

중국 산둥(山東)지역 루씨지구(魯西地區: Luxi Block) 캄브리아계 층서 소개

최덕근¹, 이승배¹, 이현석¹, 강임성¹, 우주선¹, 문상준¹, 박태윤¹, 韓作振², 陳吉濤²

¹서울대학교 지구환경과학부, 151-747 서울특별시 관악구 신림9동 산 56-1, dkchoi@snu.ac.kr

²College of Geo-Information Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, 579 Qianwangang Street, Qingdao, Shandong, 266510 People's Republic of China

요 약: 북중국에는 캄브리아기 지층이 넓게 노출되어있다. 이 연구에서는 전기 고생대 동안 한반도와 함께 중한지괴에 속했던 산둥지역 루씨지구의 캄브리아계를 소개하고 현재까지 연구결과를 보고한다. 산둥반도 서쪽에 자리한 루씨지구는 중국 화북지층구 화북본부지층분구에 속하며, 하부 고생대층이 넓게 분포하여 북중국의 하부 고생대층을 대표한다. 이 지역의 캄브리아계는 쇠철성 퇴적암과 탄산염암이 교호하며, 암석층서적으로 하부로부터 리구안층, 주사동층, 만터우층, 구산층, 차오미디엔층으로 구분되는데, 일부 지역에서는 썬산쯔층을 포함하기도 한다. 현재 루씨지구에서 알려진 생층서대는 모두 21개로 하부로부터 *Megapalaeolenus*, *Redlichia chinensis*, *Yaojiayuela*, *Shantungaspis*, *Hsuehuangia-Ruichengella*, *Ruichengaspis*, *Sunaspis*, *Poriagraulos*, *Bailiella*, *Lioparia*, *Crepicephalina*, *Amphoton-Taitzuia*, *Yabeia*, *Blackwelderia-Damesella*, *Drepanura*, *Chuangia*, *Changshania-Irvingella*, *Kaolishania*, *Ptychaspis-Tsinania*, *Quadraticephalus*, *Mictosaukia*대이다. 루씨지구는 암석층서와 생층서 양면에서 태백산분지의 태백층군과 잘 대비되기 때문에 루씨지구의 층서고생물학적 연구는 전기 고생대 동안 한반도의 지질학적 진화과정을 규명하는데 도움을 주리라 기대된다.

주제어: 북중국, 루씨지구, 캄브리아기, 암석층서, 생층서

머리말

태백산분지는 강원도 남부 일대에 위치하며, 하부 고생대층과 상부 고생대층을 대표하는 조선누층군과 평안누층군의 구분포지이다. 조선누층군은 일찍이 20세기 초반에 연구가 시작되어 오랫동안 지질학자들의 관심을 끌어들였다(Choi and Chough, 2005에 수록된 참고문헌 참조). 그동안 조선누층군에 관한 연구가 활발히 이루어진 배경에는 그 속에 전기 고생대 동안 한반도의 시간층서적, 고지리적 정보가 담겨있기 때문이다.

조선누층군은 기본적으로 천해환경에서 쌓인 탄산염암과 사암 그리고 셰일로 이루어진다. 조선누층군은 암상과 지역적 분포에 따라 태백층군, 영월층군, 용탄층군, 평창층군, 문경층군으로 구분된다(Choi, 1998). 이 중에서 삼엽충 화석이 풍부하게 산출되는 태백층군과 영월층군은 동일시기에 퇴적되었음에도 불구하고 화석군의 내용이 다르기 때문에 생층서분대의 체계가 다르며, 고지리 해석에서도 많은 논쟁의 대상이 되어왔다. Cluzel *et al.* (1991)은 영월층군과 태백층군이 각기 남중국 지괴와 북중국 지괴에 속하며 두 지괴의 충돌 작용에 수반되어 현재와 같이 인접하게 되었다고 주장한 반면, 최근 조선누층군의 암상과 화석군 내용을 바탕으로 태백산분지는 전체적으로 전기 고생대 기간 중 중한지괴(Sino-Korean Block)에 속했었다는 주장이 제기되었다(Chough *et al.*, 2000; Choi *et al.*, 2001, 2003). 이 고지리 모델에 의하면, 전기 고생대 동안 한반도는 남립육괴, 경기육괴 및 영남육괴 3부분으로 나뉘어져 있었고, 그 중에서 남립육괴와 영남육괴는 중한지괴에 그리고 경기육괴는 양자지괴에 속해 있었다(Fig. 1). Choi *et al.* (2001)은 삼엽충 화석군집의 특성을 바탕으로 당시 태백산분지와 북한지역의 평남분지는 지리적으로 연결되어 있었으며, 이들은 함께 중한지괴의 가장자리를 차지하고 있었다고 주장하였다.

캄브리아기 삼엽충 화석군을 고생물지리구 측면에서 보면, 태백층군은 황허동물구(黃河動物區: Hwangho

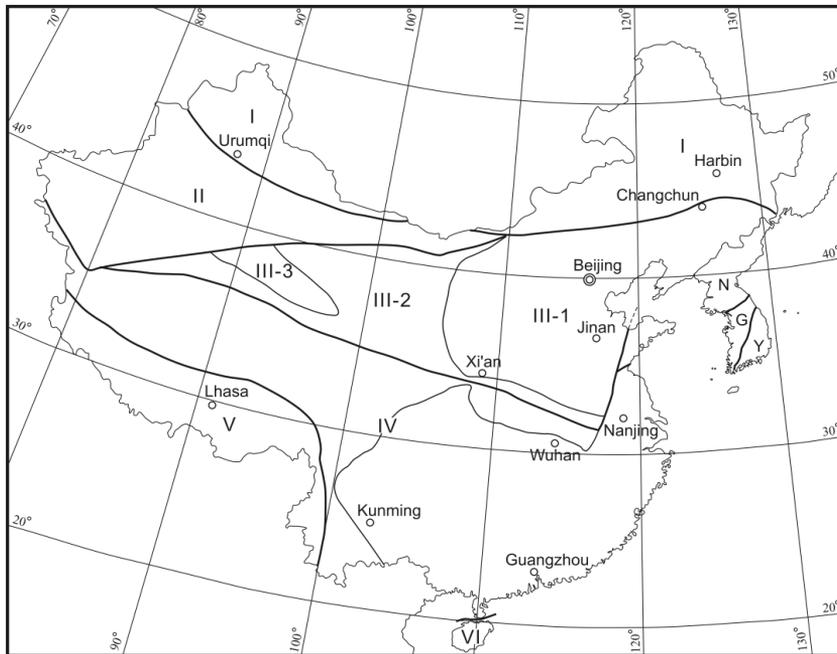


Fig. 1. Tectonic and stratal division of China and Korea. I=Siberian Province, II=Taimyr Province, III=North China Province; III-1=Main North China Subprovince (North China Platform), III-2=Kunlun-Qilian-Northern Qinling-Mongolia Subprovince, III-3=Peri-North China Platform Subprovince, IV=South China Province, V=Nanya-Dantai Province, VI=Nanhai Province, N=Nangrim Massif, G=Gyeonggi Massif, Y=Youngnam Massif (Modified from Xiang *et al.*, 1999).

Faunal Province)에 그리고 영월층군은 지안난동물구(江南動物區: Jiangnan Faunal Province)에 속하는 것으로 알려져 있다(Kobayashi, 1967). 황허동물구는 칭링(秦嶺: Qingling)산맥 북쪽의 북중국 일대와 평남 분지 그리고 태백산분지의 태백층군을 포함하며, 지안난동물구는 칭링산맥 남쪽의 남중국 대부분을 차지한다. 지난 10여년간 삼엽충 화석 연구에 의하여 영월층군 삼엽충 화석에 대한 내용은 잘 알려졌지만(Choi, 1998), 태백층군 삼엽충 화석에 대한 연구는 상대적으로 미진하다. 그런데, 최근 남중국의 삼엽충 화석군에 관한 연구가 활발히 이루어져(Peng, 1990, 1992; Peng *et al.*, 2004) 영월층군의 삼엽충 화석군과의 비교에 좋은 자료를 제공해 주고 있는 반면, 북중국의 삼엽충 연구는 미흡하여 태백층군의 자료와 비교하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 태백층군의 삼엽충 화석군에 대한 분석과 아울러 북중국 자료를 직접 검토하는 일이 효율적이라고 판단하였다.

필자들은 북중국 삼엽충 화석군을 조사하기 위하여 캄브리아기 지층이 잘 드러난 중국 산둥성(山東省) 루씨(魯西: Luxi)지구를 연구대상지역으로 선정하였다. 루씨지구는 탄루(鄒魯: Tanlu) 단층대의 서쪽 산둥성 중서부를 차지하고 있다(Fig. 2). 이 지역에는 거의 변형을 받지 않은 캄브리아기 지층이 넓게 분포할 뿐만 아니라 암석의 노출상태가 좋기 때문에 100여년 전부터 서구학자들에 의한 지층과 화석의 연구가 시작되었으며(Bergeron, 1899; Monke, 1903; Woodward, 1905; Lorenz, 1904, 1905, 1906; Blackwelder, 1907; Walcott, 1913) 그 결과 루씨지구는 북중국 캄브리아계 층서 표식지가 되었다. 20세기 중·후반에도 북중국 캄브리아계에 대한 연구는 꾸준히 계속되었지만, 연구가 활발했던 남중국이나 만주지방에 비해 루씨지구에 대한 관심은 상대적으로 덜했다.

루씨지구에 대한 필자들의 연구는 2003년 여름 산둥성 일대에 대한 예비답사를 시작으로 매년 봄과 가을 두 차례의 야외조사로 이어졌다. 이 연구에는 산동과학기술대학 한주오전(韓作振) 교수와 대학원생들이 참여하고 있다. 2003년 가을 본격적인 고생물학적 조사가 시작되었으며, 2004년 가을에는 퇴적학적 연구가 추

가되었다. 이 논문에서는 중국 산둥지역 루씨지구의 캄브리아계에 대해 소개하고, 현재까지 진행되어온 층서 고생물학적 연구결과를 보고하려고 한다.

