

<Short Note>

충북 제천시 청풍면에서 산출된 무척추동물 화석군에 대한
재고찰: 예비 보고

이승배

한국지질자원연구원

요 약

제천시 청풍면 일대의 소위 조선누층군 “대석회암통”에서 발견되는 완족동물 패각과 바다나리 줄기 골편들을 바탕으로 청풍 지역에 분포하는 변형된 탄산염암층은 오르도비스기 지층으로 알려져 왔다. 동일 지역의 추가 화석조사 결과, 완족동물 패각과 바다나리의 줄기 골편 이외에도 우리나라에서는 보고된 바 없는 바다꽃봉오리류(극피동물)의 줄기 골편과 바다나리류에 속하는 것으로 추정되는 몸통 골편들(the cal plates)을 비롯하여 삼엽충 화석이 발견되었다. 이 연구에서 기재된 화석군은 부유물 섭식자가 우세하며, 바다나리의 줄기 골편과 Asaphida목에 속하는 삼엽충 화석이 산출된다는 점은 이 화석군이 포함되는 청풍면 일대 탄산염암층의 연대가 오르도비스기부터 실루리아기까지일 가능성을 지시한다. 향후 청풍 지역에 대한 고생물학적 연구는 태백산분지 최서단 지역에 분포하는 퇴적층들의 지질시대와 층서 정립 그리고 고환경 복원 연구에 기여할 것으로 기대된다.

주요어: 태백산분지, 조선누층군, 바다나리류, 바다꽃봉오리류, 지질시대

Seung-bae Lee, 2020, Reconsideration on the invertebrate fossil fauna from Cheongpung-myeon, Jecheon City, Chungcheongbuk-do, Korea: a preliminary report. *Journal of the Geological Society of Korea*. v. 56, no. 5, p. 605-617

ABSTRACT: The deformed carbonate strata of the "Great Limestone Series" of the Joseon Supergroup in Cheongpung area, Jecheon, Korea are known to yield brachiopods and crinoid columnals. Based on the fossil occurrence, the age of the deformed strata was regarded as the Ordovician. The newly recovered fossil assemblage from the same area consists of blastozoan (echinoderm) columnals, possible crinoid thecal plates, and trilobite sclerites in addition to the brachiopods and crinoid columnals, indicating that the suspension feeders are dominant. The known stratigraphical range especially of the Asaphida, a trilobite order to which the trilobite specimens are assigned, suggests that the age of the deformed carbonate strata may be extended into the Silurian. More detailed paleontological studies of the fossil assemblage should improve our understanding of stratigraphy and paleoecology of the sedimentary strata at the western end of the Taebaeksan Basin.

Key words: Taebaeksan Basin, Joseon Supergroup, crinozoan, blastozoan, geologic age

(Seung-bae Lee, Geological Museum, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 34132, Republic of Korea)

1. 서 론

화석기록은 지층의 퇴적 시기와 퇴적 환경, 지층들의 퇴적 순서를 유추할 수 있게 한다는 점에서 퇴적분지의 형성과 진화 역사, 고지리 등을 연구하는

데 필수적인 요소이다. 캄브리아기 Series 2로부터 오르도비스기 중기의 Darriwillian절까지 퇴적활동이 이루어진 것으로 알려진 태백산분지의 조선누층군에서 오르도비스기 후기를 지시하는 코노돈트의 보고(Lee, 2019), 지질시대에 대한 논란이 끊이지 않

* Corresponding author: +82-42-868-3141, E-mail: sblee@kigam.re.kr

는 옥천층군에서의 식물화석의 보고(Lim *et al.*, 2005, 2006, 2007) 등은 한반도의 지질과 그 역사에 대한 이해를 증진시키는데 있어 고생물학적 자료의 중요성을 단편적으로 제시한다.

태백산분지의 조선누층군은 태백, 영월, 용탄, 평창, 문경층군(Choi, 1998a), 또는 크게 태백, 영월, 문경층군으로 구분된다(Choi, 2014; Choi *et al.*, 2016). 영월 지역의 영월층군은 삼엽충 조사 결과를 통해 복잡한 층상단층 구조가 비교적 상세히 이해되어 영월층군의 생층서 뿐만 아니라 암층서까지도 새로이 정립된 바 있다(Lee, 1995; Choi, 1998a; Kim and Choi, 2000). 그에 비해 옥천변성대와 인접한 단양 및 제천 지역은 영월층군의 연장이라고 여겨지나, 지층의 변형이 심하여 암층서가 모호하고 화석의 산출도 극히 희박하여 층서 정립은 물론 전형적인 영월층군 또는 태백층군과의 대비에도 어려움이 많다(Choi, 1998b).

제천시 청풍면에서는 조선누층군에 해당하는 소위 “대석회암통”과 옥천층군이 접하는데(Lee and Park, 1965), 청풍면 일대의 조선누층군에서 완족동물의 패각과 바다나리(해백합) 줄기 골편 화석의 산출이 보고되어 왔다(Lee, 1997; Chough *et al.*, 2006). 이 화석들이 오르도비스기를 지시한다고 언급된 바 있

나, 고생물학적으로 연구된 바 없다.

이미 알려진 청풍 지역의 화석 산지에서 화석 표본들을 추가로 채집한 결과 과거 연구와 같이 세부 동정이 어려운 완족동물 패각들과 바다나리의 줄기 골편들(columnals) 외에도 우리나라에서 처음 발견된 바다꽃봉오리류(Subphylum Blastozoa)의 줄기 골편, 바다나리류(Subphylum Crinozoa)로 추정되는 몸통 골편(thecal plate), 보존상태가 불량한 삼엽충 골격 등이 발견되었다. 이 연구는 청풍 화석군에서 이미 알려졌던 완족동물 패각 및 바다나리 줄기 골편 화석과 함께 새로이 발견된 극피동물의 골격 요소들과 삼엽충을 소개하고, 이 화석군의 지질학적 함의와 향후 추가 연구 가능성에 대해 고찰하고자 한다.

2. 지질 개요, 화석 산지, 연구 방법

화석이 산출된 지역은 충청북도 제천시 청풍면에 포함되며 서쪽으로 옥천층군과 접하는 조선누층군 분포 지역의 가장 서쪽 부분에 해당한다(그림 1a, 1b). 화석산지를 포함하는 청풍면 남부 지역(이하 청풍 지역)의 탄산염암층은 주로 담회색의 괴상, 층상 및

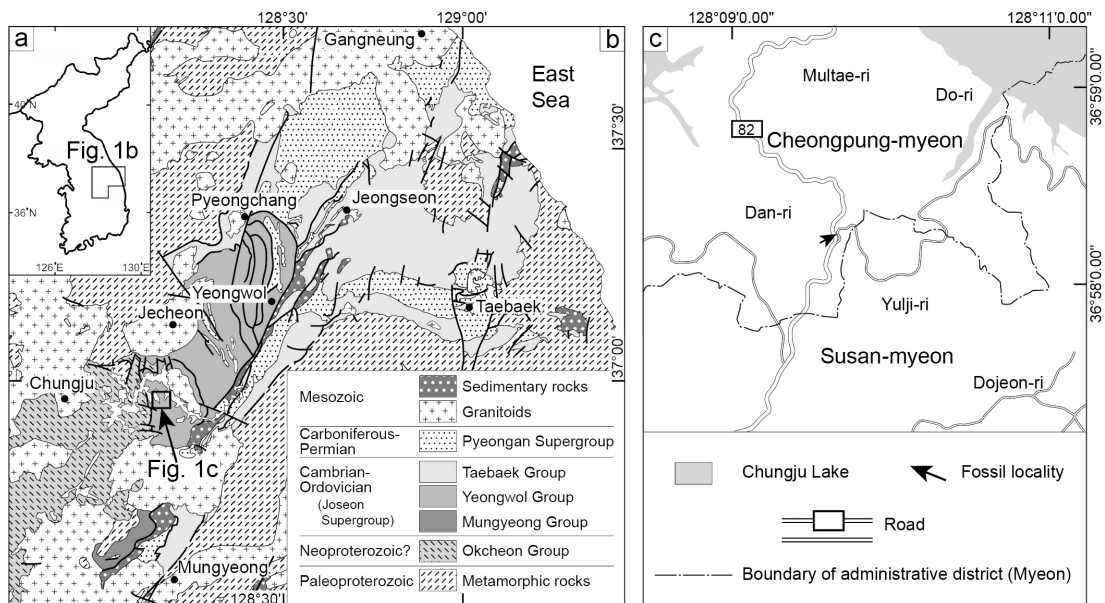


Fig. 1. Maps showing the location of study area and fossil locality. (a) Map of the Korean Peninsula showing the location of the Taebaeksan Basin. (b) Simplified geologic map showing distribution of the Joseon Supergroup and the location of study area (modified from Choi *et al.*, 2016). (c) Fossil locality (E128°09'38.05", N36°58'16.92").

