

강원도 태백 지역의 중기 석탄계의 코노돈트와 고생태

박수인¹ · 오재경²

¹강원대학교 지구과학부, 200-701 강원도 춘천시 효자 2동 192-1

²인하대학교 해양학과, 402-751 인천광역시 남구 용현동 253

Conodont Fauna and Its Paleocology of the Middle Carboniferous System in Taebaek Area, Gangwon, Korea

Soo-In Park¹ · Jae-Kyung Oh²

¹School of Earth Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²Department of Oceanology, Inha University, Incheon 402-751, Korea

Abstract: The Middle Carboniferous Manhang and Geumcheon formations in Taebaek area consist of sandstones, shales, and limestones. The limestones of the formations contain abundant conodonts, fusulinids, crinoids, brachiopods, bryozoans, corals, etc. This study was carried out to investigate the microfacies of limestones and conodont faunas of the formations and to determine their paleoecology in detail.

The limestones of the Manhang and Geumcheon formations of the study area consist of wackestone and packstone which are composed of crinoid fragments and other various fossil fragments. Some limestone beds of the Geumcheon Formation consist of only *Chaetetes* corals which indicate that the limestones deposited in a warm shallow sea. Conodonts found from limestones of the Manhang Formation are *Neognathodus bothrops*, *N. medexultimus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Idiognathodus delicatus*, *Streptognathodus elegantulus*, and *S. sp.* And conodonts found from the limestones of the Geumcheon Formation are *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Gondolella bella*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Hindeodus minutus*, *Idiognathodus delicatus*, and *Streptognathodus elegantulus*. Among these conodonts, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, and *Hindeodus minutus* are found generally from limestones which deposited in the shallow seas. According to the limestone facies and conodont faunas of the Manhang and Geumcheon formations of the study area, it can be concluded that the limestones of the formations deposited in the shallow sea.

Key words: Taebaek area, Middle Carboniferous Period, Manhang Formation, Geumcheon Formation, conodonts, conodont paleoecology

요약: 강원도 태백 일대에 분포하는 중기 석탄기의 만항층과 금천층은 주로 셰일, 사암 및 석회암으로 구성되며, 이 층들의 석회암에서 코노돈트, 방추충, 해백합, 완족류, 산호, 태선동물, 개형충 등이 풍부하게 산출된다. 이 연구는 연구 지역의 만항층과 금천층의 석회암 암상을 조사하고 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트의 종류와 수를 조사하여 코노돈트의 고생태를 밝혔다. 또한, 만항층과 금천층에서 산출되는 여러 종류의 화석을 바탕으로 이들의 퇴적환경을 구명하였다.

연구 지역에 분포하는 만항층과 금천층의 석회암은 해백합과 여러 종류의 생물 파편을 많이 포함한 와케스톤(wackestone)과 팩스톤(packstone)으로 구성된다. 특히, 금천층 일부 석회암 내에서는 따뜻한 천해환경을 지시하는 *Chaetetes* 산호화석이 발견된다. 연구 지역의 석탄계에서 발견된 코노돈트는 6속 12종이며, 이들 코노돈트는 대부분 생물 파편을 많이 포함한 팩스톤이나 와케스톤에서 많이 산출된다. 만항층 석회암에서는 *Neognathodus bothrops*, *N. medexultimus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Idiognathodus delicatus*, *Streptognathodus elegantulus*, *S. sp.* 등이 산출되며, 금천층의 석회암에서는 *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Gondolella bella*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Hindeodus minutus*, *Idiognathodus delicatus*, *Streptognathodus elegantulus* 등의 코노돈트가 산출된다. 이들 코노돈트 중 *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus* 등은 얇은 바다에서 생성된 석회암에서 산출되는 종들이다. 따라서 연구 지역의 만항층과 금천층 석회암의 암상과 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트는 이들 석회암이 해수의 순환이 좋은 얇은 바다에서 퇴적되었음을 지시한다.

주요어: 태백 지역, 중기 석탄기, 만항층, 금천층, 코노돈트, 고생태

서론

강원도 태백 일대에는 하부 고생대층, 상부 고생대층 및 중생대층이 넓게 분포한다(Fig. 1). 연구 지역에 분포하는 중기 석탄기의 만항층과 금천층은 세일, 사암 및 석회암으로 구성되며, 이들 석회암에서는 코노돈트, 방추층, 소형 유공층, 해백합 파편, 개형층, 완족류, 태선동물, 산호 등의 다양한 화석이 풍부하게 산출된다. 이 지역의 일반 지질은 대한지질학회·태백산지구지하자원조사단(1962)의 연구를 필두로 국내 많은 학자들에 의하여 연구되었다. Cheong(1969)은 태백 지역에 분포하는 상부 고생대층(평균누층군)에 관한 자세한 연구를 수행하여 종전에 흥점동, 사동동, 고방산동, 녹암동으로 분류되던 상부 고생대층을 만항층, 금천층, 장성층, 함백산층, 도사곡층, 고한층, 동고층으로 분류할 것을 제안하였다.

Kim(1973)은 만항층의 사암에 발달되어 있는 사층리를 이용하여 이 층이 쌓일 당시 고수류의 방향이 동쪽에서 서쪽이었음을 제시하였다. 또한, 김항목(1978)은 만항층 내에 발달된 사층리에 대한 연구를 통해 만항층이 얇은 바다나 연근해 환경에서 퇴적되었을 밝혔다. 서해길 외(1979)는 상부 고생대층 내에 부존된 석탄층을 파악하기 위하여 자세한 지질조사를 실시하였다. Lee(1990)는 삼척탄전의 만항층과 영월탄전의 요봉층 사암에 대한 퇴적암석학적 연구를 통하여 만항층의 퇴적물은 재운회된 근원지(recycled orogen source)에서 유래된 것으로 해석했다. 또한, Lee(1999)는 만항층 사암의 지화학적 특징을 조사하여 이 층의 퇴적물은 재운회된 근원지의 석영이 풍부한 퇴적암에서 유래되었다고 하였다. 임순복 외(1994)는 만항층의 기저부 암상과 퇴적구조는 해침상을 지시하며, 해서무척추동물 화석을 포함한 석회암이 협재되어 있으므로 이 층의 퇴적환경을 얇은 바다로 해석하였다. 또한, 이들은 금천층의 석회암에서 해서무척추 동물화석이 산출되고 쇠설성 퇴적암에 청어뼈형 사층리와 세립질 암상이 발달된 점을 들어 금천층은 조간대 환경이 포함된 천해환경에서 퇴적된 것으로 해석했다.

정창희(1973)는 금천층의 석회암에서 산출되는 방추층 연구를 통해 금천층의 지질시대가 중부 석탄기의 모스코비안 상부에 대비됨을 밝혔다. 박수인(1989)은 사북-고한 지역의 금천층에 협재된 석회암에서 코노돈

트 *Diplognathodus edentulus*, *D. coloradoensis*, *D. sp.*, *Gondolella bella*, *Hindeodus minutus*, *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Idiognathodus delicatus*, *Streptognathodus elegantulus*를 발견하고 금천층의 지질시대를 중기 석탄기의 더모이네시안조로 간주하였다.

