

<Short Note>

한반도 서남부에서 산출된 백악기 담수 개형충 화석군에 대한 생층서 및 고생태 연구: 예비 보고

최병도^{1,*} · 정종윤² · 허 민²

¹국립대구과학관

²전남대학교 지질환경과학과 & 한국공룡연구센터

Biostratigraphy and paleoecology of non-marine ostracods from the Cretaceous deposits in southwestern Korean Peninsula: a preliminary report

Byung-Do Choi^{1,*} · Jongyun Jung² · Min Huh²

¹Daegu National Science Museum, Daegu 43023, Republic of Korea

²Geology and Environmental Sciences & Korea Dinosaur Research Center, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

요 약

이 연구에서는 한반도 서남부(전라남도) 일대 3개 지역에 분포하는 소규모 백악기 퇴적층(달리도층, 순창함몰대 및 안포옹회암)에서 산출된 담수 개형충 화석을 통한 생층서 및 고환경 해석을 최초로 보고한다. 각 퇴적층에서는 총 5종의 개형충이 산출되었으며, 이를 기반으로 한 생층서 연대해석을 요약하면 다음과 같다. (1) 달리도층(신안 압해도): 1종(*Mongolocypsis* sp.)이 산출되었으며, 연대는 알바질 내지 세노마늄절일 가능성을 지시한다; (2) 순창함몰대 퇴적층(장성): 3종의 개형충(*Cypridea* cf. *barsboldi*, *C.* sp. 및 *Mongolocypsis distributa*) 중 2종은 중국과 몽골의 후기 백악기 지층들에 대비될 수 있으며, 기존 절대연령 측정결과와 종합하여 보았을 때 연대는 캄파니아절을 지시한다; (3) 안포옹회암(여수 낭도): 2종(*Mongolocypsis distributa* 및 *Candona* sp.)이 산출되었으며, 중국과 몽골의 후기 백악기 개형충 동물군의 연대(캄파니아절 내지 마스트리히트절)에 대비될 수 있다. 따라서 3곳의 백악기 퇴적층에서 산출되는 개형충 동물군의 연대(캄파니아절 내지 마스트리히트절)에 대비될 수 있다. 따라서 3곳의 백악기 퇴적층에서 산출되는 개형충 동물군들은 크게 ‘중기’ 백악기 개형충 군집(달리도층)과 후기 백악기 개형충 군집(순창함몰대 및 안포옹회암)으로 나눌 수 있다. 한편 개형충 동물군의 낮은 종 다양성 및 특정 분류군들로 구성된 점은 백악기 당시 지역 간의 동물군 이동이 활발하지 않았거나, 생존 당시의 담수환경이 불안정 했음을 지시한다. 비록 연구지역에서 산출된 지층별 개형충 군집들은 다양성이 낮고, 보존상태도 불량한 편이지만 향후 정밀한 층서연대 정립과 고생태 해석 연구에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 백악기, 생층서, 고환경, 개형충, 분류학

ABSTRACT: This study presents the first investigation (taxonomy, biostratigraphy and paleoecology) of non-marine ostracod faunas from three small Cretaceous deposits of the Dalido Formation, Sunchang Trough, and Anpo Tuff in southwestern Korean Peninsula (Jeollanam-do Province). The biostratigraphic interpretations based on five ostracod species in the studied areas are as follows. (1) Dalido Formation (Aphaedo Island, Sinan): Only one species (*Mongolocypsis* sp.) with few specimens is discovered. However, the record of the Genus *Mongolocypsis* and the previous age dating results may indicate that this formation was formed in the Albian or possibly up to the Cenomanian; (2) Sunchang Trough (Jangseong area): Three representatives of the Family Cyprideidae (*Cypridea* cf. *barsboldi*, *C.* sp., and *Mongolocypsis distributa*) are identified, and two of them are very similar to ostracods

*Corresponding author: +82-53-670-6213, E-mail: dinobd87@gmail.com

from the Upper Cretaceous deposits of China and Mongolia. Thus, the stratigraphic age of sediments of the Sunchang Trough is presumed the Campanian in age, as the previous age data; (3) Anpo Tuff (Nangdo Island, Yeosu): *Mongolocypis distributa* and *Candona* sp. of this deposit show affinities to the Late Cretaceous faunas (Campanian to Maastrichtian) of other East Asian regions. Thus, the ostracod faunas in the studied areas can be divided into two assemblages: the 'Mid'-Cretaceous ostracod assemblage for the Dalido Formation, and the Late Cretaceous ostracod assemblage for the Sunchang Trough and Anpo Tuff. The low-diversity with the dominance of cypridoideans in each studied area is indicative of the unstable/ephemeral waterbodies and/or result of less faunal exchanges between other East Asian regions and southwestern Korean Peninsula. Although many fossils show bad preservation, ostracod species should improve further understanding of biostratigraphic and paleoecological implications of the Cretaceous deposits in southwestern Korean Peninsula.

Key words: Cretaceous, biostratigraphy, paleoenvironment, Ostracoda, Taxonomy

1. 서론

개형충(Ostracoda)은 오르도비스기부터 현재에 이르기까지 다양한 수서환경에서 번성하고 있는 소형 갑각류(약 1~2 mm)의 한 분류군으로, 두 장의 석회질 패각이 부속지를 포함하는 연체부를 감싼 형태를 보이는 동물이다(Williams *et al.*, 2008; Horne, 2009). 이들이 최초로 담수환경으로 진출한 시기는 석탄기 이나(see Bennett *et al.*, 2012), '현대적' 담수 개형충 분류군은 초기 중생대에 등장한 이후 전 지구적인 방산을 하였다(Sames and Horne, 2012). 이로 인하여 담수 개형충 화석은 운조(charophytes)와 함께 중생대 이후 형성된 육성퇴적분지의 층서연대 대비와 고환경 복원에 활용되어온 대표적인 미화석 분류군이다(Anderson, 1985; Horne, 1995, 2002; Van Itterbeeck *et al.*, 2005; Sames, 2011a, 2011b; Sames and Horne, 2012; Trabelsi *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015; Carignano *et al.*, 2017; Choi *et al.*, 2020; Qin *et al.*, 2021; Choi and Wang, 2023).

남한의 백악기 개형충 연구는 주로 경상분지를 중심으로 이루어져 왔으며(Paik *et al.*, 1988; Choi, 1990; Seo, 1996; Choi and Huh, 2016; Choi *et al.*, 2018, 2021), 함평분지, 영동분지, 해남분지 및 철원분지에서도 보고된 바 있다(Lee and Lee, 1976; Chun *et al.*, 1993, 1995; Huh *et al.*, 1998; Choi *et al.*, 2017). 그러나 대부분 보존상태가 좋지 않았기 때문에 진화, 생층서, 화석화 과정 및 고생태를 포함하는 심층적인 연구는 비교적 보존상태가 좋은 진주층의 개형충 화석을 중심으로 이루어져 왔다(see Choi and Huh, 2016; Choi *et al.*, 2018, 2021).

전라남도 일대에도 개형충을 포함하는 백악기 퇴

적층이 소규모로 분포하고 있으나 함평분지의 개형충 동물군 연구(Huh and Hayashi, 2001; Choi *et al.*, 2017)를 제외하면 연구는 미진한 편이다. 이는 지질 활동에 의한 화석의 변형 및 파괴에 의해 정확한 분류군을 파악하기 어려운 것이 가장 큰 이유이지만, 속성작용 과정 중에 매우 단단해진 암석들이 화석을 추출하기 어렵게 한 측면도 있다. 그럼에도 불구하고 담수환경에서 흔하게 관찰되는 개형충 화석은 기존의 절대연령측정 결과를 뒷받침하거나 새롭게 확인해 줄 수 있기 때문에 백악기의 세부 연대는 물론 고환경을 이해하는데 매우 중요한 자료로 활용될 수 있다. 아직까지 전라남도 일대의 백악기 퇴적층에 대한 연대 및 고환경에 관한 연구는 일부 연구자들에 의해서만 진행되었기 때문에 많은 지역의 세부적인 연대와 고환경은 풀어야 할 과제로 남아있다. 따라서 이 연구는 야외조사를 통해 개형충 화석이 확인된 전라남도 내 3곳의 백악기 퇴적층(그림 1)인 달리도층(신안 압해도), 순창함몰대 퇴적층(장성) 및 안포옹회암(여수 낭도)의 개형충 군집에 대한 분류, 생층서 및 고환경 해석에 대한 예비연구 결과를 보고하고, 이를 활용한 향후 연구 방향을 고찰하고자 한다.

2. 지질개요와 지질시대에 대한 고찰

2.1 달리도층(신안 압해도)

연구지역은 전남 신안군 압해도에 분포하는 소규모의 백악기 퇴적층인 달리도층의 노두가 위치하는 곳이다(그림 1). 목포 및 인접한 신안 일대 백악기 퇴적층은 그 동안 지층명이 부여되지 않은 채 '백악기 화산암/퇴적암층'으로 분류되어 왔으나(e.g., Choi *et al.*, 2002), Kim *et al.* (2014)의 상세한 연구에 의해

하부로부터 인지리층, 일성산층, 달리도층, 매월리응회암, 남악응회암, 유달산응회암 및 허사도층으로 구분되었다(그림 2a-1, 2a-2). 이 중에서 달리도층은 달리도, 맥도, 울도 및 압해도 일대에 분포한다. 달리도층의 주요 구성 암석은 적색 응회암, 적색 및 암회색 또는 응회질을 포함하는 이암, 역질 사암 및 역암으로 구성된다. 또한 아래로는 일성산층과 맞닿아 있고, 위에 놓인 매월리응회암과는 부정합을 이룬다. 현재까지 이 지층에서 보고된 화석은 Kim *et al.* (2014) 이 암회색 이암층에서 발굴한 담수 이매패(*Nagdongia* sp.)가 유일하다. 기존 연구에서는 *Nagdongia*속이 주로 경상분지의 낙동층과 하산동층에서 산출됨을 근거로 하여 달리도층의 층서연대를 발랑절에서 바렘절로 보았으며, 화석 산출지점과 주변의 암상을 토대로 이매패가 서식한 환경을 소규모 호소로 추정하였다(Kim *et al.*, 2014).

