

풍촌층 고품위 석회석의 표성변질

Supergene Alteration of High-Ca Limestone from the Pungchon Formation

노진환 (Jin Hwan Noh)^{1,*} · 오성진 (Sung Jin Oh)¹ · 김경진 (Kyong Jin Kim)²

¹강원대학교 지질학과

(Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

²대한광업진흥공사 자원탐사처

(Mineral Exploration Division, Korea Resources Corporation, Seoul 156-706, Korea)

요약: 하부 조선누층군의 풍촌층 고품위 석회석 광체에서는 그 상위의 지층인 화절층으로부터 유래된 극미립의 적갈색 변질물이 열극을 따라 충전 및 피복하는 양상을 보이며 산출된다. 표성기원을 시사하는 산출상태와 광물조성을 이루는 이 침전물은 석회석 광체를 오염시킴으로써, 품위와 품질을 저하시키는 결과를 초래한다. 이 풍화산물은 옥수질 석영, 고령석, 일라이트, 침철석 및 적철석이 주요 자생광물을 이루며 곳에 따라 스멕타이트가 소량 수반된다. 그 밖에 원지성 광물편들인 운모와 정장석들이 드물게 상대적으로 큰 입도를 이루며 함유된다. 고령석, 일라이트 및 스멕타이트로 구성되는 이 풍화산물의 다소 복잡한 점토광물상은 석회암 풍화잔류토의 전형에 해당되는 것으로 여겨진다. 이 극미립 풍화물은 곳에 따라 열수에 의해서 재차 변질되어 스틸사이트 같은 열수 기원의 세올라이트 광물을 수반하기도 한다. 이 표성변질물의 생성 및 침투 시기는 풍촌층의 고품위 석회석을 형성시킨 천열수 변질작용의 시기 직후, 즉 유라기 초기에 해당되는 것으로 해석된다. 조선누층군의 용기 및 풍화·침식의 시점을 시사하는 이 같은 표성변질 양상은 산소가 풍부한 표층수가 하강하는 환경 하에서 석회질 모암 내에서 화학적 용탈과 확산 방식으로 작용한 것으로 여겨진다.

주요어: 풍촌층, 화절층, 표성변질, 고품위 석회석, 옥수질 석영, 고령석, 일라이트, 침철석, 적철석, 열수변질

ABSTRACT: In the high-Ca limestone zone of the Pungchon Formation of the Lower Chosun Supergroup, cryptocrystalline alterations with reddish brown color occur as fissure-fillings or coatings, which was originated from the upper formation, *i.e.*, the Hwajeol Formation. The precipitates result in degradation and contamination of the high-Ca limestone ore in grade and quality, showing characteristic occurrence and mineral composition typical of suggesting a supergene origin. Chalcedonic quartz, kaolinite, illite, goethite and hematite are constituting a characteristic authigenic mineral assemblage and, in places, smectite is less commonly included in the weathering product. In addition to these authigenic phases, some detrital minerals such as mica and orthoclase constituting relatively coarser grains are also rarely present in the supergene alterations. A rather complex clay facies

*교신저자: jhnoh@kangwon.ac.kr

consisting of kaolinite, illite and smectite in the alterations seems to correspond to the typical clay composition of the reported residual pedogenic soils by limestone weathering. The cryptocrystalline weathering product is partly altered to stilbite, a characteristic hydrothermal zeolite, in places, by the hydrothermal contact of late stage. The time of formation and infiltration of the supergene alterations seems to correspond to the stage just after the epithermal alteration of the Pungchon Limestone, *i.e.*, an early Jurassic age. The supergene alteration, which may imply the stage of uplifting, weathering and erosion of the Chosun Supergroup, appears to have undergone at an oxygen-rich environment in descending water of meteoric origin by means of a chemical leaching and diffusion.

Key words : pungchon formation, hwajeol formation, supergene alteration, high-Ca limestone, chalcedonic quartz, kaolinite, illite, goethite, hematite, hydrothermal alteration

서 언

일반적으로 석회질 암석의 화학적 풍화는 규산염계 암석에 비해서 별다른 연구가 이루어지지 않았다. 이는 석회암의 풍화가 단순히 방해석과 같은 탄산염 광물들의 용해와 난용성 퇴적물들의 잔적 현상으로 간주되어 왔기 때문인 것으로 여겨진다. 이 같은 상황에서도 일부 학자들에 의해서 고령도 광물들(kaolinite와 halloysite), 석고 등과 여기에 수반되는 미정질의 철과 알루미늄의 산화 및 수산화물(oxyhydroxides)의 존재가 석회암의 특징적인 풍화산물로서 보고된 바 있다(Sevink and Verstraten, 1979; Carr *et al.*, 1992; Sullivan *et al.*, 1995). 그렇지만 이들이 풍화과정 이전, 즉 퇴적 및 속성 작용 시기에 생성되었을 개연성을 완전히 배제할 수 있는 지에 대해서는 아직 논란의 여지가 많은 상황이다.