엽층리상 석회암, 돌로스톤, 또는 석회암과 셰일의 교대층 등으로 이루어져 있는데 지층의 변형이 심하고 추적이 어려워 지층의 구분과 층서에 대해서는 다음과 같이 이견이 많다.

청풍 지역은 1:50,000 황강리도폭(Lee and Park, 1965)에서 “대석회암통”이 분포하는 것으로 기재되었다. Lee and Park (1965)은 “대석회암통”을 하부로부터 돌로마이트층, 석회암층, 석회규산염암층, 고운리층으로 구분하고 황강리도폭 동쪽의 영춘 및 단양도폭 지역의 지질과 대비하여 이 지층들을 오르도비스기 지층으로 간주하였다. Lee (1997)은 청풍 지역에 분포하는 조선누층군을 하부로부터 고명리층, 신리층, 연론리층, 덕산리층으로 세분하였다. 한편, 돌로스톤이 우세한 고명리층에서 최초로 완족동물 패각과 바다나리 줄기 파편을 발견하고 그 화석 조합을 근거로 고명리층의 지질시대를 오르도비스기로 제안하였으나 화석을 기재하거나 동정하지는 않았다. Choi (1998a)은 영월형 조선누층군(Kobayashi *et al.*, 1942; Kobayashi, 1966)을 영월층군으로 재명명하였다. 그러나 분포상 영월층군의 남서측 연장부로 이해되는 제천 지역의 조선누층군은 변성퇴적암류가 탄산염암층과 교호하고 있기 때문에 전형적인 영월층군과의 대비가 어렵다고 하였다. Kihm and Kim (2003)은 청풍 지역의 지층을 하부로부터 도리층, 신리층, 고명리층, 단리층으로 구분하고 이들을 묶어 청풍층군이라 명명하였다. Chough *et al.* (2006)은 청풍 지역의 조선누층군 탄산염암층을 크게 하부의 돌로스톤층과 상부의 석회암층으로 구분하면서 오르도비스기를 지시하는 완족동물, 바다나리 줄기, 해면동물 등이 관찰된다고 보고한 바 있다. 이와 같은 선행연구들의 결과를 종합하면 청풍 지역의 탄산염암층은 조선누층군의 연장으로 이해되고 있으나 영월층군과의 퇴적·층서학적 연관성은 판단하기 어려운 상황이다. 또한 지층의 구분이 명확하지 않음에도 불구하고 세밀한 고생물학적 연구 없이 탄산염암층의 지질시대를 오르도비스기로 간주하고 있다.

이 연구에서 기재한 화석이 산출된 지점의 정확한 위치는 그림 1c와 그 설명문에 표시하였다. 이 화석 산지는 Lee and Park (1965)의 대석회암통 석회암층, Lee (1997)과 Kihm and Kim (2003)의 고명리층, Chough *et al.* (2006)의 석회암층(JL01지점)에 해당한다.

화석이 산출된 암석은 대체로 층리가 뚜렷이 구분되지 않는(crudely bedded) 탄산염암으로서 얇은 이질암 층이 교호하기도 한다(그림 2a). 각 탄산염암 단위층의 두께는 대체로 15 cm 이내이다. 이 중 화석이 산출되는 부분은 탄산염암 단위층들의 두께가 약 3 cm 내외로 얇은 구간이다. 화석들은 적절히 풍화된 층리면에서 관찰되며, 알려진 바와 같이 주로 완족동물의 패각과 바다나리의 줄기 골편들이 발견된다(그림 2b). 화석을 포함하고 있는 암석의 박편을 편광현미경으로 관찰하면 돌로마이트 기질에 방해석의 극피동물 화석 파편들과 석영으로 치환된 완족동물 패각이 흩어져 있는 양상을 보인다(그림 2c, 2d). 돌로마이트 기질과 방해석 파편들은 약 80% : 20% 비율로 분포하여, 화석이 산출되는 구간의 암상은 재결정된 석회질 돌로스톤이다. 기질이 원래 석회질 이암이었다고 가정하면 와케스톤(wackestone)에 해당한다(Dunham, 1962).

노두의 규모가 작아 향후 지속적인 연구를 위해 노두상 화석의 채취는 지양하고 노두 앞에 자연적으로 풍화되어 부서진 암석 더미에서 화석을 포함한 암석 표본들을 채취하였다. 실내에서 부드러운 칫솔을 사용한 물세척을 통해 표면의 이물질을 일차적으로 제거한 후 실체현미경 하에서 침핀을 이용해 화석 표면의 퇴적물 또는 풍화 잔류물들을 제거하였다. 화석을 포함하는 암석의 표면은 검은색 만년필 잉크로 도색한 후 산화마그네슘으로 코팅하였다. 화석의 관찰은 실체현미경 Leica EZ4, 사진 촬영은 Canon EOS 6D 카메라와 Canon EF 100 mm F2.8L Macro IS USM 렌즈로 수행하였다.

각 암석 표본은 우점한 분류군 또는 보존상태가 양호한 화석 집단에 따라 극피동물, 완족동물, 또는 절지동물 표본으로 구분하여 화석코드(KIGAM-9xx)를 부여하였다. 화석을 포함하는 암석 표본 총 45개를 채집하였으며, 이는 극피동물 암석 표본 28개(9J65~9J92), 완족동물 암석 표본 16개(9D35~9D50), 절지동물 암석 표본 한 개(9H356)로 구분되었다. 모든 표본은 한국지질자원연구원 지질박물관에 보관 중이다. 삼엽충이 포함된 암석 표본을 제외하고 대부분의 암석 표본에는 완족동물 패각과 극피동물 파편 화석들이 공존한다. 하나의 암석 표본에 다수의 화석 표본이 포함될 경우 코드 뒤에 알파벳 소문자를 붙여 구분하였다(예: KIGAM-9J68a).

3. 바다꽃봉오리류(blastozoan)와 바다나리류(crinozoan) 화석의 일반 형태

극피동물문(Phylum Echinodermata)은 호말로조아류(Homalozoa), 바다나리류(Crinozoa), 불가사리류(Asterozoa), 성게류(Echinozoa) 등의 아문(subphylum)으로 구분되어 왔다(Ubaghs, 1967a). 그러나 최근에는 바다꽃봉오리강(Class Blastoidea), 에오크리노이드강(Class Eocrinoidea), 롬비페라강(Class Rhombifera) 등의 분류군들을 바다나리아문과 구분하여 바다꽃봉오리아문(Subphylum Blastozoa)으로 분류하고 있으며, 대부분 고착성 극피동물인 바다꽃봉오리류는 캄브리아기에 등장하여 폐름기에 절멸한 것으로 알

려져 있다(Sprinkle, 1973). 바다나리류와 바다꽃봉오리류는 대부분 줄기(stalk 또는 stem)와 관부(crown 또는 head)로 구성되고 악부(theca 또는 calyx)가 여러 종류의 다각형의 몸통 골편으로 이루어졌다는 점에서 외형상 서로 유사하다(그림 3a, 3b). 악부를 구성하는 다각형 판들(예: basal, radial판 등)의 종류, 개수, 배열 등이 분류의 핵심이 되는 특징이다.

