

경주-울산-방어진 일원의 화강암류에 대한 암석학적 연구: 마그마의 형성과 진화과정에 관하여

황병훈 · 이준동 · 김종선 · 진미정

부산대학교 지구환경과학부 지질환경과학전공(bhhwang@pusan.ac.kr)

1. 서론

경상분지 남부 유천소분지 내에는 많은 화강암질암체들이 각각 다양한 암상과 다양한 규모로 분포하고 있으며, 이들 화강암류는 백악기 하양층군의 퇴적암과 이들을 분출 또는 관입한 백악기 유천층군의 화산암류들을 관입하고 있다. 본 연구는 유천소분지 내 화강암류를 형성한 마그마의 기원과 진화과정에 대한 연구의 일환으로서, 경주-울산-방어진 지역의 화강암류에 대하여 암석기재적, 지화학적, 그리고 동위원소적 연구를 실시하였다.

연구지역 내의 화강암질암체에 대한 연구는 이미 많은 선행연구가 진행되어 왔다. 경주지역(윤성효와 황인호, 1990; 이미정 외, 1995; 고정선 외, 1996; 이준동과 황병훈, 1999), 울산지역(이윤종과 植田良夫, 1976; 이상원 외, 1992; 최선규와 위수민, 1994; 이재영과 이인호, 1995), 그리고 방어진지역(김종선 외, 2000; 진미정 외, 2002)에 대한 암석기재 및 암석화학적 연구가 있었고, 동위원소적 연구(이종익 외, 1997; 김춘식과 김근수, 1998)도 수행되었다. 그러나, 각 지역별 암체에 대한 성인연구가 활발히 진행되었으므로, 같은 암상을 보이는 방어진지역의 반상화강암과 경주 및 울산 지역의 반상화강암에 대한 성인이 서로 상이한 것으로 보고되기도 하였다. 따라서, 각 지역에 대한 기존 자료들을 비교 검토하여, 체계적인 암상분대와 각 암상들간의 관계 및 성인에 관하여 고찰해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

2. 암석기재

연구지역의 화강암체를 조직 및 광물함량, 그리고 포획암의 유무에 따라 화강섬록암, 포획암을 다량 함유한 반상화강암, 포획암을 함유하지 않는 반상화강암, 등립질화강암, 미문상화강암, 알카리장석화강암으로 분류하였다.

(1) 화강섬록암 (Granodiorite)

본암은 기연구자들에 의해 각섬석흑운모화강섬록암으로 기재되었으며, 경주지역의 토함산 암체의 동측부와 울산지역의 서측부 니전리와 옥곡리에서 소규모의 암주상으로 나타난다. 대개 암회색 내지 암록색을 띠며, 세립 내지 중립의 등립상을 나타낸다. 현미경하에서 석영, 정장석, 사장석, 흑운모, 각섬석 등이 주성분광물로 나타나며, 녹염석, 인회석, 갈럼석, 녹니석, 자철석 등이 관찰된다. 유색광물의 함량이 비교적 많으며, 흑운모와 각섬석의 반정으로 이루어진 염기성 집합체(mafic clot)가 토함산 정상부 주변 암체에 주로 나타난다. 불국사 부근의 노두에서는 염기성미립포획암(mafic microgranular enclave)과 모암의 파편인 퇴적암의 포획암(xenolith)이 함께 나타난다.

(2) 포획암을 다량 함유하는 반상화강암 (Enclave-rich porphyritic granite)

방어진지역, 경주 북부, 울산 척과리 지역에 소규모로 나타나며, 염기성미립포획암을 다량 함유하고 있는 암체이다. 방어진지역에서는 이미 마그마 불균질혼합의 산물로 보고되어 있다. 울산지역에서는 매우 변질이 심하게 진행되어서 포획암 관찰이 용이치 않다. 유체포유물 연구(양경희와 황진연, 1999)에 의하면, 울산광상 주변에 분포하는 카보내타이트 마그마에서 용리된 고압의 유체에 의한 열수변질 및 교대작용을 광범위하게 받았을 것으로 추정된다.

