

강원 지역에 분포하는 석회석 자원의 특성과 부존환경: 충북 가창산 지역의 갑산층을 중심으로

박수인 · 이희권 · 이상현

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

Characteristics and Distribution Pattern of Carbonate Rock Resources in Kangwon Area: The Gabsan Formation around the Mt. Gachang Area, Chungbuk, Korea

Soo-In Park · Hee-Kwon Lee · Sang-Hun Lee

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

Abstract: The Middle Carboniferous Gabsan Formation is distributed in the Cheongrim area of southern Yeongwol and the Mt. Gachang area of Chungbuk Province. This study was carried out to investigate the lithological characters and geochemical composition of the limestones and to find out controlling structures of the limestones of the formation. The limestones of the Gabsan Formation are characterized by the light gray to light brown in color and fine and dense textures. The limestone grains are composed of crinoid fragments, small foraminifers, fusulinids, gastropods, ostracods, etc. Due to the recrystallization, some limestones consist of fine crystalline calcites.

The chemical analysis of limestones of the formation was conducted to find out the contents of CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ and SiO₂. The content of CaO ranges from 49.78 - 60.63% and the content of MgO ranges from 0.74 to 4.63%. The contents of Al₂O₃ and Fe₂O₃ are 0.02 - 0.55% and 0.02~0.84%, respectively. The content of SiO₂ varies from 1.55 to 4.80%, but some samples contain more than 6.0%. The limestones of the formation can be grouped into two according to the CaO content: One is a group of which CaO content ranges from 49.78 to 56.26% and the other is a group of which CaO content varies from 59.36 to 60.38%. In the first group, the contents of Al₂O₃, Fe₂O₃ and SiO₂ range very irregularly according to the CaO content. In the second group, the values of MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ and SiO₂ are nearly same.

Detailed structural analysis of mesoscopic structures and microstructures indicates the five phase of deformation in the study area. The first phase of deformation(D₁) is characterized by regional scale isoclinal folds, and bedding parallel S₁ axial plane foliation which is locally developed in the mudstone and sandstone. Based on the observations of microstructures, S₁ foliations appear to be developed by grain preferred orientation accompanying pressure-solution. During second phase of deformation, outcrop scale E-W trending folds with associated foliations and lineations are developed. Microstructural observations indicate that crenulation foliations were formed by pressure-solution, grain boundary sliding and grain rotation. NNW and SSE trending outcrop scale folds, axial plane foliations, crenulation foliations, crenulation lineations, intersection lineations are developed during the third phase of deformation. On the microscale F₃ fold, axial plane foliations which are formed by pressure solution are well developed. Fourth phase of deformation is characterized by map scale NNW trending folds. The pre-existing planar and linear structures are reoriented by F₄ folds. Fifth phase of deformation developed joints and faults. The distribution pattern of the limestones is mostly controlled by F₁ and F₄ folds.

Key words: Gabsan Formation, limestone, geologic structure, chemical composition, Yeongwol, Mt. Gachang, Chungbuk

요약: 강원도 영월 남부 지역의 청림 일대와 충북 가창산 일대에는 중기 석탄기의 갑산층이 북북서 방향으로 길게 분포한다. 이 연구는 갑산층 내의 석회암의 구성 입자와 조직 및 지화학적 특징, 그리고 석회암의 부존 상태를 규제하는 지질구조를 파악하기 위해 수행되었다.

갑산층의 석회암은 대체로 담회색 내지 담갈색을 띠며, 세립질의 치밀한 조직을 갖는다. 석회암의 구성 입자는 해백합, 유공층, 방추층, 개형층, 복족류 등의 파편으로 이루어졌다. 부분적으로 재결정 작용을 받아 세립의 결정질 방해석으로 이루어지기도 한다.

갑산층 석회암의 CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂의 함량을 분석한 결과 CaO 함량의 범위는 49.78 - 60.63%이며, MgO는 0.74에서 4.63% 까지 변화한다. Al₂O₃와 Fe₂O₃는 각각 0.02~0.55%, 0.02~0.84% 까지 변화한다. 이들은 CaO의 함량이 비슷한 경우 이들의 값도 매우 비슷한 양상을 보여 준다. SiO₂는 대부분이 1.55~4.80% 범위 내에서 변화하나 일부 시료에서 6% 이상의 높은 값을 나타낸다. CaO의 함량을 기준으로 할 때 석회암은 크게 49.78~56.26%(A군)와 59.36~60.38%(B군)의 범위 내에 분포하는 2개의 군으로 구분된다. A군의 석회암은 CaO의 함량 변화에 따라 Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂는 매우 불규칙하게 변화하며, MgO는 대체로 거의 비슷한 값을 갖는다. B군의 석회암 경우 MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂는 매우 비슷한 값을 나타내는 특징을 보여 준다.

연구 지역의 갑산층 석회석 자원의 부존 상태를 규제하는 지질구조 요소들은 적어도 다섯 번의 변형작용에 의해 형성되었다. 첫 번째 변형작용은 등시습곡구조를 형성시켰으며, 연구 지역 전역에 걸쳐 발달된 층리면과 평행한 엽리는 측면엽리로서 이 변형작용이 일어나는 동안에 형성된 것으로 여겨진다. 두 번째 변형작용은 남북 방향의 압축력에 의해 동서 방향의 습곡 축을 갖는 노두규모의 습곡구조와 그와 관련된 측면엽리, 파랑습곡구조, 파랑엽리, 교차선구조 등의 지질구조 요소를 형성하였다. 세 번째 변형작용 동안에는 압축응력축의 방향이 대체로 동서 방향으로 바뀌었으며, 노두규모의 습곡구조, 파랑습곡구조, 파랑엽리, 교차선구조 등의 지질구조 요소를 형성하였다. 네 번째 변형작용은 세 번째 변형작용과 동일한 응력환경하에서 거의 연속해서 일어난 것으로 여겨지며, 지질도 규모의 향사구조 및 배사구조를 형성하였다. 다섯 번째 변형작용은 네 단계의 변형작용 중에 형성된 지질구조 요소들을 절단하는 취성 단층운동으로 특징된다. 이 중에서 갑산층 석회암의 분포는 첫 번째 변형작용 중에 형성된 등시습곡과 네 번째 변형작용 중에 형성된 지질도 규모의 향사 및 배사구조에 의해 지배되고 있다.

주요어: 갑산층, 석회암, 지질구조, 지화학적 성분, 강원, 영월, 충북, 가창산

서 언

강원도 영월 남부 지역 및 충북 제천의 가창산 지역에는 중기 석탄기의 갑산층이 남북 내지 북북서 방향으로 길게 대상으로 분포하고 있다. 이 갑산층 내에는 품위가 매우 높은 석회암층이 다양한 두께로 부존되어 있어 오래 전부터 석회석 자원으로 활발히 개발되고 있다. 이 석회암은 품위가 높아 그 용도가 다양하며 활용 범위가 매우 넓다. 또한, 국가산업발전에 따라 고품위 석회암의 수요량도 날로 증가하는 실정이다(곽영훈, 1997; 이지현, 1997). 연구 지역에 부존된 석회석의 품위와 석회석의 부존 상태 및 두께는 층의 분포 지역과 석회암의 발달 층수에 따라 매우 다양하다. 또한, 이 지역의 갑산층은 심한 변형작용을 받아 지질구조가 매우 복잡할 뿐만 아니라 습곡과 단층에 의해 석회암층의 분포가 반복되므로 석회석 자원의 부존 위치와 순수한 석회암의 부존상태를 정확히 파악하기가 매우 어려운 형편이다(김중환 외, 1980; 이지현·손길상, 1997). 따라서 순수한 석회암 분포를 중심으로 석회석의 부존상태 및 분포 위치에 따른 석회석의 특징에 대한 체계적이고 자세한 연구가 절실히 요구된다.

이 연구의 목적은 강원도 영월 남부 지역과 충북 북부 가창산 지역에 있는 갑산층 내에 분포하는 고품위

석회암의 분포, 특징 및 석회암의 분포를 규제하는 지질구조를 자세히 조사하는 데 있다.