바다꽃봉오리류는 섭식구조인 보대(ambulacrum)가 팔까지 연장된 바다나리류와 달리 보대가 악부의 radial판에 크게 발달하였다(그림 3b). 또한 바다꽃봉오리류는 관부를 구성하는 팔(brachiole)이 분지하지 않는다는 점에서 바다나리류와 분류학적으로 큰 차이를 보인다(그림 3b). 이 분지되지 않는 바다

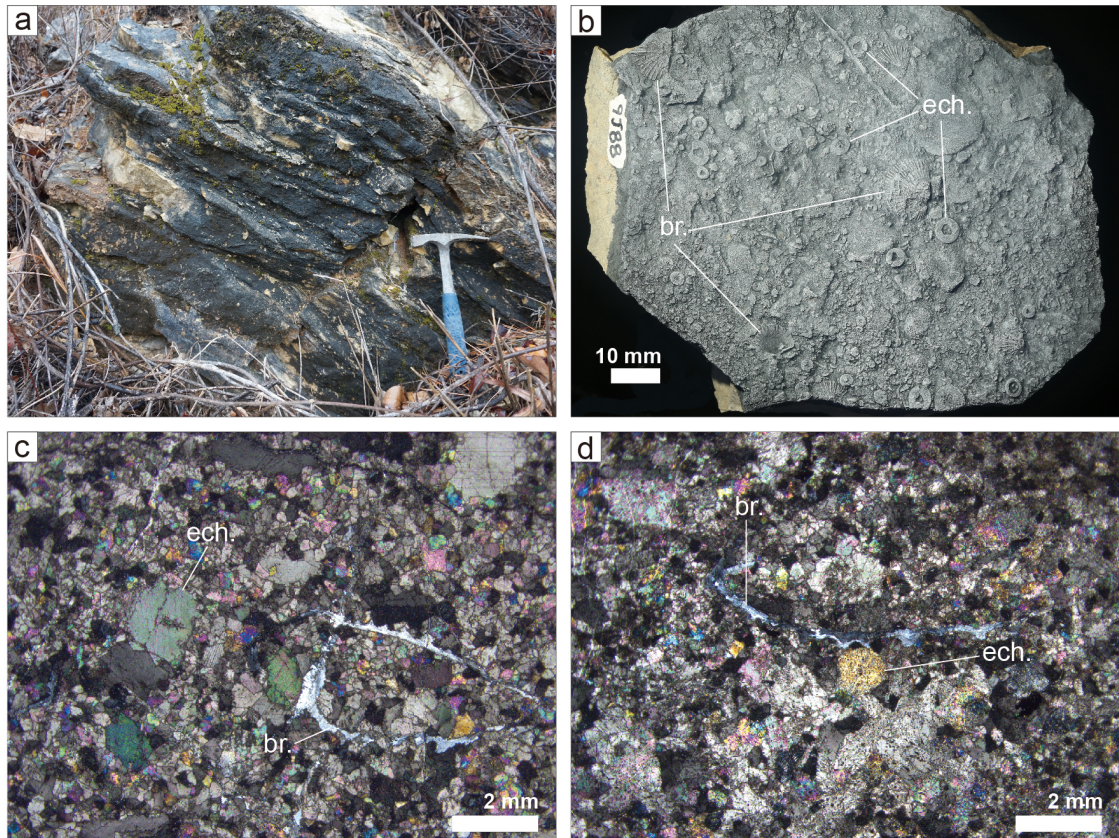


Fig. 2. Photographs showing outcrop and fossil occurrence. (a) Outcrop where the studied invertebrate fossils were embedded; the outcrop is composed of crudely bedded calcitic dolostone; fossiliferous interval roughly coincides with the location of the hammer; hammer for scale is 26 cm in length. (b) One of the observed rock specimens (reg. no. KIGAM-9J88), coated with magnesium oxide, representing relatively well-preserved fossil assemblage of brachiopod shells and echinoderm debris. (c-d) Cross-polarized photomicrographs of two different fossil-bearing rocks showing calcite grains with stronger interference color and brachiopod shells replaced by quartz. Abbreviations: br.=brachiopod shells, ech.=echinoderm columns.

꽃봉오리의 팔을 완돌기(brachioles)라 부른다.

바다꽃봉오리류나 바다나리류의 줄기는 모두 기둥 부분(column)과 고착근 부분(holdsfast 또는 rootlets)으로 구분된다. 두 종류 모두에서 기둥은 공통적으로 비슷한 형태의 줄기 골편들이 중첩되어 있다(그림 3a, 3b). 바다꽃봉오리류의 줄기 골편을 기술하는 별도의 용어는 없으므로 화석기재를 위해 바다나리 줄기 골편의 일반적 형태를 예로 들어 용어를 설명하고자 한다(그림 3c, 3d).

줄기 골편의 평면적 형태는 대개 원형, 타원형, 혹은 오각 별형(quinquestellate)이며 하나의 골격으로 이루어져 있다(그림 3c, 3d). 일부 바다나리류의 분류군에서는 줄기 골편 하나가 다섯 조각의 골편으로 이루어지기도 한다. 두 개의 줄기 골편이 접하는 면을 articulum 또는 facet이라 부른다. 이 면은 인접한 줄기 골편과 맞물리는 기능을 하는 외곽의 주름 무늬 또는 요철구간(crenularium)과 그 안쪽의 다소 평평한 areola로 이루어진다(그림 3c, 3d). Crenularium은 방사상의 홈(crenellae)과 능선(culmina)으로 이루어지며 crenellae와 culmina를 합해 crenulae라 부른다. 줄기 골편의 중앙에는 내강(lumen)이라 불리는 공동이 있는데 접합된 줄기 전체로 보면 상하로 길게 뻗은 axial canal이 형성된다. Areola와 내

강은 주로 원형이지만 일부 바다나리류에서는 평면상 오각 별형을 띠기도 한다(그림 3d).

4. 화석 기재

Phylum Brachiopoda

Subphylum Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer, and Popov, 1996

Class Rhynchonellata Williams, Carlson, Brunton, Holmer, and Popov, 1996

Order Orthida Schuchert and Cooper, 1932

Suborder Orthidina Schuchert and Cooper, 1932

4.1 ?Orthidine fam. gen. et sp. indet. (그림 4a~4c)

산출: 35개 암석 표본에 보존상태가 불량한 약 100개의 패각

기재: 복각(ventral valve)은 약간 볼록하며(weakly convex) 외곽선은 반원형(semicircular)에 가깝다. 측정 가능한 복각의 크기는 폭 6~13 mm, 길이 4~10 mm 범위를 보이며, 경첩선(hinge line) 부근에서 최대폭을 보인다. 각정(umbo)은 약간 부풀어 있고 미약하게 발달한 부리(beak)가 뒤를 향하고 있다.

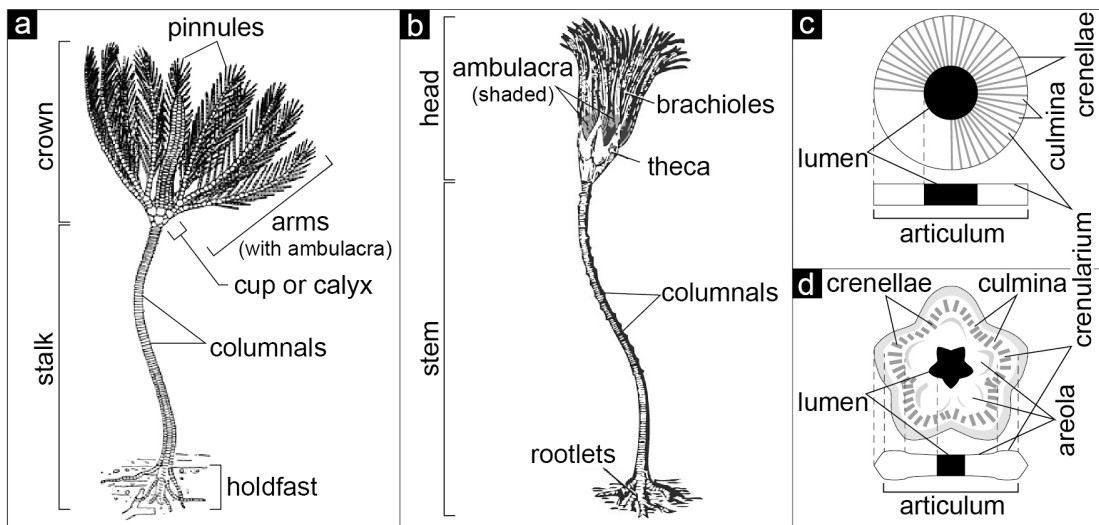


Fig. 3. Generalized morphology of stalked echinoderms. (a) Crinozoan with morphological terms of body parts (modified from Ausich, 1998). (b) Blastozoan with morphological terms of body parts (modified from Bauer, 2018, fig. 1). (c) Circular columnal with circular lumen and wide crenularium having fine crenulae (modified from Ubaghs, 1978, fig. 59). (d) Quinquestellate columnal with star-shaped lumen, areola, and narrow crenularium having coarse crenulae (modified from Ubaghs, 1978, fig. 55).

