준에서 다량으로 산출되는 반면 *M. sp. 2*는 하나의 층준에서 소량 산출되었기 때문에 성적이형성일 가능성이 제기되나 형태적 특징의 차이로 각기 다른 종으로 구분하였다.

Family Candonidae Kaufmann, 1900

Genus *Candona* Baird, 1845

Candona cf. arcinaeformis Sinita, 1993

(Fig. 4n)

2001 *Candona sp. 2*; Huh and Hayashi, Fig. 7.14.

2009 *Candona cf. arcinaeformis* Sinita; Jugdernamjil, p. 44-45, pl. 4, Fig. 7.

산출: 1개체, HP-1 단면(HP-1-1 층준).

크기: 길이 0.8 mm, 높이 0.41 mm.

기재: 대형이며, 측면은 기다란 난형(elongated ovate)이다. 패각의 길이/높이비는 2:1 이상이다. 최대 높이는 posterior cardinal angle에 위치한다. 좌측 패각이 우측 패각을 전체적으로 감싸고 있으며, 복부 경계에서 두드러진다. 배면(dorsal margin)은 점진적인 아치형이지만 posterior cardinal angle이 둥근 형태로 약간 돌출된 형태이다. 복부 경계(ventral margin)는 중앙보다 약간 전면부에서 오목하게 들어간다. 패각의 전면부는 좁은 형태로 둥글며, 후면부는 전면부보다 조금 더 넓은 형태로 둥글다.

토의: *Candona arcinaeformis*는 러시아와 중앙 몽골의 전기 백악기 지층(Hauterivian-Albian)에서 의 문명의 신종(*Candona? arcinaeformis* sp. nov.)으로 처음 보고되었으나(Sinita, 1993), 이후 유사한 분류군이 발견된 것은 함평분지가 최초이다. 그러나 *C. cf. arcinaeformis*의 배갑은 온전하게 보존되지 않았으며, 산출량도 극히 적다.

Candona sp. 1

(Fig. 4o)

2009 *Candona* sp. 1 Jugernamjil, p. 45, pl. 6, Fig. 4.
산출: 7개체, HP-3 단면(HP-3-1 층준).

크기: 길이 0.6 mm, 높이 0.3 mm.

기재: 중형이며, 측면은 가늘고 긴 형태이다. 최대 높이는 패각의 등 부분 중간 지점이다. 복부 경계부가 두드러지게 오목하며, 배면(dorsal margin)은 아치형을 이룬다. 전면부와 후면부 모두 좁고 둥글다.

토의: 독특한 형태의 *Candona* 종이다. 가장 유사한 종인 중국 상부 백악기 지층의 *Candona clara*에 비교하여 *C. sp. 1*은 조금 더 얇은 측면 형태를 보인다.

Candona sp. 2

(Fig. 4p)

2001 *Candona* sp. 1 Huh and Hayashi, Fig. 7.13.

2009 *Candona* sp. 2 Jugdernamjil, p. 46, pl. 6, Figs. 5-6.

산출: 16개체, HP-2 단면(HP-2-2), HP-3 단면(HP-3-2).

크기: 길이 0.38 mm, 높이 0.2 mm.

기재: 매우 소형이며, 측면은 직사각형에 가깝다. 최대 높이는 posterior cardinal angle이다. 배면(dorsal margin)은 점진적인 아치형이다. 복부 경계(ventral margin)는 중앙부가 오목하게 들어간 형태이다. 패각의 전면부와 후면부의 형태는 약간 굴곡져 있다.

Family Notodromadidae Kaufmann, 1900

Genus *Mantelliana* Anderson, 1966

Mantelliana sp.

(Fig. 4q)

2009 Gen. et sp. indet. Jugdernamjil, p. 52, pl. 6, Fig. 8.

산출: 9개체, HP-2 단면(HP-2-3 층준).

크기: 길이 1.15 mm, 높이 0.75 mm.

기재: 매우 대형이며, 신장형(kidney-shaped)의 측면 형태이다. 패각의 최대 길이는 높이의 중간이며, 최대 높이는 배면(dorsal margin)의 중간 지점에 위치한다. 배면 부위는 아치형이고, 복부 경계(ventral margin)의 중앙은 안쪽으로 오목한 형태이다. 전면부의 주변을 따라 marginal flange가 발달되어 있다. 전면부와 후면부의 형태는 패각의 위, 아래 모두에서 동일하게 넓고 둥근 굴곡을 보인다. 표면장식은 없다.

