

강원도 태백 지역의 중부 석탄계의 코노돈트 생층서

박수인* · 선승대

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

Conodont Biostratigraphy of the Middle Carboniferous System in the Taebaek Area, Kangwondo, Korea

Soo-In Park* · Seung-Dae Sun

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

Abstract: The Middle Carboniferous Manhang and Geumcheon Formations exposed in the Taebaek area, Kangwondo, Korea consist of sandstones and shales with some intercalation of limestone beds. The limestones of the formations contain abundant conodonts and other fossils. The purpose of this study is (1) to investigate the conodont fauna, (2) to assign conodont biozones of the Manhang and Geumcheon Formations, and (3) to refine their geologic age more exactly. The conodonts of the Manhang and Geumcheon Formations are 6 genera distributed into 11 species. Conodonts found from limestones of the Manhang Formation are *Idiognathodus delicatus*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus* sp., *Diplognathodus coloradoensis*, *N. bothrops*, and *N. medexultimus*. This conodont fauna can be assigned to the *Neognathodus bothrops* Zone. This conodont biozone indicates that the geologic age of the Manhang Formation is the Atokan stage of the Middle Carboniferous Period. Conodonts from limestones of the Geumcheon Formation are *Idiognathodus delicatus*, *N. medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus elegantulus*, and *Gondolella bella*. These conodonts permit them to be assigned to the *Neognathodus roundyi* Zone. This conodont biozone indicates that the geologic age of the Geumcheon Formation is the Desmoinesian stage of the Middle Carboniferous Period.

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

요약: 강원도 태백시 일대에 분포하는 중기 석탄기의 만항층과 금천층은 사암과 셰일로 구성되며, 여러 매의 석회암이 협재되어 있다. 만항층과 금천층의 석회암에서는 코노돈트와 그 밖의 화석이 풍부하게 산출된다. 이 연구의 목적은 (1) 만항층과 금천층의 코노돈트 화석군을 조사하고, (2) 이를 근거로 코노돈트 생층서대를 확정하며, (3) 코노돈트 화석군과 생층서에 근거하여 만항층과 금천층의 지질시대를 보다 명확히 밝히는 데 있다. 만항층과 금천층의 석회암에서는 6속 11종의 코노돈트가 산출된다. 만항층의 석회암에서 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus* sp., *Diplognathodus coloradoensis*, *N. bothrops* 및 *N. medexultimus*이고, 이들 코노돈트에 근거하면 만항층의 코노돈트 생층서대는 *Neognathodus bothrops* 대로 지정될 수 있다. 만항층의 코노돈트와 *Neognathodus bothrops* 대에 근거하면 만항층의 지질시대는 북아메리카의 일리노이 분지에 분포하는 중기 석탄기의 아토크안(Atokan stage)에 대비된다. 금천층 석회암에서 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *N. medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus elegantulus* 및 *Gondolella bella*이고, 이들 코노돈트는 *Neognathodus roundyi* 대에서 산출되는 종들이다. 따라서 금천층의 코노돈트 생층서대는 *Neognathodus roundyi* 대로 지정될 수 있다. 이 생층서대와 금천층 코노돈트는 금천층의 지질시대가 북아메리카의 일리노이 분지에 분포하는 중기 석탄기의 더모이네시안 조(Desmoinesian stage)에 대비됨을 지시한다.

주요어: 코노돈트, 중기 석탄기, 만항층, 금천층, 태백

서 언

강원도 태백시 장성동, 화전동, 태백고원적응훈련장, 통리, 삼척시 심포리, 신변지 지역, 그리고 통리-신변지 사이의 국도변을 따라 중기 석탄기의 해성층이 잘 발달되어 있다. Shiraki(1940)는 삼척 탄전 지역의 지질 분포를 조사하여 이 지역의 지질도를 처음으로 작성하였다. 그 후 태백산지구지질조사단(1962)은 삼척 탄전 지역의 지질도(1:50,000)를 완성하였으며, 서해길 외(1979)는 삼척탄전 지역의 정밀지질도(1:25,000)를 작성하였다. Cheong(1969)은 태백 지역에 분포하는 상부 고생대층에 관한 자세한 연구를 수행하였으며, 종전에 홍점층, 사동층, 고방산층, 녹암층으로 분류되던 상부 고생대층을 중기 석탄기의 만항층과 금천층, 그리고 폐름기의 장성층, 함백산층, 도사곡층 및 고한층으로 분류할 것을 제안하였다. 김항목(1978)은 삼척 탄전 지역의 만항층 내에 발달된 사층리에 대한 연구를 통해 만항층이 얇은 바다나 연근해 환경에서 퇴적되었음을 밝혔다. 또한 그는 이 지역의 만항층이 퇴적될 당시의 고수류 방향은 동쪽에서 서쪽이었음을 구명하였다.

정창희(1973)는 삼척 탄전 지역의 만항층과 금천층에서 산출되는 방추충에 대한 체계적인 연구를 통해 이 층들의 지질시대가 중기 석탄기의 모스크비안 조임을 확인하였다.

이 지역에 분포하는 석탄계의 코노돈트에 관한 연구는 처음으로 Gabert *et al.*(1965)에 의해 수행되었다. Gabert *et al.*(1965)은 금천층의 석회암에서 *Idiognathodus* sp., *Streptognathodus* sp., *Idiognathodus* cf. *delicatus* 등의 코노돈트를 기재하고, 하부 사동층(= 금천층)의 지질시대가 석탄기임을 구명하였다. 또한, 이들은 코노돈트를 이용하면 이 지역에 분포하는 석탄계의 지질시대를 보다 정확히 밝힐 수 있음을 제시하였다.

박수인(1989)은 강원도 사북-고한 지역의 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트 연구에 근거하여 만항층의 지질시대를 중기 석탄기의 아토칸 조에, 그리고 금천층의 지질시대를 중기 석탄기의 더모이네시안 조에 대비됨을 밝혔다. 한편, 이종덕(1992)은 함백 탄전 일대의 홍점층의 코노돈트에 관한 연구를 수행하였으며, 연구 결과를 바탕으로 이 지역의 홍점층의 지질시대가 중기 석탄기의 모로우안 조에서 더모이네시안 조에 대비됨을 주장하였다. 박수인·정상은

(1999)은 단양 지역에 분포하는 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트를 체계적으로 연구한 후 만항층에는 *Neognathodus bothrops* Zone을, 그리고 금천층에는 *Neognathodus roundyi* Zone을 각각 설정하였다. 이들은 *Neognathodus bothrops* Zone을 북아메리카의 일리노이 분지에 분포하는 중기 석탄기의 아토칸 조에 대비시켰으며, *Neognathodus roundyi* Zone은 일리노이 분지의 더모이네시안 조에 대비시켰다.

Rexroad *et al.*(2001)은 북아메리카 동부에 분포하는 더모이네시안 조의 Linton 층에서 산출되는 코노돈트 연구를 통해 이 층의 지질시대와 퇴적 환경을 과거에 수행된 여러 연구와 비교하여 자세하게 검토하였다.