연구 방법

영월 남부 지역과 충북 가창산 지역에 분포하는 갑산층은 심한 변형작용을 받아 갑산층과 이 층 내의 석회암은 분포가 매우 복잡하다. 또한 석회암의 특징도 발달 층수에 따라 세립의 결정질 석회암, 해백함 결정질 석회암, 백색의 결정질 석회암 등으로 다양하며, 곳에 따라 처트가 많이 협재되어 있다. 따라서 이 연구를 효과적으로 수행하기 위하여 연구 지역에 대한 정밀한 야외조사를 실시하여 각 지역마다 암상을 파악한 후 표품을 채취하였다. 채취한 석회암의 특징을 조사하기 위하여 박편을 제작하여 석회암의 조직과 구성입자의 종류 및 기질을 조사하였다. 또한 석회암의 생성 환경을 유추하기 위하여 석회암에서 산출되는 화석을 체계적으로 조사하였다. 한편 연구 지역에 부존된 석회석 자원은 여러 번에 걸친 변형작용에 의해 그 분포가 크게 규제되어 매우 불규칙하므로 석회석 개발에 가장 큰 어려움이 되고 있다. 따라서 갑산층 석회암층의 분포를 명확히 파악하기 위하여 습곡, 엽리 및 단층, 절리 등 지질구조요소와 암석분포를 야외에서 조사하였으며 이를

등면적투영망을 이용하여 분석하였다. 각각의 지질구조의 특성 및 간섭관계와 미구조 연구를 통하여 변형작용의 순서를 결정하였다.

갑산층의 석회암의 품위를 파악하기 위하여 기초과학지원연구소 서울분소에 있는 XRF(모델: Philips PW1480)를 이용하여 CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂의 함량을 분석하였다.

지질 개요

연구 지역의 지질은 전기 고생대 오르도비스기의 문곡층과 영흥층, 그리고 중기 석탄기의 갑산층으로 구성된다(Fig. 1). 문곡층은 영흥층에 의해 정합적으로 덮히며, 영흥층은 갑산층에 의해 부정합적으로 피복된다

Table 1. Stratigraphy of the study area.

