

평남분지의 하부와 중부 고생대층: 송림역암의 고지리적 의의

이동진^{1,5} · 최용미¹ · 이동찬² · 이정구³ · 권이균⁴ · 조 립⁵ · 조석주^{6,*}

¹안동대학교 지구환경과학과

²대전보건대학교 문화재과

³국립과천과학관

⁴공주대학교 지질환경과학과

⁵중국길림대학 지구과학학원

⁶고려대학교 지구환경과학과

요 약

1934년 황해도 황주군 검이포(현재 황해북도 송림시에 편입)에서 전기 주라기 대동누층군의 기저부에 역으로 포함된 사일루리아기의 산호화석이 보고되면서 이전에는 한반도에 존재하지 않는다고 생각되어온 중기 고생대층의 분포 가능성이 처음으로 제기되었다. 후속 연구에서 “검이포석회질역암”(현재 송림역암으로 개칭)의 역들만 사일루리아기 또는 후기 오르도비스기에서 석탄기를 지시하는 화석을 포함한다는 사실이 알려졌다. 송림역암은 대동강 유역의 대동누층군에 해당하는 송림산통의 기저부에 포함되며 층후는 최대 300 m 정도로 추정된다. 하부는 중기 고생대의 화석을 포함하는 석회각력 위주로 구성되고 상부는 캄브리아기 하부-오르도비스기의 화석을 포함하며 원마도가 양호한 점판암, 규암 및 석회암력으로 이루어져 있다. 송림역암의 역에서 산출된 화석으로는 사일루리아기의 상판산호류가 가장 우세한데, 그 조성에서 황해북도 수안-곡산-신계-법동 지역에 분포하는 곡산통(사일루리아기)에서 산출된 상판산호류와 유사하며 함께 “곡산-송림동물구”를 구성한다. 이러한 “곡산-송림동물구”의 산호류 화석은 지금까지 한중대지 지역에서 보고된 바 없으며, 대부분의 분류군에서 남중국동물군의 특징적 요소를 가지는 것으로 평가되었다. 송림역암의 산호화석을 포함하는 역의 주 공급 지인 사일루리아기층의 기원에 대하여 북측 연구자들은 당시 한반도 북부와 남중국이 “곡산-송림해”라는 좁고 긴 바다로 이어져 있었다고 상정하고 있는데 반해, 남측 연구자들은 이 지층들이 고생대말-중생대초 한중대지와 남중국의 충돌, 접합시 충상단층에 의하여 한중대지 위에 얹힌 추복체(nappe)의 잔류물일 가능성을 배제하지 않는다. 한반도 남북 지역 간 고생대층의 정밀대비와 층서의 이해는 거시적으로 동아시아 지역의 고생대 고지리 및 한중대지와 남중국대지의 봉합과정을 심층 이해하기 위해서 반드시 필요하며, 따라서 향후 평남분지의 층서 및 고생물 자료의 면밀한 재검토가 요구된다.

주요어: 평남분지, 송림역암, 산호화석

Dong-Jin Lee, Yong-Mi Choi, Dong-Chan Lee, Jeong-Gu Lee, Yi-Kyun Kwon, Lin Cao and Suk-Joo Choh, 2013, Upper Ordovician and Silurian deposits in the Pyeongnam Basin: Songrim Conglomerate and its paleogeographic implication. Journal of the Geological Society of Korea. v. 49, no. 1, p. 5-15

ABSTRACT: In 1934, Silurian corals were discovered in the base of the Early Jurassic Daedong Supergroup exposed at Gyeomeepo of Hwangju-Gun, Hwanghae Province. The discovery hinted the possibility of the presence of Middle Paleozoic strata in the Korean Peninsula. Subsequent works revealed that only clasts in the “Gyeomeepo calcareous conglomerate” (later renamed as the “Songrim Conglomerate”) yield Silurian or Late Ordovician to Carboniferous fossils. The Songrim Conglomerate constitutes the base of the Songrim Series of the Daedong Supergroup exposed along the Daedong River valley and is estimated to be 300 m in maximum thickness. The lower part mainly consists of lime breccias containing middle Paleozoic fossils, whereas the upper part consists of well-rounded slate and quartzite clasts, and lime breccias with Lower Cambrian to Ordovician fossils. Tabulate

* Corresponding author: +82-2-3290-3180, E-mail: sjchoh@korea.ac.kr

corals are a dominant fossil group of the Songrim Conglomerate and are mostly of Silurian in age. These tabulate corals are comparable to those occurring in Koksan Series exposed in Suan-Koksan-Singye-Poptong areas of Hwanghaebuk Province and constitute the “Koksan-Songrim Bioprovince”. Tabulate corals discovered in the southern Pyeongnam Basin have not been known in the Sino-Korean Platform, but show an affinity to the South China fauna. North Korean geologists maintained that the Koksan Series from which corals in the Songrim Conglomerate were derived was deposited in a narrow “Koksan-Songrim Sea” which extended through North Korea and South China. On the other hand, South Korean geologists do not rule out the possibility that these strata are remnants of a overthrust nappe of South China affinity overlying the Sino-Korean platform due to thrust faulting during the accretion of Sino-Korean and South China blocks. Establishment of refined Paleozoic stratigraphic framework of North and South Korea is urgently needed to elaborate Paleozoic paleogeography of East Asia and to understand detailed collision sequence of the Sino-Korean and South China blocks.

Key words: Pyeongnam Basin, Songrim Conglomerate, Coral fossils

(Dong-Jin Lee, Department of Earth & Environmental Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea and College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, PR China; Yong-Mi Choi, Department of Earth & Environmental Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea; Dong-Chan Lee, Department of Heritage Studies, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 300-701, Korea; Jeong-Gu Lee, Exhibition Planning and Coordination Division, Gwacheon National Science Museum, Gwacheon 427-060, Korea; Yi-Kyun Kwon, Department of Geoenvironmental Sciences, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea; Lin Cao, College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130-061, PR China; Suk-Joo Choh, Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

1. 서 언

한반도에서 하부 고생대층의 연구역사는 19세기 말로 거슬러 올라간다. 풍부하고 다양한 화석의 산출 덕분에 한반도에서 하부 고생대는 가장 활발한 층서, 퇴적, 고생물학적 연구가 이루어져 온 지질시대의 하나로 자리 매김하고 있다. Inoue (1907)가 설정한 초기의 조선계에 후기 선캄브리아층이 포함됨을 인정한 Nakamura (1926)가 이를 상원계로 분리한 이후, 소위 조선계는 캄브리아기-오르도비스기 퇴적층을 일컫는 지층단위로 광복 전까지 한반도 남북에서 공통적으로 사용되었다. 나아가 한반도 남부에서 조선계는 1980년대 이후 조선누층군으로 개칭되어 사용되고 있으며(표 1), 캄브리아기 중기에서 오르도비스기 중기를 묶는 암석층서 지층 단위로 옥천변성대 동북부의 태백산분지에 주로 분포하며 충북 단양, 경북 문경과 봉화 등에도 작은 분포지가 있다.