북중국의 캄브리아계 개관

중국의 캄브리아계는 판구조운동과 관련된 고지리적 위치와 고생물학적, 퇴적학적, 그리고 구조적 진화·변천사에 따라서 6개 지층구, 즉, 시베리아지층구(Siberian Province), 타림지층구(Talimu Province), 화북지층구(North China Province), 화남지층구(South China Province), 남아-단태지층구(Nanya-Dantai Province) 및 남해지층구(Nanhai Province)로 구분된다(Xiang *et al.*, 1999; Fig. 1). 중한지괴는 화북지층구, 양자지괴는 화남지층구에 해당하는데, 이 두 지괴는 중생대 초에 대륙 충돌로 합쳐지면서 현재 동아시아 지리의 골격 형성에 중요한 역할을 하였다. 화북지층구는 퇴적상에 따라 세 개의 분구(分區)로 나뉘며, 이 가운데 루씨지구는 북중국 동부를 차지하는 화북본부지층분구(華北本部地層分區: Main North China Subprovince)에 속한다(Fig. 2). 이 분구는 지린성(吉林省), 랴오닝성(遼寧省), 베이징(北京), 티엔진(天津), 허베이성(河北省), 산시성(山西省), 샨안씨성(陝西省) 일부, 닝샤회족자치구(寧夏回族自治區) 일부, 내몽고자치구(內蒙古自治區) 일부, 허난성(河南省) 일부, 산둥성(山東省), 안후이성(安徽省) 일부, 지양쑤성(江蘇省) 등을 포함하며, 동서로 약 1,500 km, 남북으로 약 1,000 km에 걸친 넓은 지역을 차지한다.

화북본부지층분구에 넓게 분포했던 북중국대지(North China Platform)에는 태백산 분지에서처럼 캄브리아기 초기부터 오르도비스기 후기까지 주로 석회암과 돌로스톤과 같은 탄산염암 그리고 이에 수반되는 쇠설성암이 퇴적되었다. 최고 2,000 m 두께에 달하는 이들 퇴적암에는 해수면 변동, 고기후 변화, 구조 운동의 역사가 뚜렷이 기록되어 있다. 화북본부지층분구의 남쪽과 북쪽에 있는 습곡대는 주로 전기 고생대의 심해저 퇴적물들로 이루어져 있어, 당시 작은 판이었던 중한지괴를 둘러싸는 깊은 바다 환경이 있었음을 지시한다(Meng *et al.*, 1997). 화북본부지층분구는 다시 노두의 분포와 퇴적상에 따라 동부, 중부, 서부, 남부지역으로 구분되는데(Fig. 2) 루씨지구가 속해있는 동부지역은 랴오닝성 서부, 허베이성, 산둥성, 지양쑤성 북부, 그리

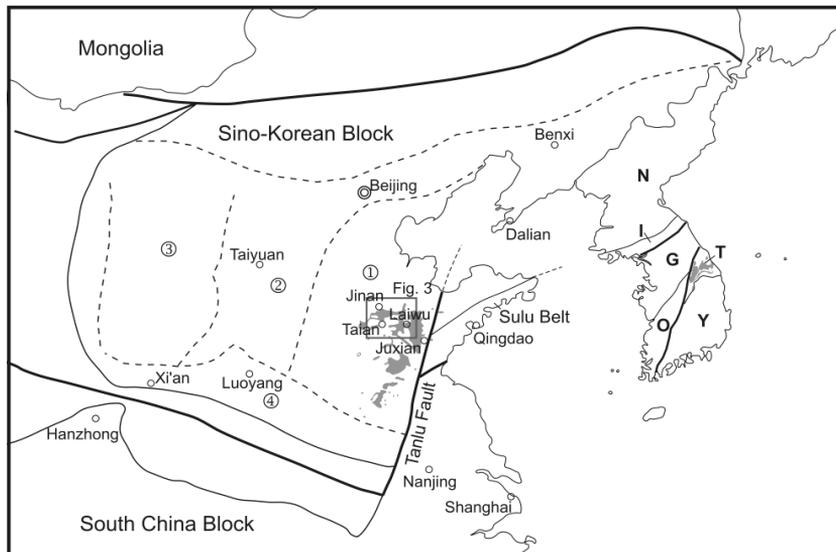


Fig. 2. Division of the Main North China Subprovince (North China Platform). Bold lines indicate major tectonic boundaries. Shaded areas represent the distribution of the Cambrian outcrops. ① Eastern area, ② Central area, ③ Western area, ④ Southern area. N, G, Y=same as Fig. 1, I=Imjingang Belt, O=Okchen Belt, T=Taebaeksan Basin (Modified from Zhang, 2003 and Chough *et al.*, 2000).

고 안후이성 북부를 포함한다.

화북본부지층분구 동부지역은 또 다시 세 개의 지구(block)-화북평원지구, 루씨지구, 루동지구-로 구분되며 이 연구의 대상 되는 캄브리아기 지층은 루씨지구(魯西地區)에 집중적으로 분포한다. 루씨지구의 캄브리아기 지층은 하부로부터 리구안층(李官層: Liguan Fm), 주사동층(朱砂洞層: Jushadong Fm), 만터우층(饒頭層: Mantou Fm), 장싸층(張夏層: Zhangxia Fm), 구산층(崗山層: Gushan Fm), 그리고 차오미디엔층(炒米店層: Chaomidian Fm) 등 6개의 층으로 구성된다(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996). 대략적으로 리구안층에서 만터우층 하부까지는 전기 캄브리아기, 만터우층 상부와 장싸층 그리고 구산층 중·하부는 중기 캄브리아기, 구산층 상부로부터 차오미디엔층 그리고 곳에 따라 썬산쯔층(山三子層: Sanshanzi Fm)의 일부까지 후기 캄브리아기에 해당한다. 북중국대지에 쌓인 전기 캄브리아기 지층은 지역에 따라 암상이 달라 다양한 지층명이 사용되고 있는데, 이는 당시 지역에 따라 해침 시기와 퇴적 환경이 달랐기 때문이다(Meng *et al.*, 1997). 북중국에서 캄브리아기 지층은 후기 원생대충인 칭바이커우층군(青白口層群 Qingbaikou Group)이나 선캄브리아기 변성암을 부정합으로 덮으며, 대부분 지역에서 오르도비스기 예리층(冶里層: Yehli Fm)에 의해 정합적으로 덮인다. 그러나 루씨지구에서는 돌로스톤으로 이루어진 썬산쯔층이 후기 캄브리아기 차오미디엔층 위에 놓인다. 따라서 북중국대지에서 캄브리아기-오르도비스기의 경계는 보통 예리층 최하부에 두는 반면, 루씨지구에서는 차오미디엔층과 썬산쯔층의 경계 또는 썬산쯔층의 하부 어딘가에 있으리라고 추정하고 있다(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996).

루씨(魯西)지구의 캄브리아계 지질과 층서

연구사

중국에서 캄브리아기 삼엽충에 대한 최초의 보고는 독일의 Dames (1883)에 의한 것으로, 그의 표본은 Richthofen이 요동반도에서 채집한 것이었다. 프랑스의 Bergeron (1899)은 산둥지역의 삼엽충 화석을 처음으로 기재하였으며, 이어서 Monke (1903), 영국의 Woodward (1905), 독일의 Lorenz (1905, 1906)가 연구에 참여하였다.

20세기에 접어들면서 산둥지역 삼엽충 연구에 미국이 참여하기 시작하였다. 유럽 학자들에 의한 중국 삼엽충 화석 연구에 자극을 받은 미국 국립자연사박물관의 Walcott는 Willis와 Blackwelder를 중국으로 보내어 산둥과 랴오닝지역의 캄브리아계 층서와 화석을 조사하는 임무를 맡겼다. 이들이 탐사한 내용은 Walcott (1905, 1906)에 의하여 개략적으로 소개되었으며, 산둥지역 캄브리아계 층서에 관한 세부적 내용은 Blackwelder (1907)에 의하여 발표되었다. 북중국의 캄브리아기 화석에 관한 체계적 연구는 Walcott (1913)에 의하여 종합되었는데, 그 논문에는 Willis와 Blackwelder가 채집한 표본 뿐 만 아니라 시카고대학의 Iddings가 랴오닝지역에서 채집한 화석을 포함하여 총 63속 245종의 다양한 화석이 기재되었으며, 그 중 삼엽충은 36속 175종이었다. Willis와 Blackwelder가 루씨지구에서 화석을 채집한 단면은 장싸(張夏: Zhangxia)지역과 지우룽산(九龍山: Jiulongshan)지역으로 현재 필자들도 이 지역을 중심으로 연구하고 있다(Fig. 3). Blackwelder (1907)는 장싸지역의 캄브리아계를 만터우셰일, 장싸석회암, 구산셰일, 차오미디엔석회암으로 그리고 지우룽산 지역의 캄브리아계를 만터우셰일과 지우룽층군으로 구분하였다.

