

유라기 대전 화강암 시추코아의 암석 지화학 연구

홍영국¹⁾, 홍세선²⁾

1. 서언

한국지질자원연구원 내를 중심으로 유성일대에 분포하는 화강암은 대전지역을 관입한 화강암체의 일부로서 대부분 백운모를 함유한 복운모화강암으로 구성된다. 이 화강암은 주변에 분포하는 편상 화강섬록암이나 흑운모화강암에 비해 옥천층군의 잔류물을 거의 함유하지 않으며 암맥상의 페그마타이트가 관입된다.

이 화강암은 중립질 내지 세립질이며 백운모가 흑운모보다 더 우세하거나 비슷하게 산출되는 등 다른 암석류에 비해 백운모를 다량 함유하는 것이 특징이다. 이 암석은 편상 화강섬록암, 흑운모화강암, 변성퇴적암류를 관입하였으며 홍색 장식화강암, 그레노파이어등에 의해 관입되었다.

이번 연구는 한국지질자원연구원 내에서 시추된 BH3 복운모 화강암 시추코아에 대해 지하수 유동에 따른 수직적인 화학적, 물리적 변화경향을 파악하고자 하였다.

2. 시추코아의 암석기재

연구원 내에서 시추한 BH3 시추 코아는 약 12m까지는 화강암 풍화대로 구성된 풍화 잔류토가 우세하게 관찰되며 38m 지점까지는 중풍화암 내지 약풍화암이 교호하며 산출되며 페그마타이트 맥과 반 화강암맥이 맥상으로 빈번하게 관입하는 것이 특징이다. 입도는 대체로 중립질이다. 이 지점에서부터 50m 구간까지는 대체로 신선한 화강암에 속하며 간혹 페그마타이트와 반 화강암맥이 산출되기도 한다. 구간내의 절리 경사는 20~70°로서 다양하게 나타난다. 50m에서 100m까지의 구간은 모두 신선암으로서 코아 회수율은 거의 100%에 가깝게 나타나며 RQD도 평균 80이상으로 양호한 편이다. 관찰되는 절리는 20~40° 내외의 저각도와 60~80° 내외의 고각도가 공존하고 있다. 이 구간 역시 페그마타이트와 반 화강암이 맥상으로 관입하고 있다. 100m에서 150m 구간 역시 신선암으로 대부분 구성되나 일부 구간에서는 파쇄대로서 산출되기도 한다. 이 구간 역시 코아 회수율은 거의 100%에 가까우며 RQD 역시 90이상으로 매우 양호한 편이다. 145m 근처에서 155m 구간은 화강암 변질대로 나타나며 현미경 관찰에서도 흑운모가 모두 녹니석으로 변질되어 있는 것이 관찰되며 (Fig. 1) 절리도 상부 구간보다는 다소 많은 편이다. 150m에서 200m 구간은 처음의 150m에서 약 5m 정도는 화강암 변질대가 산출되며, 전구간을 통해 2m 정도의 각섬석을 함유한 섬록암이 산출되는 것을 제외하고는 모두 신선한 백운모-흑운모화강암으로 코아회수율은 거의 100%에 가까우며 RQD 역시 90% 이상으로 매우 양호한 편이다. 200~250m 구간은 매우 신선한 화강암으로 208m 구간에서는 약 50cm의 파쇄대가 관찰되며 215m 구간에서는 열극에 수반된 풍화양상이 관찰되기도 한다. 220m, 240m 구간에는 페그마타이트와 반화강암맥이 산출되며 250m 구간에서는 단층의 영향으로 보이는 방해석맥이 충전되어 있기도 한다. 코아회수율 역시 파쇄구간을 제외하고는 거의 200%에 가까우며 RQD는 90% 이상으로 양호하다.

