

# 감포남서부 효동리일대 화산암류와 벤토나이트의 분포 및 암석화학적 특징

윤현수<sup>1)</sup>, 홍세선, 박덕원, 유장한, 김용욱, 김대업

## 1. 서론

감포남서부 효동리일대는 효동리 화산암류(다데이와, 1924)로 보고된 바 있으나, 야외조사결과 경상계 퇴적암, 화산쇄설암류, 안산암류, 데사이트류, 석영장석반암류, 유문암류 그리고 염기성 암맥류로 구분될 수 있다.

경상계 퇴적암은 최하부층으로서 대체로 완만한 경사를 이루며 주로 세일로 구성되며 일부 사암이 발달한다. 화산쇄설암류는 가장 넓게 분포되며, 쇄설물의 크기에 따라 부분적으로 분대되기도 하나, 대부분 연속성이 빈약한 편이다. 안산암류는 곳에 따라 현무암질류에 가까운 흑색에 가까운 암질을 이루며, 대체로 산정상부나 산사면을 따라 분포한다. 데사이트류는 반정이 종종 발달하며, 반정은 장석류가 우세하며 약간의 석영을 수반한다. 그리고 석영장석반암, 유문암류와 염기성암 등은 소규모로 분포하며, 전자와 후자는 맥상으로 발달한다.

벤토나이트 분포지는 북부광상, 중부의 동측광상과 서측광상 그리고 남서부광상으로 구분될 수 있다. 전자는 동서향을 이루는 소계곡부를 따라 약 4개소에 걸쳐 불연속적으로 분포한다. 광상은 대체로 동서향에 가까운 주향이동 단층을 따라 배태되며, 응회암질 각력암을 모암으로 한다. 중부의 광상은 모두 응회암질 각력암을 모암으로 한다. 동측광상은 N30° E/70° SE, N25° E/80° SE 등의 단층이 발달하며, 이들 단층면은 붉게 착색된다. 서측광상은 응회암질 각력암내의 석기부분에 부분적으로 배태되며 역들은 미약한 광화흔적을 보인다. 그리고 직상부에는 안산암류가 분포한다. 후자는 담회색을 띠는 응회암질 각력암을 모암으로 하며 그 상위부의 안산암류와 접하며 저각도로 발달한다. 이 안산암류의 열극을 따라 심화된 적색의 착색대가 발달한다.

## 2. 연구방법

연구지역일대에 분포하는 화산암류와 벤토나이트의 전반적인 암석화학적 비교 및 변화양상을 알기 위하여 시료를 선별하여 채취하였다. 암석시료에는 화산쇄설암류, 데사이트류, 안산암류와 현무암류 등이 해당되며, 이들은 육안감정에 의해 가능한 신선한 부위의 시료를 채취하였다.

벤토나이트 시료는 북부광상, 중부의 동측광상과 서측광상, 남서부광상에서 각각 대표적인 시료를 택하였다. 벤토나이트는 야외에서 복합시료를 채취하여 실내에서 완전히 건조한 후에 분말화 된 시료를 선별하였다. 그리고 이들 중에서 육안으로 보이는 작은 역들을 제거하여 가능한 화산회 성분에 가까운 시료를 분석용으로 제공하였다.

화산암류는 야외조사 및 경하관찰과 더불어 TAS 관계도에 의하여 암석명을 정하였다. 그리고 북부광상에서는 벤토나이트와 모암을 이루는 주변 화산쇄설암의 주원소, 미량원소, 희토류원소 등을 분석하여 광화작용시에 이들 성분의 변화 등을 비교하여 보았다. 화산쇄설암류 시료채취시에도 육안상 가능한 역이 적게 함유된 것들을 선별 채취하였다.

분석된 주원소원소는  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  및 Ig.loss 등이다. 이 중에서 FeO는 습식법 그리고 나머지 성분은 XRF로 분석하였다. 미량원소중에서 Ba, Sr, Y, Nb, Pb와 Ga는 ICP, 그리고 Rb, Zr, Ta, Cu, Cr과 Zn는 INAA, 그리고 희토류원소(REE)는 ICP MS로 분석하였다. 이들 원소는 모두 지질자원연구원에서 분석되었다.

### 3. 본 론

효동리 일대는 경상 퇴적암, 화산쇄설암류, 안산암류, 데사이트류, 석영장석반암류, 유문암류 그리고 염기성 암맥류로 구분된다. 이 중에서 화산쇄설암류는 가장 넓게 분포하며 쇄설물 크기에 따라 부분적으로 분대되기도 하나 대부분 연속성이 빈약한 편이다. 즉 북부일부에서는 응회암, 래피리질 응회암, 응회암질 각력암 등으로 동에서 서로 갈수록 쇄설물의 크기가 뚜렷이 증가한다.

안산암류는 회색, 암회색을 띠며 회색의 장석반정을 종종 함유한다. 구성광물인 사장석과 각섬석류가 반정을 이루며 흑운모, 휘석류와 불투명광물 등이 수반된다. 각섬석류의 결정주변부는 철의 산화작용으로 인한 검은 테두리를 이루기도 한다. 데사이트는 석영, 사장석, 흑운모, 각섬석류, 불투명광물 등으로 구성된다. 반정을 이루는 석영은 파동소광을 보이며 그 크기와 빈도가 사장석보다 감소한다. 석기는 래스상의 미립질 결정들이 다소 방향성없이 발달한다.