후면중앙부(posteromedian region)의 각도는 아래 쪽으로 기운 apsacline 상태이다. 관절의 좌우 끝(cardinal extremities)은 다소 뭉툭한 편이다. 이음매(commisure)는 매끄럽다. 패각의 표면은 총 40~70 개의 ribs로 장식되어 있다; 20~40개의 coatae, costa와 costa 사이에 한 개 또는 두 개의 costellae를 가지며, costellae는 costa로부터 분기하는 ramicostellate형이다. 성장선(growth lines)이 등성등성 분포하는데, 각정에 가까울수록 비교적 촘촘해진다.

배각(dorsal valve)은 매우 약하게 볼록하며 외곽선은 아사각형(subquadrate)이다. 측정 가능한 배각의 크기는 폭 5~12 mm, 길이 3~8 mm 범위를 보이며 길이의 중앙부터 경첩선까지 최대폭이 유지된다. 각정은 다소 평평하다. 중앙에 미약하게 한 개의 sulcus가 발달하였다. 약 20개의 costae 사이로 소수의 costellae가 미약하게 발달한 ramicostellate형이다. 성장선은 잘 보이지 않는다.

토의: Rhynchonellata강의 패각은 크기, 외형, 볼록한 정도, 굴곡형태(sulcus와 fold), 후면중앙부(posteromedian region)의 구조, 복각과 배각의 접합 관계, 관절의 형태 및 구조 등 다양한 특성에 의해 분류된다. 청풍 화석군의 패각들은 대부분 분절된 상태의 파편상 또는 일부분만 보존된 복각이며, 소수의 배각이 파편상으로 산출된다. 패각의 일부분이 기질에 묻혀있거나 깨져있고, 구조적 변형을 받은 것들도 많다. 그럼에도 불구하고 복각 화석들이 보이는 특징들은 모두 동일하고, 배각 화석들은 크기 범위와 표면 장식 구조에서 복각과 유사하다. 따라서 잠정적으로 청풍 화석군의 완족동물 화석들은 모두 단일 종의 패각인 것으로 판단된다.

비교적 크기가 작은 패각, 모두 미약하게 볼록한 복각과 배각, 가로로 발달한 경첩선, 비교적 얇고 촘촘히 발달한 방사상의 rib구조, 뭉툭한 cardinal extremities, 배각 중앙에 하나만 발달한 sulcus, apsacline형 복각 등은 Orthida목의 일반적인 형태이며, orthides는 하부 캄브리아계부터 상부 페름계까지 산출된다(Williams and Harper, 2000).

보존상태로 인해 아목 이하 수준에서 분류하기는 어렵다. 그러나 복각의 가로 세로 길이 비율, 볼록한 정도, ramicostellate 상태의 rib의 개수 등이 *Orthidiella* (Williams and Harper, 2000, fig. 539, 1d) 또는 *Nothorthis* (Williams and Harper, 2000, fig. 537, 7a, 7b)와 유

사하다. 이 두 속은 서로 다른 과에 속하지만 모두 Orthidina아목에 속하므로, 청풍 완족동물 패각을 이 아목에 잠정적으로 귀속하였다. Orthidina아목은 하부 캄브리아계에서 하부 데본계까지 산출된다고 알려져 있다(Williams and Harper, 2000).

태백산분지에서는 이미 orthides가 보고된 바 있다. 조선누층군 태백층군 화절층의 *Eoorthis shakuotunensis* (Kobayashi, 1935, pl. 1, figs. 4~8, 22~23)와 두무골층의 *Eoorthis* (?) *saishoensis* (Kobayashi, 1934a, pl. 3, figs. 15~18)는 다소 발달한 부리(beak)와 사각에 가까운 외곽선, 뾰족한 cardinal extremities를 가지고 있다. 역시 화절층에서 보고된 *Shiragia biloba* (Kobayashi, 1935, pl. 1, figs. 14~21)는 원형에 가까운 외곽선과 비교적 볼록한 패각을 가지고 있다. 직운산층과 두위봉층에서 보고된 *Orthis nipponica* (Kobayashi, 1934b, pl. 1, fig. 15, pl. 2, figs. 9~19)는 costellae 없이 도드라지게 발달한 costae가 20개 이하이다. 막골층에서 보고된 *Pomatotrema shinsonensis* (Kobayashi, 1934a, pl. 3, figs. 6~9)는 각정이 뾰족하고, 복각의 후면중앙부 각도가 수직에 가깝다. 영월층군 문곡층의 *Apheoorthis orientalis* (Kobayashi, 1960, pl. 12, fig. 2)와 *Apheoorthis* (?) sp. indt. (Kobayashi, 1960, pl. 12, figs. 3~4)는 배각에 뚜렷한 sulcus가 없으며 rib의 수가 많고 성장선이 도드라지게 발달하였다. 복각은 보존상태가 불량하나 매우 볼록한 편이다(Kobayashi (1960)는 배각을 복각으로, 복각을 배각으로 기술하였다). 한편, 영월-태백지역의 평안누층군에서는 석탄기(Moscovian)의 *Rhipidomella*가 보고되었는데(Lee et al., 2010, fig. 6), 패각이 아난형(subovate) 내지 아삼각형(subtriangular)이고 각정이 부풀어 있는 대신 나머지 부분은 다소 평평한 것이 특징이다. 이들 모두 청풍 완족동물과 형태적으로 상이하다.

이 밖에도 영월층군 와곡층에서는 *Eoorthis* (?) sp. indt. (Kobayashi, 1960, pl. 12, figs. 5~6), 문곡층에서는 *Pomatotrema* (?) sp. (Kobayashi, 1960), 영흥층에서는 *Orthids* (Kobayashi, 1966)가 기록되었으나, 이들은 사진이 제시되지 않았거나 보존상태가 불량하여 비교할 수 없다.

Phylum Echinodermata

Subphylum Blastozoa Sprinkle, 1973

4.2 바다꽃봉오리류 줄기 골편(그림 4d~4h)

산출: 19개 암석 표본에 보존상태와 크기가 다양한 총 55개 이상의 표본

기재: 평면상 외곽은 원형이며 지름은 2~5 mm이다. 두께(높이)는 지름의 약 1/8 이하이다. 대부분 전체 면이 articulum이나, 소수의 표본에서 내강에 인접한 얇은 areola가 보인다(그림 4f). Crenularium은 방사상의 촘촘한 홈(crenellae)과 융기부(culmina)로 이루어져 있다. Crenellae는 50~60개 정도이다. 내강(lumen)은 삼각형 또는 삼엽형(trilobate)이며, 내강의 지름 또는 폭은 표본에 따라 줄기 골편 지름의 40~65%를 차지한다.

토의: 바다꽃봉오리류 줄기 골편에 대한 연구는 많지 않으며 줄기 골편의 형태만으로는 강(class) 수준 이하의 분류는 불가능하다. 그러나 삼각형 또는 삼엽형의 내강을 가진 줄기 골편은 초기 바다꽃봉오리류(Subphylum Blastozoa)의 특징으로서(Sprinkle and Wahlman, 1994, figs. 6.12, 6.16~6.18), 원형 또는 오각 별형 내강을 보이는 바다나리류(Subphylum Crinozoa)의 줄기 골편과 구분된다.