Geologic Time	Formation
Carboniferous	Gabsan Formation
	~~~ unconformity ~~~
Ordovician	Yeongheung Formation
	Mungok Formation

(Table 1). 이번 조사에서는 갑산층에 부존된 석회암을 주연구 대상으로 하였으므로 갑산층을 중심으로 그의 구성 암석 및 지질구조를 자세히 설명하고자 한다.

### 문곡층

문곡층은 가창산 남부 지역, 갑산 서부 지역, 그리고 토교리 일대에 넓게 분포한다. 문곡층은 주로 회색 및

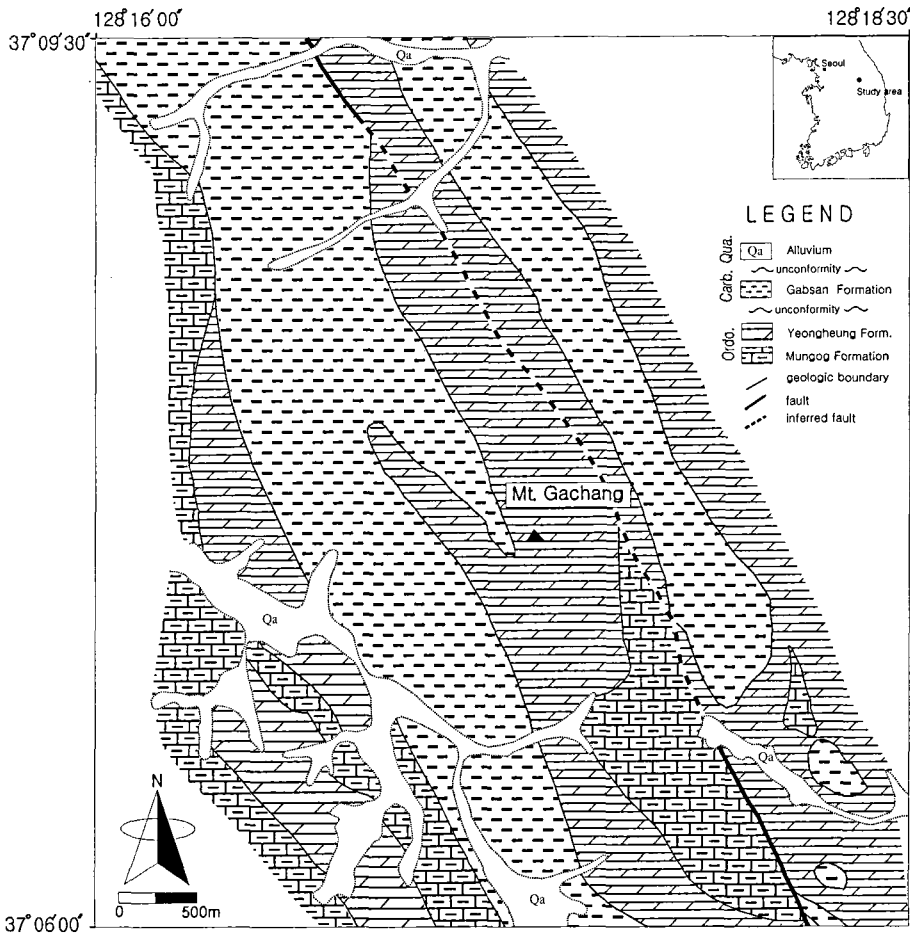


Fig. 1. Geologic map of the study area(modified from the Geological Society of Korea and the Geological Investigation Corps of Taebaegsan Region).

암회색 석회암, 평력석회암(flat pebble conglomerate), 리본암(ribbon rock), 석회질 돌로마이트 및 돌로마이트로 구성된다. 이 층의 석회암은 주로 생물 기원의 파편으로 구성되며, 화석 파편으로는 해백합, 개형충, 완족류 등이 관찰된다. 문곡층의 돌로마이트는 중립질 돌로마이트로 지형 내지 반자형의 결정으로 이루어진다. 리본암은 갈색 석회질 이암과 회색 석회암이 호층을 이루며, 이들의 구성성분의 차이에 의한 차별 풍화로 풍화에 강한 이암 부분이 돌출되고, 풍화에 약한 석회암 부분이 깊게 용해되어 암석 표면에 심한 요철현상이 나타난다. 이 층은 심한 변형작용을 받아 층의 주향과 경사가 위치에 따라 다른 경향을 보인다. 장치미못에서 이상천에 이르는 비포장 도로변에 분포하는 문곡층 내에는 적황색 이암이 협재되며, 이 이암 내에는 많은 각력이 들어 있음이 특징이다. 문곡층 내에 부존된 일부 석회암은 석회석 원료로 채굴된 적이 있다(예, 갑산 현대시멘트 및 단양의 성신 시멘트). 앞으로 보다 자세한 조사와 연구를 하면 문곡층의 석회암도 석회석 자원으로서 그 잠재력이 매우 높을 것으로 생각된다.

### 영흥층

영흥층은 청림 지역, 가창산 지역, 중리 일대에 넓게 분포한다. 이 층은 문곡층을 정합으로 피복하며, 갑산층에 의하여 부정합으로 덮인다. 이 층의 주구성 암석은 회색 내지 암회색의 돌로마이트, 돌로마이트질 석회암, 석회암으로 구성된다. 특히 영흥층 내에 협재된 회색 석회암은 그 품위가 매우 높아 석회석 자원으로서 가치가 높으나 석회암의 폭이 좁아 매장량이 많지 않은 것으로 생각된다. 이 층의 돌로마이트는 세립 내지 중립의 돌로마이트 광물로 구성된다. 영흥층의 돌로마이트에는 얇은 엽층이 발달되어 있으며, 이들과 거의 평행하게 변형작용에 의해 생성된 엽리도 발달되어 있다.

### 갑산층

갑산층은 청림, 가창산 및 갑산을 거쳐 남북 내지 북북서-남남동 방향으로 길게 대상으로 분포한다. 연구 지역의 갑산층은 수회의 변형작용을 받아 지질구조가 매우 복잡하고 층의 두께의 변화도 매우 심하다. 이 층의 하부는 주로 적색의 조립 사암과 실트암으로 구성되며, 중부는 담회색 내지 백색의 석회암으로 이루어지고, 이 층의 상부는 적색 이암, 담갈색 내지 담회색 석회암

의 호층으로 구성된다. 갑산층의 이암은 적색 내지 녹색을 띠며, 석회암층 사이에 얇게 협재된다. 이 층의 석회암은 주로 생물 파편으로 이루어져 있으며, 해백합, 복족류, 개형충, 유공충, 산호, 방추충 등의 많은 파편이 관찰되며, 그 중에서 해백합 파편이 가장 우세하다. 이 층의 석회암 내에는 백색 내지 담황갈색의 처트(chert)가 판상 또는 구형으로 많이 발달되어 있다. 연구 지역에 위치한 석회석 광산들은 대부분 갑산층의 중부에 발달되어 있는 석회암을 채굴하고 있다.

또한 연구 지역의 갑산층은 저변성 작용을 받아 이 층 내에 분포하는 일부 이암은 점판암이나 천매암으로 변하였으며, 변성광물인 오토렐라이트(ottrelite)가 관찰된다. 변성퇴적암류는 육안으로 볼 때 점판암, 천매암 및 백운모 편암으로 구성되어 있다. 이들 암석은 주로 석영과 백운모로 구성되어 있으며 소량의 불투명광물이 수반된다. 갑산층의 석회암도 부분적으로 저변성 작용을 받아 재결정되었으며 그 결과 석회암의 원래 퇴적 구조와 화석의 형태들이 사라진 경우가 많다.

갑산층의 명칭은 대한지질학회·태백산지구지하자원조사단(1962)에 의해 처음 명명되었으며, 당시에는 지질시대가 불분명한 것으로 보고되었다. Reedman(1975)과 Chun(1979)은 갑산층의 세립 사암에서 산출되는 식물 화석의 연구를 통해 갑산층의 지질시대가 중기 석탄기일 가능성을 제시하였다. Lee(1992)와 Lee and Park(1994)은 갑산층의 석회암에서 산출되는 방추충의 자세한 연구를 통해 갑산층의 지질시대가 중기 석탄기의 하부 모스크비안조(Moskovian stage)임을 구명하였다. 또한, 이들은 갑산층은 영월 지역에 분포하는 중기 석탄기의 요봉층에 대비됨을 밝혔다.

### 갑산층 석회암의 특징

야외에서 관찰되는 석회암의 특징은 세립질 조직이며, 색깔은 백색, 담회색, 담갈색, 회색 등 매우 다양하다. 풍화된 대부분의 석회암 표면에는 해백합 줄기의 파편들이 검은 점으로 널리 배태되어 있어 갑산층 하부에 분포하는 영흥층의 흑색 석회암이나 문곡층의 회색 내지 흑색 석회암과 쉽게 구별된다. 편광현미경을 이용한 박편 조사에서 일부 석회암 내에서 자형의 석영과 황철석이 관찰되며, 이들 석영과 황철석은 석회암이 깊이 매몰되어 속성작용을 받는 과정에서 생성된 것으로

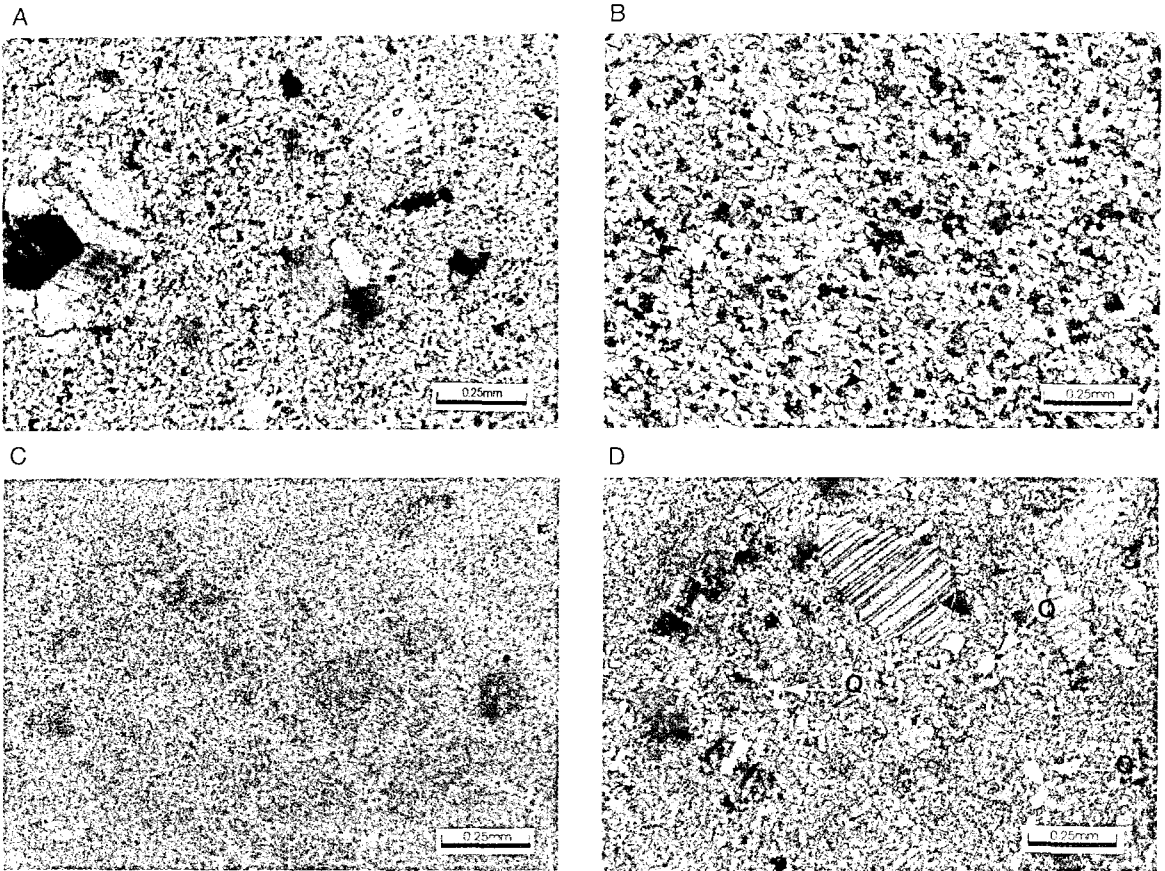


Fig. 2. Photomicrographs of limestone thin sections of the Gabsan Formation, A, limestone composed of many bioclasts; B, crystalline limestone; C, pelloidal limestone; D, limestone containing detrital quartz grains(Q).

해석된다.

갑산층의 중부에 두껍게 발달된 석회암은 대부분 피상이며, 치밀하다. 신선한 석회암 표면에서는 화석 파편들의 관찰이 쉽지 않다. 석회암을 박편으로 제작하여 편광현미경하에서 체계적으로 관찰해본 결과 갑산층 석회암은 대부분 재결정 작용을 받아 퇴적 당시의 퇴적 구조나 화석의 원형이 보존된 경우는 극히 드물다. 이 층의 석회암은 반자형 내지 타형의 방해석으로 구성되며 모자이크 조직을 보인다. 갑산층의 석회암은 박편상에서 비교적 큰 입자로 이루어진 생물 파편을 포함한 석회암(Fig. 2A), 생물 파편을 전혀 포함하지 않고 재결정된 방해석으로 이루어진 석회암(Fig. 2B), 세립의 생물 파편을 소량 포함한 석회암, 펠로이드(peloid) 입자로 구성된 석회암(Fig. 2C), 대부분 생물 파편으로 구성된 석회암 등으로 구분된다. 이들 석회암을 화학 분석한 결과 CaO의 함량이 50% 이상으로 품위가 매우 높