강원도 태백 지역은 우리 나라 상부 고생대층의 표식지의 한 지역으로 우리 나라 및 동북 아시아의 지각 진화 과정 연구에 매우 중요한 곳이다. 그러나 지금까지 이 지역의 석탄계의 코노돈트에 관한 체계적인 연구가 수행되지 못하였다. 특히 이 지역은 심한 지각 변동을 받아 중기 석탄기 지층들이 심하게 교란되어 있으며, 드리스트 단층에 의해 이들이 반복되어 분포함으로 지질구조 해석에 많은 어려움이 있다(서해길 외, 1979). 따라서, 연구 지역에 분포하는 석탄기의 만항층과 금천층의 코노돈트 연구를 통한 코노돈트 생충서 확립은 매우 중요하다.

이 연구의 목적은 연구 지역에 분포하는 중기 석탄기의 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트의 종과 개체수를 체계적으로 조사하고, 이를 바탕으로 코노돈트 생충서를 확립하여 만항층과 금천층의 지질시대를 보다 명확히 밝히는 데 있다.

이 연구의 도판(plate)에 사진으로 제시된 코노돈트는 강원대학교 자연과학대학 지구과학부 화석연구실에 보관되어 있으며, 보관 목록 번호는 DGKU 2001-DGKU 2035.

연구방법

연구 지역에 분포하는 상부 고생대층의 분포와 경계 및 횡적 연장성을 자세히 조사하였다. 특히 만항층과 금천층의 구성 암석과 분포 및 그 인접 층에 대한 조사를 상세히 하였다. 또한 석탄계의 코노돈트 연구를 위하여 노두 노출이 양호한 7개의 단면을 택하여 지질주상도를 작성하고, 코노돈트 연구용 석회암 표품을 체계적으로 채취하였다. 석회암 표품은

금천동 단면에서 8개, 태백고원육상훈련장 14개, 통리 38번 국도변 42개, 심포리 소로변 15개, 신번지 일대 14개, 예낭골 11개, 싸리재 4개, 그리고 그 밖의 지역에서 석회암 표품을 채취하였다.

채취된 석회암 표품을 약 3~4cm 크기로 파쇄하여 약 15%의 공업용 빙초산(CH_3COOH)에 용해시켰다. 용해시킨 후 남은 잔류물은 구경 2.0mm와 0.1mm의 체를 이용하여 물로 깨끗이 세척한 후 건조시켰다. 건조된 용해 잔류물은 브로모폼(bromoform, 비중: 2.82~2.85)을 사용하여 중액 분리를 실시하여 코노돈트를 농집시켰다. 코노돈트는 형태, 장식 및 미세 구조에 근거하여 분류하였다. 코노돈트의 미세구조는 강원대학교 공동실험실습관의 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였으며, 도판 제작용 사진을 촬영하였다.

지질 및 층서

연구 지역의 지층은 하부로부터 전기 고생대의 조선누층군과 이를 부정합으로 피복하는 후기 고생대의 평안누층군의 만항층, 금천층, 장성층, 함백산층, 고한층과 이들 전기 고생대층과 후기 고생대층을 부정합으로 피복하는 중생대의 동고층과 적각리층 등으로 구성된다(Table 1). 본 연구 지역의 퇴적암류는 단층과 습곡작용에 의해 심하게 교란되어 있고, 이들 퇴적암류를 백악기의 석영 반암이 소규모로 관입하고 있다. 연구 지역의 중요한 지질구조는 태백시 황지 지역을 중심으로 서쪽에는 백운산 향사와 함백산 단층, 혈암 드러스트가 발달해 있고, 남동쪽에는 철암 단층과 동점 단층 등이 발달해 있다.

하부 고생대층

연구 지역에 분포하는 전기 고생대의 조선누층군은 선캄브리아 시대의 변성암류를 부정합으로 피복하며, 평안누층군에 의해 부정합으로 덮여 있다. 하부 고생대층은 황지 지역을 중심으로 북서쪽과 남서쪽 그리고 남동쪽에 넓게 분포한다(Fig. 1). 연구 지역에서 조선누층군의 최상부 층인 두위봉층은 회색 내지 암회색의 석회암, 리본암, 돌로마이트질 석회암으로 이루어져 있다. 이 층의 석회암은 이매패, 개형류, 삼엽층, 복족류, 극피류 등의 파편과 어란상 입자(ooids) 및 생물 배설물 입자(pellets)로 구성된다(선승대, 2001). 두위봉층 석회암은 입자암(grainstone), 팩스톤(packstone),

Table 1. The stratigraphy of the study area.

Geologic time	Supergroup	Formation
Cretaceous	Gyeongsang	Jeoggakri
		~unconformity~
Triassic		Donggo
		~unconformity~
Permian	Pyeongang	Gohan Dosagog Hambacksan Jangseong
		~unconformity~
Carboniferous		Geumcheon Manhang
		~unconformity~
Ordovician	Choseon	Duwibong

와케스톤(wackestone)에 해당된다(선승대, 2001). 연구 지역에서 두위봉층의 주향과 경사는 $\text{N}60^\circ \sim 68^\circ\text{W}$ 이고 경사는 $30^\circ \sim 38^\circ\text{NE}$ 이다.

중부 석탄계

연구 지역의 중부 석탄계는 만항층과 금천층으로 구분되며, 이들 층은 석회암을 협재한 해성층이다. 만항층은 평안누층군의 최하부 층으로서 전기 고생대의 조선누층군을 평행부정합으로 피복한다. 연구 지역에서 만항층은 태백시 금천동, 화전1동 초막골, 싸리재, 예낭골 일대, 삼척시 심포리, 신번지 일대, 통리-신번지 사이의 38번 국도변을 따라 동서방향으로 길게 분포한다.

만항층의 하부는 주로 왕모래(granule) 크기의 세립 자갈로 이루어진 담청색 내지 담회색 사암으로 구성되며, 중부와 상부는 적자색 세일, 담갈색 내지 담회색 사암으로 구성된다. 싸리밭골 지역에 분포하는 만항층 하부에는 기저 역암이 발달되어 있으며, 역의 성분은 대부분이 원마도가 좋은 규암의 역이다. 이 층을 이루는 암석의 횡적인 변화는 매우 심하다. 이 층의 녹회색 또는 적자색 세일 내에는 검은 반점상으로 오토렐라이트(ottrelite)가 관찰된다.