TAS(Total alkalis vs. silica)의 관계도에서 이들 화산암류인 화산쇄설암류, 안산암류, 데사이트류는 각각 유문암-데사이트, 안산암-현무암질 안산암 그리고 데사이트 영역에 각각 도시된다. 벤토나이트의 광상은 동서향 또는 북동향의 단층, 그리고 직상위부의 안산암류 등이 배태역할을, 그리고 역질보다 광상형성이 용이한 석기부분에 배태된 것으로 해석된다. 역들 중에서 자색의 데사이트류보다는 암회색의 안산암류가 다소 더 광화작용을 받은 것으로 해석된다. 이 곳의 화산암류와 벤토나이트는  $\text{SiO}_2$ 가 각각 53.73-73.25(평균 67.86) wt. %와 57.54-66.81( " 63.51) wt. %의 값을 가져 모두 중성암-산성암 계열에 속한다.  $\text{SiO}_2$  대  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 의 관계에서 모두가 서브알칼린 계열에 해당한다.  $\text{SiO}_2$  대 A/CNK 몰비의 관계에서 화산암류는 부알루미나암질과 과알루미나암질에 속한다.

북부벤토나이트와 주변모암인 화산쇄설암류의 암석화학적 변화는 다음과 같다. 화산쇄설암류와 벤토나이트의  $\text{SiO}_2$ 는 각각 69.99-74.45 wt. %와 60.43-66.65 wt. %의 값을 가져 그 함량이 후자에서 약간 감소한다. 이들은  $\text{SiO}_2$  함량증가에 따라  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3(t)$ ,  $\text{MgO}$ 와  $\text{CaO}$ 는 뚜렷한 부를 이루어 벤토나이트 형성시에  $\text{SiO}_2$  성분은 감소되고 이들 성분

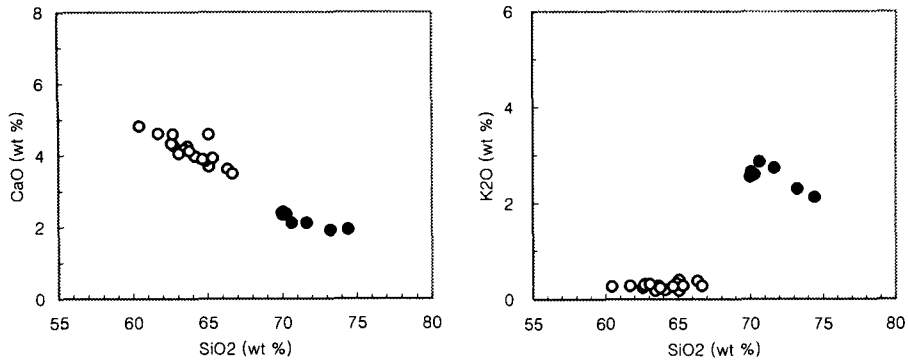


Fig 1. Relations of SiO<sub>2</sub> vs. CaO, and SiO<sub>2</sub> vs. K<sub>2</sub>O. Open and closed circles are the bentonite and pyroclastic rock, respectively.

은 증가된 것으로 해석된다. 생성된 벤토나이트는 K 함량이 낮고 Ca 함량이 풍부한 Ca-계 (Deer et al., 1966)에 속하며, 또한 Mg 성분이 뚜렷이 증가된 것으로 해석된다. 그리고 Na<sub>2</sub>O, MnO와 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 별다른 변화경향을 보이지 않는다. 생성된 벤토나이트는 K 함량이 낮고 Ca 함량이 풍부한 Ca-계(Deer et al., 1966)에 속하며, 또한 Mg 성분이 뚜렷이 증가한다 (Fig. 1).

미량원소 중에서 Ba은 각각 1,026 ppm과 810 ppm을 가져 그 함량이 전자에서 더 증가한다. Sr은 각각 447 ppm과 498 ppm을 가져 후자에서 약간 증가한다. Rb은 각각 58 ppm 그리고 거의 9.2 ppm 이하의 값을 가져 그 함량이 후자에서 뚜렷이 감소하여, 이들의 K<sub>2</sub>O 함량차이와도 잘 일치한다. SiO<sub>2</sub> 함량증가에 따라 Ba, Sr과 Zr은 다소 불규칙한, Nb, Pb, Y, Ga과 Cr은 별다른 변화경향을 보이지 않는다. Rb은 벤토나이트는 변화경향을 보이지 않으나 주변모암에서 부의 경향을 이룬다. Zn는 뚜렷한 부의 경향을 이루며 벤토나이트에서 그 함량이 뚜렷이 증가한다. 북부 벤토나이트와 주변모암의 화산암류는 경회토류에서 중회토류 원소인 Dy까지는 서서히 점진적으로 결핍되며 중회토류원소인 Dy-Lu는 별다른 변화경향을 보이지 않는다. 이로 미루어 벤토나이트 형성시에 회토류 원소 함량의 변화가 없었던 것으로 해석된다.

---

주요어 : 효동리 화산암류, 단층, 안산암류, 북부벤토나이트와 주변화산쇄설암류.

1) 한국지질자원연구원, 지질연구부 (hyuns@kigam.re.kr).