현재까지 달리도층의 절대연령은 조사된 바 없으며, 인접한 지층들에 대한 연대측정값도 논란의 여지가 있다. 예를 들어 달리도층의 아래에 놓인 일성산층(문헌에 따라서는 ‘백악기층’)의 K-Ar 측정값은 77~83 Ma (Rhee *et al.*, 2012)를 나타내고, 위에 놓인 매월리응회암, 오룡산섬록암 및 주광리안산암의 SHRIMP U-Pb 측정값은 95~97 Ma (Kim and Nagao, 1992; Kim *et al.*, 2014)를 나타내기 때문에(그림 2a-2), 각 연구마다 달리도층의 상위와 하위에

놓인 층들의 연대측정 값의 불일치로 인하여 정밀한 연대는 향후 추가적인 연구가 필요하다. 다만, 이 연구에서는 가장 상세하고, 최신의 연구 결과인 Kim *et al.* (2014)을 우선 따른다.

2.2 순창함몰대 퇴적층(장성)

연구지역은 전남 장성군 장성호 인근(장성읍 상오리)에 소규모로 분포하는 순창함몰대의 백악기 퇴적층에 해당한다(그림 1, 2b). 이 지역의 기반암은 주로 시대미상의 변성퇴적암류와 설옥리층 및 쥐라기 화강암으로 구성되며, 순창함몰대를 이루는 큰 규모의 백악기 화산암류와 소규모 퇴적암층이 그 위를 부정합으로 덮고 있다(Kim *et al.*, 1982; Won *et al.*, 1990). 순창함몰대는 용치리 단층을 따라 서부(백양사층군, 봉덕리응회암 및 내장사유문암)와 동부(무이산층군, 금성산응회암, 산성산응회암, 화암리유문암 및 만지사석영안산암)로 나뉘며(Won *et al.*, 1990), 이 중 개형층을 비롯한 화석들은 서부의 백양사층군 하부를 이루는 퇴적암층에서 산출된다.

백양사층군의 절대연령은 Won *et al.* (1990)의 연구에 의해서만 알려져 있는데, 현무암층에서 얻은 K-Ar 자료에 따르면 약 80 Ma로 알려져 있다. 그러나 Won *et al.* (1990)은 순창함몰대 동부에 분포하는 비슷한 암상의 무이산층군이 약 72.5 Ma의 연대를 보인다는 점을 들어서 그들 스스로의 시료 선정에 문제가

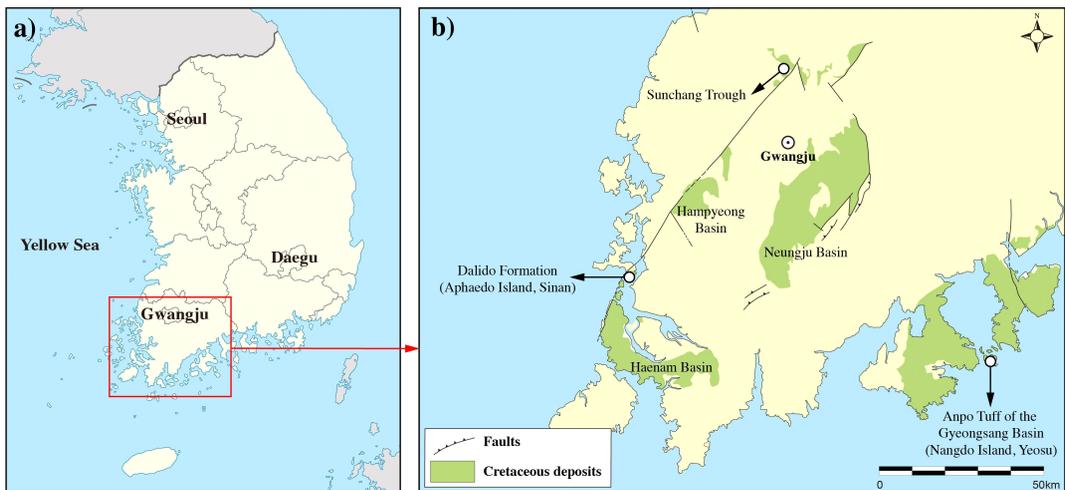


Fig. 1. Location map of the studied sections, and distribution of the Cretaceous deposits in southwestern Korean Peninsula. (a) Map of the Korean Peninsula showing the simplified location of the studied area. (b) Localities of the studied sections (arrows), and distribution of the Cretaceous deposits (modified from Kee *et al.*, 2019).

있다고 판단하였다. 다만, 이 측정값은 모두 후기 백악기 캄파니아절을 지시한다. Park (1966)과 Kim *et al.* (1982)의 연구에 따르면 무이산층군이 위치한 지역과 내장산 일대의 층서 연대는 어느 정도 격차가 있을 것으로 보았는데, 이는 무이산층군의 퇴적암과 현무암층의 고지자기 측정 값에서 시간 차가 있었을 것이라는 조사를 통해 지지될 수 있다(Won *et al.*, 1990). 이들 연구에도 불구하고 순창함몰대에 대한 후속 연구는 최근까지 진행된 바 없기 때문에, 앞으로 더 정밀한 연대측정이 이루어져야만 확실한 결론을 내릴 수 있을 것으로 판단된다.

백양사층군의 퇴적암층은 하부에서 상부에 이르기까지 7개 퇴적상 조합이 알려져 있으며(Yu, 2016), 퇴적환경은 전형적인 하호성(fluvio-lacustrine)으로 해석되었다. 장성호 일대 퇴적암층에서 산출되는 화

석으로는 복족류, 개형충 및 나자식물 화석 파편이 있으나(Yu, 2016), 아직까지 정밀한 연구가 수행된 바는 없다.

2.3 안포응회암(여수 낭도)

백악기 안포응회암은 주로 여수 남부 도서지역(낭도, 사도, 추도, 목도 및 적금도; 그림 1b, 2c)에 분포하는 지층이며(Song and Kim, 2015), 연구자에 따라 신성리층으로 구분되기도 한다(Choi *et al.*, 2002). 또한 층서적으로 경상누층군의 유천층군에 속하는 지층으로 알려져 있다(Song and Kim, 2015). 암상은 주로 응회암, 라필리 응회암, 각력암 등 화산기원의 암석들이 우세한 편이고, 이암 및 사암이 협재한다(Park *et al.*, 2003; Song and Kim, 2015).

안포응회암의 퇴적환경은 선상지, 하성평야 및 호

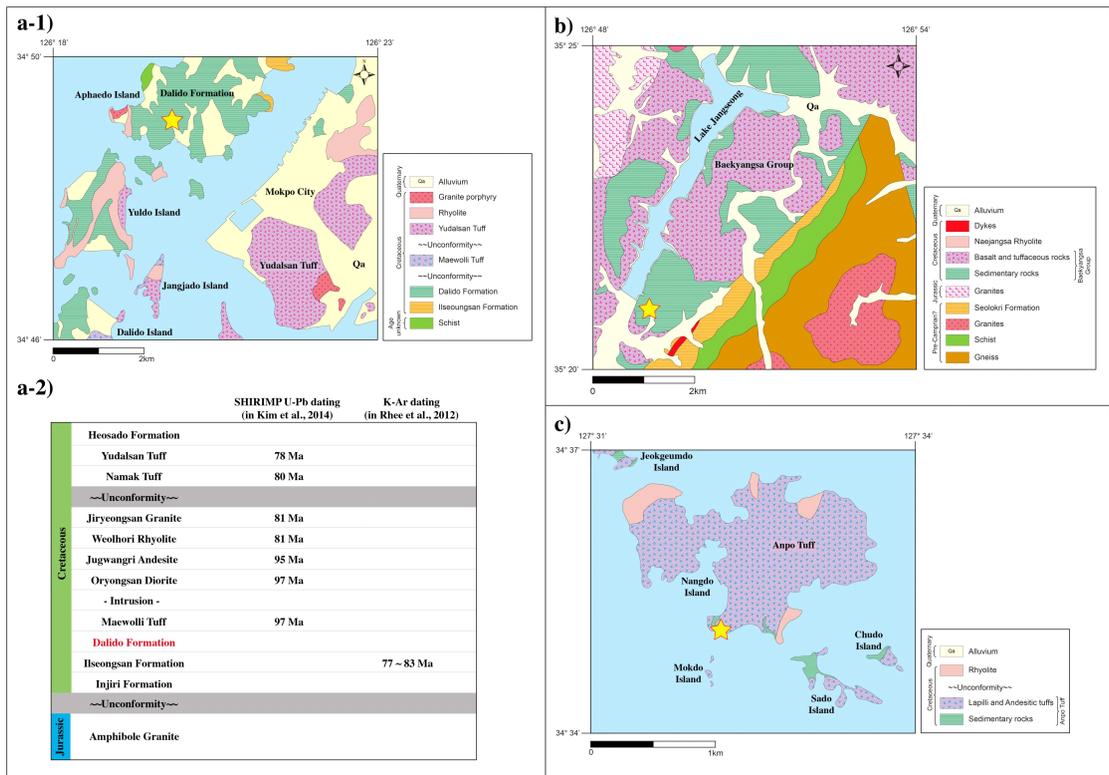


Fig. 2. Geological maps of the studied areas. (a-1) Geological map of Mokpo and Aphaedo Island of Sinan areas including the Dalido Formation (modified from Kim *et al.*, 2014). (a-2) Age data of the strata of Mokpo and Sinan areas (SHRIMP U-Pb data from Kim *et al.*, 2014, and K-Ar data from Rhee *et al.*, 2012). (b) Geological map of Jangseong area including the Baekyangsa Group of the Sunchang Trough (modified from Kim *et al.*, 1982). (c) Geological map of Nangdo and adjacent islands including the Anpo Tuff (modified Song and Kim, 2015). Stars indicate the studied sections.

성 환경이며(Paik *et al.*, 2006), 사도 지역의 호수 주변부에서 형성된 응회퇴적층은 백악기 당시 몬순기후와 화산활동의 영향을 받아서 형성된 것으로 알려져 있다(Paik *et al.*, 2009).