싸리재, 금천리, 심포리, 예낭골에 분포하는 만항층의 상부에는 60cm 내지 1m 두께의 담회색 렌즈상 석회암이 수매 협재되며, 이들 석회암은 대부분이 생물 파편으로 구성된 와케스톤 내지 팩스톤이다. 싸리재 지역에 분포하는 만항층 석회암 내에는 단괴상의 처어트가 발달되어 있다. 만항층 석회암은 소형 유공층, 방추층, 코노돈트, 해백합 줄기, 개형층 등을 많이

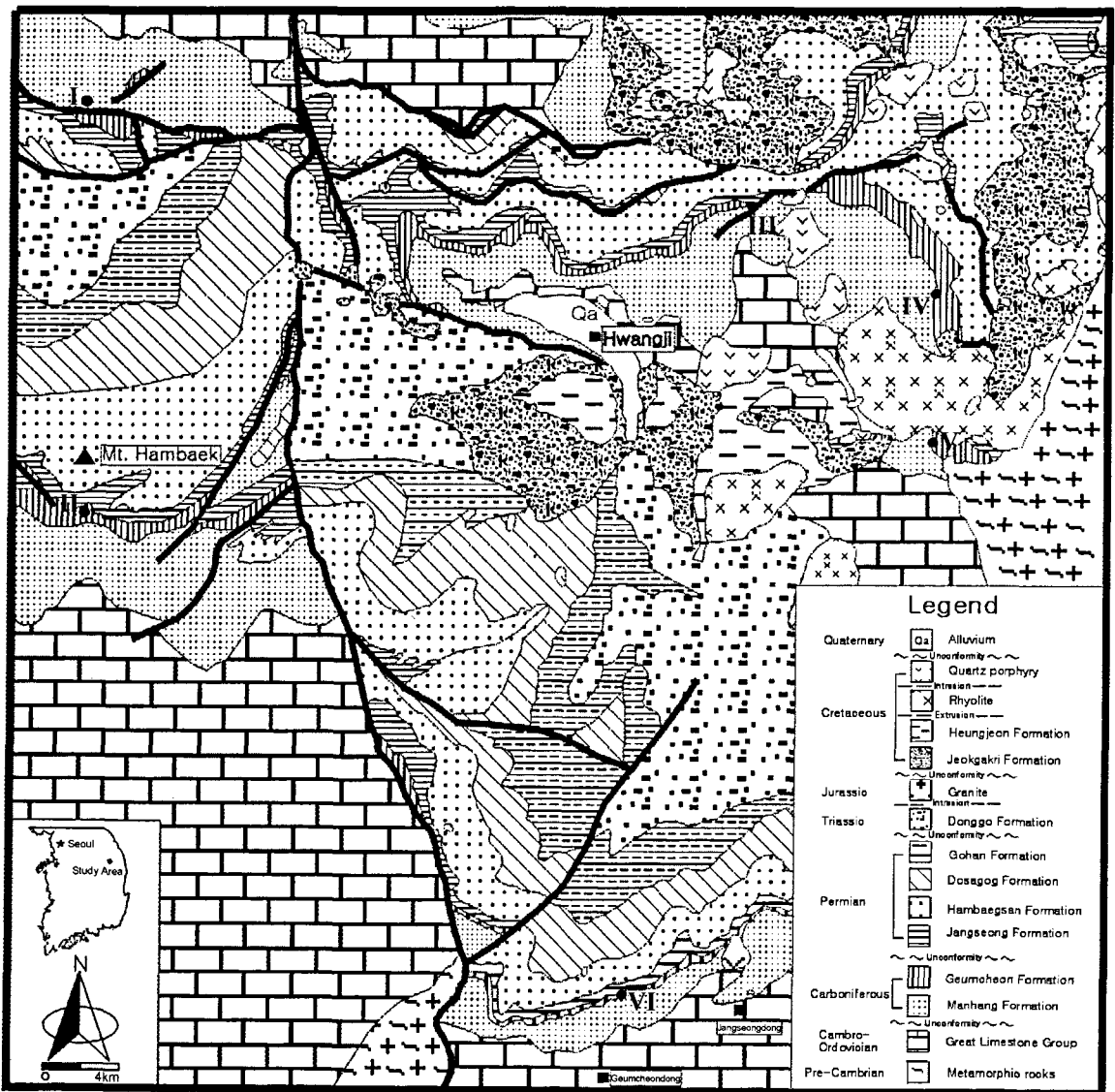


Fig. 1. Geologic map of the study area and collecting localities (modified from Seo *et al.*, 1979). I, Ssarjaje section; II, Hambaeksan section; III, Yenanggol section; IV, Sinbeonji-I section; V, Simpori section; VI, Geumcheon section.

포함한다. 만항층의 대체적인 주향은 N60~70°E이고, 경사는 35~60°NE이다. 만항층의 두께는 약 150m이다.

금천층은 만항층을 정합적으로 피복하고 페름기의 장성층에 의해 부정합으로 덮인다. 금천층은 주로 암회색의 사암과 셰일, 녹회색 셰일 및 회색 내지 암회색 석회암으로 구성되며, 지역에 따라 석회암 내에는 처어트가 층상으로 얇게 협재되어 있다. 금천층 석회암은 대부분 지역에서 셰일 내에 협재되며 그 두께는 매우 다양하다. 또한, 이 층 내에는 드물게 석탄

이 얇게 협재된다. 금천층의 석회암은 방추층, 코노돈트, 개형류, 해백합 줄기, 산호, 원족류, 태선동물 등을 많이 포함한다. 신변지 일대에 분포하는 금천층의 상부 석회암의 두 층준에서 산호 화석(*Chaetetes* sp.)이 산출된다.

금천동 지역에 분포하는 금천층 상부의 녹회색 셰일에서는 *Aviculopecten germanus*, *A. vanvleeti*, *A. chouniukouensis*, *A. dissimilis*, *Hayasakapecten* sp., *Edmondia* sp., *Paleolima* sp. 등의 이매패 화석, *Pseudozygoleura* sp. 등의 복족류 화석, *Hemiple-*

thorhynchus sp., *Spriferllina* sp., *Desquamatica* sp. 등의 원족류 화석, 그리고 해박합 줄기 등이 풍부하게 산출된다. 이 층의 주향은 N20~60°E이며, 경사는 40~70°NW로 그 변화 범위가 크다. 이 지층의 두께는 심포리 지역에서 약 70m이다.

페름계

연구 지역의 페름계는 하부로부터 장성층, 함백산층, 도사곡층 및 고한층으로 구분된다. 이 지역의 페름계는 모두 육성 환경에서 퇴적된 쇄설성 퇴적암으로 사암, 셰일 및 실트암으로 구성된다. 고한층 사암은 다른 층 사암과 달리 장석을 포함하고 있음이 특징이다. 연구 지역의 페름계의 퇴적물들은 재운회된 조산대에서 유래된 것으로 해석된다(Lee and Sheen, 1998). 페름계 내에 발달된 셰일에서는 페름기의 아틴스키안(Artinskian)에서 카자니안(Kazanian) 시대를 지시하는 식물화석이 풍부하게 산출된다(Cheong, 1969). 특히 이 지역의 장성층 내에는 무연탄이 풍부하게 부존되어 있다.

중생대층

연구 지역의 중생대층은 트라이아스기의 동고층과 백악기의 적각리층으로 이루어져 있다. 동고층은 페름기의 고한층을 부정합으로 덮는다. 이 층은 태백시 황지동-문곡동 일대에 넓게 분포한다. 동고층은 담녹색의 장석질 중립 사암과 적색의 이암 내지 실트암으로 구성된다. 이 지층 내에는 적색 이암 내지 실트암이 자주 협재된다. 적색의 이암 내에는 직경 2~3cm의 석회암 단편이 드물게 포함되어 있다. 동고층의 사암에는 사층리, 점이층리, 연흔 등의 퇴적구조가 잘 발달되어 있다. 이 지층의 지질시대는 하부 지층과의 층서적인 위치를 고려하여 전기 트라이아스기로 여겨지고 있다(Cheong, 1969).