Subphylum Crinozoa Matsumoto, 1929
Class Crinoidea Miller, 1821

4.3 바다나리류 줄기 골편(그림 4i~4l)

산출: 35개 암석 표본에 보존상태와 크기가 다양한 총 150개 이상의 표본(소수의 접합된 표본 포함)

기재: 평면상 원형이며 지름은 1 mm 이하에서 약 5 mm이다. 두께(높이)는 대개 지름의 약 1/5 내외이며 몇 개의 줄기 골편들이 접합된 상태로 산출되는 경우도 있다(그림 4i). 대부분 areola는 없이 전체 면이 articulum이지만 일부 내강이 작은 골편에서는 좁은 areola가 보이기도 한다(그림 4k). Crenularium은 방사상의 촘촘한 홈(crenellae)과 융기부(culmina)로 이루어져 있다. Crenellae는 30~80개 정도이다. 작은 표본의 경우 열 개 이내의 다소 넓은 crenellae를 보이기도 한다(그림 4j). 내강(lumen)은 원형이며, 내강의 지름 또는 폭은 표본에 따라 줄기 골편 지름의 10~80%를 차지한다.

토의: 지름이 비슷한 줄기 골편 중에 내강이 원형인 것과 삼각 또는 삼엽형인 것들이 공존한다. 한편 바다나리 줄기 골편의 내강 형태는 대부분 원형이지

만, 타원형, 사각형 또는 사각 별형, 오각형 또는 오각 별형인 것들도 있다고 알려져 있다(Ubaghs, 1978, p. T74). 바다꽃봉오리류의 내강이 삼각 또는 삼엽형이므로, 청풍 화석군에서 원형 내강을 가진 줄기 골편들은 바다나리류에 귀속시킨다.

관찰된 바다나리의 줄기 골편들은 지름의 범위와 내강 폭의 비율 범위가 넓고, 표본에 따른 crenellae 개수의 변이도 크다. 청풍 화석군에 다양한 종류의 바다나리류가 포함되었을 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 바다나리는 성장 과정에서 줄기의 종적(longitudinal) 위치에 따라 골격 형태의 분화가 일어나므로 한 종 또는 한 개체에 속하는 줄기 골편들이라도 다양한 형태를 띌 수 있기 때문에(예: Le Menn, 1987), 줄기 골편의 형태적 다양성이 종 다양성을 직접 지시한다고 볼 수는 없다.

?Subphylum Crinozoa Matsumoto, 1929

4.4 바다나리류(?) 몸통 골편(그림 4m~4q)

산출: 열 개 암석 표본에 약 80개의 표본

기재: 대부분 육각형이지만 오각형인 것도 있다. 장축의 길이는 1~3 mm 정도이다. 능선구조의 유무에 따라 크게 두 가지로 구분된다. 다각형의 꼭짓점 또는 변을 향해 뻗은 3~4개의 능선구조가 있는 골편은 이웃한 두 변 또는 세 변에 직선형의 홈들이 각 변마다 3~10개 정도 평행하고 촘촘하게 파여 있어 마치 빗살(comb teeth)과 같은 형태를 보인다(그림 4m~4o). 직선형 홈들의 길이는 0.12~0.65 mm 범위이고 폭/길이 비율은 0.1 내외이며, 변의 중심부에서 가장 길고 꼭짓점 쪽으로 갈수록 짧아진다. 능선구조가 없거나 미약한 판들의 경우, 이웃한 세 변 내지 다섯 변에 짧고 굵은 직선형 또는 V형의 홈들이 하나씩 파여 있다(그림 4p, 4q). 이 굵은 홈들의 길이는 약 0.1 mm 내지 0.5 mm이며, 폭/길이는 0.25~1의 비율을 보인다.

토의: 일반적이지는 않으나 바다나리강에 속하는 일부 분류군의 몸통 골편 가장자리에는 직선형(simple) 또는 분지형(branched)의 관절 간 도관(interarticular canals) 구조가 보고된 바 있다(Ubaghs, 1978, p. T205~T211). 이 도관구조가 판의 내부 표면까지 이어질 경우 이들을 sutural pore라고 부르기도 한다. 위에서 기술한 몸통 골편들의 홈은 그 깊이가 충분히 깊

