

부산 금정산화강암체의 Rb-Sr 동위원소 조성 및 마그마 진화과정

윤성호*, 고정선

부산대학교 과학교육학부(지구과학교육전공)

1. 서론

우리나라에서는 후기 백악기에서 제3기초까지 화산암류와 화강암류가 시간과 공간적으로 매우 밀접하게 관련되어 분포하는 대규모의 화산-심성활동이 단속적으로 계속되었다. 한반도의 동남부에서는 이 화성활동에 의해서 불국사화강암류가 형성되었으며, 경상분지 동남부 부산지역에는 금정산화강암체(차문성, 1976; 손치무 외, 1978; Lee, 1980; 이윤종 외, 1999)가 북북동-남남서 방향의 양산단층과 동래단층에 규제를 받으면서 관입 정치되었다. 금정산 화강암체의 전암 K-Ar 연대는 71Ma(김옥준, 1971)와 77Ma(Lee, 1980)로 알려져 있다.

이 연구에서는 부산 금정산화강암체를 구성하는 화강암류에 대한 각 암상별로 암석화학적 특징을 파악하고, Rb-Sr 동위원소 조성을 분석하여 금정산화강암체의 진화과정을 알아보고자 한다.

2. 지질개요

본 역은 한반도 동남부에 위치하고 있으며, 1: 50,000 동래도폭의 중서부 지역을 점하고 있다(Fig. 1). 본 역의 지질은 경상누층군의 퇴적암류를 관입 또는 분출한 화산암류와 이들을 관입한 화강암류로 구성되어 있다(손치무 외, 1978; Lee, 1982).

본 연구의 대상인 화강암류는 1: 50,000 동래·월래도폭에서, 초기의 불국사 화강암류와 그 후기의 마산암류로, 분화상이 서로 다른 것으로 기재해 놓았다(손치무 외, 1978). 즉, 불국사화강암류는 화강섬록암, 각섬석화강암 및 흑운모화강암으로, 마산암류는 토날라이트, 아다멜라이트 및 미문상화강암으로 분류하고, 분화과정이 다른 암상들이 함께 존재하는 것으로 해석하고 있다.

3. 암석화학적 특성

<주성분>

부산 금정산지역 화강암류의 SiO₂ 함량은 토날라이트 59~64 wt.%, 화강섬록암 66~68 wt.%, 기타 화강암류는 72~78 wt.%이며, 전체적으로 59~78 wt.%로 중성암에서 산성암에 이르는 다소 폭 넓은 변화폭을 가진다.

SiO₂ 함량이 증가함에 따라 TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃^T, MgO, CaO는 직선상으로, P₂O₅는 다소 완만하게 점진적으로 감소하는 부(-)의 경향을 보인다. 알칼리 함량은 다소 교란되어 나타난다. 다만 화강섬록암에서 다른 화강암류로 갈수록 Na₂O는 정(+)의 상관을 보이며, K₂O는 별다른 변화 경향을 보이지 않는다. 이러한 뚜렷한 완만하게 선상(linear)을 이룬 정과 부의 상관관계와 야외에서의 점이적인 암상 변화로 미루어 보아, 금정산 화강암체의 각 암상들은 단일 화강암질 마그마 기원의 분화산물일 것으로 해석된다.

ACNK[Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)의 몰비]는 평균 1.0 이하의 값을 가지며 I-형 화강암류임

을 나타내고(Chappell, 1999), ANK는 1.0~1.7로서 메타알루미나(metaluminous) 화강암류로 분류된다.

SiO₂에 대한 Na₂O+K₂O성분도(Irvine and Baragar, 1971)에서는 모두 서브알칼리암 계열에 해당되며, AFM성분도에서는 전형적인 칼크-알칼리암 계열의 변화 경향을 보이며, 화강섬록암 → 각섬석화강암, 아다멜라이트 → 흑운모화강암 → 미문상화강암으로의 분화경향을 뚜렷이 보인다).

화강암질암의 분화지수(D.I.)가 80% 이상인 화강암류에 적용 가능한 Q-Ab-Or성분도(Tuttle and Bowen, 1958)에서 금정산화강암체를 구성하는 화강암류들은 모두 1~5 kbar에서 정지된 것으로 나타나며, 2 kbar의 포화수증기압 하에서의 Q-Ab-Or성분도에서는 약 700~720°C에서 정출된 것으로 해석된다.

