

송림변동의 화성활동산물로 보이는 김천화강암류의 암석화학

윤현수*, 홍세선, 유장한

대전시 유성구 가정동 30, 305-350, 한국지질자원연구원 (hyuns@kigam.re.kr)

1. 서론

김천화강암류는 영남육괴의 중심부인 김천일대에서 선캠브리아기의 편마암류를 관입하며 북동향으로 넓게 분포한다. 이 암류는 모드분석과 구성광물의 특성에 의하여 대체로 암체의 중심부와 동·서 양측의 주변부를 이루는 흑운모 화강암-화강섬록암 (Cgd)과 각섬석-흑운모 화강섬록암 (Mgd)으로 각각 구분된다.

Mgd는 거의 회색을 띠며, 남동부와 북서측 주변부에서 중립질을 이루기도 하나 대체로 조립질이 우세하다. 유색광물 포획체 (mafic enclave)가 수십 cm 크기로 국부적으로 종종 발달하며 각섬석, 흑운모와 스펀을 수반한다. Cgd는 Mgd와 점이적 관계를 이루며 곳에 따라 반정질, 세립질과 조립질을 이루나 중립질이 우세하다. 그리고 유색광물 포획체의 산출빈도와 크기가 Mgd에서 보다 훨씬 감소하며 흑운모와 스펀을 수반함이 특징이다.

이 지역과 관련하여 김상욱 외 (1989)는 암체의 주변부와 중심부에 분포하는 이들의 지질시대를 각각 시대미상과 쥬라기로 보고한 바 있다. Lee et al. (1990)은 이 곳의 북동부 지역에 분포하는 화강암질 편마암, 석영섬록암과 흑운모 화강암에 대한 주성분 화학 및 저어콘의 형태학적 연구를 수행한 바 있다.

2. 연구 및 실험방법

이 연구에서는 Mgd와 Cgd의 암석광물학적 산출특성, 접촉관계, 광물조성 차이 및 모드 분석 등을 실시하였다. 주원소, 미량원소 및 희토류원소 등의 암석화학적 특성을 통하여 마그마 분화경향, 암석계열 그리고 단일 또는 별개의 암체인지를 연구하였다. 더불어 마그마 기원, 성인 및 지구조적 생성환경 등을 밝혔다. EPMA 분석으로는 조성광물의 화학 성분을 비교하여 보았다. 대표적인 시료의 흑운모 연령측정 (K-Ar)을 실시하여, 이들의 정치시기를 해석하였다. 암상변화가 뚜렷한 Cgd에서 한 개 그리고 Mgd에서 두 개 등 모두 세 개의 대표시료를 택하였다.

주원소 성분 중에서 FeO는 습식법으로, 그리고 나머지는 XRF로 분석되었다. 미량원소 성분 중에서 Rb은 INAA에 의해 그리고 기타 성분은 ICP-AES로, 그리고 REE는 ICP-MS로 분석되었다. 이들 암석화학 성분과 K-Ar 흑운모 연령은 질량분석기 (SGA 6"-600)로 우리 연구원에서, 그리고 EPMA는 고려대 전략광물자원연구센터에서 분석되었다.

3. 결과

김천화강암류는 편마암 복합체와의 인접한 서부의 Mgd, 그리고 북동부에서 화강암질 편마암과 인접한 Cgd에서는 부분적으로 엽리구조를 이룬다. 이는 이 암체의 유동관입시에 주변의 변성암과의 접촉영향에 의한 것으로 해석된다.

Mgd는 석영, 사장석, 알칼리 장석, 흑운모, 각섬석, 녹니석, 인회석, 스피넬, 저어콘, 녹염석, 갈염석과 불투명광물 등으로, 그리고 Cgd는 석영, 사장석, 알칼리 장석, 흑운모, 백운모, 인회석, 스피넬, 저어콘, 녹염석, 갈염석과 불투명광물 등으로 구성된다. Cgd에서도 국부적으로 소량의 각섬석이 관찰된다.

이 암류의 흑운모 연령 (K-Ar 법)은 Cgd가 197 ± 3 Ma, Mgd가 200 ± 3 Ma와 207 ± 3 Ma로서 쥬라기 초기-트라이아스기 말기 (Odin et al., 1982; Palmer, 1983)에 해당한다. 흑운모의 폐쇄온도 (Jager, 1979)로 미루어, 이들의 관입정지시기는 한반도 내에서 트라이아스기 말에 일어난 송림변동기의 화성활동산물로 해석된다.

각섬석은 김천화강암의 연변부 (Mgd)에서만 산출된다. 각섬석은 Mgd에서 자형으로 다른 광물들과 비슷한 크기로 산출되는데 암체 내에서는 안쪽 (Cgd)으로 올수록 각섬석은 거의 산출되지 않는다. 그러나 Cgd에서 매우 소량의 각섬석이 한두시료에서 관찰되기도 하는데 세립질이며 박편에서 1~2 입자만 관찰될 정도로 산출빈도가 적어진다. IMA에 의한 각섬석 분류 (Leake, 1997)에 따르면 $Ca_B \geq 1.50$, $(Na+K) < 0.5$, $Ca_A < 0.5$ 로서 모두 calcic amphibole에 속하며 $Mg/(Mg+Fe)$ 비는 0.5~0.7 사이로 제한된 범위를 나타내며 Mgd와 Cgd 모두 magnesiohornblende 영역에 도시된다.