백악기의 적각리층은 평안누층군을 부정합으로 덮고 있다. 이 층은 연구 지역의 황지를 중심으로 북부 지역과 북동 지역, 그리고 남부 지역에 분포한다. 이 층은 주로 적색 역암 내지 각력암으로 구성되며, 적색의 세립 사암 내지 이암이 얇게 협재된다. 역의 성분은 주로 사암과 실트암, 석회암으로 구성되며, 소량의 화산암류와 변성암류의 역이 관찰된다. 이 층의 일부 석회암 역에서는 중기 오르도비스기를 지시하는 코노돈트가 산출된다. 적각리층은 층적 선상지 퇴적된 것으로 해석된다(신상인, 1986).

코노돈트와 생층서

중기 석탄기의 만항층과 금천층은 태백시 장성동, 금천동과 태백고원육상훈련장 일대, 심포리, 예남골, 싸리재 일대, 통리, 신변지 등의 지역에 비교적 양호하게 노출되어 있다. 만항층과 금천층의 코노돈트 연구를 위해 이들 지점에서 지질주상도를 작성하고, 석회암 표품을 층준에 따라 체계적으로 채취하였다(Figs. 2~3). 산출된 코노돈트는 대부분 P-element이었으며, 이들의 형태, 장식 및 미세구조에 따라 분류한 결과 총 6속 11종의 코노돈트가 확인되었다. 가장 많이 산출된 종은 *Idiognathodus delicatus*로 함백산 단면에서 316개, 예남골 단면에서 76개, 그 외 지역에서 241개가 산출되었다. 코노돈트가 가장 많이 산출된 표품은 함백산 단면의 표품 HB-7로 2kg의 석회암에서 124개의 코노돈트가 산출되었다.

만항층에서 산출된 코노돈트는 *Idiognathodus del-*

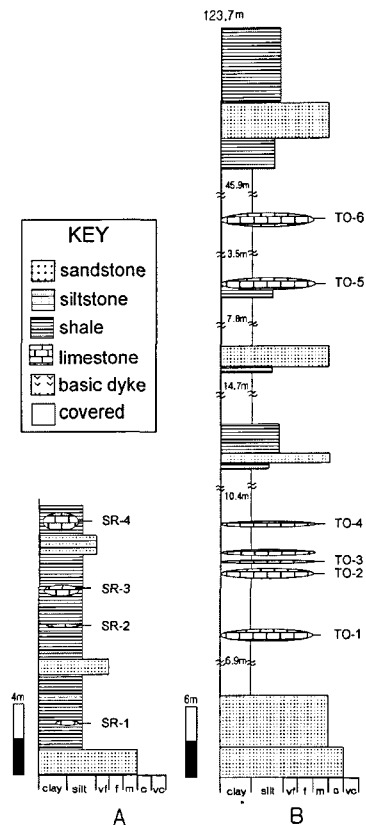


Fig. 2. The sampling horizons of limestones of the Manhang Formation. A, Ssarijae section; B, Tongri section.

icatus, *Hindeodus minutus*, *Neognathodus bothrops*, *N. medexulimus*, *Streptognathodus* sp., *Diplognathodus coloradoensis* 등이다(Tables 2, 3). 이들 코노돈트에 근거하여 연구 지역의 만항층의 코노돈트 생층서대는 *Neognathodus bothrops* 대로 지정하였다. *Neognathodus bothrops* 대의 하한은 *Neognathodus bothrops*가 출현하기 시작하는 층준으로 정해졌으며, *Neognathodus bothrops*가 산출되지 않는 곳에서는 *Diplognathodus coloradoensis*가 최초로 출현하는 곳으로 정해졌다(박수인·정상은, 1999). 이 생층서대의 상한은 *Neognathodus roundyi*가 출현하기 전까지이다. 이 생층서대에서 주로 산출되는 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Neognathodus bothrops*, *N. medexulimus*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus* sp., *Diplognathodus coloradoensis*이다. 이 생층서대는 싸리재, 금천동, 예남골, 통리 38번 국도변에 분포하는 만항층 상부 석회암에서 확인되었다. 이 생층서대는 영월 지역 요봉층 상부의 *Idiognathodus delicatus* Zone(이창진 외, 1988), 단양지역의 *N. bothrops* Zone(박수인·정상은,

1999)과 일치한다. 또한 이 생층서대는 북아메리카의 *N. bothrops* - *N. atokaensis* Zone에(Merrill, 1975), 그리고 북중국 지괴의 남부 지역에 분포하는 중기 석탄기의 Benxi Formation의 *Neognathodus bassleri* - *Idiognathodus shanxiensis* Zone에 대비된다(Ding and Wan, 1990).

금천층에서 산출된 코노돈트는 *Gondolella bella*, *Idiognathodus delicatus*, *Neognathodus medexulimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Hindeodus minutus* 등이다(Tables 4~7). 이들 코노돈트에 근거하여 금천층의 코노돈트 생층서대는 *Neognathodus roundyi* 대로 지정될 수 있다.

Neognathodus roundyi 대의 하한은 *Neognathodus roundyi*가 출현하기 시작하는 층준으로 결정되었으며, 이 생층서대의 상한은 연구 지역에서 새로운 코노돈트의 출현이 관찰되지 않아 결정할 수 없다(박수인·정상은, 1999). 이 생층서대에서 주로 산출되는 코노돈트는 *Gondolella bella*, *Idiognathodus delicatus*, *Neognathodus medexulimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*,