주로 세립질이며 석영과 라파키비조직(rapakivi texture)의 장식 반정을 함유한다. 현미경하에서 석영, 정장석, 미사장석, 사장석, 흑운모, 녹렴석, 그리고 자철석이 관찰된다.

(3) 포획암을 함유하지 않는 반상화강암 (Enclave-poor porphyritic granite)

울산지역의 울리, 가대리, 방어진 동부리 일대에 분포하고 있다. 방어진지역의 암체는 전반적으로 담홍색을 띠며 1mm 이하의 세립바탕에 정장석, 사장석, 석영, 흑운모 반정을 가진다. 현미경하에서 석영, 정장석, 사장석, 흑운모와 소량의 백운모로 구성되어 있고 이외 녹니석, 저어콘 및 자철석이 관찰된다. 곳에 따라 퍼사이트조직, 미문상조직, 그리고 라파키비조직을 보이기도 한다. 울산지역 암체는 열수변질을 심하게 받은 흔적이 나타난다.

(4) 등립질화강암 (Equigranular granite)

울산단층 주위로 널리 분포하며, 1~3mm의 중립 등립상 암체로 담홍색을 띠며, 유색 광물의 함량은 매우 적은 흑운모화강암이다. 현미경하에서는 석영, 정장석, 사장석, 흑운모, 녹니석, 녹렴석, 그리고 자철석이 관찰된다. 염기성광물로는 흑운모가 거의 대부분이다. 토함산 동남부 감산사 근처에서 화강섬록암을 관입한 흔적이 뚜렷이 나타난다.

(5) 미문상화강암 (Micrographic granite)

등립질화강암의 연변부에 국한되어 소규모로 분포한다. 등립질화강암과는 점이적으로 변한다. 육안적으로 담홍색, 세립질이며 장경 5~10mm의 미아롤리틱 정동이 잘 발달되어 있다. 현미경하에서는 석영, 정장석, 페타이트, 사장석, 녹니석, 녹렴석, 그리고 자철석이 관찰되며, 석영과 정장석의 미문상조직이 전체적으로 우세하다.

(6) 알칼리장석화강암

경주시 남산일대와 금오산 일대에만 국한되어 분포한다. 우백색 내지 회백색의 중립질이며, 일부 정동구조와 페그마타이트 기원의 거정 각섬석이 나타나기도 한다. 현미경하에서는 석영, 페타이트, 흑운모, 각섬석, 알라나이트(allanite), 녹렴석, 저어콘, 자철석 등이 관찰된다. 사장석은 오직 페타이트 내에서 용리된 엽리로만 나타나며, 입간을 충전하는 알칼리 각섬석과 철질 앤나이트를 함유하고 있다. 본암은 등립질화강암을 관입한 것으로 추정된다.

3. 지화학적 및 동위원소적 특징

주성분 및 미량성분원소의 변화양상은 화강섬록암, 반상화강암, 등립질화강암, 미문상화강암, 알칼리장석화강암 순으로 SiO₂의 함량이 증가하며, 하커도에 의한 경상분지 타지역의 화강암류의 변화패턴(진명식, 1985, 1988; 좌용주, 1999)과 유사한 연속적인 변화경향을 보여준다. 희토류원소의 변화패턴도 대체적으로 준평행한 변화경향을 보여주어, 공일공통마그마의 분화산물로 보여지기도 한다. 하지만, 야외산상과 현미경관찰을 통하여, 분화작용으로만 해석하기에는 다소 어려움이 제기된다. 특히 동위원소 연구에 의하면, 화강섬록암과 반상화강암은 후기 관입한 등립질화강암 및 알칼리장석화강암과 근원암이 달랐던 것으로 추정된다(고정선, 2001). 그러나, 각 암체의 연령에 따라, 동위원소 초생비는 달라질 수 있으므로, 보다 세밀한 연령측정과 해석이 필요할 것으로 생각된다.