풍촌층 내에 부존되는 고품위 석회석(high-Ca limestone 또는 high-purity limestone) 광체에서는 적갈색을 띠는 극미립의 침전물이 석회석 광체의 균열대를 따라 충전 내지 피복하는 형태로 산출된다(노진환 외, 2004). 철분을 많이 함유하는 이 침전물들은 고품위 석회석의 품위(grade) 및 품질(quality) 저하를 야기시킴으로써 고품위 석회석의 개발에 많은 어려움을 초래하고 있는 실정이다. 이 같은 변질 양상은 삼척-정선-영월 지구의 고품위 석회석 광산들이 개발 과정에서 공통적으로 겪고 있는 어려움인 것으로 알려져 있다. 이는 또한 조선누층군이 융기(uptift)된 후에 생성된 산물으로써, 그 풍화·침식의 시점과 그 당시의 표성환경을 시사하는 광물질이기에 때문에 중요하게 취급될 수 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 이 같은 지질학적 및

응용광물학적 중요성에 입각하여 이 미립상 함철 물질의 산출상태, 광물학적 조성 및 특징을 밝히고 그 생성 관계에 대한 연구 결과들을 논의하고자 한다.

연구 및 분석 방법

풍촌층 고품위 석회석 광체 내에 수반되는 적갈색 표성변질물의 광물 감정은 물론 그 조성을 구하기 위해서, CuK α 의 X-선을 이용하여 3~60° (2 θ) 조사 범위에서 0.04°/min의 조건으로 X-선회절 분석을 시행하였다. X-선회절 정량분석은 0.04°/sec 간격으로 단속적 주사방식(step-scanning)으로 실험하여 구해진 회절자료들을 수차례 검증한 후에, 리트벨트 구조검증법(Rietveld refinement method)에 의거한 정량분석 프로그램(SIROQUANTTM, ver.2.5)을 이용하여 그 결과를 해석하였다(Taylor, 1991; Taylor and Matulis, 1994).

채취된 표성변질물들의 미시적 산출상태, 결정도 및 광물상에 대한 동정은 편광현미경과 주사전자현미경(SEM) 관찰을 통해 이루어졌다. 이들의 주성분 원소는 X-선형광(XRF) 분석법으로, 희토류 원소(Rare Earth Element; REE)들에 대해서는 플라즈마유도방출분광(ICP/AES) 분석법으로 기초과학지원연구원에 의뢰하여 분석하였다.

이들 표성변질물의 생성 시기를 파악하기 위하여 K-Ar 절대연령 측정을 기초과학지원연구원에 의뢰하여 시행하였다. 분석 시료는 전암 및 분리된 점토광물 단위로 이루어졌다. 일라이트 등의 점토광물 추출을 위해서 초음파진탕기와 원심분리기를 사용하여 2 μ m 이하의 입자들

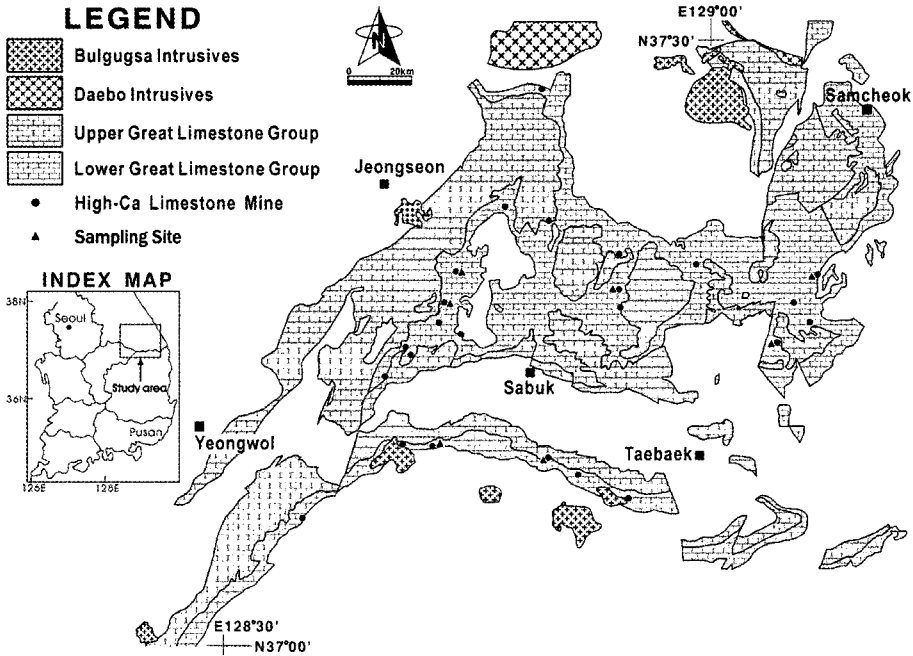


Fig. 1. A geologic and index maps illustrating the locality and geologic setting of some important high-Ca limestone mines and sampling site in the study area.

을 분리하였다. 이 같이 정제된 미세 입자들을 X-선회절분석하여 일라이트의 함유 정도를 확인하였고, K을 함유하는 다른 원지성(detrital) 광물들, 즉 운모나 알칼리 장석의 혼재 여부를 검증하였다.

고품위 석회석의 광화 양상

풍촌층에 부존되는 고품위 석회석 광상은 전체적으로 기존의 태백산 금속 광화대와 분포상 밀접한 연계성을 보이고 태백시 서측부에 주로 분포하는 양상을 보인다(그림 1). 이 석회석 광체는 풍촌층의 상부 층위의 상대적으로 순수한 석회암체가 중생대 초기에 관여된 열수변질 작용과 접촉변성 작용의 영향으로 재결정되는 과정에서 형성된 것으로 최근에 보고되었다(노진환 외, 2004; 노진환과 오성진, 2005). 또한 국지적으로 백악기에 야기된 스카른 광화작용과 이에 동반된 열수변질 작용에 의해서 재차 변질된 것으로 알려져 있다(노진환과 오성진, 2005).