이후 중국인으로서 삼엽충 연구를 이어받은 Sun (1924, 1935)은 허베이, 산둥, 산씨지역의 후기 캄브리아기 삼엽충을 기재하였다. 그는 허베이성 탕산(唐山: Tangshan)일대의 상부 캄브리아계를 집중적으로 조사하여 산둥지역 차오미디엔층에 대비되는 지층을 창산층(長山層: Changshan Fm)과 평산층(風山層: Fengshan Fm)으로 나누었다. 아울러 산둥지역 타이안(泰安) 부근의 파원커우(大汶口: Dawenkou)와 까오리산(蒿里山: Kaolishan) 일대에서 많은 삼엽충 화석을 새로 보고하였다. 그 후, 한동안 산둥지역 삼엽충 화석 연구는 거의 이루어지지 않다가 Lu and Dong (1953)에 의하여 재개되었다. Lu and Dong (1953)은 만터우층 상부를 마오주양층(毛庄層: Maozhuang Fm)과 쉬주양층(徐庄層: Xuzhuang Fm)으로 나누었으며, 이 결과 루씨지

구 캄브리아계는 한동안 하부로부터 만터우층, 마오주양층, 쉬주양층, 장싸층, 구산층, 창산층, 평산층의 7개 층으로 구분되었다. 1950년대 후반과 1960년대에 걸쳐서 북중국 삼엽층 연구는 여러 학자들에 의하여 수행되었으며(Lu, 1954, 1962; Zhang, 1957, 1959; Lu *et al.*, 1965), 최근 Zhang and Jell (1987)에 의하여 캄브리아기 삼엽층에 대한 종합적인 검토가 시도되었다. 그들은 미국 국립자연사박물관에 소장되어 있던 북중국 삼엽층 화석(1913년 Walcott에 의하여 연구되었던)을 현대적 분류 개념으로 재검토하였다.

그런데, 루씨지구에서 오랫동안 사용되어온 암석층서 단위들은 암상의 특징에 생층서 정보가 혼합된 개념으로 시간층서단위와 혼동되어 사용되어왔다. 이러한 문제점을 해결하려는 시도의 일환으로 1996년 산둥성 지질광물자원국(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996)에서 발간한 ‘산둥지역의 층서’와 중국의 캄브리아계를 종합한 Xiang *et al.* (1999)의 연구에서는 루씨지구의 캄브리아계 암석층서를 하부로부터 리구안층, 주사동층, 만터우층, 장싸층, 구산층, 차오미디엔층으로 재정비하였고, 이 연구에서는 이 제안을 따랐다(Table 1).

연구 지역

현재 필자들이 연구하고 있는 산둥성 루씨지구는 크게 장싸지역과 지우룽산지역으로 나뉜다(Fig. 3). 이 두 지역은 일찍이 Blackwelder (1907)에 의하여 조사가 시작된 이래, 많은 후속 연구가 이루어져 북중국의 캄브리아계 표준지역이 되었다. 행정구역상, 장싸지역은 지난시(濟南市: Jinan) 창청현(長淸縣: Changqing)에 그리고 지우룽산지역은 라이우시(萊蕪市: Laiwu) 강청구(鋼城區: Gangcheng)에 속한다.

장싸(張夏)지역

장싸지역은 산둥성의 중·상부 캄브리아계의 표식지이다. Willis와 Blackwelder에 의해 1903년 연구가

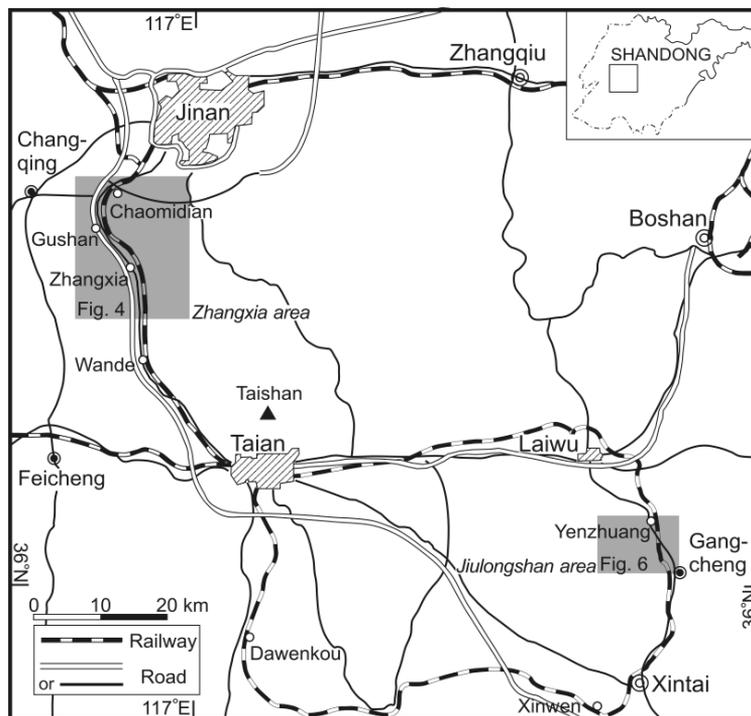


Fig. 3. Index map of study area in Shandong. Zhangxia and Jiulongshan areas are shaded and shown in detail in Fig. 4 and Fig. 6 respectively.

Table 1. Brief history of the stratigraphic research and modern stratigraphical framework of the Cambrian System of the Luxi Block.

Blackwelder, 1907		Sun, 1924 Sun, 1937		Lu & Dong, 1953	Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996			
Zhangxia		Xintai	Zhangxia	Taian	Zhangxia			
						Luxi		
Ordovician	Jinan Limestone		Ordovician	Jinan Formation		Ordovician	Dawanian	Majiagou Formation
							Honghuayuanian	
Upper Cambrian	Chaomidian Limestone	Upper Cambrian	Zhijiaoshi Formation	Kaolishan Formation	Upper Cambrian	Fengshan Series	Fengshanian	Chaomidian Formation
			Chaomidian Formation	Gushan Formation		Changshan Series		
Middle Cambrian	Gushan Shale	Middle Cambrian	Gushan Formation	Wenshui Formation	Upper Cambrian	Gushan Series	Kushanian	Gushan Formation
						Zhangxia Limestone		Zhangxia Formation
Lower Cambrian	Mantou Shale	Lower Cambrian	Mantou Formation		Lower Cambrian	Xuzhuang Series	Hsichuangian	Mantou Formation
						Maozhuang Series		
						Mantou Series	Lungwangmiaoan	Zhushadong Formation
Pre-Cambrian	Taishan Complex	Pre-Cambrian	Granite		Pre-Cambrian	Granite	Tsanglangpuan	Liguan Formation
							Zhendan Period	Tongjiashuang or Fulaishan Formation

시작된 이래, Blackwelder (1907)에 의해 만터우층, 장싸층, 구산층이 각각 만터우산(饒頭山: Mantoushan), 후터우안(虎頭崖: Hutouyan), 탕왕자이(唐王寨: Tangwangzhai) 단면에서 명명되었고, 차오미디엔층은 탕왕자이와 판주양(范庄: Fanzhuang) 단면에서 정의되었다(Figs. 4, 5). 1953년 Lu and Dong 은 이 지역의 삼엽층과 층서를 다시 연구하였지만, 삼엽층 화석에 대한 고생물학적 기재는 하지 않았다.

기본적으로 이들 표식지를 대상으로 재조사를 시작하였으나, 장싸층의 표식지인 후터우안 단면은 접근성과 노두 상태의 불량으로 조사 대상에서 제외하였다. 만터우층의 표식지인 만터우산 단면에서는 선캄브리아기 화강편마암 위에 부정합적으로 퇴적된 주사동층으로부터 장싸층 하부까지 관찰할 수 있는데, 노두의 상하 연장성이 비교적 좋은 주사동층과 만터우층의 중·하부를 중심으로 조사하였으며(Fig. 5A), 만터우층 상부는 리엔타이산호텔(蓮臺山賓館: Liantaishan Hotel) 부근에서 새로 찾은 단면에서 조사하였다. 리엔타이산호텔 단면에는 만터우층 중부로부터 장싸층 중부에 이르는 구간이 연속적으로 노출되어 있으나, 접근성을 고려할 때 만터우층 중·상부의 조사가 용이하였다. 이 단면은 만터우층 표식지인 만터우산으로부터 가까우며(약 3 km) 퇴적상에서도 큰 차이가 없어 만터우산 단면을 보완하기에 적절하다.

장싸층의 종합적인 연구는 표식지가 아닌 다른 지역에서 이루어졌는데, 주변 지역을 조사하는 과정에서 노두의 연장성이 좋은 베이추안쯔(北泉子: Beiquanzi) 단면을 발견함으로써 가능하게 되었다(Fig. 5B). 베이추안쯔 단면은 후터우안 단면으로부터 남동쪽으로 약 5.5 km 떨어져 있으며, 산 아래 마을에서부터 산 정상에 이르기까지 만터우층 최상부로부터 구산층에 이르는 연속성이 우수한 노두가 드러나 있다. 큰 도로에서 상대적

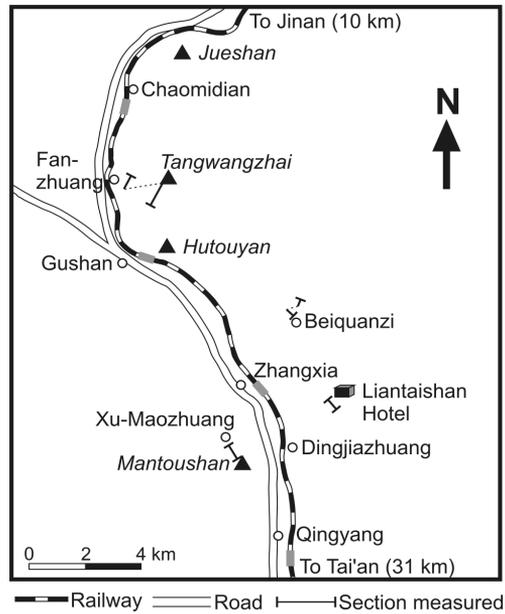


Fig. 4. Zhangxia area showing the type and newly measured sections. The measured sections are indicated by bars (—).