화강암체에서 흑운모의 조성변화는 암석의 분화를 지시하는 중요한 요인이 된다. 또한 화강암체를 분류하는 인자로서 사용되기도 한다. Cgd의 흑운모는 total Al 2.7~2.8내외, $Fe/(Fe+Mg)$ 0.40~0.48의 값을 보이며 Mgd의 흑운모는 total Al 2.7내외, $Fe/(Fe+Mg)$ 0.5내외로 Mgd의 비가 Cgd의 비보다 약간 높은 값을 나타낸다.

이 암류의 SiO_2 함량은 61~72 wt.%로서 다소 넓은 변화폭을 가지며, Mgd는 63~68 wt.% (평균 65 wt.%)로 대부분 중성암에 그리고 Cgd는 67~72 wt.% (평균 70 wt.%)로 모두 산성암에 해당한다. A/CNK의 몰비는 0.87~1.19 (평균 1.06)의 값을 가지며 Mgd는 과알루미나암질에, Cgd는 과-저알루미나암질에 해당한다. SiO_2 대 주원소, SiO_2 대 미량원소 그리고 Ba-Sr-Rb (Bouseily and Sokkary, 1975) 등의 관계도에서 대부분 단일암체의 분화양상을 가지며, AMF 삼각도에서 켈크-알칼리계열에 속하며 주변부에서 중심부로의 분화경향을 뚜렷이 보인다.

이 암류는 K/Rb 대 Rb/Sr의 관계도 (Strong and Hanmer, 1981)에서 상이한 성분보다는 비교적 고정된 근원성분의 점진적 용융의 경향을 보인다. (Qz+Af) 대 Op의 모드관계도에서 대체로 그리고 $Fe^{+3}/(Fe^{+3}+Fe^{+2})$ 는 Cgd와 Mgd가 0.40과 0.49로서 모두 자철석계열 (Ishihara, 1977)에 해당한다. 광물학적으로 각섬석, 스피넬을 수반하며 흑운모 내에 미립의 인회석이 함유되어 I-형 (Chappell and White, 1974)의 특성을 가진다. A/CNK의 평균 몰비, K_2O 대 Na_2O 의 관계도, Fe_2O_3 대 FeO의 관계도와 ACF 삼각도에서 모두 I-형 (Hine et al., 1978)의 특성을 가진다. 이들은 Rb 대 Y 그리고 Rb 대 (Y+Nb)의 관계도(Pearce et al.,

1984)에서 거의가 각각 VAG+syn-COLG과 VAG 영역에 도시된다. 콘드라이트값 (Taylor and McLennan, 1985)으로 표준화한 REE 변화도에서 LREE에서 HREE로 갈수록 점진적으로 뚜렷이 결핍되며 LREE는 거의 동일선상으로 분포하는 경향을 가지며, 모두 미약한 Eu의 부이상을 보인다.

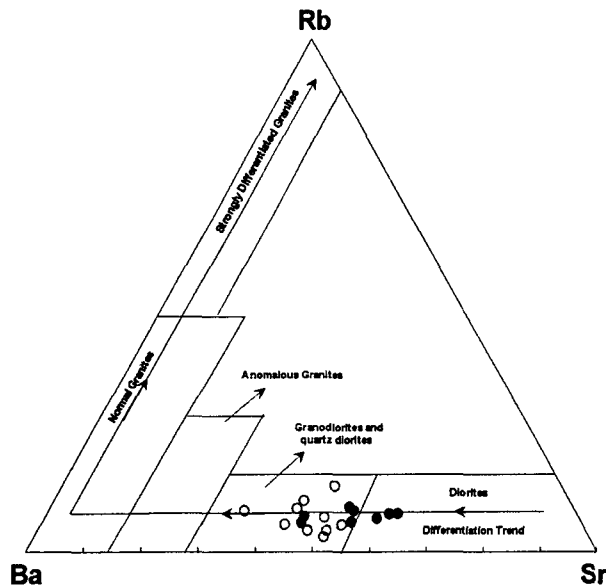


Fig. 1. Rb-Sr-Ba diagram for the granitic rocks. Open and closed circles are Cgd and Mgd, respectively

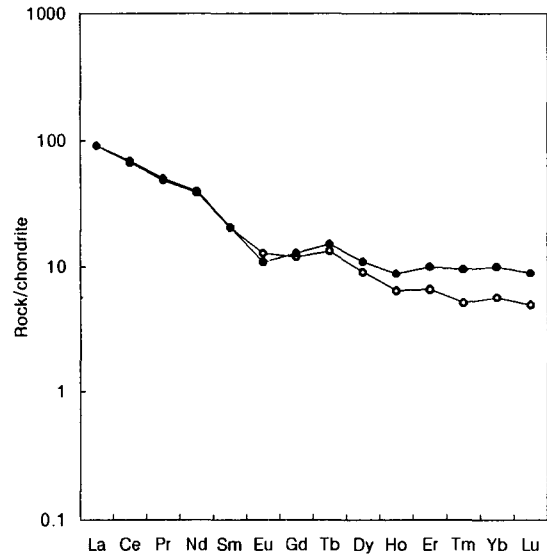


Fig. 2. REE abundances normalized to chondrite value. Symbols are the same as in Fig. 1.