K-Ar 연대측정을 통한 안포응회암의 연대는 이 층이 분포하는 섬마다 다소 차이를 보이는데, 지역에 따라 약 64~91 Ma의 범위를 나타낸다(Park *et al.*, 2003; Paik *et al.*, 2006, 2009). Paik *et al.* (2006)은 공룡발자국이 산출되는 주요 섬들의 연대를 65~81 Ma로 추정하였으며, Song and Kim (2015)는 안포응회암의 연대를 84.4 ± 1.7 Ma로 보았다. 이러한 측정값은 다소 차이를 나타내지만, 기존연구들은 대체로 안포응회암의 층서연대를 후기 백악기 산토늪절에서 마스트리히트절까지로 보았다.

여수 5개 섬 지역(낭도, 사도, 추도, 목도 및 적금도)의 안포응회암에 협재된 퇴적암에서는 수 천 개의 다양한 척추동물 발자국들(공룡 및 새)이 보고된 바 있으며(Huh *et al.*, 2001, 2003, 2012; Paik *et al.*, 2006; Lockley *et al.*, 2012), 이외에도 낭도와 사도에서 개형층, 복족류, 이매패 및 개갑류 화석이 다수 관찰된다.

3. 연구 방법

이 연구에서 사용된 개형층 화석은 다음의 전라

남도 3개 지역에 위치한 단면에서 채집되었다(그림 3). 달리도층의 표본은 신안군에 위치한 압해도 단면(GPS N34° 49' 32", E126° 20' 46", 채취암석시료번호 SD-1), 순창함몰대 퇴적층의 표본은 장성군 상오리 일대의 장성 단면(GPS N35° 20' 53", E126° 49' 34", 채취암석시료번호 JS-1), 그리고 안포응회암의 표본은 여수시의 낭도 단면(GPS N34° 35' 48", E127° 32' 14", 채취암석시료번호 ND-1)의 개형층 화석이 산출되는 각 층준의 암석시료에서 추출한 것을 사용하였다.

달리도층의 압해도 노두는 하부의 암회색 이암과 상부의 적색 이암 및 사암으로 뚜렷이 구분되는 것이 특징이며, 개형층은 이매패와 함께 암회색 이암층에서 산출된다. 순창함몰대 퇴적층은 마을 임도 옆에 위치하여 전체적인 노두 규모를 파악하는 것은 어려우나, 개형층과 복족류가 포함된 흑색 내지 암회색 이암층이 두께 5~15 m로 노출되어 있다. 안포응회암 노두는 하부에 응회질 암석이 두껍게 위치하고, 그 위로 화석이 포함된 세일이 2~5 m 두께로 존재한다.

개형층 화석은 함화석 시료를 Na₂SO₄ 용액에 넣어 동결 및 해동하는 과정을 4~5회 반복한 뒤, 파쇄된 가루를 체(1 mm~250 μm)에 걸러서 채취하였다. 이후 실체현미경(Leica EZ4)을 통해 1차 분류하고, SEM (Hitachi S-4700)을 이용해 촬영하였다. 각 개

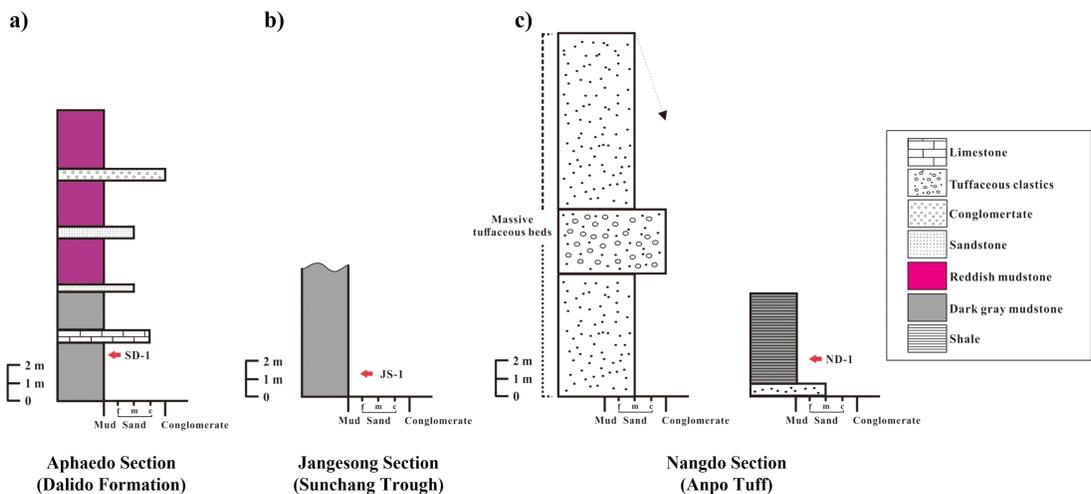


Fig. 3. Lithostratigraphy of the studied sections and sample positions. (a) Aphaedo Section and sample layer (SD-1) of the Dalido Formation (modified from Kim *et al.*, 2014). (b) Jangseong Section and sample layer (JS-1) of the Sunchang Trough. (c) Nangdo Section and sample layer (ND-1) of the Anpo Tuff.

형층 표본은 산출 지층에 따라 달리도층의 표본은 KDRC-SD-001~002, 순창함몰대의 표본은 KDRC-JS-001~008, 그리고 안포응회암의 표본은 KDRC-ND-001~006으로 구분하여 번호를 부여하였다. 지층별 개형층 화석 산출 양상은 그림 4와 같다. 연구에 기재된 모든 표본들은 전남대학교 한국공룡연구센터에 보관 중이다.

4. 화석 기재

개형층의 형태학적 기재는 Sames (2011c)를 따랐으나, 형태에 관한 많은 용어들이 아직 번역된 바 없기 때문에 원어로 표기하였다. 또한 양쪽 각이 모두 발견되었을 경우에는 배갑(carapace)으로, 한쪽 각만 발견된 경우에는 폐각(valve)으로 구분하였다.

크기에 대한 척도는 Ayress and Whatley (2014)의 기준을 적용하였다(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: >2.00 mm).

Phylum Arthropoda
 Subphylum Crustacea
 Superclass Oligostraca Zrzavý, Hypša and Vlášková, 1997
 Class Ostracoda Latreille, 1802
 Order Podocopida Müller, 1894
 Superfamily Cypridoidea Baird, 1845
 Family Cyprideidae Martin, 1940
 Genus *Cypridea* Bosquet, 1852
 Type species: *Cypris granulosa* Sowerby, 1836

		Mid-Cretaceous	Upper Cretaceous	
Formation/deposit		Dalido Formation (Aphaedo Isl., Sinan)	Sunchang Trough (Jangseong area)	Anpo Tuff (Nangdo Isl., Yeosu)
Ostracod species				
<i>Cypridea cf. barsboldi</i>			■	
<i>Cypridea sp.</i>			■	
<i>Mongolocypris distributa</i>			■	■
<i>Mongolocypris sp.</i>		■		
<i>Candona sp.</i>				■

■	Rare (1~19 specimens)	■	Less frequent (20 specimens)	■	More frequent (over 100 specimens)
---	-----------------------	---	------------------------------	---	------------------------------------

Fig. 4. Occurrence of ostracod species in the studied strata of southwestern Korean Peninsula (Dalido Formation, Sunchang Trough, and Anpo Tuff).

Cypridea cf. *barsboldi* Stankevitch in Stankevitch and Sochava, 1974

그림 5a-d

1974 *Cypridea barsboldi* Stankevitch in

Stankevitch and Sochava, p. 277-278, pl. 1, fig. 2.

1978 *Cypridea barsboldi* (Stankevitch);

Szczeczura, p. 82-83, pl. 16, figs. 1-6; pl. 17, figs. 1-8.

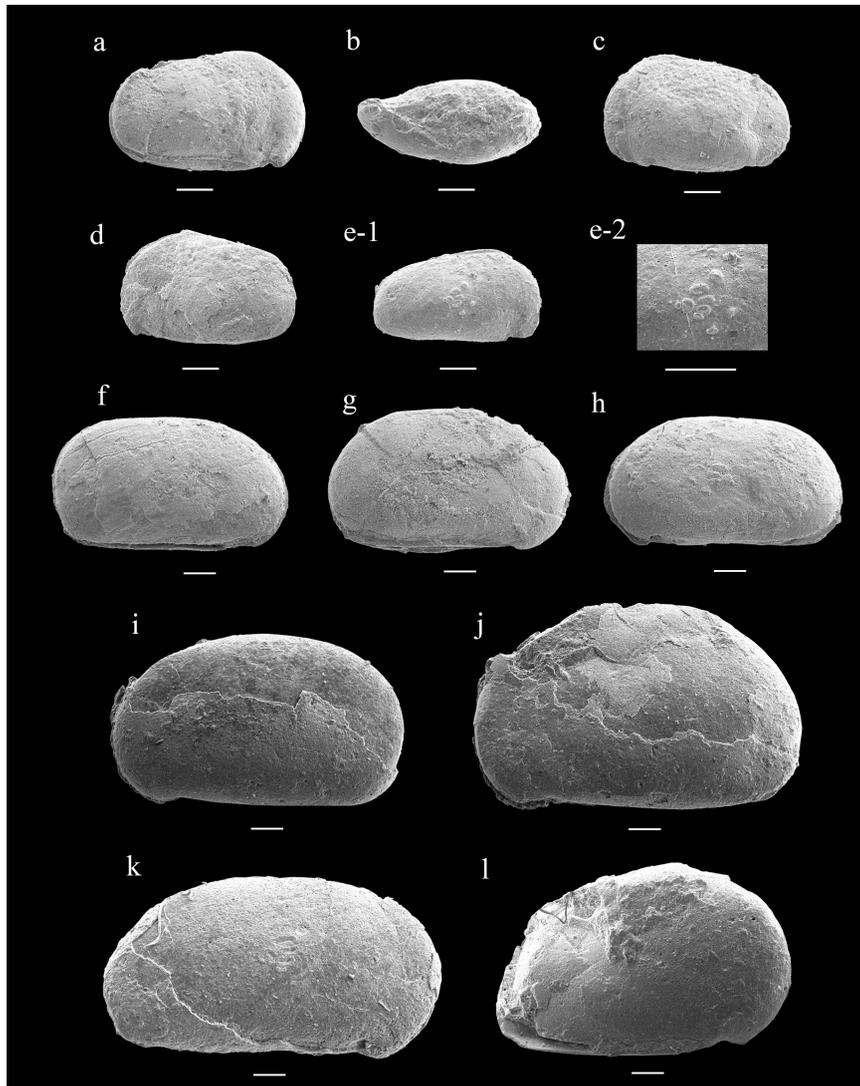


Fig. 5. (a-e) *Cypridea* cf. *barsboldi* (all specimens from sample JS-1 of the Jangseong Trough: (a) Right view of carapace (KDRC-JS-001), anterior end to the right; (b) Ventral view of carapace (KDRC-JS-002), anterior end to the left; (c) Left view of carapace (KDRC-JS-003), anterior end to the left; (d) Left view of carapace (KDRC-JS-004), anterior end to the right; (e-1) *Cypridea* sp. (specimen from JS-1 of the Jangseong Trough): Right view of carapace (KDRC-JS-005), anterior end to the right; (e-2) idem, detail of muscle scar pattern. (f-l) *Mongolocyparis distributa* (specimen photos 'f-h' from sample JS-1 of the Jangseong Trough, and 'i-l' from sample ND-1 of the Anpo Tuff): (f) Right view of carapace (KDRC-JS-006), anterior end to the right; (g) Right view of carapace (KDRC-JS-007), anterior end to the right; (h) Left view of carapace (KDRC-JS-008), anterior end to the left; (i) Left view of carapace (KDRC-ND-001), anterior end to the left; (j) Left view of carapace (KDRC-ND-002), anterior end to the left; (k) Right view of carapace (KDRC-ND-003), anterior end to the right; (l) Right view of partial carapace (KDRC-ND-004), anterior end to the right. Scale bars = 100 μ m.