250m에서 300m 구간 역시 모두 신선암으로 약 3~4매의 페그마타이트 내지 반 화강암의 맥상관입이 관찰되며 280m 구간에서는 방해석맥이 산출되기도 한다. 입도는 대부분 중립질

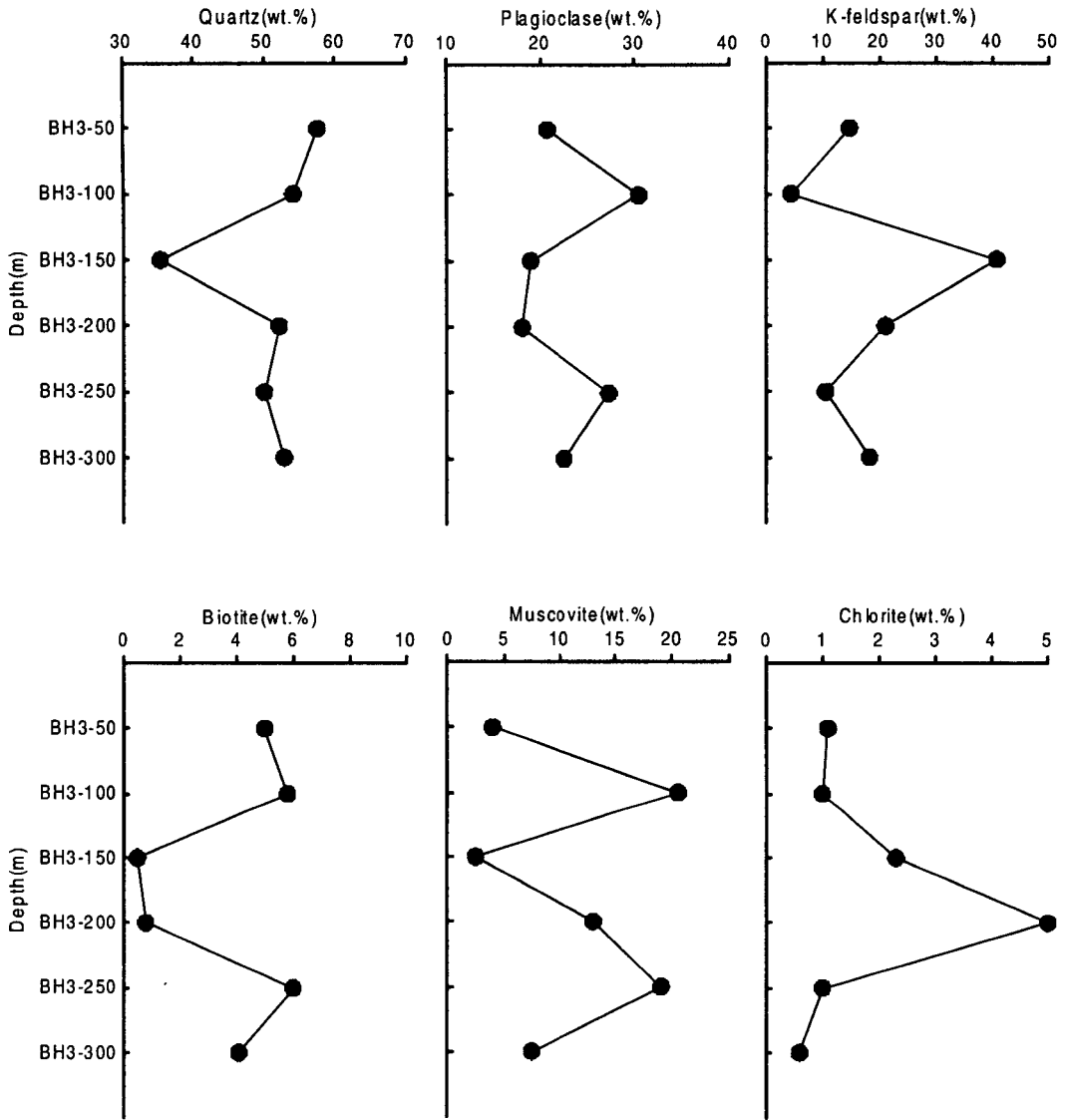


Fig. 1. The relationship of mode compositions and drilling depth of BH3 site.

이며 코아 회수율은 거의 100%에 가까우며 RQD 역시 대체로 90% 이상이나 일부 구간은 50~70%를 보이기도 한다.

