

정선군 남면 지역에 분포하는 고품위 석회석의 부존 특성

서경환^{1*}, 손길상², 박찬근³

¹ 대한광업진흥공사 자원탐사처(rock0410@korea.com)

² 대한광업진흥공사 해외조사처(ksshon@kores.or.kr)

³ 대한광업진흥공사 자원탐사처(parkck@kores.or.kr)

요약

조사지역에는 고생대 캄브리아기의 장산규암층, 묘봉층, 풍촌층, 화절층 및 오도비스기의 동점층, 두무동층, 막동층, 그리고 이들과 부정합 관계인 중생대 주라기의 사평리역암이 분포한다. 위의 지층들은 북동-남서방향으로 발달하는 두 개 조의 드리스트 단층과 이에 수반된 후향 드리스트 단층 및 습곡구조에 의해 분포가 지배된다. 이들 지층 중 경제 지층인 풍촌층은 암상의 특성에 따라 하부석회암대, 중부백운암대, 상부석회암대(고품위대)로 세분되며, 이 중 상부석회암대가 고품위용으로 개발대상이 된다. 상부석회암대는 백색-유백색의 치밀질 괴상석회암, 담회색 괴상 석회암, 어란상 석회암 등으로 구성되는데, 평균품위는 SiO₂ 0.40%, Al₂O₃ 0.15%, Fe₂O₃ 0.15%, CaO 54.2%, MgO 1.07%, 백색도 85.7로 중탄용이나 생석회 및 소석회 등 화학공업용으로 사용가능한 범위를 보여준다. 고품위대의 두께는 평균 약 40m이나 드리스트 단층 등의 구조요소에 의해 2~3회 반복되어 분포하기도 하고 지역에 따라 두께가 80~90m까지 두꺼워지기도 한다. 상부석회암대의 석회석을 중탄용, 소성용, 탈황용 등으로 개발을 위해서는 사전에 충분한 정밀시추탐사를 시행하여 그 부존규모 및 개발가능구간 확인이 선행되어야 한다.

개요

석회석은 국내 비금속광물 생산량의 91%, 생산액의 78%를 점유, 국내 광업에서 차지하는 비중이 가장 높은 부존자원으로 성장하였다. 과거 석회석의 수요는 주로 시멘트 용도에 국한되었으나, 시멘트용 석회석은 1997년 이후 대폭 감소된 반면, 화학공업용 등 고품위석회석의 소비량 증가는 꾸준히 이어지고 있다(표 1). 고품위석회석은 제철·제강, 화학공업 및 농업분야의 원료광물로서 그 이용이 증가되고 있을 뿐 아니라 분체기술의 발전과 더불어 활석, 고령토 등 다른 비금속광물의 대체 원료로서 제지, 플라스틱, 고무, 잉크 등의 충전제로 각광을 받고 있다. 최근에는 폐수의 중화처리나 화력발전소의 배연탈황 등 공해방지 분야로 그 용도가 다양해지는 등 고품위석회석의 수요는 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 산업원료 광물의 안정적 공급을 위하여 국내에 분포하는 석회석의 용도별, 품위별 정밀탐사가 절실히 요구된다.

표 1. 국내 석회석광의 생산 추이

(단위 : 천톤)

구 분		1997	1998	1999	2000	2001	증가율(%)
저 품 위	시멘트용	75,918	56,328	59,389	62,835	64,519	2.7
	대 리 석	62	68	61	66	39	-40.9
	기 타	1,018	1,099	2,126	1,024	1,145	11.8
고 품 위	제 철 용	8,146	8,118	8,394	8,848	8,607	-2.7
	화 학 용	3,856	3,288	3,414	3,793	4,279	12.8
	방 해 석	424	368	674	1,301	931	-28.4
	백 운 석	2,844	2,532	2,850	2,714	2,468	-9.1
계		92,268	71,803	76,911	80,581	81,988	1.7

※자 료 : 광산물수급현황(2002. 5, 산업자원부)

※증가율은 2000년 대비 2001년도 증가율임

이 조사연구는 2001년도 석회석광에 대한 정밀조사사업의 일환으로서, 강원도 정선군 신동읍과 남면 일원의 예미지적 14호, 24호, 25호, 35호, 36호, 45호 및 46호 등 7개의 단위형 광구를 대상으로 실시되었다. 조사지역에는 신동(구 한두), 성우, 송원개발(구 백광소재 삼육) 등 3개의 광산이 풍춘층 상부석회암대를 대상으로 중탄용, 소성용, 탈황용 등 화학공업용 고품위석회석을 채광하고 있다(표 2).

이 조사연구의 목적은 조사지역 일대의 층서구분, 지질구조해석, 지층별 특성을 연구하여 산업원료광물로 이용될 수 있는 경제지층을 구분하고 석회석을 품위별, 용도별로 분대하여 효과적인 광산개발을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

표 2. 조사지역의 광산현황

광 산	지적번호	대상지층	개발방식	선광시설	생산량 (2001년)	용 도	공급처
신 동	예미 14, 24, 25, 35, 45	풍춘층	갱도	75톤/시간	295천톤	소성, 탈황 사료 등	신동, 동양화학 포스텍 제일제당, 푸리나
송원개발	예미 36	풍춘층	갱도	-	-	-	-
성 우	예미 46	풍춘층	노천 갱도	50톤/시간	151천톤	중탄, 탈황 사료 등	우진 제천공장 화이마테크 금산축협

지질

지질개요

조사지역내에는 캄브리아기의 장산규암층을 기저로 하여 캄브로-오오도비스기의 묘봉층, 풍촌층, 화절층, 동점층, 두무동층 및 막동층, 쥐라기의 반송층(사평리역암)과 이들을 관입한 암맥류들이 분포하고 있다(그림 1). 이들 지층들은 대부분 북서방향으로 경사하고 있어 동편에 고기의 지층들이, 서편으로 감에 따라 상위지층들이 분포하고 있으나, N40~70°E 방향으로 발달된 2개조의 드러스트 단층에 의하여 일부 지층들이 반복되거나 연장이 단절되기도 한다. 이 조사연구에서는 암상의 특성에 따라 풍촌층을 하부석회암대, 중부백운암대, 상부석회암대(고품위대)로, 화절층을 하부슬레이트우세대와 상부호층대로, 막동층을 하부 석회암우세대, 상부 백운암-석회암호층대로 각각 세분하였다(표 3).