한편, 한반도 북부에서는 1970년대 이후 전기 캄브리아기와 후기 오르도비스기-후기 사일루리아기의 해성퇴적층들이 잇달아 발견되면서 기존의 조선계를 전기 캄브리아기-후기 사일루리아기의 해성퇴적층을 포함한 황주계로 개편하여 사용하고 있다(표 1). 황주계는 평남분지와 낭림육괴지역에 해당 지질시대의 지층이 널리 분포하며 풍부한 화석이 산출되는 황해북도 황주군에서 그 이름이 유래되었다.

이 보고는 한반도 남부에서 지금까지 거의 알려지지 않았던 평남분지의 후기 오르도비스기층-데본기층의 층서와 고생물을 최근 습득한 자료를 바탕으로 3부로 나누어 기술한다. 제 1부는 한반도에서 중기 고생대층의 분포 가능성을 제기한 계기가 되었던 송림역암의 분포와 이에 포함된 화석, 2부는 평남분지에 분포하는 오르도비스기 후기층(상서리통)과 사일루리아기층(곡산통), 그리고 제 3부에서는 데본기 임진계를 다룰 것이다.

지금까지 북측 지질과학자들은 황주계 내의 층서 단위들은 모두 정합적 관계에 있으며, 새로 알려진 데본기 임진계와 함께 한반도 북부의 중기 고생대층을 지시하며, 따라서 그동안 한반도가 속한다고 생각해 온 한중대지(Sino-Korean Platform) 지역의 가장 두드러진 특징으로 생각된 고생대 중기의 대결층이 한반도 북부에서는 적용되지 않는다고 주장한다. 이 문제는 한반도와 한반도 주변지역 고생대 고지리의 복원과 지각진화의 해석에 관한 지금까지의 이해에 새로운 논제를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

엄격한 암석층서단위를 사용하는 한반도 남부와 달리 북부에서는 시간층서단위와 암석층서단위를 함께 사용하고 있어서 남북 간 층서 단위의 개념이 상치되는 부분이 있다. 예를 들어, 황주계는 황주누층군과 유사한 개념으로 볼 수 있으나, 그 하부 단위들인 상서리통과 곡산통은 각각 오르도비스기 후기

Table 1. Comparative stratigraphic summary of the Early-Middle Paleozoic strata in the Taebaeksan Basin and Pyeongnam Basin-Nangrim Massif Region (modified after Om *et al.*, 1996 and Choi and Chough, 2005).

GEOLOGIC AGE		PYEONGNAM BASIN		TAEBAEKSAN BASIN		
		HWANGJU-POPTONG		SAMCHEOK-TAEBAEK		
SILURIAN		Hwangju System	Koksan Series	Joseon Supergroup		
ORDOVICIAN	Upper		Sangseori Series			
	Middle		Mandal Series			Duwibong Formation Jigunsan Formation Makgol Formation
	Lower		Singok Series			Dumugol Formation Dongjeom Formation
CAMBRIAN	Upper		Kophung Series			Hwajeol Formation Sesong Formation
	Middle		Mujin Series			Daegi Formation
			Hukgyo Series			Myobong Formation
	Lower		Junghwa Series			Jangsan/Myeonsan Formation

와 사일루리아기 지층을 일컫는 시간암석 층서단위들로 암석 층서단위인 상서리층 또는 곡산층과 같은 개념은 아니다. 이 보고서에서는 한반도 북부에서 사용되는 층서단위를 그대로 사용하고자 하며 독자들의 혼란이 없기를 희망한다.

2. 송림역암의 분포와 연구사

1930년대 초 황해북도 송림시 인근에서 주라기 하부 '대동층군'의 기저로 알려져 있었던(Shimamura, 1929; Kobayashi, 1930) 층군에서 사일루리아기를 지시하는 화석이 연이어 보고되면서 종래 한중대지에는 존재하지 않는다고 생각해온 중기 고생대층의 분포 가능성이 제기되었다(Shimizu *et al.*, 1934; Kobayashi, 1935; Yabe and Sugiyama, 1937). '겸이포석회질역암'으로 기재된 이 역암층은 당시 황주군 겸이포리에서 북동쪽으로 약 2 km 떨어진 신동과 계포리(후일 사포리로 개명) 주변에서 그 분포가 처음 알려졌으며, 이후 송림시 용천리, 당산리, 석탄리와 중화군 인포리를 잇는 약 10 km²에서 그 분포가 추가 확인되었다(Pak, 1976; Kim, 1990; 그림 1). 이 역암층은 후일 송림군 겸이포면이 송림시 월봉동으로 개편되면서 '송림역암'으로 불리게 되었다. 송림역암은 송림산 동쪽사면과 송림시 사포동 일대에서 가장 잘 발달하며, 층후는 약 200 - 300 m로 추정된다(Pak,

1976; Kim, 1990; 그림 1).

Shimizu *et al.* (1934)은 사일루리아기를 지시하는 화석을 포함하는 석회암력으로 구성된 이 역암층을 주변에 분포하는 암상과 산출 화석을 달리하는 대동층군과는 대비할 수 없다고 보았다. 따라서 그들은 사암과 셰일 위주의 지층으로 중생대의 민물 개형층 *Estheria* (Shimamura, 1929)와 민물 복족류가 산출(Shimizu *et al.*, 1934)되는 대동계로부터 '겸이포석회질역암'을 분리하고 이를 사일루리아기의 퇴적층(Gotlandian deposit)으로 보았다. 그들은 송림역암이 당시까지 동아시아 지역에 존재하지 않는다고 알려진 고생대 중기층의 첫 발견이라는데 의미를 부여하였으며, 이를 당시 중국지역에 존재하던 바다가 송림지역까지 연결되어 있었던 결과로 주장하였다.

Kobayashi (1935)와 Yabe and Sugiyama (1937)는 송림역암이 전기 고생대 '조선계'를 부정함으로 덮는 전기 주라기 대동층군의 기저부라는 사실을 밝혔으며, 따라서 송림역암의 역에 포함된 화석들이 이 층의 퇴적시기를 지시하지 않는다는 사실을 확인하였다. Yamaguchi (1951)는 황해도 남동부의 금천군 남정리(송림에서 남동방향 직선거리 약 100 km; 그림 1)에서 찾은 사일루리아기의 필석 *Monograptus*를 근거로 이 지역이 송림역암의 기원지일 가능성을 암시하였다.

