

강원도 삼척시 신기리 일대에 분포하는 중기 석탄기 금천층에서 발견되는 코노돈트와 해면동물

박수인¹ · 정의완² · 오정식² · 이승원² · 홍단비²

1, 강원대학교 지질학과; 2, 강원과학고등학교

요약 강원도 삼척시 신기리 일대에는 중기 석탄기의 금천층이 분포하며, 38번 국도변과 계성농장부근에는 회색 석회암 노두가 잘 발달되어 있다. 이 연구는 금천층의 석회암에서 산출되는 코노돈트와 Chaetetids를 조사하였다. 금천층의 석회암에서 발견된 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Neognathodus roundyi*, *Hindeodus minutus* 등 총 5속 5종이다. 이들 코노돈트 중 *Idiognathodus*가 가장 풍부하게 발견된다. 이들 코노돈트는 중기 석탄기를 지시하는 대표적인 표준화석이다.

연구 지역의 최상부 석회암층에서는 해면동물의 일종인 *Chaetetella* 화석이 발견된다. 이 화석은 얇은 바다 환경에서 쌓인 석회암에서 흔히 발견되는 점을 고려할 때 금천층의 석회암은 천해 환경에서 생성된 것으로 여겨진다. 특히, 이번 연구에서 발견된 해면동물 화석은 금천층 최상부 석회암에서 발견되어 앞으로 금천층과 장성층의 경계를 결정하는데 중요한 화석으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

서언

강원도 삼척시 신기리 일대에는 상부 고생대층이 분포한다(태백산지구지하자원조사단, 1962). 이 지역의 상부 고생대층은 하부로부터 중기 석탄기의 만항층과 금천층, 폐름기의 장성층, 함백산층, 도사곡층 및 고한층으로 구성된다(Cheong, 1969). 이들 여러 층 중 중기 석탄기의 금천층은 이암, 세립 사암 및 석회암으로 이루어진다. 금천층의 석회암은 소형 유공층, 방추층, 해백합, 해면동물, 코노돈트 등의 화석을 풍부하게 포함한다(박수인, 오재경, 2000; 박수인, 선승대, 2001). 박수인과 오재경(2000)은 강원도 태백 지역에 분포하는 만항층과 금천층의 석회암에서 산출되는 화석에 근거하여 이들 석회암은 얇은 바다에서 형성되었음을 밝혔다.

태백산지구지하자원조사단(1962)과 서해길 외(1979)은 이 지역에 분포하는 상부 고생대층의 장성층 내에 발달된 무연탄의 부존 층준과 상태 및 매장량을 파악하기 위하여 정밀지질 조사를 실시하고 지질도를 작성하였다. 한편 정창희(1969)는 평양 지역을 중심으로 설정된 홍점층, 사동층, 고방산층, 녹암층의 상부 고생대층의 층서구분을 태백 지역의 상부 고생대층에 그대로 적용하는 것이 불합리함을 지적하고 새로운 층서구분을 제안하였다. 그는 연구 지역을 포함한 삼척탄전 지역에 분포하는 상부 고생대층을 하부로부터 만항층, 금천층, 장성층, 함백산층, 도사곡층 및 고한층으로 구분하였다. 이 층서 구분은 널리 채택되고 있으며, 이 연구에서도 이 분류안을 따랐다.

Gabert et al(1964)은 삼척탄전 지역에 분포하는 석탄기 지층 내에 협재된 석회암에서 산출되는 코노돈트에 관한 연구를 최초로 수행하였으며, 코노돈트 연구를 통해 삼척탄전 지역에 분포하는 석회암의 생성 시기를 보다 명확히 밝힐 수 있음을 제시하였다. Cheong(1973)은 삼척탄전 지역에 분포하는 만항층과 금천층 내에 협재된 석회암에서 발견된 방추층 연구를 체계적으로 수행하고 방추층 생층서를 설정하였다. 박수인과 오재경(2000)은 연구 지역에 분포하는 만항층과 금천층에 협재된 석회암과 석회암에서 산출

되는 화석에 근거하여 이들 층의 석회암의 생성환경을 설명하였다. 또한 박수인과 선승대(2001)는 강원도 태백시 장성, 통리, 요물골, 신기리 지역에 분포하는 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트를 바탕으로 생층서를 연구하였다.