1978 *Cypridea (Morinina) nanxiongensis* (Guan); Guan, p. 152, pl. 39, figs. 7-11.

1992 *Cypridea (Morinina) nanxiongensis* (Guan); Zhang, p. 693, pl. 4, figs. 4-5.

2002 *Cypridea nanxiongensis* (Guan); Hou *et al.*, p. 438, pl. 183, figs. 25-28, 30.

2019 *Cypridea barsboldi* (Stankevitch); Wang *et al.*, p. 7, figs. 3A-E.

완모식표본: 1) 표본번호: 2944/11(보관장소: Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences [IGGD], St. Petersburg, Russia); 2) 산출장소 및 지층: 몽골 고비 남서부 Bugiin Tsav의 Nemeegt층(후기 백악기); 3) 기재문헌: Stankevitch and Sochava, 1974, p. 277-278, pl. 1, fig. 2.

산출: 10개체(배갑), 장성 순창함몰대 백양사층군 퇴적층(암석시료번호 JS-1).

크기: 길이 0.99~1.10 mm, 높이 0.60~0.67 mm, 두께 0.46 mm.

기재: 대형에서 매우 대형 크기이며, 측면에서 보면 타원형(ovate) 내지 다소 둥근 직사각형 형태(subrectangular)이다. 배갑의 최대 길이는 전체 높이의 중간 지점이며, 최대 높이는 anterior cardinal angle 부분(길이의 1/3), 그리고 최대 두께는 전체 길이의 중간 지점이다. 왼쪽 각이 오른쪽 각보다 크다. 전연(anterior margin)은 넓고, 둥글며 아래쪽으로 만곡된 형태(infracurvate)이다. Node-like swelling이 왼쪽 각의 anterior cardinal angle 아래에만 발달되어 있다. 또한 anterior cardinal angle은 둥글지만 두드러진다. Rostrum이 넓고, 끝부분은 후방으로 다소 휘어져 있으며, 복부윤곽(ventral outline)을 넘지 않는다. Alveolar notch는 넓지만 두드러지지 않는다. Alveolar furrow는 중간 정도로 넓고, 높이의 2/5까지 발달되었다. 후연(posterior margin)은 전연보다 좁고, 아래 쪽으로 만곡된 형태(infracurvate)이다. Posterior cardinal angle은 넓고 둥글지만 두드러지지 않는다. 배연(dorsal margin)은 일직선 형태로 후면부의 끝부분을 향해 기울어져 있다. 복연(ventral margin)은 거의 일직선이지만 왼쪽 각에서는 약간 볼록한 형태(convex)이고, 오른쪽 각에서는 약간 오목한 형태(concave)이다. Cyathus는 좁고, 두드러지지 않는다. 표면에는 그물상 구조(reticulation)가 분포한다.

토의: 비록 표본들의 보존상태가 완전하지 않지만 여러 특징들(배갑과 rostrum/alveolus 형태, punctated area-wide ornamentation 및 swelling)은 이 종이 *Cypridea barsboldi* Stankevitch in Stankevitch and Sochava, 1974와 매우 유사함을 보여준다. *Cypridea barsboldi*는 후기 백악기 캄파니아절~마스트리히트절에 형성된 몽골의 Nemeegt층, 중국의 Jiazhou층 및 Shanghu층들에서 보고된 바 있다(Szczuchura, 1978; Wang *et al.*, 2019). 순창함몰대의 표본은 몽골과 중국의 표본들과 다르게 tubercles과 같은 국지적표면장식(local ornamentation elements)이 발달되지 않았다. 이는 생태표현형적 특징(ecophenotype)이기 때문에 종을 구분 짓기에는 부족한 특징이다(Sames, 2011c). 순창함몰대의 표본들은 *C. barsboldi*와 유사한 특징들을 보여주기 때문에 잠정적으로 동일하거나 비슷한 종으로 추측된다. 하지만 용해된 각 표면으로 인하여 확실한 종 수준의 분류는 어렵다.

Cypridea sp.

그림 5e

산출: 1개체(배갑), 장성 순창함몰대 백양사층군 퇴적층(암석시료번호 JS-1).

크기: 길이 0.92 mm, 높이 0.51 mm.

기재: 대형 크기이며, 측면에서 보면 길쭉한 직사각형 형태이다. 배갑의 최대 길이는 전체 높이의 1/5이며, 최대 높이는 anterior cardinal angle에 위치한다. 최대 두께는 전체 길이의 중간 지점이다. 왼쪽 각이 오른쪽 각보다 다소 크다. 전연(anterior margin)은 넓고, 아래와 위 부분이 거의 동일하게 만곡된 형태(equicurvate)이다. Anterior cardinal angle은 약간 각진 형태이며, 특히 왼쪽 각에서 두드러진다. Rostrum과 alveolar furrow는 매우 넓으나 정확한 형태를 알기 어렵다(부서집에 의함). 후연(posterior margin)은 좁고, 거의 직선 형태 내지 약간 아래 쪽으로 만곡된 형태(infracurvate)이다. Posterior cardinal angle은 넓고 둥근 형태이지만 두드러진다. 배연(dorsal margin)은 직선 형태로 후연을 향해 기울어져 있다. 복연(ventral margin)은 양쪽 각 모두 직선 형태이다. Cyathus는 관찰되지 않는다. 표면장식은 확인되지 않는다(불량한 보존상태에 의함). 근흔 구조(muscle scar pattern)는 전형적인 Cypridoidea 상과의 형태이다(그림 5e-2).

토의: 산출 화석에서 보여지는 일부 특징들(rostrum 및 alveolus)은 이 종이 *Cypridea*에 속함을 나타낸다. 하지만 매우 불완전한 보존상태로 인하여 종 단위의 분류는 어려운 편이다. 동일 지층에서 산출된 *C. cf. barsboldi*보다 긴 배갑 형태 및 작은 크기로 보았을 때 이 종의 수컷 또는 유체(juvenile)일 가능성이 있으나 정확한 확인을 위해서는 더 많은 표본이 요구된다.

Genus *Mongolocypris* Szczechura, 1978

Type species: *Cypridea distributa* Stankevitch in Stankevitch and Sochava, 1974

Mongolocypris distributa Stankevitch

in Stankevitch and Sochava, 1974

그림 5f-1

1974 *Cypridea distributa* Stankevitch in Stankevitch and Sochava, p. 274-275, pl. 1, fig. 4.

1974 *Cypridea gigantea* (Ye); Hao *et al.*, p. 37, pl. 10, figs. 4a-b.

1978 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Szczechura, p. 94-95, pl. 23, figs. 1-4; pl. 24, figs. 1-3; pl. 36, fig. 8; pl. 37, figs. 8-9.

2003 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Ye *et al.*, p. 77-78, pl. 9, figs. 1a-b.

2005 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Van Itterbeeck *et al.*, p. 707, figs. 6F-L.

2014 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Qu *et al.*, p. 792, figs. 5a-c.

2019 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Wang *et al.*, p. 9, figs. 3R-T.

2022 *Mongolocypris distributa* (Stankevitch); Wang *et al.*, p. 4 and 6, fig. 3h.

완모식표본: 1) 표본번호: 2944/1(보관장소: Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences [IGGD], St. Petersburg, Russia); 2) 산출장소 및 지층: 몽골 고비 남서부 Bugiin Tsav의 Nemeegt층(후기 백악기); 3) 기재문헌: Stankevitch and Sochava, 1974, p. 274-275, pl. 4, fig. 4.

산출: 300개체 이상(배갑 및 패각), 장성 순창합물대 백양사층군(암석시료번호 JS-1) 100여 개체 및 여수 낭도 안포응회암(암석시료번호 ND-1) 200여 개체.

크기: 길이 1.49~2.16 mm, 높이 0.80~1.29 mm, 두께 0.56~0.81 mm.

기재: 매우 대형 크기이며, 측면에서 보면 길쭉하고 약간 난형(subovate)이다. 배갑의 최대 길이는 전체 높이의 중간 지점보다 약간 아래에 위치한다. 왼쪽 각이 오른쪽 각보다 크다. 전연(anterior margin)은 넓고 아래 쪽으로 매우 만곡 된 형태(infracurvate)이다. Anterior cardinal angle은 매우 넓고 둥글며, 두드러지지 않는다. Rostrum이 매우 넓고 잘 발달되어 있으며, 끝부분은 복부윤곽(ventral outline)을 넘어선다. Alveolar notch는 희미하게 관찰되며, alveolar furrow는 없다. 후연(posterior margin)은 하부가 약간 더 만곡 된 형태(infracurvate) 또는 하부 및 상부가 모두 비슷하게 만곡 된 형태(equicurvate)이다. Posterior cardinal angle은 둥글고, 희미하다. 배연(dorsal margin)은 거의 일직선 내지 약간 둥근 형태이며, 후연을 향해 다소 비스듬하게 기울어져 있다. 복연(ventral margin)은 직선 형태이다. 표면 장식은 없다.

