

## 팔공산 화강암의 암석기재 및 암석화학적 연구

최원희<sup>1</sup>, 좌용주<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 서울대학교 지구과학교육과 (wonychoe@snu.ac.kr)

<sup>2</sup> 경상대학교 지구환경과학과

### 1. 서언

최근 화강암의 성인에 있어서 포획암(enclave)의 존재가 매우 중요시 되고 있다. 세계적으로 다양한 형태, 크기, 조성의 포획암이 존재하며 마그마 기원의 포획암 대부분은 펠식 마그마와 염기성 마그마의 불균질 혼합(mingling)으로 설명하고 있다.

우리나라의 화강암에도 이러한 포획암이 존재하나 최근에 이르러 연구가 수행되고 있다 (김중선 외, 1998, 2000; 김춘식 외, 1999; 김중선과 이준동, 2000; 좌용주와 김건기, 2000, 2001).

경상분지 중서부에 위치한 팔공산 화강암은 그 암체의 규모에 있어서 매우 크며 작은 크기의 포획암을 다량 포함한다. 기존 연구로는 Hong(1983)에 의한 연구가 있으나 포획암에 대한 연구는 되어있지 않다. 이 연구에서는 팔공산 화강암과 포획암에 대한 암석학적, 암석화학적 특성을 논의한다.

### 2. 일반지질

팔공산 화강암은 경상분지의 밀양소분지와 의성소분지의 경계에 위치하며 24km×10km의 암주상으로 산출된다. 1:5만 도폭으로 대울, 대구, 신령, 영천에 걸쳐 분포한다.

연구지역 주변에는 하부로부터 북동(N40-60E)주향, 남동(15-30)경사를 갖는 신동층군, 하양층군으로 구성되며 구성 암석으로는 연회색 사암, 세일, 이암, 장식질 사암, 역암, 탄질 세일, 적색 세일이 있다. 이들 퇴적암은 팔공산 화강암에 관입, 접촉하고 있으며 열변성에 의해 폭 1-1.5km가 혼펠스화 되었다. 암체를 가로질러 서북서-동남동 방향의 좌수향 단층에 의해 약 5.5km 이동되었다(장기홍과 박순옥, 1997).

야외조사 결과 팔공산 화강암은 조립질 반상 흑운모-각섬석 화강암, 중립질 흑운모 화강암, 반화강암으로 구성되나 전자의 두 화강암은 점이적이며 반화강암과는 점이적이거나 관입관계를 보인다.

### 3. 암석 기재

조립질 반상 흑운모-각섬석 화강암은 팔공산 화강암을 이루는 주된 암상이며 큰 사장석 반정의 함량이 높아 crystal mush처럼 보인다. 일부 노두에서 전기석이 1cm내외의 반점상으로 산출되는 것이 특징이며 페그마타이트 전석중에는 수cm 크기의 전기석 결정이 나타나기도 한다. 주구성 광물로 사장석, 알칼리 장석, 석영, 흑운모, 각섬석 등이 있으며 인회석, 불투명 광물, 녹니석, 저어콘 등이 부구성 광물로 나타난다. 사장석은 자형, 반자형으로 산출되며 직경 5mm-11mm의 크기를 갖는다. 알바이트 쌍정을 주로 보이며 일부 페리클린 쌍정이 나타나기도 한다. 부분적으로 용리가 나타나 안티-퍼사이트를 갖기도 하며 대부분 정상 누대구조를 가지나 일부는 reversal 혹은 oscillatory zoning을 보인다. 선택적으로 견운모 화되었으며 큰 반정은 자형의 사장석, 타형의 석영을 포획하여 포이킬리틱 조직을 보인다. EPMA 결과 중심에서 안데신(An<sub>30-50</sub>), 가장자리에서는 대체로 올리고클레이스(An<sub>10-30</sub>) 조성

을 갖는다. 알칼리 장석은 5mm 이하의 크기를 가지며 타형의 퍼사이트로서 석영과 연정을 이룬다. 칼스바드 쌍정을 보이며 사장석 결정간의 간극을 채우고 있다. 용리는 대체로 string type이나 patch type도 있다. 석영은 알칼리 장석과 연정을 이루며 용식되어 나타나며 직소광과 파동소광을 보인다. 크랙이 잘 발달되어 있다. 갈색의 흑운모는 1-2mm의 자형-반자형으로 산출되며 그 보다 작은 결정은 대체로 타형으로 나타난다. 평행소광을 보이며 인회석과 저어콘, 불투명 광물을 포함하여 포이킬리틱 조직을 보여준다. 벽개를 따라 녹니석화 되었으며 일부는 연성, 전성 변형이 나타난다. 각섬석은 연한 녹색-녹색의 자형-반자형으로 1-2mm의 크기를 가지며 다소 변질되어 녹니석화 되었으며 칼스바드 쌍정을 보인다. epma 결과 이들의 조성은 중심의 마그네시오 각섬석에서 주변부의 액티놀라이트로 누대구조를 보인다.

