

신생대 제3기 포항분지의 학전층과 두호층에서 산출된 굴족류 화석

공달용^a · 이성주^b

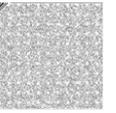
^a국립문화재연구소 자연문화재연구실 · ^b경북대학교 지질학과

투고일자 : 2012. 01. 31 · 심사일자 : 2012. 02. 10 · 게재확정일자 : 2012. 02. 21

국문초록

신생대 제3기 포항분지의 학전층(121개체)과 두호층(5개체)에서 총 126개체의 굴족류 화석이 산출되었다. 이들은 총 2속 5종 (*Fissidentalium yokoyamai*, *F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B)으로 분류되었으며 가장 풍부하게 산출된 종은 *Fissidentalium yokoyamai*이다. *Fissidentalium* 종들은 패각(貝殼)이 작은 각을 이루며 휘어져있고 표면에 세로의 촘촘한 선구조가 발달되어 있는 반면, *Rhabdus* 종들은 일직선의 패각으로 세로로 발달된 선구조 대신 촘촘한 가로 성장선(成長線)이 우세하게 나타나기 때문에 두 속을 구분하는 것은 어렵지 않다. 하지만 두 속 모두 분류의 기준이 되는 패각의 단면이 보존되지 않아 종 수준의 분류는 어렵다. 학전층 하부의 역질 사암에서는 대부분의 화석이 3차원의 입체적으로 보존된 반면 학전층 상부의 세립질 사암과 두호층의 이암에서는 납작하게 눌린 형태의 굴족류 화석이 산출되었다. 입체적으로 보존된 굴족류 화석의 내부는 주변의 퇴적물(堆積物)과 동일한 퇴적물로 채워져 있으며 납작하게 눌린 화석은 배쪽과 등쪽 부분의 패각이 납작하게 붙어서 산출된다. 입체적으로 보존된 화석은 퇴적당시 내부가 퇴적물로 채워져서 압력에 의해 눌림 현상을 방지 할 수 있었다고 판단되며 납작하게 눌린 화석은 퇴적당시 패각이 비어 있었기 때문에 압력에 의해 눌러서 보존된 것으로 판단된다.

※ 주제어 : 굴족류, 학전층, 두호층, 신생대, 포항



서론

화석(化石, Fossil)은 인류가 보호해야 할 귀중한 매장문화재 중 하나이다. 하지만 한국 화석에 대한 대부분의 연구는 독일 학자(Gottsche, 1886)에 의하여 한국의 화석이 최초로 보고된 이후 일제 강점기까지는 일본인들에 의하여 행해졌으며, 국내 학자에 의한 실질적 연구가 시작된 것은 1965년 이후이다(Kim, 1965). 이 후 국내 학자들은 꾸준한 연구를 통하여 무척추동물화석(Choi et al., 1994; Yun, 2002), 척추동물화석(Lee and Jeong, 2002; Lee et al., 2001), 식물화석(전희영 외, 1986; Jung and Lee, 2009), 흔적화석(Kim, 1991; Kim et al., 2002), 미화석(Lee et al., 1991; Ryu et al., 2008) 등 거의 모든 분야의 화석을 보고하였으며, 현재까지 약 500여 편의 화석 관련 논문이 발표되었다(최덕근과 황현아, 2004 참조).

하지만 학자들의 이러한 노력에도 불구하고 귀중한 자연유산인 한국의 화석이 국가지정문화재(예, 천연기념물)나 UNESCO 세계자연유산과 같은 문화재로 지정된 것은 그리 많지 않다(국립문화재 연구소, 2008). 1962년 경북 칠곡군 왜관읍의 「칠곡 금무봉 나무고사리 화석산지(지정번호 146호)」가 처음으로 지정된 이후, 현재까지 천연기념물로 지정된 화석은 고작 21건이 전부이다. 천연기념물로 지정된 화석산지 또한 대부분이 공룡화석산지(13곳)이며, 나머지 8곳도 대부분이 척추동물을 비롯한 거화석 산지로서 다양한 화석이 발굴되는 현재의 실정에 비추어 본다면 화석관련 천연기념물의 지정이 너무 한쪽으로 치우쳐 있음을 알 수 있다.

현재 우리나라의 화석 산지 중에서 문화재로서의 가치를 인정받을 수 있는 지역은 신생대 제3기의 포항분지가 분포하는 포항 일대이다. 포항분지는 종 다양성과 보존 정도가 매우 우수하고 화석의 개체수가 풍부하다. 최근 들어서는 일련의 공사가 진행되면서 포항분지에서 산출되는 화석의 종수가 급증하고 있는 실정이다(해양 동물화석(Seong et al, 2009; 김덕환과 이성주, 2011), 육상 식물화석(Jung and Lee, 2009; Jeong et al., 2009), 척추동물화석(문화재청, 2009)). 본 논문에서는 최근 포항분지에

서 발굴된 굴족류 화석을 보고한다. 굴족류는 연체동물의 일종으로 우리나라에서는 간헐적으로 보고만 되었을 뿐 학술적 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구를 통해 좀더 많은 화석이 천연기념물을 비롯한 문화재로 지정되어 한국의 귀중한 자연유산이 소실되는 것을 막고 이들이 보호되기를 희망한다.

지질개요

한반도 제3기 중기 마이오세 퇴적분지(堆積盆地) 중 해성 퇴적층은 경상북도 어일, 울산, 포항분지와 함경북도 길주, 명천분지 등 동해안을 따라 소규모로 분포하고 있다(Lee, 1987). 이들 퇴적분지 중 포항분지의 규모가 가장 크며 지층이 잘 발달하여 화석들이 다량 보고되고 있으며 포항분지는 포항시를 중심으로 남북방향으로 길게 연장되어 있다. 포항분지 내의 중기 마이오세 쇄설성 퇴적물은 서쪽에는 주로 역암으로 구성된 조립질 퇴적물이 두껍게 분포하고 있으며(예, 천북역암), 동쪽 상부로 갈수록 이암의 세립질 퇴적물이 우세하게 분포한다(예, 학전층 및 두호층).

1924년 Tateiwa에 의해 처음으로 연구가 시작된 포항분지는 이 후 다양한 분야에서 연구가 시도되었으나 층서에 대한 학자들의 견해가 다양하여 현재까지 뚜렷한 층서체계가 확립되지 않고 있다(Um et al, 1964; Kim, 1965; Yoon, 1975; Yun, 1986; Kim et al., 1993; Chung and Koh, 2005). 본 연구에서는 암상(岩相)과 미고생물학적 연구를 통해 구분이 모호한 기존의 층들을 통합하여 연일층군을 천북역암, 학전층, 두호층으로 구분한 Yun(1986)의 층서체계를 따른다(Fig. 1). 연일층군의 지질시대에는 흔히 중기 마이오세로 알려져 있으나 고환경에 대한 해석은 연구 지역이나 화석 종에 따라 다소 상이한 결과를 보인다(예, Ingle, 1975 vs. Lee, 1982).