토의: 배갑 형태 및 크기의 범위, 잘 발달된 rostrum 과 미약한 alveolar notch 등의 특징은 *Mongolocypris distributa*의 형태적 특징과 매우 일치한다. 이 종은 후기 백악기 캄파니아절~마스트리히트절에 형성된 몽골의 지층들(Bayn Shire층 및 Nemeegt층)과 중국의 지층들(Iren Dabasu층 등)에서 흔하게 산출되는 분류군이며(Szczechura, 1978; Hou *et al.*, 2002; Van Itterbeeck *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2022), 다른 *Mongolocypris* 종들과 마찬가지로 동아시아 지역(한반도, 중국 및 몽골)에 국한된 분포를 보인다.

한편, 순창합물대 퇴적층의 *M. distributa* 표본들은 길이 1.49~1.60 mm 범위를 보이는 반면에 안포응회암의 동일 종 표본들은 대부분 2 mm 이상으로 훨씬 큰 편이다. 순창합물대 표본들이 상대적으로 작은 이유는 정확하게 알 수 없으나, 수서환경의 영양분 결핍에 의한 더딘 성장률의 영향 또는 준성체로 이루어진 군집이기 때문으로 생각된다.

***Mongolocypris* sp.**

그림 6a-b

산출: 20개체(배갑 및 패각), 신안 압해도 달리도층(암석시료번호 SD-1).

크기: 길이 1.66~1.76 mm, 높이 0.94~0.97 mm.

토의: 이 종은 불완전한 보존상태로 인해 정확한 기재가 어려운 분류군이다. 그럼에도 불구하고 넓은 rostrum, 두드러지지 않은 alveolus, 전체적인 크기 및 표면장식의 부재는 이 종이 *Mongolocypris*에 속한다는 것을 보여준다. 하지만 모든 표본들의 배갑이 용해되는 등 주요 특징들이 잘 나타나지 않기 때문에 종 단위의 분류는 어려운 편이다.

Family Candonidae Kaufmann, 1900

Genus *Candona* Baird, 1845

Type species: *Cypris candida* Müller, 1776

***Candona* sp.**

그림 6c-d

산출: 2개체(배갑), 여수 낭도 안포옹회암(암석시료번호 ND-1).

크기: 길이 0.60~0.63 mm, 높이 0.29~0.35 mm.

기재: 중간 크기이며, 측면에서 보면 길쭉한 신장형(reniform)이다. 배갑의 최대 길이는 전체 높이의

중간 지점이며, 최대 높이는 posterior cardinal angle에 위치한다. 최대 두께는 전체 길이의 중간 지점이다. 왼쪽 각이 오른쪽 각보다 크다. 전연(anterior cardinal angle)은 좁고, 하부가 좀 더 만곡된 형태(infracurvate)이다. Anterior cardinal angle은 둥글고 두드러지지 않는다. 후연(posterior margin)은 하부가 더 둥글게 만곡된 형태(infracurvate) 내지는 하부와 상부가 거의 비슷하게 만곡된 형태(equicurvate)이다. Posterior cardinal angle은 둥글지만 명확하게 확인된다. 배연(dorsal margin)은 볼록한 형태(convex)이며, 특히 배연의 후연부(posterdorsal region)가 돌출되어 배연혹(dorsal hump)을 이룬다. 복연(ventral margin)은 약간 직선 형태이나 복부 중앙부는 약간 오목한 형태(concave)를 이룬다. 표면장식은 없다.

토의: 이 종은 *Candona*에 속하는 종들의 전형적인 특징인 신장형의 형태를 보인다. 하지만 극히 적은 표본량과 좋지 못한 보존상태로 인하여 종 단위의 분류는 어렵다.

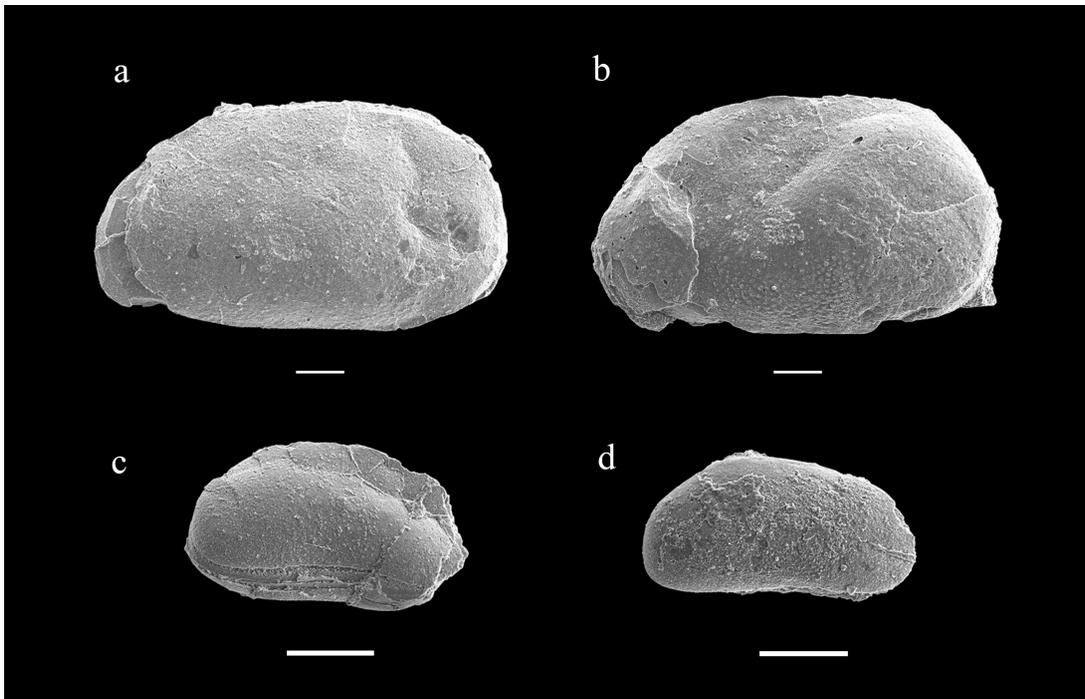


Fig. 6. (a-b) *Mongolocypris* sp. (all specimens from sample SD-1 of the Dalido Formation): (a) Left view of carapace (KDRC-SD-001), anterior end to the left; (b) Left view of carapace (KDRC-SD-002), anterior end to the left. (c-d) *Candona* sp. (all specimens from sample ND-1 of the Anpo Tuff): (c) Right view of carapace (KDRC-ND-005), anterior end to the right; (d) Right view of carapace (KDRC-ND-006), anterior end to the right. Scale bars = 100 μ m.

5. 전라남도 백악기 개형충 동물군들의 생층서학적 의의

5.1 ‘중기’ 백악기 개형충 군집(달리도층)

비록 전남 신안군 압해도의 달리도층에서는 불완전 형태의 개형충 1종(*Mongolocypris* sp.)만 확인되었으나, 층서적 연대를 밝히는데 아주 중요한 단서가 될 수 있다. *Mongolocypris*속(genus)은 대부분 동아시아 지역(한반도, 중국, 일본, 몽골 및 극동러시아)에 국한된 분포를 보이며(Choi and Huh, 2016), 일부 종은 알래스카 지역까지 지리적 영역을 확장하였다(Brouwers and De Deckker, 1993). 이 속의 첫 출현은 논란의 여지가 있으나 압트절 또는 알바절부터 후기 백악기의 마지막 시기인 마스트리히트절까지 존속하였다(Khand, 2000; Hou et al., 2002; Wang et al., 2012; Choi and Huh, 2016). 이들의 번성은 알바절부터 이미 다양해지기 시작하여 후기 백악기에는 동아시아에서 가장 번성하였던 개형충 분류군이 되었기 때문에 동아시아 생층서를 대비하는데 중요하다(Choi and Huh, 2016). 비록 달리도층의 개형충 화석들이 불완전한 보존상태를 보이지만 *Mongolocypris*속의 생존연대를 통해 보았을 때 기존의 이때 패 *Nagdongia* 화석을 통한 연대 추정보다 달리도층의 형성이 더 이후에 이루어졌음을 추정할 수 있다. Kim et al. (2014)은 개형충과 동일 노두에서 산출되는 이때 패 *Nagdongia* sp.를 통하여 달리도층이 경상분지의 낙동층과 하산동층과 대비될 수 있다고 보고 층서연대를 발랑절 내지 바렘절로 판단하였다. 하지만 절대연령 측정 연구에 따른 선경상분지(pre-Gyeongsang Basin) 묘곡층과 경상분지 지층들에서 산출되는 *Nagdongia*속의 연대 범위는 발랑절?에서 압트절까지 넓은 편이다. 예를 들어 묘곡층은 U-Pb zircon 연대측정을 통해 138~127 Ma의 결과를 보이며(Lee et al., 2015, 2018), 낙동층은 127~118 Ma(바렘절~초기 압트절), 그리고 하산동층은 118~112 Ma를 나타낸다(압트절~초기 알바절)(see Lee, Y.I. et al., 2010; Kang and Paik, 2013; Lee, T.-H. et al., 2018). 따라서 확실한 종 동정이 이루어지지 않은 *Nagdongia*의 산출로는 정확한 생층서 대비가 어려운 실정이다. 또한 상기한 바(지질개요와 지질시대)에 대한 고찰)와 같이 상하부 지층들에 대한 기존 연대측정 결과들 사이에 큰 차이가 있음에도 불구하고

고 모두 후기 백악기를 지시하는 점은 달리도층의 연대가 *Nagdongia*로부터 추정된 결과보다 더 이후임을 판단할 수 있는 근거가 된다.

한편 일성산층에서 산출된 대형 육식공룡알 *Macroelongatoolithus* (in Huh et al., 2014)의 동아시아 일대 층서적 하한은 전기 백악기의 마지막 시기인 알바절이다(Simon, 2014). 따라서 달리도층 위에 놓인 매월리응회암층의 절대연령 97 Ma (Kim et al., 2014)와 화석 기록(개형충 *Mongolocypris*의 번성 시점 및 대형육식공룡알의 층서범위)을 통한 층서연대 추정은 전기 백악기 알바절 또는 이보다 다소 젊은 후기 백악기의 첫 번째 시기인 세노마눔절로 추정된다(그림 7). 비슷한 시기에 형성된 인접 지역의 함평분지(압트절?~알바절)에서 동일한 *Mongolocypris* 종(see Choi et al., 2017)이 발견되지 않기 때문에 두 지역 간 동물군 이동이 발생하지 않았거나, 아직 발견하지 못한 것으로 판단된다.