은 순수한 석회암으로 밝혀졌다. 따라서 이들 석회암은 부가가치가 높은 신소재 원료로 매우 적합한 것으로 생각된다. 갑산층 석회암 중에 방해석맥이 많이 발달되거나 이암층 사이에 얇게 협재된 석회암 내에는 세립의 석영 입자들이 비교적 많이 포함되어 있어 이들 석회암은 품위가 높은 신소재 원료로는 부적합할 것으로 생각된다. 한편, 갑산층의 일부 석회암 내에는 원마도가 좋지 않은 석영 입자들이 널리 산재하는 데, 이들은 쇄설성 석영 입자로 갑산층 석회암이 육지에 가까운 곳에서 생성되었음을 암시한다(Fig. 2D).

### 갑산층 석회암의 지화학적 특징

영월 남부 청림 지역과 충북 가창산 지역에 분포하는 갑산층 석회암의 지화학적 특징을 알아보기 위해 CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂의 함량을 조사하였다(Table

**Table 2.** Chemical compositions of limestones of the Gabsan Formation in Mt. Gachang area, Chungbuk(wt %).

Sample	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	L.O.I.	Total
1	59.36	1.75	0.21	0.09	3.99	21.81	86.61
2	60.38	0.84	0.09	0.13	3.68	21.68	86.80
3	59.97	0.83	0.03	0.06	2.94	21.54	85.37
4	60.63	0.92	0.04	0.12	3.04	21.86	86.61
5	55.30	1.79	0.06	0.80	8.35	21.43	87.73
6	59.59	0.79	0.02	0.28	2.91	21.77	85.36
7	54.15	0.74	0.39	0.10	2.48	41.65	99.51
8	55.42	1.85	0.10	0.02	2.95	39.48	99.77
9	53.78	0.98	0.43	0.30	2.25	42.05	99.78
10	52.73	3.13	0.53	0.06	0.93	41.20	99.57
11	52.44	0.99	0.55	0.09	6.32	39.11	99.50
12	51.06	3.64	0.14	0.09	4.06	40.85	99.84
13	53.60	0.94	0.02	0.07	4.50	40.89	99.83
14	52.34	1.02	0.04	0.14	6.36	39.74	99.63
15	53.69	0.80	0.02	0.05	4.80	39.70	99.06
16	49.78	4.63	0.09	0.84	4.69	39.83	99.84
17	56.26	0.83	0.02	0.04	2.07	40.67	99.88
18	56.13	0.87	0.02	0.06	2.06	40.69	99.83
19	51.53	0.78	0.19	0.05	3.03	43.74	99.32
20	55.87	0.95	0.12	0.14	2.28	40.47	99.83
21	54.86	0.96	0.23	0.22	3.14	40.55	99.97
22	56.12	0.85	0.02	0.04	2.25	39.79	99.08
23	54.66	1.46	0.07	0.20	1.55	41.82	99.76
24	47.63	9.82	0.43	0.46	4.42	26.18	89.15
25	44.77	9.39	0.29	0.19	3.13	42.09	99.87
26	48.19	8.46	0.26	0.07	1.39	41.44	99.80
27	43.92	8.20	0.19	0.87	6.87	39.80	99.86

2). Table 2 에서 보는 바와 같이 CaO 함량은 49.78%에서 60.63% 범위이며, MgO 함량은 0.74%에서 4.63% 까지 변화한다. 그러나 CaO의 변화에 따라 MgO의 함량은 큰 차이를 나타내지는 않는다. MgO는 대체로 2.0% 미만이나 일부 표품에서는 9.82% 정도로 높은 값을 나타낸다.

Al₂O₃와 Fe₂O₃ 함량은 각각 0.02~0.55%, 0.02~0.84% 까지 변화한다. 이들은 CaO의 함량이 비슷한 경우 이들의 값도 매우 비슷한 양상을 보여 준다. Al₂O₃는 대체로 0.2% 미만이나 4개의 시료에서 0.39~0.55%까지 비교적 많이 함유된다. 이때 CaO는 52.40~54.15%로 중간 값을 나타낸다. Fe₂O₃는 대부분이 0.3% 미만을 나타내나 2개의 시료는 0.8% 이상 함유하고 있다. 그러나 CaO의 함량 변화와는 어떤 연관성이 없다.

SiO₂는 대부분이 1.55~4.80% 범위 내에서 변화하나 3개의 시료에서 6.0% 이상의 값을 나타낸다. 일부 석회암 내에서 이와 같이 SiO₂ 함량이 높은 것은 석회암 내

에 속성작용에 의해 생성된 석영이나 처트가 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 한편, CaO의 값이 59% 이상일 때에는 SiO₂는 모두 3% 내외로 매우 비슷한 함량을 나타내는 특징을 보여 준다.

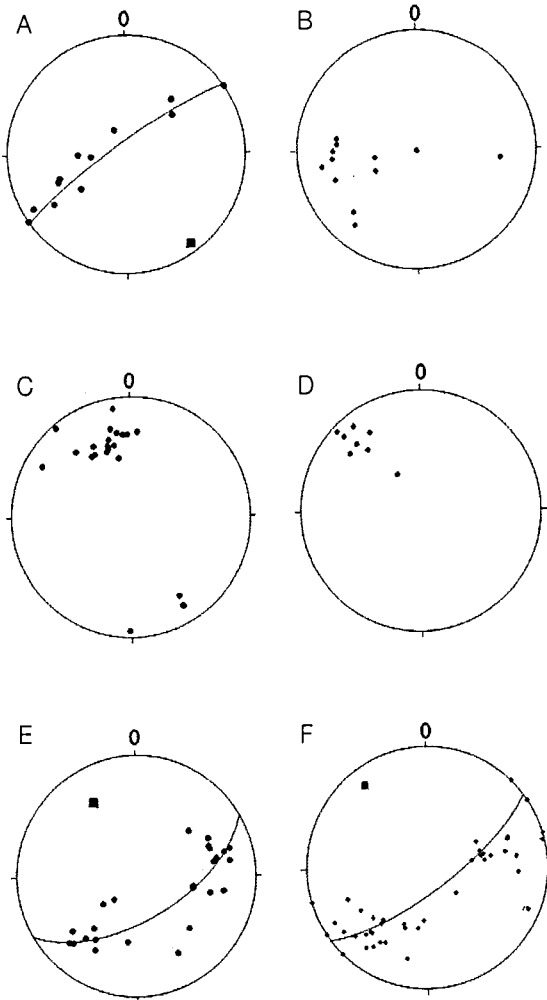
CaO의 함량을 기준으로 할 때 석회암은 크게 49.78~56.26%(A군)와 59.36~60.38%(B군)의 범위 내에 분포하는 2개의 군으로 구분된다. A군은 CaO의 함량 변화에 따라 Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂는 매우 불규칙하게 변화하며 MgO는 대체로 거의 비슷한 값을 갖는다. Al₂O₃는 낮은 값을 갖는 경우 CaO가 증가함에 따라 큰 변화를 나타내지 않으나 큰 값을 가질 때에는 감소하는 현상을 보인다. SiO₂는 CaO의 증가에 따라 대체로 감소하는 경향을 나타낸다. 그러나 B군의 경우 MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂는 매우 비슷한 값을 나타내는 특징을 보여준다.

## 가창산 일대의 지질구조

조사 지역에 분포하는 영흥층 및 갑산층에는 습곡구조 및 이와 관련된 엽리구조, 선구조, 절리구조 등의 지질구조 요소들이 여러 번에 걸친 변형작용에 의해 발달되어 있다. 변형작용의 순서를 밝히기 위해 지질구조 요소들이 비교적 잘 발달된 지역(갑산층의 석회암과 사암, 이암의 호층대)에서 각각의 지질구조 요소의 형태적 특징과 방향, 선후관계, 간섭관계(overprinting relations) 등을 조사하였으며, 최소한 5회의 변형작용이 인지되었다(Fig. 3). 이들은 습곡작용과 이와 연관된 변구조 및 선구조와 취성 단층운동으로 구성된다.