토의: 함평분지에서 산출된 *Mantelliana* sp.는 국내에서 최초로 보고되는 *Mantelliana* 속의 개형충이다. 이 속은 주로 유럽의 소위 'Purbeck-Wealden interval' (쥐라기 Tithonian-백악기 Aptian 전기) 시기 중에서도 전기 백악기 퇴적층에서 잘 알려져 있으며(Horne and Martens, 1998), 아시아에서도 다수 기술되었지만 한반도와 가장 가까운 중국 랴오닝성 일대의 경우 전기 백악기(Aptian-Albian) 시기에 번성하였던 것으로 보고된 바 있다(Wang et al., 2015). *Mantelliana*는 현존하는 *Cyprois* 속과 매우 유사한데, 특히 배갑 전면부에 발달한 marginal flange는 Notodromadidae에 속하는 개형충들의 전형적인 특징이다. 비록 보존상태가 좋지 않지만 함평분지의 *Mantelliana* sp. 역시 이 구조가 잘 나타난다(그림 4q2). 패각의 전체적인 형태는 유럽의 전기 백악기 종인 *M. wealdensis* Wolburg와 유사하다.

Superfamily Cytheroidea, Baird, 1850

Family Limnocytheridae, Klie, 1938

Subfamily Timiriaseviinae Mandelstam, 1960

Timiriasevia sp.

(Fig. 4r-s)

2009 *Timiriasevia principalis* Lübmova; Jugdernamjil, p. 49, pl. 4, Figs. 8-9.

산출: 9개체, HP-2 단면(HP-2-2 층준).

크기: 길이 0.6-1.02 mm, 높이 0.71 mm.

기재: 중형 내지 매우 대형이다. 아원형(sub-ovate)의 측면 형태이다. 패각의 최대 길이는 중간 높이보다 약간 하부이며, 최대 높이는 배면(dorsal margin)의 후면부 지점에 위치한다. 등 부위는 둥근 형태이고, 복부 경계(ventral margin)는 둥글지만, 후면부에서 특히 부푼 형태이다. 전면부는 매우 좁으며, 후면부는 넓고 아치형이다. 표면에는 striae가 발달되어 있다. 성적이형성을 구분해 줄 수 있는 brood chamber 등은 관찰되지 않는다.

토의: 이 연구의 *Timiriasevia* 속은 국내 최초의 기록이다. 함평분지의 표본은 *Timiriasevia* 속의 전형적인 표면장식인 나열된 조선(striae)을 제외하면 파편 또는 온전하지 않은 형태로 산출되었으나, 유체(그림 4s)의 형태가 가장 양호하여 이를 바탕으로 기재하였다. 이 속은 양성생식을 하기 때문에 암컷의 육낭(brood chamber)를 통해 성적이형성이 잘 나타나

지만 이번 연구에서는 확인되지 않는다. *Timiriasevia* 속의 층서적인 범위는 트라이아스기부터 플라이스토세에 이른다(Sames, 2011a).

5. 토 의

함평분지에서 산출된 개형충 화석 군집은 5속 10종으로 확인 되었으며, 전형적인 백악기 담수속에 속하는 종들로 이루어져 있다(Anderson, 1985; Horne and Martens, 1998; Khand, 2000; Sames, 2011a, 2011b; Wang *et al.*, 2016). 이 중 Cypridoidea상과에 속하는 개형충이 9종, Cytheroidea상과는 1종으로 Cypridoidea상과의 우점이 두드러진다. Cypridoidea상과의 다양성이 높은 것은 후기 쥐라기 이후 대부분의 담수 개형충 동물군에서 관찰되는 현상으로 특히 전기 백악기에 매우 두드러졌다(Sames and Horne, 2012). 이렇듯 Cypridoidea상과가 중생대 이후 성공할 수 있었던 요인으로는 일시적인 수생환경(e.g., 재빨리 마르는 연못)을 견뎌내는 휴면란(resting-egg)을 산란하는 것 또는 수동적인 요인에 의한 장거리 이주(e.g., 공룡과 같은 대형동물 또는 바람 등에 의해 알이나 유체가 이동)에 의한 것으로 판단된다(Horne and Martens, 1998; Sames and Horne, 2012). Cytheroidea상과에 속하는 종들도 휴면란을 낳지만 일부에 지나지 않는다. 또 다른 담수 개형충 분류군인 Darwinuloidea상과는 후기 트라이아스기까지 번성하였으나 이후에는 현재까지 매우 낮은 다양성을 보인다(Sames and Horne, 2012, p. 271, Fig. 2).