Pak (1976)은 후속연구에서 역의 형태와 성분, 층

위별 분포에 관한 정밀 분석을 통하여 역암의 기원지와 포함된 화석의 시대를 유추하였다. Pak (1976)에 의하면, 송림역암은 암상과 화석구성에서 하부와 상부층으로 뚜렷이 나누어진다. 역암의 하부층은 분포지에 따라 차이가 있으나 일반적으로 석회암질 기질을 소량(5% 이하 - 20%) 포함하며, 최하부에서는 역의 크기가 직경 10 - 20 cm, 드물게 50 cm에 이르는 무질서하게 배열된 석회각력으로 구성되어 있다. 역

에서 산출되는 화석의 대부분은 중기 고생대의 산호이며, 이 밖에 두족류, 완족류와 층공충 화석 등을 소량 포함한다. 상부층은 하부층에 비해 기질의 양이 많으며 원마도가 좋은 역을 포함하는 쇠설암으로 이루어져 있다. 역은 주로 점판암과 규암이며 석회암은 그보다 적다. 역에서 산출되는 화석은 캄브리아기 하부-오르도비스기의 삼엽충과 두족류를 포함한다.

오늘날 대동계는 분포지역의 지명에 따라 다른

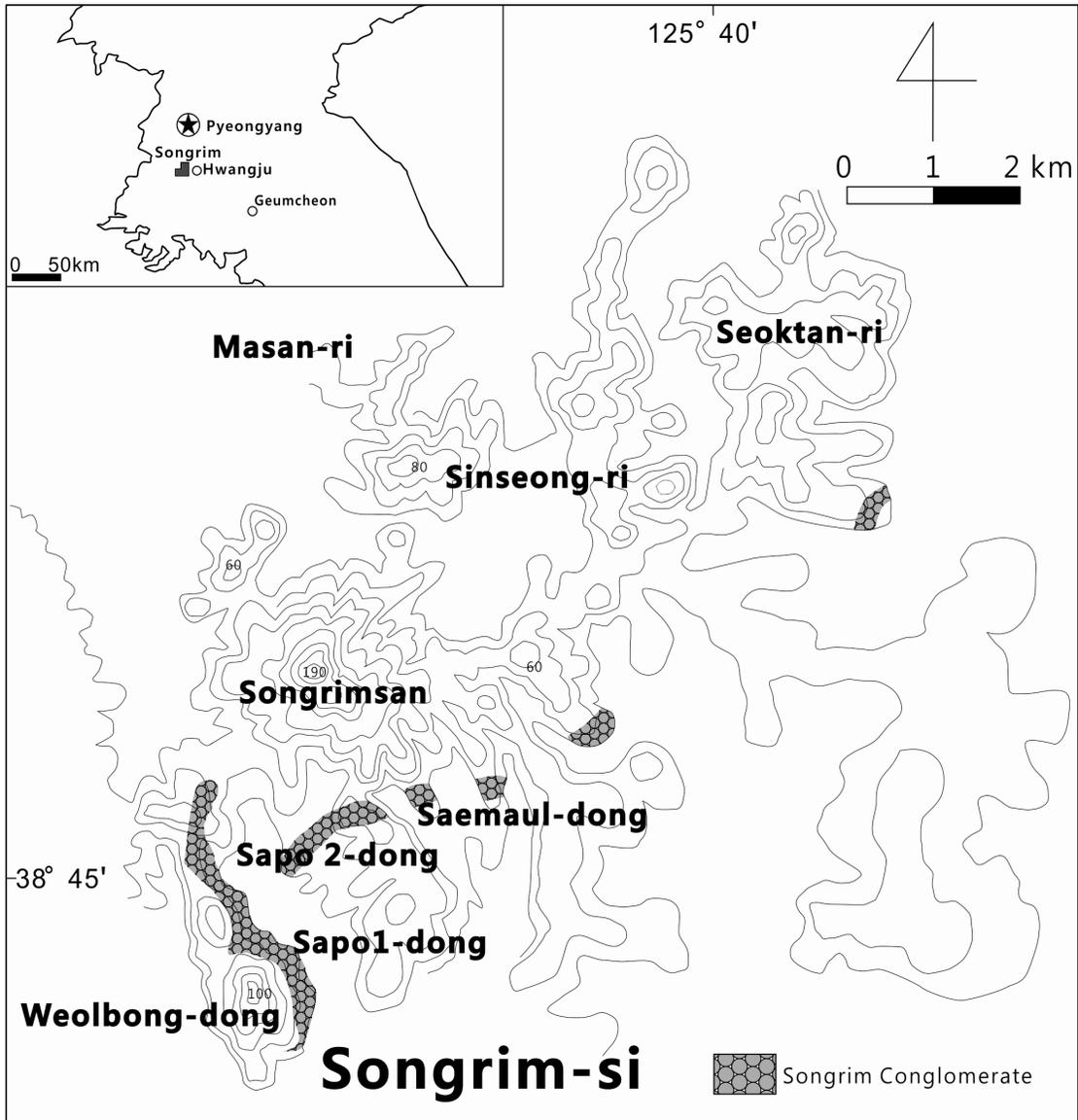


Fig. 1. Location and distribution of the Songrim Conglomerate around the Songrim-si, Hwanghaebuk-do (modified after Shimizu *et al.*, 1934).

층서명을 가지고 있으며, 송림에서 대동강 분지를 따라 평양 서부에 발달한 대동계는 송림산통으로 명명되어있다. 이 보고서에서 다루는 송림역암은 송림산통의 기저부에 해당한다(Om *et al.*, 1996).

3. 송림역암 화석력의 구성과 지질시대

송림역암에서 역으로 산출되는 화석의 지질시대에는 지금까지 약간의 논란이 남아있다. Shimizu *et al.* (1934)은 송림역암에서 찾은 산호와 두족류 화석의 대부분이 사일루리아기를 지시하는 사실에 근거하여 이 층의 시기를 사일루리아기로 생각하였다. 후속연구자들은 송림역암이 전기 주라기 송림산통의 기저부라는 데는 동의하나, 역으로 들어있는 화석의 시대에는 약간의 견해차를 보인다.

송림역암에 포함된 화석의 대부분은 상판산호류(tabulate corals)이며, 이 외에도 약간의 다른 화석이 포함되어 있다. Shimizu *et al.* (1934)은 미감정속/종/아종을 포함하여 14 속 27 종의 산호와 4 속 4 종의 두족류화석을 기재하였다. Yabe and Sugiyama (1937)는 신동 지역의 송림역암에서 Shimizu *et al.* (1934)이 기재한 상판산호 4 속(*Halysites*, *Heliolites*, *Propora* 및 *Favosites*)과 함께 새로 찾은 층공충(stromatoporoids) 2 종(*Clathrodictyon vesiculosum*과 *Clathrodictyon salairicum*)을 보고하였다. 광복 이후의 후속연구에서 Pak (1976)은 고생대 중기를 지시하는 화석은 송림역암의 하부층에 국한되며, 상부층의 역은 전형적인 전기 캄브리아기-오르도비스기 화석으로 구성되는 사실을 밝혔다. 그는 송림역암에서 기존의 화석 구성에 산호류 7 속 13 종, 완족류 11 속 19 종, 복족류 4 속 6 종, 두족류 1 속 1 종, 삼엽충 1 속 6 종, 개형충 5 속 14 종을 추가하여 모두 46 속 89 종의 동물 화석을 보고하였다.