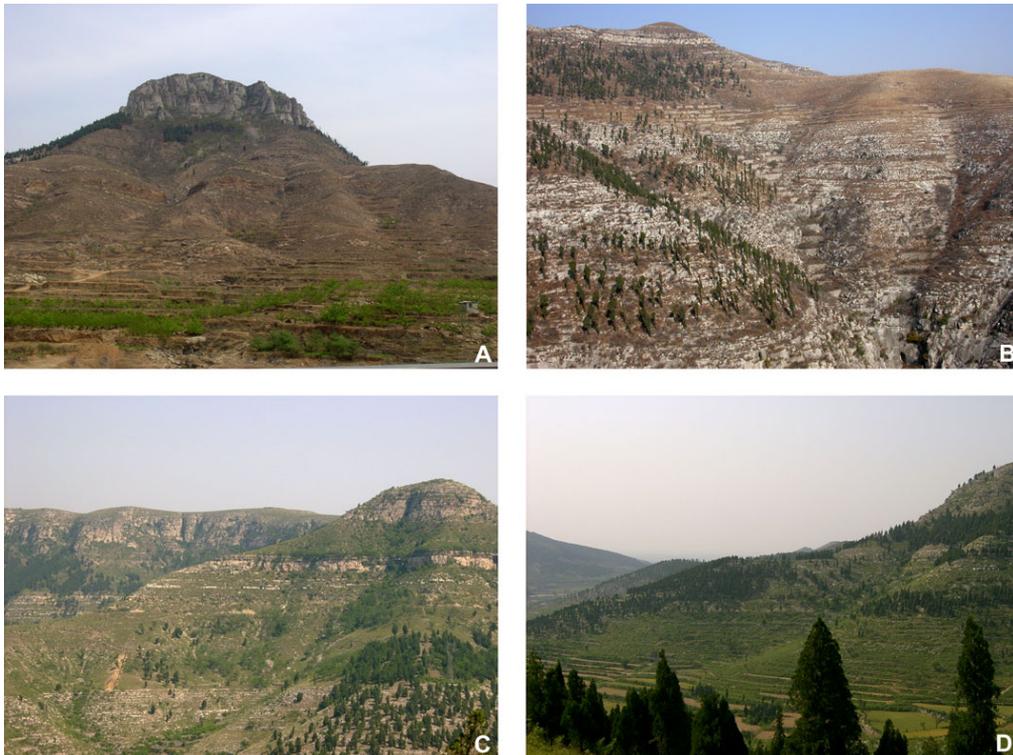


Fig. 5. Photographs of measured sections. A. Mantoushan: The summit of the mountain is the lower part of the Zhangxia Formation. B. Beiquanzi: The grassland near the top corresponds to the Gushan Formation. C. Tangwangzhai: The research trench is shown in the lower left. D. Fanzhuang: Left part of the ridge was measured. Locations are indicated in Fig. 4.

으로 멀리 떨어져있지만 노출성이 좋기 때문에 장싸층을 조사하기에 가장 적당한 지역으로 판단하였다.

탕왕자이에서 판주앙에 이르는 지역에서는 장싸층 상부에서 오르도비스기인 썬산쯔층 하부에 이르는 지층이 연속적으로 노출되어 있다. 장싸층 상부, 구산층, 차오미디엔층 하부는 탕왕자이 단면에서(Fig. 5C), 차오미디엔층 상부는 판주앙 단면에서 주로 조사하였다(Fig. 5D). 탕왕자이 단면에서 조사한 장싸층 상부는 베이추안쯔 단면의 자료를 보완해 주었다.

지우룽산(九龍山)지역

지우룽산 지역은 장싸지역으로부터 남동쪽으로 약 90 km 떨어진 라이우시와 썬타이시(新泰市) 경계 지역을 따라 캄브리아기 지층이 동서로 넓게 분포하고 있는 곳이다(Fig. 6). 이 지역은 Willis와 Blackwelder에 의해 1903년 연구가 시작된 이후, 1980년에 여러 학자들에 의하여 재조사된 곳으로, 캄브리아기 지층이 거의 완벽하게 노출되어 있고 풍부한 삼엽충 화석의 산출지로 알려져 있다. 지우룽산 지역의 조사는 2005년 봄부터 본격적으로 이루어져 현재 시작 단계이기 때문에, 이 연구에서는 장싸지역의 조사 자료를 중심으로 암석층서를 기술하겠다.

암석층서(Lithostratigraphy)

루씨구역의 캄브리아기는 크게 창칭층군, 지우룽층군으로 분류된다. 지우룽층군은 Blackwelder (1907)에 의해 처음으로 제안된 반면, 하부의 창칭층군은 최근 산둥성 지질광물자원국(Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources, 1996)에 의해 명명되었다. 창칭층군은 하부로부터 리구안층, 주사동층, 만티우층까지, 지우룽층군은 장싸층, 구산층, 차오미디엔층과 오르도비스기에 걸쳐 있는 썬산쯔층까지 포함한다(Table 1).

리구안층(李官層: Liguan Fm)

리구안층은 지우룽산으로부터 남동쪽으로 110 km 떨어진 산둥성 리구안에서 정의된 루씨지구 캄브리아계의 최하부층이다. 두께는 20-40 m로 주로 석영질 사암으로 구성되며, 붉은색 또는 황록색 이암이 약간 포함되는 것으로 알려져 있다. 지역에 따라 최하부에 각력암이 존재하기도 한다. 리구안층은 장싸와 지우룽산 지역까지 연장되지 않고, 루씨지구의 남동부에만 국한된다고 알려져 있다.

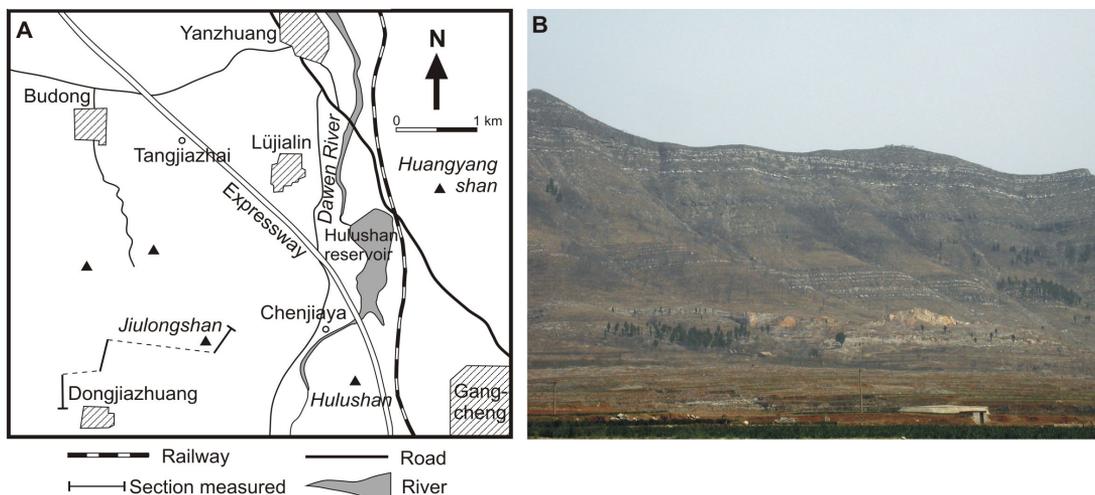


Fig. 6. A. Jiulongshan area. The measured sections are indicated by bars (▬). B. Photograph of southern face of Jiulongshan section exposing upper part of Zhangxia, Gushan, and lower part of Chaomidian Formations.

주사동층(朱砂洞層: Jushadong Fm)

장싸지역에서 선캄브리아기 화강편마암 위에 부정합적으로 놓이는 주사동층은 처음 허난성에서 주사동 석회암계로 명명되었다. 주로 석회암과 돌로스톤으로 이루어지며, 곳에 따라 두께가 100 m에 이르기도 한다. 만터우산 단면에서 주사동층은 상부만 잘 노출되어 있다. 총 두께는 약 26 m이며, 주로 파상 또는 렌즈상 엽층리(wavy and lenticular lamination)를 보이는 돌로스톤으로 이루어져 있다.

만터우층(饅頭層: Mantou Fm)

만터우층은 만터우세일로 불렸으며, 주로 이암으로 이루어져 있다. 두께는 200 m 이상이라고 알려져 있으나, 만터우산 단면에서 이 층의 두께는 125 m 남짓이며, 그 위에 약 40 m 남짓의 구간은 노출이 좋지 않다 (Fig. 7). 만터우층의 특징은 붉은 색을 띠는 이암으로, 하부에는 균질하거나 평행한 엽층리를 보이는 붉은 이암이 석회이암과 교호하는 양상이며, 스트로마톨라이트, 파상 또는 렌즈상 층리(wavy and lenticular bedding) 같은 퇴적구조와 특징적으로 소금흔(halite casts)이 발견된다. 이에 비해 상부는 주로 어두운 붉은 색의 실트질 이암들이 석회입자암 또는 석회역암들과 교호하는 양상을 보이며, 이암에서 사층리 또는 언덕사층리(hummocky cross-stratification) 구조가 자주 발견된다. 리엔타이산호텔 단면 관찰 결과 만터우산층 최상부 40여 미터 구간에는 다시 붉은 색을 띠는 세일이 우세하다.

장싸층(張夏層: Zhangxia Fm)

만터우층 위에 놓이는 장싸층은 특징적인 두꺼운 석회암층으로 루씨지구 대부분 지역에서 가파른 절벽을 이루고 있다. 베이추안쯔 단면에서 측정된 장싸층의 두께는 약 182 m 이다. 하부 60 m 남짓의 구간은 주로 우우이드(oid) 또는 온코이드(oncooid)로 이루어진 석회입자암과 생교란 석회이암으로 이루어져 있는데 반하여 나머지 상부 구간은 주로 조류(algae)에 의하여 만들어진 스롬블라이트(thrombolite)와 석회입자암이 교호한다. 이 스롬블라이트의 하부는 평평하지만 상부는 다양한 규모의 돔(dome)형을 이루는 경우가 많고, 입자암은 돔과 돔 사이를 메우고 있다.