연구 지역에는 지층의 층리면과 평행한 엽리의 발달이 현저하다. 이 엽리는 연구 지역에 걸쳐 연속적으로 인지되며, 다른 변형작용을 인지하고 분석하는 데 기준이 되는 엽리이다. 이 엽리는 F₁ 등사습곡에 의해 형성되었으며, 대체로 가창산 일대에서는 문곡층, 영흥층, 갑산층 모두에 잘 발달되어 있지만, 청림-토교리 일대에서는 갑산층의 적색 및 녹색의 이암에만 발달되어 있다.

F₁ 등사습곡과 이와 관련된 S₁ 엽리구조를 형성시킨 D₁의 변형작용과 F₄ 습곡을 형성시킨 D₄의 변형작용이 연구지역 전역에 걸쳐 연속적으로 인지되며, 암석 분포와 지질구조를 규제한 변형작용이다. 이 F₁과 F₄ 습곡구조에 의해 문곡층, 갑산층, 영흥층이 반복되어 나타난다. 연구 지역 서쪽 장치미 일대에서는 오르도비스



**Fig. 3.** D₁-D₄ structures from the Mt. Gachang area. All stereonets are area, lower hemisphere projections. A, poles to beddings. The plotted poles marks the great circle. The pole of this great circle distribution is interpreted to be the F₁ fold axis. B, F₂ fold axes. C, L₀₍₁₎³ intersection lineations. D, F₃ fold axes. E, poles to S₂ foliations. The plotted poles marks the great circle. The pole of this great circle distribution appear to be the F₄ fold axis. F, poles to beddings. The plotted poles marks the great circle. The pole of this great circle distribution is interpreted to be the F₄ fold axis.

기의 문곡층과 영흥층이 중기 석탄기의 갑산층 상위에 놓여 지층이 역전되었음이 인지된다. 이는 F₁ 등사습곡과 F₄ 배사습곡이 중첩되어 역전된 습곡의 날개부가 이 지역에 노출된 것으로 여겨진다. D₂와 D₃의 변형작용에 의해 형성된 지질구조 요소들은 조사지역 전역에 걸

쳐 발달되어 있지 않고 노두 규모의 습곡과 관련된 지질구조 요소로 생각되며 조사지역에서 부분적으로 관찰된다. D₅ 변형작용에 의해 형성된 지질구조 요소는 청림에서 중골 일대에 발달되어 있는 우수향주향이동 단층이다. 이 단층에 의해 갑산층, 영흥층, 문곡층이 반복되어 나타난다(Fig. 1). 첫 번째 변형작용은 등사습곡을 발달시켰으며, 층리면과 평행하게 발달되어 있는 엽리구조(S₁)는 이때 형성된 것으로 보인다. 현미경하에서 갑산층 내 이암의 층리에 평행한 엽리는 주로 운모류의 판상광물과 신장된 석영의 입자 선택배향에 의해 형성된 것이 관찰된다. 따라서 엽리는 압력용해 작용 및 결정격자내 변형작용에 의해 형성된 것으로 여겨진다. 이 엽리구조는 첫 번째 변형작용이 연구 지역 전역에 걸쳐 가장 강하게 남긴 면구조이다. 이 첫 번째 변형작용이 가장 강했던 변형작용으로 여겨지며 연구 지역의 암석의 분포를 지배한다. 첫 번째 변형작용 중에 형성된 등사습곡 중 연구 지역의 암석분포를 지배하는 등사습곡의 핵부분은 가창산 북서쪽 능선의 고도 약 525m에 발달되어 있으며, 후에 일어난 변형작용에 의해 현재는 중간경사 중간선경사 습곡(moderately inclined moderately plunging fold)으로 변해있다. 또한 후에 일어난 소규모의 F₂ 습곡구조와 중첩되어 중첩습곡 형태 3(type 3)인 지그재그(zigzag) 모양을 보이고 있다. 이 F₁ 습곡구조의 습곡축은 145°의 선주향(trend)에 8°의 선경사(plunge)를 갖는다(Fig. 3). S₁ 엽리구조는 암상에 따라 그 발달 정도가 다르며 특히 이암에는 연속엽리(continuous foliation)의 발달이 현저하다(Fig. 4). 점토 광물을 많이 함유한 갑산층 및 영흥층 내의 석회암에는 분리엽리(disjunctive foliation)가 발달되어 있다(Fig. 5). 사암, 석회암, 이암의 호층대에서는 S₁ 엽리구조와 층리면이 평행하게 발달되어 있음을 쉽게 인지할 수 있다. S₁ 엽리구조는 후기의 변형작용에 의해 부분적으로 파랑습곡 구조로 변하였으며, S₁ 엽리구조의 주향과 경사는 후기의 변형작용에 의해 형성된 F₂, F₃, F₄ 습곡구조에 의해 지배된다.

두 번째 변형작용은 다른 시기의 변형작용에 비해 미약하며, 부분적으로 S₂ 엽리구조 및 노두 규모의 습곡구조를 발달시켰다(Fig. 3). S₂ 엽리구조의 주향은 층리면 및 S₁ 엽리면의 경사 방향과 거의 평행하며, 경사는 급한 편이다. Powell(1979)의 형태에 따른 엽리구조의 분류에 의하면 분리엽리(disjunctive foliation)에 해당되며,

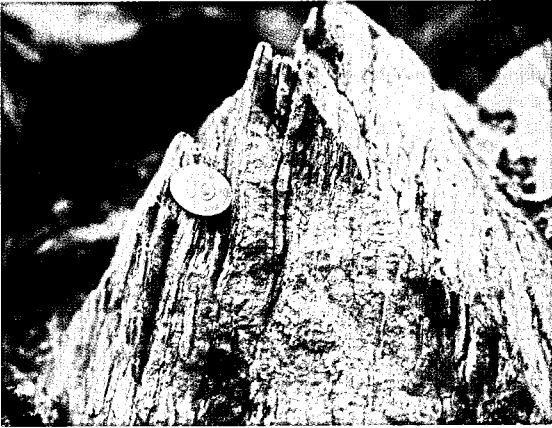


Fig. 4. Field photograph of  $S_1$  continuous foliation within greenish mudstone.

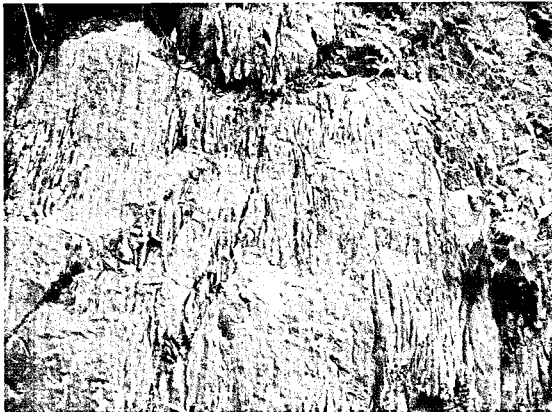


Fig. 5. Field photograph of  $S_1$  disjunctive foliation within limestone.

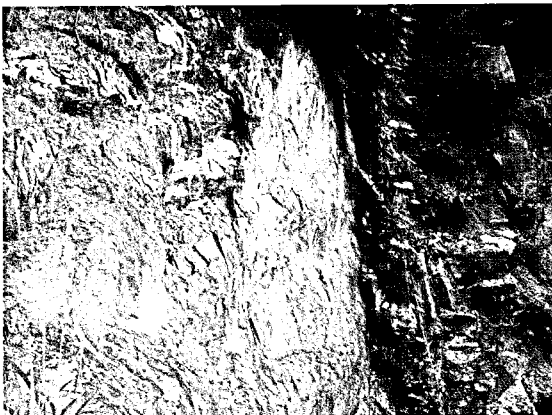


Fig. 6. Field photograph of dome and basin structure by superposition of  $F_2$  and  $F_3$  fold set.

엽리 간격은 수 mm에서 수 cm에 이른다. 현미경 관찰에 의하면, 부분적으로는  $S_1$  엽리구조의 파랑습곡에 의해  $S_2$  엽리구조가 형성되었다. 지층면이나  $S_1$  엽리면과 만나 이루어진 교차선구조( $L_{001}^2$ )는 지층면 또는  $S_1$  엽리면의 경사 방향과 거의 평행하게 발달되어 있다.