박수인(1989)은 이 연구 지역의 서측에 위치한 사북-고한 지역에 분포하는 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트에 근거하여 이 지역의 만항층과 금천층의 코노돈트 생층서를 발표하였다. 이종덕(1992)은 강원도 삼척탄전 서부 지역에 분포하는 석탄기 지층에서 산출되는 코노돈트 화석군과 생층서를 연구하였다.

아시아 지역에서는 한국은 물론 일본, 중국에서 석탄페름기 코노돈트 연구가 매우 활발하다. 일본에서는 Koike(1967)가 남서 일본에 분포하는 아테즈 석회암으로부터 산출되는 전기 및 중기 석탄기 코노돈트 연구를 통해 페름기 코노돈트 생층서를 확립하였다. 최근 중국의 Ding and Wan(1990)은 북중국 지괴남단에 분포하는 Taiyuan층에서 많은 코노돈트 화석군은 한반도의 석-페름기의 코노돈트 산출상과 매우 유사한 것으로 생각된다.

북미 및 유럽 지역에서도 상부 고생대층의 지질시대 규명과 코노돈트 생층서 확립을 위해 코노돈트연구가 오랜 전부터 활발히 연구되고 있다(Higgins, 1975; Grayson and Westergaard, 1985; ; Moshovich *et al.*, 1986). Merrill(, 1975)은 북미 지역의 코노돈트 생층서를 확립하였다. Grayson and Westergaard(1985)은 미국 Oklahoma 주에 분포하는 중기 석탄기 지층에서 산출되는 코노돈트 연구를 활발히 수행하고 있다. 러시아는 페름기 지층의 표식지가 페름 지역에 위치하기 때문에 석탄계와 페름계 경계결정을 중심으로 석탄기와 페름기 코노돈트 연구가 매우 활발하다(Moshovich *et al.*, 1986).

최근에는 한국, 일본, 중국, 미국, 러시아, 말레이시아, 베트남 등 여러 나라 지질학자들은 동북 아시아와 태평양 서부 지역의 고생물, 고지리 및 지각 진화에 큰 관심을 가지고 연구를 수행하고 있다. 따라서 동북 아시아의 상부 고생대층의 분포, 층서 및 퇴적환경을 구명하기 위해서는 우리 나라에 분포하는 상부 고생대층에서 산출되는 산출되는 관한 체계적이고 자세한 연구가 매우 중요하며 필요하다.

이 연구 목표는 연구 지역의 석탄기 금천층에서 산출되는 코노돈트와 해면동물을 조사하여 금천층의 화석상과 지질시대 및 퇴적환경을 명확히 밝히는 데 있다.

연구 방법

이 연구를 효율적으로 수행하기 위하여 야외조사와 실내연구로 나누어 실시하였다. 야외정밀지질조사는 국립지리원이 발행한 1:25000 지형도를 이용하여 실시하였다.

1. 야외지질조사

연구지역에 분포하는 상부 고생대층의 분포와 경계 및 횡적 연장을 태백산지구지질도(태백지구지하자원조사단, 1962)를 바탕으로 조사하였다. 특히, 금천층의 분포와 구성암석에 대하여 자세히 조사하였다. 금천층의 석회암과 화석 연구를 위하여 석회암의 노두 노출이 양호한 층서단면을 택하여 지질주상도를 작성하고, 화석 연구용 석회암 표품을 체계적으로 채취하였다(Fig. 2). 석회암 표품은 강원도 삼척시 신기리 일대의 38번 국도변과 계성농장 부근에서 채취하였다. 또한 야외에서 지층의 주향과 경사를 측정하였으며, 중요 노두와 표품 채취지점 및 층간의 경계부분을 사진 촬영하였다.

2. 실내연구

야외에서 채취한 석회암의 암석학적 연구를 위하여 박편을 제작하여 편광현미경하에서 석회암을 구성하는 입자의 종류와 기질을 조사하였다. 석회암은 Dunham(1962)의 석회암 분류안에 따라 분류하였다.