코노돈트의 일반적인 고생태와 생물지리구에 관한 연구는 많이 이루어졌으나 중기 석탄기의 코노돈트 생물상에 대한 연구는 다른 지질시대의 코노돈트 생물상 연구에 비해 미진한 형편이다. 그러나 1970년대부터 일부 학자들에 의해 중기 석탄기의 코노돈트 생물상이 밝혀지게 되었다(von Bitter, 1972; Merrill, 1975; Merrill and von Bitter, 1984; Driese *et al.*, 1984).

이 연구의 목적은 태백 일대에 분포하는 중기 석탄기의 만항층과 금천층의 석회암에 대한 암상과 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트의 종류와 수를 조사하고, 이를 바탕으로 만항층과 금천층 석회암의 퇴적환경을 유추하고자 한다.

연구방법

이 연구를 효과적으로 수행하기 위해 만항층과 금천층의 분포에 대한 체계적인 정밀야외조사를 실시하였다. 특히 야외조사에서는 각 층을 이루는 구성 암석의 수직적인 암상 변화와 횡적인 암상 변화를 자세히 조사하였으며, 석회암이 협재된 층준을 조사하였다(Fig. 2). 석회암의 암상(microfacies)과 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트 연구를 위해 석회암 표품을 층준에 따라 무게가 약 2-3kg되도록 채취하였다.

코노돈트 추출을 위해 우선 석회암 표품을 3-4cm 크기로 파쇄한 후 파쇄된 석회암 표품을 약 15% 빙초산 용액에 용해시켰다. 용해된 잔유물은 구경이 2.0mm와 0.1mm인 체를 이용하여 물로 깨끗이 씻어 거른 다음 건조시켰다. 건조된 잔유물의 양이 많을 경우 브로모포름(비중: 2.84)을 이용하여 코노돈트를 분리하였다. 코노돈트는 실체현미경하에서 선별한 후 코노돈트의 형태와 특징, 미세구조, 표면장식 등을 자세히 조사하고 이를 바탕으로 분류하였다. 특히, 코노돈트의 미세구조는 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 또한, 층준에 따른 코노돈트의 산출 종과 수, 그리고 석회암의 암상을 분석하여 코노돈트의 고생태와 만항층과 금천층

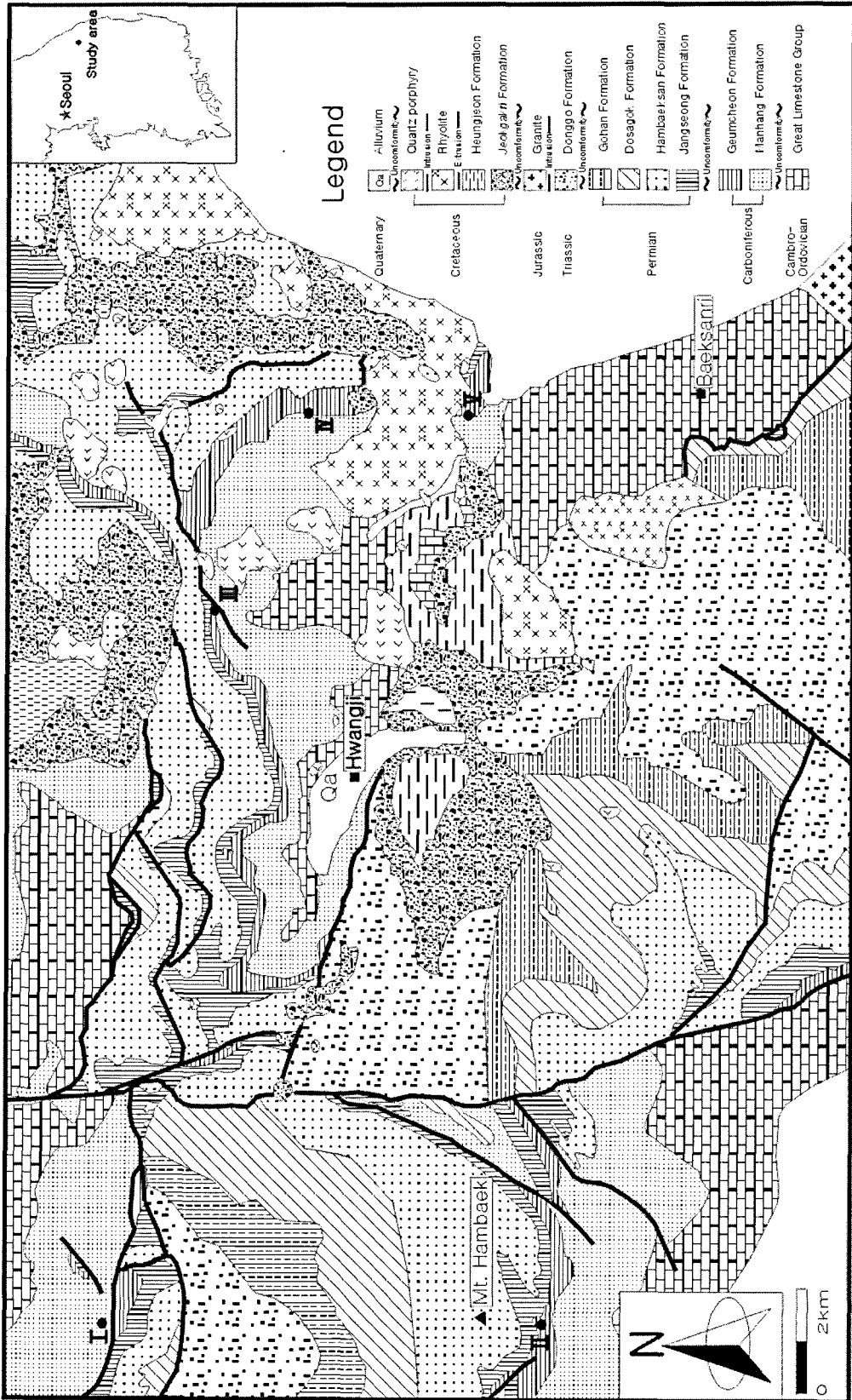


Fig. 1. Geologic map of the study area and limestone sampling sites. I, Seonjae; II, Hambaeksan Highland Sports Exercise Place; III, Sinbeonji; IV, Yornulgol; V, Simpoori.