$F_3$  습곡구조 및 이와 연관된  $S_3$  엽리구조와 파랑엽리, 파랑선구조,  $S_3$  엽리면이 층리면이나  $S_1$  엽리면과 만나서 형성된 교차선구조 등은 세 번째 변형작용에 의해 형성되었다.  $F_3$  습곡구조는 모두 규모의 횡습곡으로서 측면엽리를 발달시키기도 한다.  $F_3$  습곡구조의 습곡축은 연구지역에서 가장 큰 습곡인  $F_4$  습곡구조의 습곡축과 거의 평행하다(Fig. 3). 대성광업소 사무실 근처의 노두에서는  $F_2$  습곡과  $F_3$  습곡의 중첩에 의하여 중첩습곡 형태 1(type 1)인 돔과 분지(dome and basin) 구조가 형성되었다. 이 지역에서는  $F_2$  습곡구조보다는  $F_3$  습곡구조가 더 잘 발달되어 있으며 지층면상에서 카누(canoe) 모양의 습곡구조 형태를 잘 보여 준다(Fig. 6).  $S_2$  엽리면의 주향 및 경사는 후에 일어난  $F_4$  습곡작용으로 인하여 위치에 따라 변화가 심하다. 그러나  $S_3$  엽리면의 주향은 지층면이나  $S_1$  엽리면의 주향 방향과 거의 평행하다. 장치미못에서 충일광업소 석회석 광산으로 들어가는 도로 상에 있는 노두에서는  $S_2$  엽리면의 파랑습곡에 의해  $S_3$  엽리구조가 형성되어 있다. 지층면이나  $S_1$  엽리면 상에서는 파랑선구조의 발달이 비교적 현저하며(Fig. 7),  $S_3$  엽리면과  $S_1$  엽리면이 만나 형성된 교차선구조도 발달되어 있다. 이러한 선구조들의 방향은  $F_3$  습곡구조의 습곡축과 거의 평행하다(Fig. 3).

네 번째 변형작용에 의한 지질구조 요소는  $320^\circ$  내지  $330^\circ$ 의 트렌드(trend)와  $16^\circ$  내지  $30^\circ$ 의 플런지(plunge)의 습곡축을 가지는 지질도 규모의 배사 및 향사구조가 대표적이며, 이 습곡구조에 의해 기존의 면구조 및 선구조의 방향이 변화하였다(Fig. 3). 노두 규모의  $F_4$  향사 및 배사 습곡구조도 지질도 규모의 배사구조와 거의 평행하게 발달하고 있다. 대성광업소 사무실 부근에서 관찰되는  $F_4$  배사구조는 부근의 암석 분포 및 지질구조를 지배한다. 배사습곡의 힌지부분에는 측면엽리에 해당하는  $S_4$  엽리구조가 층리면과 거의 직교하며 양 날개 쪽으로 갈수록 층리면이나  $S_1$  엽리면과 거의 평행하게 된다.  $S_4$  엽리구조는 습곡의 힌지 부분에서는 현저하게 발달되어 있으나 습곡의 양 날개로 갈수록  $S_1$ 과 평행하게 되어  $S_1$ 과  $S_4$  엽리구조의 구분이 어렵다. 습곡의 양 날



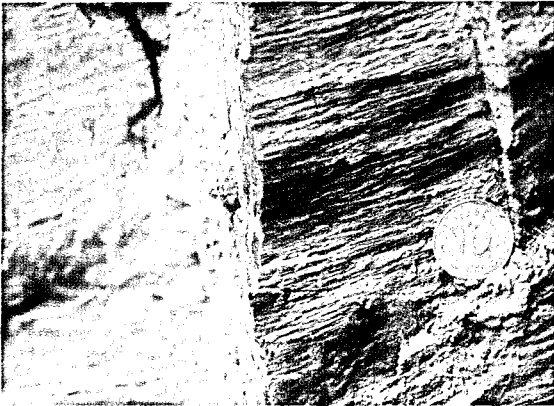


Fig. 7. Field photograph of crenulation lineation parallel to strike direction of  $S_0$  or  $S_1$ .



Fig. 8. Photograph showing the boudinage due to layer parallel stretching.

개에는 층평행신장작용(layer-parallel stretching)에 의해 형성된 습곡축의 방향과 거의 평행하게 발달된 절리 및 방해석맥 등이 발달되어 있으며, 부분적으로 부우딘 구조가 발달되어 있다(Fig. 8).

노두 규모의  $F_4$  습곡구조는 장치미못에서 충일광엽소 석회석 광산으로 들어가는 도로 상에 있는 노두에 잘 발달되어 있다. 폭이 약 70m인 노두에 두 개의 향사구조와 두 개의 배사구조가 발달되어 있으며, 이 노두 규모의  $F_4$  배사구조 양 날개에 발달되어 있는  $S_1, S_2, S_3$  엽리구조 및  $L_1, L_2, L_3$  선구조들의 방향성, 중첩관계 및 선후관계를 판단하였다. 이들 자료와 연구 지역의 지질구조를 규제하고 있는  $F_4$  배사습곡의 양쪽 날개에 발달되어 있는 지질구조 요소를 대비시켜 변형작용의 순서

를 결정하였다. 이 지역의 면구조, 선구조의 특징을 살펴보면, 노두 규모의  $F_4$  습곡구조의 남서쪽 날개에  $S_1, S_2, S_3$  의 면구조가 잘 나타난다.  $F_1$  등사습곡에 의해 형성된 지층과 평행한 엽리가 잘 발달되어 있고, 층리면과  $S_1$ 의 경사방향에 거의 평행한  $S_2$  엽리면이 발달되어 있다. 이  $S_1$ 과  $S_2$  엽리구조를 모두 절단하는  $S_3$  엽리면이 층리면과  $S_1$ 의 주향방향에 거의 평행하게 발달되어 있으며,  $S_2$  엽리면은 이  $S_3$  엽리면에 의해 전이(transposition)되어 부분적으로 약하게 나타난다.  $S_3$  엽리면과 층리면이 만나 생긴 교차선구조는 약 25m 남서쪽에 발달한 노두 규모의  $F_3$  횡와습곡의 습곡축과 거의 평행하다. 노두 규모의  $F_4$  배사습곡의  $S_4$  측면엽리가 이  $S_1, S_2, S_3$ 의 엽리면을 모두 절단하며 발달하고 있다.

다섯 번째 변형작용에 의해 형성된 지질구조 요소는 청림가창산 동쪽사면 및 중골에 발달되어 있는 우수향의 주향이동 단층으로서 이 단층은  $F_4$  습곡구조를 절단하는 마지막 단계의 변형작용이다. 이 단층은 청림 지역과 중골 지역에서는 인지되지만 가창산 동쪽사면과 기동 지역에서는 관찰되지 않아 단층의 주향과 주위 암석의 분포양상을 고려하여 가상단층선을 설정하였다. 이 단층운동에 수반된 부수단층들도 연구 지역 내에서 관찰된다.

청림 지역에 고각의 경사를 갖는 단층면을 경계로 영흥층의 돌로마이트와 갑산층의 석회암과 사암, 이암의 호층대가 접하고 있다(Fig. 9). 단층암대의 폭은 약 20cm이며, 내부에 파쇄엽리가 잘 발달되어 있다. 단층활면 상에는 주향이동 운동방향과 운동감각을 지시하는 단층홈(groove)과 단층섬유(slicken fiber)가 발달되어 있으며, 단층홈은  $338^\circ$ 의 선주향(trend)에  $20^\circ$ 의 선경사(plunge)를 가지며 단층섬유는 우수향의 운동감각을 지시한다(Fig. 10).

$F_4$  배사습곡을 절단하는 주향이동 단층이 대성 제천 석회석광산 사무실 근처의 노두에서 발견된다. 이 단층을 경계로 엽리가 잘 발달된 이암과 석회암이 분포하고 있다. 이암에 발달되어 있는 층리면의 주향과 경사는  $N77^\circ W/30^\circ NE$ 이고 석회암에 발달되어 있는 층리면의 주향과 경사는  $N17^\circ E/81^\circ NW$ 로서 단층을 경계로 심하게 변하는 것을 알 수 있으며, 이암은  $F_4$  배사습곡의 힌지부분이며 석회암은  $F_4$  배사습곡의 날개 부분에 해당된다. 또한, 이곳에는 약 26cm 두께의 단층암대가 발달되어 있으며 단층암대와 기반암과의 양쪽 경계에는 명

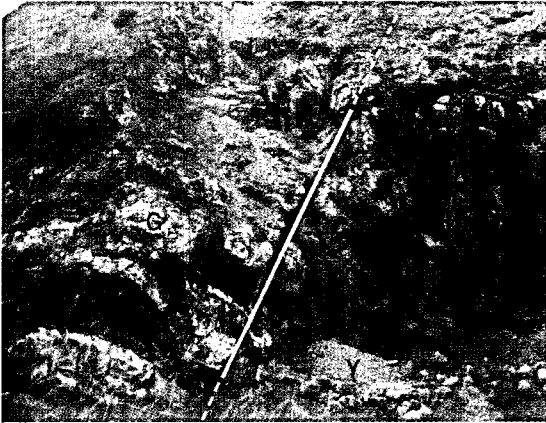