4. 미량성분 및 희토류원소

금정산 화강암체를 구성하는 각 암상별로 희토류원소의 함량을 운석값(Nakamura, 1974)으로 표준화하여 그 변화 경향을 알아보면, 전체적으로 경희토류원소가 중희토류원소에 비하여 부화되어 있는 특성을 보이며, 토날라이트(a)에서 화강섬록암(b), 각섬석화강암(c), 흑운모화강암(e) 및 미문상화강암(f)로 감에 따라 Eu의 부(-)이상이 증가함을 잘 보여준다.

또한, 일부 희토류원소를 포함하여 미량원소의 변화 경향을 MORB 값으로 표준화하여 고찰해 보면, 전체적으로 LIL원소가 부화되어 있고, 섭입대에 연관된 대륙연변호나 도호에서 특징적으로 나타나는 Nb, P, Ti의 부(-) 이상이 잘 나타난다. 토날라이트에서 화강섬록암, 각섬석화강암, 흑운모화강암 및 미문상화강암으로 감에 따라 이들의 부(-)이상은 커지고, 이와 함께 Sr의 부(-) 이상도 증가한다. 이는 사장석의 분별정출작용이 금정산화강암체의 진화에 기여하였음을 암시하는 것이다.

5. 조구적 위치

금정산화강암체를 형성한 마그마의 지체구조 위치를 알아보기 위하여 화강암류에 적용하는 Nb-Y판별도와 Rb-(Y+Nb) 판별도에 도시하여 알아보면, 각 화강암류들은 모두 VAG(화산도호화강암) 영역에 도시된다. 이는 금정산화강암체를 포함하는 한반도 남동부 지역에 분포하는 백악기 화강암류가 판구조론과 관련있는 호상열도나 압축응력장이 작용하는 대륙 주변부 대륙연변호 환경하에서 형성되었음을 시사한다.

6. 토의 및 결론

SiO₂에 대한 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 초생비의 상관도에서도 금정산화강암체의 각 암석들은 지각물질의 동화에 의한 혼합작용(assimilation)이 거의 없이 화강암류로부터 각섬석화강암, 아다멜라이트 및 흑운모화강암, 미문상화강암으로 사장석의 분별결정화작용(fractional crystallization)에 의해 진화하였음을 잘 보여준다.

부산 금정산화강암체는 Rb-Sr전암 등시선 연대 측정 결과 69.6±1.9 Ma로 백악기말 유라시아대륙 동연부의 대륙연변부를 따라 형성되었던 도호에서의 마그마 작용으로 형성되었음을 보여준다. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr초생비는 0.70503±0.00015로 맨틀 또는 하부지각의 화성암의 부분용융

으로 만들어진 I-type의 마그마로부터 유래되었음을 보여준다. 금정산화강암체내의 흑운모의 K-Ar연대가 66.7~59.9Ma, 알칼리장석의 K-Ar연대가 53.0~50.5Ma로 보고되어 있으므로, 금정산화강암체는 약 70Ma에 양산단층과 동래단층 사이에 관입 정치된 후 비교적 빨리 냉각된 것으로 판단된다.

7. 참고문헌

- 김옥준, 1971, 남한의 신기 화강암류의 관입 시기와 지각변동, 광산지질, 4, 1-9.
- 손치무, 이상만, 김영기, 김상욱, 김형식, 1978, 동래·월래(1:50,000) 지질도폭 설명서, 1-27. 한국자원개발연구소.
- 이윤중, 윤성효, 김상욱, 고인석, 황상구, 정원우, 김중욱, 이철락, 하야시 마사오, 1999, 부산 금정산 지역 화강암류의 저어콘에 대한 형태학적 연구, 암석학회지, 8(2), 71-80.
- 차문성, 1976, 부산지역의 불국사 산성 화성암류의 암석학적 연구, 광산지질, 9, 85-106.
- Lee, Y.J., 1980, Granitic rocks from the southern Gyeongsang basin, southeastern Korea, Part I. General geology and K-Ar ages of granitic rocks. Jour. Min. Petr. Econ. Geol., 75, 105-116(in Japanese).
- Lee, Y.J., 1982, Granitic rocks from the southern Gyeongsang Basin, southeastern Korea, Part II. Petrography and modal composition. Jour. Min. Petr. Econ. Geol., 77, 171-180(in Japanese).
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids, Geol. Soc. Am. Bull., 101, 1023-1052.
- Nakamura, M., 1974, Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites, Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 757-773.
- Tuttle, O.F. and Bowen, N.L., 1958, Origin of granite in the light of experimental studies in the system of $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O . Geol. Soc. Am. Memoir, 74, 153p.