석회암에서 코노돈트를 추출하기 위해 석회암을 암석을 2~3cm크기로 파쇄한 다음 파쇄된 시료 1~2kg을 15%의 빙초산 용액에 넣은 후 약 10~15일간 담가 용해시킨다. 용해 잔류물은 0.1mm와 2.0mm의 체를 이용하여 물로 깨끗이 씻는다. 씻은 후 용해잔류물을 건조시킨 후 실체현미경 하에서 코노돈트를 선별하였다. 코노돈트를 선별하기 위하여 선별판에 시료를 조금씩 고르고 얇게 떨어뜨린 다음 쌍안실체현미경을 사용하여 코노돈트를 선별한 후 이들의 형태, 장식 및 미세구조에 근거하여 코노돈트를 선별한 후 분류하였다. 코노돈트의 미세구조를 연구하기 위하여 강원대학교 공동시험실습관의 주사전자현미경(scanning electron microscope, JEOL)을 이용하여 관찰하였으며, 도판 제작용 사진을 촬영하였다.

금천층 최상부 석회암에서 산출되는 Chaetetids 화석 연구는 화석의 횡단면과 종단면을 박편으로 제작하여 관찰하였다. Chaetetids의 관찰에서는 calicles의 형태, calicles의 벽과 판(tabula)의 특징 등을 조사하였다.

결 과

1. 지질 및 층서

연구 지역 일대의 지질은 하부로부터 석탄기의 만항층과 금천층, 페름기의 장성층, 함백산층, 도사곡층 및 고한층으로 이루어져 있다(Fig. 1, Table 1). 만항층은 하부 고생대층을 부정합으로 피복하며, 금천층에 의해 부정합으로 덮힌다. 이 지역의 만항층은 적색 이암, 담갈색의 사암, 담회색 내지 담갈색의 석회암으로 구성된다. 이 층의 석회암에서는 방추충, 유공충, 코노돈트 등의 화석이 발견된다. 금천층은 페름기의 장성층에 의해 부정합으로 덮힌다. 금천층의 노두는 38번 국도변과 계성농장 부근에 잘 노출되어 있다. 이 층은 회색 셰일, 세립 사암 및 석회암으로 구성된다.

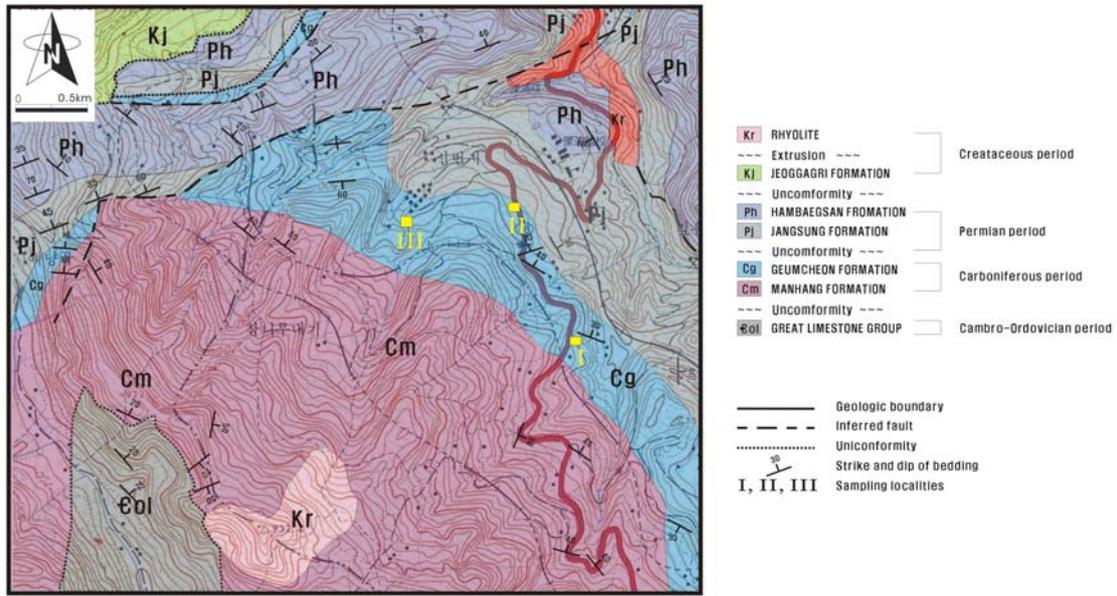


Fig. 1. Geologic map of the study area.

