

# 한반도 남부 백악기말에서 신생대 초기 염기성화산암의 지화학적 특성

송석환<sup>1)</sup> · 이현구<sup>2)</sup>

## 1. 서론

한반도 남부 및 남동부 지역에는 각각 백악기 및 신생대에 노출된 것으로 고려되는 다양한 화산암류가 응회암, 용암 또는 암맥으로 산출되고 있다. 기존의 연구들은 두 지역의 화산암류를 한반도의 지구구조의 진화와 관련해서 산출된 것으로 고려하고 있고 특히 염기성 및 중성 암류에 대한 암석학적, 지화학적 연구들은 이들 암석의 기원을 일본 지판의 진화 과정과 관련된 침하대의 화산활동으로 연관시켜 해석하고 있다.

하지만 두 지역의 화산 암류는 시간적 차이뿐만 아니라 화학 조성 측면에서 차이가 있음이 대다수 연구에서 지적되고 있다. 한반도 남부의 백악기의 화산암류에 대한 연구들은 동해의 확장 이전 시기에 필리핀 해 판의 침하와 관련되어 설명하거나 막연히 판의 침하와 관련되어 산출된 화산암으로 고려되고 있다. 이 암체들은 안산암질암, 데사이트질암, 유문암질암으로, 염기성에서 산성까지의 암체이며 기존 연구들은 부분 용융, 분별 결정 작용, 그리고 지각내에서의 혼화 개념으로 해석하고 있다.

하지만 한반도 남동부의 신생대의 암체는 동해가 활발히 확장되던 시기인 마이오세의 지각 변형기에 태평양판의 한반도 지각밑으로 침하와 관련되었거나, 이 시기의 암석권의 팽창과 관련되어 연약권으로부터 직접 유래된 화산암류로 고려되고 있다. 이 암체는 데사이트와 현무암으로 대표되는 이원성 화산활동의 특징을 보여주고 있다.

본 연구는 한반도 남해안 지역 백악기 경상누층군 중 유천층군을 관입 및 분출하는 안산암류에 해당되는 암체에 대한 암석학적, 지화학적 연구이며 이 결과가 한반도 남동부 신생대 퇴적 분지에서 산출되는 현무암류 및 안산암류에 해당되는 암체의 것들과 비교되었다. 이 결과들은 일부나마 백악기 및 그 이후의 화산암의 특징을 이해하고, 성인을 해석하는데 부분적인 기여를 할 것으로 해석된다.

## 2. 연구방법

연구를 위해 남해안 일대(행정 구역상 경상남도 사천-충무-고성-통영-거제-마산-진해-부산에 이르는 지역, 좌표상 34.5°-35.5° N, 128°-129° E)의 유천층군에서 안산암질암의 시료 106 개를 채취하여 암석학적 연구를 수행하였고, 대표적인 시료에 대해 주 원소 및 미량원소 분석을 실시하였다. 경하에서 대부분 암체는 사장석을 주 반정으로 하고 부분적으로 각섬석을 반정으로 포함하기도 한다.

분석은 충남대학교 공동 실습관의 기기를 사용했는데 주 성분 분석은 X 선 회절 분

---

주요어 : 백악기, 신생대, 염기성화산암

1) 중부대학교 환경보건학과 (shsong@mail.joongbu.ac.kr)

2) 충남대학교 지구환경과학과 (phklee@cnu.ac.kr)

석기(XRF)를, 미량 성분은 Perkin elmer사의 유도 결합 플라즈머 질량 분석기 (ELAN 6000 ICP- MASS)를 사용 하였다.

### 3. 본 론

연구 지역은 중생대 퇴적암류인 하양층군을 기반암으로 하여 이를 분출 피복하는 유천층군의 화산암류, 그리고 이를 후기에 관입하는 화성암류로 구성되어 있다.

하양층군은 칠곡층, 신라 역암층, 함안층, 진동층으로 구성되어 있다. 칠곡층은 자색 사질 세일과 암회색 사암, 사질 세일, 역질 사암의 호층으로 구성되어 있으며, 신라 역암은 역이 암회색 내지 적갈색의 규암, 흑색 및 암회색 세일, 화강암질 암류로 구성되어 있다. 함안층은 세일, 이암, 사암, 응회질 사암으로 구성되며, 진동층은 암회색 사암과 세일이 반복적으로 호층을 이루며 나타난다.

유천층군은 고성층, 중성화산암류, 다대포층, 장목리층, 장평리층 등이 있다.

고성층은 응회질 퇴적층과 응회암으로 구성 되어 있으며 진동층을 정합적으로 덮는다. 중성 화산암류로 안산암질 용암과 화산 쇄설물이 교호 되어 나타나는 주사산 안산암질 암이 있다. 이 안산암질 용암류는 상부 표면에 행인상 구조를 보이며 사장석 반정을 다량 함유한 반상 조직이 특징적이다. 안산암질 래피리 응회암은 2-3 cm의 암편을 포함하며, 기질은 회록색 내지 담록색을 띠고, 사장석 입자를 다량 함유한다. 부산 지역에 분포되는 주사산 안산암에 대비되는 중성의 화산암류로 안산암질 화산쇄설암과 안산암질 용암이 있다. 안산암질 화산 쇄설암은 화산 각력암, 응회 각력암, 래피리 응회암, 응회암으로 구성되고 안산암으로 함 휘석 안산암, 함 각섬석 안산암이 있다.