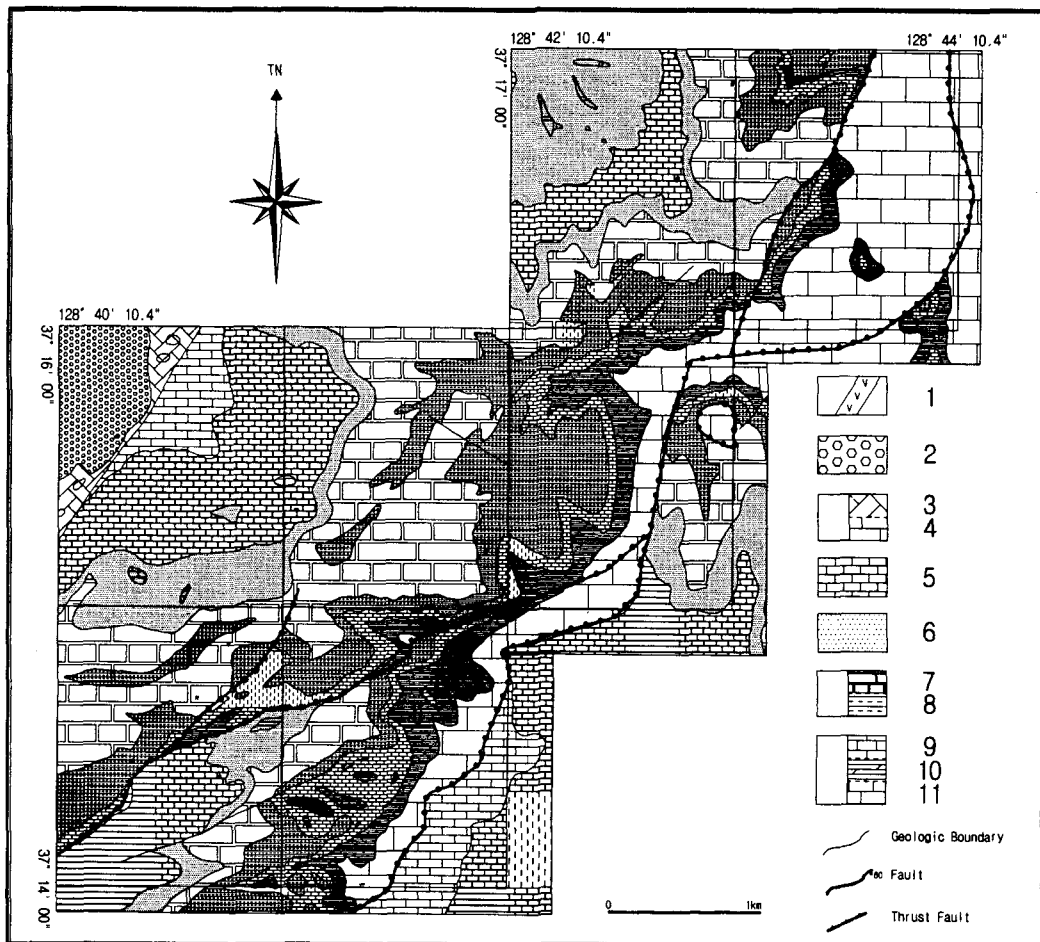


그림 1. 조사지역의 지질도. 1. 암맥류 2. 사평리역암 3. 막동층 상부호층대 4. 막동층 하부석회암 우세대 5. 두무동층 6. 동점층 7. 화절층 상부호층대 8. 화절층 하부슬레이트 우세대 9. 풍촌층 상부석회암대 10. 풍촌층 중부백운암대 11. 풍촌층 하부석회암대.

표 3. 조사지역의 층서대비표

지 질 시 대		Kobayashi (1930,1966)	태백산지구조사단 (1962)	정 창 회 (1969)	이 번 조 사 (2001)	
중생대	백악기		암 맥 류	암 맥 류	암 맥 류	
	จู라기		반 송 층		사 평 리 역 암	
고생대	상부석탄기	홍 점 통	홍 점 통	만 항 층	만 항 층	
	오도비스기	두 위 봉 석 회 암	막 동 석 회 암 층	두 위 봉 층	막 동 층	상부 백운암-석회암호층대
		직 운 산 세 일		막 골 층		하부 석회암우세대
		막 골 석 회 암				
	오도비스기	두 무 골 세 일	두 무 동 층	두 무 골 층	두 무 동 층	
		동 점 규 암 층	동 점 규 암 층		동 점 층	
	캠브리아기	화 절 층	화 절 층	화 절 층	화 절 층	상 부 호 층 대
		세 송 슬 레 이 트				하부슬레이트우세대
		대 기 층	풍 촌 석 회 암 층	대 기 층	풍 촌 층	상 부 고품 위 대
						중 부 백 운 암 대
						하 부 석 회 암 대
		묘 봉 슬 레 이 트	묘 봉 층	묘 봉 층	묘 봉 층	
장 산 규 암	장 산 규 암 층	장 산 층	장 산 규 암 층			

조사지역 내에 분포하는 지층들의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

장산규암층

조선누층군의 최하위 지층인 장산규암층은 조사지역내에는 분포하지 않으나 예미 4호 광구 동부에 넓게 분포되며 풍화에 강한 담회색 내지 백색 규암으로 구성되어 험준한 산악지형을 이루고 있다. 이 층은 남면 문곡리에서 증산역 부근까지 분포되며 전체적으로는 완만한 배사축을 이루고 있는 것으로 여겨진다(김정환과 최원학, 1990).

묘봉층

묘봉층은 장산규암층 상위에 정합으로 놓이며, 예미 14호 북동단 문곡리 산록에 남북 방향으로 저지대를 형성하며 분포한다. 이 층은 주로 녹회색-암녹색 슬레이트, 녹색 사질슬레이트, 담회색 석회암 등으로 구성되어 있는데 하부는 녹색-녹회색 슬레이트가 우세하며 상부는 암녹색 사질슬레이트가 우세하다. 이 층의 하부 구간은 거의 천매암 내지 편암화되어 있으며, 상부 구간에서는 담회색 석회암이 렌즈상으로 2~3매 협재되어 있다(그림 2).

풍촌층

풍촌층은 조사지역에 발달되는 지층 중 광상과 직접 관련되는 가장 중요한 지층으로 북동-남서방향으로 발달된 2개 조의 드러스트에 의하여 3회 반복되며 북동-남서방향으로 넓은 지역에 걸쳐 분포한다.