Table 1. The stratigraphical sequence of the study area.

Geologic Time	Formation	Supergroup
Cretaceous Period	Jeoggakri Fm.	
	unconformity	
Triassic Period	Donggo Fm.	Pyeongang Supergroup
Permian Period	Gohan Formation	
	Dosagog Fm.	
	Hambaegsan Fm.	
	Jangseong Fm.	
Carboniferous Period	unconformity	
	Geumcheon Fm.	
	Manhang Fm.	
Early Paleozoic Era	unconformity	
	Lower Paleozoic Erathem	

금천층 사암은 주로 석영으로 구성되며 소량의 암편과 전기석을 포함한 석영 사암 내지 아암편질 사암이다. 금천층의 석회암은 주로 와케스톤(wackestone)과 팩스톤(packstone)으로 이루어져 있다. 일부 층군의 석회암은 구성 입자가 대부분 해백합 파편으로 이루어져 있다. 또한 층의 최상부 석회암은 해면동물의 일종인

Chaetetids로 이루어진 바운즈스톤이다.

장성층은 금천층을 부정합으로 피복하며 함백산층에 의해 정합적으로 덮힌다. 장성층은 흑색 사암과 셰일로 구성되며, 무연탄층을 협재하고 있다. 특히, 장성층의 셰일에서는 고사리와 속새식물, 코르다이테스류의 식물화석이 풍부하게 산출된다. 연구 지역의 장성층 사암은 주로 중립질 석영으로 이루어지며, 소량의 암편을 포함한다. 함백산층은 연구 지역의 북부 지역에 분포한다. 함백산층의 유백색의 사암은 대부분 석영으로 이루어진 석영 사암이다.

연구 지역의 북서부에는 백악기의 적색의 적각리층이 분포한다. 적각리층은 주로 적색 역암으로 이루어져 있으며, 적색이 이암이 협재되어 있다. 역암의 역은 주로 하부 고생대층의 석회암역으로 이루어져 있으며, 사암과 셰일역을 포함한다. 역의 원마도는 각상이 우세하며, 역의 분급도도 불량하다.

2. 연구 결과

1) 코노돈트 생물상

연구 지역에서 금천층 석회암은 38번 국도변과 계성농장 부근에 잘 노출되어 있다. 금천층 석회암에서 산출되는 화석을 연구하기 위하여 석회암이 잘 노출된 3 지점을 택하여 지질주상도를 작성하고 석회암 표품을 체계적으로 채취하였다(Fig. 1, Fig. 2). 석회암에서 발견된 코노돈트는 대부분 펙틴 요소이다. 코노돈트는 모양과 표면의 장식 및 미세구조를 조사하여 분류하였다. 이 층의 석회암에서 발견된 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Neognathodus roundyi*, *Hindeodus minutus* 등 총 5속 5종이다. (Table 2, Fig. 3). 이들 코노돈트 중 *Idiognathodus*가 가장 풍부하게 발견된다. 이들 코노돈트는 삼척 탄전 지역에 분포하는 금천층에서 널리 발견된다 (Gabert et al., 1964; 이종덕, 1992; 박수인과 선승대, 2001). 또한 이들 코노돈트는 북아메리카 일리노이주에 분포하는 중기 석탄기 지층과 북중국의 허베이(華北) 지역에 분포하는 석탄기 지층에서 발견된다 (Merrill, 1975; Ding and Wan, 1990). 이들 코노돈트는 중기 석탄기를 지시하는 대표적인 표준화석이다. 따라서 연구 지역에 분포하는 금천층의 지질시대는 중기 석탄기로 확인되었다.