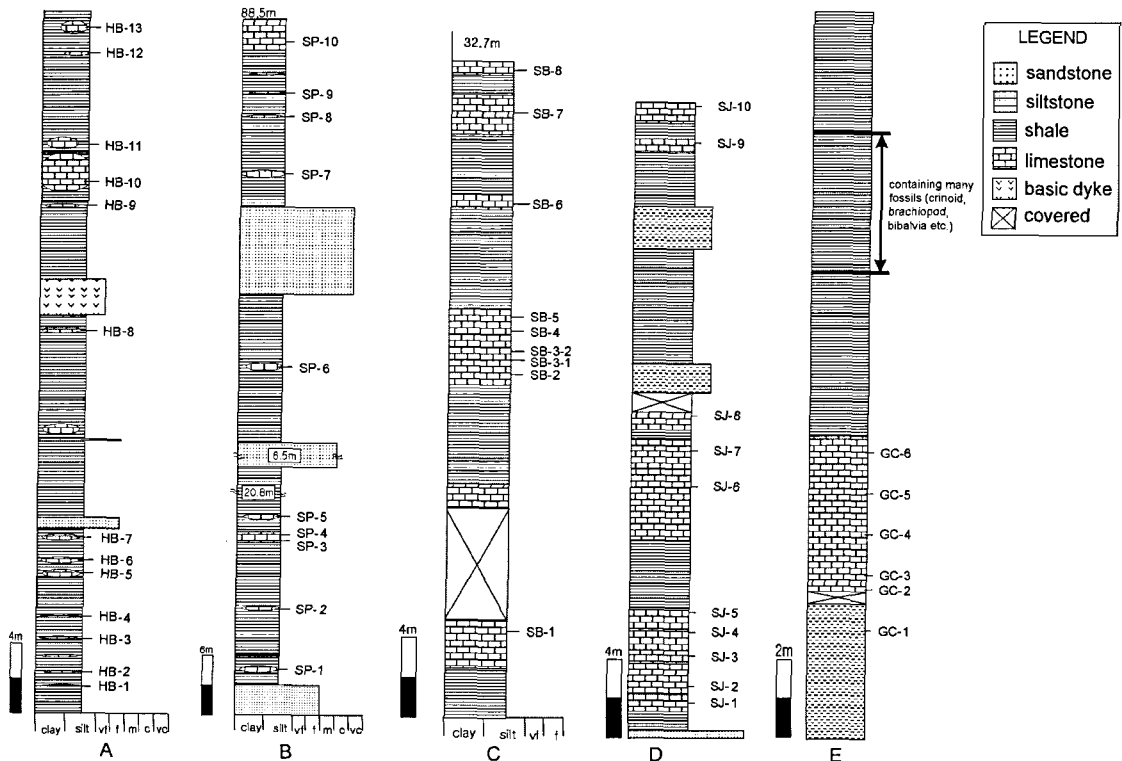


Fig. 3. The sampling horizons of limestones of the Geumcheon Formation. A, Hambaeksan section; B, Simpori section; C, Sinbenji-I section; D, Sinbenji-II section; E, Geumcheon section.

Table 2. Conodonts of the Manhang Formation at the Ssarijae section near the Ssarijae area and Tongri section at the route 38.

Sample number	Ssarijae section				Tongri section		
	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4	TO-2	TO-3	TO-4
Sample weight (kg)	1.9	1.9	1.3	1.3	1.8	2.1	1.5
<i>Idiognathodus delicatus</i>	57	3	51	37	20	17	1
<i>Neognathodus bothrops</i>	2		2	1		1	
<i>Neognathodus medexultimus</i>						3	
<i>Streptognathodus</i> sp.	5		5		3	5	
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>	2			1	1	3	1
<i>Hindeodus minutus</i>	1		1	2	1	3	
Total	68	3	59	41	25	32	2

Table 3. Conodonts of the Manhang and Geumcheon Formations at the Yenanggol section in the Yenanggol area.

Sample	Manhang Formation						Geumcheon Formation			
	YN-1	YN-2	YN-3	YN-4	YN-5	YN-6	YN-7	YN-8	YN-9	YN-10
Sample weight (kg)	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	0.75	1.5	1.5
<i>Idiognathodus delicatus</i>	4	14	4	2	1	5	30	1	4	11
<i>Neognathodus bothrops</i>	1	1		1	1					
<i>Neognathodus medexultimus</i>							1			
<i>Neognathodus roundyi</i>							1	1		
<i>Hindeodus minutus</i>			1							1
Total	5	15	5	3	2	5	32	2	4	12

Explanation of Plate I

(All upper views, unless otherwise stated)

Figs. 1-2. *Hindeodus minutus* (Youngquist and Miller, 1949).

1. DGKU 20001; lateral view $\times 46$. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-13.

2. DGKU 20002; lateral view $\times 42$. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-9.

Fig. 3. *Diplognathodus coloradoensis* (Murray and Chronic, 1965) DGKU 20003; $\times 59$. Tongri section, Manhang Formation, Sample TO-2.

Figs. 4-7. *Diplognathodus edentulus* (von Bitter, 1972).

4. DGKU 20004; $\times 73$. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-13.

5. DGKU 20005; $\times 55$. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-7.

6. DGKU 20006; $\times 73$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-3.

7. DGKU 20007; lateral view $\times 69$. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-9.

Figs. 8-20. *Idiognathodus delicatus* Gunnell, 1931.