천북역암을 정합으로 덮고 있는 학전층은 기존의 지층(예, 흥해층, 일동층 및 천곡시층, Yoon, 1975)들을 통합한 것으로 층의 두께는 약 280~400m 정도이다. 주로 암회색 내지 회색의 사암과 이암으로 구성되어 있으며, 층의

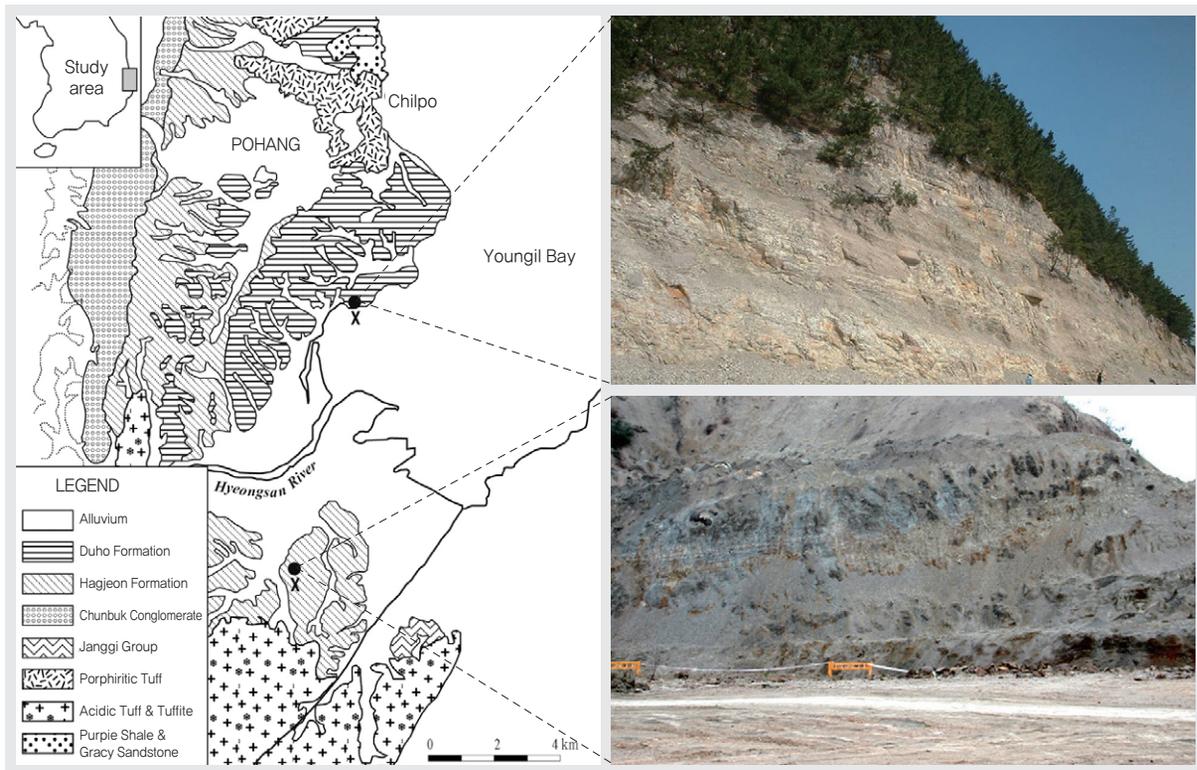


Fig.1 Geologic map of the study area and representative stratigraphic sections for the Hagjeon Formation and the Duho Formation. Sites for fossil scaphopods are marked by x in the geologic map (modified from Seong et al., 2009).

상부에는 간혹 분급(分級)이 불량한 역암층들이 렌즈상으로 협재(狹在)된다. 전반적으로 사암 및 이암의 층리는 불량하며 특히 이암은 괴상(塊狀)의 형태를 띠고 이암층 속에는 렌즈상의 단괴(團塊)들이 협재한다. 암상의 수평적, 수직적 변화가 심하여 지층의 연속성을 확인하기가 쉽지 않다. 학전층에 대한 고생물학적 연구는 주로 미화석을 이용하여 수행되어 왔으며(Kim, 1965; Lee, 1986), Yun et al.(1995)은 포항분지 일대에 분포하는 달전현무암에서 절대연령을 측정하고, 집족대에서 산출된 화분포자화석을 이용한 생층서 대비를 통해 하부 학전층은 약 15Ma에 퇴적되었다고 해석하였다. 150~200m정도의 두께를 지닌 두호층은 포항분지 연일층군의 최상부 지층으로 하부의 학전층을 정합적으로 피복하고 있다. 학전층과 달리 두호층은 대부분이 엷은 회색이며 층리나 특징적인 퇴적구조가 발달되지 않은 균질한 이암으로 구성되어 있으며 얇은 사암이 협재되기도 한다. 이암층에는 다양한 크기의 단괴가 발견되는데, 특히 두호층이 두겹계

노출된 북부해수욕장 인근의 노두에서는 커다란 타원형 모양(장반경 약 1m)의 단괴가 층리면을 따라 발달되어 있다(Fig 1).

두 지층이 속해 있는 연일층군의 시대는 신생대 제3기의 마이오세로 알려져 있으나 정확한 층준에서의 절대연령(방사성동위원소)은 알 수 없다. 하지만 다양한 화석(Lee, 1986, 1988; Yun, 1986)과 고지자기(Kim et al., 1993) 연구 결과는 두호층은 중기 마이오세(약 14.5~11.5Ma), 학전층은 약 15Ma 동안에 퇴적되었음을 지시한다.

굴족류 일반

연체동물(Phylum Mollusca)의 한 강인 굴족류(Class Scaphopoda)는 연체동물의 7개 강 중에서 가장 개체수가 적어 일반인에게 덜 익숙한 해양 연체동물의 일종이다(Pojeta, 1987). 굴족류는 작은 상아 모양의 패각(貝殼)

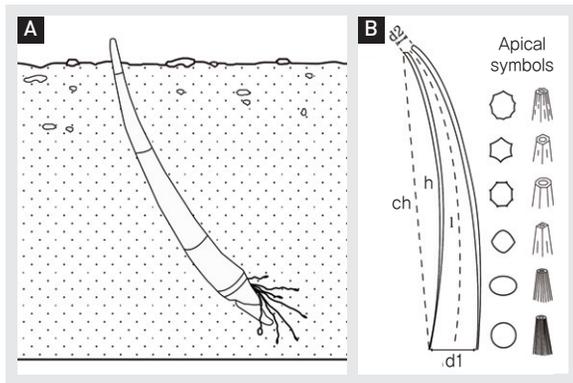
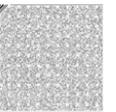


Fig.2 Life style (A) and morphological characters of modern scaphopods (B). Note that a few diagnostic characters including aperture shape, surface ornamentation and shell's curvature. ch=shortest length of shell, d1=diameter of aperture, d2=diameter of apex (modified from Pojeta, 1987).

