

# 아다카이트질 화성활동과 함안-군북지역 동(-금) 광화작용

박정우<sup>1)\*</sup> · 최선규<sup>1)</sup> · 위수민<sup>2)</sup> · 유인창<sup>3)</sup>

## 1. 서론

경상분지의 남서부에 위치하며 대표적인 동광화대인 함안-군북지역에는 열수광맥형 동광상이 밀집되어있다. 광상의 금속비, 열수변질대 분포양상, 광석 및 맥석 광물조합을 근거할 때, 이 지역의 동(-금) 광상은 천부의 반심성암과 연관된 반암형 광상과 유사한 특징을 보인다. 함안-군북지역 광상의 생성환경은 마그마수가 우세한 고온성-고염농도 유체로부터 광화작용이 진행된 천부지열수계의 지질환경을 보인다(이상렬 등, 2003). 이러한 광상유형은 근지성 유형의 광화작용을 지시하며, 근접한 화강암체가 관계화성암체로 고려된다. 이 지역의 주요광산은 함안-군북-진동지역의 북부에 위치한 군북화강암체 주변부에 집중적으로 위치하는 반면, 남부에 위치한 진동화강암체 주변부에는 광화작용이 수반되지 않는다. 본 연구에서는 인접한 광상의 부존유무에 따라서 동(-금)광상의 주변에 위치한 암체를 군북화강암체, 광상이 배태되지 않는 진동지역의 화강암체를 진동화강암체로 세분하고, 두 암체의 암석·광물학 및 지화학적 특징을 비교하여, 생산성/비생산성 화강암체의 특징을 연구하였다.

## 2. 함안-군북-진동지역의 화강암체

본 지역의 화강암체는 경상분지의 퇴적암층인 하양층군의 함안층과 진동층을 관입한 천부화강암류로서, 화강암, 화강섬록암, 석영섬록암, 석영몬조섬록암, 반려암으로 구성된 복합암체이다(박희인 등, 1985; 이준동, 1991). 군북화강암체는 석영섬록암, 석영몬조섬록암, 화강섬록암의 암상을 보이며, 야외에서 다양한 크기의 포획암이 다수 확인되었다. 포획암 및 석영섬록암은 현미경 하에서 사장석의 망토조직, 석영 및 각섬석의 포이킬리틱 조직, 흑운모 및 인회석의 침상조직, 각섬석 결정에 둘러싸인 석영 오보이드(ovoid)조직 등의 마그마 불혼화 혼합의 증거가 관찰된다. 군북화강암체의 평균대자율은 약  $19 \times 10^{-3} \text{SI}$ 로 산화형에 속한다. 진동화강암체는 석영섬록암, 화강섬록암, 화강암으로 구성되며, 전체적으로 균질한 암상 및 조직을 보인다. 평균 대자율은 약  $18 \times 10^{-3} \text{SI}$ 로 군북화강암체에 비하여 약간 낮으며 산화형에 속한다.

### 2.1. 광물화학

군북화강암체 및 진동화강암체에서 선별된 시료를 택하여 각섬석, 사장석, 흑운모의 광물화학조성을 비교하였다.

두 암체의 각섬석의 화학조성은 전반적으로  $\text{Ca} > 1.5$ 로 Ca계열 각섬석 군에 속하며, 에테나이트(edenite)에 해당하며,  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 비는 두 암체에서 모두  $< 0.6$ 으로 산소분압이 높은 환경에서 생성되었음을 지시한다. 마그마의 분화 과정에서  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 비는 중심부에서 주변부로 갈수록 증가하고, 진동화강암체의 각섬석은 이러한 경향을 잘 보이고 있으나 군북지역 일부 석영섬록암 및 화강섬록암의 각섬석에서 주변부에서 낮은  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 비를 갖는 것이 관찰되었다. 각섬석 지압계를 이용하여 계산된 정치압력은 대체로 군북화강암체(0.84-1.14 kbar)보다 진

주요어: 아다카이트, 경상분지, 함안-군북-진동, Cu(-Au)광화작용

1) 고려대학교 지구환경과학과(parkjw@korea.ac.kr)

2) 한국교원대학교 지구과학교육과

3) 경북대학교 지질학과

동화강암체(1.42-1.52 kbar)에서 높게 나타나 서로 다른 정치심도를 보이고 있다.