구산층(崗山層: Gushan Fm)

구산세일로 불렸던 구산층은 다시 세일이 우세해지는 구간으로 장싸층의 전형적 입자암이 끝난 후 처음 세일이 나타나 끝나는 구간으로 정의되었다. 표식지인 탕왕자이 단면에서 층의 두께는 약 55 m 인데, 노두가 토양으로 덮여 잘 드러나 있지 않기 때문에 부분적으로 굴착하여 조사하였다(Fig. 5C). 이 층에서 이암은 만터우층과 마찬가지로 붉은 색 또는 자주색을 띠지만 더 세립질이다. 구산층 하부 경계는 장싸층 최상부의 우우이드 입자암이 끝나는 층준에 설정하였다. 구산층 최하부 수 십 센티미터 구간에서는 석회암과 이암이 교호하지만 바로 위의 자주색 세일 구간에는 석회암이 거의 끼이지 않는다. 이 자주색 세일 구간을 지나면 세일과 석회이암이 호층으로 나타나며 석회역암이 끼이기도 한다. 세일이 우세한 구간에서는 유층단계 삼엽층 표본들이 육안으로도 식별될 만큼 잘 보존되어 있다.

차오미디엔층(炒米店層: Chaomidian Fm)

캄브리아기 최상부층인 차오미디엔층은 주로 석회암으로 이루어진 두꺼운 층이다. 탕왕자이 단면과 판주양 단면을 조사하여 종합한 결과 총 두께는 약 190 m에 이른다. 같은 석회암이지만 차오미디엔층을 이루고 있는 퇴적상은 장싸층보다 다양하다. 하부 약 70 m 구간은 주로 석회이암과 세일이 얇은 호층을 이루는 퇴적상에 석회역암이 자주 끼이는 양상을 보인다. 중부에는 두께가 최고 7 m에 달하는 스롬블라이트 바운드스톤(boundstone) 층들이 있다. 하부 구간에서 특징적인 것은 석회역암인데, 석회역 가장자리에 붉은 산화 띠가 있다는 점이다. 상부 120 m 구간에서는 주로 생교란 석회이암 또는 와케스톤(wackestone)에 불연속적으로 얇은 석회역암 또는 입자암이 교호한다. 차오미디엔층의 석회입자암들은 장싸층의 우우이드 또는 생쇄설입자암(bioclastic grainstone)과는 달리 주로 펠로이드(peloid)로 이루어져 있다. 전반적으로 비슷한 암상이

반복되고, 석회역암이나 입자암들의 횡적 연장성이 좋지 않기 때문에 단면들끼리 대비하기가 쉽지 않다. 화석도 적어 삼엽충과 연체동물, 또는 극피동물의 파편이 드물게 발견될 뿐이다. 최상부 10 여 미터 구간에서 돌로마이트 성분이 증가하는데, 이들은 생고란 흔적을 채우거나 얇은 층을 이루고 있어 주로 돌로스톤으로 이루어진 산산층으로의 점이적인 변화를 나타낸다.

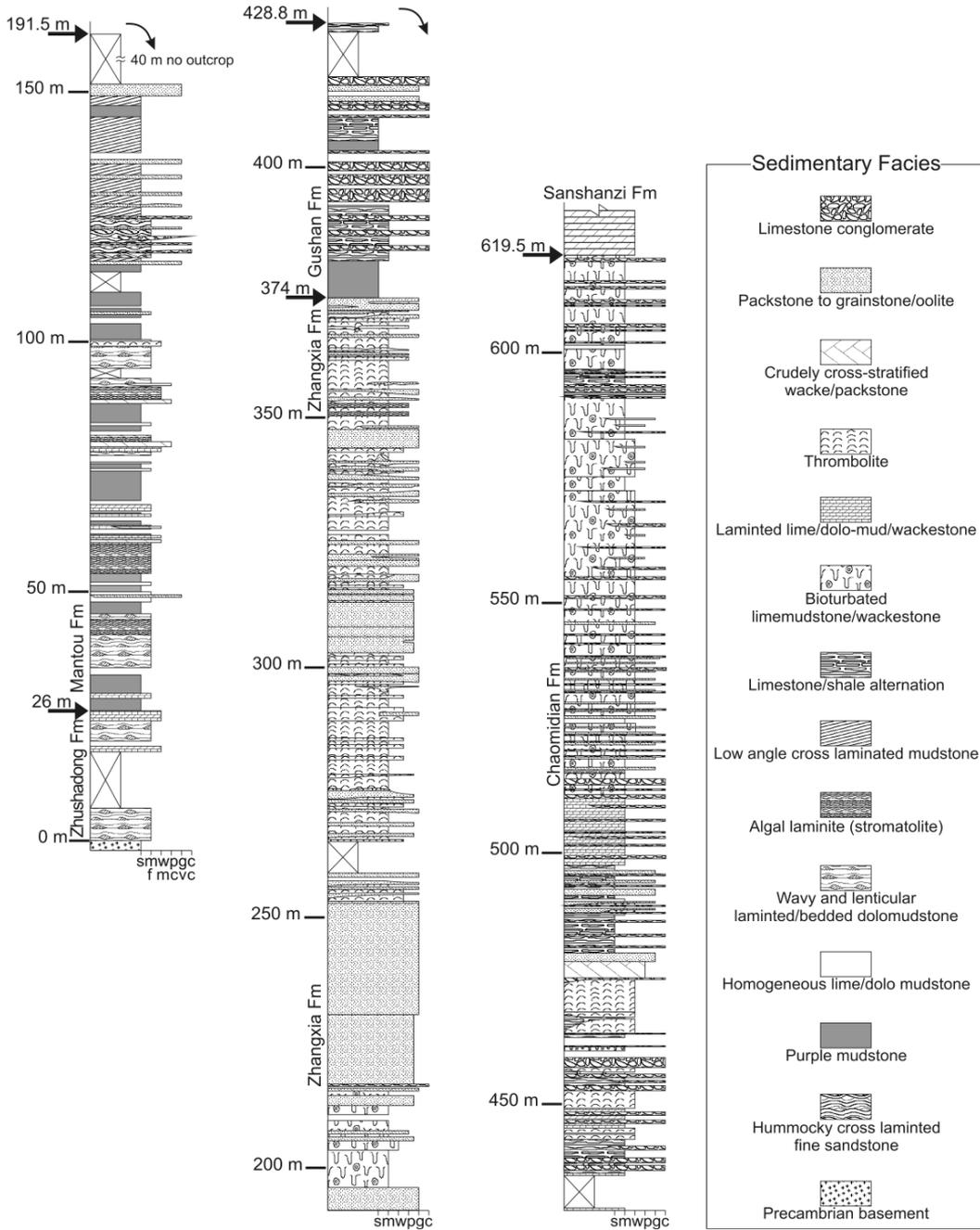


Fig. 7. Simplified stratigraphic columns for the Cambrian System of Zhangxia area. Arrows indicate the formation boundaries.

생층서(Biostratigraphy)

루씨지구에 대한 종합적인 생층서 단위의 설정은 Lu and Dong (1953)에 의하여 시도되었으며, 이 연구에서 17개의 생층서대가 제안된 이래 이 지역은 북중국 캄브리아기 생층서의 표준이 되었다. 그 후, 여러 학자에 의하여 보완이 이루어져(Xiang et al., 1981; Zhang and Jell, 1987; Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996; Zhang, 2003), 현재 루씨지구에서는 20여개의 생층서대가 인지되고 있으나 학자에 따라서 견해의 차이가 있다. 아래에서는 루씨지구에서 알려진 각 생층서대를 오래된 순으로 간략히 소개한다(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996; Table 2).

*Megapalaeolenus*대

루씨지구 남부에서 설정된 가장 오랜 생층서대로 주사동층 상부에서 발견된 *Megapalaeolenus fengyangensis*와 *Redlichia* sp. 등 2종의 삼엽충으로 이루어진다. 시간층서적으로 Tsanglangpuan (沧浪铺) Stage 최상부에 해당한다.

*Redlichia chinensis*대

1907년 Blackwelder에 의하여 장싸지역 만터우산 단면의 만터우층 하부에서 *Redlichia chinensis*가 기재된 이후, Lu and Dong (1953)에 의하여 *Redlichia chinensis*대가 제안되었고 루씨지구의 여러 곳에서 인지되었다. 시간층서적으로 Lungwangmiaoan (龙王庙) Stage의 중부에 해당한다.

Table 2. Lithostratigraphic and biostratigraphic correlation between the Taebaek Group, Taebaeksan Basin and the Luxi Block based on the trilobite biostratigraphy.