조사지역의 북동부인 예미 14호에서는 N20~30°E 방향으로 발달된 역 단층에 의하여 그 분포가 제한되고, 남서부인 예미 36, 46호 광구에서는 N30~70°E 방향으로 발달된 후향 드러스트 (back thrust)에 의하여 그 분포가 제한된다. 예미 24, 25호에서는 예미 드러스트에 의하여 풍춘층이 반복되어 넓게 분포하는데, 특히 예미 25호 광구 동편에서는 클리페(Klippe) 구조로 화절층 상위에 풍춘층 하부 석회암대가 중상되어 발달되기도 한다.

이 층은 백색-유백색 괴상석회암, 담회색-회색 석회암, 암회색 괴상 석회암, 담홍색-잡색 석회암, 백색 결정질 석회암, 회색-담회색 백운암, 암회색 괴상 백운암, 녹회색 슬레이트 등으로 구성되는데, 화절층과의 경계부에는 어란상 석회암(oolitic limestone)이 3~10m 폭으로 협재되어 있는 것이 특징이다.

조사지역에 분포하는 풍춘층은 하부에는 회색-담회색 괴상 석회암이, 중부는 회색-암회색 백운암이, 상부는 백색, 담회색-

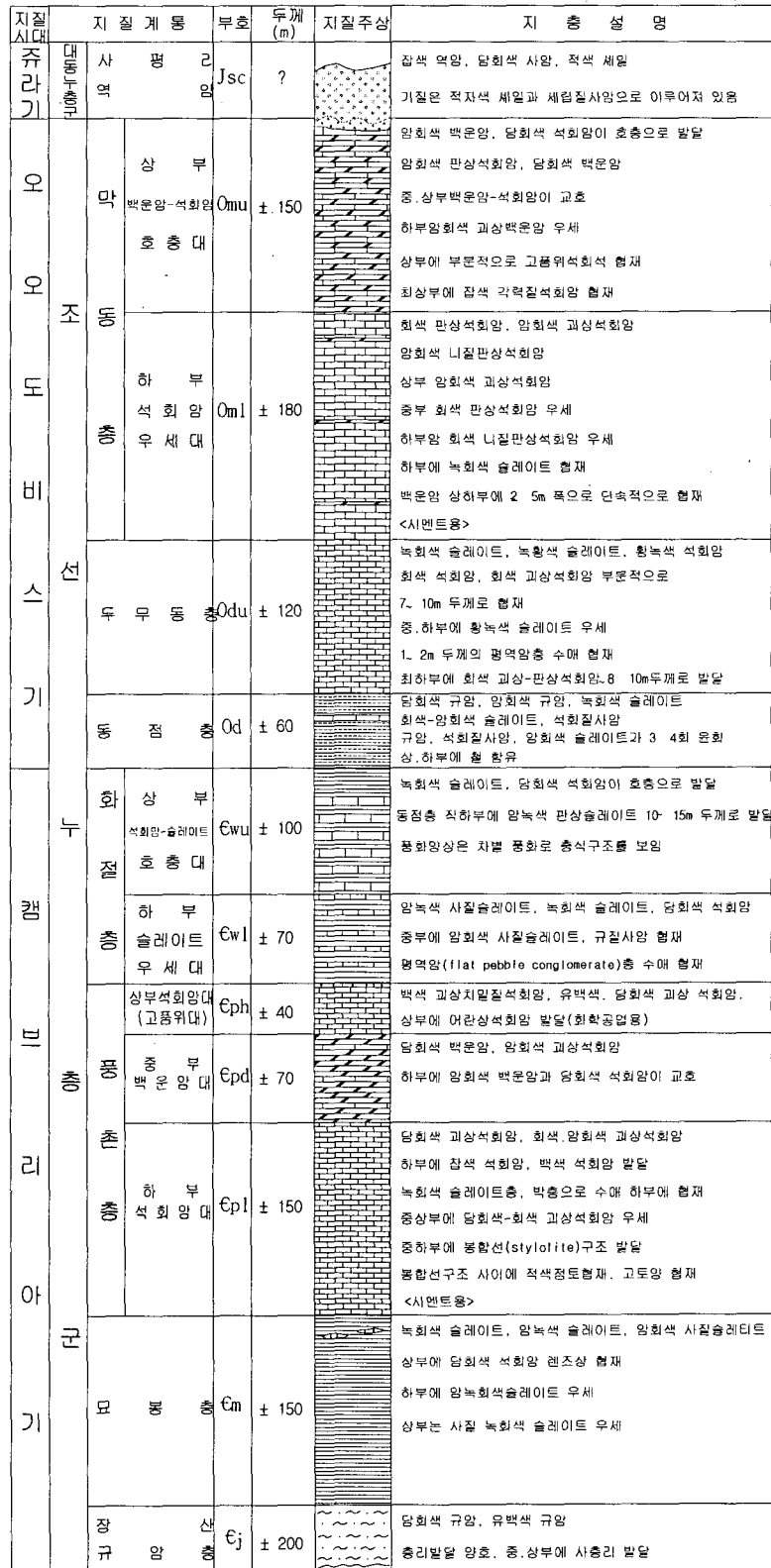


그림 2. 조사지역의 종합지질주상단면도

정선군 남면 지역에 분포하는 고품위 석회석의 부존 특성
서경환 · 손길상 · 박찬근

유백색 석회암이 각각 우세하게 발달되는데, 이번 조사연구에서는 이들 암상의 특징에 따라 하부석회암대, 중부백운암대, 상부석회암대(고품위대)로 각각 세분하였다(그림 2와 3).

화절층

화절층은 하위 지층인 풍촌층 상위에 정합으로 놓이며 조사지역 전역에 걸쳐 N30~60°E 방향으로 넓게 대상 분포된다.

이 층은 주로 녹회색 슬레이트, 담회색 석회암, 회색 판상 니질석회암, 암회색 세립사암, 암회색 사질슬레이트, 회색 이회암(Marl) 등으로 구성되는데, 대체로 하부에는 녹회색-암녹색 사질슬레이트, 녹회색 슬레이트, 암회색 사질세일 등이 우세하고, 상부는 담회색 석회암과 녹회색 슬레이트가 호층으로 발달한다.

이와 같은 암상의 특징에 따라 이 층은 하부슬레이트우세대와 상부호층대로 각각 세분된다.