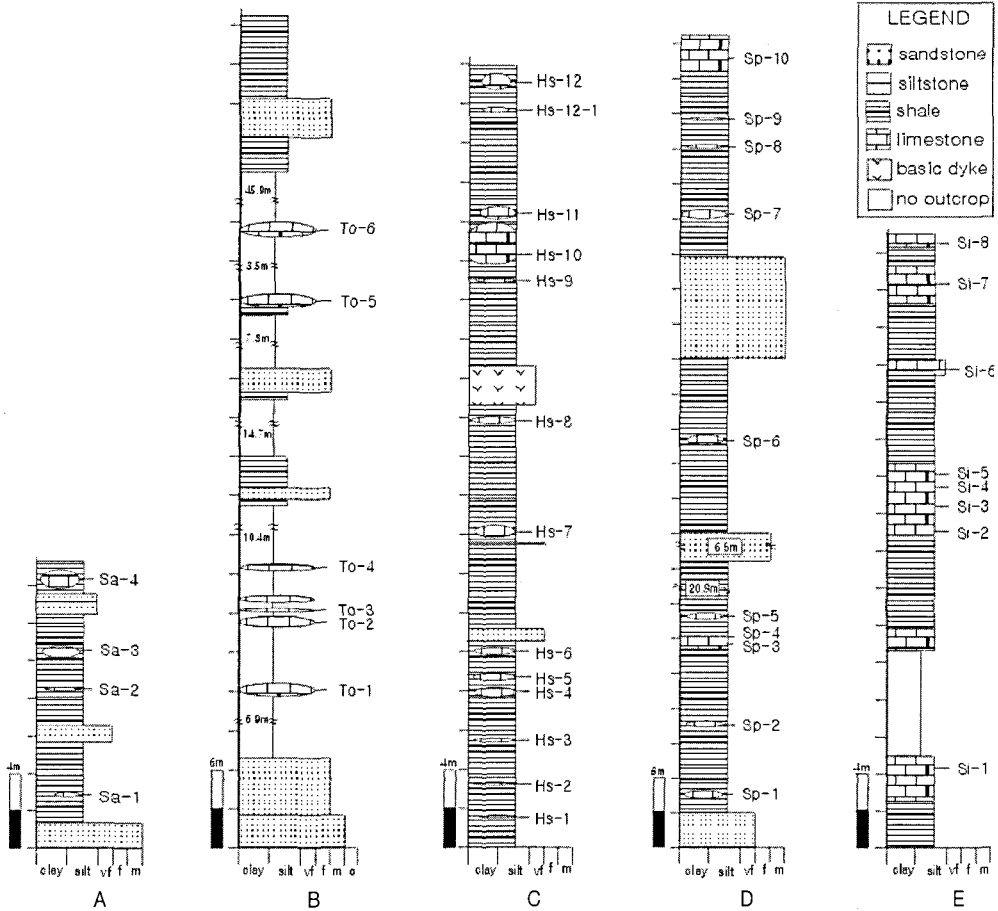


Fig. 2. Sampling horizons of the limestones. A, Manhang Formation cropped out along the route 38 near the Ssrijae; B, Manhang Formation cropped out along the route 38 from Tongri to Sinbeonji; C, Geumcheon Formation near the Hambaeksan Highland Sports Exercise Place; D, Geumcheon Formation cropped out along a small road from the route 38 to the Simpори Railroad Station; E, Geumcheon Formation cropped out at the Sinbeonji valley. vf, very fine sandstone; f, fine sandstone; m, medium sandstone; C, coarse sandstone.

의 퇴적환경을 유추하였다.

지질개요

연구 지역에 분포하는 상부 고생대층은 하부 고생대층을 부정합으로 덮으며, 중생대의 적각리층에 의하여 부정합으로 덮인다. 연구 지역의 상부 고생대층은 하부로부터 상부로 중기 석탄기의 만항층, 금천층, 폐름기의 장성층, 함백산층, 도사곡층, 그리고 고한층으로 구분된다(Table 1).

하부 고생대층

연구 지역에는 하부 고생대층이 넓게 분포한다. 하부 고생대층 중 최상부층인 두위봉층은 태백시 황지동, 요물골, 만항재, 싸리밭골 등 여러 곳에서 만항층과 부정합으로 접한다(Fig. 1). 특히, 싸리밭골 지역에 분포하는 두위봉층은 드러스트 단층에 의해 중기 석탄기의 만항층 위에 층상되어 있다. 두위봉층은 회색 내지 암회색의 석회암, 돌로마이트질 석회암으로 구성되며, 황철석을 소량 포함한다. Dunham(1962)의 석회암 분류안에 따르면 두위봉층의 석회암은 석회질 이암(mudstone)

Table 1. Stratigraphic sequence of the study area.

Geologic time		Formation	
Cenozoic	Quaternary	Alluvium ~~~ unconformity ~~~	
	Mesozoic	Cretaceous	Heungjeon Formation Jeokgakri Formation ~~~ unconformity ~~~
Triassic		Donggo Formation ~~~ unconformity ~~~	
Paleozoic	Permian	Gohan Formation Dosagok Formation Hambaeksan Formation Jangseong Formation ~~~ unconformity ~~~	
		Carboniferous	Geumcheon Formation Manhang Formation ~~~ unconformity ~~~
		Ordovician	Duwibong Formation

내지 와케스톤(wackestone)으로 분류된다. 이 층에서 산출되는 화석으로는 두족류, 복족류, 해백합, 개형충, 이매패 등이 있다. 두위봉층의 주향은 N60~68°W이고, 경사는 30~38°NE이다.

상부 고생대층

만항층: 만항층은 평안누층군의 최하부 층으로서 전기 고생대의 조선누층군을 평행부정합으로 피복한다. 이 층의 하부는 주로 왕모래(granule) 크기의 석영립으로 이루어진 담청색 내지 담회색 사암으로 구성되며, 중부와 상부는 적자색 셰일, 담갈색 내지 담회색 사암으로 구성된다. 싸리밭골 지역에 분포하는 만항층 기저에는 역암층이 발달되어 있다. 역의 성분은 대부분 원마도가 좋은 규암의 역으로서 그 크기는 수 mm에서 최대 20cm이며, 평균 역의 크기는 약 4.5cm이다. 만항층의 사암은 주로 석영으로 구성되며, 상당량의 암편과 전기석을 포함한다. 만항층 사암의 구성 입자의 원마도는 아각상 내지 아원상(subangular~subrounded)이며, 분급은 보통(moderately sorted)이다. 기질의 함량은 12.7~19.4%이다. 이 층의 사암의 조직적 성숙도는 미성숙(immature) 단계이다. 이 층을 이루는 암석의 횡적인 변화는 매우 심하다. 만항층의 녹회색 또는 적자색 셰일의 박편에서는 저변성 작용에 의해 생성된 검은 띠

모양의 오토렐라이트(ottrelite)가 관찰된다.

싸리재 부근의 만항층 상부에는 60cm 내지 1m 두께의 담회색 렌즈상 석회암이 수매 협재되며, 이들 석회암은 대부분이 생물파편으로 구성된다. 만항층 석회암은 소형 유공충, 방추충, 해백합 줄기, 성게류 파편 등을 많이 포함한다. 이러한 해서무척추동물 화석을 포함하는 석회암층은 퇴적환경이 얕은 바다임을 지시한다(임순복 외, 1994). 이 석회암에서는 *Idiognathodus delicatus*, *Hindeodus minutus*, *Neognathodus bothrops*, *Streptognathodus* sp. 등의 코노돈트 화석이 산출되며, 이 층의 지질시대가 중기 석탄기의 아토칸 시기(Atokan Stage)임을 지시한다(박수인, 1989). 만항층의 대체적인 주향은 N60~80°E이고, 경사는 20~30°NW이다. 만항층의 두께는 약 150m이다.