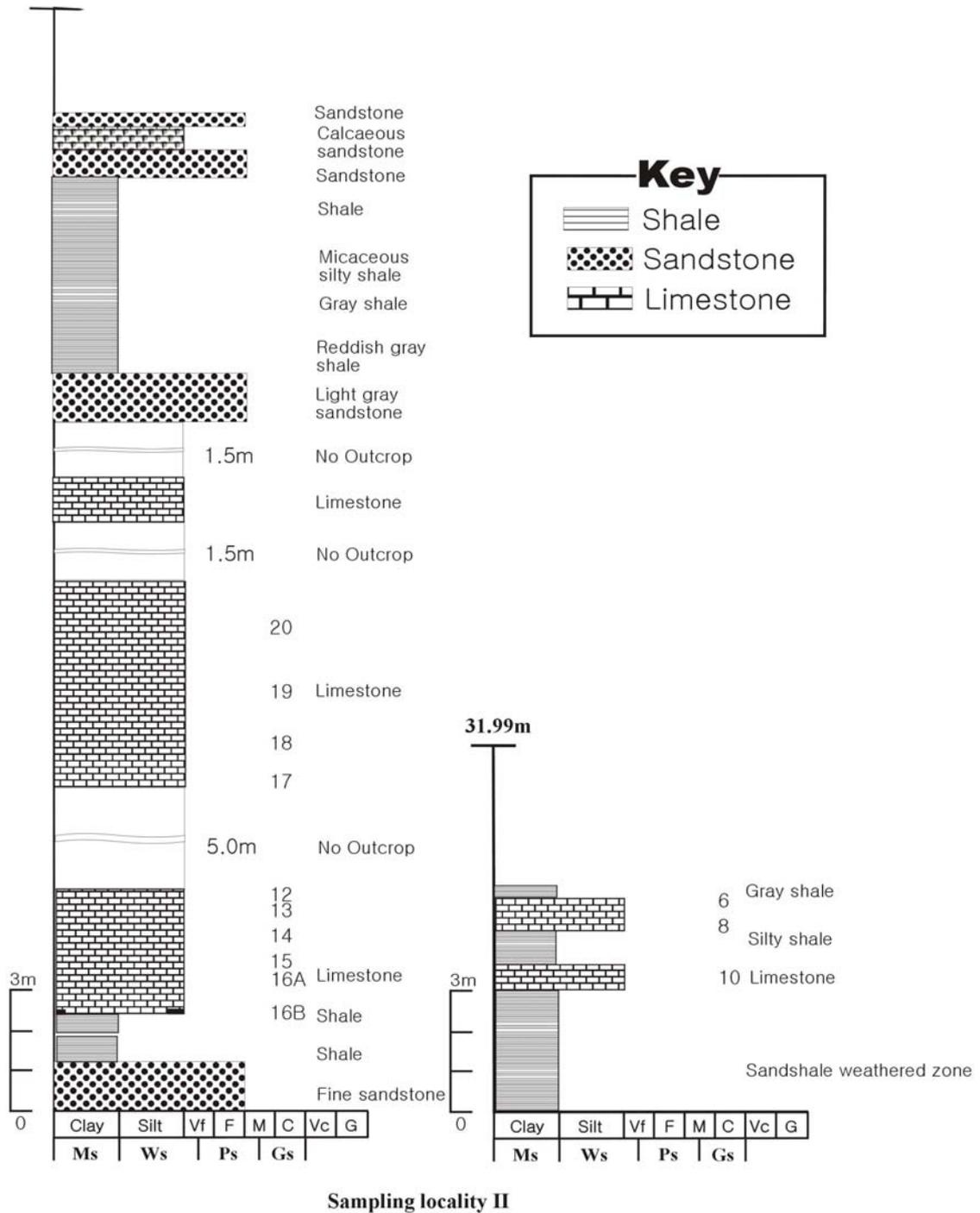


Fig. 2. Sampling horizons of limestones of the Geumcheon Formation at section II.

Table 2. Conodonts of the Geumcheon Formation at the section II.

Sample number	1	2	3	4	5	6
Sample weight(kg)	1.5	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
<i>Idiognathodus delicatus</i>	7	4	2	2	5	7
<i>Streptognathodus elegantulus</i>						
<i>Hindeodus minutus</i>						1
<i>Diplognathodus edentulus</i>						1
<i>Neognathodus roundyi</i>	1					
Total	8	4	2	2	5	7

