

무등산지역 화산암류의 암석화학적 고찰

박병규¹⁾ · 김용준¹⁾ · 김윤중²⁾

1. 서 론

무등산 지역은 광주광역시 동부와 전남 화순군 서부 및 담양군 남부지역이 만나는 곳에 위치한 무등산(1187m)과 그 주위 지역을 포함하는 곳으로, 기존 연구는 광주지질도폭(김규봉 외, 1990)과 동북지질도폭(김봉균과 박병권, 1966)조사에서 비교적 자세히 수행되었으며, 화성암체에 대한 연구는 김용준 교수팀(김용준 외, 2003)에 의해 수행되었다. 본 연구는 이 지역의 화산암류를 중심으로 암석-광물의 화학적 특징, 분출시기 및 광물조성을 밝힘으로서 광주 동부지역에서의 백악기 화성활동과 이들 화산암류의 암석화학적 특징을 밝히는데 있다.

2. 연구방법

이 연구를 수행하기 위하여 무등산 지역에 대한 정밀야외조사와 채취한 암석시료중 80여 개의 시편을 제작하여 현미경관찰을 실시하였고 그중에서 신선한 시편 33(화순안산암 16개, 석영안산암 7개, 장동옹회암 5개, 도곡유문암 5개)개를 택하여 주성분원소($\text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}, \text{MgO}, \text{MnO}, \text{CaO}, \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5$)와 미량성분원소 및 희토류원소(Ba, Co, Cr, Cu, Li, Nb, Ni, Sc, Rb, V, Y, Zn, Zr, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Dy)에 대한 정량분석을 영국 런던대학에 의뢰하여 ICP-AES을 이용하여 수행하였으며 이들 모든 시료의 철 함량 결정은 KMnO_4 적정법으로 Fe_2O_3 값을 계산하였다. 각 암석의 주 조성광물에 대해서는 전자현미경분석을 실시 하였으며 분석은 한국기초과학연구원에 설치된 Cameca X-100 EPMA를 이용하여 이루어졌다.

3. 본론

1) 화산암류의 암석기재

무등산지역에 분포하는 화산암류는 백악기의 화산암류인 화순안산암, 도곡유문암과 무등산석영안산암으로 구성되어있으며 석영반암과 맥암류들이 이들을 관입하고 있다.

화순안산암은 안산암질 옹회암, 안산암질 용암과 관입체로 구성되며 안산암질옹회암은 녹회색 혹은 자갈색을 띠는 5~10mm 내외의 담록색 암편과 부석등을 함유하고 있어 화산력 옹회암이나 조립질옹회암에 속한다. 안산암질 용암은 여러 차례 분출한 용암층으로 이루어진 용암복합체로서 암록색 내지 암회색을 띠고 풍화면에서는 갈색 내지 적갈색을 띠며 전반적으로 반정이 없는 괴상이 우세하나 부분적으로 미반정을 포함하여 반상조직을 보이는 부분과 행인구조를 포함하는 부분도 관찰되며 또 미약한 유상구조를 보이기도 부분도 있다. 반정은 대부분 사장석이 우세하나 얼마간의 유색광물들도 포함된다. 화순안산암은 사장석, 유리질 물질과 녹니석화 된 유색광물들로 구성되며, 미정질 결정들이 유리질 바탕에 흩어져 있어 유리기류정질(hyalopilitic)이나 피로테시틱(pilotaxitic)조직을 형성하고 있다.

도곡유문암은 담홍색을 띠며 대부분 유상구조가 발달된 유문암으로 화순안산암을 부정합

적으로 덮거나 관입한다. 유상구조는 대개 2~5mm 두께의 홍색대와 담색대의 교호로 이루어져 있으며 주조성광물은 사장석과 흑운모로, 부조성광물은 자철석과 금홍석 등으로 구성되며 유동구조를 이루는 홍색대는 은정질 내지 유리질이, 그리고 백색대는 주로 미정질의 석영으로 이루어져 있으며 이차적으로 형성된 구과상구조(spherulite)가 유동구조를 따라 발달되어 있는 부분도 관찰된다.

무등산석영안산암은 신선한 면에서는 회색 내지 암회색을 띠나, 풍화면에서는 적회색을 띠고 반상구조를 보이는 용암류로서 석영반암과 미문상화강암에 의하여 관입되어 있고, 부분적으로 발달된 유상구조와 특징적인 수직상의 주상절리가 잘 발달되어 있다. 반정은 대부분 사장석이고 간혹 석영, 각섬석으로 함유되어 있으며 안산암을 포획하기도 한다. 각섬석 반정은 장주상으로 1mm x 3mm가 흔하다. 유리질 바탕은 미약한 용결구조를 보이는 부분도 관찰되어 일부는 용결응회암으로부터 만들어 형성되었을 가능성도 보여준다.