금천층: 금천층은 만항층을 정합적으로 피복한다. 금천층은 주로 암회색 사암, 셰일, 석회암으로 구성된다. 금천층 사암에서는 석영, 암편, 그리고 소량의 전기석이 관찰된다. 사암의 구성입자의 원마도는 각상 내지 아원상(angular~subrounded)이며, 분급은 보통 내지 양호(moderately sorted~well sorted)이고, 기질의 함량은 15.2~16.3%이다. 금천층 사암의 조직적 성숙도는 미성숙(immature) 단계이다.

금천층 석회암은 대부분 셰일 내에 협재되며 그 두께는 매우 다양하다. 금천층은 통리-신번지 사이의 국도변, 신번지 일대, 함백산고원육상후련장 일대, 그리고 심포리 일대에 비교적 잘 노출되어 있다. 금천층의 석회암 내에는 처트층이 층상으로 또는 불규칙하게 얇게 발달되어 있다. 지역에 따라 이 층 내에는 드물게 박충의 석탄이 협재된다. 금천층의 암회색 석회암은 방추충, 코노돈트, 개형류, 해백합, 완족류, 태선동물, 산호 등을 많이 포함한다. 이 석회암에서는 *Gondolella bella*, *Idiognathodus delicatus*, *I. magnificus*, *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Diplognathodus edentulus*, *Hindeodus minutus* 등의 코노돈트가 산출되며, 이 층의 지질시대가 중기 석탄기의 더모이네시안 조(Desmoinesian Stage)임을 지시한다(박수인, 1989).

특히, 금천층의 최상부 석회암 층군에서는 지금까지 중기 석탄기까지만 산출되는 것으로 알려진 *Neognathodids*가 산출되므로 태백 지역에는 후기 석탄기의 지층이 분포되지 않음을 알 수 있다. Cheong(1969)에 의하면 장

성탄광 갱내에 발달된 금천층 내에는 7개의 석회암과 2-3개의 탄층이 협재된다. 또한 그는 금천층을 여러 개의 윤회층으로 이루어진 하나의 대윤회층(megacyclothem)으로 간주하였다. 이 층의 주향은 N45~70°E이며, 경사는 40~70°NW로 그 변화 범위가 크다. 이 지층의 두께는 약 70m이다.

장성층: 장성층은 금천층을 부정합으로 피복한다. 이 층은 주로 조립과 중립 내지 세립의 흑색 사암과 세일로 구성되며, 여러 개의 탄층이 협재된다. 장성층 사암은 주로 석영으로 구성되며, 암편과 소량의 전기석을 포함하고 있다. 이 층의 사암 입자의 원마도는 아각상 내지 아원상(subangular~subrounded)이고, 분급은 보통 내지 양호(moderately sorted~well sorted)이다. 기질의 함량은 3.5~4.9%이다. 이 층의 사암의 조직적 성숙도는 아성숙 내지 성숙(submature~mature) 단계이다. Cheong(1969)에 의하면 장성층은 4개의 뚜렷한 윤회층(JA, JB, JC, JD)으로 이루어져 있으며, 하부로부터 3번째 윤회층(JC) 내에 양질의 탄층이 두껍게 발달되어 있다. 유인창 외(1997)는 대한석탄공사 장성광업소 장성항(0 크로스)과 장성 지역에 분포하는 장성층을 조사하여 이 층의 하부는 삼각주 퇴적체의 퇴적 양상을 띠며, 상부는 하도 퇴적상을 보여주는 것으로 해석하였다. 이 층의 세일층에는 *Neuropteris*, *Cordaites*, *Calamites*, *Pecopteris*, *Taeniopteris*, *Sphenopteris*, *Tingia* 등 식물 화석이 풍부하게 산출된다. 장성층의 지질시대는 전기 페름기의 후기인 아틴스키안(Artinskian) 시대에 대비된다(정창희, 1982). 장성층의 주향은 N60~70°W이고 경사는 35~60°NE이다. 이 층의 두께는 약 200m이다.

함백산층: 함백산층은 장성층을 정합적으로 피복한다. 함백산층은 주로 유백색 내지 담갈색의 조립 내지 중립 사암으로 구성되며, 흑색 내지 올리브색 세일이 얇게 협재된다. 곳에 따라 이 층의 하부 사암은 왕모래(granule) 크기의 석영으로 구성된다. 함백산층 사암은 대부분 석영으로 구성되며, 소량의 암편과 전기석을 포함한다. 사암 입자의 원마도는 아각상 내지 아원상(subangular~subrounded)이고, 분급은 보통(moderately sorted)이다. 기질의 함량은 10.4~15.7%이다. 이 층의 사암의 조직적 성숙도는 미성숙(immature) 단계이다. 이 지층의 지질시대는 중기 페름기의 쿵구리안(Kungurian) 시대로 간주된다(정창희, 1982). 함백산층의 주향은 N30~80°E이고 경사는 30~70°SE이다. 태

백시 화전동 일대에서 함백산층의 두께는 약 124m이다.

도사곡층: 도사곡층의 하부는 조립의 사암으로 구성되며, 기저부에는 암회색 세일이 발달한다. 이 층의 상부는 잡색 사암과 적색 이암으로 구성된다. 이 층을 이루는 암석의 횡적인 상변화는 매우 심하다. 이 층의 사암은 함백산층의 사암과 유사하나 후자의 사암에 비해 단단한 정도가 낮다. 이 층의 일부 잡색 사암 내에는 전기석이 관찰된다. 이 층의 지질시대는 후기 페름기의 초기 카자니안(Kazanian) 시대로 간주된다(정창희, 1982).

고한층: 고한층은 녹회색 내지 회색 세일과 세립의 사암으로 구성되며, 이 층의 상부에는 적색 이암이 협재된다. 이 층의 녹회색 세일층에는 박리성(fissility)이 잘 발달된다. 이 층 내에는 페름기 후기의 식물화석군(*Gigantopteris nicotianaefolia*, *Lobatannularia heiannensis* 등)이 산출된다(장기홍, 1985).

동고층: 동고층은 담녹색의 장석질 중립 사암과 적색의 이암 내지 실트암으로 구성된다. 동고층은 황지장성 지역에 넓게 분포한다. 적색의 이암 내에는 직경 2~3cm의 석회암 단괴가 드물게 포함되어 있다. 동고층의 사암에는 사층리, 점이층리, 연흔 등의 퇴적구조가 잘 발달되어 있다. 이 층의 지질시대는 하부 층과의 층서적인 위치를 고려하여 하부 트라이아스기로 여겨지고 있다.