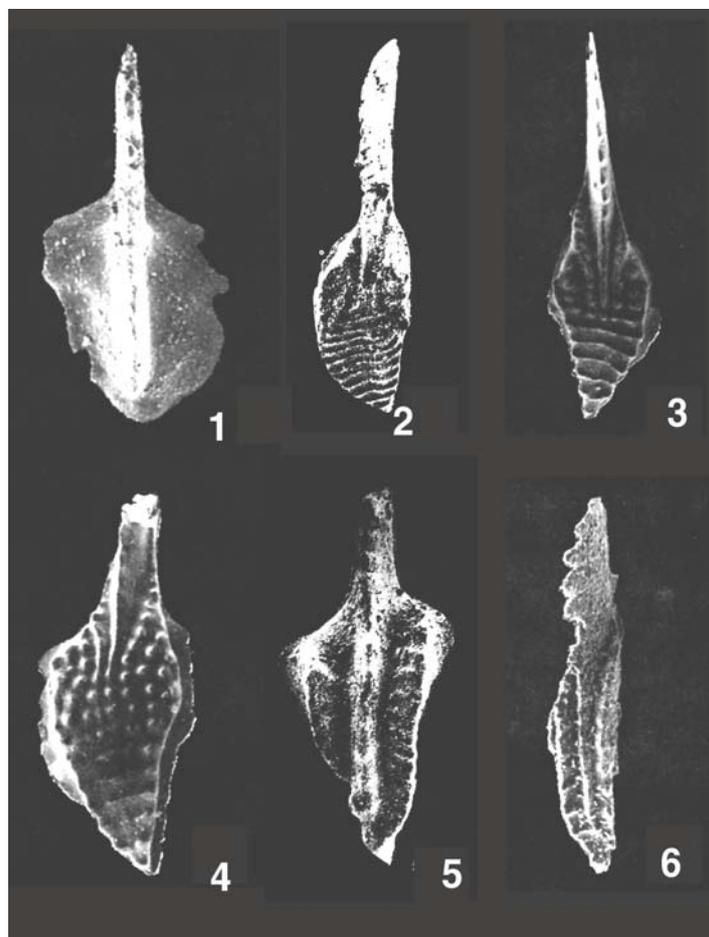


Fig. 3. Conodonts found from the limestones of the Geumcheon Formation.
 1, *Diplognathodus edentulus*; 2-4, *Idiognathodus delicatus*; 6, *Streptognathodus elegantulus*.

2) Chaetetids

이 연구 지역에서 Chaetetid는 금천층 최상부 석회암에서 발견된다(Fig. 4). Chaetetid 화석은 얇은 판상으로 산출되며, 그 두께는 수 mm에서 약 3cm이다. Calicles는 길고 날씬하며 폭은 0.2-0.5mm이다. 벽의 두께는 약 0.1mm이다. Tabulae는 매우 얇으며, 수평으로 발달되어 calicle의 벽과 수직을 이룬다. Calicles은 성장하면서 새로운 분열이 일어나 그 수가 증가한다. Calicles는 다각형, 타원형 및 불규칙하다. 이번 연구에서 발견된 Chaetetid는 영국에서 발견된 *Chaetetella septosa*와 매우 유사하다.

연구 지역의 *Chaetetella*는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*와 같은 코노돈트가 발견되는 석회암 층준으로부터 약 25cm 상부 층준에서 발견된다. 따라서 이 Chaetetids 산출시기는 중기 석탄기로 판단된다. 특히, 금천층 최상부 석회암에서 발견되는 이 해면동물 화석은 금천층과 장성층의 경계를 밝히는 데 중요한 화석으로 여겨진다. Scrutton(in Murray, 1992)에 의하면 천해 환경의 석회암과 석회질 셰일에서 발견된다. Chaetetids는 과거에 판상산호로 여겨졌으나 이들 내에서 spicule이 발견되어 현재는 해면동물(sponge)로 분류되고 있다 (Clarkson, 1986; Scrutton, 1992).