하부슬레이트우세대의 중부 구간에는 2~5m의 회색 석회암과 이회암(marl)이 협재되며 평력암(flat pebble conglomerate)층도 빈번하게 협재하고 있다. 상부호층대는 주로 녹회색 슬레이트와 담회색 석회암이 호층을 이루는 리본암(ribbon rock)으로 구성되며, 풍화양상은 충식구조(vermicular structure)를 나타내는 것이 특징이다.

동점층

동점층은 화절층 상위에 대상으로 조사지역 전역에 분포되며 담회색 조립규암, 회색-암회색 중-조립규암, 암회색 세립사암, 암녹색 슬레이트, 회색-암회색 슬레이트, 석회질 사암 등으로 구성된다. 이 층은 최하부의 암회색 세립사암에서 상부로 가면서 중-조립질의 함철규암(사암) 및 석회질 사암(calcareous sandstone)으로 변화하는 상향조립화 단위층서가 2~3회 반복되는 특징을 보여준다. 각 단위층서의 최상부에 발달하고 있는 암적색의 함철규암은 이 층준의 퇴적 이후 산화환경이 형성되면서 철산화물이

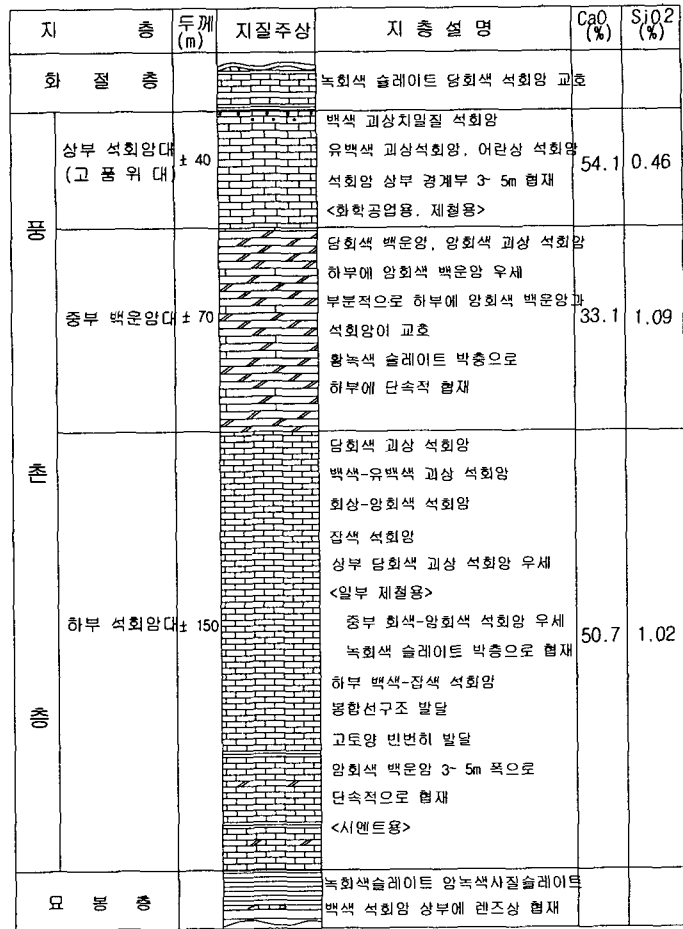


그림 3. 풍촌층의 지질주상 단면도

침전된 결과로(김용인·이용일, 1999; Kim and Lee, 2000), 또한 석회질 사암은 퇴적물의 매몰 이후 본격적인 다짐작용을 받기 전 광범위한 기상수의 유입에 의해 방해석이 침전한 결과로 해석되어진다.

두무동층

두무동층은 동점층 상위에 정합으로 놓이며, 예미 24호에서는 능선부에 대상으로, 예미 45호에서는 습곡구조로 반복되어 폭넓게 분포한다. 이 층은 주로 녹회색-녹황색 세일, 황녹색-담회색 석회암, 암회색 판상 석회암 등으로 구성되는데, 대체로 하부에는 황녹색 세일이 우세하고 상부로 감에 따라 담회색-황녹색 석회암이 점차 우세해진다. 이 층의 최하부에는 암회색의 괴상 또는 판상 석회암이 8~10m 두께로 발달되어 층서구분의 건층(key bed)이 되기도 한다. 하부의 세일이 우세한 구간에서는 평력암(flat pebble conglomerate)이 1~2m 폭으로 협재되기도 한다.

막동층

막동층은 조사지역에 분포하는 조선누층군의 최상위 지층으로, 예미 45호 북서부에서는 두무동층과 정합적인 관계로 능선부에 완만하게 소규모 분포하며, 예미36호 남동부 일대에서는 드리스트 단층에 의해 풍촌층 하부석회암대와 직접 접하며 분포한다. 이 층의 하부는 암회색의 판상 또는 괴상 석회암으로 구성되고 상부는 백운암과 석회암이 교호하면서 발달되는데, 이와 같은 암상에 따라 하부 석회암우세대와 상부 백운암-석회암호층대로 구분 가능하다. 상부호층대 구간에는 각력질석회암이 소규모 분포하는데, 태백산지구 지하자원조사단(1962)은 이를 예미각력암층으로 명명하였으나, 우경식(1997)과 유인창 등(1997)은 예미각력암의 성인 및 층서적 의미 고찰을 통해 예미각력암이 독립된 층이 아니라 막동층 상부 퇴적 후 속성작용이나 카르스트 형성과 관련된 용식·붕락각력암으로 해석하였다.

조사지역에 발달되는 막동층은 예미 45호광구 서부에 N25~35°E 방향으로 발달된 정단층에 의하여 그 분포가 제한되는데, 단층 동부는 막동층 하부구간인 석회암우세대가, 단층 서부는 막동층 상부인 백운암-석회암호층대가 분포한다. 그리고 예미36호 남동부 일대에서는 드리스트 단층에 의해 풍촌층 하부석회암대와 직접 접하며 분포한다.

사평리역암(반송층)

중생대 대동누층군의 지저역암인 사평리역암(반송층군)은 조선누층군 지층을 부정합으로 덮으며, 예미 46호 북서단 마차재 부근에 소규모 분포한다. 주로 잡색 역암, 적색 세일, 담홍색 사암 등으로 구성되는데 역암의 기질은 적자색 중-조립사암, 역질조립사암 등이다. 역의 입도는 대체로 10~20cm이나 50cm 이상의 거력도 있다. 역의 성분은 지역에 따라 다양하지만 대체로 규암역이 우세하고 화강암, 사암, 세일 및 석회암역을 포함하기도 한다. 역은 대체로 원마도가 높은 편이다.