8. DGKU 20008; $\times 37$. Ssarijae section, Manhang Formation, Sample SR-1.

9. DGKU 20009; $\times 46$. Ssarijae section, Manhang Formation, Sample SR-4.

10. DGKU 20010; $\times 36$. Yenanggol section, Manhang Formation, Sample YN-6.

11. DGKU 20011; $\times 31$. Yenanggol section, Geumcheon Formation, Sample YN-10.

12. DGKU 20012; $\times 27$. Simpori section, Geumcheon Formation, Sample SP-9(2).

13. DGKU 20013; $\times 78$. Simpori section, Geumcheon Formation, Sample SP-10.

14. DGKU 20014; $\times 46$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

15. DGKU 20015; $\times 46$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

16. DGKU 20016; $\times 40$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

17. DGKU 20017; $\times 40$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

18. DGKU 20018; $\times 36$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

19. DGKU 20019; $\times 36$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4.

20. DGKU 20020; $\times 40$. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-4

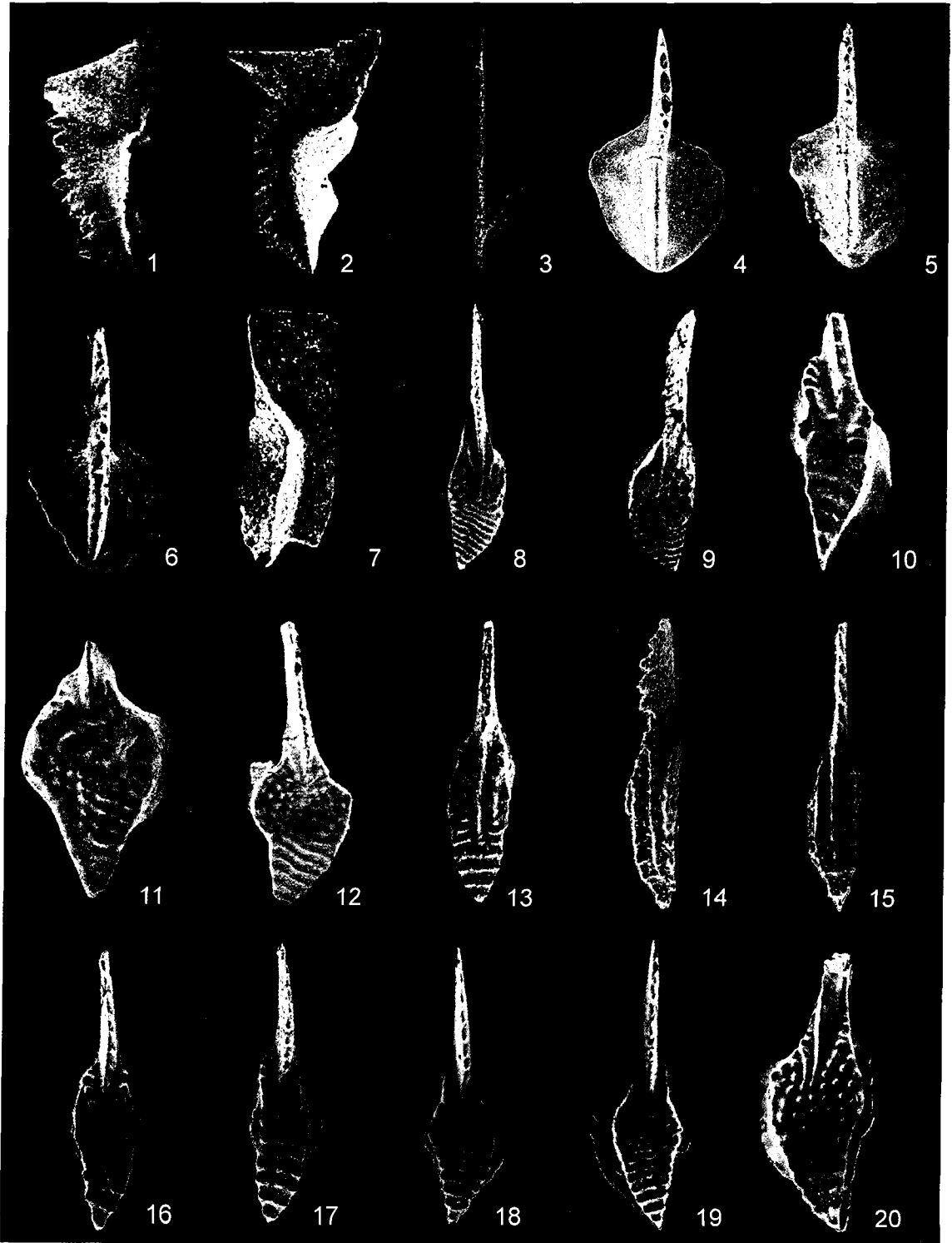


Table 4. Conodonts of the Geumcheon Formation at the Hambaeksan section near the Mt. Hambaek.

Sample number	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4	HB-5	HB-6	HB-7	HB-8	HB-9	HB-10	HB-11	HB-12	HB-13
Sample weight (kg)	1.4	2.3	1.6	2.0	2.0	2.0	2.7	2.1	2.3	2.1	1.9	2.3	2.0
<i>Idiognathodus delicatus</i>	2	39	15	4	25	3	116	29	29	7	7	7	32
<i>Diplognathodus edentulus</i>		3	3		2		3	1	13	1		1	16
<i>Hindeodus minutus</i>		1			2		1	1	2				1
<i>Neognathodus medexultimus</i>								1					
<i>Neognathodus roundyi</i>							4	1	1	1		1	3
<i>Gondolella bella</i>								1	1				
<i>Neognathodus dilatus</i>													1
<i>Streptognathodus elegantulus</i>									1				
Total	2	43	18	4	29	3	124	34	47	9	7	9	53

Table 5. Conodonts of the Geumcheon Formation at the Geumcheon section in the Geumcheondong area.

Sample number	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
Sample weight (kg)	2.1	2.6	2.1	2.1	2.8
<i>Idiognathodus delicatus</i>	19	33	23	8	5
<i>Gondolella bella</i>		2			
<i>Neognathodus roundyi</i>		1			
<i>Hindeodus minutus</i>	1		1		1
<i>Diplognathodus edentulus</i>		1			
Total	20	37	24	8	6

Diplognathodus edentulus, *Hindeodus minutus*이다. 이 생층서대는 태백고원육상훈련장 지역, 예남골 지역,

심포리 지역, 신번지 지역, 금천동 지역에 분포하는 금천층의 석회암에서 확인되었다. 특히 더모이네시안 조의 최상부를 지시하는 *Neognathodus dilatus*가 연구 지역의 금천층의 상부 석회암에서 발견된다.

이 생층서대는 강원도 사북-고한 지역과 단양 지역의 *Neognathodus roundyi* Zone과 대비된다(박수인, 1989; 박수인·정상은, 1999). 또한 이 코노돈트 생층서대는 북아메리카의 아팔래치아 지역의 더모이네시안 조에 설정된 *Neognathodus medadulitimus* - *Neognathodus roundyi* Zone에(Merrill, 1975), 그리고 북중국 지괴의 남부 지역에 분포하는 중기 석탄기의 Benxi Formation에 설정된 *Neognathodus roundyi* -

Explanation of Plate II

(All upper views)

Figs. 1-3. *Streptognathodus* sp.

1. DGKU 20021; ×67. Tongri section, Manhang Formation, Sample TO-2.
2. DGKU 20022; ×37. Ssarijae section, Manhang Formation, Sample SR-1.
3. DGKU 20023; ×113. Ssarijae section, Manhang Formation, Sample SR-1.

Figs. 4-5. *Streptognathodus elegantulus* Stauffer and Plummer, 1932.

4. DGKU 20024; ×130. Simpori section, Geumcheon Formation, Sample SP-9(2).
5. DGKU 20025; ×138. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-9.

Figs. 6-7. *Neognathodus bothrops* Merrill, 1972.

6. DGKU 20026; ×81. Ssarijae section, Manhang Formation, Sample SR-1.
7. DGKU 20027; ×67. Yenanggal section, Manhang Formation, Sample YN-5.

Figs. 8-9. *Neognathodus medexultimus* Merrill, 1972.

8. DGKU 20028; ×40. Tongri section, Manhang Formation, Sample TO-3.
9. DGKU 20029; ×73. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-13.

Figs. 10-13. *Neognathodus roundyi* (Gunnell, 1931).

10. DGKU 20030; ×80. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-7.
11. DGKU 20031; ×80. Sinbeonji-II section, Geumcheon Formation, Sample SJ-2.
12. DGKU 20032; ×64. Hambaeksan section, Geumcheon Formation, Sample HB-8.
13. DGKU 20033; ×64. Yenanggal section, Geumcheon Formation, Sample YN-7.

Fig. 14. *Neognathodus dilatus* (Stauffer and Plummer, 1932), DGKU 20034; ×143. Simpori section, Geumcheon Formation, Sample SP-9(2).

Fig. 15. *Gondolella bella* Gunnell, 1933, DGKU 20035; ×67. Geumcheon section, Geumcheon Formation, Sample GC-2.