3. 주성분 및 미량성분 원소

시추코아 화강암의 SiO_2 는 71~74wt.%의 매우 좁은 범위의 값을 보이며 SiO_2 함량이 증가함에 따라 TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , MnO , P_2O_5 는 감소하는 경향을 보이며 K_2O 는 증가하는 경향을 보이는 등 비록 좁은 SiO_2 함량 범위이지만 뚜렷한 분화경향이 관찰된다. BH3-150 시료의 경우 K_2O 의 함량이 6.17 wt.%로 비이상적으로 높는데 이는 화강암의 변질작용 등으로 인해 사장석은 대부분 점토광물(견운모 등)로, 흑운모는 녹니석화되어 그런 것으로 생각된다.

시추코아 화강암은 Irvine and Baragar (1971)의 $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 의 그림에서는 비 알칼리

(subalkaline)영역에 속하며, Miyashiro (1974)의 $\text{SiO}_2 : \text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ 그림에서는 칼크-알칼리 계열의 조성을 보인다. 이 화강암체의 알루미나 포화지수(alumina saturation index)는 대부분 1.1 이상을 보이며 과알루미나질 화강암에 속한다. 또한 Chappell and White (1974)가 제안한 I-형과 S-형 화강암의 구분 기준인 $\text{ASI}=1.1$ 보다는 모두 높은 값을 갖는 전형적인 S-형 화강암에 속한다.

미량성분 원소들은 SiO_2 가 증가함에 따라 Ba, Zr, Rb, Y, Pb, Th, U, Ga, Ta는 증가하는 경향을 보이며 Sr, Zn, Co는 감소하는 경향을 Nb, Cr은 미약한 감소하는 경향을 나타낸다. Ba은 300~600ppm의 함량변화를 보이며 비교적 분화가 진행됨에 따라 같이 증가하는 경향을 보인다. 이는 Ba은 주로 이온반경이 비슷한 K와 치환되므로 K가 많이 함유되는 K-장석, 흑운모에 Ba 주로 분배되었음을 시사한다. Rb은 100~230ppm의 변화를 보인다.

Rb은 주로 K를 함유하는 광물에 분배되는데 이 시추코아 화강암에서 Rb을 함유하는 광물은 K-장석과 운모류이다. Rb의 변화경향 역시 K_2O 와 유사하다. 그러므로 Rb의 변화는 결정작용의 과정으로 설명할 수 있을 것이다. Th, Zr, U 등의 원소는 주로 부성분광물인 저어콘 등에 주로 분배되므로 이러한 광물들의 분별작용으로 설명할 수 있다. Pearce et al. (1984)의 미량원소 판별그림에서 보면 (Fig. 7) 시추코아의 화강암은 모두 VAG+syn-COLG 또는 VAG (VAG : volcanic arc granite, syn-COLG : collision granite)의 영역에 도시된다. 엄격히 보아 판별그림에서 보여지는 영역은 화강암 형성당시의 지구조 환경이라기 보다는 근원지의 환경을 반영한다고 할 수 있다. 전반적으로 희토류 원소의 분포패턴은 LREE는 부화되고 HREE는 결핍되는 일반적인 화강암에서 나타나는 변화를 보인다 (Fig. 8). LREE의 변화범위의 폭은 좁은 반면 HREE는 이보다는 넓은 변화범위를 보이는 것이 특징이다. 이 화강암은 또한 특징적인 Eu 부 이상을 보여 사장석의 분별작용이 중요하였음을 보여준다.

4. 광물의 화학조성

사장석은 대체로 An_{40} 이하이다. 사장석들은 보통 An_{10} - An_{33} 의 조성범위를 가지며 대부분 연변부가 입자 중심부보다 An 함량이 낮은 정상 누대구조를 보인다. BH3-150 시료의 사장석은 Or 성분이 약 23% 정도 나타나는데 이는 사장석의 원래 성분을 반영하는 것은 아니며 일부 K-장석이나 견운모의 영향에 의한 것으로 판단된다.

K-장석에서의 An 함량은 1%이하, Ab 함량은 10% 이하이며 Or 성분이 대부분 90%를 상회한다.