암맥류

암맥류는 조사지역 전역에 10m 미만의 소규모로 관입되어 있다. 조사지역에 발달되는 암맥류는 주로 산성맥암인 석영반암, 규장암으로 주로 단층 및 습곡축부 등 지질구조선 부근에서 많이 확인된다.

지질구조

조사지역 내의 지층들은 대체로 10~30°로 북서경하는데 북동-남서방향의 축을 가진 소습곡구조와 2개조의 드리스트 단층, 후향 드리스트 단층 및 기타 소규모 단층 등에 의해 변형작용을 받았다.

조사지역 내에 발달하는 습곡구조는 강한 횡압력의 결과 습곡축과 두 익부(limb)의 경사방향이 모두 동일한 소규모 등사습곡(isoclinal fold)이 많이 확인되는데, 이들 소습곡들에 의해 화절층이나 두무동층 등이 부분적으로 수 회 반복되며 폭넓게 분포하거나 풍촌층 고품위대가 중첩되어 평균 두께보다 훨씬 두꺼운 80~90m 이상 발달되기도 한다.

조사지역에 발달하는 지층들은 북동-남서방향으로 발달된 드리스트 단층(예미 드리스트, 가사리 드리스트), 이들 드리스트 단층에 수반된 후향 드리스트 단층(back thrust) 및 기타 소규모 정단층 등에 의해서도 분포가 제한되거나 반복된다. 예미 드리스트는 조사지역의 북동부 문곡리에서 한두광산 서부를 거쳐 동남부 신동읍 방제리까지 발달하는데, 북쪽 문곡리에서는 풍촌층 상부 구간과 풍촌층 하부구간이, 예미25호에서는 풍촌층과 화절층, 동점층, 두무동층이, 남부 방제리에서는 풍촌층과 막동층이 서로 접하고 있다. 예미25호 동부 능선에는 화절층 상부에 클리페(Klippe)구조로 풍촌층 하부 석회암대가 분포하고 있는데, 이는 예미 드리스트에 의하여 예인된 것으로 여겨진다.

가사리 드리스트는 조사지역의 남서부 신동읍 원가사리에서 성우광산 채광장, 예미36호 북부 매화리를 거쳐 예미25호 남부 계곡까지 발달되며, 예미25호 남부 계곡부에서 예미층상단층에 의하여 단절된다. 이 단층에 의해 남부 원가사리에서는 풍촌층과 막동층이, 성우광산 채광장 부근에서는 풍촌층과 화절층, 동점층, 두무동층이, 예미36호 매화리에서는 화절층과 풍촌층 백운암대가 서로 접하고 있다.

조사지역에는 앞서 언급된 2개조의 드리스트 단층 외에 3개조의 후향 드리스트 단층과 정단층 등이 발달하는데, 드리스트 단층들에 30° 내외로 사교하거나 평행하게 발달하는 후향 드리스트 단층은 드리스트 단층과 동시기에, N30~40°E 방향으로 발달된 소규모의 정단층은 대부분 드리스트 단층이 생겨난 후에 계단상(Step Fault)으로 발달된 것으로 여겨진다.

북동-남서방향의 드리스트 상반지괴는 북서에서 남동방향으로 이동하였으며, 조사지역을 포함한 이 일대의 지질구조에 대한 일련의 연구 결과, 이 드리스트 단층들은 중

생대 쥐라기 말~백악기 초에 일어난 대보조산운동의 산물로 해석되었다(김정환·이종대, 1991; 김정환 외, 1991). 이들 연구에 의하면 조사지역 일대의 조선누층군 지층들에 발달하고 있는 소습곡구조나 교차선구조들은 북동-남서방향과 북서방향의 두 방향을 보여주고 있는 반면, 평안누층군이나 반송층 내에서는 북동-남서 방향만을 보여주는 사실에 근거해 고생대 말에도 한 차례의 조산운동이 있었던 것으로 해석되었다.

고품위 석회암의 부존 특성

고품위 석회암의 특징

조사지역에 분포하는 풍촌층 중 소성용, 중탄용 등의 고품위석회석으로 사용가능한 구간은 상부석회암대(고품위대)이다. 중부백운암대의 상부에 담회백-회색의 색상에 미정질-치밀질로 산출되는 고품위석회암층은 2~5m 두께로 협재되나 백운암이 산점상으로 산포되고 그 폭이 좁아 개발 가치가 없다. 하부석회암대는 다양한 색상의 석회암이 교호하고 CaO 46.3~55.5%, SiO₂ 0.03~12.2%로 품위변화가 심하여 시멘트용으로 사용되고 있다.

상부고품위대 석회암은 비정질 또는 미정질로 산출되며, 색상은 유백-백-청백-담회백색 등 백색계열이 우세하다. 중부백운암대와의 경계부 등 부분적으로 회-암회색 석회암이 수m 폭으로 협재하기도 하고, 규산염 광물이 함유된 부분은 다소 담회색을 띠나 전반적으로 백색에 가깝다. 예미 24호, 25호, 36호 일대에서는 부분적으로 백운암이 산점상으로 고품위대내에 협재되기도 하며, 일부 광염되어 산출되기도 한다. 최상부에는 직경 1mm 내외의 어란상석회암이 두께 3~10m로 협재되는데 SiO₂, Fe₂O₃, MgO의 함량이 높으며 CaO 45.4~54.4%로 저품위이다.

분포 특성

조사지역 일대에 분포하는 풍촌층 고품위석회암은 북동-남서방향으로 발달하는 두 개조의 드러스트 단층과 이에 수반된 후향 드러스트 단층 및 습곡구조에 의해 분포가 지배된다(그림. 4). 조사지역의 북동부인 예미 14호 일대에서는 예미 드러스트와 이에 수반된 후향 드러스트에 의해 상반이 상승하며 현재 개발이 진행중인 광체와의 연장이 단절된다. 조사지역의 중부인 예미 25호 일대에서는 예미 드러스트 및 가사리 드러스트와 관련된 습곡작용으로 인해 고품위대가 대상으로 길게 분포하고 있다. 조사지역의 남부지역인 예미 36, 46호 일대에서는 가사리 드러스트에 의해 고품위대가 2회 반복되는데, 특히 현재 성우광산에서 개발 중인 예미 46호 북동부 일대는 가사리 드러스트와 후향 드러스트 사이에 형성된 삼각대(triangle zone)로, 습곡작용으로 인해 고품위대가 두껍게 중첩되어 발달하고 있다.