Fig. 9. Photograph showing the D₃ fault structure. The fault contact between the Yeongheung Formation(Y) and Gabsan Formation(G).

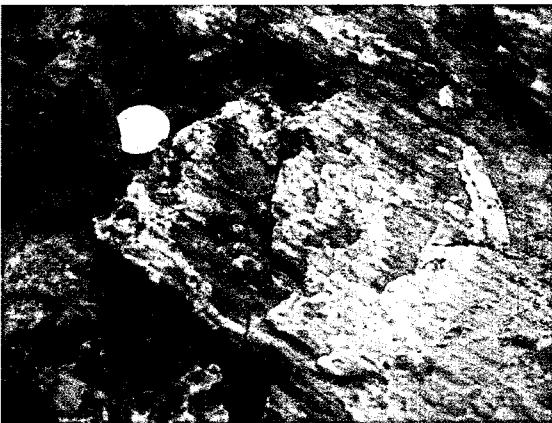


Fig. 10. Photograph of the slicken-fiber on the fault plane indicating the dextral slip sense.

확한 단층면이 존재한다. 이 단층면의 주향과 경사는 N65°E/70°NW이며, 단층면에 지괴의 운동방향 및 운동 감각을 지시하는 지질구조 요소들이 발달되어 있지 않아 정확하게 알 수 없으나 고경사를 가지는 단층이므로 주향이동 단층일 가능성이 높다. 단층암대는 단층비지 및 미각력암(microbreccia)으로 구성되어 있으며, N85°W/61°NE 방향의 전단파의 발달이 양호하다.

### 토 의

강원도 영월 남부 지역의 청립 일대와 충북 가창산 일대에 분포하는 중기 석탄기의 갑산층 석회암은 품위

가 매우 높아 석회석 자원으로 활발히 개발되고 있다. 특히, 이 층의 석회암은 여러 번에 걸친 변형작용을 받아 층의 분포와 두께 변화가 매우 심하다.

주로 석회석 자원으로 개발되는 갑산층의 석회암은 대체로 세립질의 치밀한 조직을 갖는다. 석회암의 구성 입자는 해백합, 유공충, 방추충, 개형충, 복족류 등의 파편으로 이루어졌다. 부분적으로 재결정 작용을 받아 세립의 결정질 방해석으로 이루어지기도 한다. 한편, 석회암 내에는 속성작용 과정에서 생성된 석영과 석회암 생성 당시에 운반된 쇄설성 석영 입자들이 관찰된다. 석회암에 포함된 저서성 생물들의 화석과 쇄설성 석영 입자는 갑산층의 석회암이 육지에서 가까운 비교적 얕은 바다 환경에서 생성되었음을 지시한다. 특히, 갑산층 석회암 내에는 처트가 많이 발달되어 있는 데 그 원인이 아직까지 명확하게 밝혀지지 않은 실정이다.

갑산층 석회암의 CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂의 함량을 분석한 결과 CaO 함량의 범위는 49.78 - 60.63%이며, MgO는 0.74에서 4.63% 까지 변화한다. 그러나 CaO의 변화에 따라 MgO의 함량은 큰 차이를 나타내지는 않는다. Al₂O₃와 Fe₂O₃는 각각 0.02~0.55%, 0.02~0.84%까지 변화한다. 이들은 CaO의 함량이 비슷한 경우 이들의 값도 매우 비슷한 양상을 보여 준다. SiO₂는 대부분이 1.55~4.80% 범위 내에서 변화하나 일부 시료에서 6% 이상의 값을 나타낸다. 일부 석회암에서 이와 같이 SiO₂ 함량이 높은 것은 석회암 내에 속성작용에 의해 생성된 석영이나 처트가 포함되어 있거나 또는 쇄설성 석영 입자가 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

연구 지역을 포함한 영월-단양지역은 주로 압축형 구조운동에 의해 남북 및 북북동 방향을 갖는 층상단층계 및 습곡구조가 우세하게 발달한 지역이다(이충한, 2000). 가창산 일대의 연구 지역에는 층상단층은 발달되어 있지 않으며, 영월 지역의 층상단층계와 거의 유사한 방향의 습곡축을 갖는 지질도 규모의 습곡구조들이 연구 지역의 지질을 지배하며 나타난다. 따라서 연구 지역은 층상단층대의 배후지역에 해당되는 것으로 여겨진다. 연구 지역은 적어도 5번의 변형작용을 받았으며 각각의 특징은 다음과 같다. 첫 번째 변형작용은 등사 습곡구조를 형성시켰으며, 연구 지역 전역에 걸쳐 층리면과 평행한 엽리는 이 시기에 형성된 것으로 여겨진다. 연구 지역 서쪽 장치미 일대의 지층의 역전은 이

F₁ 습곡의 역전된 날개부가 지표에 노출된 것으로 해석된다. 편평현미경하에서 S₁ 엽리구조는 주로 갑산층의 이암과 사암에서 잘 관찰된다. 이 엽리는 주로 신장된 석영과 운모류 광물의 정향배열에 의해 형성되었으며, 압력 용해작용과 결정격자내 변형작용이 수반되었던 것으로 생각된다.

두 번째 변형작용은 남북 방향의 압축력에 의해 동서 방향의 축을 갖는 노두 규모의 습곡구조와 그와 연관된 S₂ 엽리구조, 파랑습곡구조, 파랑엽리, 교차선구조 등을 형성하였다. 이 변형작용은 S₁ 엽리면을 습곡시켰으며 S₂ 엽리구조가 S₀ 혹은 S₁과 큰 각을 가지고 사교하기 때문에 첫 번째 변형작용과는 다른 응력환경하에서 이루어진 변형작용임을 판단케 해준다. 더욱이 현미경하에서 관찰되는 S₁ 엽리의 파랑습곡작용에 의한 S₂ 파랑엽리는 이를 더욱 확실케 한다. I₀₍₁₎ 교차선구조는 거의 직각으로 발달된 후기의 I₀₍₁₎에 의해 절단되어 있으며, 현미경하에서 S₂ 파랑엽리가 S₃ 엽리에 의해 강하게 전위되고, S₂ 파랑엽리의 엽리 영역 내에만 S₃ 파랑습곡구조가 발달한 정황 등은 이 시기의 변형작용이 두 번째로 일어난 변형작용임을 알 수 있게 해준다. 파랑엽리는 연구 지역의 녹색 및 적색 이암, 암회색의 이암에서 관찰된다. 중립질의 석영을 포함하는 불균질한 이질층으로 구성된 암회색의 이암에서는 주로 불연속파랑엽리(discrete crenulation cleavage)가 나타나며, 비교적 균질한 녹색 및 적색의 이암에서는 대상파랑엽리(zonal crenulation cleavage)가 관찰된다. 불연속파랑엽리가 관찰되는 암회색 이암에서는 주로 압력 용해작용에 의해 벽개영역과 마이크로리손(microlithon)간에 구성광물의 차이가 현격하다. 반면에 대상파랑엽리가 나타나는 녹색 및 적색 이암에서는 벽개영역과 마이크로리손간에 구성광물의 분별이 잘 나타나지 않아 압력 용해작용이 미약했던 것으로 보인다. 또한 불연속파랑엽리의 벽개영역에서는 입자가 기존의 S₁ 엽리의 광물배향 방향에 대해 거의 직각으로 회전한 양상을 보이며, 대상파랑엽리의 경우 입자의 회전이 미약하다. 이는 압력 용해작용과 이에 수반된 입자의 회전이 전술한 두 유형의 파랑엽리를 형성하는 데 중요한 생성 메커니즘이 되었던 것으로 해석된다.

세 번째 변형작용은 압축 응력축의 방향이 대체로 동서 방향으로 바뀌어 북북서 방향의 축을 갖는 노두 규모의 습곡구조 및 이와 관련된 엽리구조, 파랑습곡, 파

랑선구조, 교차선구조를 형성하였다. F₃ 습곡축은 F₄ 습곡축과 평행하지만 F₃ 습곡구조는 고각도로 서있는 F₄ 습곡의 날개부분에서 횡와습곡의 형태로 나타나는 점과 S₃ 엽리구조가 F₄ 습곡에 의해 그 방향이 회전하는 점, 그리고 S₄는 그 발달이 미약하지만 S₃는 잘 발달되어 있는 점으로 보아 단계가 서로 다른 변형작용으로 생각된다. 현미경하에서 관찰되는 S₃ 엽리도 다시 습곡되어 있기 때문에 D₃ 이후의 변형작용이 있었던 것으로 판단할 수 있으며, 엽리구조의 발달이 미약한 D₄ 변형작용에 의해 이 S₃ 엽리가 습곡된 것으로 여겨진다.