을 지닌 해양 저서종으로 대륙붕에서 심해저의 모래나 진흙바다에 주로 서식한다(Fig. 2A). 생김새로 인해 빨조개 혹은 코끼리빨조개라 불리는 이들은 양쪽 끝에 구멍이 뚫린 휘어진 활모양의 튜브형태 패각을 가진다. 머리 부분이 퇴화되었고 더듬이와 눈이 없지만, 머리에 실모양의 두사가 있어 감각기관의 기능을 할 뿐 아니라 물건을 잡거나 먹이를 먹을 때도 쓰인다. 대부분 굴착성인 이들은 발달된 발을 이용해 진흙이나 모래에 구멍을 파서 몸의 대부분을 썰에 묻고 산다. 굴족류 화석은 다소 단순한 원통의 빨 모양을 하고 있으며 일반적으로 패각의 형태(휘어지는 정도(accuration rate) $A=h*100/ch$; 가늘어지는 정도(expansion rate) $E=(d1-d2) \times 100/l$, 패각 표면의 구조성장선 및 종록(longitudinal rib)의 유무 및 각정의 형태에 따라 분류한다(Fig. 2B). 따라서 이러한 형태적 특징들이 다소 결여된 화석을 종 수준 까지 분류하는 것은 쉽지 않다.

굴족강은 오르도비스기에 출현하여 현재까지 산출되고 있지만 형태가 다소 단순하여 분류에 어려움이 많고 개체수도 적기 때문에 고생대와 중생대 지층에서의 화석 기록은 대단히 미약하다(Pojeta, 1987). 따라서 전세계적으로 보고된 화석들은 대부분이 신생대 지층에서 산출된 것이며 국내에서 보고된 종(*Dentalium* cf. *yokoyamai*, *D. octangulatum* and *Striodentalium rhabdotum*)들 또한 모

두 신생대 지층에서 산출된 것이다(Yoon, 1976; 이연규와 윤선, 1992; 최성자, 1998). 이러한 굴족류 화석들도 다른 연체동물의 연구에 수반된 부수적인 보고이며 매우 적은 수의 굴족류 화석만이 보고되었다. 따라서 이들에 대한 화석의 기재 또한 다소 미흡하다. 특히 국내에서 보고된 모든 종들은 *Dentaliida* 목의 *Dentaliidae* 과에 속하는 것으로 본 논문의 *Rhabdus* 속의 경우는 아직 보고된 사례가 없다.

화석 기재

포항분지의 학전층과 두호층에서 총 126개체(학전층 121개체 및 두호층 5개체)의 굴족류 화석이 산출되었다(Fig. 1). 굴족류 화석들은 암회색 내지 옅은 회색의 이암층과 역질 및 세립질 사암층에서 원래의 석회질 성분이 변형된 흰색 패각으로 발견되었다. 대부분의 굴족류 화석들은 화석화 과정을 겪는 동안 패각이 훼손되고 여러 조각으로 분절되어 발견되었다. 특히, 각구(殼口, aperture)부분 보다는 각정(殼頂, apex)부분이 더 많이 훼손되어 발견되는데, 이는 각구보다 각정 부분이 더 가늘고 휘어져 있어 약한 압력에도 쉽게 분절되기 때문으로 판단된다. 또한 이러한 형태적 특징으로 인해 각구보다 각정에 퇴적물의 채워짐이 적게 발생하기 때문이다. 따라서 등 쪽과 배 쪽의 패각이 납작하게 붙어서 산출된 화석은 퇴적당시 패각의 내부가 비워져 있었던 것으로 판단된다. 입체적으로 보존된 온전한 형태의 굴족류 화석은 총 42개체가 발견되었으며(Fig. 3) 이들의 내부는 패각을 둘러싸고 있는 퇴적물과 동일한 퇴적물로 채워져 있다. 퇴적당시 패각은 이미 퇴적물로 채워져 있었기 때문에 압력에 의한 패각의 파손을 방지하여 굴족류 화석이 입체적으로 보존된 것으로 판단된다.

학전층과 두호층에서 발견된 126개체의 굴족류 화석들은 총 2속 5종(*Fissidentalium yokoyamai*, *F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B)으로 분류되었다(Table 1). 가장 풍부하게 산출되는 것은 *Fissidentalium* 속의 종들이며 이 중 *Fissidentalium yokoyamai*가 가장 많이 발견되었다.

Table 1 Selected measurements of fossil scaphopod taxa from the Hagjeon and the Duho Formation

Species		ch(mm)	h(mm)	d1(mm)	d2(mm)	l(mm)	A(%)	E(%)	Remark
<i>Fissidentalium</i>	<i>Fissidentalium yokoyamai</i>	61.5	2.4	11.5	2.2	63.1	3.90	14.74	
	<i>Fissidentalium</i> sp. A	20.8	1.8	1.7	0.8	23.1	8.65	9.90	
	<i>Fissidentalium</i> sp. B	59.7	1.8	9.9	2.1	61.8	3.02	12.62	
<i>Rhabdus</i>	<i>Rhabdus</i> sp. A	60.4	–	3.2	3.2	60.4	–	–	
	<i>Rhabdus</i> sp. B	53.6	–	3.1	3.1	53.6	–	–	

※ A: arcuation rate of shell = (h×100/ch), E: expansion rate of shell = ((d1–d2)×100/l), ch, h, d1, and d2 are in figure 2

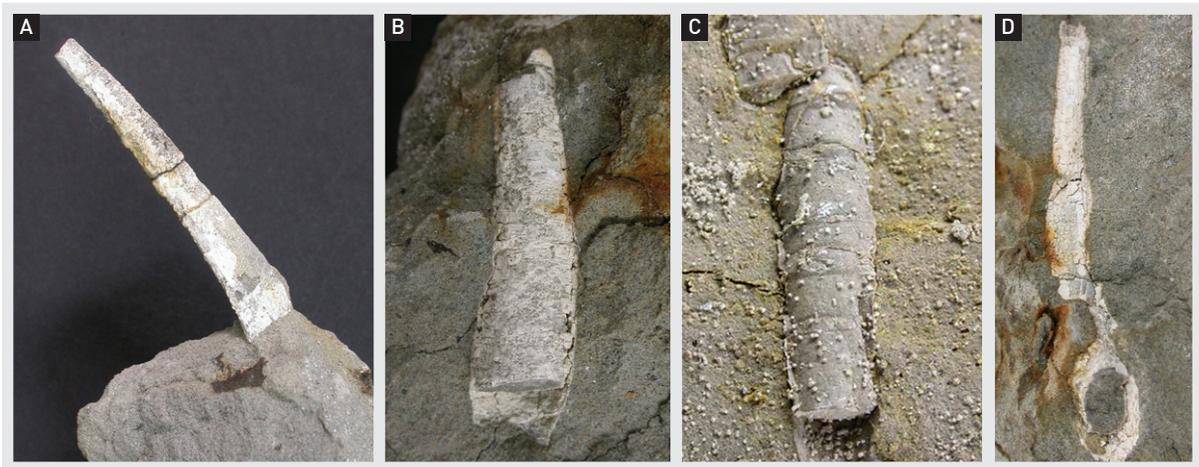


Fig.3 Three-dimensionally preserved scaphopod fossils found from the Hagjeon Formation. They are all preserved in gravelly coarse to medium sandstone and classified as *Fissidentalium yokoyamai* (A, B, D) and *Rhabdus* sp. A (C).