송림역암에서 산출된 화석 가운데 가장 많은 양이 산출된 것은 상판산호(tabulate corals)인 별집산호류(favositids)와 사슬산호류(halysitids)이며, 부수적으로 일사산호류(heliolitids)와 적관산호류(syringoporids), 그리고 약간의 사사산호(tetracoral)를 포함한다.

지금까지 알려진 문헌기록을 바탕으로 화석 표본의 수, 보존 상태 그리고 기재의 불명확성에 미루어 판단할 때, 송림역암내 산호화석은 특히 종, 속 수준에서 분류명의 유효성을 전적으로 수용하기 어렵다.

오늘날, 특히 산호화석의 하위분류군의 기재와 감정에서 서식 환경의 물리, 화학적 변화 또는 차이에 기인한 형태의 변이가 크게 강조되고 있다. 따라서 선행 연구에서 분류 기준으로 삼은 형태요소의 단순 비교와 이를 바탕으로 기재한 신종과 신속에 형태학적 변이의 범위를 고려한 현대적 기준의 재검토가 필요하다. 송림역암에서 광복 이전 수집된 Shimizu *et al.* (1934)의 화석은 보존이 양호한 표품을 포함하고 있으나 전쟁 중 분실되었으며, Kobayashi에 의해 1935년 수집된 소수의 표품은 현재 동경대학에 보존되어 있다(Hamada, 1958). Pak (1976)을 중심으로 한 복측 학자들의 후속 연구에서 얻어진 상당량의 표품은 등록, 관리되는 것으로 추정되지만, 직접 조사와 비교가 불가능한 현재의 상태에서 더 신뢰성 있는 자료의 확보와 구축은 후속 연구자의 몫으로 남겨 두고자 한다. 이 보고서에서는 송림역암의 역에서 기재된 화석 가운데 현재 연구자들 사이에서 큰 이견이 없는 상판산호와 층공충의 속(genus)과 그 분포 시기 및 분포 지역에 국한하여 기술하고자 한다.

자포류(Cnidaria)에 속한 상판산호와 사사산호는 오르도비스기 초에 출현하여 폐름기 말에 멸종한 고생대 산호류를 대표하는 두 분류군으로 모든 대륙의 천해 퇴적층에서 산출된다. 해면동물(Porifera)의 한 부류인 층공충은 오르도비스기 초에 출현하여 백악기 말에 멸종하였으며, 특히 사일루리아기-데본기 동안 상판산호와 함께 큰 규모의 생물초를 형성한 중요한 골격생물이다. 고생대의 산호와 층공충은 당시 환경의 지시자로서 고환경의 해석과 고지리의 복원에서 그 역할이 두드러지나, 오르도비스기의 일부 초기 분류군을 제외하면 짧은 시간범위를 지시하는 표준화석이 되는 사례는 매우 드물다.

송림역암의 하부층에서 역으로 산출된 상판산호 화석의 지질시대에는 오르도비스기 후기에서 석탄기 후기에 이르는 다양한 견해가 제시되었다. Shimizu *et al.* (1934)은 27 종의 산호화석 중 시기를 특정할 수 있는 8 종의 지질시대를 “Valentian” 후기에서 “Salopian” 후기(Llandoveryan-Wenlokian)로 제안하며, 일부 산호와 두족류의 시기는 오르도비스기 후기- 데본기 전기일 가능성이 있음을 부연하였다. Yabe and Sugiyama (1937)는 송림역암에서 Shimizu *et al.* (1934)이 보고한 상판산호 *Halysites*, *Propora*와 *Favosites*는 “의심할 바 없는 사일루리아기의 화석”

임을 확인하고, 특히 그들이 새로 찾아 감정한 일사산호 *Propora* cfr. *affinis* (Billings)와 층공충 *Clathrodictyon salairicum* 또한 사일루리아기를 지시한다고 하였다.

한편 Pak (1976)은 송림역암의 후속연구에서 광복 이전에 보고되지 않았던 새로운 산호류 7 속 13 종을 추가 기재하였으며, 송림역암에 포함된 산호화석의 대부분은 사일루리아기 중기(e.g., *Favosites forbesi* Edwards and Haime)의 것이나, 일부 사일루리아기 전기의 산호화석(e.g., *Quepora*), 사일루리아기 후기 또는 데본기(*Favosites yermolaevi* Tchernychev와 *Squameofavosites* cf. *kulkovi* Dubatolov)를 지시하는 화석도 포함되어 있다고 주장하였다. Kim (1990)은 송림역암의 역 중 Shimizu *et al.* (1934)이 미결정종으로 보고한 단체형 사사산호 *Amplexus*의 시대가 석탄기 후기를 지시한다고 보았다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 송림역암에서 지금까지 기재된 산호화석은 하위분류명의 유효성 면에서 많은 문제를 가지고 있다. 특히 1970년대 연구에서 설정된 많은 신종과 신속들은 지질시대의 확정에 우선하여 현대적 분류기준과 절차에 따라 재분류되어야 할 것으로 보인다.

송림역암에서 알려진 별집산호류로는 지금까지 미결정종을 포함하여 5 종의 *Favosites*, 4 종의 *Paleofavosites*, 3 종의 *Squameofavosites*(사일루리아 후기-데본기 중기를 지시)와 1 종의 *Sapporipora*를 포함하는 18 종이 알려져 있다(Pak, 1976; Kim, 1990). 별집산호류는 각기둥 모양의 다수의 개체들이 벽을 공유하며 상접해 있는 형태의 군체 산호로 모든 대륙의 천해퇴적층에서 흔히 산출된다(그림 2). *Favosites*는 벽공(mural pores)이 주로 개체와 개체를 가르는 벽의 중앙에 있으며, 오르도비스기 후기에서 데본기 중기까지 산출되나 사일루리아기층에서 가장 흔하다. 벽공이 주로 개체벽의 가장자리에 있는 *Paleofavosites*는 오르도비스기 중기에서 사일루리아기 후기까지 기록된다. 벽공의 위치가 속을 나누는 엄격한 기준이 될 수 있는 지는 이견이 있으나, 관행적으로 수용되고 있다. 초기 별집산호류에서 벽공이 가장자리에 있는 사실로 미루어 *Paleofavosites*를 *Favosites*의 원시형으로 보는 견해도 있다. 1950년대 동구권을 중심으로 벽공이 개체벽의 중앙과 가장자리에 모두 있는 별집산호류에 설정된 *Mesofavosites*는 대부분의 별집산호류에서 벽공의 위치가 속을 나누는 기준이 될

