

국내산 고품위 석회석의 응용광물학적 특징

이나경*, 오성진, 노진환

강원대학교 지질학과(limelover@kangwon.mail.ac.kr)

1. 서론

일반적으로 산업광물에서는 품위와 품질에 의해 광석의 경제성 평가를 실시한다. 그러나 고품위 석회석에서는 다른 산업광물과는 달리 품위와 품질의 구분이 엄격하지 않을 뿐 아니라 개념조차 정확히 인식되지 않고 있는 실정이다. 이는 석회석의 응용분야에서 특정한 화학성분들의 함유정도를 기준으로 광석을 평가하는 방식이 별다른 무리없이 통용되고 있기 때문으로 여겨진다. 그러나 부가가치의 향상을 위해서는 화학분석치 일변도의 평가방식으로 는 효율적인 개발과 가공 및 응용을 도모하기에는 한계가 있으며 여기에는 용도에 따른 보다 정밀하고 다양한 응용광물학적인 품위 및 품질 평가 방식이 적용되어야 할 것이다.

따라서 이 연구에서는 화학분석 이외에 그 동안 등한시 되어왔던 석회석 원광의 광물조성 및 광물특성 등에 대한 사항들을 밝히고 이를 토대로 국내산 고품위 석회석의 응용광물학적 특징을 알아보고자 한다.

2. 연구방법

고품위 석회석을 채광하고 있는 삼척-정선지역, 제천-단양지역, 안동-울진지역의 석회석광산 42곳의 광산 주변 야의 산출상태를 확인하고 시료를 채취하였다. 석회석 시료의 채취는 현지의 광산 책임자들과 협의하여 그 광산의 대표적인 광석들을 2-3개 정도 선택하는 방식으로 이루어졌고, 불순물 감정용 시료는 임의로 근처 폐석이나 노두에서 채취하였다.

각 광석은 박편을 제작하여 광물 조성 및 광물상을 관찰하고 영상처리장치가 부착된 현미경하에서 최근에 NIKON사에서 개발한 image analysing system인 'i-solution' 을 이용하여 전암단위에서 약 500개 정도의 결정을 석회석의 입도 및 결정도를 알아보기 위하여 측정하였다. 보다 정량적인 석회석의 분말시료들의 색과 백색도를 측정하기 위해서 'MINOL -TA CR-A12' 를 사용하고 색도 측정 프로그램(Croma Magic™)을 이용하여 결과를 구하였다. 화학분석은 주원소와 미량원소 단위로 구분하여 XEF와 ICPS 분석법으로 이루어졌다.

3. 연구결과

국내산 고품위 석회석은 조성, 결정도 및 조직의 차이에 따라 결정질 석회암형, 방해석질 대리암형, 거정질 방해석형, 미정질 방해석형으로 구분된다. 결정질 석회암형의 석회석은 원암에서 잔류된 백운석, 탄진물 등의 퇴적기원 불순물을 함유하는 것이 특징이다. 이에 비해서 열수변질에 의해 형성된 미정질 및 거정질 방해석형 광석들은 일라이트, Mg-녹니석(clinochlore) 및 황화금속광물들이 특징적인 불순광물상을 이룬다. 방해석질 대리암은 변성작용의 영향으로 흑연 및 스피나 같은 특징적인 변성광물이 수반된다. 또한 고품위 석회석 광체내에는 열수변질과 변성작용의 정도에 따라 석회규산염 광물들이 공통적으로 수반된다.

X-선 형광분석법(XRF)으로 분석된 석회석의 주요 화학성분들 중에 주요성분인 CaO는 광석 유형별로 조금씩 차이를 보이나 대개 52%이상의 높은 함유수준을 나타낸다. 거정질 방해석형의 경우 CaO 함량이 평균 50.4%로 다른 광석들에 비해 상대적으로 낮은 함유수준을

나타낸다. 이는 MgO의 함량이 상대적으로 높기 때문으로 여겨진다.