풍촌층에서 변질되지 않은 원암 유형의 석회석을 제외한, 백색을 띠는 대부분의 고품위 석

회석 광체들은 전체적으로는 상부 층위에 규제되지만 국지적으로는 층리에 비조화적 관계를 보이는 산출양상을 보인다. 이 같은 비조화적(discordant) 산출상태는 잔류된 원암과의 접촉 관계에서 잘 인지된다. 이는 퇴적암을 모암으로 2차적 변질된 광화대의 전형적인 양상이다. 미정질 고품위 석회석대에서나 그 하부에는 단과 내지 렌즈상의 백운석대가 단속적으로 흔히 개재되는 것이 특징이다. 그렇지만 이 백운암대는 원암 유형의 광상에서는 잘 발달하지 않는 양상을 나타낸다. 백색조의 고품위 석회석 내의 열극이나 변질된 풍촌층 내의 이질부에서는 흔히 일라이트(illite)와 황철석 등의 유화 금속광물들이 수반된다. 게다가 하부의 불균질 석회암대나 백운암대에서는 석회규산염 광물들(calc-silicates)이 나타나고, 일부 지역에서는 거정질 방해석 광체와 더불어 스카른이 수반되기도 한다. 또한 중생대 화강암체 인접부에서는 고품위 석회석이 대리암의 암상을 보이며 산출되기도 한다.

석회석 광체의 풍화 양상

풍촌층 내에 부존하는 고품위 석회석 광체는 그 상위에 놓이는 화절층과의 경계부에서 주로 산출된다(노진환 외, 2004; 노진환과 오성진, 2005). 화절층 하부는 이질 및 석회질 퇴적층이 교호되는 소위 ‘리본암(ribbon rock)’의 암상을 이루는 암층으로 일반적으로 심하게 풍화되어 있는 양상을 보인다(Woo and Park, 1989). 이 같은 화절층의 풍화 양상과 풍촌층과의 층서적 관계에 의해서 풍촌층 석회석들은 화절층 쪽에서 유입되는 적갈색 내지 갈색을 띠는 콜로이드 상태의 수산화철 물질로 오염된 상태로 흔히 산

출된다(그림 2). 이 풍화물은 풍촌층을 대상으로 가행중인 대부분의 고품위 석회석 광산에서 흔히 볼 수 있는 것으로서, 석회석의 품위 및 품질 저하를 야기시키는 주된 요인이 되고 있다.

이 적갈색 풍화물은 풍촌층 위에 놓인 불균질한 이질 및 석회질 퇴적층인 화절층 쪽에서 유입된 양상을 보인다. 따라서 고품위 석회석이 부존되는 풍촌층의 최상부 층준에서 특히 현저하다(그림 2). 극미립의 적갈색 침전물은 석회석 광체를 피복하거나 충전하는 형태를 이루며 풍화 변질물 특유의 2차적 변질상의 산출상태를 이룬다. 일부 지역에서는 이 침전물들이 열수점층이나 변성작용에 의해 재차 변질 및 변성되어