수 없다는 점에서 그 유효성을 인정받지 못한다고 할 것이다. 송림역암에서 Ozaki가 개체의 직경이 작고 벽공(wall pore)이 벽의 중앙부에 위치하며, 벽공의 직경이 벽길이의 1/3 이상으로 크고 잘 발달되어 있으며, 새로운 개체가 네 개체가 만나는 접점에서 증식한다는 특징에 근거하여 신속으로 설정한 *Sapporipora* (Shimizu *et al.*, 1934) 또한 이 형태요소들이 새로운 속을 설정하는 유효한 기준이 될 수 없다. 따라서 *Favosites*의 하위동물이명(junior synonym)으로 판단된다. Pak (1976)은 송림역암에서 산출된 별집산호류에서 *Squameofavosites*를 보고하였다. 이 속은 벽침(septal spines)이 혀 모양으로 변형된 squamulae를 가졌으며, 데본기층에서 주로 산출된다. 그러나 squamulae가 속을 가르는 유효한 분류기준이 아니라는 견해가 많으며, 이 속이 데본기에 국한되어 산출되지도 않는다. 종합하여, 송림역암에서 기재된 별집산호류가 지시하는 시대 또는 시대범위를 특정하기 어려우나, 오르도비스기 후기에서 데본기 전기로 추정된다.

송림역암의 산호화석 중 별집산호류 다음으로 많이 산출된 사슬산호류(halysitids)는 모든 대륙의 오르도비스기 중기에서 사일루리아기 후기까지 천해성층에서 기록된다. 사슬산호류는 타원형 또는 장방형의 개체가 횡으로 연결되어 사슬 형태의 열(rank)을 만들며, 이 열들이 연결하여 갭한 망안구조(lacunae)를 형성한다(그림 2). 사슬산호류는 전통적으로 개체와 개체가 공골조직인 중간관(mesocorallite 또는 coenenchymal tubule)으로 연결되는 *Halysites*와 중간관이 없는 *Catenipora*로 나눈다(그림 2). 송림역암에서 지금까지 기재된 사슬산호류는 4 종이다. 송림역암에서 Ozaki가 기재한 3 종의 *Halysites*는 중간관이 없으며(Shimizu *et al.*, 1934) 따라서 *Catenipora*로 분류함이 타당하다. Hamada (1958)는 Ozaki가 기재한 *Halysites* (*Halysites sindoensis* 와 *H. sapporiensis*)의 속 수준 분류의 오류를 지적하면서 이 산호가 *Quepora*에 속하며, 그 지질시대가 오르도비스기 후기일 가능성이 크다고 주장하였다. Pak (1976)도 이 분류명을 따라 송림역암에서 산출된 모든 사슬산호류를 *Quepora*로 기재하였다. 그러나 *Quepora*는 짧은 열과 작은 망안을 가진 특징 이외에는 *Catenipora*와 다르지 않으며, 따라서 이 분류기준은 유효하지 않는 것으로 판단된다(Laub, 1979). Hamada (1958)

가 제기한 송림역암의 *Catenipora*의 시대 또한 오르도비스 후기로 국한될 수 없으며, 이 종들의 분포 시기는 오르도비스기 후기에서 사일루리아기 후기로 추정된다고 할 것이다.

이 밖에 벌집산호류나 사슬산호류처럼 많이 산출

되지는 않지만 송림역암에서는 일사산호류인 *Heliolites*와 *Propora*와 적관산호류 *Syringopora*도 보고되었다. 일사산호류는 개체와 개체 사이를 채우는 공골조직(coenenchyme)의 모양에 따라 *Heliolites*(오르도비스기 중기-데본기 중기를 지시) 또는 *Propora*

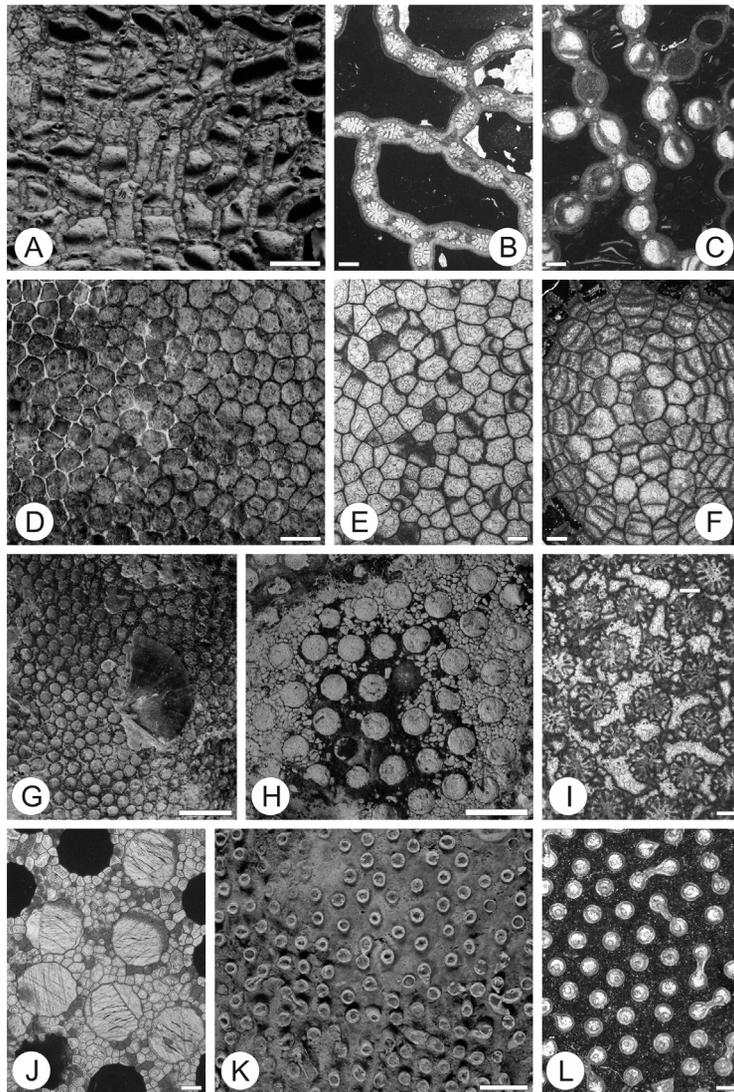


Fig. 2. Common Silurian tabulate corals. A. *Catenipora* sp., Gotland, Sweden. Surface view, Scale bar = 5 mm. B. *Catenipora* sp., Gotland, Sweden. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. C. *Halysites* sp., Gotland, Sweden. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. D. *Favosites* sp., Gotland, Sweden. Surface view, Scale bar = 5 mm. E. *Paleofavosites* sp., Manitoba, Canada. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. F. *Favosites* sp., Quebec, Canada. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. G. *Propora* sp., Quebec, Canada. Surface view, Scale bar = 5 mm. H. *Heliolites* sp., Gotland, Sweden. Surface view, Scale bar = 5 mm. I. *Propora* sp., Gotland, Sweden. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. J. *Heliolites* sp., Gotland, Sweden. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm. K. *Syringopora* sp., Gotland, Sweden. Surface view, Scale bar = 5 mm. L. *Syringopora* sp., Gotland, Sweden. Transverse thin section, Scale bar = 1 mm.