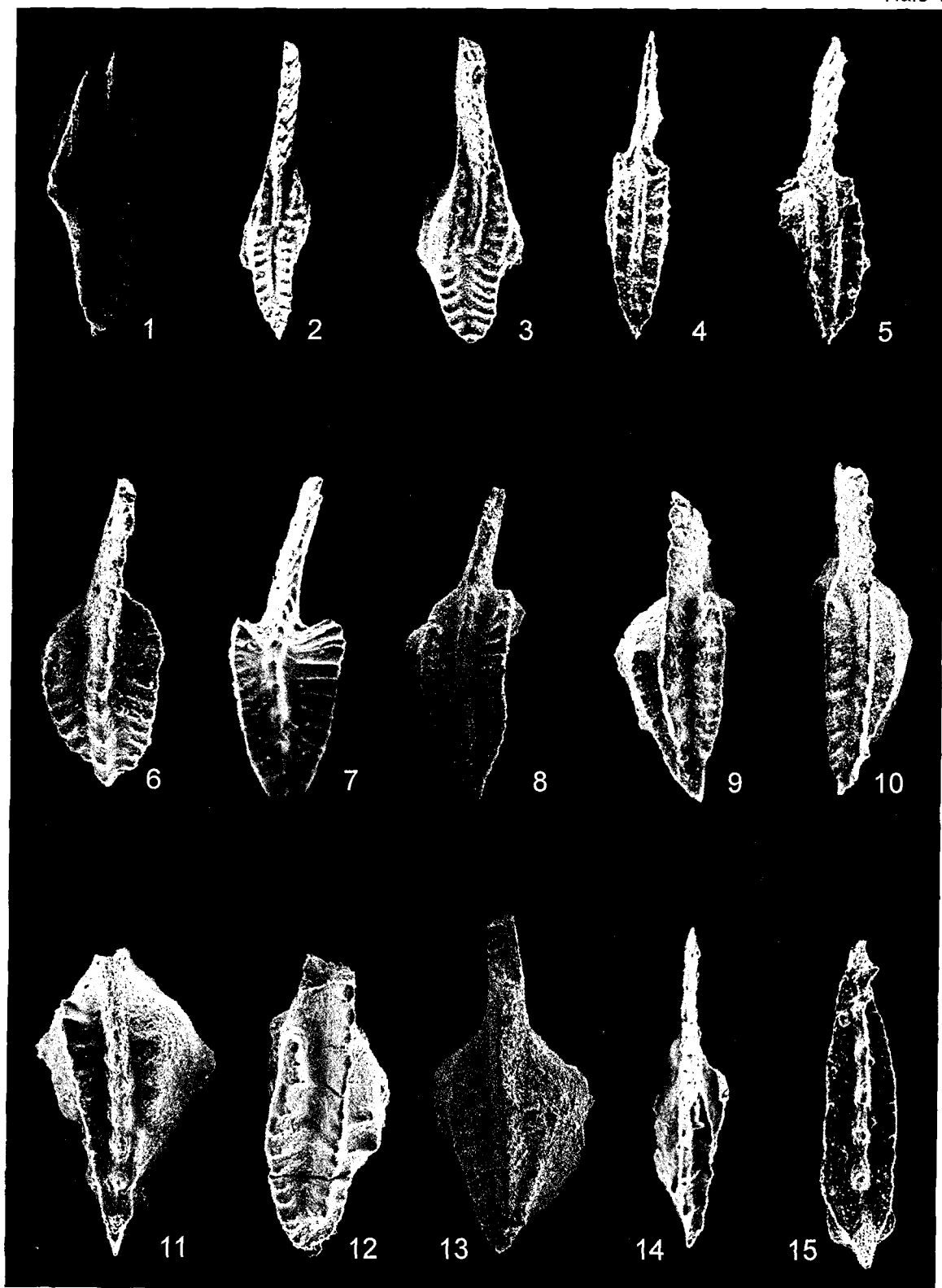


Table 6. Conodonts of the Geumcheon Formation at the Sinbeonji-I and Sinbeonji-II sections in the Sinbeonji area.

Sample number	Sinbeonji-I				Sinbeonji-II					
	SB-2	SB-3	SB-4	SB-8	SJ-2	SJ-3	SJ-7	SJ-8	SJ-9	SJ-10
Sample weight (kg)	1.5	2.0	1.5	2.4	2.5	1.7	2.7	2.1	1.8	1.9
<i>Idiognathodus delicatus</i>	8	9	1	2	7	4	2	2	5	6
<i>Hindeodus minutus</i>	1		2		1		1	1		1
<i>Neognathodus medexultimus</i>					1					
<i>Neognathodus roundyi</i>		1			2		3			
<i>Streptognathodus</i> sp.	5	1		3						
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>					1		2			
Total	14	11	3	5	12	4	8	3	5	7

Table 7. Conodonts of the Geumcheon Formation at the Simpori section in the Simpori area.

Sample number	SP-1	SP-2	SP-5	SP-7	SP-8	SP-9	SP-9(1)	SP-9(2)	SP-10	SP-10(1)	SP-10(2)	SP-10(3)
Sample weight (kg)	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8	1.4	1.5	1.7	1.1	1.9
<i>Idiognathodus delicatus</i>	3	2	6	3	1	1	3	2	1	2	1	3
<i>Diplognathodus edentulus</i>			1					1		1		
<i>Hindeodus minutus</i>	1				1							
<i>Neognathodus dilatus</i>								1				
<i>Streptognathodus elegantulus</i>								1				
Total	4	2	7	3	2	1	3	5	1	3	1	3

Table 8. Zonal range of the conodonts of the Manhang and Geumcheon Formations in the study area.

Taxa	Zone	Zonal range	
		<i>Neognathodus bothrops</i> Zone	<i>Neognathodus roundyi</i> Zone
<i>Idiognathodus delicatus</i>			
<i>Hindeodus minutus</i>			
<i>Neognathodus bothrops</i>			
<i>Neognathodus medexultimus</i>		—	
<i>Neognathodus roundyi</i>			—
<i>Neognathodus dilatus</i>			—
<i>Diplognathodus coloradoensis</i>			
<i>Diplognathodus edentulus</i>			
<i>Streptognathodus elegantulus</i>			—
<i>Streptognathodus</i> sp.			
<i>Gondolella bella</i>			—

Streptognathodus cancellosus Zone에 대비된다(Ding and Wan, 1990).

고 찰

강원도 태백 지역의 만항층과 금천층의 석회암에서 산출되는 코노돈트 동물군은 박수인(1989)이 제시한 강원도 고한-사북 지역의 만항층과 금천층에서 산출되는 코노돈트 동물군과 매우 유사하다. 그 원인은 태백 지역과 고한-사북 지역의 거리가 가까워 만항

층의 퇴적환경이 동일하였던 것으로 생각된다. 한편 삼척 탄전 지역의 서쪽에 위치한 함백 탄광 지역의 흥점층(만항층)에서 산출되는 코노돈트의 생물상은 태백 지역의 코노돈트 생물상과 큰 차이가 있다. 이 중덕(1992)에 의하면 함백 탄광 지역의 만항층의 하부에서는 *Idiognathoides sinuatus*, *Declinognathodus noduliferus* 등의 코노돈트가 산출되는 데 태백 지역의 만항층에서는 이러한 코노돈트가 전혀 산출되지 않는다. 이는 태백 지역과 함백 탄광 지역의 퇴적 환경이 서로 달라 함백 탄광 지역에는 중기 석탄기의 해침과 더불어 석회암이 먼저 쌓이기 시작했던 것으로 해석된다. 또한, 태백 지역의 만항층의 코노돈트 생물상은 단양 지역에 분포하는 코노돈트 생물상과도 큰 차이가 난다. 박수인·정상은(1999)의 연구에 의하면 단양 지역의 만항층에서는 함백 탄광 지역의 만항층에서 산출되는 *Idiognathoides sinuatus*와 *Declinognathodus noduliferus* 외에 *Neogondolella clarki*가 산출된다. 어떤 요인에 의하여 3 지역에 분포하는 만항층의 코노돈트 생물상에 차이가 나는가를 밝히기 위해 보다 자세한 연구가 요구된다.

이에 반해 만항층을 정합적으로 덮고 있는 금천층의 석회암에서 산출되는 코노돈트 생물상은 태백 지역, 함백 탄광 지역 및 단양 지역의 코노돈트 생물상

Table 9. Correlation of the conodont biozones of this study with those of U.S.A. (after Grayson *et al.*, 1985).