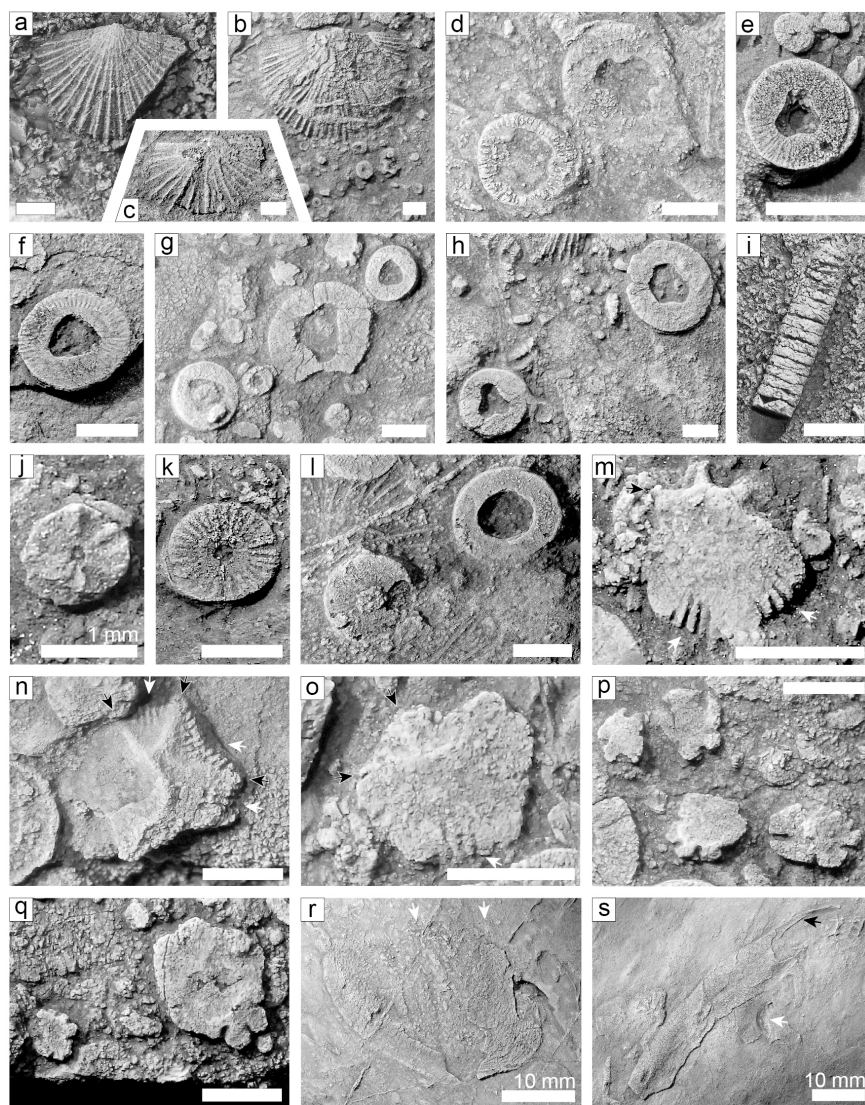


Fig. 4. Representative fossil specimens described in this study. (a-c) brachiopod shells: (a) partially broken ventral valve (KIGAM-9D44a) on recrystallized dolomite matrix; (b) broken ventral valve with adjacent small crinoid columnals (KIGAM-9J88bb); (c) slightly deformed unisulcate dorsal valve (KIGAM-9D45a). (d-h) blastozoan columnals: (d) KIGAM-9J87i (left) and KIGAM-9J87h (right) with relatively large trilobate lumen; (e) KIGAM-9J69e; (f) KIGAM-9J69c showing triangular lumen and narrow areola; (g) KIGAM-9J88jjj (lower left) and KIGAM-9J88eee (upper right) having triangular lumen, KIGAM-9J88iii (middle) having trilobate lumen, associated with small crinoid columnals; (h) KIGAM-9J88aa (lower left) and KIGAM-9J88y (upper right) showing difference in trilobate lumen shape. (i-l) crinoid columnals: (i) articulated columnals (KIGAM-9D41h); (j) small specimen (KIGAM-9J65q) with a few crenellae; (k) KIGAM-9J66p having small circular lumen and narrow areola; (l) KIGAM-9J83a (left) and KIGAM-9J83b (right) showing variation of lumen size. (m-q) thecal plates of possible crinozoan: (m) KIGAM-9J66e showing ridges (black arrow) and sutural pores (white arrows); (n) KIGAM-9J86f showing ridges (black arrows) and sutural pores (white arrows); (o) KIGAM-9J88z showing ridges (black arrows) and sutural pores (white arrow); (p) KIGAM-9J88hhh and KIGAM-9J88ggg (two upper left), KIGAM-9J88fff and KIGAM-9J88ddd (lower middle and right respectively); (q) KIGAM-9J88m (lower left), KIGAM-9J88n (right). (r-s) trilobite sclerites: (r) dorsal surface of pygidium (KIGAM-9H356a) showing traces of axial furrows indicated by arrows; (s) ventral surface of librigena (KIGAM-9H356b) with broken genal spine, anterior facial suture (black arrow), and eye socle (white arrow). Scale bars are 2 mm wide, otherwise indicated in the photos.

어 판의 바깥 면으로부터 안쪽 면까지 부분적으로나마 연결되는 pore의 형태로 보인다. 빗살구조의 sutural pore를 보이는 몸통 골편들(그림 4m~4o)은 미국 동부의 중기 오르도비스기 *Palaeocrinus planobasalis* Brower and Veinus, 1974와 유사하다(Ubaghs, 1978, p. T209). 한편, 각 변에 홈이 하나씩 파인 몸통 골편들(그림 4p, 4q)의 경우 미국의 석탄기 층에서 보고된 *Peteriocrininae*아과에 속하는 몇몇 종의 anal sac plate들과 매우 유사하다(Ubaghs, 1978, p. T207, fig. 175).

이 연구에서는 청풍 화석군의 몸통 골편들을 잠정적으로 바다나리류로 분류하였다. 관찰된 극피동물 줄기 골편의 수량을 단순 비교했을 때 바다나리의 줄기 골편의 개수가 바다꽃봉오리류의 줄기 골편에 비해 약 세 배 많다. 따라서 골격 파편이 보존될 확률이 분류군에 관계없이 비슷했을 것이라고 가정하면, 바다나리류의 몸통 골편들이 상대적으로 많이 보존되었을 가능성이 높기 때문이다. 그러나 sutural pore를 가진 몸통 골편은 바다꽃봉오리류에 속하는 *Eocrinoidea*강에서도 흔히 관찰되며(Ubaghs, 1967b, p. S465), 바다꽃봉오리류의 줄기 골편들과 엄연히 공존하기 때문에 이 몸통 골편들이 바다꽃봉오리류의 골격일 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. *Eocrinoidea*강은 캄브리아기 초기부터 실루리아기 지층에서 보고되었다(Ubaghs, 1967a).

우리나라에서도 바다꽃봉오리류에 속하는 몸통 골격이 보고된 바 있는데 Kobayashi (1935)는 태백층군 화절층에서, Kobayashi (1960)는 영월층군 문곡층에서 Class *Cystoidea*에 속하는 몸통 골편을 보고하였다. 그러나 이 화석들은 중심에서 방사상으로 뻗은 강한 능선구조와 그 사이의 강한 V형 홈(grooves)을 보여 청풍 화석군의 몸통 골편과 확연히 구분된다.

Phylum Arthropoda

Class Trilobita Walch, 1771

Order Asaphida Fortey and Chatterton, 1988

4.5 Asaphide fam. gen. et sp. indet. (그림 4r, 4s)

산출: 꼬리(pygidium) 1, 유리볼(librigena) 1

기재: 꼬리는 대체로 반원형이며 매우 미약하게 볼록하다. 부서진 부분을 감안할 때 꼬리의 가로 폭은 약 30 mm, 축 방향의 세로 길이는 약 22 mm로

추정된다. 중심축(axis)의 폭은 꼬리 가로 폭의 약 30%를 차지하며 길이방향으로는 posterior border에 닿는다. Axis와 pleural field는 미약하게 볼록하며(weakly convex), axial, pleural, and interpleural furrows는 관찰되지 않는다. Axial furrow는 얇다. Posterior border는 약간 오목하며(concave), border는 furrow가 아닌 표면의 경사 변화로 인지된다. Doublure의 폭은 약 4 mm 정도이며, 표면에는 손금 형태의 terrace lines이 부분적으로 관찰된다.

유리볼은 대체로 평평하다. 부러진 볼침(genal spine)을 고려한 축방향 길이는 약 40 mm로 추정되며, 가로 폭도 약 40 mm이다. Lateral border는 약간 오목하고(concave), 폭은 약 4 mm로 대체로 균일하다. Doublure의 폭은 약 8.5 mm 정도이다. Eye socket은 초승달형이며, 축방향으로 길이는 약 5.5 mm이고, cranidium의 중앙보다 약간 뒤쪽에 위치하고 있다. Genal field의 뒷부분 각(angle)을 통해 facial suture는 opisthoparian형임을 알 수 있다.

토의: 불완전한 꼬리와 유리볼 화석 각 한 점씩으로는 정확한 동정 및 분류가 불가능하다. Cranidium도 발견되지 않아 꼬리와 유리볼이 같은 분류군에 속하는지도 알 수 없다. 화석 수량이 적고 보존상태가 불량한 제약에도 불구하고, 꼬리와 유리볼의 넓고 오목한 border와 넓은 doublure, 꼬리 axis가 뒤로 갈수록 좁아지는 정도와 전체 꼬리에서 차지하는 너비의 비율, 얇은 axial furrow 등은 특히 Superfamily Asaphacea, Cyclopygacea, 또는 Dikelocephalacea 등 Asaphida목의 삼엽충들이 보여주는 일반적인 특징이다(Fortey and Chatterton, 1988).

5. 청풍 화석군의 의의

5.1 산출 위치

청풍 화석군은 이제까지 알려진 조선누층군의 화석산지 중 가장 서쪽에서 발견되었다는 데 일차적인 중요성이 있다. 청풍 화석산지는 옥천층군의 서창리층과 “대석회암통”의 경계로부터 동쪽으로 단지 약 3.5 km 떨어져 있다. 탄산염암 퇴적층들이 구조적으로 다소 심하게 변형되어 있음에도 불구하고 다수의 화석들이 산출된다는 사실은 비슷한 변형 정도를 보이는 인근 퇴적층에서도 향후 추가로 화석을 발견할 수 있다는 가능성을 제시한다. 또한 화석들이 파편

상으로 산출되지만 개개의 화석들이 최소한의 분류학적 특징들을 인지할 수 있는 수준의 보존상태를 보인다는 사실은 앞으로 추가 화석 발굴을 통해 이제까지 알려졌던 것보다 더 많은 고생물학적 정보를 획득할 수 있는 가능성을 보여준다.

