

이질암의 광물정량분석에 의한 퇴적환경 해석

손병국, 권영인

한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 (sbk@rock25t.kigam.re.kr)

1. 서론

퇴적암을 구성하는 광물은 암석의 특성을 결정해 줄 뿐만 아니라 퇴적물의 공급지에 대한 정보를 제공해 준다. 특히, 퇴적층에서 구성광물의 함량을 정량적으로 사암과 같이 구성광물의 입자들이 큰 경우는 현미경하에서 모달분석에 의하여 정량분석을 실시하고 있다. 그러나 이질암과 같은 입도가 낮은 퇴적암석에 대하여서는 X-선 회절분석에 의해서만 구성광물의 조성과 함량을 결정할 수가 있다 (손병국, 2005). 이질암에서도 퇴적심도별로 구성광물의 함량변화를 관찰할 수 있다면 퇴적물의 공급지에 대한 정보를 제공할 수가 있게 되어 퇴적환경변화를 유추할 수 있을 것이다. 최근에 리트벨트방법에 근거한 정량분석 소프트웨어 등이 개발되어 광물정량분석을 가능하게 하고 있다 (Rietvelt, 1969). 이 방법은 X-선회절에서 나온 피크와 똑같은 피크를 전체적으로 완전히 일치시켜 정량을 하는 방법이며 실용화되어 널리 사용되고 지고 있다 (Taylor, 1993). 이 연구에서는 X-선 회절분석과 리트벨트 소프트웨어를 사용하여 동해지역의 심해 퇴적물과 강원도 지역 고생대 조선누층군의 직운산 세일 내 구성광물을 심도별로 정량분석하여 퇴적환경 해석을 수행한 결과이다.

2. 연구방법

이 연구에서는 울릉분지 해저퇴적물에서 회수된 피스톤코아 시료 중에서 울릉분지내의 북위 37°N 이하지역에서 4개의 코아를 선택하였다. 피스톤 코아에서 약 20 cm 내지 30 cm 간격으로 분석시료를 채취하여 X선 분말회절분석에 의하여 퇴적물을 구성하는 광물들을 정량분석 하였다. 또한 태백산지역 고생대 직운산 세일층 노두에서 30-50 cm 간격으로 시료를 채취하여 X-선 회절분석을 실시하였다. 정량분석을 위하여 최대한 비방향성을 유지하기 위하여 노력하였다. 모든 시료에 대하여 똑같은 시료처리와 X-선 회절분석 조건을 적용하였다. 이렇게 함으로써 퇴적층에서의 광물 변화 경향을 관찰하는 데는 문제가 되지 않도록 하였다. 또한 점토광물의 정확한 감정과 정량분석을 위하여 2 μ m 이하의 입자만을 분리하였으며, 2 μ m 이하의 입자 시료는 방향성시료로 제작하여 X선 회절분석을 실시하였다. 방향성 시료는 에틸렌글리콜 처리하여 녹니석과 스�멕타이트를 감정하였다. 그리고 550°C로 열처리한 후 X선 회절분석을 하여 녹니석과 카올리나이트를 구분하였다. X-선 회절분석기는 Philips사 X'pert MPD를 사용하였으며 니켈필터를 이용한 구리과장의 X-선을 40 kV, 20 mA 조건하에서 시료에 조사하였다. 구성광물의 정량분석은 리트벨트 이론 및 방법에 기초하여 만들어진 광물 정량분석용 소프트웨어 SIROQUANT™를 사용하였다. 이 방법은 약간의 오차는 있으나 매우 훌륭하게 심해퇴적물의 구성광물 정량 값을 얻을 수가 있다. 한편 광물함량 결과와 퇴적물 내의 유기물과의 관계를 비교하기 위하여 총유기탄소량을 석유지화학분야에서 사용하는 록에발 열분석기를 사용하여 분석하였다.

3. 결과

X-선회절분석도에 의하면 울릉분지 코아 퇴적물의 구성광물은 세립질의 석영, 장석, 운모,

비정질 오팔-A (규질 화석류), 점토광물, 황철석으로 구성되어 있다. 점토광물은 일라이트, 카올리나이트, 녹니석, 스멕타이트 가 산출되며, 일라이트가 매우 풍부하게 산출되며 스멕타이트는 아주 미량으로 산출된다. 분석된 퇴적물 시료에서 가장 현저하게 많은 양으로 나타나는 것은 규질물질인 오팔-A이다. 오팔-A는 아직 결정화되지 못한 비정질물질이기 때문에 X선회절도 상에서 크고 강한 피크로서 나타나지 않는 것이 특징이다. X-선 회절도 상에서 보면 회절도의 바탕선이 20-30°(2θ) 사이에서 위쪽으로 불룩하게 나타나는 데 이것이 오팔-A가 산출되는 X-선회절도의 특징이다. SIROQUANT 소프트웨어에서는 트리디마이트의 결정학적 요소를 이용하여 이 비정질 규질물질인 오팔-A 함량이 계산될 수가 있다.