대부분의 *Fissidentalium* 종들은 학전층에서 발견되었으며 두호층에서는 5개체만이(*F.* sp. B) 발견되었다. *Rhabdus* 종은 패각의 표면구조에 있어서 *Fissidentalium* 종과 확연히 구분되는 종으로 국내에서는 아직 보고된 적이 없다.

Fissidentalium 종

*Fissidentalium*은 Dentaliida 목의 Dentaliidae 과에 속하는 것으로 본 연구에서 가장 많이 산출된 굴족류 화석이다. *Fissidentalium* 속 화석들은 일반적으로 부드럽게 휘면서 각정으로 갈수록 가늘어지며 단면이 둥근 형태를 띠는 패각이다(Habe, 1977). 또한, 패각의 표면에는 각구에서 각정까지 연결된 세로 줄무늬가 특징적으로 발달되어 있으며 간혹 희미한 가로 성장선이 관찰되기도 한다(Fig. 4B).

학전층과 두호층에서는 *Fissidentalium yokoyamai*를 비롯하여 종 구분이 다소 어려운 *F.* sp. A와 *F.* sp. B 등 3종이 발견되었으며 모든 개체는 *Fissidentalium* 속의 이러한 전반적인 특징을 나타내고 있어 속 구분에는 어려움이 없다. 특히 가장 많이 산출되는 굴족류 패각은 형태와 크기에서 *Fissidentalium yokoyamai* 종과 동일하다(Fig. 4C-1). 전체적인 각의 형태는 각정부에서 각구 방향으로 점점 굽어지는 원통형이며 등 쪽(dorsal side)으로 부드럽게 휘어지거나(Fig. 4C-E) 곧은(Fig. 4F-G) 모양을 하고 있다. 각의 표면에는 각구에서 각정까지 이어진 가늘고 긴 종륜(縱肋, longitudinal rib)이 24~30개 정도 발달되어 있으며 간륜(間肋, interstitial riblet)은 희미하고 종륜의 굽기는 대체로 일정하다(Fig. 4B). 각의 두께는 0.54mm 내외이나 화석화과정 동안 패각의 석회질 성분이 파괴되어 구분이 쉽지 않다(Fig. 4E). 패각의 단면은 원

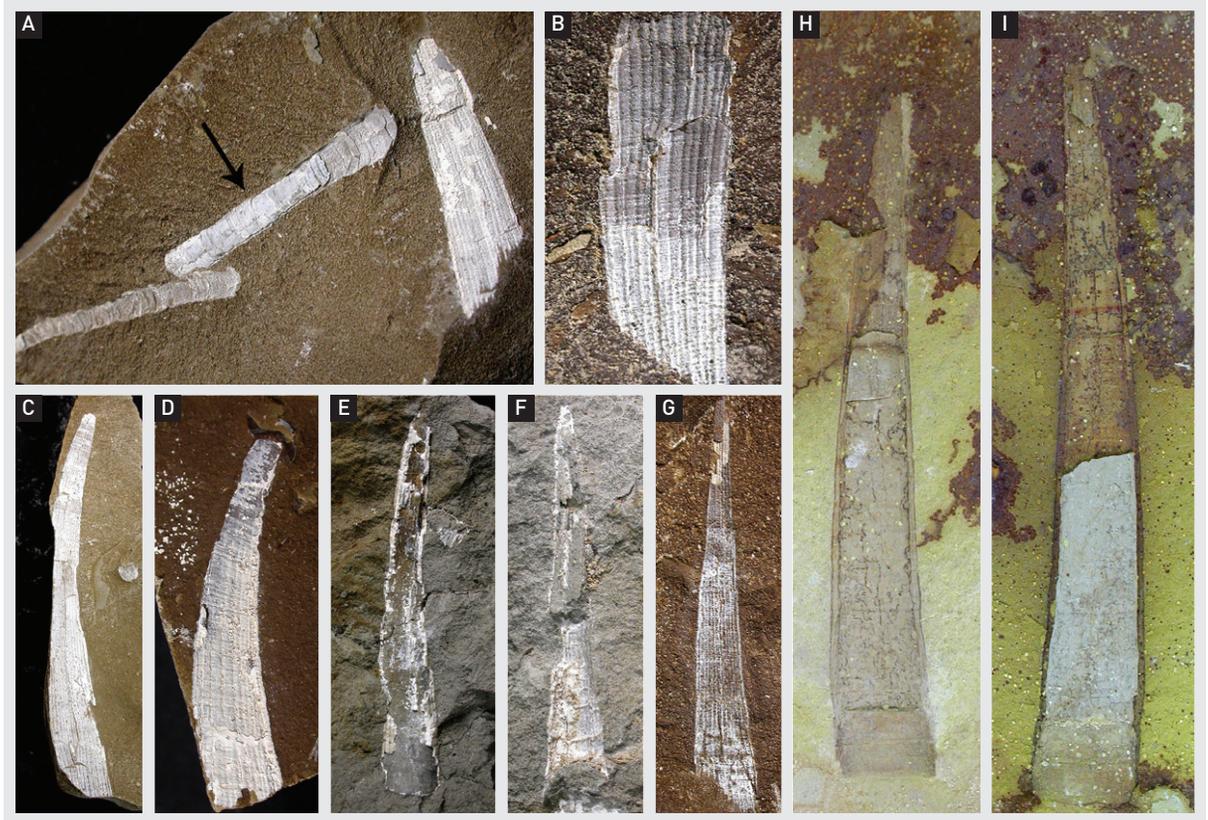


Fig. 4 Compressed specimens of *Fissidentalium yokoyamai* (A~G) and *Fissidentalium* sp. B (H, I), and *Rhabdus* sp. B (arrows in A). All the specimens of *F. yokoyamai* were found within the coarse to medium sandstone of the Hageon Formation while only two specimens of *Fissidentalium* sp. B were within the mudstone of the Duho Formation. Note that two species are clearly recognizable in both size and surface ornamentation.