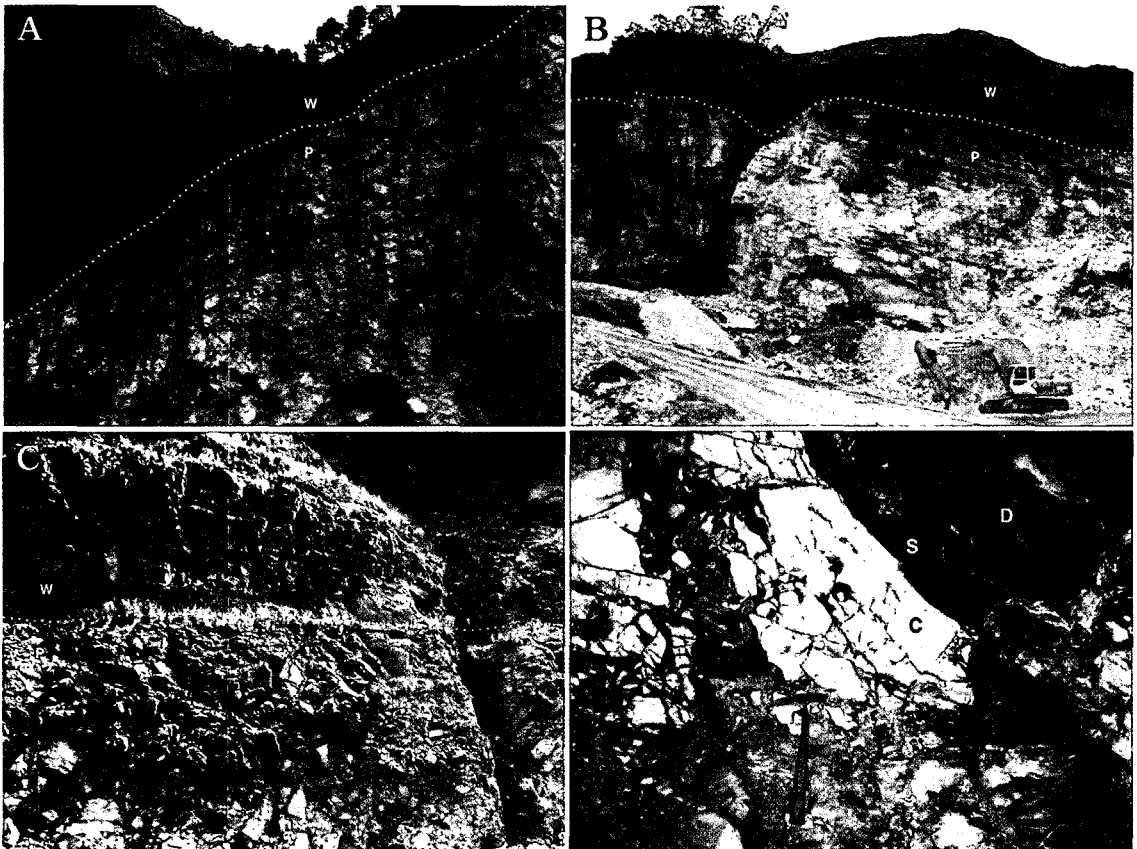


Fig. 2. Modes of field occurrences of supergene alterations in the upper part of the Pungchon Formation. A and B: Contamination of high-Ca limestone zone by reddish brown precipitates migrated from the Hwajeol Formation (upper part) at the Samseong-Okdong Mine (A) and Deokam Mine (B), respectively. C: Supergene alterations filling the brecciated zone of high-Ca limestone at the Taeyoung-Samdo Mine. D: Supergene alterations (S) filling the cracks of high-Ca limestone ore (C) resulting from a basic dike intrusion (D) at the Taeyoung-Yongyeon Mine.

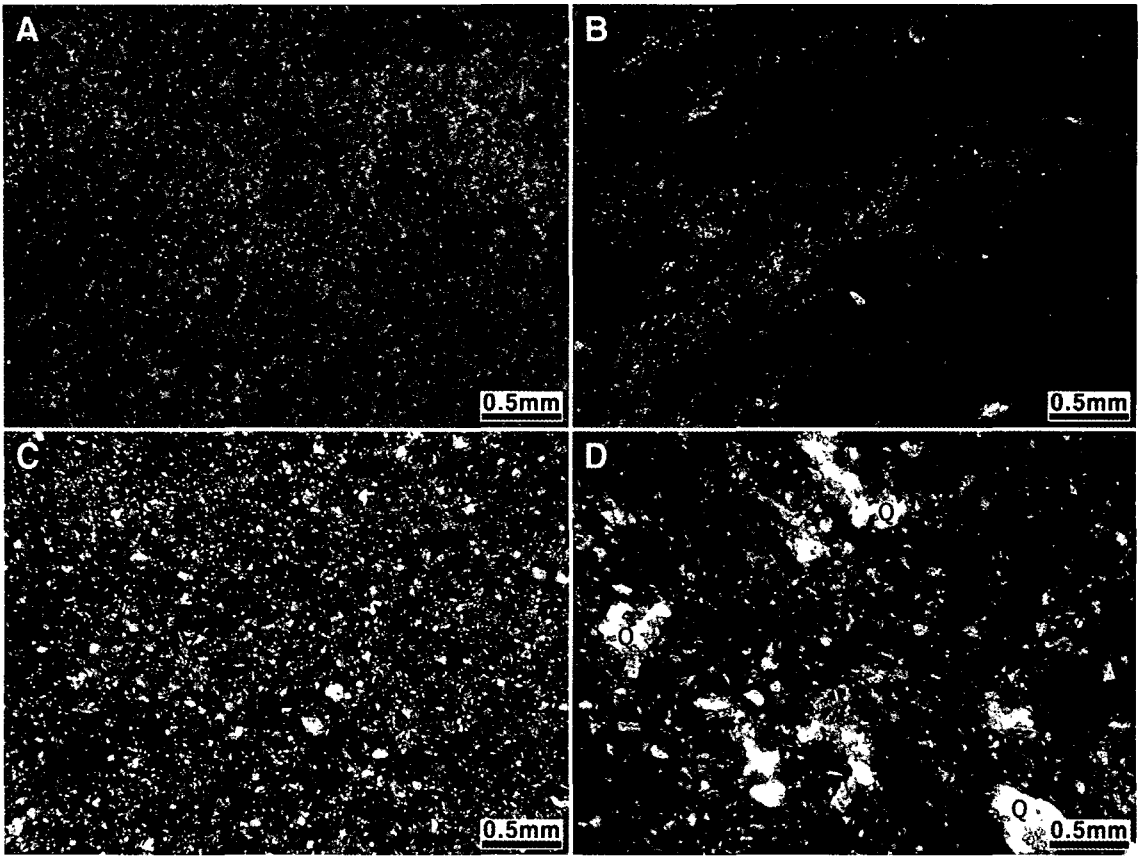


Fig. 3. Polarizing micrograph showing the mineral constituents and texture of the supergene alteration products. A: Cryptocrystalline nature of the supergene alterations from the Samseong-Okdong Mine (open nicol): Note the dusky appearance due to the presence of colloidal Fe-oxyhydrates. B and C: Segregated chalcedonic quartz in Fe-rich cryptocrystalline matrix from the Daeseong-Makyo Mine (B) and Taeyoung-Samdo Mine (C), respectively (crossed nicols). D: Recrystallized quartz crystals by hypothermal alteration (Taeyoung-Yongyeon Mine) (open nicol).

마치 토기와 같은 견고한 물성을 보이기도 한다. 재차 변질된 경우에는 곳에 따라 열수 기원의 특징적인 제올라이트 광물인 스틸바이트(stilbite)와 방해석이 수반된다. 이 같은 변질 양상은 지역에 따라 하강하는 지표수나 지하수의 영향으로 현재에도 진행되는 양상을 보이기 때문에 표성변질(supergene alteration)에 의한 양상으로 간주된다. 이 같은 현생 표성변질물의 침하 양상은 골을 이루는 지형에서 더욱 두드러진다.