Taebaek Group, Taebaeksan Basin		Series	Luxi Block, North China		
Formation	Biozonation		Stage	Formation	Biozonation
Dongjeom (part)	<i>Kainellid-dominated</i> Fauna	Furongian	Lianghekouan	Sanshanzi	
	<i>Pseudokoldinioidia</i> Fauna		Fengshanian	Chaomidian	
Hwajeol	<i>Saukiid-dominated</i> Fauna <i>Quadraticephalus</i> <i>Ptychaspis</i> <i>Kaolishania</i>	Furongian	Changshanian	Gushan	<i>Mictosaukia</i> <i>Quadraticephalus</i> <i>Ptychaspis-Tsinania</i> <i>Kaolishania</i>
	<i>Chuangia</i> <i>Prochuangia</i>				<i>Changshania-Irvingella</i> <i>Chuangia</i>
Sesong	<i>Drepanura</i> <i>Stephanocare</i>		Kushanian		<i>Drepanura</i> <i>Blackwelderia-Damesella</i>
Daegi	<i>Olenoides</i> <i>Solenoparia</i> <i>Megagraulos</i>	Middle Cambrian	Changhian	Zhangxia	<i>Yabeia</i> <i>Amphoton-Taitzuia</i> <i>Crepicephalina</i> <i>Lioparia</i>
Myobong	<i>Bailiella</i>		Hsichuangian	Mantou	<i>Bailiella</i> <i>Poriagraulos</i> <i>Sunaspis</i> <i>Ruichengaspis</i> <i>Hsichuangia-Ruichengella</i>
	<i>Mapania</i> <i>Elrathia</i>		Maochuangian		<i>Shantungaspis</i> <i>Yaojiayuella</i>
Jangsan/ Myeonsan	<i>Redlichia</i>	Lower Cambrian	Lungwangmiaoan	Zhushadong	<i>Redlichia chinensis</i>
			Tsanglangpuan	Liguan	<i>Megapalaeolenus</i>

*Yaojiayuella*대

장싸지역 만터우산 단면 만터우층 중부에서 산출되는 *Yaojiayuella*, *Plesiagraulos*, *Jiumenia* 등을 바탕으로 제안된 *Yaojiayuella*대는 시간층서적으로 Maochuangian (毛庄) Stage 전기에 속한다.

*Shantungaspis*대

1953년 Lu and Dong은 장싸지역 만터우산 단면에서 '*Ptychoparia*'대를 제안하였는데, 후에 Zhang (1957)이 산둥지역의 소위 '*Ptychoparia*'를 새로운 속 *Shantungaspis*로 옮기면서 생층서대도 *Shantungaspis*대로 개칭하였다. 그 후, *Shantungaspis*대는 산둥지역 여러 곳(썬타이지역, 라이우지역 등; Fig. 3)에서 확인되었다. *Shantungaspis*대는 만터우층 중부에서 인지되었으며, Maochuangian Stage 후기에 해당한다. 함께 산출되는 삼엽충으로 *Psilostracus*, *Solenoparia*가 있다.

*Hsuchuanguia-Ruichengella*대

1980년 산둥성 지질광물자원국은 장싸지역 만터우산 단면에서 산출되는 삼엽충 화석군을 바탕으로 *Hsuchuanguia-Ruichengella*대를 제안하였다. 이 생층서대는 만터우층 상부에 위치하며, 만터우산 단면과 지우룽산 단면에서 인지되었다. 이 생층서대에서는 *Hsuchuanguia*, *Ruichengella*, *Zhongtiashanaspis* 등이 산출되는 것으로 알려졌다. 시간층서적으로는 Hsuchuanguian (徐庄) Stage 전기에 해당한다.

*Ruichengaspis*대

Zhang *et al.* (1980)에 의하여 산시성 지역에서 *Ruichengaspis*대가 알려진 이후, 루씨지구 만터우산 단면과 지우룽산 단면의 만터우층 상부에서도 이 대의 존재가 알려졌다. *Ruichengaspis* 외에 *Jinnania*, *Plesisoloparia*, *Fujinnania* 등이 산출된다. 시간층서적으로 Hsuchuanguian Stage 전기에 해당한다.

*Sunaspis*대

*Sunaspis*대는 일찍이 1950년대에 만터우층 상부에서 *Sunaspis laevis*대로 설정되었으며(Lu and Dong, 1953), 루씨지구에서는 현재 만터우산 단면에서만 인지된다. 시간층서적으로 Hsuchuanguian Stage 후기에 해당한다.

*Poriagraulos*대

Lu and Dong (1953)은 장싸지역 만터우산 단면에서 *Metagraulos abrota*대를 제안하였으나, 산둥성 지질광물자원국에서 *Poriagraulos*대로 개칭하였다. 이 생층서대는 만터우산 단면에서는 만터우층 상부, 그리고 썬타이지역에서는 장싸층 최하부에서 인지되었다. 함께 산출되는 삼엽충으로는 *Honanaspis*, *Inouyia*, *Porilorenzella* 등이 있으며, 시간층서적으로 Hsuchuanguian Stage 후기에 해당한다.

*Bailiella*대

Endo and Resser (1937)가 만주지역에서 *Bailiella ulrichi*대를 제안한 이후, Lu and Dong (1953)도 루씨지구의 만터우산 단면 만터우층 최상부에서 *Bailiella*대를 인지하였다. 그 후 루씨지구 남동부 썬타이와 쥐씨엔(莒县: Juxian; Fig. 2)에서도 *Bailiella*대가 알려졌는데, 만터우산 단면과는 달리 장싸층 최하부에서 인지되었다. 시간층서적으로 Hsuchuanguian Stage 후기에 해당한다.

*Lioparia*대

Zhang (1957)이 원래 쑤산(博山: Boshan)지역에서 *Liaoyangaspis*대로 제안했던 생층서대로 후에 *Lioparia*대로 수정하였다. 이 생층서대는 장싸지역에서는 장싸층 최하부 그리고 썬타이지역에서는 장싸층 하부에서 인지되었고, 시간층서적으로 Changhian (張夏) Stage 전기에 해당한다.

***Crepicephalina*대**

만주지역에서 Endo (1944)에 의하여 *Crepicephalina*대가 설정된 후, Lu and Dong (1953)도 장싸지역 구산부근의 후터우안 단면에서 *Crepicephalina*대를 인지하였다. 이 생층서대는 장싸층 중하부에 위치하며, *Crepicephalina*가 풍부하지만 *Maotunia*, *Koptura* 등이 함께 산출된다. 시간층서적으로 Changhian Stage 전기에 해당한다.

***Amphoton-Taitzuia*대**

이 구간의 생층서대 명명에 대해서는 다양한 이견이 있었다. 구산부근 후터우안 단면에서 *Amphoton*대(Lu and Dong, 1953), 뽕산 일대에서 *Poshania-Taitzuia*대(Zhang, 1957), 또는 *Amphoton-Taitzuia*대(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996)가 제안되었다. 이 생층서대는 장싸층 중부에 위치하며, 이 밖에 *Anomocarella*, *Fuchouia* 등이 함께 산출된다. 시간층서적으로 Changhian Stage 중기에 해당한다.

***Yabeia*대**

1953년 Lu and Dong에 의하여 장싸지역 구산부근 후터우안 단면의 장싸층 최상부에서 *Damesella*대를 제안하였으나 산동성 지질광물자원국은 이를 수정하여 *Damesella-Yabeia*대로 바꾸었다가 최근 이를 다시 *Yabeia*대로 개칭하였다. 이 생층서대는 장싸층 최상부에 위치하면서 동시에 Changhian Stage 최후기에 해당한다.

***Blackwelderia-Damesella*대**

Lu and Dong (1953)은 장싸지역 구산부근 탕왕자이 단면에서 *Blackwelderia*대를 제안했으나, 산동성 지질광물자원국에서 *Blackwelderia-Damesella*대로 개정하였다. 그 이유로는 *Damesella*가 장싸층 상부에 나오기는 하지만, 구산층 하부에서 *Blackwelderia*와 함께 산출되고, *Yabeia*는 장싸층에 국한되기 때문이다. 이밖에 *Liaoningaspis*, *Stephanocare*의 산출이 알려져 있다. 이 생층서대는 Kushanian (崑山) Stage 전기에 해당한다.

***Drepanura*대**

Lu and Dong (1953)이 장싸지역 탕왕자이 단면의 구산층 중부에서 *Drepanura*대를 설정한 이래 Kushanian Stage의 후기를 대표하고 있다. 함께 산출되는 삼엽충에는 *Diceratocephalus*, *Shantungia*, *Liostracina* 등이 있다.

***Chuangia*대**

Sun (1935)이 북중국 후기 캄브리아기 삼엽충 화석을 연구하여 소위 '창산층' 최하부에 *Chuangia batia*대를 설정한 후, 이를 이어받아 Lu and Dong (1953)도 탕왕자이 단면에서 *Chuangia*대를 인지하였다. *Chuangia*대는 장싸지역에서는 구산층 중상부에 위치하며, 시간층서적으로 Changshanian (長山) Stage 전기에 해당한다.

***Changshania-Irvingella*대**

Sun (1935)이 *Changshania conica*대로 명명한 생층서대로 Lu and Dong (1953)은 탕왕자이 단면에서 *Changshania*대로 기술하였다. 그 후, 이 생층서대에서 후기 캄브리아기의 표준화석인 *Irvingella*가 함께 산출된다는 사실에 근거하여 Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province (1996)은 이 생층서대의 명칭을 *Changshania-Irvingella*대로 개칭하였다. 수반되는 삼엽충 화석에는 *Prochuangia*, *Maladioidella*, *Lioparia* 등이 있다. 이 생층서대는 곳에 따라 구산층 최상부 또는 차오미디엔층 최하부에 위치한다. 시간층서적으로 Changshanian Stage 중기에 해당한다.

*Kaolishania*대

Sun (1935)이 *Kaolishania pustulosa*대로 명명한 생층서대로, Lu and Dong (1953)은 탕왕자이 단면에서 *Kaolishania*대로 기술하였다. 층준은 차오미디엔층 하부에 해당하며, 삼엽층 *Shirakiella*, *Kaolishaniella*, *Ampullatocephalina*, *Taishania*가 함께 산출된다. 시간층서적으로 Changshanian Stage 후기에 해당한다.

*Ptychaspis-Tsinania*대

Sun (1935)은 허베이성 북동부에 분포하는 소위 평산층에서 *Ptychaspis subglobosa*대와 *Quadraticephalus walcotti-Saukia acamus*대 등 2개의 생층서대를 제안하였는데, Lu and Dong (1953)은 구산부근 판주양 단면을 연구하여 이 중 하부에 해당하는 생층서대를 *Asioptychaspis-Tsinania*대로 명명하였으며, 후일 *Ptychaspis-Tsinania*대로 개칭하였다. 이 생층서대는 차오미디엔층 중하부에 위치하며, 시간층서적으로 Fengshanian (鳳山) Stage 전기에 해당한다.