5.2 후기 백악기 개형충 군집(순창함몰대 퇴적층 및 안포응회암)

순창함몰대의 백양사층군 퇴적층에서는 Cyprideidae 과(Family)에 속하는 3종의 개형충이 확인되었으며(*Cypridea* cf. *barsboldi*, *C. sp.* 및 *Mongolocypris distributa*), 여수 낭도의 안포응회암에서는 2종의 개형충(*Mongolocypris distributa* 및 *Candona* sp.)이 확인되었다. 이들 중 *Cypridea barsboldi*는 몽골의 Nemeget층(후기 캄파니아절~전기 마스트리히트절)과 중국의 Jiazhou층 및 Shanghu층(마스트리히트절)에서 주로 산출된다(Szczeczura, 1978; Wang et al., 2019). *Mongolocypris distributa* 역시 몽골과 중국에 국한하여 분포하는 종으로 주로 후기 백악기 캄파니아절부터 마스트리히트절까지 존속하였다(Szczeczura, 1978; Hou et al., 2002; Ye et al., 2003; Neustrueva et al., 2005; Van Itterbeeck et al., 2005; Wang et al., 2022).

기존 연구에 따르면 순창함몰대 서부의 백양사층군 내 현무암 및 응회암층 연대는 80 Ma로 알려져 있다(Won et al., 1990). 개형충 화석이 산출된 퇴적암층은 화산기원 지층보다 하부에 위치하기 때문에 이보다 이전에 형성된 것으로 판단할 수 있다. 비록 이 절대연령 연구에 대한 후속 조사나 검증은 아직까지 진행된 바 없으나, 2종의 개형충 생존 범위와

함께 종합적으로 보았을 때 순창함몰대 백양사층군의 퇴적암층 연대는 캄파니아절로 판단된다(그림 7).

한편, 안포옹회암이 분포하는 지역들의 연대 측정값은 64~91 Ma (공룡발자국 및 개형충 산출지 일대는 65~81 Ma)로 후기 백악기 산토눔절부터 마스트리히트절까지 넓은 범위를 보인다(Park *et al.*, 2003; Paik *et al.*, 2006, 2009). 이 결과는 상기한 *Mongolocypis distributa*의 생존 범위와 어느 정도 일치하며, 퇴적층의 연대는 캄파니아절 내지 마스트리히트절로 판단된다(그림 7). 함께 산출된 *Candona* sp.는 다른 지역의 종들과 형태적으로 명확하게 구분되는 특징을 찾기 어려워서 생층서 연대를 비교하기는 어려운 편이다.

6. 전라남도 백악기 개형충 동물군들을 통한 고환경 해석 의의

총 3개 지역의 퇴적층(신안 달리도층, 장성 순창

함몰대 퇴적층 및 여수 낭도 안포옹회암)에서 산출된 개형충 다양성은 단면 당 1~3종으로 극히 낮은 편이다. 이는 인접한 함평분지(5속 10종)나 경상분지 진주층(6속 8종, 또는 그 이상)보다 훨씬 낮은 종 다양성을 보인다(see Choi *et al.*, 2017, 2021). 이들 지역에서 산출된 개형충은 모두 넓은 범위의 담수 환경에 적응한 Cypridoidea상과(Superfamily)에 속하며, 여수 낭도의 *Candona* sp.를 제외하면 모두 멸종한 Cyprideidae과의 종이다. 많은 수의 Cypridoidea상과 개형충들은 넓은 범위의 환경에 적응한 것은 물론이고, 건조한 환경을 견디는 휴면란(resting-egg)을 낳을 수 있어서 영구적인 호소 및 일시적인 수서 환경(작은 호수, 연못 등) 모두에서 번성할 수 있다(Horne and Martens, 1998). 이러한 생태적 장점으로 인하여 Cypridoidea상과에 속하는 개형충들은 현대적 담수 개형충들이 방산하기 시작한 후기 쥐라기부터 현재까지 전세계적인 우점을 보인다(Sames and Horne, 2012). 연구지역들의 낮은 종다양성과 담수 개

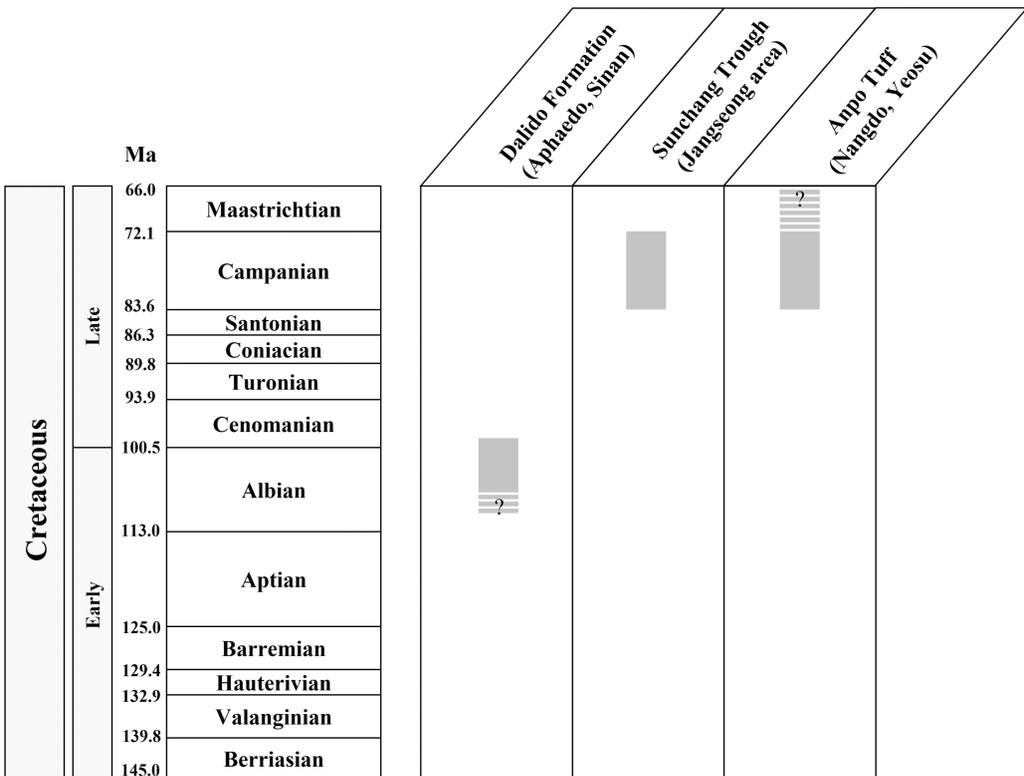


Fig. 7. Possible age ranges of the sedimentary deposits in the studied areas, southwestern Korean Peninsula based on the stratigraphic ranges of ostracod species and the previous age dating results.

형충 분류군 중 영구적인 수서환경에서만 서식하거나 생태적 범위가 제한적인 Cytheroidea상과의 Timiria-seviinae아과(Limnocytheridae과)와 Darwinuloidea상과의 종이 연구지역에서 산출되지 않는 점은 당시 고환경이 일시적 또는 불안정한 수서환경임을 시사하거나, 지리적 이동에 제한이 있었기 때문에 판단된다(Horne, 2002; Sames and Horne, 2012; Wang *et al.*, 2016; Choi *et al.*, 2021; Santos Filho *et al.*, 2021). 특히, 안포옹회암이 분포하는 여수 도서 지역들에서 빈번한 화산활동과 함께 강우량 변동의 영향으로 인한 호수공간의 팽창과 수축이 있었다는 점(Paik *et al.*, 2009)은 당시 개형충의 서식지가 불안정 하였음을 뒷받침한다. 한편, Limnocytheridae과 중에서도 건조한 환경에서 번식할 수 있는 Limnocytherinae아과의 종들이 산출되지 않는 것은 이 분류군들이 선호하는 환경의 범위(염도 등)가 Cypridoidea상과보다 훨씬 협소하기 때문으로 보인다(see Choi and Wang, 2023).

신안 압해도 달리도층의 퇴적환경은 극히 낮은 생물다양성(개형충 1종 및 이매패 1종)과 협소한 함화석 흑색 이암층으로 인해 소규모의 단기간 존재하였던 호수로 해석된다. 하지만 불완전한 보존상태로 인하여 정확한 화석화 과정(taphonomy)과 같은 정보들은 향후 더 정밀한 조사를 통해서만 해석 가능할 것으로 보인다. 장성 순창함몰대 백양사층군 퇴적층의 개형충 화석들은 속성작용 중 폐각의 용해 등으로 인하여 보존상태가 불량한 경우가 많으나, 좌우 폐각들(valves)은 흩어지지 않고 붙어있는 배갑(carapace) 형태를 보인다는 점에서 수류의 영향이 적은 수서환경에서 서식한 것으로 보인다. 또한 유체 또는 작은 개체들(0.90 mm 이하)이 산출되지 않는 점은 화석의 비교적 불량한 보존상태를 통해 보았을 때, 작은 개체들의 얇은 탄산칼슘 배갑이 큰 개체에 비해 용해 또는 지질활동에 의해 파괴되기 쉽다는 점에 영향을 받은 것으로 보인다. 흥미롭게도 이 지층에서 가장 많이 산출되는 *Mongolocypris distributa*의 크기는 안포옹회암에서 산출된 동일한 층에 비해 작은 편이다. 이러한 산출양상은 수중 환경의 영양분이 부족하여 나타나는 더딘 성장에 의하거나, 성체 바로 이전의 준성체 단계(A-1 또는 A-2 단계)의 유해군집으로 추측된다. 여수 낭도의 안포옹회암에서 산출된 개형충 군집은 *Mongolocypris*

*distributa*의 성체 배갑 및 폐각 산출이 좁은 면적 내에 매우 밀집한 형태로 나타나며, 극소수의 *Candona* sp.를 포함한다. 이러한 군집 형태는 수심이 얇은 곳에서 서식하다가 매우 강한 에너지에 의해 사후 이동한 유해군집(high-energy tanatocoenosis)으로 해석될 수 있으나(Whatley, 1983, 1988; Boomer *et al.*, 2003; Nye *et al.*, 2008), 순창함몰대의 군집과 마찬가지로 어린 개체들의 배갑이 용해 또는 파괴되어 발견되지 않은 것으로 추측된다. 상기한 바와 같이 안포옹회암 내 윤회퇴적층의 발달과 개형충의 매우 밀집한 군집 형태는 당시 고환경이 정온한 호수의 얇은 부분 또는 큰 호수 주변의 가뭄으로 인하여 분리된 작은 호수나 물웅덩이였기 때문으로 생각된다.