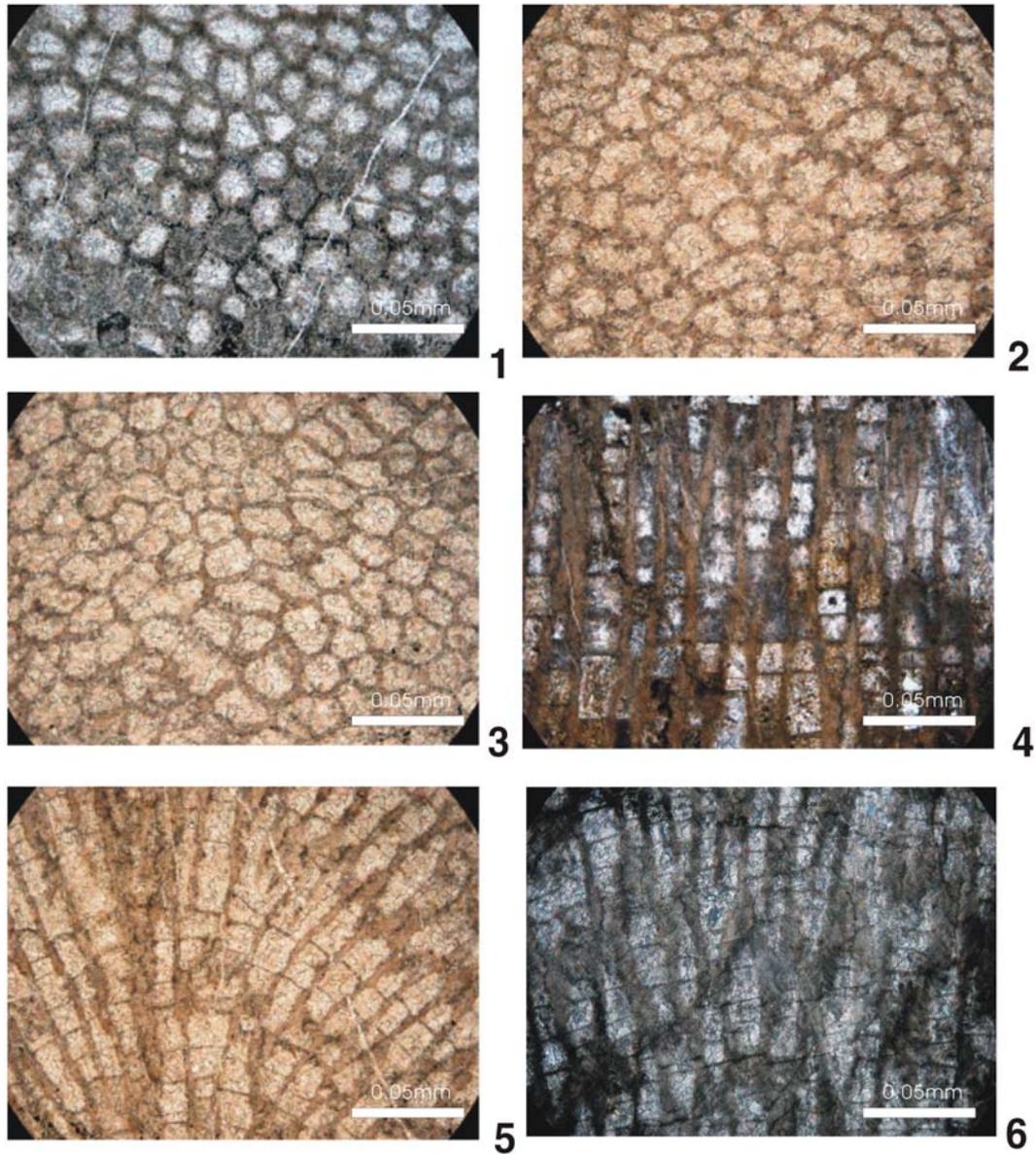


Fig. 4. Chaetetids found from the limestones of the Geumcheon Formation.
 1-3, Transverse sections; 4-6; Longitudinal sections.

결론

강원도 삼척시 신기리 일대에는 중기 석탄기의 금천층이 분포하며, 38번 국도변과 계성농장부근에는 회색 석회암 노두가 잘 발달되어 있다. 이 연구는 금천층의 석회암에서 산출되는 코노돈트와 해면동물을 조사하는데 있다. 또한 산출되는 화석에 근거하여 금천층의 지질시대를 보다 명확히 밝히고, 석회암의 퇴적환경도 유추하고자 한다. 이 층의 석회암은 대부분 괴상이며, 석회암의 구성 입자는 대부분 생물과편으로 이루어져 있다. 이들 생물과편은 해백합 줄기가 가장 많고 유공충, 방추충, 완족류 등을 포함한다. 이 층

의 석회암은 팩스톤과 와케스톤에 해당된다. 한편 금천층 최상부 석회암층은 Chaetetids로 이루어진 바운드스톤이다.