*Quadraticephalus*대

*Quadraticephalus*대는 Sun (1935)에 의하여 *Quadraticephalus walcotti-Saukia acamus*대로 인지된 생층서대로 학자에 따라서 *Quadraticephalus*대 또는 *Changia*대로 불리기도 하였다. 이 생층서대는 차오미디엔층의 중상부에 위치하며, *Quadraticephalus*가 풍부하나, *Calvinella*나 *Haniwa* 등 후기 캄브리아기의 특징적인 삼엽충도 함께 산출된다. 시간층서적으로 Fengshanian Stage 중기에 해당한다.

*Mictosaukia*대

Lu and Dong (1953)은 구산부근 판주양 단면에서 *Tellerina-Calvinella*대를 설정하면서 Fengshanian Stage의 최후기 생층서대로 제시하였다. 그러나 이 생층서대는 후일 *Mictosaukia*대로 개칭되어(Xiang *et al.*, 1981) 현재에 이르렀다. 산출층준은 차오미디엔층의 중상부로 시간층서적으로는 Fengshanian 후기를 대표한다. *Mictosaukia* 외에 *Calvinella*와 *Changia* 등이 함께 산출된다.

루씨지구와 태백층군의 캄브리아계 층서 대비

최근 Choi *et al.* (2004)에 의해 석개재 단면에서 재정립된 태백층군의 개념에 따르면, 태백층군의 캄브리아계는 하부로부터 장산/면산층, 묘봉층, 대기층, 세송층, 화절층과 동점층 최하부를 포함한다. 장산층, 면산층, 묘봉층은 각각 규암, 역암 또는 사암, 이암 또는 슬레이트 등의 쇄설성 퇴적암, 대기층은 두꺼운 석회암으로 이루어졌으며, 세송층은 사암 또는 이암, 화절층은 이암과 석회암의 호층으로 이루어진다. 동점층은 다시 쇄설성 퇴적암인 사암으로 구성되어 있다.

루씨지구의 캄브리아기 지층도 전반적으로 유사한 암상을 보이나, 현저한 차이점은 조립질 사암이 우세한 태백층군과 달리 쇄설성 퇴적암의 대부분이 이암 또는 셰일로 이루어졌다는 것이다. 루씨지구에서 사암층으로 이루어진 리구안층은 그 분포가 남동부에 국한되어 있어, 주 조사지역인 장싸지역과 지우룡산 지역에서는 관찰할 수 없으며, 캄브리아기는 주사동층으로부터 차오미디엔층까지 4개 층으로 이루어진다. 측정된 캄브리아계의 총 두께는 약 620 m이다(Fig. 7).

현재까지의 조사 결과로 볼 때, 지우룡산 단면과 장싸지역의 캄브리아기 지층은 전체적으로 잘 대비된다고 할 수 있다. 그러나 지우룡산 단면의 층들이 좀 더 두꺼우며 암상에도 서로 약간의 차이를 보인다. 지우룡산 단면에서 만터우층의 하부에 끼이는 석회암의 비율이 더 높으며, 상부에 사층리를 보이는 입자암이나 사암 등 조립질 퇴적암의 두께가 더 두껍다. 구산층의 경우에도 하부에 끼이는 석회암의 비율이 상대적으로 높은 편이다. 특히 장싸층이 많은 차이를 보여주는데, 장싸지역의 장싸층은 거의 석회암으로 이루어진 반면, 지우룡산 단면의 장싸층은 중부에 셰일이 우세하다. 지우룡산 지역 장싸층의 최하부는 우우이드 또는 온코이드 입자암과 약간의 스톱블라이트로 이루어져 장싸지역 장싸층의 암상과 유사하나, 중상부는 주로 녹회색의 세

일과 얇은 석회암이 호층을 이루는 것이 특징이다. 상부에는 비교적 얇은 스톱블라이트 층이 몇 대 교호하는 층군이 있어 장싸지역 장싸층에서 스톱블라이트가 우세한 중상부 층군과 대비될 수 있을 것으로 생각된다.

이러한 루씨지구의 캄브리아계 층서는 현재 약 1,000 km 이상 떨어져 있는 태백산 분지의 태백층군과 암석층서적으로 잘 대비된다(Table 2). 이 두 지층군은 공통적으로 중한지괴의 동편에 위치하고 있으며, 선캄브리아기 화강편마암 위에 부정합적으로 전기 캄브리아기 후기에 퇴적작용이 시작되었다. 장싸와 지우룡산 지역에는 없지만, 사암 또는 역암으로 이루어진 리구안층은 태백층군의 장산규암 또는 면산층과 대비될 수 있다. 주사동층에 대비되는 탄산염암층은 태백층군에는 존재하지 않는다. 그 위에 놓이는 셰일이 우세한 만터우층은 주로 슬레이트로 이루어진 묘봉층과 대비되나, 만터우층 퇴적물이 전반적으로 붉은 색을 띠는 반면 묘봉층은 암녹색이 우세하다. 암상의 유사성으로 볼 때 가장 쉽게 대비할 수 있는 층은 두꺼운 석회암으로 이루어진 장싸층과 대기층이다. 대기층은 재결정작용, 돌로마이트화 작용 등에 의해 1차 퇴적구조가 많이 지워졌지만, 대부분 온코이드, 우우이드 또는 생쇄설입자암과 같은 조립질 석회암으로 이루어져 있고, 조류 화석이 관찰되는 바운드스톤으로 이루어졌다는 점(Sim, 2004)에서 장싸층과 매우 유사하다. 장싸층 위에 놓이는 셰일이 우세한 구산층은 셰일 또는 사암으로 이루어진 세송층과, 그리고 셰일과 석회암의 호층과 석회암으로 이루어진 차오미디엔층 하부는 화절층과 대비된다. 그러나 루씨지구의 차오미디엔층 상부와 그 위의 짝산층이 모두 석회암으로 이루어진 반면, 태백층군에서는 같은 시기에 주로 사암으로 이루어진 동점층이 퇴적되었다는 큰 차이를 보인다.

생층서 분대에서 루씨지구는 태백지역에 비하여 훨씬 세분되었고, 연구도 더 많이 이루어졌다. 루씨지구 캄브리아계에서는 총 21개의 생층서대가 제안되어 있는 반면(Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, 1996; Table 2), 태백지역에서는 Kobayashi (1966)에 의하여 제안된 14개의 생층서대가 알려져 있었다. 태백지역의 생층서 분대에 대한 재평가가 필요하지만, 현재까지 알려진 내용을 바탕으로 부분적 대비를 하는 일은 가능하다.

예를 들면, 태백지역에서 가장 오래된 생층서대는 묘봉층 최하부의 *Redlichia*대인데, 루씨지구에서는 만터우층 최하부에 *Redlichia chinensis*대가 존재하기 때문에 두 지역을 대비할 수 있다. 그밖에 공통적으로 알려진 화석대는 묘봉층 최상부와 만터우층 최상부에서 기록된 *Bailiella*대이다. 한편, Zhang (1988)은 태백지역 묘봉층에서 보고된 *Mapania*가 북중국에서는 *Yabeia*대에서 산출된다는 사실에 근거하여 묘봉층 내에 *Mapania*대의 존재를 의문시하고 있어 앞으로 이를 확인할 필요가 있다. 현재로서 전반적으로 캄브리아기 중,하부에서 두 지역의 생층서대를 비교하기에는 자료가 빈약하지만, 캄브리아계 상부의 생층서대는 매우 잘 대비된다.

세송층의 *Stephanocare*대와 *Drepanura*대는 구산층의 *Blackwelderia-Damesella*대, *Drepanura*대와 유사성을 보여주고, 두 지역에서 함께 기록된 *Chuangia*대와 *Kaolishania*대도 같은 시대에 해당한다고 할 수 있다. 아직 태백지역의 상부 캄브리아계 삼엽층 생층서대에 관한 연구가 충분하지 않지만 Choi et al. (2003)과 손장원과 최덕근(2005)이 제시한 예비연구의 결과 따르면, 화절층에서 *Ptychaspis*대, *Quadraticephalus*대, sauikiid-dominated 화석군을 인지했다는 점에서 이들이 루씨지구의 차오미디엔층에서 알려진 *Ptychaspis-Tsinania*대, *Quadraticephalus*대, *Mictosaukia*대와 정확하게 대비된다고 할 수 있다(Table 2).

감사의 글

이 논문을 자세히 검토하시고 바람직한 제안을 아끼지 않으신 안동대학교 이동진, 대전보건대학교 이동찬 교수님께 깊이 감사드린다. 산동 야외조사 시 많은 도움을 주고 의견을 교환했던 현재 중국 석유대학교 孟慶强, 산동과학기술대학교 黨光耀, 북경대학교 丁玉, 연구지역을 직접 방문하여 많은 조언을 해주신 서울대학교 조성권, 조문섭 교수님께도 감사의 뜻을 표한다. 이 연구는 한국과학재단 국제협력(공동)연구 (과제번호: F01-2003-000-000440)의 지원으로 이루어졌다.