정선군 남면 지역에 분포하는 고품위 석회석의 부존 특성
서경환 · 손길상 · 박찬근

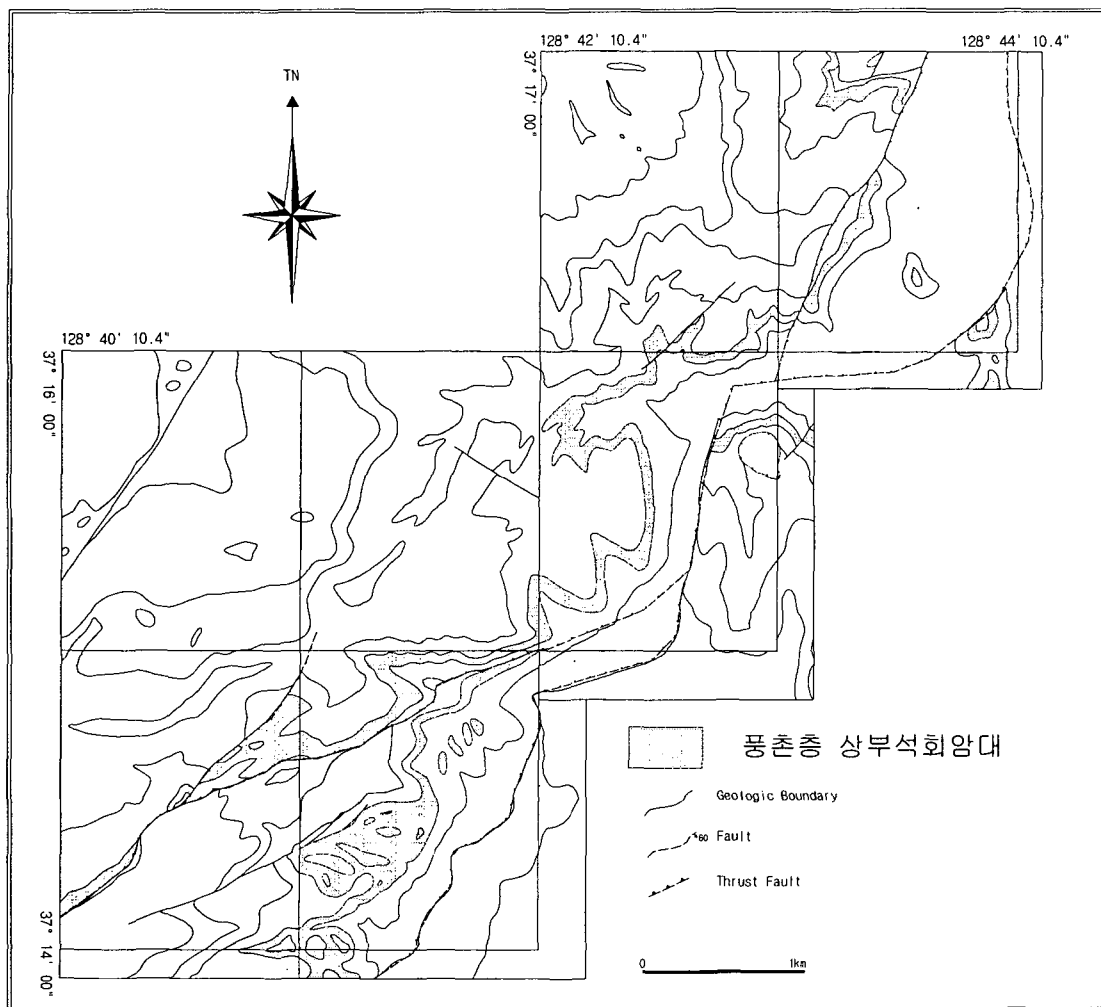


그림 4. 조사지역내 풍촌층 고품위석회암의 분포도

이번 조사결과 확인된 고품위대의 두께는 지역에 따라 약간씩 변화를 보이는데 평균 40m 내외이다. 광산별로는 조사지역의 북부에 위치한 신동(구 한두)광산(예미 14, 24, 25, 35, 45호)과 송원개발(구 백광삼육)광산(예미36호)이 30~50m, 성우광산(예미46호)이 40~80m이다. 특히 예미46호 일대에서는 드러스트에 동반된 습곡구조의 영향으로 인해 고품위대가 중첩되어 지역에 따라 최대 90m 이상으로 두꺼워지는 것이 시추결과 확인되었다.

고품위대의 연장은 신동광산은 예미14호 2.6km, 예미24호 1.4km, 예미25호 4.3km, 예미35호 0.6km이며, 송원개발광산(예미36호)은 4.9km, 성우광산(예미46호)은 3.4km 이다(표 4).

품위

이번 조사연구에서는 풍촌층을 대상으로 총 936개의 시료를 채취하였다. 또한 과거

조사시 채취된 지표시료 28개와 시추공에서 채취된 158개 시료 등 총 1,122개 시료가 전체 품위산정에 이용되었다. 채취된 시료는 우리공사 기술연구소에서 Optima 3000 DV 기기를 이용하여 ICP(유도결합프라즈마)방법과 Shimadzu XRF-1700 기기를 이용하여 XRF(X선 형광분석)를 병행하여 CaO 등 5개 주요성분 성분분석을 하였고, 각각의 시료에 대하여 백색도 측정을 위한 물리시험도 실시하였다.

상부고품위대 석회암의 전체 평균품위는 SiO₂ 0.46%, Al₂O₃ 0.77%, Fe₂O₃ 0.16%, CaO 54.1%, MgO 1.12%, 백색도 84.9이다. 고품위대 최상부에 발달하는 어란상석회암의 평균품위는 SiO₂ 2.80%, Al₂O₃ 1.67%, Fe₂O₃ 1.21%, CaO 50.1%, MgO 2.62%, CaO+MgO 52.71%, 백색도 70.6로, 분석결과 실리카, 알루미나, 철분, 마그네슘 함량이 8% 내외로 높고, 백색도가 70.6으로 제철용, 중탄용도의 석회석으로는 사용이 불가능하다. 조사지역 내에 발달하는 풍촌층 고품위석회암의 광산별, 광구별 평균품위는 <표 4>와 같다.