중생대층

백악기의 적각리층: 평안누층군을 부정합으로 덮는 중생대 백악기의 적각리층은 연구 지역의 북동부 지역, 황지 남부 지역, 그리고 초막골 일대에 소규모로 분포한다. 적각리층은 주로 적색 역암으로 구성되며, 적색의 세립질 사암 내지 이암이 얇게 협재된다. 역의 성분은 주로 사암과 석회암으로 구성되며, 소량의 화산암류와 변성암류의 역이 관찰된다. 또한, 역의 성분은 지역에 따라 그 차이가 매우 크다. 역의 크기는 수 mm에서 최대 30cm이며, 평균 크기는 약 10cm로 역의 분급도는 불량하다. 역의 원마도는 각상 내지 아원상이다. 역암은 괴상(massive) 조직을 보인다. 적각리층의 일부 석회암 역에서는 중기 오르도비스기를 지시하는 코노돈트가 산출된다. 적각리층의 암상과 퇴적구조 등의 조사에 의하면 이 층은 충상단층과 인열단층(tear fault)에 의해

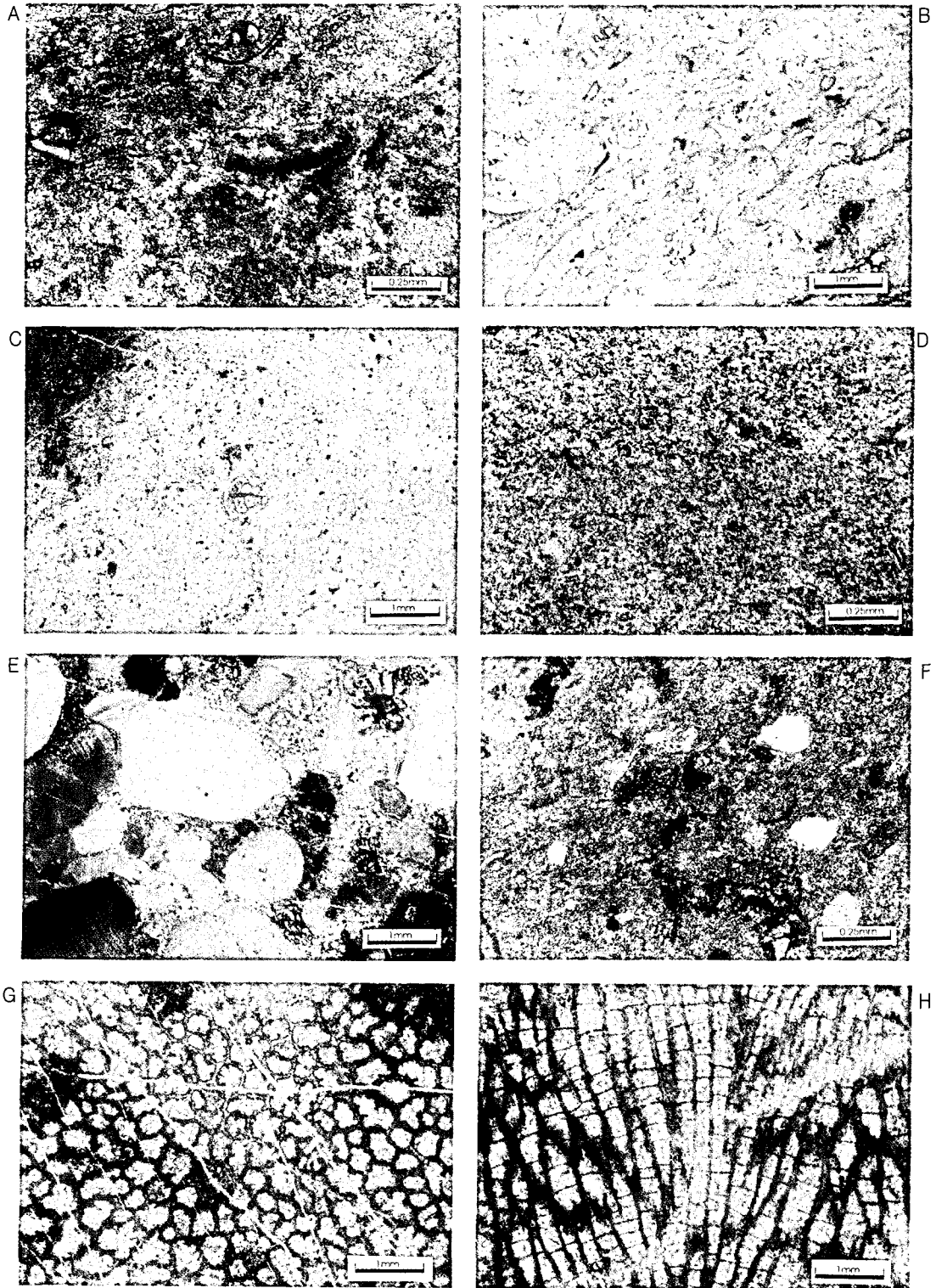


Fig. 3. Microphotographs of the limestone thin sections. A, B, C, wackestones; D, limemudstone; E, grainstone; F, wackestone containing detrital quartz grains(Q); G, F, boundstones composed of corals (*Chaetetes* sp.). G, transverse section; F, longitudinal section, B, plane polarized light; Others, cross polarized light.

Table 2. Conodonts of the Manhang Formation at the Ssarijae(Sa) and Yomulgol(Yo) sections.

Sample number	Sa-1	Sa-2	Sa-3	Sa-4	Yo-1	Yo-2	Yo-3	Yo-4	Yo-5
Sample weight(kg)	1.7	1.1	2.2	1.9	1.5	1.5	1.4	1.5	0.75
<i>Idiognathodus delicatus</i>	61	2	30	24	2	7	3		1
<i>Neognathodus bothrops</i>	2		2	1		2			
<i>N. medexultimus</i>	3		3	2	1	2			1
<i>Streptognathodus elegantulus</i>	8	1	7	4	1	1		2	
<i>Streptognathodus sp.</i>	1		1						
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>				1					
<i>Hindeodus minutus</i>	3		1	3			1		
Total	78	3	44	35	4	12	4	2	2

생성된 퇴적 분지 내에 퇴적되었으며, 주 퇴적상은 선상지 퇴적상과 선상지 망상하천 퇴적상으로 특징된다(박수인 외, 1992). 이 층의 두께는 200~300m이다.

만항층과 금천층의 암상과 코노돈트

강원도 태백 일대에 분포하는 만항층과 금천층의 여러 층준에는 석회암이 협재된다. 이들 석회암은 대부분 렌즈상으로 발달되며 횡적인 연장성이 좋지 않다. 특히 만항층 석회암의 연장성은 금천층에 비해 매우 불량하다. 또한, 만항층의 석회암은 담갈색 내지 담회색을 띠는 반면 금천층의 석회암은 회색 내지 암회색을 띤다. 특히, 암회색의 석회암은 탄질물을 많이 포함한다. 이들 석회암에서는 코노돈트가 풍부하게 산출된다. 석회암의 암상과 코노돈트 연구를 위해 석회암을 채취한 위치는 Fig. 1과 같다.