광물 및 화학 조성상의 특징

이 표성변질물은 구성 광물성분들이 대부분

극미립상을 이루며 콜로이드 상의 Fe의 산화 및 수산화물들이 혼재되어 있기 때문에 편광현미경에서는 마치 토기 내지 호른펠스(hornfels)와 같은 암상과 조직을 나타낸다(그림 3). 편광현미경상에서 인지되는 광물성분들은 대부분 미립의 석영과 일라이트로 구성된다. 그렇지만 운모나 장석과 같은 원지성 광물성분들도 상대적으로 큰 결정편을 이루며 미량 함유된다. 주사전자현미경 관찰에 의해 고령석(kaolinite), 옥수질 석영(chalcedony), 일라이트(illite) 등이 자생광물(authigenic mineral)로서 함유된다는 사실이 확인되었다(그림 4). 경우에 따라 스멕타이트(smectite)도 수반되기도 한다.

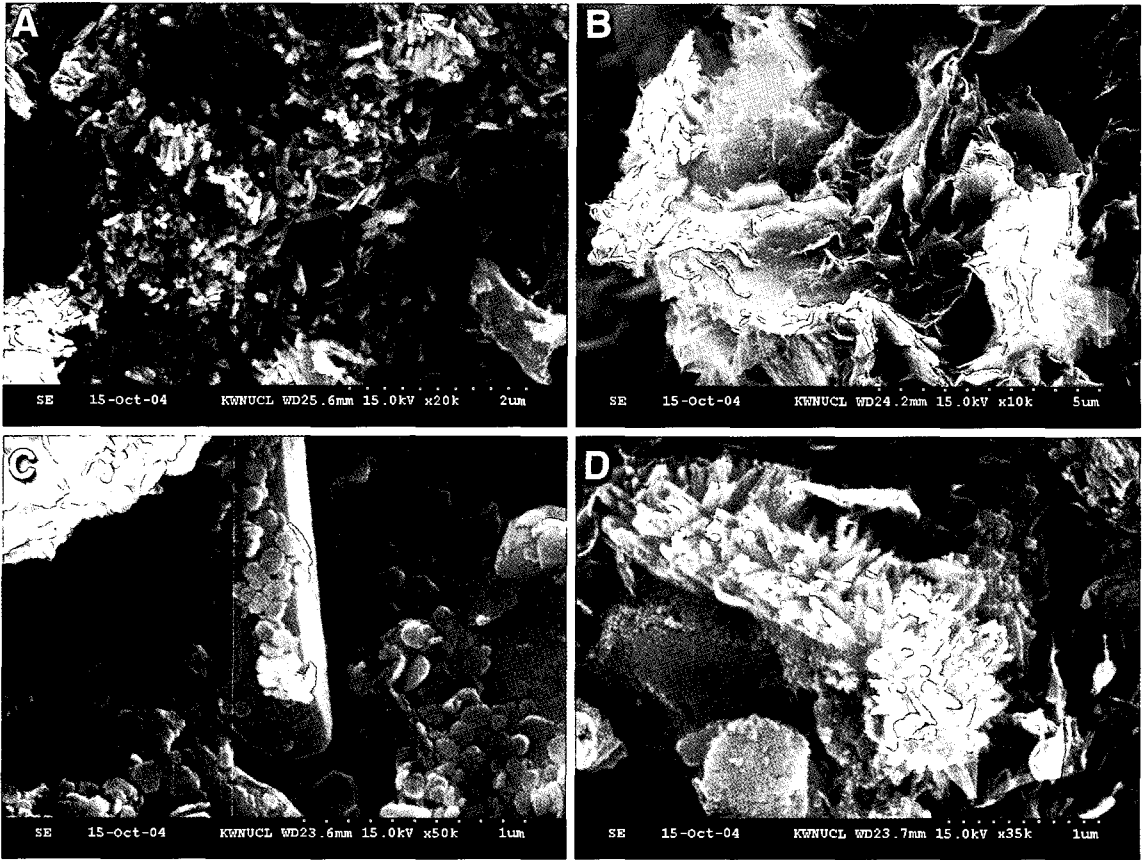


Fig. 4. SEM micrographs showing the characteristic clay minerals and Fe-oxyhydrates from the alteration products. A: Kaolinite aggregates (Taeyoung-Samdo Mine). B: Smectite and illite assemblage (Daechang-Sangdong Mine). C: Kaolinite crystal aggregates perching on a fibrous hematite (?) (Daeseong-Makyo Mine). D: Goethite (fibrous) associating with clay mixtures of kaolinite and illite (Samseong-Okdong Mine).

X-선회절분석에 의하면 석영, 고령석, 일라이트, 운모, 정장석, 침철석 및 적철석이 흔히 함유되는 것으로 나타난다(그림 5). 일부 지역에서는 제올라이트 광물의 일종인 스틸바이트(stilbite)와 스멕타이트가 수반되기도 한다. X-선회절 정량분석 결과 석영, 고령석, 일라이트 및 Fe 산화 및 수산화 광물류(즉, 적철석과 침철석)가 주된 성분을 이루고 곳에 따라 미량의 황철석(대략 1~2 wt% 정도), 정장석, 스멕타이트, 방해석 등이 수반되는 것으로 밝혀졌다(표 1).