조사지역의 풍촌층 상부고품위대 석회석은 중괴, 소괴, 분 등으로 파·분쇄하여 이용하는 분야, 소성을 통해 소석회 및 생석회로 제조하는 분야, 플라스틱, 제지, 페인트, 고무 제조시 충전제로 이용되는 중질탄산칼슘(중탄)의 용도로 사용 가능할 것으로 판단되나, 소성용은 분화율이 20이상이면 소성이 불가능하며, 중탄용은 백색도가 최소 85이상의 요건을 갖추어야 하므로 석회석의 물리적 성질이 제품용도에 중요한 규제요소가 된다. 따라서 품위에 맞는 용도로 개발하기 위해서는 충분한 시추탐사 및 물리적 성질 분석이 선행되어야 할 것이다.

표 4. 광산별 광황 및 품위

광 산	지 적	광체규모		품 위(%)						비 고
		위폭(m)	연장(km)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	백색도	
신 동	예미14	40-100	2.6	0.26	0.14	0.12	54.5	0.95	83.4	
	예미24	50-180	1.4	0.65	0.27	0.19	53.9	1.13	80.8	
	예미25	35-280	4.3	0.37	0.19	0.13	54.3	0.97	84.1	
	예미35	40-100	0.6	0.66	0.23	0.34	53.2	1.69	68.3	
	예미45	-	-	-	-	-	-	-	-	지표노출없음
소 계		35-280	8.9	0.50	0.22	0.17	54.1	1.08	82.6	
송원개발	예미36	45-450	4.9	0.34	0.10	0.17	53.8	1.47	84.6	
성 우	예미46	40-300	3.4	0.44	0.12	0.15	54.2	1.04	88.4	
계		35-300	17.2	0.40	0.15	0.15	54.2	1.07	85.7	

물성

일반적으로 석회석은 CaO 등 5개 주요성분에 대한 화학분석 결과로 원광석의 품위를 파악하고 있다. 그러나 석회석은 용도별로 다양한 품질규격이 요구되며, 물성기준 역시 용도와 제품에 따라 매우 세분화되어 있다.

따라서, 이번 조사연구에서는 풍춘층 상부고품위대 석회암의 물성과약을 위해 노두 및 갱내에서 총 170개 시료를 채취하여 물성시험을 하였다. 채취된 시료는 3등분하여 공사 광물시험소에서 5개 주요성분 및 백색도를, (주)충무화학 품질관리실에서 시료 전 처리과정을 거쳐 분화율과 활성도를, (주)왕표화학 사북공장에서 8개 주요성분, POWDER 색차, DOP 흡유량, DOP 흡유색차, 산불용분(insol %)을 각각 분석하였다. (주)충무화학과 (주)왕표화학에서 시행한 물성시험 방법은 <표 5>와 같다.

분화율 시험은 실험용 소성로에서 이루어졌으며, 품질기준은 (주)충무화학에서 생산되는 생석회의 품질기준을 적용하였다(표 6). 시험결과, 상부고품위대의 평균 분화율은 41.8%, 활성도는 361.3ml로 나타났으며, 광산별로는 신동광산이 분화율 38.5, 활성도 355, 송원개발광산이 분화율 32.6, 활성도 364, 성우광산 분화율 65.4, 활성도 380로 각각 나타나 분화율은 소성용으로 부적합, 활성도는 소성용으로 매우 양호한 것으로 나타났다(표 8).

그러나 신동광산의 경우 현재 소성용 석회석을 생산하고 있는데, 이와 같이 분화율 시험결과값이 다소 왜곡되게 나온 것은 우선 시료채취에 있어 분화율 측정에 필요한 중괴 규격에 미치지 못하는 시료가 일부 포함됨으로써 결과를 왜곡시켰을 가능성, 실험용 소성로와 일반 소성로 사이의 적용기준값 차이, 그리고 업체간 품질기준의 차이 등으로 설명할 수 있다.

표 5. 물성별 시험방법

구분	물성	시험 또는 측정방법	비고
(주)충무화학	분화율(%)	석회석size 30±5mm, 시료 200-250g, 전기로 소성온도 : 1,000℃, 소성시간 1hr, 분급기(모터구동형 0.5HP) : 분화율→1mm이하 PASS%	
	활성도(ml)	소성생석회시료 50.0g 활성도→ 4N-HCl 5min간 적정	
(주)왕표화학	POWDER색차	80 # 표준체 전량 통과, CR200 색차계 사용	
	DOP흡유량	KS M 5131 방법 적용, Dioctyl Phthalate 흡유 종말점 측정 ※ 흡유량(%) = (DOP사용량(ml) × F) / 시료의 양	F=DOP의 Factor
	DOP흡유색차	Dioctyl Phthalate을 흡유한 색차	
	산불용분(%)	KSE 3071 방법 적용, 산불용분 = (불용성분 무게 / 시료무게) × 100	

표 6. 분화율 및 활성화도 물성시험 판정기준

실험용 소성로				일반 소성로			
분화율 (%)	판 정	활성도 (ml)	판 정	분화율 (%)	판 정	활성도 (ml)	판 정
5 미만	양 호	280 미만	불 량	5 미만	양 호	230 이상	합 격
5~10	보 통	280~310	보 통	5~30	소성가능		
10~20	소성가능	310~340	양 호	30 이상	소성불가		
20 이상	소성불가	340 이상	매우 양호				

※ (주)충무화학 생석회 품질기준(위 기준은 업체마다 다를 수 있음)

※ 실험용 소성로 결과값은 일반 소성로 결과값과 차이가 있을 수 있음.

색도분석중 POWDER 색차와 DOP(Dioctyl Phthalate) 흡유색차의 L값은 색깔의 밝기(brightness), a값은 0을 기준으로 -쪽으로 갈수록 green색, +쪽으로 갈수록 red색을 의미하며, b값은 0을 기준으로 -쪽으로 갈수록 blue색, +쪽으로 갈수록 yellow색을 의미한다. 일반적으로 업체에서 사용되는 중질탄산칼슘의 용도별 규격은 <표 7>과 같으며, 물성시험 분석결과는 <표 8>과 같다.

조사지역 상부고품질대의 평균 POWDER 색차의 L값은 93.2, a값은 +0.30로 red 색조를 띠며, b값은 +2.97로 yellow 색조를 띤다. 광산별로는 신동광산 L값 92.1, a값 +0.56, b값 +3.26로, 송원개발광산 L값 93.6, a값 +0.03, b값 +2.58, 성우광산 L값 96.1, a값은 -0.22, b값 +2.55로 각각 나타났다.