생층서적 관점에서 함평분지의 일부 개형충들은 전기 백악기 Aptian-Albian 시기 동아시아에 생존 하였던 개형충들과 유사하다. 비록 불완전한 보존상태지만 함평분지의 *Cypridea cf. changluensis*와 *Candona cf. arcinaeformis*는 기존 연구에서 층서연대가 대체로 Aptian-Albian 시기로 겹치고, *Mantelliana sp.*는 중국 랴오닝성의 다른 *Mantelliana* 종들이 Aptian부터 Albian까지 비교적 명확한 층서연대에서만 산출된다는 점(Wang *et al.*, 2015)에서 이전에 제시된 함평분지의 연대(You *et al.*, 2000)가 설득력 있음을 뒷받침해준다. 그러나 시대적으로 *Cypridea cf. subprognata*는 더 이전 시기의 종과 비슷하기 때문에 아마도 이 종(또는 유사한 종)의 층서적 범위가 기존에 알려진 것보다 확장된 것일 수도 있다(cf. Hou *et al.*,

2002). 이번 연구에서 가장 많이 산출된 *Mongolocypis*는 전기 백악기 Aptian부터 후기 백악기 Maastrichtian까지 동아시아 지역에서 번성했던(Khand, 2000; Hayashi, 2006; Wang *et al.*, 2012, 2015; Choi and Huh, 2016) 속이다(Alaska 제외; Brouwers and De Deckker, 2003). 이들은 형태적인 다양성이 매우 낮으며, 함평분지에서 나타나는 *M. sp. 1*과 *M. sp. 2*는 보존상태가 좋지 않아 분류학적 위치를 밝히는데 어려움이 있다. 그러나 *Mongolocypis*가 Aptian부터 번성하기 시작한 점에 비추어 보았을 때, 추후 함평분지에서 더 좋은 보존상태의 *Mongolocypis*가 발견된다면 함평분지의 연대가 Aptian-Albian일 가능성을 더욱 분명하게 해줄 수 있다. 상기한 종들 외에 기재된 *Cypridea sp.*, *Candona sp. 1*, *Ca. sp. 2*, *Timiriasevia sp.*는 불량한 보존상태로 인해 연대를 식별하기 어려워 연대추정에서 제외하였다.

비록 산출된 개형충들이 다른 동아시아 지역들의 유사한 연대에 대비되지만, 남한 내 다른 동시대의 백악기 퇴적분지들과는 다른 종들로 구성되었다는 점에서 독특하다. 특히 경상분지 진주층의 연대는 Albian(Lee *et al.*, 2010; Kang and Paik, 2013)으로 보고되어 함평분지의 퇴적 연대로 추정되는 시기와 비슷하지만 *Cypridea*, *Mongolocypis*, *Rhinocypris*, *Ilyocyprinorpha*, *Lycocypris*, *Candona*, *Djungarica*에 속한 종들이 산출되어 다양성이 더욱 높으며, 종 구성이 완전히 다를 뿐만 아니라 일부 종은 지역고유성(endemism)을 보여준다(e.g., Choi and Huh, 2016). 또한 Cytheroidea상과 개형충은 진주층에서 산출되지 않는다는 점에서 차이를 보인다(Choi and Huh, 2016). 이러한 차이는 아마도 지리적 장벽 또는 서식환경의 차이에 의한 것이거나 함평분지와 진주층의 퇴적 연대가 다르기 때문인 것으로 생각된다. 비록 담수 개형충들이 대형동물이나 바람에 의해 확산되어 넓은 지리적 분포를 보이지만, 많은 화석 및 현생 개형충 군집들은 지역고유의 종들로 구성되어 있다(Martens *et al.*, 2008; Ayress and Whatley, 2014; Wang *et al.*, 2017). 따라서 이를 명확하게 규명하기 위해서는 추후 고생물학적인 연구가 더 필요할 뿐만 아니라 함평분지의 응회질 암석에 대한 연대측정을 비롯한 더 많은 조사가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