INTRODUCTION TO THE CAMBRIAN STRATIGRAPHY OF THE LUXI BLOCK, SHANDONG PROVINCE, CHINA

Duck K. Choi¹, Seung-bae Lee¹, Hyunsuk Lee¹, Imseong Kang¹, Jusun Woo¹, Sang June Moon¹, Taeyoon Parkh¹, Zuozen Han² and Jitao Chen²

¹*School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 151-747, Korea, dkchoi@snu.ac.kr*

²*College of Geo-Information Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, 579 Qianwangang Street, Qingdao, Shandong, 266510 People's Republic of China*

Abstract: The Cambrian strata are widespread in North China. This study introduces the Cambrian stratigraphy of the Luxi Block, Shandong Province, which formed part of the Sino-Korean craton during the early Paleozoic times. The Luxi block occupies the western part of the Shandong peninsula and comprises most of the representative Cambrian strata of North China. The Cambrian succession of Shandong Province is a mixed siliciclastic-carbonate sequence and consists of the Liguan, Zhushadong, Mantou, Zhangxia, Gushan, Chaomidian, and at places Sanshanzi formations in ascending order. A total of 21 Cambrian trilobite biozones have been recognized in the Luxi Block: from oldest to youngest they are *Megapalaeolenus*, *Redlichia chinensis*, *Yaojiayuella*, *Shantungaspis*, *Hsuchuangia-Ruichengella*, *Ruichengaspis*, *Sunaspis*, *Poriagraulos*, *Bailiella*, *Lioparia*, *Crepicephalina*, *Amphoton-Taitzia*, *Yabeia*, *Blackwelderia-Damesella*, *Drepanura*, *Chuangia*, *Changshania-Irvingella*, *Kaolishania*, *Ptychaspis-Tsinania*, *Quadratiphalus*, and *Mictosaukia* zones. The lithostratigraphy and biostratigraphy of the Luxi Block are greatly similar to those of the Taebaek Group in Korea and hence are expected to provide very helpful information for understanding the geologic evolution of the Korean peninsula during the early Paleozoic times.

Key words: North China, Luxi Block, Cambrian, lithostratigraphy, biostratigraphy

참고문헌

- 손장원, 최덕근. 2005. 태백층군 세송층과 화절층의 후기 캄브리아기 삼엽충 생층서대 재정립. 한국고생물학회지 21:195-200.
- Bergeron, J. N. 1899. Etude de quelques trilobites de Chine. Bulletin de la Societ e G eologique de France, 3 eme s erie 27:499-519.
- Blackwelder, E. 1907. Section one, North China, Chapter 2. Stratigraphy of Shantung; pp. 19-57 in Willis, B., Blackwelder, E. and Sargent, R. H. (eds.), Research in China, vol. 1, Part one, Descriptive Topography and Geology. Carnegie Institution, Washington D. C., 339 p.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province. 1996. Stratigraphy (Lithostratigraphic) of Shandong Province. China University of Geoscience Press, Beijing, 328 p. (in Chinese).
- Choi, D. K. 1998. The Yongwol Group (Cambrian-Ordovician) redefined: a proposal for the stratigraphic nomenclature of the Choson Supergroup. Geosciences Journal 2:220-234.
- Choi, D. K. and Chough, S. K. 2005. The Cambrian-Ordovician stratigraphy of the Taebaeksan Basin, Korea. Geosciences Journal 9:189-214.
- Choi, D. K., Kim, D. H. and Sohn, J. W. 2001. Ordovician trilobite faunas and depositional history of the Taebaeksan Basin, Korea: implications for palaeogeography. Alcheringa 25:53-68.
- Choi, D. K., Kim, D. H., Sohn, J. W. and Lee, S.-B. 2003. Trilobite faunal successions across the Cambrian-Ordovician boundary intervals in Korea and their correlation with China and Australia. Journal of Asian Earth Sciences 21:781-793.
- Choi, D. K., Chough, S. K., Kwon, Y. K., Lee, S.-B., Woo, J., Kang, I., Lee, H. S., Lee, S. M., Sohn, J. W., Shinn, Y. J. and Lee, D.-J. 2004. Taebaek Group (Cambrian-Ordovician) in the Seokgaejae section, Taebaeksan Basin: a refined Paleozoic stratigraphy in Korea. Geosciences Journal 8:125-151.
- 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* 52:175-235.
- 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.
- Dames, W. 1883. Kambrische Trilobiten von Liao-Tung; pp. 1-33. in von Richthofen, F. F. (ed.), *China*. 4, Palaeontology, Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegündete Studien. Verlag von Dietrich Reimer, Berlin.
- Endo, R. 1944. Restudies on the Cambrian Formations and Fossils in Southern Manchoukou. *Bulletin of Central National Museum of Manchoukou* 7:1-100 (Part I in Japanese).
- Endo, R. and Resser, C. E. 1937. The Sinian and Cambrian Formations and Fossils in Southern Manchoukou. *Bulletin of Manchurian Science Museum* 1:1-474.
- Kobayashi, T. 1966. The Cambrian-Ordovician formations and faunas of South Korea, Part X, Stratigraphy of the Chosen Group in Korea and South Manchuria and its relation to the Cambro-Ordovician formations 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. 1967. The Cambrian-Ordovician formations and faunas of South Korea, Part X, Stratigraphy of the Chosen Group in Korea and South Manchuria and its relation to the Cambro-Ordovician formations of other areas, Section C, The Cambrian of eastern Asia and other parts of the continent. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Section II* 16:381-534.
- Lorenz, T. 1904. Ascosmaceae, ein neue Familie der Siphoneen aus dem Cambrium von Schantung. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie, und Palaeontologie* 7:192-194.
- Lorenz, T. 1905. Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Ostasien unter besonder Berücksichtigung der Provinz Schantung von China, I. Palaeontologischer Teil. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft* 58:5-64.
- Lorenz, T. 1906. Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Ostasien unter besonder Berücksichtigung der Provinz Schantung von China, II. Palaeontologischer Teil. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft* 58:53-108.
- Lu, Y. 1954. Two new trilobite genera of the Kushan Formation. *Acta Palaeontologica Sinica* 2:409-438.
- Lu, Y. 1962. Collection of Scientific Papers submitted to the National Congress on Stratigraphy, Cambrian System of China. Science Press, Beijing, 117 p.
- Lu, Y. and Dong, N. 1953. Revision of the Cambrian type sections of Shantung. *Acta Geologica Sinica* 32:1-23.
- Lu, Y., Zhang, W., Zhu, Z., Qian, Y. and Xiang, L. 1965. Trilobites of China. Science Press, Beijing, v. 1, 362 p.; v. 2, p. 363-766 (in Chinese).
- Meng, X., Ming, G. and Tucker, M. E. 1997. Sequence stratigraphy, sea-level changes and depositional systems in the Cambro-Ordovician of the North China carbonate platform. *Sedimentary Geology* 114:189-222.
- Monke, H. 1903. Beiträge zur Geologie von Schantung. Part 1. Obercambrische trilobiten von Yen-tsy-yai. *Jahrbush Konigliche Preussische Geologische Landesanstalt, Berlin*, 23:103-151.
- Peng, S. 1990. Tremadoc stratigraphy and trilobite faunas of northwestern Hunan. *Beringeria* 2:1-171.
- Peng, S. 1992. Upper Cambrian biostratigraphy and trilobite faunas of the Cili-Taoyuan area, northwestern Hunan, China. *Memoir of Association of Australian Palaeontologists* 13:1-119.
- Peng, S., Babcock, L. E. and Lin, Huanling. 2004. Polymerid trilobites from the Cambrian of Northwestern Hunan, China. Science Press, Beijing, v. 1, 333 p.; v. 2, 355 p.
- Sim, M. 2004. Depositional environments and dolomitization of the Middle Cambrian Daegi Formation, Korea. Unpublished MS. thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 154 p.
- Sun, Y. 1924. Contribution to the Cambrian faunas of China. *Palaeontologia Sinica, series. B, vol. 1, fascicle.4*, 109 p.
- Sun, Y. 1935. The Upper Cambrian trilobite faunas of North China. *Palaeontologia Sinica, series. B, vol. 7, fascicle. 2*, 69 p.
- Walcott, C. D. 1905. Cambrian faunas of China. *Proceedings of the U. S. National Museum* 29:1-106.
- Walcott, C. D. 1906. Cambrian faunas of China, *Proceedings of the U. S. National Museum* 30:563-595.
- Walcott, C. D. 1913. The Cambrian faunas of China; pp. 3-276 in Willis, B., Blackwelder, E. and Sargent, R. H. (eds.), *In Research in China*, vol. 3, Carnegie Institution of Washington, Publication, 54, 375 p.

- Woodward, H. 1905. On a collection of trilobites from the Upper Cambrian of Shantung, North China. *Geological Magazine*, n. s. decades 5, vol. 2:211-215, 251-255.
- Xiang, L., An, T., Guo, Z., Li, S., Nan, R., Qian, Y., Yang, J., Yuan, K. and Zhou, G. 1981. *Stratigraphy of China, 4, the Cambrian System of China*. Geological Publishing House, Beijing. 198 p. (in Chinese).
- Xiang, L., Zhu, Z., Li, S. and Zhou, Z. 1999. *Stratigraphical Terms of China, Cambrian*. Geological Publishing House, Beijing, 95 p. (in Chinese).
- Zhang, W. T. 1957. Preliminary note on the Lower and Middle Cambrian stratigraphy of Poshan, central Shantung. *Acta Palaeontologica Sinica*, 5:13-32 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, W. T. 1959. New trilobites from the Middle Cambrian of North China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 7:193-236 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, W. T. 1988. *The Cambrian System in Eastern Asia. Correlation Chart and Explanatory Notes*. International Union of Geological Sciences, Publication 24:1-81.
- Zhang, W. T., Lin, H., Wu, H. and Yuan, J. 1980. Cambrian stratigraphy and trilobite fauna from Zhongtiao Mountains, southern Shanxi. *Memoirs of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* 16:39-97
- Zhang, W. T. 2003. Cambrian biostratigraphy of China; pp. 55-119. in Zhang, W., Chen, P. and Palmer, A. R. (eds.), *Biostratigraphy of China*, Science Press, Beijing, 599 p.
- Zhang, W. T. and Jell, P. A. 1987. Cambrian trilobites of North China-Chinese Cambrian trilobites housed in the Smithsonian Institution. *Science Press, Beijing*, 332 p.