만항층과 금천층의 석회암의 암상을 조사하기 위하여 박편을 만들어 석회암의 구성 입자의 종류와 기질의

종류와 양을 조사하였다. 연구 지역의 만항층과 금천층의 석회암은 대부분 팩스톤과 와케스톤으로 구성되며, 일부 석회암은 석회질 이암(Fig. 3D)과 바운드스톤(boundstone)으로 이루어져 있다(Figs. 3G, 3H). 특히, 금천층 석회암의 최상부를 이루고 있는 바운드스톤은 *Chaetetes* 산호로 이루어져 있는데 이 산호는 따뜻한 얕은 바다에 서식하는 것으로 알려져 있다. 한편, 일부 석회암은 쇄설성 석영입자를 소량 포함하고 있는데 이는 퇴적암이 육지에 가까운 얕은 바다에서 쌓인 것을 암시한다(Fig. 3F).

만항층과 금천층의 석회암의 암상에 따른 코노돈트의 산출 종류와 수를 조사하였다. 코노돈트는 생물 파편을 많이 포함한 와케스톤이나 팩스톤에서 풍부하게 산출되며, 바운드스톤에서는 이 석회암을 이루는 화석을 제외하고는 다른 화석이 거의 산출되지 않는다.

태백 지역의 만항층에서 산출되는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *S. sp.*, *Neognathodus medexultimus*, *Hindeodus minutus* 등이다(Fig. 4;

Table 3. Conodonts of the Manhang Formation at the Tongri section.

Sample number	To-2	To-3	To-4
Sample weight(kg)	1.8	2.0	1.5
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>		1	1
<i>D. edentulus</i>	1	2	
<i>Hindeodus minutus</i>	1	3	
<i>Idiognathodus delicatus</i>	20	17	1
<i>Neognathodus bothrops</i>		1	
<i>N. medexultimus</i>		3	
<i>Streptognathodus sp.</i>	3	3	
Total	25	30	2

Table 4. Conodonts of the Geumcheon Formation near the Hambacksan Highland Sports Exercise Place.

Sample number	Hs-4	Hs-5	Hs-6	Hs-8	Hs-9	Hs-12
Sample weight(kg)	2.0	3.1	2.7	2.3	2.1	2.3
<i>Idiognathodus delicatus</i>	3	1	46	9	1	3
<i>Neognathodus medexultimus</i>				2		
<i>Neognathodus roundyi</i>				3		
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>				2		
<i>D. edentulus</i>					5	
<i>Hindeodus minutus</i>	1		1	1		
Total	4	1	54	15	1	3

Table 5. Conodonts of the Geumcheon Formation at Yomulgol(Yo) section.

Sample number	Yo-6	Yo-7	Yo-8	Yo-9	Yo-10
Sample weight(kg)	0.7	1.5	1.5	1.5	1.5
<i>Idiognathodus delicatus</i>	5	30	1	3	9
<i>Neognathodus medexultimus</i>		1			
<i>Hindeodus minutus</i>			1		1
Total	5	31	1	3	10

Tables 2, 3). 연구 지역의 금천층에서 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Hindeodus minutus*, *Gondolella bella* 등이 다(Fig. 4; Tables 4, 5, 6, 7). 만항층과 금천층의 코노돈트 중 *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus* 및 *Hindeodus minutus*는 일반적으로 높은 에너지 환경을 지시하며, *Gondolella bella*는 낮은 에너지 환경을 지시한다(Merrill, 1975; Merrill and von Bitter, 1984). 특히, 신변지 계곡의 양계장 부근과 통리-신변지 국도변 사이에 분포하는 금천층의 일부 석회암은 주로 해백합 파편으로 이루어지며, 완족류, 태선동물 및 산호 화석을 매우 풍부하게 포함하는 데 이러한 사실은 이들 석회암이 에너지가 높은 얕은 바다 환경에서 퇴적된 것을 암시한다.

고찰

현재까지 코노돈트 생물상에 관한 연구는 많은 학자에 의하여 이루어졌다. 특히 석탄-페름기의 코노돈트는 당시의 생태학적인 지배요인에 따라 크게 그의 산출상태가 크게 다르다는 것이 밝혀졌다(Merrill, 1975; Merrill and von Bitter, 1984; Driese et al., 1984; von

Table 6. Conodonts of the Geumcheon Formation at Sinbeonji valley(Si) section.

Sample number	Si-2	Si-3	Si-4	Si-8
Sample weight(kg)	1.5	2.0	1.5	2.4
<i>Idiognathodus delicatus</i>	8	9	1	2
<i>Streptognathodus</i> sp.	5	1		
<i>Hindeodus minutus</i>	1			
Total	14	10	1	2

Table 7. Conodonts of the Geumcheon Formation at the Simpori(Sp) section.

Sample number	Sp-1	Sp-2	Sp-5	Sp-7	Sp-8	Sp-9	Sp-10
Sample weight(kg)	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
<i>Diplognathodus edentulus</i>			1				
<i>Hindeodus minutus</i>	1				1		
<i>Idiognathodus delicatus</i>	3	2	6	3	1	1	1
Total	4	2	7	3	2	1	1

Bitter, 1972).

태백 지역의 석탄기의 만항층과 금천층에 협재된 석회암으로부터 산출되는 주요 코노돈트의 생물상은 아래와 같다.

Idiognathodus: *Idiognathodus* 생물상은 "ubiquitous biofacies"라 불릴 정도로 거의 모든 퇴적환경에서 발견된다. Merrill(1975)과 von Bitter(1972)는 *Cavusgnathus*와 *Streptognathodus*의 산출비를 구하면 퇴적환경의 당시 염분도를 알 수 있다고 했다. 지금까지의 연구 결과에 의하면 *Idiognathodus* 생물상은 원해성의 보통 바다(normal marine) 환경으로 알려졌으며, 이러한 사실은 Driese et al.(1984)에 의하여 정량적으로 확인되었다. 그렇지만 앞에서 지적한 바와 같이 *Idiognathodus*의 산출은 넓은 범위의 바다환경에 걸치기 때문에 어느 특정 환경에만 한정된다고 말하기는 어려울 것 같다. 단지, 이들과 함께 산출되는 코노돈트의 종류와 수를 고려하여 해석하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 특히, *Idiognathodus*는 보통 바다(normal marine)의 대륙붕에서 형성된 생물의 파편이 많은 석회암이나 완전히 화석 파편으로 이루어진 와케스톤에서 풍부히 산출되는 것이 특징이다.