형 내지 타원형이지만 타원형의 패각은 화석화과정 동안 압력에 의해 눌려서 변형된 것으로 판단된다(Fig. 3A, C, D). 또한 모든 개체에 대하여 패각의 길이와 각구를

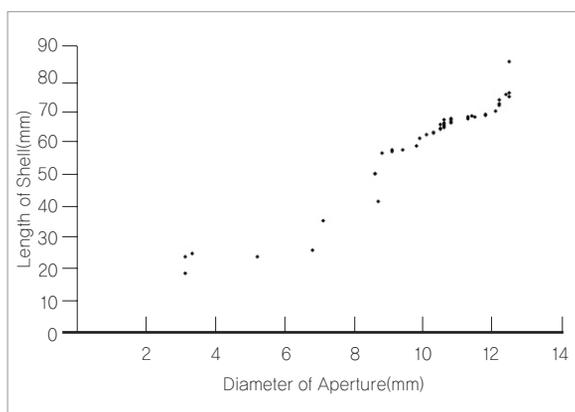


Fig. 5 Bivariate plot of length and aperture diameter of *Fissidentalium yokoyamai* found from the Hageon Formation, documenting an isometric growth of the species *Fissidentalium yokoyamai*.

좌표축에 대비한 결과는 *F. yokoyamai*의 패각은 등시성장(isometric)으로 모양이 형성되었음을 나타낸다(Fig. 5). 즉 *F. yokoyamai*는 패각의 길이가 각구 보다 조금 더 빨리 자라 현재의 패각 모양을 형성했음을 알 수 있다. 이러한 사실은 환경 요인들이 생물의 생리에 영향을 주듯이 굴족류 화석이 살던 당시의 환경적 요인들(예, 온도, 영양분, 염농도, 바람과 파도 등)이 패각의 성장에도 영향을 주었던 것으로 해석된다.

Fissidentalium yokoyamai 외에 *Fissidentalium* 속으로 판단되는 두 종(*Fissidentalium* sp. A, B)이 동정되었으나 이 개체들은 단면을 관찰할 수 없으며 표면의 특징들도 불완전하게 보존되어 종 수준의 분류는 어렵다. 하지만 전체적인 모양과 표면에 보존된 희미한 흔적들은 이들이 *Fissidentalium* 속과 유사하며 다만 크기에서 차이를 보인다. 특히 두호층에서 산출된 굴족류 화석은 등 쪽으로 부

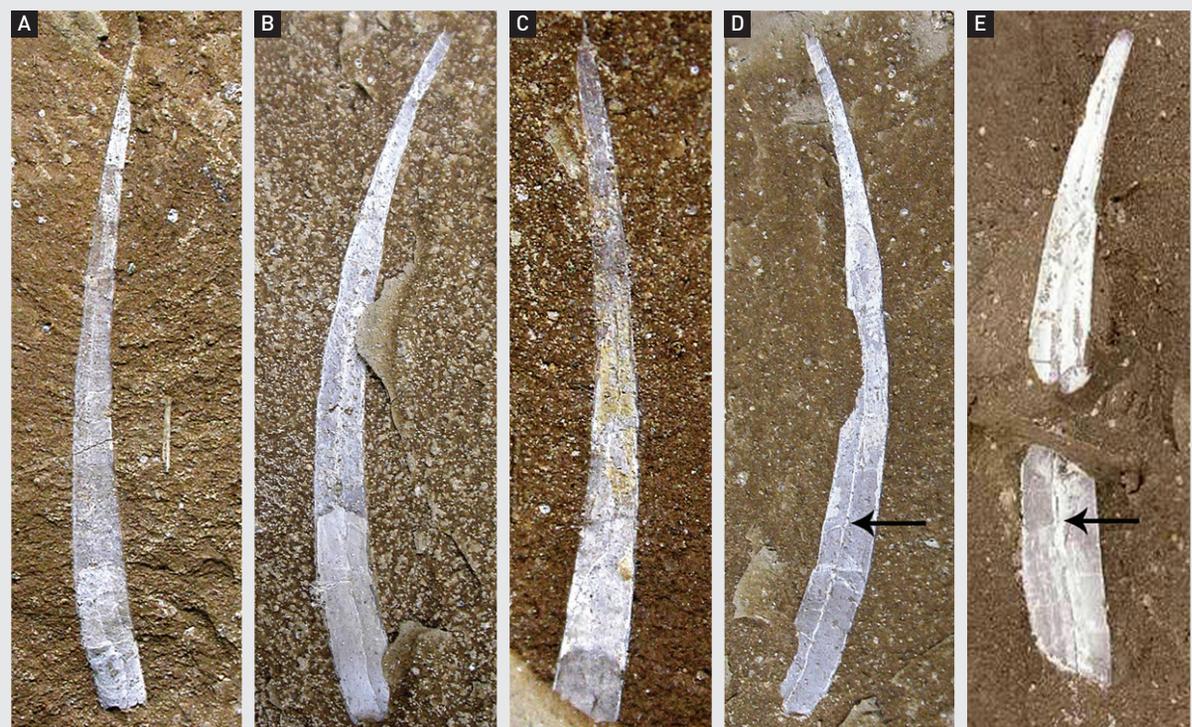


Fig.6 *Fissidentalium* sp. A from the Hageon Formation. The species is similar to *Fissidentalium yokoyamai* in general curvature and longitudinal sculpture but differ in small size and tapering and pointed tips. It seems to have a median line (arrow in D, E) but it is a breakage line formed when compressed.

드럽게 휘는 특징과 각정으로 가면서 가늘어지는 모양이 대체적인 *Fissidentalium* 속과 유사하나 그 크기가 매우 크고 표면 구조가 관찰되지 않기 때문에 *Fissidentalium yokoyamai* 종과는 상이한 종으로 판단되어 잠정적으로 *F. sp. B*로 분류하였다(Fig. 4H, I). 또한 *F. yokoyamai*와 유사한 형태를 보이지만 크기가 매우 작은 개체는 *F. sp. A*로 잠정 분류하였다(Fig. 6). 특히 *F. sp. A* 종은 각정 부분이 매우 뾰족하여 *F. yokoyamai*와는 상이하다. 이 종에서는 또한 특징적으로 패각의 중간 부분을 가로지르는 중심선(Fig. 6D, E arrows)이 관찰되는데 이는 원통형의 패각이 눌리면서 형성된 것으로 판단된다.

Rhabdus 종

*Rhabdus*는 *Dentallicha* 목의 *Rhadidae* 과에 속하는 것으로 패각의 두께가 매우 얇고 거의 직선형을 띠며 종록은 발달되어 있지 않고 대신 패각에 직각 방향으로 얇은 성

장선이 특징적으로 나타나는 굴족류 화석이다(Chistikov, 1975). 따라서 *Fissidentalium* 종과의 구분은 어렵지 않다. *Rhabdus* 종은 학전층에서 38 개체가 발견되어 2종(*R. sp. A, B*)으로 분류되었으나 대부분의 표본은 분류적 특징인 각구와 각정 부분이 파손되어 산출되기 때문에 종 단위의 분류는 어렵다(Fig. 7). 이 종은 두호층에서는 산출되지 않았다.