Stage	This study		U.S.A. (Texas)		
	<i>Neognathodus</i>		<i>Neognathodus</i>	<i>Idiognathodus</i>	<i>Gondolella</i>
Desmoinesian	<i>N. roundyi</i>		<i>N. roundyi</i> <i>N. medexultimus</i>		<i>G. magna</i> <i>G. bella</i>
			<i>N. medexultimus</i> <i>N. medadultimus</i>	<i>I. delicatus</i>	<i>G. laevis</i>
Atokan	<i>N. bothrops</i>	<i>N. bothrops</i> <i>N. atokaensis</i>	I. sp. "A"	<i>G. gymna</i>	

과 큰 차이가 없다(박수인, 1989; 박수인·정상은, 1999; 이종덕, 1992).

결론

강원도 태백시 금천동와 태백고원육상훈련장 일대, 예남골, 싸리재, 삼척시의 심포리, 통리 38번 국도변, 신변지 등의 지역에 분포하는 만항층과 금천층에서 채취한 석회암 표본에서 6속 11종의 코노돈트가 산출되었다.

만항층에서 산출된 코노돈트는 *Idiognathodus delicatus*, *Hindeodus minutus*, *Neognathodus bothrops*, *N. medexultimus*, *Streptognathodus* sp., *Diplognathodus coloradoensis* 등이다. 이들 코노돈트는 *Neognathodus bothrops* 대에 속한다. 만항층의 지질시대는 코노돈트 동물군과 생층서대에 근거하면 중기 석탄기의 아토칸 조에 대비된다.

금천층에서 산출된 코노돈트는 *Gondolella bella*, *Idiognathodus delicatus*, *Neognathodus medexultimus*, *N. roundyi*, *N. dilatus*, *Diplognathodus edentulus*, *Hindeodus minutus* 등이다. 이들 코노돈트는 *Neognathodus roundyi* 대에 속하는 종들이다. 이들 코노돈트와 생층서대에 근거하면 금천층의 지질시대는 중기 석탄기의 더모이네시안 조에 대비된다.

사사

야외지질조사와 실내작업에 많은 도움을 준 화석학 실험실의 김명섭군, 김종선양, 그리고 손소미양에게 감사를 표한다. 지질도 및 표 작성에 도움을 준 최범규 군에게도 고마운 마음을 표한다. 이 연구는 강원대학교 부설 자원개발연구소 지원에 의해 수행되

석회암 표본 채취 노두 위치

1. 싸리재 단면: 싸리재 부근의 38번 국도변에 분포하는 만항층의 렌즈상 석회암(128°55'30"E, 37°11'55"N)
2. 함백산 단면: 태백고원육상훈련장 사무실 건물 부근의 절개지에 분포하는 금천층 석회암(128°55'17"E, 37°09'16"N)
3. 예남골 단면: 예남골 마을 개울가에 분포하는 만항층과 금천층의 석회암(129°00'35"E, 37°11'15"N)
4. 심포리 단면: 심포리 마을에서 38번 국도쪽으로 소로변을 따라 분포하는 금천층 석회암(129°02'12"E, 37°10'47"N)
5. 신변지 단면 I: 신변지 계성농장(양계장 건물)에서 상류쪽에 분포하는 금천층 석회암(129°01'34"E, 37°11'18"N)
6. 신변지 단면 II: 신변지 지역의 38번 국도변에 분포하는 금천층 상부 석회암(129°01'57"E, 37°11'16"N)
7. 금천 단면: 금천동의 최초 석탄발견 기념탑 부근에 분포하는 금천층과 만항층 석회암(129°00'06"E, 37°05'59"N)

참고문헌

김항목, 1978, 후기 석탄기 테티스해 내 한국 삼척탄전의 천해류 분석. 광산지질, 11, 21-38.
 박수인, 1989, 사북-고한 지역의 평안누층군에서 산출되는 코노돈트 생층서에 관한 연구. 지질학회지, 25(2), 192-201.
 박수인·정상은, 1999, 충북 단양지역의 후기 고생대층에서 산출되는 코노돈트 관한 생층서학적 연구. 한국지구과

- 학회지, 20(2), 199-211.
- 서해길 · 김동숙 · 박석환 · 임순복 · 조민조 · 배두중 · 이돈영 · 유양수 · 박정서 · 장윤환, 1979, 삼척탄전지질도(1:25,000). 자원개발연구소, 50 p.
- 선승대, 2001, 강원도 태백 지역에 분포하는 중부 석탄계의 코노돈트와 그의 생층서. 강원대학교 석사학위논문, 77 p.
- 신상인, 1986, 강원도 태백시 지역에 분포하는 적각리층의 퇴적환경에 대한 연구. 서울대학교 석사학위논문, 55 p.
- 이종덕, 1992, 강원도 삼척 탄전 지역에서 산출된 석탄-페름기의 코노돈트 화석군과 생층서 (I); 함백탄전 지역을 중심으로. 한국고생물학회지, 8, 121-131.
- 이창진 · 박수인 · 백인성, 1988, 강원도 미탄부근 석탄-페름계에 관한 생층서학적 연구. 한국지구과학회지, 9(1), 1-14.
- 임순복 · 이창범 · 김동숙 · 김유봉, 1994, 삼척탄전(백병산-시루봉 지역). 한국자원연구소 삼척탄전보고서, 15, 1-108.
- 정창희, 1973, 삼척 탄전산 방추층의 고생물학적 연구. 지질학회지, 9, 47-88.
- 태백산지구지질조사단, 1962, 태백산지구지질도(1:50,000). 대한지질학회, 17지질도.
- Cheong, C.H., 1969, Stratigraphy and paleontology of the Samcheog coalfield, Gangwon-do, Korea (I). Journal of the Geological Society of Korea, 5(1), 13-54.
- 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, V.G., Stoppel, D., and Vinken, R., 1965, Conodonten im Paläozoikum des Taebaek-Gebietes (Südkorea). Geologisches Jahrbuch, 83, 397-410.
- 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 American Association of Petroleum Geologist 1985 Transact, 117-131.
- Lee, Y.I. and Sheen, D.-H., 1998, Detrital modes of the Pyeongan Supergroup (Late Carboniferous-Early Triassic) sandstones in the Samcheog coalfield, Korea: implications for provenance and tectonic setting. Sedimentary Geology, 119, 219-238.
- Merrill, G.K., 1972, Taxonomy, phylogeny, and biostratigraphy of *Neognathodus* in Appalachian rocks. Journal of Palaeontology, 46 (6), 812-829.
- Merrill, G.K., 1975, Pennsylvanian conodont biostratigraphy and paleoecology of northwestern Illinois. Geological Society of America Microform Publication 3, 130 p.
- Rexroad, C.B., Wade, J.A., Merrill, G.K., Brown, L.M., and Padgett, P., 2001, Conodont biostratigraphy and depositional environments of the Mecca Quarry Shale Member and the Velpen Limestone Member of the Linton Formation (Pennsylvanian, Desmoinesian) in the eastern part of the Illinois Basin, U.S.A. Indiana Geological Survey Special Paper 63, 19 p.
- Shiraki, T., 1940, The Samchok coalfield in Kangweon-do, Korea. Report on Coalfield Survey, Korea, 14.

2001년 11월 9일 원고 접수

2001년 11월 30일 수정원고 접수

2001년 12월 1일 원고 채택