이 같은 적갈색 풍화변질물의 화학조성을 XRF 분석법으로 조사한 결과, 그 화학조성은 광물조성상의 특징과 잘 부합되는 것으로 나타났다(표 2). 함철광물들과 일라이트의 혼재에 따라 각각 Fe과 K 성분이 상당량 함유된다. 또한 적갈색의

풍화물 색상이 짙을수록 극립상의 함철광물들(침철석과 적철석)의 함량이 높은 것으로 나타난다. 비교적 높은 SiO₂ 함유도는 옥수질 석영의 함량과 연관되고, 이 변질물이 석회질 암석의 풍화산물임에도 불구하고 Ca의 함량이 매우 낮은 것은 탄산염 광물들의 용탈 현상을 시사하는 것으로 여겨진다.

생성관계 해석

전술한 바와 같은 특징적인 2차적 변질 양상과 변질산물 내의 산화 및 수산화 철광물들의 존재, 다양한 점토광물상, 옥수질 석영의 존재 및 탄산염광물들의 부재 양상은 이 적갈색 침전물이 명백히 표성 기원에 의해 생성된 물질

Table 1. Quantitative XRD analyses (wt.%) of supergene alterations

minerals	sample	TY-S	TY-Y	SO	DS	DS-M	DS-D
quartz		36.1	38.1	23.6	20.2	11.6	27.1
kaolinite		27.4	21.8	13.4	24.0	29.4	33.6
illite (muscovite)		12.9	23.5	46.3	30.6	33.7	29.9
hematite+goethite		16.1	12.3	6.1	9.8	22.8	8.2
pyrite		1.7	1.5	1.5	1.5	2.5	1.2
K-feldspar		5.5	-	5.9	-	-	-
smectite		0.3	-	3.3	13.9	-	-
calcite		-	2.7	-	-	-	-

TY-S: Taeyoung-Samdo Mine, TY-Y: Taeyoung-Yongyeon Mine, SO: Samseong-Okdong Mine, DS: Daechang-Sangdong Mine, DS-M: Daeseong-Makyo Mine, DS-D: Daeseong-Daepyong Mine.

(supergene alterations), 즉 상위의 화절층에서 유래된 일종의 풍화산물임을 지시한다. 이 풍화물의 조성, 특히 점토광물의 조성은 석회암의 풍화잔류토에서 알려진 것(Carr *et al.*, 1992)과 거의 같은 양상을 보인다는 사실도 위와 같은 해석을 뒷받침 한다.

산화환경을 시사하는 이 풍화물의 특징적인 광물조성은 이 표성변질 양상이 산소가 풍부한 표층수에 의해 시발된 것으로 여겨진다. 이 과정은 주로 풍촌층 상위의 지층인 화절층에서 화학적으로 걸러지고 확산(chemical leaching and diffusion) 되는 방식으로 석회질 암석들과 반응하였을 것이다. Na와 Ca의 용탈과 Al의 집적 양상 등과 같은 지화학적 수화 거동은 이와 같은 해석을 가능하게 한다. 이와 같은 작용의 결과로 이 표성변질물에는 방해석이 거의 없고 황철석이 대부분 철 산화물 및 수산화물로 변질된 것으로 해석된다.

이 표성변질물의 존재는 조선누층군이 융기한 후 그 위에 놓인 화절층의 풍화 및 침식 시기를 지시하고 그 기간은 상당히 지속되었음을 시사한다. 화절층에서 유래된 이 적갈색 풍화물이 하위에 부존되는 미정질 고품위석회석 광체의 간극을 충전 내지 피복하는 양상으로 산출된다는 것은 명백히 그 침투 시기가 천열수 변질 작용의 시기, 즉 중생대 초기인 189~205 Ma (노진환과 오성진, 2005) 이후라는 사실을 시사한다. 한편, 이 풍화산물은 백악기에 야기된 것(78~135 Ma)으로 보고된(노진환과 오성진, 2005) 풍촌층의 심열수 변질작용에 의해서 제차 변질

Table 2. XRF analyses (wt.%) for some supergene alterations

	SO	CM	DS
SiO ₂	47.27	42.27	44.58
Al ₂ O ₃	20.95	14.49	13.30
TiO ₂	1.07	1.90	0.93
Fe ₂ O ₃	9.08	12.09	8.60
MnO	0.26	0.16	0.14
MgO	1.97	6.23	5.24
CaO	0.78	7.45	9.42
Na ₂ O	0.00	2.66	0.86
K ₂ O	5.33	0.92	1.32
P ₂ O ₅	0.16	0.39	0.22
LOI	8.45	5.84	11.34
Total	95.32	94.40	95.95

되어 특징적인 열수기원 제올라이트인 스틸바이트를 혼재하기도 한다. 또한 표성변질물 중의 일라이트와 열수기원의 일라이트 사이에서의 경량 희토류 원소들의 함유도를 비롯한 희토류 원소 함유 양상에서의 현격한 차이는 이들 간의 생성환경의 차이를 극명하게 나타낸다(그림 6). 따라서 이 풍화산물의 생성 시기, 즉 하부 조선누층군의 융기에 의한 풍화·침식 시기는 유라기 말이나 백악기 초로 추론될 수 있을 것이다. 이 같은 생성시기를 검증하기 위해서 풍촌층 석회석에서 채취된 표성변질물 2개 시료를 K-Ar 법으로 절대연령을 측정하였다. 풍화물을 전암