Rhabdus 화석 중에서 가장 많이 산출된 것은 *R. sp. A* 이다(Fig. 7). 화석의 패각은 매우 얇고 패각의 표면은 매끄럽다. 따라서 모든 화석은 등 쪽과 배 쪽의 패각 부분이 붙어있는 형태로 산출되며 패각의 표면에는 압력에 의해 패각이 눌리면서 형성된 얇은 선(Fig. 7F) 들이 패각에 직각으로 발달되어 있다. 이 종은 일반적인 다른 굴족류와는 달리 각정에서 각구까지 완전히 곧은 형태를 하고 있으며 각정에서 각구 방향으로 패각은 다소 넓어지지만($E = ca. 0.00\%$) 그 변화는 거의 미비하다(Fig. 7C). 따라서 패각의 휘어진 정도를 나타내는

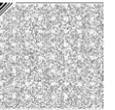


Fig.7 Scaphopod fossil *Rhabdus* sp. A from the Hagjeon Formation. The species is characterized by nearly straight shell and fine growth lines, and differ from the species of *Fissidentalium* in having no longitudinal sculptures. Very fine growth lines are well developed (H), and other invertebrate fossils are often found together (scallops and crabs in A and bivalves in E).

arcuation 값(A) 역시 0.00% 또는 매우 작은 값을 보인다 (*Fissidentalium yokoyamai*의 A = 3.90%). 또한 이 종의 가장 큰 특징 중 하나는 종특이 없이 얇고 촘촘하게 발달된 동심원상의 성장선(Fig. 7H)으로 이러한 특징은 다른 종에서는 관찰되지 않았다. 또한 이 종은 많은 경우 다른 패각 화석(집게류, 가리비 및 이매패류 화석)과 같이

산출되어 나타난다(Fig. 7A, E). *Rhabdus* sp. B로 분류된 굴족류 화석은 단 2개체만이 학전층에서 산출되었다(Fig. 4A arrow). 패각의 일반적인 특징은 *Rhabdus* sp. A와 매우 유사하나 표면에 발달된 동심원상의 성장선이 매우 뚜렷하며 각기 방향으로 오목한 것이 *Rhabdus* sp. A와는 판이하다.

Systematic Paleontology

All fossil specimens illustrated in this paper are collected from outcrops of Pohang 4th Industrial Complex area of the Hageon Formation and outcrops of Bukbu beach area of the Duho Formation. Sampling localities and collection numbers are provided for the type specimen, and all the fossils are temporarily deposited at paleontology lab of Kyungpook National University (PKNU).

Class Scaphopoda Bronn, 1862
 Order Dentaliida da Costa, 1776
 Family Dentaliidae Children, 1834
 Genus *Fissidentalium* Fischer, 1885
Fissidentalium ergasticum Fischer, 1985
Fissidentalium yokoyamai Makiyama, 1931
 Fig. 3A, B, D, and Fig. 4A-G

Materials : 50 specimens (Collection number PKNUSC 01-50)

Description : Both three dimensionally preserved and compressed specimens are found. Shell slightly curved (average of arcuation rate = 3.90%), straight shells also found, gradually tapering toward apex (average of expansion rate = 5.43%), shell thickness is ca. 0.54 cm, largest specimens 7.8 cm in length and 12.3 cm in anterior diameter, cross section circular or elliptical 12.3 mm at anterior diameter, 1.8 mm at posterior diameter. Surface sculptured by 24 to 30 longitudinal ribs and concentric growth lines, however growth lines are often vague, no interstitial riblet observed.

Remark : This species is found within the gravelly coarse sandstone and the fine mudstone beds, which indicates it may have lived in shallow to deep environments. Cross section of this species often show elliptical in shape. This does not seem to be original but probably due to compression during diagenesis.

Fissidentalium sp. A

Fig. 6A-E

Materials : 31 specimens (Collection number PKNUSC 51-81)

Type Specimens : The specimens illustrated in Fig. 6B and D is designated as type for this species; collection number is PKNUSC 51 for Fig. 6B and PKNUSC 52 for Fig. 6D.

Description : No three dimensionally preserved specimens, shell strongly curved (average of arcuation rate = 8.65%), no straight shells found, gradually tapering toward apex (average of expansion rate = 9.90%), characterized by very pointed tip, largest specimens 2.31 cm in length, cross section are not observed. Surface sculptured by faintly developed longitudinal striae, and no growth lines.

Remark : This species is found only within the fine sandstone beds of the Hageon Formation. General morphology is very similar to that of *Fissidentalium yokoyamai* but no other characters (e.g., surface structures and cross section of the shell) recognised, which leads to erect a temporarily unknown species, *Fissidentalium* sp. A. A median line is often detected in some specimens, however this is probably formed by breakage of shells when compressed because the line tends to end in the middle of shells.



Fissidentalium sp. B

Fig. 4H, I

Materials : 5 specimens (Collection number PKNUSC 82-86)

Type Specimen : The specimens illustrated in Fig. 4I is designated as type for this species; collection number is PKNUSC 82 for Fig. 4I.

Description : No three dimensionally preserved specimens, shell very slightly curved (average of arcuation rate = 3.02%), no straight shells found, gradually tapering toward apex (average of expansion rate = 12.62%), largest specimens 59.7 mm, cross section are not observed, anterior diameter 9.9 mm and posterior diameter 2.1 mm, smooth surface and no ornamentation.

Remark : Only a few specimens of this species (5 specimens) are found only within the mudstone beds of the Duho Formation. General morphology is very similar to that of *Fissidentalium yokoyamai* but no other characters (e.g., surface structures and cross section of the shell) recognised, and characterized by exceptionally large size, which leads to erect a temporarily unknown species, *Fissidentalium* sp. B.

Family Rhabdidae Chistikov, 1975

Genus *Rhabdus* Pilsbry & Sharp, 1897

Rhabdus sp. A

Fig. 7A~H

Materials : 38 specimens (Collection number PKNUSC 87-124)

Type Specimens : The specimens illustrated in Fig. 7B, C are designated as type for this species; collection number is PKNUSC 87 for Fig. 7B, and PKNUSC 88 for Fig. 7C.

Description : No three dimensionally preserved specimens, shell nearly straight, no straight shells found, shells very thin and fragile with smooth surface, weakly tapering toward apex (average of expansion rate = 0.00%), largest specimens 6.5 cm in length and 3.2 cm in diameter, either cross section or longitudinal ribs are not observed, but characterized by very fine, closely placed growth lines.

Remark : This species is only found within the medium to fine sandstone beds of the Hageon Formation. General characteristics of this species fit well to diagnosis of the genus *Rhabdus* Pilsbry & Sharp, 1897 but no other characters (e.g., surface structures and cross section of the shell) recognised, which leads to erect a temporarily unknown species, *Rhabdus* sp. A. More or less regularly spaced cross lines vertical to shell length are breakage lines formed when compressed.

Rhabdus sp. B

Fig. 4A

Materials : 2 specimens (Collection number PKNUSC 125-126)

Type Specimen : The specimen illustrated in Fig. 4A is designated as type for this species; collection number is PKNUSC 125 for Fig. 4A.