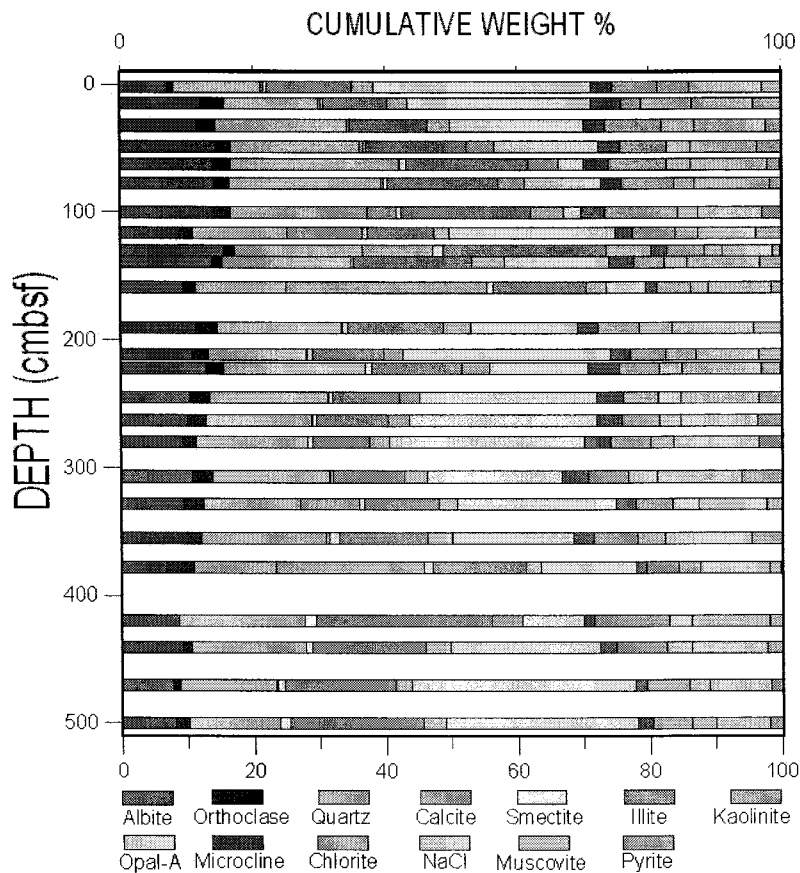


Figure 1. Variation in mineral composition with depth.

이렇게 계산된 구성광물의 함량변화를 Figure 1에 정리하였다. 그림에서 규질물질은 트리디마이트 (tridymite)로 표시되었다. 규질 오팔-A는 많은 코아구간에서 거의 30% 가까운 함량으로 나타나는 것을 알 수 있다. 심도별 변화에서 석영, 장석, 운모, 점토광물 등의 변화는 크게 관찰되지 않는다. 뚜렷하게 심도별 변화가 인지되는 것은 비정질 오팔-A의 변화이다. 즉, 오팔-A의 증가가 최상위 구간에서 상부로 갈수록 증가하는 것이 보인다. 또한, 180cm와 400 cm 구간에서 감소하고 그 사이에서 증가하는 변화를 보여준다. 비정질 오팔-A의 산출은 울릉분지 지역이 원양성 퇴적환경임을 지시한다. 오팔-A는 규질각을 가진 원양성의 규조 등의 생물체가 다량으로 가라앉아 퇴적된 것으로 알려져 있다. 실제로 유기탄소 함량과 오팔의 함량변화는 비슷한 산출 경향을 보여주고 있다. 따라서 오팔-A의 함량이 증가된

구간의 시기는 원양성 환경이 확대된 구간으로 생각할 수 있다. 더욱이 이 오팔-A 함량은 유기탄소(TOC)의 함량변화는 거의 일치하는 경향도 보여주고 있다. 한편 오팔-A의 함량이 감소하고 있는 약 180 cm 와 400 cm를 부근에서는 방해석이 다량으로 산출되고 있다. 180m 와 400 m에서 탄산염광물 등이 다량 퇴적되었다가 상위로 갈수록 함량이 점점 감소하면서 사라지고, 대신 오팔-A의 양이 증가하는 경향을 잘 보여준다. 이것은 바다의 수심이 증가함에 따라 탄산염광물의 침전 또는 유입은 줄어들며 규질생물체의 유해는 계속하여 침전하였음을 보여준다.