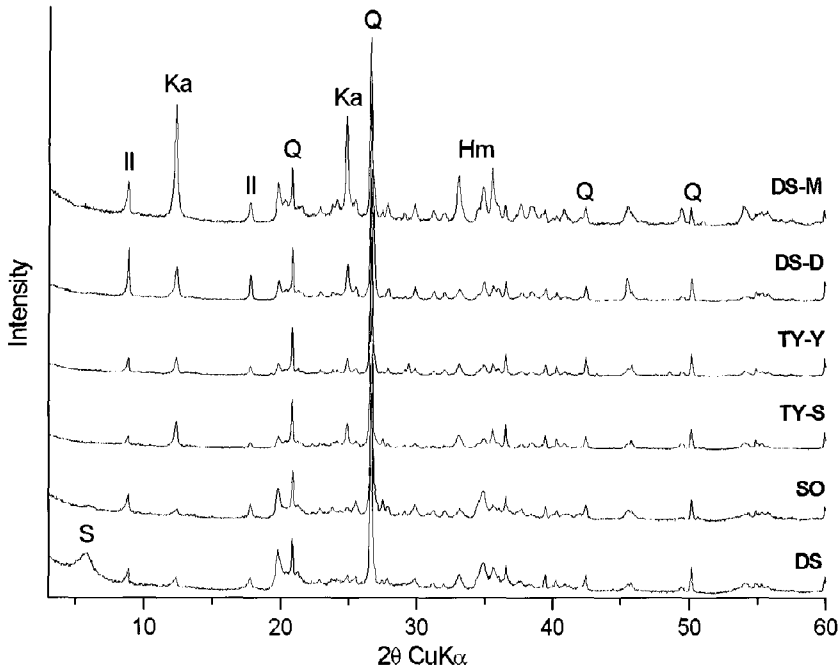


Fig. 5. XRD patterns of some supergene alteration products. II: illite, Ka: kaolinite, Q: quartz, Hm: hematite & goethite, S: smectite. DS-M: Daeseong-Makyo Mine, DS-D: Daeseong-Daepyong Mine, TY-Y: Taeyoung-Yongyeon Mine, TY-S: Taeyoung-Samdo Mine, SO: Samseong-Okdong Mine, DS: Daechang-Sangdong Mine.

Table 3. K-Ar ages of supergene alterations determined on whole rock and separated illite samples

Sample No	Age (Ma)	Geologic Time	Sample Type & Mine Name (Locality)
DS-M	276.9 ± 7.9	early-Permian	whole rock, Makyo Mine (Samcheok)
TY-Y	248.0 ± 5.8	late-Permian	whole rock, Yongyeon Mine (Hajang)
TY-Y*	193.6 ± 5.5	early-Jurassic	illite, Yongyeon Mine (Hajang)
SO*	189.5 ± 5.4	early-Jurassic	illite, Okdong Mine (Yeongwol)

* separated samples

(whole rock) 단위로 분석한 결과에서는 모두 고생대말로 측정되었다(표 3). 이는 표성기원의 자생광물인 일라이트 뿐만 아니라 잔류된 퇴적기원의 원지성 광물편들, 즉 정장석 및 백운모 등이 분석 시료 중에 혼재되어 그 시기가 원래보다 훨씬 오래된 결과로 여겨진다. 이 같은 원지성 K-함유 광물들에 의한 연대측정 오류를 피하기 위해서 순수하게 점토광물들만을 추출하여 연대 측정된 결과, 그 시기가 쥐라기 초기에 해당되는 189~194 Ma로서 천열수변질의 시기와 거의 일치하는 결과를 보였다. 그렇지만 전술한

바와 같은 이 표성변질물의 고품위 석회석 광체 내에서의 산출상태를 고려하면, 이 풍화산물의 생성 및 침투는 천열수변질 작용 직후에 관련된 것으로 해석하는 것이 타당할 것으로 여겨진다. 하부 조선누층군의 용기 및 풍화침식을 시사하는 이 풍화산물의 존재는 층서상 하나의 부정합을 의미하는 것이 되지만, 고생대층인 조선누층군 내에서는 대비될 수 없는 상황이다. 현재로서는 시기적으로나 환경적으로 태백 지역에 일부 분포하는 중생대층의 기저층인 적각리층과 하위의 고생대층간의 부정합 시기와 대비될 것

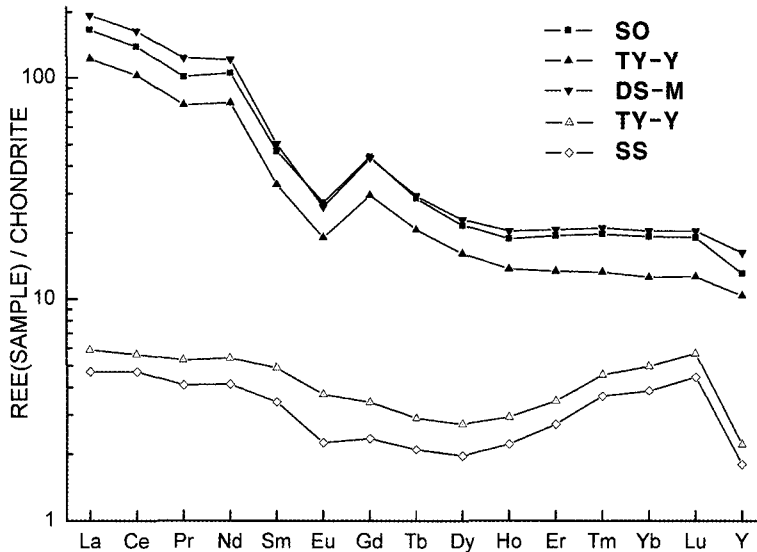


Fig. 6. Comparison of chondrite-normalized REE abundances and patterns between some supergene illite (solid symbol) and hydrothermal illite samples (open symbol). SO: Samseong-Okdong Mine, TY-Y: Taeyoung-Yongyeon Mine, DS-M: Daeseong-Makyo Mine, SS: Sungshin Mine.