중립질 화강암의 결정의 크기는 대체로 2mm이하로서 조립질 화강암에 비해 펠식하며 사장석 반정이 매우 적다. 무색광물로는 사장석, 알칼리 장석, 석영으로 구성되며 유색광물은 흑운모, 전기석, 불투명 광물이 있다. 자형-반자형의 사장석은 대부분은 견운모화 되었으며 알바이트, 알바이트-칼스바드, 페리클리 쌍정을 이루며 정상 누대구조를 보인다. 반자형-타형의 알칼리 장석은 퍼사이트로 산출되며 석영과 연정으로 나타난다. 하지만 조립질 화강암에서는 볼 수 없는 자형의 칼스바드 쌍정으로 나타나는 결정도 있으며 사장석 결정보다 약간 크다. 석영은 용식되어 나타나며 직소광을 보이나 크랙의 발달은 미미하다. 부분적으로 자형의 사장석을 포함하는 경우도 있다. 유색광물의 함량은 매우 적으며 거의 대부분 녹니석으로 변질을 받았다. 또한 강한 다색성을 보이는 전기석이 나타난다.

반화강암은 세립, 등립조직을 보이며 조립질 화강암을 관입하여 점이적 혹은 뚜렷한 경계를 가진다. 후자의 경계를 현미경하에서 관찰하면 반화강암보다 더 세립질의 폭 0.5mm 급 냉부가 확인된다. 무색광물은 대부분 타형의 석영과 알칼리 장석, 소량의 사장석으로 구성되며 소량의 유색광물로는 타형의 흑운모가 소량 존재한다. 또한 화강암의 기원으로 생각되는 다양한 광물 집합체가 포함되어 있다. 반화강암내에 흔히 발견되는 페그마타이트는 점이적인 관계를 보이며 페그마타이트에 가까울수록 미문상조직이 문상조직으로 변화한다.

포획암은 야외에서 직경이 20cm내외의 타원형으로 나타나며 2종류로 분류된다. 사장석 반정을 포함한 포획암은 그렇지 않은 포획암보다 더 매찍하며 세립질이다. 유색광물은 세립질일수록 각섬석의 함량이 증가하며 흑운모의 양이 감소한다. 이들 포획암내의 각섬석은 보현산 화강암에 비해 blade상의 각섬석이 현저히 적으며 변질을 많이 받았다. 암석 시료를 절단하여 단면을 확인하면 직경1mm-10mm 정도의 크기의 포획암들이 발견된다. 이들은 현미경하에서 화강암과 점이적으로 접하고 있다. 구성 광물은 자형, 반자형으로 산출되는 1mm이하 크기의 사장석과 이들 사장석의 간극을 채우고 있는 타형의 각섬석이 있으며 소량의 석영과 알칼리 장석이 있다. 사장석은 대체로 정상 누대구조를 보이며 일부 견운모화 작용을 받았다. 일부 사장석의 중심에서 래브라도라이트 조성이 나타나기도 한다. 연한 녹색을 띠는 각섬석은 에테나이트로 분류되며 일부 녹니석화 작용을 받았으며 칼스바드 쌍정을 보인다.

#### 4. 암석화학

##### 4-1. 광물화학

화강암의 사장석 반정의 주변부는 포획암과 동일한 올리고클레이스( $An_{10-30}$ )에 속하며 화강암과 포획암의 사장석 중 중심부는 래브라도라이트( $An_{50-70}$ ) 조성을 가지기도 한다. 현미경하에서 반정으로 나타나는 사장석은 누대구조가 다양하며 복합 쌍정을 보이는 것이 많다.

이러한 특징은 염기성 마그마가 화강암질 마그마에 주입된 후 반정의 이동으로 나타날 수 있으며 특히 반정의 주변부는 불규칙하며 소광에 의해 확연히 구별되어 마그마의 분화 후기에 성장했음을 알 수 있다.

자형 내지 반자형의 화강암의 흑운모는 중심부보다 주변부의 Fe/(Fe+Mg)가 약간 더 큰 화학적 누대구조를 보인다. 포획암은 조립질일수록 흑운모 함량이 증가하며 Fe/(Fe+Mg)가 화강암의 주변부와 거의 일치하여 평형상태에서 성장했고 이는 또한 마그마의 mingling 후물의 유입이 있었음을 지시한다.