Description : Shell nearly straight or very weakly curved, weakly tapering toward apex (average of expansion rate = 0.00%), largest specimens 53.6 mm in length and 3.1 mm in diameter, either cross section or longitudinal ribs are not observed, but characterized by closely spaced, convex to apex growth lines.

Remark : Only two specimens are found from the Hageon Formation, Except for concentric growth lines, no other features (e.g., cross section) are visible, and thus we temporarily classified this species as *Rhabdus* sp. B.

토의

국내의 굴족류 화석에 대한 연구는 다른 화석에 비해 극히 미약한 수준이다. 1976년 최초로 보고된(Yoon, 1976) 이후 김해의 패총(이연규와 윤선, 1992)과 제주도의 서귀포층(최성자, 1998)에서 보고된 것이 전부이다. 이러한 굴족류 화석들도 대부분이 다른 연체동물의 연구에 수반된 부수적인 보고이며 매우 적은 수의 굴족류 화석만이 보고되었다. 따라서 이들에 대한 화석의 기재 또한 다소 미흡하다. 본 연구에서 발견된 대부분의 굴족류 화석들도 잠정적으로 미분류 종(*Fissidentalium* sp. A, B; *Rhabdus* sp. A, B)으로 분류하였다. 이는 기존의 연구와 마찬가지로 굴족류 화석의 개체수가 미흡하고 보존상태가 우수하지 않기 때문이다. 하지만 가장 큰 요인은 안타깝게도 굴족류 화석의 국내 전문가가 없기 때문이다.

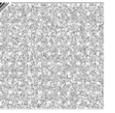
최근 들어 많은 화석들이 발굴, 보고되고 있으며 이러한 화석은 문화재적 가치와 동시에 학술적 가치를 지닌다. 발굴된 화석은 우선적으로 전문가에 의한 연구를 통해 정확한 종명(species name)이 부여되어야 한다. 하지만 종명을 부여하는 것은 전문적 지식과 시간을 요구하며 발굴된 화석의 전문가인 경우에도 쉽지 않다. 다양한 분야의 고생물 전공자가 부족한 국내의 실정은 더욱 그러하다. 하지만 국내의 몇몇 화석들은(특히 보존 정도가 우수한 화석) 문화재적 가치에만 치중한 나머지 발굴 직후 정확한 학술적 연구 없이 종명을 부여하고 문화재로서 지정되는 경우가 있다. 예를 들어 2000년 3월 천연기념물 제413호로 지정된 일명 “문곡리 스트로마톨라이트”는 이러한 예를 극명하게 보여준다. 최근의 연구(공달용과 이성주, 2009)는 천연기념물 제413호가 스트로마톨라이트가 아닌 머드마운드(mud mound)일 가능성을 제시하여 천연기념물 제413호의 명칭 제고를 제안하였으며, 이러한 예는 인류의 문화재인 화석에 대한 정확한 연구와 올바른 종명 부여의 중요성을 상기시키기에 충분하다.

결론

1. 포항 제 4산업단지 인근의 학전층과 포항 북부 해수욕장 인근의 두호층에서 총 126개체(학전층 121개체, 두호층 5개체)의 굴족류 화석이 산출되었으며 이들은 총 2속 5종(*Fissidentalium yokoyamai*, *F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B)으로 분류되었다.
2. *Fissidentalium* 속과 *Rhabdus* 속의 종들은 패각의 외부 형태(curved vs. straight)와 표면 구조(longitudinal ribs vs. growth lines)가 판이하여 구분이 용이하며 가장 우세하게 산출된 종은 *Fissidentalium yokoyamai*이다. 이 외의 다른 종들은 개체수가 적고 분류에 중요한 형태가 파손되어 미분류 종(*F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B)으로 분류하였다.
3. *F. yokoyamai*의 패각은 등시성장(isometric)의 패턴을 보이며 패각의 길이가 각구보다 조금 더 빨리 자라 현재의 패각 모양을 형성하였다. 이는 굴족류 화석이 살던 당시의 환경적 요인들이 패각의 성장에도 영향을 주었던 것으로 해석된다.
4. 굴족류 화석은 납작하게 눌린 것과 입체적으로 보존된 두 형태가 발견되었다. 입체적으로 보존된 화석은 퇴적당시 내부가 퇴적물로 채워져서 압력에 의해 눌림 현상을 방지 할 수 있었다고 판단되며 납작하게 눌린 화석은 퇴적당시 패각이 비어 있었기 때문에 압력에 의해 눌러서 보존된 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 국립문화재연구소의 「한반도 지질 다양성 조사 및 화석산지 연구(NRICH-1205-A23F)」에 의해 수행되었다. 화석 채취에 많은 도움을 준 경북대학교 고생물학 연구실 대학원생들에게 깊은 감사를 드리며 논문을 세심하게 심사하여 주신 심사위원님들께 감사드립니다.