흑운모의 total Al 값은 3~3.3 내외의 매우 좁은 값의 범위를 보이며 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 비는 0.6~0.7 내외로 이보다는 넓은 변화를 나타낸다. 이러한 현상은 다른 지역의 복운모화강암체 (예: 남원 화강암체에서의 복운모화강암)에서의 그것과 거의 유사하다. 백운모는 장석이나 흑운모의 결정과 그 크기가 비슷하며 반자형내지 자형의 모양을 보이는 점, 또한 광물의 화학조성으로 보아 마그마 기원의 백운모임을 지시한다. 변질작용 등에 의한 이차 백운모(견운모)는 암석시료 전체에서 관찰되기는 하지만 타 광물들에 비해 결정이 매우 작고 또한 대체로 사장석의 변질된 부분에서만 관찰된다. Miller et al. (1981)과 Monier et al. (1984)는 마그마 기원의 백운모는 이차백운모보다 TiO_2 함량이 많으며 post-magmatic 백운모는 열수 기원의 백운모보다 Fe가 더 많다고 하였다. 이들의 설명은 이 시추코아 화강암의 백운모 화학조성과 매우 잘 일치한다. 이 시료의 백운모는 TiO_2 함량이 2~3 wt.%로 비교적 높으며 남원 화강암체의 복운모 화강암의 그것보다도 높다. 또한 FeO 함량도 22% 이상으로 높은

편이다. 시추코아의 모든 백운모는 Ti가 높은 일차 백운모 즉, 마그마 기원의 백운모임을 지시한다(Fig.2).

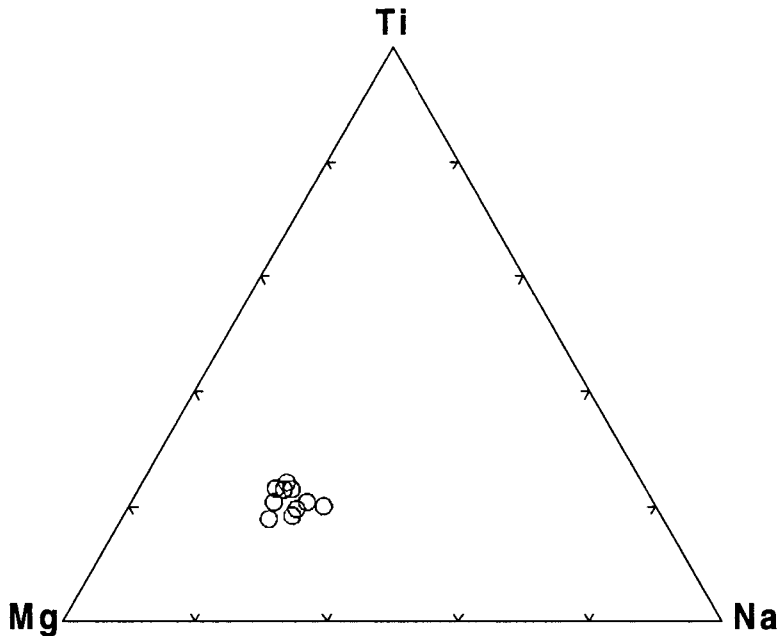


Fig. 2. Muscovite compositions of two mica granite from BH3 drilling cores.

5. 참고문헌

- Miller, C.F., Stoddard, E.F., Bradfish, L.J., Dollase, W.A., 1981, Composition of plutonic muscovite: genetic implications. *Can.Min.*, 19, 25~34.
- Monier, G., Mergoïl-Daniel, J., Labernardiere, H., 1984, Generations successives de muscovites et feldspaths potassiques dans les leucogranite 여 massif de Millevaches (Massif Central Francais). *Bull.Mineral.*, 107, 55-68.
- Miyashiro, A., 1974, Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am.Jour.Sci.* 274, 321-355.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. *Pacific Geol.* 8, 173-174.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.B., 1971, A guide to chemical classification of the common igneous rocks. *Can.Jour.Earth Sci.* 8, 523-548.

주요어 : 복운모화강암, 마그마기원 백운모, 광물조성변화

- 1) 한국지질자원연구원 환경지질연구부(ykhong@kigam.re.kr)
- 2) 한국지질자원연구원 지질연구부(hss@kigam.re.kr)