금천층의 석회암에서 발견된 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Neognathodus roundyi*, *Hindeodus minutus* 등 총 5속 5종이다. 이들 코노돈트 중 *Idiognathodus*가 가장 풍부하게 발견된다. 이들 코노돈트는 중기 석탄기를 지시하는 대표적인 표준화석이다.

연구 지역의 최상부 석회암층에서는 해면동물의 일종인 *Chaetetella* 화석이 발견된다. 이 화석은 얇은 바다 환경에서 쌓인 석회암에서 흔히 발견되는 점을 고려할 때 금천층의 석회암은 천해 환경에서 생성된 것으로 여겨진다. 특히, 이번 연구에서 발견된 해면동물 화석은 금천층 최상부 석회암에서 발견되어 앞으로 금천층과 장성층의 경계를 결정하는데 중요한 화석으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 태백산지구지하자원조사단, 1962, 태백산지구지질도
- 박수인, 선승대, 2001, 강원도 태백 지역의 중부 석탄계의 코노돈트 생층서. 한국지구과학회지, 22, 558-570.
- 박수인, 오재경, 2000, 강원도 태백 지역의 중기 석탄계의 코노돈트와 고생태. 한국지구과학회지, 21, 337-348.
- 서해길, 김동숙, 박석환, 임순복, 조민조, 배두중, 이돈영, 유양수, 박정서, 장윤환, 1979, 삼척탄전지질도(1:25,000). 자원개발연구소.
- 이종덕, 1992, 강원도 삼척탄전 지역에서 산출된 석탄-페름기의 코노돈트 화석군과 그의 생층서 (I) : 함백탄전을 중심으로. 한국고생물학회지, 8, 121-131
- Burgess, J.D., 1961, *Chaetetes* in the type section of the Tensleep Formation, Tensleep Canyon, Washakie County, Wyoming. *Journal of Paleontology*, 35, 1222-1223
- Cheong, C.H., 1969, Stratigraphy and paleontology of the Samcheog coal field, Gangwon-do, Korea(I). *Journal of the Geological Society of Korea*, 5, 13-54.
- Cheong, C.H., 1973, A paleontological study of fusulinids from the Samcheog coal field, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 9, 42-82.
- Clarkson, E.N.K., 1986, *Invertebrate palaeontology and evolution*. 2nd edition, Allen & Unwin (Publishers) Ltd. 68-71.
- Ding, H. and Wan, S., 1990, The Carboniferous-Permian conodont event-stratigraphy in the south of the North China Platform. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, 118, 131-155.
- Gabert, G., Stoppel, D., and Vinken, R., 1964, Conodonts from Paleozoic of the Taebaegsan area (Republic of Korea). *Geological Survey of Korea Bulletin*, 7, 267-281.

- Gray, D.I., 1980, Spicule pseudomorphs in a new Palaeozoic chaetetid and its sclerosponge affinities. *Palaeontology*, 23, 803-820.
- Grayson, R.C., Jr. and Westergaard, E.H., 1985, Significance of some Middle Atokan to Early Missourian conodont faunas from the Llano uplift and Colorado River Valley, Texas. *Southwest Section Am. Assoc. of Petrol. Geol. 1985 Trans.*, 117-131.
- Higgins, R. W., 1975, Conodont zonation of the late Viséan-early Westphalian strata of the south and central Pennines of northern England, *Bull. Geol. Surv. Great Britain*. N. 53, 90 p.
- Koike, T., 1967, A Carboniferous succession of conodont faunas from Atsutsu Limestone in southwest Japan, *Sci Reports of Tokyo Kyoiku Daigaku*, 9, 279-318.
- Merrill, G.K., 1975, Pennsylvanian conodont biostratigraphy and paleoecology of northwestern Illinois. *Geological Society of America Microform Publication* 3, 130 p.
- Murray, J.W., 1992, *Atlas of invertebrate Macrofossils*. Longman.
- Rich, M., 1960, Chaetetes in the Bird Spring formation near Lee Canyon, Clark County, Nevada. *Journal of Paleontology*, 34, 761-762.