다대포층은 회색, 암회색, 암록색, 담갈색의 세일 및 사암으로 구성되며 부분적으로 역암층이 협재 되어 있다. 장목리층은 하부에서 암갈색 내지 황갈색의 역암, 응회질 사암, 흑색의 세일이 호층을 이루고, 상부로 갈수록 사암 및 역암의 양이 줄어든다. 한편 상부로 갈수록 암회색 내지 흑색의 세일이 우세해지며 황갈색의 사암과 호층을 이루고 있다.

장평리층은 주로 하부가 응회암질 역암이 협재된 응회암질 사암이, 상부는 담회색 사암 및 황갈색 역암이 협재된 암회색 세일이 나타난다. 그 외에 백악기 말에서 제 3 기 초에 이르는 불국사 관입암류 들이 도처에서 산출되고 있다.

### 4. 연구 결과

연구 지역 화산암류는 56.13-62.16 % 의  $\text{SiO}_2$ , 1.57-3.51 %의  $\text{MgO}$ , 9.89- 130.1 ppm 의  $\text{Ni}$ , 26.69-114.5 ppm의  $\text{Cr}$  조성을 보인다.  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  도해에서 현무암질 안산암에서 안산암에 해당되는 조성을 보였고, CIPW 노름 계산 결과 Qt-normative 조성을 보였다.  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ 와  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  도해에서 Subalkalic,  $\text{FeO- Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O-MgO}$  도해에서 Calc-alkaline 조성을, ANK-ACNK 도해에서 Metaluminous 특징을 보였다. 지구적 측면에서 ARC 유형에 해당 되었고, PM 표준화 결과 LFS 에 비해 HFS가, LREE에 비해 HREE 의 결핍이 특징적이었고, 특히 Nb, Zr의 결핍은 두드러 졌다.

이 결과가 제 3기 암석과의 비교와 비교 되었다. 알려진 바와 같이 제 3 기 퇴적 분지에는 다양한 화산활동을 보여주는 화산암류가 여러 곳에서 나타나고 있다. 그 암석들은 에오세와 초기 및 중기 마이오세로서 시기상 겹을 보이고 있다.

이 암석들은 조성상 염기성 및 산성암으로서 bimodal 특징을 보인다. 에오세 화산암류는 대부분이 데사이트에서 유문암류인 반면, 마이오세 화산암은 현무암에서 안산암 조성을 보인다. 한편 마이오세 화산암은 분출시기, 분포, 지화학적 조성에 따라 형산단층을 중심으로 포항분지의 달전 현무암과 장기, 어일, 하서 분지의 안산암류로 대변된다.

달전 현무암(13.6-15.2 Ma, K-Ar age)이 주 반정을 감람석, alkalic, ne-normative, trachy basaltic, Within Plate basalt-like 같은 특징을 보이고, 장기, 어일, 하서 안산암류(16-22 Ma, K-Ar age)는 주 반정을 사장석, subalkalic, qt-normative, andesite에서 basaltic andesite, Arc basalt-like 특징을 보인다. PM에 의해 표준화한 결과 전자는 높은 LFS(Rb, Ba, Th) 함량과, La/Yb 비, 후자는 평행하고 결핍된 비호정성 원소 및 REE 경향을 보인다. 달전 현무암이 OIBs 또는 전세계 판내 알칼리 현무암과 유사한 특징을 보이는 반면, 안산암류는 남미, 안데스의 안산암과 유사한 특징을 보인다.

달전 현무암의 근원이 상승하는 연약권으로부터 유래 하였고 부분적으로 분별결정 작용을 받았으나, 안산암질암은 활성적인 대륙 주변부에서 복잡한 침하의 역사를 경험 했음으로 해석된다. 또한 안산암의 지화학적 다양성은 근원암의 차이와, 다양한 정도의 분별 결정작용으로 해석 되고 있다.

유라시아로부터 일본 열도의 분리를 근거로 했을때 신생대 제 3 기의 화성활동은 초기의 안산암질 화성 활동, 이후의 일시적인 판 이동의 변화 때문에 발생한 침하 활동의 일시적 정지, 그리고 이어지는 알칼리 현무암의 분출로 설명이 되고 있다.

본 연구 결과를 제 3 기의 마이오세 화산 암류와 비교 했을때 한국 남부에 분포하는 백악기 안산암류는 많은 특징에서 마이오세 안산암류와 유사한 특징을 보인다고 볼 수 있다. 하지만 매우 낮은 마그네슘비 함량은 상부 맨틀 페리도타이트로부터 유래된 primary mantle liquid 가 아님을 언급하고, 낮고 다양한 범위의 전이 원소 함량, 두드러지게 낮은 Nb, Zr 원소 함량과 같은 지화학적 특징들은 이 암석들의 근원 마그마가 대륙지각을 통과하는 동안 매우 복잡한 혼화 및 분별 결정 작용의 영향을 받았음을 암시한다.