4. 결과 및 토의

연구지역의 화강암질암체들은 조직과 광물함량에 근거하여, 화강섬록암, 반상화강암, 등립질화강암, 미문상화강암, 알칼리장석화강암으로 구분된다. 화강섬록암과 반상화강암은 염기성미립포획암과 염기성집합체를 가지므로 염기성 마그마에 의한 불균질혼합의 영향을 받았던 것으로 추정되며, 후기관입암상(등립질, 미문상, 알칼리장석화강암)에는 혼합의 증거가 보

이지 않는다. 화강섬록암은 상대적으로 물성의 차이가 적은 산성마그마와 염기성마그마의 혼합에 의해 형성되었으며, 반상화강암은 비교적 물성 차이가 큰 두 마그마의 불균질혼합에 의해 형성된 것으로 사료된다. 이들 염기성마그마는 70Ma를 전후한 클라판과 태평양판의 해령섭입(김옥준, 1970)에 의해 다량 공급된 것으로 추정된다. 그 이후에 결핍된 맨틀기원의 근원암의 매우 낮은비율의 부분용융으로 등립질화강암 및 미문상화강암의 산성질마그마를 형성, 관입 정지한 것으로 추정된다. 한편, 알칼리장석화강암은 이들과 같은 근원암에서 부분용융의 비를 달리하며 형성된 마그마가 지각의 혼염작용을 심하게 겪은 후 최후기에 등립질화강암을 관입한 것으로 추정된다. 그러나, 알칼리장석화강암의 성인에 관하여는 좀더 많은 토론이 필요할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- 고정선, 윤성호, 이상원, 1996, 경주 남산일대의 A-형 화강암의 암석학 및 지화학적 특성, 암석학회지, 5권, 2호, 142-160.
- 고정선, 2001, 경상분지내 남산 A-형 화강암과 경주 I-형 화강암류에 대한 광물학적, 지화학적 및 Sr-Nd 동위원소 연구. 부산대학교 이학박사 학위논문, 173p.
- 김종선, 이준동, 김인수, 백인성, 최보심, 2000, 울산 방어진일대 화강암내에 산출되는 포획암의 암석학적 연구. 지질학회지, 36(2), 73-92.
- 양경희, 황진연, 1999, 경상분지 남동부 울산 탄산염암체의 열수유체. 지구과학회지, 20(3), 242-249.
- 이미정, 이종익, 이민성, 1995, 경주지역의 A-형 알칼리화강암에 대한 광물학 및 주성분원소 지구화학. 지질학회지, 31권 6호, 583-607.
- 이상원, 이준동, 김정진, 1992, 울산-언양 지역 화강암체 주변의 퇴적암류에 대한 접촉변성작용에 관한 연구. 광산지질, 25(4), 463-477.
- 이윤종, 植田良夫, 1976, 한국 경상남도 언양도폭 및 북서부 울산도폭 지역산 화강암질암의 K-Ar 연대. 광산지질, 9(3), 127-134.
- 이종익, 이미정, 두경택, 이민성, Keisuke Nagao, 1997, 경상분지 중동부 울산-경주 지역의 화강암체에 대한 K-Ar 연대 측정. 지구과학회지, 18(5), 379-386.
- 이준동, 황병훈, 1999, 경주 남산-토함산 일원의 화강암류에 관한 암석학적 연구. 지구과학회지, 20권, 1호, 80-95.
- 좌용주, 1996, 경상분지 백악기 화강암류의 화학조성. 지구과학회지, 17(4), 318-325.
- 진명식, 1985, 남한의 백악기-제3기초 화강암류의 지화학적 연구, 제1편 : 주성분원소 지화학. 지질학회지, 21(4), 297-316.
- 진명식, 1988, 남한의 백악기-제3기 화강암류의 지화학적 연구, 제2편 : 미량원소 지화학, 지질학회지, 24(특별호), 168-188.
- 진미정, 김종선, 이준동, 2002, 방어진화강암에 나타나는 라파키비조직의 성인에 관한 연구. 암석학회지, 11(1), 30-48.
- Kim, C. S. and Kim, G. S., 1997, Petrogenesis of the early Tertiary A-type Namsan alkali granite in the Kyongsang Basin, Korea. Geoscience Journal, 1-2, 99-107.