4. 결론 및 토의

김천화강암류는 모드분석과 구성광물에 의하여 중심부의 흑운모 화강암-화강섬록암 (Cgd)과 양 주변부의 각섬석-흑운모 화강섬록암 (Mgd)으로 구분된다. 이들은 점이적 관계를 이루며 편마암류와의 인접부에서는 부분적으로 엮리구조를 보인다. 구성광물은 석영, 사장석, 알칼리 장석, 흑운모, 토백운모, 토각섬석, 토녹니석, 인회석, 스피넬, 저어콘, 녹염석, 갈염석과 불투명광물 등이다.

Nachit et al. (1985)의 Al_{total} -Mg의 그림에서 보면 Mgd와 Cgd 모두 칼크-알칼리 계열로 분류되며 또한 암체의 분화가 진행됨에 따라 Al은 부화되고 Mg는 점차 감소하는 완만한 경사도를 갖는 경향을 나타낸다. 또한 이들은 동일 분화된 화강암체의 경우 Al과 Mg는 동시에 분화될 것이므로 완만한 Al과 Mg의 성분 진화경로를 보일 것이며 급한 경사도를 보이는 경우는 단일 폐쇄계에서의 분별작용에 의한 것으로 생각하기는 어렵다고 하였다.

흑운모 연령 (K-Ar 법)은 197~207 Ma로서 쥬라기 초기-트라이아스기 말기에 해당하여 이들의 관입정치시기는 송림변동기로 해석된다. 그러나 전암연령 (Rb-Sr 법)과 K-Ar (각섬암류)의 연령추정 등의 비교연구로 보다 정확한 정치시기의 연구가 요망된다.

Mgd와 Cgd는 각각 대부분 중성암 그리고 모두 산성암에 해당하며, 각각 과알루미늄암

질과 과-부알루미늄이나암질에 속한다. 이 암류는 대부분 단일암체의 분화양상을 가지는 칼크-알칼리계열로서 주변부에서 중심부로 분화경향을 뚜렷이 보인다. 이 암류는 (Qz+Af) 대 Op의 모드 관계에서 대체로, $Fe^{+3}/(Fe^{+3}+Fe^{+2})$ 에서는 모두 자철석계열에 해당한다. 그리고 광물학적 산출특성 그리고 암석화학적 모식도 등으로 미루어 I-형의 특성을 가진다. Nb 대 Y, Rb 대 (Y+Nb), K/Rb 대 Rb/Sr의 관계로부터 이 암류는 섭입과 관련된 지구조적 환경 그리고 비교적 고정된 근원성분의 점진적 용융으로 형성된 마그마호의 산물이다. 콘드라이트값으로 표준화한 REE 변화도에서 LREE에서 HREE로 갈수록 점진적으로 뚜렷이 결핍되며, LREE는 거의 동일선상으로 분포경향 그리고 미약한 Eu의 부이상을 보인다.

5. 참고문헌

- 김상욱, 양승녕, 이윤중, 1989, 김천도폭 (1/5만). 한국동력자원연구소, 22p.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, 8, 173-174.
- Hine, I.S., Williams, I.S., Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1978, Contrasts between I- and S-type granitoids of the Kosciusko batholith. *J. Geol. Soc. Aust.* 25, 219-234.
- Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geol., Japan*, 27, 293-305.
- Lee, C.L., Lee, Y.J., Hayashi, M., 1990, Petrology of granites in the vicinity of Mt. Maegma-Unnam, southeast Kimchon, Korea. *J. Soc. Kor.*, 26, 527-540.
- Jager, E., 1977, Introduction to geochronology. in Jager, E. and Hunziker, J.C.(ed.). *Lectures in isotope geology*. Springer-Verlag, 1-10.
- Leake, B.E. et al., 1997, Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Can. Min.*, 35, 219~246.
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stuss, J.M. and Carron, J.P., 1985, Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 301, II, 813-818.
- Odin, G.S., D. Curry, N.H., Gale, N.H. and Kennedy W.J., 1982, The Phanerozoic time scale in 1981. In Odin, G.S.(ed.), *Numerical dating in stratigraphy*. John Wiley, 2, 957-960.
- Palmer, A.R. 1983, The decade of North American geology. 1983 geological time scale. *Geol.*, 11, 505-504.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the granitic rocks. *J. Petrol.*, 25, 956-983.
- Strong, D.F. and Hanmer, S.K., 1976, The leucogranites of Southern Brittany: Origin by faulting, frictional heating, fluid flux and fractional melting. *Can. Min.*, 19, 163-176.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985, *The Continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford., 312p.