조사지역 상부고품질대의 평균 DOP 흡유색차의 L값은 76.2, a값은 +1.65로 red 색조를 띠며, b값은 +8.28로 yellow 색조가 다소 높게 나타났다. 광산별로는 신동광산 L값 72.3, a값 +2.30, b값 +9.27로, 송원개발광산 L값 78.0, a값 +0.53, b값 +7.27, 성우광산 L값 86.7, a값은 -0.12, b값 +6.34로 각각 나타났다. 평균 산불용분은 0.60%이며 광산별로는 신동광산 0.75%, 송원개발광산 0.40%, 성우광산 0.35%이다.

표 7. 중탄용 석회석의 용도별 품질규격

항목 / 규격	도 료	고 무	플라스틱
325mesh 체잔분(%)	1.0 ↓	149 μ m 0.1 ↓, 44 μ m 1.0 ↓	0.1 ↓
수 분(%)	0.3 ↓	0.3 ↓	0.3 ↓
산불용분(%)	0.5 ↓	0.5 ↓	0.5 ↓
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	1.0 ↓	1.0 ↓	1.0 ↓
백색도 (업체표준 자체규격)	95 ↑	90 ↑	95 ↑
색 차 (업체표준 자체규격)	L:97.5 ↑, a:-0.20, b:+0.7 ↓	L:93.5 ↑, a:-0.30, b:+2.0 ↓	L:96.5 ↑, a:+0.20, b:+1.0 ↓

정선군 남면 지역에 분포하는 고품위 석회석의 부존 특성
서경환 · 손길상 · 박찬근

표 8. 물성시료 분석결과 총괄표

광산	광구 (예미)	화학분석결과(%)						소성도		POWDER색차			DOP 흡유량	DOP 흡유색차			산불 용분 (%)
		CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	백색도	분화율	활성도	L	a	b		L	a	b	
신동	14	55.0	0.74	0.19	0.17	0.09	83.8	47.8	320	92.1	0.65	3.54	17.9	73.0	2.68	9.66	0.49
	24	53.8	0.96	0.85	0.52	0.18	81.8	34.1	355	91.6	0.22	3.66	18.7	72.8	1.21	9.83	1.47
	25	54.4	0.96	0.38	0.26	0.09	85.3	28.9	380	92.3	0.10	3.31	19.8	72.2	3.62	10.3	0.42
	35	55.0	0.58	0.20	0.14	0.07	-	52.4	381	92.9	0.01	1.06	18.5	68.5	0.44	3.27	0.33
	평 균	54.5	0.86	0.45	0.30	0.12	83.6	38.5	355	92.1	0.56	3.26	18.8	72.3	2.30	9.27	0.75
송원	36	53.7	1.67	0.59	0.20	0.13	88.8	32.6	364	93.6	0.03	2.58	18.7	78.0	0.53	7.27	0.40
성우	46	55.0	0.63	0.20	0.11	0.06	92.4	65.4	380	96.1	0.22	2.55	14.2	86.7	0.12	6.34	0.35

※ 화학분석결과는 왕표화학의 물성시료 분석값임.

결언

이 조사연구는 공사의 「2001년도 정밀조사사업 시행계획」에 의해 강원도 정선군 신동면·남면 일대의 예미14호, 24호, 25호, 35호, 36호, 45호, 46호 등 7개의 단위형 광구를 대상으로 실시되었다. 조사지역 내에는 신동, 송원개발, 성우광산이 있으며, 신동광산에서는 소성용, 탈황용 등, 성우광산에서는 중탄용, 탈황용 등의 고품위석회석을 생산중이다.

조사지역은 조선누층군에 속하는 장산규암층, 묘봉층, 풍촌층, 화절층, 동점층, 두무동층, 막동층, 주라기의 반송층(사평리역암)과 암맥류 등이 분포한다. 이들 지층은 조사지역내 북동-남서 방향으로 발달되는 2개 조의 드러스트 단층, 후향 드러스트 단층 및 습곡 등에 의해 반복, 규제된다.

조사지역에 분포하는 지층 중 고품위석회석으로 개발 가능한 지층은 풍촌층 상부고품위대로, 예미 45호를 제외한 전 지역에 걸쳐 두께 40m 내외로 길게 대상으로 분포하며, 2개 조의 드러스트 단층 등에 의해 반복된다. 조사지역에 발달되는 상부석회암대의 중부 구간은 담회색 내지 백색의 괴상, 치밀질 석회암으로 구성되나 부분적으로 불순물인 백운암이 직경 0.5~2m 규모로 렌즈상이나 반점상으로 협재되기도 한다. 고품위대 석회암의 평균품위는 SiO₂ 0.40%, Al₂O₃ 0.15%, Fe₂O₃ 0.15%, CaO 54.2%, MgO 1.07%, 백색도 85.7로, 중괴, 소괴, 분 등으로 파·분쇄하여 이용하는 용도, 소성을 통해 생석회 및 소석회로 제조하여 이용하는 용도 및 플라스틱 등 저급 중탄용 등으로 사용가능하다. 고품위석회석을 이와 같은 용도로 개발하기 위해서는 사전에 충분한 정밀시추탐사를 시행하여 그 부존규모 및 개발가능구간을 확인하여야 할 것이다.

참고문헌

- 김용인,이용일, 1999, 전기 오르도비스기 동점층의 해록석과 이들의 층서적 의의. 지질학회지, 35, 213-222.
- 김정환,고희재,이종대, 1991, 강원도 영월-예미지역의 지질구조. 광산지질, 24, 167-176.
- 김정환,이종대, 1991, 강원도 예미지역의 지질구조. 지질학회지, 27, 500-514.
- 김정환,최원학, 1990, 삼척단전 증산-사북지역의 지질구조. 지질학회지, 28, 154-164
- 대한광업진흥공사, 2001, 정선-신동지구 정밀조사보고서.
- 산업자원부, 2002, 광산물 수급현황
- 우경식, 1997, 예미각력암: 성인과 층서적 의미. 석유지질학회지, 5, 16-26.
- 유인창,도성재,최선규, 1997, 하부 오오도비스기 막골석회암내에 발달한 탄산염 각력암: 성인 및 층서적 중요성. 지질학회지, 33, 234-243.
- 태백산지구 지하자원조사단, 1962, 태백산지구 지질도.
- Kim, Y. and Lee, Y. I., 2000, Ironstones and green marine clays in the Dongjeom Formation (Early Ordovician) of Korea. Sed. Geol., 130, 65-80.