5.2 화석 조합

우리나라에서 극피동물의 발견 보고 또는 그들에 대한 연구는 다른 무척추동물 화석 분류군들(taxa)에 비해 상당히 미미한 편이다. 포항분지에서 발견된 거미불가사리와 성계류 화석을 제외하고는 태백산분지에서만 드물게 극피동물 화석이 보고되었다. 바다나리강의 줄기 골편은 청풍 화석군을 제외하고 조선누층군 두위봉층(Kobayashi, 1966)과 평안누층군(Yoshimura, 1940; Chang, 1991; Yang *et al.*, 1984)에서 보고되었다. 최근에는 태백층군 직운산층에서 거의 온전한 상태로 보존된 바다나리의 관부(crown) 화석들이 보고된 바 있다(Park *et al.*, 2019). 영월층군 문곡층과 태백층군 동점층, 두무골층에서는 호말로조아아문에 속하는 스타일로포라(Class Stylophora) 화석들이 보고되었다(Lee *et al.*, 2004, 2005, 2006). 한편, 현재 바다꽃봉오리아문으로 분류되는 Cystoidea강의 줄기 또는 몸통 골편 화석들이 태백층군의 캄브리아기 후기 화절층과 오르도비스기 초기 두무골층, 영월층군의 오르도비스기 초기 문곡층에서 파편상으로 산출된다고 보고된 바 있다(Kobayashi, 1934, 1935, 1966), 그러나 줄기 골편의 경우 명확한 사진 또는 자세한 설명이 제시되지 않았다.

이 연구에서 새로이 보고한 삼각형 또는 삼엽형의 내강을 가진 줄기 골편들은 우리나라에서 최초로 인지된 명확한 바다꽃봉오리류의 줄기 골편이다. 한편 몸통 골편들은 Kobayashi가 보고한 cystoid 바다꽃봉오리류의 그것들과는 확연히 다르며, 일부 바다나리류 또는 eocrinoid 바다꽃봉오리류의 몸통 골편과 유사성을 보인다. 어떤 경우라도 이 연구에서 기재한 바다꽃봉오리류의 줄기 골편과 바다나리류로 잠정 귀속한 몸통 골편들은 이제까지 우리나라에서 보고되지 않았던 새로운 종류의 화석이며, 과거 태백산분지에 다양한 종류의 극피동물이 서식했음을 증명한다.

한편 청풍 화석군은 삼엽층 화석을 포함한 한 개

의 암석 표본을 제외하고 대부분 극피동물 골편들과 완족동물 패각의 조합을 보인다. 완족동물과 극피동물은 모두 부유물섭식자(suspension feeder)로서, 최초로 기재된 청풍 화석군은 부유물섭식자가 우세한 화석 조합을 나타낸다. 고생대 중기 및 후기에 번성했던 바다나리 생물초, 고생대 또는 현생의 산호초와 같이 부유물섭식자들은 특수한 생태적 환경을 구성하는 경우가 많다. 청풍 화석군은 특정 지질시대, 태백산분지 내 특정 지리적 위치에서의 고생대 및 고환경 복원 연구에 기여할 수 있는 잠재성을 내재하고 있다.

5.3 지질시대

앞서 기재한 분류군들의 지질시대 분포는 다음과 같다: 바다나리강(Class Crinoidea)은 오르도비스기부터 현생까지(Ubaghs, 1967a; Lefebvre *et al.*, 2013); Orthida목의 완족동물은 캄브리아기 전기부터 페름기 후기까지(Williams and Harper, 2000); 바다꽃봉오리아문(Subphylum Blastozoa)은 캄브리아기 초기부터 페름기 중기까지(Ubaghs, 1967a); Asaphida목에 속하는 삼엽층은 캄브리아기 중기부터 실루리아기까지(Fortey, 1990).

따라서 이 연구에서 기초적으로 분류된 완족동물, 극피동물, 삼엽층 분류군들의 지질시대 분포를 종합하면, 특히 Asaphida목에 속하는 삼엽층의 산출로 인해, 청풍 화석군의 지질시대는 오르도비스기부터 실루리아기까지로 확장될 가능성이 높다. 향후 추가적인 표본들을 바탕으로 화석들이 과(family) 내지 속(genus)의 낮은 수준에서 분류될 수 있다면 지질시대를 더 정확히 정의할 수 있을 것이다. 특히 삼엽층은 생층서학적으로 비교적 세밀한 대비가 가능한 화석이므로 삼엽층 표본의 추가 발굴이 중요하다.

6. 결 론

단순히 오르도비스기의 완족동물과 바다나리 줄기 화석 조합으로 알려졌던 체천 청풍 지역의 화석군은 이 연구를 통해 완족동물, 바다나리류, 바다꽃봉오리류, 삼엽층 등 다양한 분류군을 포함하며, 그 지질시대는 오르도비스기부터 실루리아기까지의 범위 내에서 재정의될 수 있음이 확인되었다. 이제까지 청풍 지역에서 발견된 화석들의 보존상태는 이들

을 정확히 동정하고 기술하기에 충분하지 않지만, 추가적으로 보존상태가 양호한 화석 표본의 획득이 가능할 것으로 예상된다. 옥천층군에 인접한 변형된 조선누층군 분포 지역에서의 고생물 연구는 이 지역에 분포하는 지층의 지질시대를 밝히는데 결정적 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

과거 고생물학적으로 주목받지 못했던 이 지역에서 향후 화석 정보가 축적된다면 태백산분지 가장 서쪽 지역에 분포하는 퇴적층들의 층서 및 지질시대 정립뿐만 아니라 이들과 전형적인 조선누층군의 대비, 고환경 복원 등을 바탕으로 태백산분지 전체에 대한 이해도를 제고할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 연구는 한국지질자원연구원 주요사업 과제인 “지질자원 표본·기초학술연구와 선도형 R&D 정책/성과확산 연구(GP2020-008)”의 지원으로 수행되었다. 화석 탐사를 도와주신 홍발 박사(KIGAM), 암석 관찰과 기재에 도움을 주신 윤동섭 연구원(KIGAM), 화석 채집과 완족동물 분류를 도와주신 이상민 박사(호주 University of Wollongong)께 감사드립니다. 또한 논문 심사과정에서 유익한 조언과 지도를 해주신 이동찬 교수님과 익명의 심사위원님께도 감사드립니다.

REFERENCES

- Ausich, W.I., 1998, <http://www.tolweb.org/Crinoidea/19232> (September 14, 2020).
- Bauer, J.E., 2018, Fossil Focus: Blastoids. *Palaeontology Online*, 8, 1-7.
- Brower, J.C. and Veinus, J., 1974, Middle Ordovician crinoids from southwestern Virginia and eastern Tennessee. *Bulletins of American Paleontology*, 66, 125 p.
- Chang, S.J., 1991, Invertebrate fossils of Geumcheon Formation (Upper Carboniferous), Sangdong area, Korea. M.Sc. thesis, Seoul National University, 106 p.
- Choi, D.K., 1998a, The Yongwol Group (Cambrian-Ordovician) redefined: a proposal for the stratigraphic nomenclature of the Choson Supergroup. *Geosciences Journal*, 2, 220-234.
- Choi, D.K., 1998b, An Early Ordovician trilobite faunule from the Choson Supergroup, Maepo, Tanyang area, Korea. *Geosciences Journal*, 2, 235-242.
- Choi, D.K., 2014, *Geology and Tectonic Evolution of the Korean Peninsula*. Seoul National University Press, Seoul, 277 p (in Korean with English summary).
- Choi, D.K., Lee, J.G., Lee, S.-B., Park, T.-Y. and Hong, P.S., 2016, Trilobite biostratigraphy of the lower Paleozoic (Cambrian-Ordovician) Joseon Supergroup, Taebaeksan Basin, Korea. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 90, 1976-1999.
- Chough, S.K., Kim, H., Woo, J. and Lee, H.S., 2006, Tectonic implications of quartzite-shale and phyllite beds in the Seochangri Formation (Okcheon Group), Bonghwajae section, mid-Korea. *Geosciences Journal*, 10, 403-421.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed.), *Classification of carbonate rocks - a symposium*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108-121.
- Fortey, R.A., 1990, Ontogeny, hypostome attachment and trilobite classification. *Palaeontology*, 33, 529-576.
- Fortey, R.A. and Chatterton, D.E., 1988, Classification of the trilobite suborder Asaphina. *Palaeontology*, 31, 165-222.
- Kihm, Y.H. and Kim, J.H., 2003, Structural characteristics of the central Ogcheon Belt, South Korea: orogen-parallel tectonic transport model. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 41-57.
- Kim, D.H. and Choi, D.K., 2000, Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Mungok Formation (Lower Ordovician), Yongwol, Korea. *Geosciences Journal*, 4, 301-311.
- Kobayashi, T., 1934a, The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Chosen, *Palaeontology*, Part II, Lower Ordovician faunas. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo*, Section II, 3, 521-585.
- Kobayashi, T., 1934b, The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Chosen. *Palaeontology*. Part. I, Middle Ordovician faunas. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo*, section II, 3, 329-519.
- Kobayashi, T., 1935, The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Chosen, Part III, Cambrian faunas of South Chosen with a special study on the Cambrian trilobite genera and families. *Journal of the faculty of Science (Imperial University of Tokyo)*, section II, 4, 49-344.
- Kobayashi, T., 1960, The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Chosen. *Palaeontology*. Part. VI, *Palaeontology V*, *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo*, section II, 12, 217-275.
- Kobayashi, T., 1966, The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Korea, Part 10, Stratigraphy of the Chosen Group in Korea and South Manchuria and its