7. 결론

전라남도의 3개 지역에 분포하는 백악기 퇴적층 달리도층(신안 압해도), 순창함몰대 퇴적층(장성), 안포옹회암(여수 낭도)에서 총 3속 5종의 개형충 화석(*Cypridea* cf. *barsboldi*, *C. sp.*, *Mongolocypris distributa*, *M. sp.* 및 *Candona* sp.)이 확인되었으며, 총 2개의 개형충 생층서 군집이 다음과 같이 설정되었다. (1) ‘중기’ 백악기 개형충 군집(달리도층): *Mongolocypris* sp.의 산출과 기존 연대측정 비교를 통해 전기 백악기 알바질 또는 후기 백악기 세노마눔절로 추정된다; (2) 후기 백악기 개형충 군집(순창함몰대 퇴적층 및 안포옹회암): 기존 연대측정 결과와 두 퇴적층에서 공통적으로 산출되는 *Mongolocypris distributa*와 순창함몰대의 *Cypridea* cf. *barsboldi*를 통해 순창함몰대 퇴적층 연대는 캄파니아절, 그리고 안포옹회암의 연대는 캄파니아절 내지 마스트리히트절로 확인되었다. 이들 연구지역의 개형충 다양성은 매우 낮은 편이며, 경상권에 분포하는 경상분지나 인접한 함평분지의 개형충 동물군의 종 구성과 확연한 차이가 난다. 또한 담수 개형충의 특정 분류군(Cypridoidea상과)에 속하는 종들만 산출되고, 장기간 존속하는 호수 또는 서식 가능한 염도에서만 서식하는 Cytheroidea 및 Darwinuloidea상과의 종들의 부재는 개형충들의 서식지가 일시적인 수서환경이었거나, 지리적인 장벽으로 인한 이동의 제한이 있었기 때문으로 판단된다.

현재까지 발견된 개형충 화석들의 다양성과 보존

상태는 동물군의 고생태와 더 세밀한 층서연대를 기술하기에 부족한 편이지만, 향후 더 많은 화석이 확보된다면 아직까지 상세한 연구가 이루어지지 않은 한반도 서남부의 백악기 퇴적층 연대 대비와 고환경을 밝히는데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었다(과제번호 RS-2023-00210214). 개형층 화석 발굴을 위해 야외조사를 도와준 이동윤 학생(전남대학교)께 감사드린다. 또한 논문 심사과정에서 세심하고 유익한 조언을 해 주신 익명의 심사위원 두 분께도 감사드린다.

REFERENCES

- Anderson, F.W., 1985, Ostracod faunas in the Purbeck and Wealden of England. *Journal of Micropalaeontology*, 4, 1-67.
- Ayress, A.M. and Whatley, R.C., 2014, Early Cretaceous non-marine Ostracoda from the North Falkland Basin, South Atlantic. *Palaentology*, 57, 1143-1175.
- Baird, W., 1845, Arrangement of the British Entomostraca, with a list of species, particularly noticing those which have as yet been discovered within the bounds of the club. *Transactions of the Berwickshire Naturalist's Club*, 2, 145-158.
- Bennett, C.E., Siveter, D.J., Davies, S.J., Williams, M., Wilkinson, I.P., Browne, M. and Miller, G., 2012, Ostracods from freshwater and brackish environments of the Carboniferous of the Midland Valley of Scotland: the early colonization of terrestrial water bodies. *Geological Magazine*, 149, 366-396.
- Boomer, I., Horne, D.J. and Slipper, I.J., 2003, The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell?. In: Park, L.E. and Smith, A.J. (eds.), *Bridging the Gap: Trends in the Ostracode Biological and Geological Sciences*, Paleontological Society Papers, 9, 153-180.
- Bosquet, J., 1852, Description des Entomostracés Fossiles des Terrains Tertiaires de la France et de la Belgique. *Mémoires Couronnés et Mémoires des Savants Étrangers*, 24, 1-142 (in French).
- 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.
- Carignano, A.P., Paredes, J.M., Olazábal, S.X. and Valle, M.N., 2017, Ostracoda (Crustacea) from the Pozo D-129 Formation (upper Barremian?-Aptian), Golfo San Jorge basin, Patagonia, Argentina: Taxonomic descriptions, palaeoenvironments and palaeogeographical implications. *Cretaceous Research*, 78, 206-220.
- Choi, B.-D. and Huh, M., 2016, *Mongolocypsis kohi* sp. nov.: A new Early Cretaceous non-marine ostracod species from the Jinju Formation, South Korea. *Cretaceous Research*, 57, 239-247.
- Choi, B.-D., Jia, B., Huh, M., Jung, J. and Wang, Y., 2021, Taxonomy, biostratigraphic and paleoecological aspects of non-marine ostracod fauna from the Jinju Formation (Albian) of the Gyeongsang Basin, South Korea. *Cretaceous Research*, 127, 104944.
- Choi, B.-D., Jugdernamjil, M., Huh, M. and Khand, Y., 2017, Cretaceous non-marine ostracods from the Hampyeong Basin, southwestern Korean Peninsula. *Journal of the Geological Society of Korea*, 53, 631-643 (in Korean with English abstract).
- Choi, B.-D. and Wang, Y., 2023, Non-marine ostracod fauna from the Lower Cretaceous Shinekhudag Formation (southwest Mongolia): taxonomy, biostratigraphy, and paleoecology. *Journal of Paleontology*, 1-19, doi:10.1017/jpa.2023.5
- Choi, B.-D., Wang, Y., Hu, L. and Huh, M., 2020, Ostracod faunas from the Dalazi and Tongfosi formations (Yanji Basin, Northeast China): biostratigraphic, palaeogeographic and palaeoecological implications. *Cretaceous Research*, 105, 104018.
- Choi, B.-D., Wang, Y.-Q. and Huh, M., 2018, *Cypridea* species (Crustacea, Ostracoda) from the Lower Cretaceous Jinju Formation of the Gyeongsang Basin, South Korea. *Palaeoworld*, 27, 382-391.
- Choi, P.Y., Choi, H.I., Hwang, J.H., Ki, W.S., Koh, H.J., Kim, Y.B., Lee, B.J., Song, K.Y., Kim, J.C. and Choi, Y.S., 2002, Explanatory Note of the Mokpo and Yeosu Sheets (1:250,000). *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources*, 45 p (in Korean with English abstract).
- 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.
- Chun, H.Y., Choi, Y.S., Choi, S.J., Kim, Y.B., Kim, B.C. and Lee, B.S., 1995, Stratigraphy and Paleontology of the Cretaceous strata in the Jeongok-Cheolwon Area. *Korea Institute of Geology, Mining and Materials*, 69 p (in Korean with English abstract).
- Chun, H.Y., Um, S.H., Choi, S.J., Kim, Y.B., Kim, B.C. and Choi, Y.S., 1993, Fossil floral and faunal assemblages and paleoenvironmental modelling study on the Cretaceous sedimentary basins scattered in/near the Ogcheon Belt

- (I). Korea Institute of Energy and Resources, 122 p (in Korean with English abstract).
- Guan, S.-Z., 1978, On Fossil Ostracoda from the Nanxiong Basin and their stratigraphical significance. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology, 4, 152-179.
- Hao, Y.C., Su, D.Y., Li, Y.G., Ruan, P.H. and Yuan, X.F., 1974, Cretaceous-Tertiary Ostracods from Songliao Plain. Geological Publishing House, Beijing, 1-81 (in Chinese).
- Horne, D.J., 1995, A revised ostracod biostratigraphy for the Purbeck-Wealden of England. Cretaceous Research, 16, 639-663.
- Horne, D.J., 2002, Ostracod biostratigraphy and palaeoecology of the Purbeck Limestone Group in southern England. Special Papers in Palaeontology, 68, 1-18.
- Horne, D.J., 2009, Purbeck-Wealden. In: Whittaker, J.E. and Hart, M.B. (eds.), Ostracods in British stratigraphy. Micropalaeontological Society Special Publication 3, The Geological Society, London, 289-308.
- 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). Archiv für Hydrobiologie Special Issue, Advances in 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, 1-1090 (in Chinese).
- 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., Hwang, K., Paik, I.S. and Chung, C.H., 2003, Dinosaur tracks from the Cretaceous of South Korea: distribution, occurrence and paleobiological significance. Island Arc, 12, 132-144.
- Huh, M., Kim, B.S., Woo, Y., Simon, D.J., Paik, I.S. and Kim, H.J., 2014, First record of a complete theropod egg clutch from Upper Cretaceous deposits, South Korea. Historical Biology, 26, 218-228.
- Huh, M., Lee, Y.N., Lim, S.K. and Hwang, K.G., 1998, Research Report on the Haenam Dinosaur Site, Korea. Chonnam National University Museum, Gwangju, 215 p (in Korean with English abstract).
- 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, 19, 43-49.
- Huh, M., Paik, I.S., Chung, C.H., Park, J.B. and Kim, B.S., 2001, Dinosaur tracks from Islands in Yeosu, Cheollanam-do, Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 37, 653-658 (in Korean with English abstract).
- Kaufmann, A., 1900, Cypriden und Darwinuliden der Schweiz. Revue Suisse de Zoologie. Annales de la Société Zoologique de Suisse, 8, 209-423 (in German).
- 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).
- Kee, W.-S., Kim, S.W., Kim, H., Hong, P., Kwon, C.W., Lee, H.-J., Cho, D.-L., Koh, H.J., Song, K.-Y., Byun, U.H., Jang, Y. and Lee, B.C., 2019, Geologic Map of Korea (1:1,000,000). Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 1 p.
- 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, I.J. and Nagao, K., 1992, K-Ar ages of the hydrothermal clay deposits and the surrounding igneous rocks in southwest Korea. Journal of Petrological Society of Korea, 1, 58-70.
- Kim, J.H., Hong, S.H. and Hwang, S.K., 1982, Geological Map of Sinheung Sheet (1:50,000). Korea Institute of Energy and Resources, 27 p (in Korean with English abstract).
- Kim, Y.H., Choi, P.-Y., Hwang, J.H., Kim, H., Ko, K. and Chun, H.Y., 2014, Geological Report of the Mokpo Sheet (1:50,000). Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 93 p (in Korean with English abstract).
- Latreille, P.A., 1802, Cenera Crustaceorum et Insectorum, Tomus Primus. Koenig, Paris, 1-302 (in French).
- Lee, D.S. and Lee, H.Y., 1976, Geologic and geochemical study on the rock sequences containing oily materials in Southwestern coast area of Korea. Economic and Environmental Geology, 9, 45-74 (in Korean with English abstract).
- Lee, T.-H., Park, K.-H. and Yi, K., 2018, Nature and evolution of the Cretaceous basins in the eastern margin of Eurasia: A case study of the Gyeongsang Basin, SE Korea. Journal of Asian Earth Sciences, 166, 19-31.
- Lee, T.-H., Park, K.-H., Yi, K., Geng, J.-Z. and Li, H.-K., 2015, SHRIMP U-Pb ages and Hf isotopic composition of the detrital zircons from the Myogok Formation, SE Korea: development of terrestrial basin and igneous activity during the early Cretaceous. Geosciences Journal, 19, 189-203.
- 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, 647-658.
- Lockley, M.G., Huh, M., Gwak, S.-G., Hwang, K.G. and Paik, I.S., 2012, Multiple Tracksites with Parallel Trackways from the Cretaceous of the Yeosu City Area Korea: Implications for Gregarious Behavior in Ornithopod