Diplognathodus: 일반적으로 *Hindeodus*와 *Diplognathodus*의 서식환경은 *Adetognathus*의 서식환경과 유사했을 것으로 알려졌다(Driese et al., 1984). 즉, 이들은 근해 퇴적물로 해석되는 규질의 쇄설성 석회암 암상과 개형층과 복족류의 파편이 많은 석회암에서 특징적으로 많이 산출된다. 지금까지 *Diplognathodus*의 산출은 많은 지역에서 작은 양으로 보고되고 있기 때문에 *Diplognathodus*가 어떤 특정 환경을 좋아했다거나 잘 견디어 냈다는 결론을 내릴 수는 없다. 그러나 동부 캐나다의 초함수(hypersaline)의 환경에서 퇴적된 퇴적암에서 이 코노돈트가 발견된 점을 고려하면

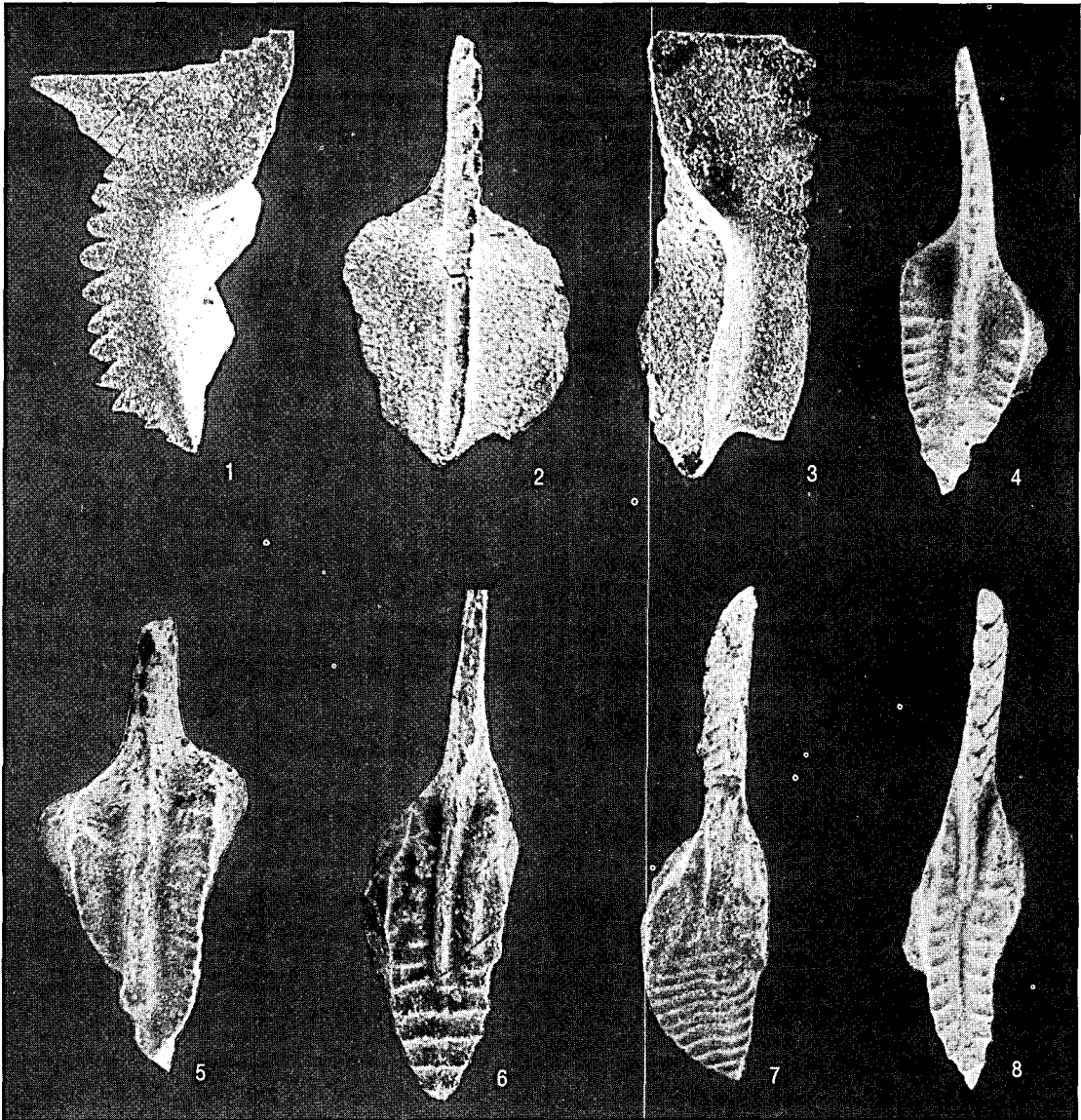


Fig. 4. Conodonts found from the Middle Carboniferous strata in Taebaek area. All illustrations are upper views unless otherwise noticed. 1. *Hindeodus minutus* (Ellison), 1941. X61. Hs-8, Geumcheon Formation near the Hambaeksan Highland Sports Exercise Place. Outer lateral view. 2-3. *Diplognathodus edentulus* (von Bitter), 1972. 2, X93. Hs-8, Geumcheon Formation near the Hambaeksan Highland Sports Exercise Place; 3, X102. Hs-8, Geumcheon Formation near the Hambaeksan Highland Sports Exercise Place. Inner lateral view. 4-5. *Neognathodus medexultimus* Merrill, 1972. 4, X48. Sa-1, Manhang Formation of the Ssarijae section; 5, X54. To-3, Manhang Formation of the Tongri section. 6-7. *Idiognathodus delicatus* Gunnell, 1931. 6, X118. Sp-10, Geumcheon Formation of the Simpori section; 7, X73. Sa-4, Manhang Formation of the Ssarijae section. 8. *Streptognathodus* sp. X49. Sa-1, Manhang Formation of the Ssarijae section.

*Diplognathodus*의 일부 종의 분포에 있어서는 염분도가 중요한 생태학적인 요소가 되었던 것으로 믿어진다 (Merrill and von Bitter, 1984).

Hindeodus: *Hindeodus*는 광역적으로 분포할 뿐만

아니라 장기간의 지질시대에 걸쳐 산출된다. 특히, 석탄기의 *Hindeodus*는 높은 에너지 환경을 지시하는 *Aethotaxis* 생물상에서 흔하게 산출되며, *Idiognathodus*의 산출 양상과 반대 경향을 띤다(Merrill and von

Bitter, 1984).

Neognathodus: *Neognathodus*는 다양한 퇴적환경에서 생성된 중기 석탄기의 여러 종류의 석회암에서 산출되고 있다. 따라서 이들의 산출은 특정한 어느 한 생물상에 한정되는 것은 아닌 것으로 생각된다. 일반적으로 이 코노돈트는 *Idiognathodus*가 흔히 산출되는 생물상에서 많이 산출된다. 특기할 사항은 흑색 셰일이 형성되는 제한된 특정한 환경(*Gondolella*의 생물상)에서 이들이 *Idiognathodus* 보다 훨씬 많이 산출된다는 점이다.

Gondolella: *Gondolella*는 에너지가 낮은(?) 바다 환경에서 생성된 유기물이 풍부한 석회암이나 셰일에서 산출된다(Driese et al., 1984; Merrill and von Bitter, 1984).