Table 2. Middle Paleozoic tabulate corals known from clasts of the Songrim Conglomerate (modified after Pak, 1976). Numbers in the table denote the reported and reinterpreted numbers of species.

FAMILY	GENUS	SONGRIM CONGLOMERATE (Pak, 1976)	SUAN-KOKSAN- SINGYE-POPTONG (Pak, 1985a, b, c, d)	AGE
FAVOSITID	<i>Paleofavosites</i>	4	12	
	<i>Favosites</i>	6	10	
	<i>Squameofavosites</i>	3	-	Devonian?
	<i>Thamnopora</i>	1	-	Devonian?
HALYSITID	<i>Catenipora</i>	4	3	Ordovician?
SYRINGOPORID	<i>Syringopora</i>	2	3	
HELIOLITID	<i>Heliolites</i>	1	5	
	<i>Propora</i>	2	3	
	<i>Plasmopora</i>	2	-	
AGETOLITID	<i>Agetolites</i>	-	-	Upper Ordovician
	<i>Agetolitella</i>	-	-	

(오르도비스기 중기-사일루리아기 후기를 지시) 등으로 나누어 진다(그림 2; 표 2). 피리 모양의 개체들로 구성된 적관산호(*Syringopora*)는 현생 오르간파이프 산호와 유사한 형태로 오르도비스기 후기에서 석탄기 후기까지 산출된다.

앞에서 언급한 바와 같이 송림역암에서 선행연구자들이 짧은 시간대를 지시할 수 없는 상판산호를 근거로 화석의 지질시대 또는 지질시대의 범위를 특정하는 것은 수용하기 어렵다. 그러나 *Heliolites*, *Plasmopora*, *Favosites*, *Syringopora*와 *Halysites*와 같은 상판산호의 속들은 분류 기준이 될 수 있는 특징적인 형태를 가진 까닭에 감정이 비교적 용이하다(그림 2). 이를 종합하면, 송림역암에서 보고된 산호화석의 대부분은 선행연구(Shimizu *et al.*, 1934; Pak, 1976)에서 주장한 것처럼 좁은 지질시대의 범위를 특정할 수 없으며, 현재 가용한 정보로 판단할 때, 송림역암에서 산출된 산호화석의 대부분은 오르도비스기 후기-데본기 초기를 지시하는 것으로 보는 것이 타당하다. 한 가지 흥미로운 사실은 송림역암에서 *agetolitids*의 보고가 없다는 것이다. *Agetolitids*는 오르도비스기 후기를 지시하는 별집형 균체산호로 별집형 상판산호와 사사산호의 특징적 형태를 모두 가진 까닭에 인지가 용이하다. 이 산호는 평남분지의 오르도비스기 후기 상서리통에서 가장 풍부한 화석이나 (Pak, 1983a, 1983b, 1986) 송림역암에서 산출이 알려지지 않은 사실은 송림역암에 내포된 화석의 시기

가 사일루리아기 이후임을 강하게 시사한다고 볼 수 있다.

결론적으로, 송림역암에서 보고된 산호화석의 대부분은 선행연구(Shimizu *et al.*, 1934; Pak, 1976)에서 주장한 것처럼 좁은 지질시대의 범위를 특정할 수 없으며, 현재로서는 송림역암의 역에서 기재된 산호화석은 사일루리아기 전기-데본기 초기를 지시하는 것으로 보는 것이 타당할 것이다. 그러나 송림역암의 역에서 석탄기의 화석(Kim, 1990)도 보고되어 있어 송림역암의 역의 시대가 후기 고생대까지 이를 가능성을 배제할 수 없다.

4. 평남분지내 사일루리아기층 산출 산호와의 비교

송림역암의 화석은 평남분지내 사일루리아기층이 분포하는 수안-곡산-신계 및 법동지역의 곡산통에서 산출되는 화석군과 그 구성에서 큰 차이가 없다 (Pak, 1985a, 1985b, 1985c, 1985d; Kim, 1990). 송림산통의 기저역암에서 알려진 상판산호와 평남분지내의 사일루리아기층(곡산통)에서 기재된 상판산호는 표 2에 요약하였다. 이 보고서에서는 선행연구에서 사용된 *Mesofavosites*와 *Sapporipora*는 각각 *Paleofavosites*와 *Favosites*로, *Quepora*는 *Catenipora*로 바꾸었다 (표 2).

표에서 요약한 바와 같이 송림역암의 산호화석은 수안-곡산-신계 및 법동지역의 사일루리아기층인

곡산통에서 산출되는 화석군과 구성면에서 상당부분이 겹치나 일부 오르도비스기 후기 또는 데본기-석탄기를 지시할 수 있는 분류군도 포함하고 있어 송림역암의 역을 공급한 기원암이 현재 평남분지에 남아있는 사일루리아기층보다 넓은 층서범위를 가졌을 가능성을 보여준다.

5. 송림역암의 기원과 고지리적 의의

송림역암은 층리가 비교적 잘 발달된 상부층에서 북동방향의 주향과 북서방향의 경사를 나타내며, 역의 직경은 분포지의 서남부가 동북부에 비하여 크다. 이를 바탕으로 송림역암은 전형적인 하성퇴적층으로, 역들의 운반 방향이 남서에서 북동을 지시하며 그 공급지가 서남-남 방향의 멀지 않는 곳에 있었을 것으로 보았다(Yabe and Sugiyama, 1937; Pak, 1976). 특히 Yabe and Sugiyama (1937)는 화석을 포함한 역들이 원마도가 불량한 각력이고 직경 20 cm가 넘는 크기가 포함된 것으로 미루어 역의 공급지가 가까운 주변에 존재할 것으로 생각하였다. 이는 당시 기복이 심한 공급지에 노출된 중기 고생대 퇴적층 기원지로부터 짧은 거리를 이동한, 크고 원마도가 낮은 역의 퇴적을 시작으로 송림역암이 쌓이기 시작하였으며 지속적인 공급지의 삭박으로 인하여 점차 역들의 운반거리가 길어지며 원마도가 증가하였으며, 이후 중기 고생대의 기원암에서 퇴적물 공급이 중단되면서 주변에 분포하였던 전기 고생대 퇴적층 기원의 퇴적물이 송림역암의 상부층에 공급되었음을 암시하는 것으로 해석된다.