- and Sauropod Dinosaurs. *Ichnos*, 19, 105-114.
- Martin, G.P.R., 1940, Ostracoden des norddeutschen Purbeck und Wealden. *Senckenbergiana*, 22, 275-361 (in German).
- Müller, G.W., 1894, Die Ostracoden des Golfes von Neapel und der Angrenzenden Meeresabschnitte. Fauna und Flora Golfes von Neapel. Monograph, 21, 1-404 (in German).
- Müller, O.F., 1776, Zoologiae Danicae prodomus, seu animalium Daniae et Norvegicae indigenarum characteres, nomina, et synonyma imprimis popularum. Havniae, 282 p.
- Neustrueva, I.Y., Sinitsa, S.M., Khand, Y. and Melnikova, L.M., 2005, Paleontology of Mongolia: Late Mesozoic and Paleogene ostracods. Moskva, Nauka, 1-166 (in Russian).
- Nye, E., Feist-Burkhardt, S., Horne, D.J., Ross, A.J. and Whittaker, J.E., 2008, The palaeoenvironment Weald Clay (Barremian, Early Cretaceous) at Smokejacks Brickworks (Ockley, Surrey, UK), based on palynomorphs and ostracods. *Cretaceous Research*, 29, 417-444.
- Paik, I.S., Huh, M., Park, K.H., Hwang, K.G., Kim, K.S. and Kim, H.J., 2006, Yeosu dinosaur track sites of Korea: The youngest dinosaur track records in Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 28, 457-468.
- Paik, I.S., So, Y.H., Kim, H.J., Lee, H.I., Yoon, H.I., Lim, H.S. and Huh, M., 2009, Rhythmic deposits in the Cretaceous lacustrine deposits at Yeosu area, Korea: occurrences and origin. *Journal of the Geological Society of Korea*, 45, 85-105 (in Korean with English abstract).
- 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.
- Park, H.I., 1966, Geological Report of the Sunchang Sheet (1:50,000). Geological Survey of Korea, 43 p (in Korean with English abstract).
- Park, K.-H., Paik, I.S. and Huh, M., 2003, Age of the volcanism and deposition determined from the Cretaceous strata of the island of Yeosu-si. *Journal of the Petrological Society of Korea*, 12, 70-78 (in Korean with English abstract).
- Qin, Z., Xi, D., Sames, B., Ma, F., Ye, Y., Wu, B., Wang, X., Kamran, M. and Wan, X., 2021, Ostracods from the non-marine Lower Cretaceous interval at Liying section of Luanping basin, North China: A stratigraphic correlation. *Cretaceous Research*, 123, 104743.
- Qu, H.Y., Xi, D.P., Li, S., Colin, J.-P., Huang, Q.H. and Wan, X.Q., 2014, Late Cretaceous-early Paleocene ostracod biostratigraphy of scientific drilling Sk1(N) in the Songliao Basin, northeast China. *Journal of Paleontology*, 88, 786-798.
- Rhee, C., Kim, B.S., Kim, M.G. and Kim, C.B., 2012, K-Ar Ages of Dinosaur Egg Nest found in Cretaceous Formation of Aphaedo, Jeollanam-do, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 33, 329-336.
- 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, 267-289.
- Santos Filho, M.A.B.D., Fauth, G., Sames, B., Wolfgring, E. and Villegas-Martin, J., 2021, Paleoenvironmental analysis of a Lower Cretaceous paleolake from the Iguatu Basin based on its ostracod fauna and XRF data. *Palaios*, 36, 356-376.
- Seo, S.J., 1996, Lower Cretaceous Ostracodes Fossil from Chinju Formation, Chinju Korea. The Research of Science Education, 22, 23-27 (in Korean with English abstract).
- Simon, D.J., 2014, Giant Dinosaur (theropod) Eggs of the Oogenus *Macroelongatoolithus* (Elongatoolithidae) from Southeastern Idaho: Taxonomic, Paleobiogeographic, and Reproductive Implications. M.S. thesis, Montana State University, Bozeman, 110 p.
- Song, K.-Y. and Kim, H., 2015, Geological Report of the Yeosu, Gaedo, Dolsando, Sorido Sheets (1:50,000). Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 55 p (in Korean with English abstract).
- Sowerby, J.D.C., 1836, Descriptive notes respecting the shells figured in plates XI to XXI. In: Fitton, W.H. (ed.), Observation on some of the strata between the Chalk and the Oxford Oolithe. The Geological Society, London, 344-345.
- Stankevitch, E.S. and Sochava, A.V., 1974, Ostrakody se-sona Mongolii. In: Kramarenko, N.N. (ed.), Mesozoic and Cenozoic faunas and biostratigraphy of Mongolia, The Joint Soviet-Mongolian Paleontological Expedition, 1, 268-286 (in Russian).
- Szczechura, J., 1978, Fresh-water ostracodes from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. *Palaeontologica Polonica*, 38, 65-121.
- Trabelsi, K., Sames, B., Salmouna, A., Piovesan, E.K., Ben Rouina, S., Houla, Y., Touir, J. and Soussi, M., 2015,

- Ostracods from the marginal coastal Lower Cretaceous (Aptian) of the Central Tunisian Atlas (North Africa): Paleoenvironment, biostratigraphy and paleobiogeography. *Revue de Micropaléontologie*, 58, 309-331.
- Van Itterbeeck, J., Horne, D.J., Bultynck, P. and Vandenberghe, N., 2005, Stratigraphy and palaeoenvironment of the dinosaur-bearing Upper Cretaceous Iren Dabasu Formation, Inner Mongolia, People's Republic of China. *Cretaceous Research*, 26, 699-725.
- Wang, H., Du, S., Yu, T., Li, S., Lu, H., Zhang, H., Cao, M. and Horne, D.J., 2022, Ostracods from the Pingyi Basin (eastern China) and their significance for the K/Pg boundary. *Geological Society Special Publication*, 521, 125-137.
- Wang, H., Li, S., Zhang, H., Cao, M. and Horne, D.J., 2019, Biostratigraphic and palaeoenvironmental significance of Campanian-early Maastrichtian (Late Cretaceous) ostracods from the Jiaozhou Formation of Zhucheng, Shandong, China. *Cretaceous Research*, 93, 4-21.
- 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 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.
- Whatley, R.C., 1983, The application of Ostracoda to paleoenvironmental analysis. In: Maddocks, R.F. (ed.), *Applications of Ostracoda*. Proceedings of the Eighth International Symposium on Ostracoda, Department of Geosciences, University of Houston, 51-77.
- Whatley, R.C., 1988, Population structure of ostracods: some general principles for the recognition of palaeoenvironments. In: De Decker, Colin, J.-P. and Peypouquet, J.-P. (eds.), *Ostracoda in the Earth Sciences*, Elsevier, 103-124.
- 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.
- Won, C.K., Lee, M.W., Kim, K.H., Hong, Y.K., Woo, J.G. and Lee, J.M., 1990, The study on Cretaceous volcanism in the Sunchang Trough - Compare study between Kyeongsang Basin Sunchang Trough and Inner-zone of SW Japan. *Journal of the Geological Society of Korea*, 26, 165-184 (in Korean with English abstract).
- Ye, D.Q., Huang, Q.H., Liu, Z.W., Zhang, Y. and Chen, C.R., 2003, Cretaceous Ostracoda in Hailaer Basin. *Petroleum Industry Press, Beijing*, 1-208 (in Chinese with English abstract).
- Yu, J.S., 2016, A Study on the Cretaceous Deposits around Jangseong Lake, Jangseong-gun, Jeonnam. M.S. thesis, Chonnam National University, Gwangju, 57 p (in Korean with English abstract).
- Zhang, X.Q., 1992, A study on ostracod fauna of Shanghu Formation and Cretaceous Tertiary boundary in Nanxiong Basin, Guangdong. *Acta Palaeontologica Sinica*, 31, 678-702 (in Chinese with English abstract).
- Zrzavý, J., Hypša, V. and Vlášková, M., 1997, Arthropod phylogeny: taxonomic congruence, total evidence and conditional combination approaches to morphological and molecular data sets. In: Fortey, R.A and Thomas, R.H. (eds.), *Arthropod Relationships*, 55, 97-107.

Received : April 5, 2023

Revised : April 17, 2023

Accepted : April 26, 2023