함평분지 개형충들은 모두 일반적인 호소 환경에

서 산출되는 종들이다. 그 중에서 *Cypridea*는 호소, 일시적인 웅덩이, 심지어 염호(Horne, 2002; Sames, 2011b)에서 생존하였던 것으로 알려졌지만 대부분은 일반적인 담수 환경에서 산출된다. 이외의 다른 속들은 모두 담수에만 서식하는 속들로 구성되며, 대체로 호소 환경에서 서식하였다. 그 중에서 함평분지의 고환경을 지시할 수 있는 가장 중요한 분류군은 *Timiriasevia*이다. Wang *et al.* (2016)은 이 속의 근연 분류군인 현생 *Metacypris*가 주로 여름철에 번식하며 수컷은 이 시기에만 나타난다는 것(Smith and Hiruta, 2004)을 근거로 *Timiriasevia*가 계절 변화가 있는 영구적인 수서환경(e.g., 호소)에서 서식하였을 것으로 판단하였다. 함평분지에서 *Timiriasevia* sp.가 산출된다는 점을 통해 당시 함평분지의 고환경은 주기적으로 온난한 기후가 반복된 호소환경으로 추측된다.

6. 결 론

- 1) 함평분지의 3개 단면에서 총 5속 10종의 개형충이 확인 되었으며, 전형적인 백악기 담수종들로 이루어져 있다: *Cypridea* cf. *changluensis*, *C.* cf. *subprognata*, *C.* sp., *Mongolocypis* sp. 1, *M.* sp. 2, *Candona* cf. *arcinaeformis*, *C.* sp. 1, *C.* sp. 2, *Mantelliana* sp. 및 *Timiriasevia* sp. 이 중에서 *Mantelliana*와 *Timiriasevia*는 남한에서 최초로 보고되는 분류군들이다.
- 2) 산출된 개형충 군집의 생층서 대비를 통해 함평분지의 형성시기를 Aptian-Albian 시기로 추정하였으며, *Timiriasevia*의 산출을 바탕으로 당시의 퇴적 환경을 주기적인 계절변화가 있었던 호소로 해석하였다.

사 사

개형충 화석에 대한 분류학적인 조언과 도움을 주신 빈 대학교(Universität Wien)의 벤야민 자메스(Benjamin Sames) 박사와 1저자의 몽골국립과학원 고생물학센터 방문 당시 함께한 여러 관계자들에게 감사드립니다. 그리고 논문에 대해 상세한 지적을 해주신 김중선 박사님(전남대학교)께 감사의 말씀을 드립니다. 아울러 이 논문을 읽고 유익한 비평과 심

사를 해주신 고영구 교수님(전남대학교), 이정현 교수님(충남대학교)과 세부적인 내용을 검토해주신 홍중선 교수님(강원대학교)께 감사드립니다. 이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(과제번호: NRF-2016R1D1A1A09918227)에 의해 지원되었습니다.

REFERENCES

- Anderson, F.W., 1985, Ostracod faunas in the Purbeck and Wealden of England. *Journal of Micropalaeontology*, 4, 1-68.
- Ayress, A.M. and Whatley, R.C., 2014, Early Cretaceous non-marine ostracoda from the North Falkland Basin, South Atlantic. *Palaeontology*, 57, 1143-1175.
- Brouwers, E.M. and De Deckker, P., 1993, Late Maastrichtian and Danian ostracode faunas from northern Alaska: Reconstructions of environment and paleogeography. *Palaios*, 8, 140-154.
- Choi, S.-J., 1990, Some nonmarine fossils from the central part of Gyeongsang Basin, S. Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 6, 165-179.
- Choi, B.-D. and Huh, M., 2016, *Mongolocypis kohi* sp. nov.: A new Early Cretaceous non-marine ostracod species from the Jinju Formation, South Korea. *Cretaceous Research*, 57, 239-247.
- Chun, H.Y., Um, S.H., Choi, S.-J., Kim, Y.B., Kim, B.C. and Choi, Y.S., 1993, Fossil floral and faunal assemblage and paleoenvironmental modelling study on the Cretaceous sedimentary basins scattered in near the Ogcheon Belt (I). *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, KR-93(T)-11*, 122 p (in Korean with English abstract).
- Hayashi, K., 2006, Nonmarine ostracode zonation and long-distance correlation based on analysis of regional ostracode successions in China, Korea, Japan, and Mongolia. *Cretaceous Research*, 27, 168-188.
- Hong, J.-P., Suk, D. and Doh, S.-J., 2007, Magnetic characterization on the Cretaceous rocks from the Buyeo and Hampyeong basins. *Economic and Environmental Geology*, 40, 191-207 (in Korean with English abstract).
- Horne, D.J., 2002, Ostracod biostratigraphy and palaeoecology of the Purbeck Limestone Group in Southern England. *Special Papers in Palaeontology*, 68, 53-70.
- Horne, D.J. and Martens, K., 1998, An assessment of the importance of resting eggs for the evolutionary success of Mesozoic non-marine cypridoidean Ostracoda (Crustacea).