송림에서 남동방향으로 약 100 km 떨어진 황해도 남동부의 금천군 남정리 지역에서 보고된 사일루리아기의 필석 *Monograptus*를 근거로 이 지역이 송림역암의 기원지일 가능성이 제시된 바 있으나(Yamaguchi, 1951; 그림 1), 송림역암의 하부층을 구성하는 석회암 역의 크기와 원마도로 미루어 이 가설은 수용하기 어렵다. 송림역암 분포지에서 남서방향의 가까운 지역으로 지금까지 이 역을 공급했을 거라고 믿을 만한 지층이 알려진 바 없으며, 공급지의 퇴적암체가 완전히 삭박되어 남아있지 않을 가능성도 있다. 이보다는 송림역암의 주 분포지에서 남동부로 약 10 km 떨어진 송림시 석산리와 황주군 용궁리, 삼정리, 외서리 일원에 분포한 오르도비스기

중기의 만달통과 후기의 상서리통을 주목할 수 있다. 이 지역에서 오르도비스기층의 노출은 매우 조금 알려져 있으며, 상서리통은 상부가 남아있지 않은 탓에 수안-곡산-신계 및 법동 지역의 상서리통 분포지에 비해 화석이 빈약하게 산출되는 문제가 있으며, 향후 송림역암 상부층의 암상 및 화석구성과 면밀한 비교, 고찰이 필요하다고 하겠다.

송림역암의 발견 당시 Shimizu *et al.* (1934)은 송림지역이 한반도에서 사일루리아기 화석이 산출된 유일한 지점이며, 따라서 당시 “중국의 바다”가 송림 지역까지 이어져 있었다고 주장하였다. 이 가설은 현재 북측 학자들의 고지리 해석과 크게 다르지 않다. 송림역암과 곡산통에서 산출되는 산호 화석군의 고생물지리구를 바탕으로 한 폭넓은 비교는 이루어지지 않았지만, 현재 가용한 자료는 대부분의 화석이 중국 남서부 귀주와 사천성 일대의 전기 사일루리아기층(Llandoveryan)에서 산출된 화석군에 대비된다. 이를 바탕으로 Pak and Kang (1987)은 당시 “곡산-송림해”가 해양자해와 연결되어 있었다고 상정하였다.

광복 이후 북측 학자들은 이러한 견해를 바탕으로 하여 오르도비스기 후기에 평남분지의 서북부와 동남부를 비교하여 동남부에서 쇄설성암이 적고 탄산염암이 우세하며, 두족류 및 복족류와 같은 이동성 생물화석의 산출이 우세하지만, 서북부에서는 고착성 산호화석이 우세하게 산출된다는 사실을 바탕으로 남중국과 연결된 당시 해양분지는 동남부가 더 깊었다고 기술하였다(Pak, 1984). 또한 송림역암에서는 사일루리아기의 화석 이외에도 데본기를 지시하는 완족류와 개형충, 그리고 인근의 토산군 현내리에서 알려진 데본기 윤조(차축조)화석의 산출을 근거로 이 지역에는 사일루리아기-데본기에 걸쳐 연속적인 퇴적이 있었던 것으로 생각하였으며, 이러한 남중국부터 해주침강대로 이어지는 좁고 긴 형태의 해양분지를 “미루-곡산해”로 상정하였다(Pak, 1976, 1984). 종합하면 캄브리아기부터 중기 오르도비스기의 황주계를 퇴적시킨 평남분지를 덮었던 바다는 넓게 분포했던 반면, 후기 오르도비스기와 사일루리아기 지층을 퇴적시킨 “미루-곡산해”는 남중국동물군의 특성을 띠는 산호 및 동물화석의 산출을 바탕으로 남중국에 연결된 형태의 좁고 긴 해양분지로, 평남지역과 남중국이 연결되어 있는 것으로 제안하였

다. 이는 지금까지 통상적으로 한중대지(Sino-Korean Platform)에서 알려진 고생대 중기 대결층의 존재와 중기 고생대층의 부재와는 상반되는 현상으로, 평남분지에서는 고생대층의 퇴적이 지속적으로 일어났다는 바탕이 되었다(Pak, 1984; Pak and Kang, 1987).

그러나 이러한 주장은 다음과 같은 이유로 수용하기 어렵다. 첫째, 황주계에서 캄브리아기 중기부터 오르도비스기 중기층은 태백산분지의 조선누층군과 퇴적암의 구성과 산출 화석 면에서 서로 유사한, 전형적인 한중대지형 층서 특징을 보이며, 둘째, 황주계의 중기 오르도비스기층(만달통)에서 지금까지 알려진 화석구성은 이를 정합적으로 덮는 것으로 알려진 후기 오르도비스기층(상서리통)과 완전히 다를 뿐 아니라, 셋째, 상서리통에서 기재된 화석은 한중대지 지역 어느 곳에서도 알려진 바 없는 이질적인 요소를 가지고 있다. 특히 상서리통의 산호화석 일부는 동시기 남중국대지 지역의 특징적인 토착종(endemic species)을 포함하고 있다. 이 사실은 평남분지의 후기 오르도비스기-중기 고생대층이 평남분지에서 연속적으로 퇴적되었다고 보기 보다는 다른 지역에서 퇴적된 지층이 조구조운동을 통하여 이동하여 현재의 위치로 이동하여 만달통 위에 놓이게 되었을 가능성을 강하게 시사한다고 하겠다.

지난 20년간 발표된 일련의 연구 결과들은 고생대와 중생대의 경계부에서 남중국판과 북중국판의 접합에 의한 송림조산운동이 일어난 것에 주목하였다(Cluzel *et al.*, 1990, 1991; Cluzel, 1992; Chough *et al.*, 2000). 남중국판의 연장으로 믿어지는 경기육괴와 북중국판의 일부인 남림육괴의 충돌로 인하여 임진강대와 평남륙향사 지역은 심한 압축변형을 받아 동서방향의 습곡-충상단층(스러스트)대를 형성하였다(Ree *et al.*, 1996; Chough *et al.*, 2000). 우리는 이러한 일련의 충돌대의 형성 및 구조변형을 통하여 남중국형 동물화석을 포함하는 오르도비스기 후기 상서리통 및 사일루리아기 곡산통 지층이 충돌대에서 북쪽으로 충상되어 평남분지 지역에 놓이게 되었으며, 이들이 조산운동 동시성(syn-tectonic) 또는 조산운동 이후(post tectonic) 삭박 및 퇴적작용으로 대동누층군에 해당하는 송림산통 기저부의 송림역암의 퇴적당시 역을 공급한 기원지의 일부였을 가능성을 제기하고자 한다. 1970년대 초반 신계-곡산도폭 지질조사에서 처음으로 밝혀진 사일루리아

층과 이후 인지된 오르도비스기 상부층은 오늘날 그 분포 면적이 도합 10 km² 이내로 좁으며 특히 송림-황주지역에 분포하는 상부 오르도비스기층은 송림역암의 분포지에서 직선거리로 10 km 남짓 떨어져 있어 송림역암의 중기 고생대 동물화석을 포함한 각력을 공급한 기원지의 잔유물임을 암시한다. 이 사실은 또한 송림역암 퇴적 당시에는 남중국동물군의 특징적 화석을 포함하는 중기-후기? 고생대의 석회질 퇴적층이 평남분지 지역에 넓게 분포했을 가능성을 시사하고 있다.