따라서 태백 지역의 중기 석탄기 석회암에서 산출되는 코노돈트 중에서는 *Idiognathodus*가 압도적으로 우세하고 *Neognathodus*도 상당량 산출된다. 이러한 사실은 연구지역 석회암의 생성 당시의 퇴적환경이 보통 바다(normal marine)의 대륙붕이었음을 지시해 준다. 단지 *Hindeodus*와 *Diplognathodus*가 *Idiognathodus* 및 *Neognathodus*와 함께 산출되는 점으로 보아 연구 지역의 만항층과 금천층의 석회암은 천해 지역과 접하는 얇은 바다환경에서 퇴적된 것으로 여겨진다. 특히, 신빈지 지역의 금천층 상부 석회암에서 *Chaetetes* 산호 화석이 풍부하게 산출되는 것은 이러한 해석의 신빙성을 더욱 높게 한다.

결론

강원도 태백 일대에는 중기 석탄기의 만항층과 금천층이 넓게 분포하며, 이들 층 내에는 렌즈상의 석회암이 수 개 협재된다. 이 석회암에서 코노돈트, 방추충, 해백합, 완족류, 산호, 태선동물, 개형충 등이 풍부하게 산출된다. 이 연구는 연구 지역의 만항층과 금천층의 석회암 암상과 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트의 종류와 수를 조사하여 만항층과 금천층의 코노돈트 고생태와 퇴적환경을 구명하기 위해 이루어졌다. 이 연구를 수행하여 밝혀진 중요한 사실들은 다음과 같다.

연구 지역에 분포하는 만항층과 금천층의 석회암은 해백합과 여러 종류의 생물 파편을 많이 포함한 와케스톤(wackestone)과 팩스톤(packstone)으로 구성된다. 특히, 금천층 일부 석회암 내에서는 따뜻한 천해환경을

지시하는 *Chaetetes* 산호화석이 발견된다.

태백 지역의 중기 석탄계에서 발견된 코노돈트는 6속 12종이며, 이들 코노돈트는 대부분 생물 파편을 많이 포함한 팩스톤이나 와케스톤에서 많이 산출된다. 만항층에서 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *S. sp.*, *Neognathodus bothrops*, *N. medexultimus*, *Hindeodus minutus* 등이며, 금천층에서 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Neognathodus medexultimus*, *N. roudyi*, *N. dilatus*, *Hindeodus minutus*, *Gondolella bella* 등이다. 이들 코노돈트 중 *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. edentulus* 등은 얇은 바다에서 생성된 석회암에서 산출되는 종들이다. 따라서 연구 지역의 석회암의 암상과 이들 석회암에서 산출되는 코노돈트는 만항층과 금천층의 석회암이 얇은 바다 환경에서 퇴적되었음을 지시한다.

사사

본 연구는 1998년도 교육부 학술연구 조성비(기초과학 BSRI-98-5424)에 의하여 수행되었다. 야외지질조사, 석회암의 용해처리 및 코노돈트 선별, 지질도와 표 작성 및 코노돈트 사진 작업을 도와준 강원대학교 대학원 지질학과 선승대군과 화석연구실 학생들에게 크게 감사한다. 또한, 코노돈트의 미세구조 관찰과 도판 제작용 사진 촬영을 도와준 강원대학교 축산가공학과 박재인 교수님께 감사드린다.

석회암 표품 채취 위치

(Fig. 1의 지질도 참조)

짜리재 단면: 짜리재에서 태백시로 가는 38번 국도변에 발달된 만항층 노두.

함백산고원육상훈련장 단면: 함백산고원육상훈련장 사무실 앞에 발달된 금천층 노두.

요물골 단면: 요물골 계곡에 분포하는 만항층과 금천층 노두.

통리 단면: 고원휴게소에서 삼척시 신빈지로 가는 38번 국도변에 발달된 만항층 노두.

심포리 단면: 고원휴게소에서 심포역으로 가는 소로변에 발달된 금천층 노두.
 신변지 단면: 신변지(양계장 부근) 계곡에 발달된 금천층 노두.

참고문헌

- 김항목, 1978, 후기 석탄기 테티스해 내 한국 삼척 단전의 친해류 분석. 광산지질, 11, 21-38.
- 박수인, 1989, 사북-고한지역에 분포하는 평안누층군의 코노돈트 생층서에 관한 연구. 지질학회지, 25, 192-201.
- 박수인·우경식·김영화·이광춘, 1992, 강원도 태백일대에 분포하는 퇴적암류의 층서 및 지구조적 연구. 한국과학재단보고서(88-113-01): 강원도 태백일대의 지구조 및 암석학적 연구, 301-402.
- 서해길·김동숙·박석환·임순복·조민조·배두중·이돈영·유양수·박정서·장운환, 1979, 삼척탄전지질도(1:25,000). 자원개발연구소.
- 유인창·도성재·백광호·최선규, 1997, 삼척 탄전 장성 지역에 분포하는 페름기 장성층의 층서에 대한 재고찰. 지질학회지, 33, 78-86.
- 임순복·이창범·김동숙·김유봉, 1994, 삼척탄전(백병산-서루봉 지역). 한국자원연구소 삼척탄전보고서, 15, 1-108.
- 대한지질학회·태백산지구지하자원조사단, 1962, 태백산지구 지질도
- 장기홍, 1985, 한국의 지질. 민음사, 270 p.
- 정창희, 1973, 삼척탄전산 방추층의 고생물학적 연구. 지질학회지, 9, 47-88.
- 정창희, 1982, 상부 고생대층. 한국의 지질과 광물자원, 김옥준 교수 정년퇴임기념 논문집, 62-95.
- Cheong, C.H., 1969, Stratigraphy and paleontology of the Samcheog coal field, Kangwondo, Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 5, 13-54.
- Driese S.G., Carr, T.R., and Clark, D.L., 1984, Quantitative analysis of Pennsylvanian shallow-water conodont biofacies, Utah and Colorado. In Clark, D.L.(ed.), Conodont biofacies and provincialism. Geological Society of America Special Paper 196, 233-250.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W.E. (ed.), Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologist Memoir 1, 108-121.
- Kim, H.M., 1973, Neritic paleocurrent analysis of Pennsylvanian Tethys sea at Samcheog coal field. Journal of the Korean Institute of Mining Geology, 11, 21-38.
- Lee, Y.I., 1990, Absence of feldspar in Carboniferous Manhang (Samcheog coal field) and Yobong sandstones, Korea: Depositional or diagenesis?. Journal of the Geological Society of Korea, 26, 63-69.
- Lee, Y.I., 1999, Geochemical characteristics of the Manhang Formation(Late Carboniferous) sandstones, Korea: Implication for provenance. Geoscience Journal, 3, 87-94.
- Merrill, G.K., 1975, Pennsylvanian conodont biostratigraphy and paleoecology of northwestern Illinois. Geological Society of America Microform Publication 3, 130 p.
- Merrill, G.K. and von Bitter, 1984, Facies and frequencies among Pennsylvanian conodonts: Apparatus and abundances. In Clark, D.L.(ed.), Conodont biofacies and Provincialism. Geological Society of America Special Paper 196, 251-261.
- von Bitter, P.H., 1972, Environmental control of conodont distribution in the Shawnee Group(Upper Pennsylvanian) of eastern Kansas. University of Kansas Paleontological Contribution 59, 105 p.

2000년 5월 10일 원고 접수

2000년 6월 10일 원고 채택