- relation to the Cambro-Ordovician formations and faunas of other areas, Section A, The Chosen Group of South Korea. *Journal of the Faculty of Science (University of Tokyo)*, Section II, 16, 1-84.
- Kobayashi, T., Yosimura, I., Iwaya, Y. and Hukasawa, T., 1942, The Yokusen geosyncline in the Chosen period - brief notes on the geologic history of the Yokusen orogenic zone. *Proceedings of the Imperial Academy of Tokyo*, 18, 579-584.
- Le Menn, J., 1987, Growth patterns and evolutionary trends of Devonian crinoid columns. *Geobios*, 20, 811-829.
- Lee, B.-S., 2019, Upper Ordovician (Sandbian) conodonts from the Hoedongri Formation of western Jeongseon, Korea. *Geosciences Journal*, 23, 695-705.
- Lee, J.G., 1995, Late Cambrian trilobites from the Machari Formation, Yeongwol, Korea. Ph.D. thesis, Seoul National University, Seoul, 418 p.
- Lee, J.W., 1997, Structural characteristics of the sedimentary rocks in the Cheongpoong area, Chungcheongbuk-do, Korea. M.Sc. thesis, Seoul National University, Seoul, 98 p (in Korean with English abstract).
- Lee, M.S. and Park, B.S., 1965, Explanatory text of the geological map of Hwanggang-ni Sheet (1:50,000). *Geological Survey of Korea*, 43 p (in Korean with English summary).
- Lee, S., Choi, D.K. and Shi, G.R., 2010, Pennsylvanian brachiopods from the Geumcheon-Jangseong Formation, Pyeongan Supergroup, Taebaeksan Basin, Korea. *Journal of Paleontology*, 84, 417-443.
- Lee, S.-B., Lefebvre, B. and Choi, D.K., 2004, Morphometric analysis of Tremadocian (earliest Ordovician) kirkocystid mitrates (Echinodermata, Stylophora) from the Taebaeksan Basin, Korea. *Geobios*, 37, 731-748.
- Lee, S.-B., Lefebvre, B. and Choi, D.K., 2005, Latest Cambrian cornutes (Echinodermata: Stylophora) from the Taebaeksan Basin, Korea. *Journal of Paleontology*, 79, 139-151.
- Lee, S.-B., Lefebvre, B. and Choi, D.K., 2006, Tremadocian stylophoran echinoderms from the Taebaeksan Basin, Korea. *Journal of Paleontology*, 80, 1072-1086.
- Lefebvre, B., Sumrall, C.D., Shroat-Lewis, R.A., Reich, M., Webster, G.D., Hunter, A.W., Nardin, E., Rozhnov, S.V., Guensburg, T.E., Touzeau, A., Noailles, F. and Sprinkle, J., 2013, *Palaeobiogeography of Ordovician echinoderms*. Geological Society, London, *Memoirs*, 38, 173-198.
- Lim, S.-B., Chun, H.Y., Kim, Y.B., Kim, B.C. and Cho, D.-L., 2005, Geologic ages, stratigraphy and geological structures of the metasedimentary strata in Bibong~Yeonmu area, NW Okcheon belt, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 41, 335-368 (in Korean with English abstract).
- Lim, S.-B., Chun, H.Y., Kim, Y.B., Kim, B.C. and Song, K.-Y., 2006, Stratigraphy and geological ages of the metasedimentary strata in Jinsan-Boksu area, Chungcheongnam-do, NW Okcheon belt. *Journal of the Geological Society of Korea*, 42, 149-174 (in Korean with English abstract).
- Lim, S.-B., Chun, H.Y., Kim, Y.B., Lee, S.R. and Kee, W.-S., 2007, Geological ages and stratigraphy of the metasedimentary strata in Hoenam~Miwon area, NW Okcheon belt. *Journal of the Geological Society of Korea*, 43, 125-150 (in Korean with English abstract).
- Matsumoto, H., 1929, Outline of a classification of Echinodermata. Tohoku Imperial University, *Science Reports, end Seried (Geology)*, 13, 27-33.
- Miller, J.S., 1821, A Natural History of the Crinoidea or Lily-shaped Animals, with Observations on the Genera Asteria, Euryale, Comatula and Marsupites. Bryan and Co., Bristol., 150 p.
- Park, H., Lee, D.-C. and Lee, S.-B., 2019, Crinoids from the Jigunsan Formation: their first record on diplobathrid and disparid crinoids in Sino-Korean Platform. *Annual Conference of the Geological Society of Korea (Abstracts)*, Jeju, October 23-26, 118 p (in Korean).
- Schuchert, C. and Cooper, G.A., 1932, Brachiopod genera of the suborders Orthoidea and Pentamerioidea. *Memoirs of the Peabody Museum of Natural History*, 4, 270 p.
- Sprinkle, J., 1973, Morphology and evolution of blastozoan echinoderms. Harvard University, *Museum of Comparative Zoology Special Publication*, 283 p.
- Sprinkle, J. and Wahlman, G.P., 1994, New echinoderms from the Early Ordovician of west Texas. *Journal of Paleontology*, 68, 324-338.
- Ubaghs, G., 1967a, General characters of Echinodermata. In: Beaver, H.H., Caster, K.E., Durham, J.W., Fay, R.O., Fell, H.B., Kesling, R.V., Macurda, D.B. Jr., Moore, R.C., Ubaghs, G. and Wanner, J. (eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part S. Echinodermata 1, Vol. 1. Geological Society of America and University of Kansas*, S3-S60.
- Ubaghs, G., 1967b, Eocrinoidea. In: Beaver, H.H., Caster, K.E., Durham, J.W., Fay, R.O., Fell, H.B., Kesling, R.V., Macurda, D.B. Jr., Moore, R.C., Ubaghs, G. and Wanner, J. (eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part S. Echinodermata 1, Vol. 2. Geological Society of America and University of Kansas*, S455-S495.
- Ubaghs, G., 1978, Skeletal Morphology of Fossil Crinoids. In: Moore, R.C. and Teichert, S. (eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part T. Echinodermata 2, Vol. 1. Geological Society of America and University of Kansas*, T59-T216.
- Walch, J.E.I., 1771, *Die Naturgeschichte der Versteinerungen*,

- Dritter Theil: Nuremberg, Paul Jonathan Felstecker, 235 p.
- Williams, A. and Harper, D.A.T., 2000, Orthida. In: Williams *et al.* (eds.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda (revised), volume 3. Geological Society of America and University of Kansas, 714-844.
- Williams, A., Carlson, S.J., Brunton, C.H.C., Holmer, L.E. and Popov, L.E., 1996, A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. Philosophical Transactions of the Royal Society of London (series B), 351, 1171-1193.
- Yang, S.Y., Lee, H.Y. and Cheong, C.H., 1984, Invertebrate fossil fauna from the Late Paleozoic Formations of South Korea. Journal of National Academy of Science Korea, Natural Science Series, 23, 137-160.
- Yoshimura, K., 1940, Geology of Yeongwol area, Gangweondo. Journal of the Geological Society of Japan, 47, 112-122 (in Japanese).
-
- Received : September 14, 2020
Revised : September 21, 2020
Accepted : September 24, 2020