참고문헌

- 공달용, 이성주, 2009, 천연기념물 제413호 영월 문곡리 스트로마톨라이트에 대한 고찰. 45, 711-723.
- 국립문화재연구소, 2008, 고생대 미화석산지 연구 보고서. 국립문화재연구소, p.146.
- 김덕환, 이성주, 2011, 포항분지 연일층군의 학전층과 두호층에서 산출된 가리비 화석. 지질학회지, 47, 235-244.
- 문화재청, 2009, 포항장량지구 고래뼈 화석 발굴 조사 보고서. 대한주택공사 대구 경북지역본부, 한국지질고생물학연구회, p.34.
- 이연규, 윤선, 1992, 김해 수가리패총의 연체동물 화석 군집에 관한 고찰. 지질학회지, 28, 335-341.
- 전희영, 이호영, 최성자. 1986, 문경탄전지역의 층서, 고생물학 연구. 한국동력자원연구소 연구보고서. KR-86-2-15.
- 최덕근, 황현아, 2004, 최근 20년간(1984~2003) 한국 고생물학 경향 연구. 한국고생물학회 창립 20주년 기념 책자, 1-35.
- 최성자, 1998, 한국의 화석 제1권 신생대 연체동물. 한국자원연구소, p.132.
- Choi, D.K., Park, G.H. and Kim, D.H., 1994, Tremadocian trilobites from the Mungog Formation, Yeongweol area, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 10, 209-226.
- Chung, C.H. and Koh, Y.K., 2005, Palynostratigraphic and palaeoclimatic investigations on the Miocene deposits in the Pohang area, South Korea. Review of Palaeobotany and Palynology, 135, 1-11.
- Gottsche, G., 1886, Geologische Skizze von Korea. Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 36, 857-873.
- Habe, T., 1977, Systematics of Mollusca in Japan : Bivalvia and Scaphopoda. Zukan-no-Hokuryukan, Tokyo, 372 p. (in Japanese)
- Ingle, J.C. Jr., 1975, Summary of late Paleogene-Neogene stratigraphy, paleobathymetry and correlations, Philippine Sea and Sea of Japan region. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 31, 837-855.
- Jeong, E.K., Kim, K., Suzuki, M. and Kim, J.W., 2009, Fossil woods from the Lower Coal-bearing Formation of the Janggi Group (Early Miocene) in the Pohang Basin, Korea. Review of Paleobotany and Palynology, 153, 124-138.
- Jung, S.-H. and Lee, S.-J., 2009, Fossil Winged fruits of Fraxinus (Oleaceae) and Liriodendron (Magnoliaceae) from the Duho Formation, Pohang Basin, Korea. Acta Geologica Sinica. 83, 846-852.
- Kim, B.K., 1965, The stratigraphic and paleontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea. Seoul University Journal Science and Technology Series, 15, 32-121.
- Kim, J.Y., 1991, The occurrence of the trace fossil Thalassionoides from the Seoguipo Formation, Jeju Island, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 7, 26-31.
- Kim, J.Y., Kim, K.S. and Pickerill, R.K., 2002, Cretaceous nonmarine trace fossils from the Hasandong and Jinju Formations of the Namhae Area, Kyongsangnamdo, Southeast Korea. Ichnos, 9, 41-60.
- Kim, K.H., Doh, S.J., Hwang, C.S. and Lim, D.S., 1993, Paleomagnetic study of the Weonil Group in Pohang Basin. Journal of the Korean Institute of Mining Geology, 26, 507-518.
- Lee, B.S., Seo, K.S. and Lee, H.Y., 1991, Conodonts from the lower Dumugol shale (Lower Ordovician) of the Cheungsan-Sabuk area, Jeongseon-gun, Kangweon-do. Journal of the Paleontological Society of Korea, 7, 63-75.
- Lee, D.-S., 1987, Geology of Korea. Kyohaksa, Seoul. p.514.
- Lee, H.Y., 1982, Neogene foraminifera from southern part of Euichang area. Report on Geosciences and Mineral Resources, KIGAM, 13, 19-34.
- Lee, Y.G., 1986, Micropaleontological study of Neogene Strata of southeastern Korea and adjacent Sea Floor. Journal of the Paleontological Society of Korea, 2, 83-113.

- Lee, Y.G, 1988, Neogene paleotemperature oscillations in the Pohang Basin, Korea. *Journal of Korean Earth Science Society*, 9, 203–216.
- Lee, Y.N. and Jeong, K.S., 2002, A new Cretaceous dinosaur nesting site of South Korea. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22, 78A.
- Lee, Y.N., Yu, K.M. and Wood, C.B., 2001, A review of vertebrate faunas from the Gyeongsang Supergroup (Cretaceous) in South Korea. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 165, 357–373.
- Makiyama, J., 1931, Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Totom. *Memoirs of the College of Science, Imperial University of Tokyo*, 7, 1–53.
- Pilsbry, H.A. and Sharp, B., 1897, *Manual of Conchology: structural and systematic. Vol. XVII. Scaphopoda. Aplacophora. Index to genera and subgenera, volumes II to XVII.* Philadelphia. p.348.
- Pojeta, Jr. J., 1987, Class Scaphopoda. In: Boardman, R.S., Cheetham, A. H., and Rowell, A. J. (eds.), *Fossil Invertebrates.* Blackwell Scientific Publication, Cambridge, 380–386.
- Ryu, E., Lee, S.-J., Kong, D.-Y. and Kim, J.-Y., 2008, Paleoenvironmental studies of the Korean peninsula inferred from diatom assemblages. *Quaternary International*, 176–177.
- Seong, M.N., Kong, D.-Y., Lee, B.J. and Lee, S.-J., 2009, Cenozoic Brittle Stars (Ophiuroidea) from the Hageon Formation and the Duho Formation, Pohang Basin, Korea. *Korea Society of Economic and Environmental Geology*, 42, 367–376. (in Korean)
- Tateiwa, U., 1924, Geological atlas of Chosen, no. 2, Eunnichi, Kyuryuho and Choyo sheets and explanatory tes. Geological Survey Government, Chosen (Korea), p.6.
- Um, S.H., Lee, D.W. and Bak, B.S., 1964, Explanatory text of the geological map of Pohang sheet (scale. 1:50,000): Seoul, South Korea, Geological Survey of Korea, p.38.
- Yoon, S., 1975, Geology and Paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 11, 187–214.
- Yoon, S., 1976, Geology and Paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 12, 63–78.
- Yun, C.S., 2002, Faunal and Biogeographical characteristics of the Ordovician cephalopods from Korea. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Band 57, 555–569.
- Yun, H., 1986, Emended stratigraphy of the Miocene formations in the Pohang Basin, Part 1. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 2, 54–69.
- Yun, H., Lee, H.K. and Song, S., 1995, Basic volcanic rocks in the Pohang Basin and its stratigraphic and petrogenetic implications. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 11, 125–145.



MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 45, No. 1, March 2012, pp.218~231
Copyright©2012, National Research Institute of Cultural Heritage

Fossil Scaphopods from the Hageon Formation and the Duho Formation, the Cenozoic Pohang Basin, Korea

Kong, Dal Yong^a · Lee, Seong Joo^b

^aNatural Heritage Center, National Research Institute of Cultural Heritage

^bDepartment of Geology, Kyungpook National University

Received : 2012. 01. 31 · Revised : 2012. 02. 10 · Accepted : 2012. 02. 21

ABSTRACT

A total of 126 fossil scaphopods (121 specimens from the Hageon Formation and 5 specimens from the Duho Formation) were found from the Cenozoic strata, Hageon and Duho Formations, Pohang Basin, Korea. Five species belonging two genera (*Fissidentalium yokoyamai*, *F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B) were classified: the most dominant species is *Fissidentalium yokoyamai*. The species of *Fissidentalium yokoyamai* is characterized by curved shell (accuracy=3.90%) and very closely spaced longitudinal ribs on shell surfaces, while the species of *Rhabdus* is a nearly straight shell characterized by concentric growth lines without longitudinal ribs. Identification of two genera is somewhat easy due to such morphological differences but classification at generic level is hard because diagnostic features (e.g., cross section and apical structure) are lost in the most specimens. Consequently, except for *Fissidentalium yokoyamai*, the rest were classified temporarily as *F.* sp. A, B, and *Rhabdus* sp. A, B. Two types of preservation state were recognized: one is three-dimensionally preserved specimen (3D specimen) and the other is compressed specimen. Internal parts of the 3D specimen is filled with clastic sediments identical to the surrounding sediments of the shells, which is not observed in the compressed specimens. It is, thus, concluded that the 3D fossils were originally empty but internal cavity were immediately filled with the sediments, which may have protect from the compaction due to pressure during deposition of the gravelly to coarse sandstone of the Hageon Formation.

Key Words Scaphopods, Hageon, Duho, Cenozoic, Pohang