으로 예측되지만, 이에 대해서는 앞으로 보다 심화된 연구가 이루어져야 할 사안으로 여겨진다.

고품질 석회석 개발에 있어서 저해 요소가 되고 있는 이 표성변질물은 일부 시료의 경우에는 팽윤성 점토광물인 스멕타이트를 함유하는 등 상당량의 점토 광물을 함유하기 때문에 어느 정도 수화 팽창될 것으로 예견된다. 따라서 이 같은 점이 고려된다면 비용이 다소 부가되는 문제가 있기는 하나 Na_2CO_3 같은 팽윤 촉진제를 혼용하며 세척이 가능할 것으로 여겨진다.

결 론

1) 풍촌층에는 극미립의 적갈색 침전물이 석회석 광체 내에 흔히 수반된다. 표성 기원 전형의 산출상태를 보이는 이 침전물은 화절층 쪽에서 콜로이드상으로 유입되어 고품위 석회석 광체를 오염시킴으로써, 그 품위와 품질을 저하시키는 결과를 초래한다.

2) 이들 표성변질물은 침철석, 옥수질 석영, 일라이트 등의 점토 광물로 구성되는 극미립질

집합체를 이룬다. 이들 광물상은 산화환경 특유의 조성을 이루고, 적철석 및 침철석으로 구성되는 콜로이드 상의 함철광물들이 적갈색 침전물 특유의 색 발현을 유발시키는 것으로 해석된다. 또한 스멕타이트, 고령석 및 일라이트로 구성되는 이 풍화산물의 다소 복잡한 점토광물상은 석회암 풍화잔류토의 조성과의 거의 같다. 이 극미립 풍화물은 곳에 따라 열수에 의해서 재차 변질되어 스틸바이트 같은 열수 기원의 세올라이트 광물을 수반하기도 한다.

3) 조선누층군의 용기 및 풍화·침식의 시점을 시사하는 이 표성변질물의 생성 및 침투 시기는 풍촌층의 미정질 고품위 석회석을 형성시킨 천열수 변질작용의 시기 직후, 즉 유라기 초기에 해당되는 것으로 판단된다. 이 표성변질은 산소가 풍부한 표층수가 하강하는 환경 하에서 석회질 모암 내에서 화학적 용탈과 확산(chemical leaching and diffusion) 방식으로 작용한 것으로 여겨진다.

사 사

이 연구는 2004년도에 이루어진 대한광업진흥공사의 위탁연구사업과 한국과학재단의 국가지정연구소 재은행(산업광물은행) 사업의 일환으로 수행되었다. 현지 조사 과정에서 협조해 준 대한광업진흥공사 및 석회석 광산 관계자들에게 감사한다. 이 연구에 필요한 화학분석(XRF 및 ICPS)을 대행해준 기초과학지원연구원 서울분소의 윤혜은 박사와 박찬수 박사를 비롯한 연구원들께도 감사한다. 이 논문의 심사 과정에서 유익한 지적과 조언을 해준 지질자원연구원의 고상모 박사와 황진연 교수님께 감사드린다. 또한 이 논문 준비 과정에서 자료정리를 도와준 강원대학교 광물학 연구실의 학생들에게 사의를 표하고자 한다.

참 고 문 헌

노진환, 오성진, 김경진 (2004) 국내산 고품위 석회석의 광물상 및 광물특성에 관한 응용광물학적 연구. 한국광물학회지, 17, 339-355.
 노진환, 오성진 (2005) 풍촌층 석회암의 열수변질과 고품위 석회석의 생성. 지질학회지, 41, 175-197.
 Carr, M.B., Isphording, W.C., O'Hearn, S.M., and Kusion, J.E. (1992) The formation of residual pedogenic clays by limestone weathering. Geological Society of America, Abstracts with Programs,

24(7), 26-29.
 Sevink, J. and Verstraten, J.M. (1979) Clay soils on limestone in South Limburg, the Netherlands; 1. Setting and general characteristics. Geoderma, 21(4), 251-267.
 Sullivan, R., Aide, M., Elldge, M., Fairbanks, J., Grimes, K., Johnson, S., Reimold, H., Sokes, C., and Young, G. (1995) Clay mineral formation in reddish clay soils overlying dolomitic limestone in Bollinger Co., Missouri. Transactions of the Missouri Academy of Science, 29-83.
 Taylor, J.C. (1991) Computer programs for standardless quantitative analysis of minerals using the full powder diffraction profile. Powder Diffraction, 6, 2-9.
 Taylor, J.C. and Matulis, C.E. (1994) A new method for Rietveld clay analysis. Part 1. Use of a universal measured standard profile for Rietveld quantification of montmorillonite. Powder Diffraction, 9, 119-123.
 Woo, K.S. and Park, B.K. (1989) Depositional Environments and Diagenesis of the Sedimentary Rocks, Choseon Supergroup, Korea: Past, Present, and Future; the State of the Art. Journal of Geological Society of Korea, 25, 347-363.

2005년 6월 15일 원고접수, 2005년 6월 25일 게재승인.