

의성분지 보현산 화강암체에 나타나는 마그마 불균질 혼합의 증거

좌용주¹⁾ · 김건기¹⁾

1. 서론

화강암질 조성의 펠식한 마그마 챔버에 보다 매퓌한 마그마가 주입됨으로써 일어나는 마그마의 불균질 혼합은 매우 다양한 암상의 화강암류를 형성시키게 된다. 펠식 마그마와 매퓌 마그마 사이의 혼합과정은 역학적인 면과 화학적인 면의 양쪽에서 고찰되어야 한다. 매퓌 마그마의 주입은 펠식 마그마에 열적인 영향을 더하게 되어 마그마 챔버의 열이력을 고려하는데 매우 중요한 요소가 된다. 한편, 펠식 마그마와 매퓌 마그마 사이의 혼합은 그 둘 사이의 중간 조성의 산물(hybrid)을 형성시키기도 한다. 이 논문에서는 의성분지 보현산 화강암체에서 관찰되는 마그마 혼합에 대한 증거를 제시하고, 그 혼합 과정을 살펴보고자 한다.

2. 화강암류와 매퓌 포획암

보현산 화강암체는 의성분지 중앙부의 남동에서 북서에 걸쳐 암주상으로 분포하고 있다. 이 암체의 주 구성암석은 흑운모 화강암과 화강섬록암이다. 이 화강암체의 뚜렷한 특징 중의 하나는 매우 다양한 크기의 매퓌 포획암이 발견되는 것이다. 이 포획암은 대개 석영섬록암에서 섬록암의 조성을 띤다. 포획암의 크기 분포를 보면, 화강섬록암에서는 대개 그 크기가 작은 반면, 흑운모 화강암에서는 그 크기가 크다.

매퓌 포획암은 흔히 매퓌 미립 포획암(mafic microgranular enclave, MME)로 불리는 것으로, 그 형태와 조성에 따라 유색광물 군집, 석영섬록암, 섬록암으로 구분된다. 산출의 형태를 살펴보면 화강암류 내에 독립적인 포획체로 나타나기도 하고, 주입 암맥(injected or feeder dyke) 또는 끊어진 형태의 암맥(dismembered dyke)으로 나타난다. 이러한 산출 형태의 다양성은 화강암질 마그마 챔버와 그곳에 주입되는 매퓌 마그마 사이의 물리화학적인 차이로부터 기인한다.

때때로 펠식 마그마와 매퓌 마그마 사이의 경계부에서는 두 단성분의 혼합에 따른 중간 조성의 암상(hybrid)이 나타나기도 한다.

한편, 포획암에 나타나는 과냉각대, 석영 내부의 각섬석-흑운모 영역, 석영 또는 장석 내의 포이킬리틱 조직, 침상의 각섬석, 석영과 장석 주위에 발달한 매퓌 광물의 망토 조직 등은 두 마그마 사이의 혼합을 지시하는 기재적인 증거들이다.

3. 마그마 불균질 혼합의 화학적인 증거

펠식 마그마와 매퓌 마그마 사이의 혼합은 광물 조성, 전암 주성분 조성, 동위원소 조성 등에서 검증된다. 화강암류와 포획암의 사장석은 그 주변부 조성에서 거의 유사하다. 그러나 일부 화강암류에서는 사장석의 중심부 조성이 매우 높게 나타난다. 그리고 화강암류의 각섬석은 중심부에서 주변부로 갈수록 $Mg/(Mg+Fe)$ 비가 높아진다. 이러한 결과는 화강암류의 조암광물의 화학조성이 보다 매퓌한 마그마 조성에 의해 영향을 받았음을 지시한다.

화강암질 마그마와 보다 매퓌한 섬록암질 마그마의 혼합과정을 주성분원소에 대해 2성분 혼합 테스트의 모델을 이용하여 계산하였다. 그 결과 화강암류 중 가장 매퓌한 화강섬록암의 경우 섬록암질 마

그마 조성의 약 65% 정도 혼합되었고, 흑운모 화강암은 평균 19%, 화강섬록암은 평균 51% 정도의 섬록암질 조성이 혼합된 것으로 나타났다. 한편, 포획암의 평균 조성은 약 25% 정도의 화강암질 조성이 혼합된 결과이다. 이러한 결과는 서로 혼합된 두 마그마 사이에 부분적으로 화학적 평형이 성립되었음을 지시하는 것이다.

한편, Sr 동위원소 조성에 있어서도 두 마그마 사이에 화학적 평형이 성립된 것으로 보인다. 보현산 화강암체의 Sr 동위원소비에 따른 전암 등시선 연대는 56.8 ± 1.2 Ma를 나타내고, 그 초생값은 0.70485 ± 6 이다. 포획암의 동위원소비는 화강암체 등시선의 내삽 위치에 도시되며, 화강암체와 포획암을 모두 포함시켜 계산한 등시선 연대는 59.1 ± 2.6 Ma, 초생값은 0.70472 ± 9 이다. 이 결과는 매픽 마그마가 동시-심성 암맥(syn-plutonic dyke)로 주입되었을 가능성을 지시하는 것이다.

4. 결론 - 혼합의 과정

보현산 화강암체의 형성은 지하 얕은 곳에 있던 화강암질 마그마 챔버에 보다 매픽한 섬록암질 마그마가 주입됨으로서 이루어진 것으로 보인다. 화강암질 마그마 챔버는 부분적으로 석영과 장석 등의 결정들이 정출된 상태였을 것으로 생각된다. 보다 저온이며 고점성인 화강암질 마그마 챔버에 보다 매픽한 마그마가 여러 차례 주입되었다. 고온이며 저점성인 매픽 마그마는 챔버 내에 주입되어 들어가고, 경계부는 온도 차이로 말미암아 과냉각된다. 매픽 마그마의 계속된 주입으로 말미암아 화강암질 마그마 챔버 내부의 온도가 상승하게 되면, 매픽 마그마와 화강암질 마그마 사이의 물리화학적인 혼합은 가속화된다. 이러한 연속적인 혼합과정에서 두 단성분의 여러 중간 조성들이 만들어지게 되며, 또한 두 마그마 사이에 화학적 평형이 성립되었을 것으로 생각된다.