네 번째 변형작용은 세 번째 변형작용과 동일한 응력 환경하에서 거의 연속해서 일어난 것으로 생각되며, 북북서 방향의 축을 갖는 지질도 규모의 배사 및 향사구조와 습곡구조의 힌지 부근에만 미약하게 축면엽리를 발달시켰다. 네 번째 변형작용은 첫 번째 변형작용과 함께 연구지역 내 암석의 분포를 규제하였다. F₃와 F₄ 습곡구조는 그 방향이 북북서 방향으로 영월지역의 층상단층 방향과 거의 유사하므로 F₃와 F₄ 습곡구조의 형성 시기가 영월 지역의 층상단층 활동시기와 비슷했을 것으로 여겨진다.

다섯 번째 변형작용은 네 단계의 모든 변형구조를 절단하는 취성 단층운동으로 특징 지워진다. 연구 지역에서 관찰되는 이 단층구조는 고각도의 단층면을 갖고 있으며, 단층 내에 비응집성의 취성 단층각력암을 발달시켰다. 단층면상에는 주향이동성임을 지시하는 단층흠들이 잘 발달되어 있어 이 단층이 주향이동단층임을 알 수 있고 그 운동감각은 판단이 어렵다.

## 결론

연구 지역의 갑산층 석회암은 대부분 해백합, 유공층, 방추층, 개형층, 복족류 등의 파편으로 이루어졌다. 부분적으로 재결정 작용을 받아 세립의 결정질 방해석으로 이루어지기도 한다. 이와 같은 석회암들은 품위가 높아 주로 석회석 원료로 개발되고 있다. 갑산층 석회암의 CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 및 SiO₂의 함량을 분석한 결과 CaO 함량의 범위는 49.78 - 60.63%이며, MgO는 0.74에서 4.63% 까지 변화한다. Al₂O₃와 Fe₂O₃는 각각 0.02~0.55%, 0.02~0.84% 까지 변화한다. SiO₂는 대부분이 1.55~4.80% 범위 내에서 변화하나 일부 시료에서 6% 이상의 높은 값을 나타낸다. CaO의 함량을 기준으

로 할 때 석회암은 크게 49.78~56.26%(A군)와 59.36~60.38%(B군)의 범위 내에 분포하는 2개의 군으로 구분된다. A군은 CaO의 함량 변화에 따라  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  및  $SiO_2$ 는 매우 불규칙하게 변화하며, MgO는 대체로 거의 비슷한 값을 갖는다. B군의 경우 MgO,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  및  $SiO_2$ 는 매우 비슷한 값을 나타내는 특징을 보여 준다.

연구 지역의 석회석 자원의 부존 상태를 규제하는 지질구조 요소들은 적어도 다섯 번의 변형작용에 의해 형성되었다. 첫 번째 변형작용은 등시습곡구조를 형성시켰으며, 연구 지역 전역에 걸쳐 층리면과 평행한 엽리는 측면엽리로서 이 변형작용이 일어나는 동안에 형성된 것으로 여겨진다. 두 번째 변형작용은 남북 방향의 압축력에 의해 동서 방향의 습곡축을 갖는 노두 규모의 습곡구조와 그와 관련된 측면엽리, 파랑습곡구조, 파랑엽리, 교차선구조 등의 지질구조 요소를 형성하였다. 세 번째 변형작용 동안에는 압축응력축의 방향이 대체로 동서 방향으로 바뀌었으며, 노두 규모의 습곡구조, 파랑습곡구조, 파랑엽리, 교차선구조 등의 지질구조 요소들이 형성되었다. 네 번째 변형작용은 세 번째 변형작용과 동일한 응력환경하에서 거의 연속해서 일어난 것으로 여겨지며, 지질도 규모의 향사구조 및 배사구조를 형성하였다. 다섯 번째 변형작용은 네 단계의 변형작용 중에 형성된 지질구조 요소들을 절단하는 취성 단층운동으로 특징된다. 이 중에서 석회암의 분포는 첫 번째 변형작용 중에 형성된 등시습곡 및 네 번째 변형작용 중에 형성된 지질도 규모의 향사 및 배사구조에 의해 지배되고 있다.

## 사 사

이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었다 (과제번호: KRF-97-005-E00059). 야외지질조사와 실내작업을 도와준 강원대학교 대학원

이충한, 선승대, 그리고 김용운 군의 노고에 감사한다. 현지 조사시 석회석 광산의 조사를 허용해주고 여러 편의를 제공해준 대성산업주식회사 제천석회석광업소 소장님과 광산 현지에서 석회석의 부존양상과 분포의 문제점을 진지하게 논의해준 제천석회석광업소 김경배씨에게 감사드린다.

## 참고문헌

- 곽영훈, 1997, 국내광물자원의 잠재력과 탐사방향. 광업진흥, 68, 126-134.
- 김종환 · 문희수 · 우장한 · 김용욱, 1980, 제천, 영월, 분곡, 사북 및 마차 지역 석회석 광상조사 연구. 조사연구보고, 9, 113-160.
- 대한지질학회 · 태백산지구지하자원조사단, 1962, 태백산지구 지질도.
- 이지현, 1997, 자원산업의 현황 및 발전 방향. 광업진흥, 1997, 68, 66-125.
- 이지현 · 손길상, 1997, 국내 석회석의 품위별 자원현황. 한국자원공학회 특별심포지움: 석회석 활용기술, 3-35.
- 이충한, 2000, 충청북도 제천시 가창산 일대의 지질구조. 강원대학교 석사논문, 88 p.
- Chun, H.Y., 1979, Some plant fossils, *Linopteris neuropteroids* and *Linopteris* sp. cf. *L. neuropteroids*, from the Gabsan Formation, Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 15, 192-200.
- Lee, C.Z., 1992, A biostratigraphic study on the Gabsan Formation of Jecheon area, Chungbuk, Korea. Journal of the Korean Earth Science Society, 13, 66-73.
- Lee, C.Z. and Park, S.I., 1994, Some fusulinids from the Gabsan Formation near Jecheon, Korea. Journal of the Korean Earth Science Society, 15, 452-458.
- Powell, C. McA., 1979, A morphological classification of rock cleavage. Tectonophysics, 58, 21-34.
- Reedman, A.J., 1975, The age of the Gabsan Formation. Journal of the Geological Society of Korea, 11, 139-143.

2000년 6월 12일 원고 접수

2000년 8월 4일 원고 채택