2) 암석화학

화산암류를 생성시킨 마그마에서 주성분 원소에 대한 전반적인 변화를 알기 위하여 SiO_2 의 함량이 증가함에 따른 산화물의 변화를 하거변화도에 도시한 결과 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 는 SiO_2 의 함량 증가에 따라 감소하는 경향을 보이며 MnO 또한 비교적 낮은 기울기를 보이긴 하지만 역시 감소하는 경향을 보이나 K_2O 는 증가하는 경향을 보이며 Na_2O 또한 낮은 기울기를 가진 증가경향을 보인다. 즉 이들 화산암류는 연속적인 변화경향을 보여준다. 화산암류의 암석계열을 분류하기 위하여 Irvine and Baragar(1971)의 구분선을 적용하면, SiO_2 에 대한 K_2O+Na_2O 의 비교 그림에서 비알칼리계열에 점사된다. 화산암류들의 분화과정을 알아보기 위하여 AMF [$(Na_2O+K_2O) - MgO - FeO(t)$]의 삼각도에 도시한 결과 무등산 지역의 화산암류는 Irvine and Baragar(1967)가 구분한 소레아이트 계열과 칼크-알칼리 계열 중 칼크 - 알칼리질암 계열에 속하는 일련의 분화 산물들로 이루어져 있음을 보여준다. 그리고 FeO/MgO 대 SiO_2 변화도와 FeO/MgO 대 SiO_2 변화도 상에서도 이들 화산암류 모두가 칼크 - 알칼리질암 계열에 속함을 보여준다. SiO_2 에 대한 K_2O 의 성분도(Gill, 1981)에서 무등산 화산암류는 high-K 암석 영역에 도시된다. 이는 무등산지역 화산암류들이 칼크-알칼리마그마 기원의 high-K 계열 암석임을 지시하는 것이다.

미량원소도 주성분원소와 유사하게 SiO_2 증가에 따라 Co, Cu, Sc, Sr, V, Zn과 Dy은 감소하는 경향을, Cr과 Rb은 증가하는 경향을 그리고 Ba, Ni과 Y는 큰 변화를 보이지 않는다. Y의 함량은 19.5~31ppm 범위로 비교적 낮은 함량을 나타내는데, 이는 조산대 안산암의 조성범위(20~25ppm)에 해당한다. Sr 함량은 125~833ppm의 비교적 넓은 성분범위를 나타내는데, 이는 조산대의 안산암이 100~1,000ppm의 넓은 범위의 성분영역을 가지는 특징 중의 하나에 해당한다(Gill, 1981). 안산암의 Rb의 함량은 15~105ppm으로 조산대의 High-K 안산암의 함량 100ppm 이하의 범위에 해당한다. MgO 함량이 0.43~4.25wt% 범위인 것에 비하면 Ni의 함량은 높은 편인데 이는 대부분 대륙에 분포하는 대륙연변부의 화산호에서 흔히 관찰되는 특징의 하나로 알려져 있다(Gill, 1981). 무등산지역 화산암류 전체의 희토류원소의 양상은 전반적으로 경희토류원소(LREE- La, Ce, Nd, Sm)가 중희토류원소(HREE- Dy, Yb)에 비해 부화되어 있고 대체로 subparallel한 양상을 보인다(Fig. 10). 이는 환태평양 대륙연변부에서 나타나는 high-K 칼크알칼리 계열 화산호 지대와 일치되고 있다. 이는 이들을 형성한 기원 마그마가 유사한 환경에서 생성되었음을 암시한다.

3) 조구적위치 및 성인

Irvine 과 Baragar(1971)의 SiO_2 대 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 의 그림에서 무등산지역 화산암류는 모두 비알카리 영역에 도시된다. wt.% 에 대한 노름 사장석(normative plagioclase)의 변화도에서 무등산 화산암류는 모두 칼크-알칼리질 영역에 도시된다. 조구적 위치를 판별하는 Pearce 외 (1977)의 FeO^T - MgO - Al_2O_3 의 삼각도에서 무등산 화산암류는 전형적인 조산대안산암(oro-genic andesite)의 영역에 도시된다. Pearce et al.(1984)의 판별도에 본역의 화산암류를 도시해보면 화산호 영역에 속한다. 주성분원소 산화물 중 K_2O , Na_2O , CaO 의 함량 삼각도에서 본연구지역의 화산암은 전형적인 도호의 영역에 점시된다(Defant와 Drummond, 1993; Feeley와 Harker, 1995). 또한 무등산 화산암류의 Ba 및 La함량을 비교하여 도시한 결과 불호정성(incompatible) 원소인 알칼리토원소 Ba 과 Ti군의 La 관계에서 연구지역 화산암류의 Ba/La 비는 대체로 10~ 60 범위에 있다. 이것은 Gill(1981)이 제시한 Ba/La 비 15~80 범위인 조산대, 즉 화산호의 안산암 범위에 일치하고 있으며, highK 암석 계열과 유사하고, La에 비하여 Ba 함량의 변화범위가 넓게 나타난다.

4) 결 론

무등산 화산암류는 주성분원소의 변화경향이 SiO_2 의 증가에 따라 거의 증가 혹은 감소하며, 칼크 -알칼리계열의 분화경향을 보여준다. 미량원소의 함량 조성 및 Ba/La비 등은 조산대에서의 화산호의 판별비와 일치하며 , 이 중에서도 high-K 칼크-알칼리암 suite에 속한다. 희토류 원소는 모두 LREE 가 HREE보다 부화되고 (-)Eu 이상도 비교적 낮은 값을 보인다. 이는 지판의 침강 섭입에 관련된 대륙이나 대륙연변부환경에 관련된 암석들에 나타나는 특징과 일치하고 본 암석들이 동원마그마에서 유래한 것임을 나타낸다. 미량원소의 함량 조성 및 Ba/La비 등은 조산대에서의 화산호의 판별비와 일치한다. 본역의 화산암류를 생성한 마그마는 맨틀에서 기원하여 대륙 연변부에서 , 섭입 침강하는 해양판의 영향을 받은 것으로 보인다.

주요어: 지화학, 무등산지역, 분화, 칼크알칼리암, 조산대안산암

1)전남대학교 지구환경과학부(pb36@hanmail.net)

2)한국기초과학지원연구원