강원도 태백시 황지천 구문소 부근에는 조선누층군의 석회암층이 잘 노출되어 있다. 이 층들은 하부로 부터 막골석회암, 직운산 세일, 두위봉 석회암으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 이 중에서 직운산 세일층을 주 대상으로 연구하였다. 상부 막골석회암층과 직운산 세일층은 조하대 (潮下帶) 에서 점차 조상대 (潮上帶) 에 걸친 퇴적환경에서 퇴적되었으며, 상부의 해침상 (海侵相) 인 직운산 세일과 교호되어 있어, 계속되는 해수면 하강에 이은 해수면 상승에 의하여 정합관계를 보이는 것으로 해석되고 있다. 탄산염 퇴적층과 수반되는 이질 퇴적층은 이와 같이 해수면의 상승과 하강의 반복에 의하여 반복되는 양상을 보이는 경우가 많다. 그러나 직운산 세일은 세립의 광물들로 구성된 이질암이기 때문에 노두상에서 윤회성을 관찰할 수가 없다. 따라서 직운산 세일은 광물조성과 함유된 유기물의 수직적 조성 및 함량 변화를 파악하여 윤회성을 관찰하였다. 직운산 세일은 주로 석영, 장석, 점토광물 등의 규산염광물로 되어 있으나 방해석의 함량이 심도에 따라 반복적으로 증가한다. 특히 상부로 갈수록 K-장석의 함량이 증가하는 것을 보여준다. 점토광물의 양도 점차 증가하는 양상을 보여 채취된 대부분의 시료에서 50%가 넘는 비율을 차지하고 있다. 특히, 중요한 것은 산출되는 점토광물의 상대적 함량으로써, 직운산 세일의 최하부에는 일라이트만이 나타나지만 상위 구간으로 갈수록 이는 점차적으로 감소하며, 녹니석과 카올리나이트 양이 증가하는 경향을 보여 준다 (Figure 2).

유기탄소의 함량은 직운산 세일의 하부구간에서 매우 큰 값을 보이는 데 이 구간에서 부터 상부로 갈수록 그 양은 점차로 감소하는 경향을 보여 준다. 막골석회암에서 매우 큰 값으로 나타나는 무기물 탄소의 양은 직운산층 내에서 감소하지만 그 양상은 매우 특이하게 나타난다. 즉 매우 큰 무기탄소 양과 매우 작은 무기탄소 양이 교대로 나타나며 전체적으로 감소하는 양상을 보여 준다.

기존의 직운산 세일에 대한 연구에 의하면 직운산 세일은 고해수면기에 세립질의 쇄설물

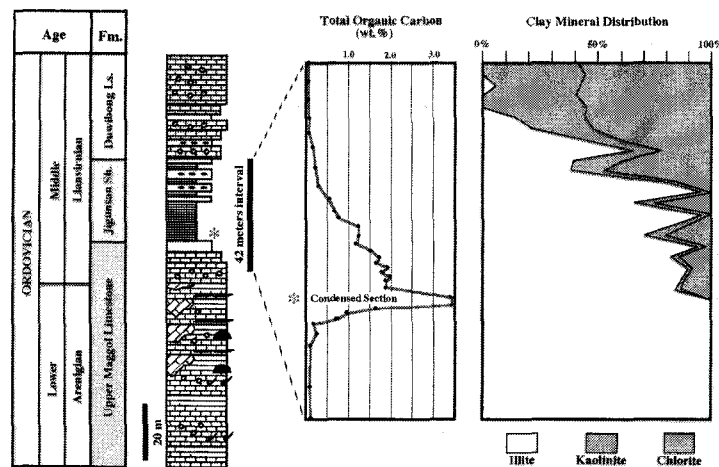


Figure 2. Clay mineral composition and total organic carbon (TOC) contents.

이 퇴적된 것으로 단순하게 생각하였다. 그러나 광물분석과 유기물 분석결과를 종합하고 순차층서학의 개념에서 해석하면, 직운산층의 하부 유기물의 함량이 가장 높게 나타나는 곳은 응축층 (condensed section)으로 해석되며, 최대 해침면을 반영한다. 이 응축층의 상부로 갈수록 일라이트 점토광물은 감소하며 카올리나이트와 녹리석이 증가하는 것은 육성기원의 퇴적물이 증가함을 의미하며 이것은 해퇴상을 반영하는 것으로 해석된다.

4. 결론

이 연구 결과에 의하면 이질 퇴적물이나 이질암의 광물조성을 정량적으로 분석하여 변화를 관찰하게 되면 퇴적층에서의 미세한 광물조성 변화를 인지할 수 있으며, 이 광물조성 변화 결과는 퇴적물의 근원지와 퇴적환경 해석에 크게 기여하는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- 손병국, 2005, 정확한 X-선 분말회절 정량분석을 위한 비방향성 시료제작, 2005년 한국광물학회·한국암석학회 공동학술발표회 논문집. 36-38.
- Rietvelt, H.M., 1969, A profile refinement method for Nuclear and Magnetic structure. Journal of Applied Crystallography, 2, 65-71.
- Taylor, J.C., 1993, Computer program for standardless quantitative analysis of minerals using the full powder diffraction profile. Powder Diffraction, 6, 2-9.