- Archives Hydrobiologia, Special Issues on Advanced Limnology, 52, 549-561.
- Hou, Y.-T., Gou, Y. and Chen, D.-Q., 2002, Fossil Ostracoda of China, Vol. 1-Superfamilies Cypridacea and Darwinulidacea. Science Press, Beijing, 1090 pp (in Chinese with English abstract).
- Huh, M., 1992, Miocene Ostracoda from the Songjeon Formation in the Eoil Basin, Korea. Theses Collection of Chonnam National University (Natural Sciences), 37, 57-65.
- Huh, M., 1994, Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the Doumsan and Ododong areas, Pohang Basin, Korea. Korean Journal of Petroleum Geology, 2, 69-75.
- Huh, M. and Chung, C.-H., 2009, A report on fossil beetles (Insecta: Coleoptera) from the Cretaceous deposits in the Hampyeong Basin, Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 45, 275-281 (in Korean with English abstract).
- Huh, M. and Hayashi, K., 2001, Non-marine Cretaceous Ostracoda and Dinosaur sites in South Korea. In The Organizing Committee of ISO 2001 (Ed.), ISO 2001 Field Excursion Guidebook, Shizuoka, Japan, 1-20.
- Huh, M., Lee, Y.-N., Lim, S.K., Hwang, K.-G., Kim, H.Y. and Kim, B.S., 1998, Final report of the dinosaur fossil site of Haenam. Chonnam National University, Jeollanam-do and Haenam-gun, 491 p (in Korean).
- Huh, M. and Paik, K.H., 1993, A Paleoenvironmental Study on Ostracoda from the Miocene Chunbuk Conglomerate and Hakrim Formations in the Doumsan Area, Pohang Basin, Korea. Journal of Korean Earth Science Society, 24, 500-509.
- Huh, M. and Whatley, R.C., 1997, New species of Miocene cytheracean ostracoda from the Pohang Basin, SE Korea. Journal of Micropalaeontology, 16, 31-40.
- Hwang, J.H., Choi, P.-Y., Kim, B.C., Kee, W.S. and Song, K.Y., 2000, Geological report of the Muan sheet (1:25,000). Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 58 p (in Korean with English abstract).
- Hwang, J.H., Kim, B.C., Kee, W.S., Song, K.Y., Lee, S.R., 2002, Geological report of the Hampyeong sheet (1:25,000). Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 58 p (in Korean with English abstract).
- Jugdernamjil, M., 2009, Cretaceous non-marine Ostracods from the Hampyeong Basin in Korea and the Bayanshiree Formation in Mongolia. MSc thesis, Chonnam National University, 69 p.
- Kang, H.-C. and Paik, I.S., 2013, Review on the geological ages of the formations in the Gyeongsang Basin, Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 49, 17-29 (in Korean with English abstract).
- Khand, Y., 2000, The origins of modern nonmarine ostracod faunas: evidence from the Late Cretaceous and Early Palaeogene of Mongolia. Hydrobiologia 419, 119-124.
- Kim, H.-Y., Huh, M. and Han, S.-J., 1998, A preliminary report of the Quaternary Ostracoda from the Ulleung Basin in the East Sea, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 14, 115-135 (in Korean with English abstract).
- Lee, E.H., 1990, Pleistocene Ostracoda from the marine sedimentary strata of the Cheju Island, Korea. Ph.D. Thesis, Korea University, 400 p.
- Lee, E.H. and Huh, M., 2004, Ostracods of Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, Special publication, 165-187 (in Korean with English abstract).
- Lee, E.H. and Paik, K.H., 1992, Late Cenozoic ostracod fauna and paleoenvironments of the marine sedimentary strata in the Cheju Island, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, Special Publication, 1, 121-160.
- Lee, Y.I., Choi, T., Lim, H.S. and Orihashi, Y., 2010, Detrital zircon geochronology of the Cretaceous Sindong Group, Southeast Korea: implications for depositional age and Early Cretaceous Igneous activity. Island Arc, 19, 647-668.
- Martens, K., Schön, I., Meisch, C. and Horne, D.J., 2008, Global diversity of ostracods (Ostracoda, Crustacea) in freshwater. Hydrobiologia, 595, 185-193.
- Paik, K.-H., Kim, Y.-K. and Huh, M., 1988, Ostracodes from the Chinju Formation (Cretaceous, Non-marine) in Kyongsang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea 4, 94-109.
- Paik, K.H., Yoon, K.S., Kim, E.H. and Freeland, M.H., 1979, Geology and geochronology of Gwangju Fault area. Journal of the Geological Society of Korea, 15, 201-208.
- Sames, B., 2011a, Early Cretaceous *Theriosynoecum* Branson 1936 in North America and Europe. In: Sames, B. (Ed.), Taxonomic Studies in Early Cretaceous Nonmarine Ostracoda of North America. Micropaleontology, 57, 291-344.
- Sames, B., 2011b, Early Cretaceous *Cypridea* Bosquet 1852 in North America and Europe. In: Sames, B. (Ed.), Taxonomic Studies in Early Cretaceous Nonmarine Ostracoda of North America. Micropaleontology, 57, 345-431.
- Sames, B., 2011c, Glossary of morphologic terms of late Mesozoic nonmarine Ostracoda, relevant to *Theriosynoecum* Branson 1936 and *Cypridea* Bosquet 1852. In: Sames, B. (Ed.), Taxonomic Studies in Early Cretaceous Nonmarine Ostracoda of North America. Micropaleontology, 57, 433-454.
- Sames, B. and Home, D.J., 2012, Latest Jurassic to Cretaceous non-marine ostracod biostratigraphy: *unde venis, quo vadis?* Journal of Stratigraphy 36, 267-288.
- Smith, R.J. and Hiruta, S.I., 2004, A new species of *Metacypris*