고품질 석회석의 가공 및 응용에서는 분체의 효율 및 형상, 소성효과 등에 방해석 결정의 크기가 품질에 영향을 미칠 수 있다(노진환과 최진범, 2002). 이러한 관점에서 영상분석 시스템을 사용하여 방해석 결정을 측정된 후 분석한 결과에 의하면 입도분포는 단순형(simple form), 이중형(bimodal form), 복합형(complex form)의 세 가지 유형으로 구분된다. 석회석 내 방해석의 평균적인 결정 크기의 분포는 광석의 유형에 따라 다르게 나타나는 현상이 인지된다. 결정질 석회암형 광석의 평균 결정의 크기는 0.2~0.3mm 내외이고 미정질 방해석형은 0.05mm 이하로 관찰된다. 방해석질 대리암형은 결정질 석회암형 광석보다 결정의 크기가 상대적으로 크게 나타나며, 거정질 방해석형 광석은 평균 결정의 크기가 2cm 정도로써 현미경 하에서는 계측이 불가능한 상황이지만, 광석 절단면 상에서의 육안적 측정결과에 따르면 입자분포는 대개 0.8~3cm의 범위에 놓이는 것으로 분석된다. 지역적으로 보면 갑산층 석회석은 결정질 석회암형이 관찰되고 변성퇴적암류의 석회석은 방해석질 대리암형 및 거정질 석회석이다. 풍촌층 석회석은 부분적으로 차이가 있지만 주로 미정질에서 거정질로 이루어진 광석이 관찰된다. <75 μ m 입도에서 석회석이 분체산업에 응용될 때는 중요한 품질 기준이 되는 백색도를 측정된 결과 삼척-정선-영월 지구의 풍촌층과 변성퇴적암류의 석회석은 거의 모든 시료들이 90 이상의 백색도를 보였으나 제천-단양지역의 갑산층 석회석들은 상대적으로 현저히 낮은 백색도를 나타내었다.

석회석이 인체와 관련된 충전, 충전제 용도로 사용될 때는 Pb와 같은 중금속 원소들의 농도가 0.01% 이내로 제한되어야 한다(Harben, 1999). 이에 따라 풍촌층 석회석을 ICPS 분석법으로 분석해 본 결과, Pb의 평균 함량은 3.7 ppm 으로 매우 낮은 수준임이 확인되었다.

4. 결론

석회석의 응용광물학적인 특징들은 적절한 용도를 찾는 주요 품질 기준이 될 수 있다. 특정한 화학 성분인 CaO가 요구되는 응용부문에서의 품위 평가는 기본적으로 화학조성에 의거하지만, 충전, 충전제로 사용되는 경우는 백색도는 물론 방해석 자체의 함유도, 결정형, 쌍정 등에 의해서도 용도를 규제하는 주요한 품질 요건이 될 수 있다. 국내에서 고품위 석회석의 지질학적 산출배경과 광석유형에 따른 응용광물학적 특징을 관찰해본 결과 제천-단양 지역의 갑산층 석회석은 낮은 결정도와 세립질의 암상, 비교적 높은 CaO 함량 및 낮은 백색도의 광석 특징을 갖는다. 이 같은 광물특성은 대체로 석회제조용이나 제철제강 용도로 사용될 수 있는 소위 '소성용 석회석'으로서의 적합한 품위와 품질조건을 갖추고 있다. 삼척-정선-영월 지역의 풍촌층 석회석의 주 광체를 이루는 미정질 및 거정질 석회석은 높은 CaO 함유도 백색도가 특징적이다. CaO 52%이상의 미정질 석회석은 결정의 분포나 광물상으로 보아 소성용 용도로 사용되는 것이 좋을 것으로 여겨진다. 이에 비해 결정의 크기가 크고 벽개나 쌍정이 잘 발달된 거저일 석회석은 높은 결정도와 백색도가 특징인 중탄용으로 사용이 가능하다. 이는 마광과정에서 미분체의 형상과 백색도에 유리하게 작용하기 때문이다. 또한 울진-안동지구 변성퇴적암류의 석회석은 높은 결정도와 고순도의 CaO함량, 높은 백색도를 나타내어 일반적인 용도로는 중탄용으로 활용이 가능할 것이다. 그러나 불순광물로 수반되는 흑연질 분쇄물의 존재로 중탄용으로 사용될 경우는 품질 관리의 어려움이 예상된다.

5. 참고문헌

- 최진범, 노진환 (2002) 석회석의 광물상 및 광물특성. 석회석과 그 응용, 제 3회 산업광물심포지움 논문집, 65-79.
- Harben, P.W. (1999) The Industrial Minerals.: A global geology. Industrial Minerals Information LTD., 296 p.
- Klein, C. and Hurlbut, Jr., C. (1985) Manual of Mineralogy. 20th ed., John Wiley & Sons, INC, New York, 596 p.