지역적으로 분포 및 층서양상이 매우 다르게 나타나며 암상이 횡적으로 급변하는 것으로 미루어 송림산통은 지역에 따라 하천 및 호수 환경에서 형성된 조립질 쇄설성 퇴적암으로 구성된 intermontane 또는 piggyback basin 형태의 foreland basin 퇴적체였을 가능성이 큰 것으로 생각된다. 특히 송림역암의 하부층에 포함된 중기 고생대 동물화석을 포함하는 조립질(직경 10-20 cm, 최대 약 50 cm) 석회질 각력들은 현재 송림산통이 노출된 지역에서 매우 가까운 곳에서 공급된 것이다. 이후 주변지역에 노출된 다양한 암층에서 기원한, 황주계의 전기 고생대 화석들을 함유하는 원마도가 좋은 점판암질 역들이 송림역암의 상부층에 퇴적되었으며, 이는 경사가 급한 intermontane 형태의 분지에서 시작된 송림역암의 퇴적이 drainage basin이 넓어지면서 더 넓은 지역에서 유입된 퇴적물을 송림산통에 퇴적시킨 것이라는 해석이 가능하다.

사 사

이 논문은 2011년도 한국연구재단의 과학기술국제화사업 남북 과학기술 및 학술협력사업(K2090300113811 D010000810)과 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 2011201030006B)을 받아 수행되었다. 초기 원고의 거친 문장을 다듬어 주신 극지연구소 장순근 박사님께 감사드리며, 원고의 부족한 면을 채우고 유익하고 건설적인 조언을 주신 최덕근 교수님과 우수진 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

Choi, D.K. and Chough, S.K., 2005, The Cambrian-

- Ordovician stratigraphy of the Taebaeksan Basin, Korea: a review. *Geosciences Journal*, 9, 187-214.
- Chough, S.K., Kwon, S.-T., Ree, J.-H. and Choi., D.K., 2000, Tectonic and sedimentary evolution of the Korean Peninsula: a review and new view, *Earth-Science Reviews*, 101, 225-249.
- Cluzel, D., 1992, Formation and tectonic evolution of early Mesozoic intramontane basins in the Ogcheon Belt (South Korea): A reappraisal of the Jurassic "Daebo orogeny". *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 223-235.
- Cluzel, D., Cadet, J. P. and Lapiere, H., 1990, Geodynamic of the Ogcheon Belt (South Korea). In: J. Angelier (Editor), *Geodynamics Evolution of the Eastern Eurasian Margin*, Tectonophysics, 183, 41-56.
- Cluzel, D., Jolivet, L. and Cadet, J.P., 1991, Early middle Paleozoic intraplate orogeny in the Ogcheon Belt (South Korea). A new insight on the Paleozoic buildup of East Asia. *Tectonics*, 10, 1130-1151.
- Hamada, T., 1958, Gotlandio-Devonian Systems in Korea and Northeastern China. *J. Geol. Soc. Japan*, 66, 263-278.
- Inoue, K., 1907, Geology and mineral resources of Korea. *J. Geol. Soc. Japan*, 19, 523-853.
- Kim, D.S., 1990, *Biostratigraphy*. Kim Il Sung University Press, Pyeongyang. 287 p (in Korean).
- Kobayashi, K., 1930, The significance of the unconformity at the base of the Daido (Daedong) Formation. *J. Geol. Soc. Japan*, 37.
- Kobayashi, K., 1935, The Cambro-Ordovician formations and faunas of south Chosen, *Palaeontology*, Part 3. Cambrian faunas of south Chosen with a special study on the Cambrian trilobite genera and families. *Journal of the Faculty of Sciences, Imperial University of Tokyo, Section II*, 4, 49-344.
- Laub, R.S., 1979, The Corals of the Brassfield Formation (mid-Llandovery; Lower Silurian) in the Cincinnati Arch region. *Bulletins of American Paleontology*, 75 (305), 1-432.
- Nakamura, S., 1926, Stratigraphy and Structure of Proterozoic and Cambrian in the vicinity of Shogen, Korea. *Chikyū*, 6, 400 p.
- Om, H.Y., Kim, Y.H. and Ryang, C.C., 1996, Paleozoic Era. In: *Geology of Korea Foreign Languages Book Publishing House*, Pyeongyang, 80-164.
- Pak, Y.S., 1976, Lower and Middle Paleozoic Coral fossils in Pyongnam Basin. Unpublished thesis, Kim Il Sung University, Pyeongyang, 93 p (in Korean).
- Pak, Y.S., 1983a, On the *Agetolites* in Upper Ordovician strata of Korea. *Geology and Geography*, 1, 4-6 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1983b, On the *Agetolitella* in Upper Ordovician strata of Korea. *Geology and Geography*, 1, 15-16 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1984, Some new Opinions about the Pyongnam Basin. *Geology and Geography*, 4, 46-48 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1985a, Some Coral fossils found in Silurian strata (1)- *Palaeofavosites* and *Mesofavosites* from Silurian strata of Korea. *Geology and Geography*, 2, 31-34 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1985b, Some Coral fossils found in Silurian strata (2)- *Favosites* and *Sapporipora* from Silurian strata of Korea. *Geology and Geography*, 3, 17-19 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1985c, Some *Heliolitida* found in Korea (4). *Geology and Geography*, 4, 15-17 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1985d, Some *Halysitidae* and *Syringoporida* found in Korean Silurian strata. *Geology and Geography*, 4, 33-35 (in Korean).
- Pak, Y.S., 1986, Miru Series (Upper Ordovician) and Koksan Series (Silurian) in Korea. *Academy of Sciences Report of D.P.R of Korea*, 5, 47-50 (in Korean).
- Pak, Y.S. and Kang, J.G., 1987, Upper Ordovician to Devonian Paleogeography of Korea. *Geology and Geography*, 3, 44-48 (in Korean).
- Ree, J.-H., Cho, M., Kwon, S.-T. and Nakamura, E., 1996, Possible eastward extension of the Chinese collision belt in South Korea: Imjingang Belt. *Geology*, 24, 1071-1074.
- Shimamura, S., 1929, *Geological Atlas of Chosen*, Geol. Surv., Govt.-Gen., Chosen, No. 8, Kenjiho Shariin and Sainei Sheets.
- Shimizu, S., Ozaki, K. and Obata, T., 1934, Gotlandian Deposits of Northwest Korea. *Jour. Shanghai Sci. Inst., Sect. II*, 1, 59-85.
- Yabe, H. and Sugiyama, T., 1937, Gotlandian *Clathrodictyon* from Tyosen (Korea). *Trass. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, No. 9.
- Yamaguchi, T., 1951, On the so-called Yeoncheon System and its regional metamorphism. *J. Geol. Soc. Japan*, 57, 419-438.

투 고 일 : 2012년 11월 14일
 심사 일 : 2012년 11월 15일
 심사완료일 : 2013년 1월 16일