- (Crustacea: Ostracoda: Cytheroidea: Limnocytheridae) from Hokkaido, Japan. *Species Diversity*, 9, 37-46.
- Sinitza, S.M., 1993, Jurassic and Lower Cretaceous of Central Mongolia. In: Tatarinov L.D., Luwsandansan, B., Afanasyeva, G.A., Barsbold, R., Morozova, I.P., Noviskaja, L.I., Rasnitsyn, A.P., Reshetov, V. and Rozanov, A. (Eds.), *The Joint Russian-Mongolian Paleontological Expedition, Transactions*, v. 42. 236 p.
- Szzechura, J., 1978, Fresh-water ostracodes from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. *Palaeontologica Polonica*, 38, 65-121.
- Wang, Y.Q., Same, B., Liao, H.Y., Xi, D.P. and Pan, Y.H., 2017, Late Cretaceous ostracod fauna from the Shenjiatun section (Songliao Basin, Northeast China): Biostratigraphic and palaeocological implications. *Cretaceous Research*, 78, 174-190.
- Wang, Y.Q., Sha, J.G., Pan, Y.H. and Zhang, X.L., 2015, Early Cretaceous nonmarine ostracod biostratigraphy of western Liaoning area NE China. *Micropaleontology*, 61, 135-145.
- Wang, Y.Q., Sha, J.G., Pan, Y.H., Zhang, X.L. and Rao, X., 2012, Non-marine Early Cretaceous ostracod assemblages in China: a preliminary review. *Journal of Stratigraphy*, 36, 289-299.
- Wang, Y.Q., Sha, J.G., Pan, Y.H. and Zuo, Q.M., 2016, The Early Cretaceous non-*Cypridea* Ostracoda from Yixian and Jiufotang formations of western Liaoning (China). *Palaeoworld*, 25, 406-424.
- Williams, M., Perrier, V., Bennett, C., Hearing, T., Stocker, C. and Harvey, T., 2015, Ostracods: The ultimate survivors. *Geology Today*, 31, 193-200.
- Williams, M., Siveter, D.J., Salas, M.J., Vannier, J., Popov, L.E. and Pour, M.G., 2008, The earliest ostracods: the geological evidence. *Senckenbergiana Lethaea*, 88, 11-21.
- You, H.-S., Kenrick, P., Koh, Y.-K., Kim, J.-Y., Yun, S.-T., Kim, H.-G., Chung, C.-H. and Ryu, S.-O., 2000, Palaeodepositional environment of the Cretaceous Hampyeong Basin, Southwestern Korea. *Journal of Korean Earth Science Society*, 21, 683-694.
- Yun, H., Lee, E.H., Yi, S., Seo, S.H. and Cho, H.B., 2000, Biostratigraphy of the South Yellow Sea Basin, Korea. Research Institute of Basic Sciences, Chungnam National University, Report for Korean National Oil Corporation, 108 p (in Korean with English abstract).

Received : June 26, 2017

Revised : July 15, 2017

Accepted : July 19, 2017