화강암과 포획암의 각섬석은 칼식-앰피볼 그룹에 속하며 이 중 화강암의 각섬석 중심부는 마그네시오 각섬석 영역에 주변부는 양기석 영역에 도시된다. 포획암의 각섬석은 에테나이트 내지 실리식 에테나이트 영역에 도시된다. 이들 앰피볼은 에테나틱 치환에 의해 주로 성분변화를 일으켰음을 알 수 있다.

#### 4-2. 주성분 원소

연구 지역의 화강암 및 포획암은 칼크-알칼리 계열, 자철석 계열, I-type으로 분류된다. 화강암의 SiO<sub>2</sub> 함량은 68.3~78.1wt.% 이고 포획암은 53.8~61.3wt.%이다. SiO<sub>2</sub>를 분화지수로 주성분 원소의 변화도를 그리면 TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO\*, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 등의 값은 분화에 따라 감소하며 K<sub>2</sub>O는 증가한다. 그러나 Na<sub>2</sub>O, MnO는 분산되어 나타난다. 화강암과 포획암은 연속선상에 도시되어 분화에 의한 것이거나 미립의 혼합에 의해서도 이러한 경향은 나타날 수 있다.

### 5. 결론 및 토의

경상분지 중서부에 위치한 팔공산 화강암은 모드조성으로 화강암과 화강섬록암에 도시되며 칼크-알칼라인 계열, 자철석 계열, I-타입이다. 화강암과 점이적 관계를 가지는 수mm 크기의 원형-타원형 염기성 포획암이 균질하게 산출된다. 20cm이상의 포획암도 존재하는데 특히 큰 포획암들은 과냉각 정도에 따라 과냉각이 큰 세립, 등립질의 포획암과 과냉각 정도가 작은 중립질로 나뉜다. 전자는 세립의 사장석과 각섬석으로 구성되며 후자는 화강암으로부터 물질의 확산에 의해 형성된 흑운모가 많으며 사장석이나 부분적으로 용식된 석영을 xenocryst로 가지고 있다. 화강암의 유색광물은 주로 흑운모이나 미립 포획암 주변에서는 각섬석이 흔히 나타난다. 또한 반정으로 나타나는 사장석은 소광에 의해 확연히 구별되는 core를 가지며 누대구조가 매우 복잡하다. 포획암에는 과냉각에 의해 흔히 나타난다고 알려진 블레이크상의 각섬석과 침상의 인회석이 적다. 이러한 특징들은 염기성 마그마가 화강암질 마그마에 유입될 당시 두 마그마의 온도차이가 크지 않았고 마그마 챔버내에 활발한 대류와 확산에 의해 반정의 이동 및 overgrowth가 있었음을 지시한다. 마그마의 혼합은 주성분 변화도에서 잘 나타난다.

### 6. 사사

이 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (2000-2-13100-003-5)의 지원으로 수행되었다.

### 7. 참고문헌

김종선, 이준동, 2000. 거제도 화강암질암의 지화학적 특성에 의한 마그마 불균질혼합 증거 지질학회지, 36, 19-38.

- 김중선, 이준동, 윤성효, 1998, 거제도 화강암질암의 마그마 불균질 혼합 증거: 1. 그 기재적 특성. 지질학회지, 34, 105-121.
- 김중선, 이준동, 김인수, 백인성, 최보심, 2000, 울산 방어진일대 화강암내에 산출되는 포획암의 암석학적 연구. 지질학회지, 36, 73-92.
- 김춘식, 김성욱, 김근수, 김국락, 손문, 김종선, 1999, 경남 양산 원동칼데라 중앙부의 각섬석-흑운모 화강암에 나타나는 포획암의 기원: 1, 암석기재학적 및 고자기학적 연구. 자원환경지질학회지, 32, 339-351.
- 장기홍, 박순옥, 1997, 경상분지 중앙부의 구조발달사와 화산활동사. 자원환경지질학회지, 30, 143-151.
- 좌용주, 김건기, 2000, 의성분지 보현산 일대 화강암류와 포획암에 대한 암석학적 연구. 암석학회지, 9, 187-203.
- 좌용주, 김건기, 2001, 의성분지 보현산 화강암체에 나타나는 마그마 불균질 혼합의 증거. 대한자원환경지질학회 춘계 공동학술발표회 논문집, 223-224.
- Hong, Y. K., 1983, Petrology and Geochemistry of the Cretaceous Palgongsan Granite, Southern Korea. Jour. Korea Inst. Mining Geol., 16, 83-109.