군북화강암체의 사장석은  $An_{30.8-56.2}$ 로 대부분 안데신의 조성을 보이고 사장석 반석의 진동누대가 잘 관찰된다. 진동화강암체의 사장석은  $An_{14.5-52.3}$ 로 비교적 조성의 변화가 크다. 군북 및 진동화강암체의 흑운모는 전반적으로 금운모와 애나이트(annite)의 중간조성을 보인다. 흑운모의  $Fe/(Fe+Mg)$ 비는 진동화강암체에서는 비교적 균질하나(0.47-0.50) 군북화강암체에서는 변화폭이 크다(0.44-0.62).

## 2.2. 암석화학

군북화강암체는 55.07-68.67 wt. %의  $SiO_2$  함량으로 중성암에서 산성암의 변화양상을 보이며,  $SiO_2$  증가에 따라  $Al_2O_3$ , CaO, MgO 및  $TiO_2$ 는 감소하나  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ , MnO 및  $Fe_2O_3$ 는 뚜렷한 변화 경향이 관찰되지 않는다. 미량원소는  $SiO_2$  함량 증가에 따라 V는 감소하고 Nb는 증가하는 경향을 보이나 다른 미량원소는 분산되는 경향을 보인다. Y(14.0-26.6 ppm), Yb(1.3-2.59 ppm) 및 Sr(331-660 ppm) 함량은 일반적으로 대륙호 환경에서 산출하는 화강섬록암의 함량(Martin, 1999)에 비하여 Y 및 Yb는 비교적 낮고, Sr은 높은 경향을 보인다. 진동화강암체는  $SiO_2$  함량이 53.48-77.33 wt.%로 변화하는 넓은 범위를 보이며,  $SiO_2$  증가에 따라  $Al_2O_3$ , CaO, MgO,  $P_2O_5$ , MnO,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ 는 감소하고,  $K_2O$ 는 증가하는 경향을 보인다. 미량원소는 La, Nb, Rb는 증가하고, V 및 Eu는 감소한다. Y(24.8-36.7 ppm), Yb(2.08-4.41 ppm), Sr(82-490 ppm)의 함량은 도호 및 대륙호 환경에서 산출하는 화강섬록암의 평균 함량과 유사하다.

## 3. 토의

군북화강암류 및 진동화강암류는 주원소 및 미량원소의 지구화학적 특성에 근거할 때 칼크알칼리계열 마그마의 분화양상을 보이며, I-형, 중알루미나형 화강암류이다. 미량원소를 원시맨틀로 표준화하였을 때 관찰되는 Nb 및 Ta의 빈화화 및 Y, Nb, Rb의 상관관계는 마그마 생성 환경이 섭입대와 관련된 대륙주변부임을 지시한다. 하지만, 군북화강암체는 진동화강암체에 비하여 높은 Sr 함량과 낮은 Y 및 Yb 함량으로 아다카이트와 유사한 조성(Defant and Drummond, 1990)을 보이는 반면 진동화강암체는 전형적인 칼크알칼리계열 마그마의 조성변화를 보여 근원물질의 차이를 지시하고 있다. 또한, 군북화강암체의 지화학적 조성이 아다카이트질 마그마에서 칼크알칼리 계열 마그마로 점이적으로 변화하며, 아다카이트질 포획암과 마그마 불균질 혼합을 지시하는 암석 및 광물학적 증거에 근거할 때, 군북화강암체의 형성은 칼크알칼리인 마그마와 아다카이트질 마그마의 불균질 혼합에서 기인되었으며, 진동화강암체는 아다카이트질 마그마의 영향이 미약한 것으로 사료된다.

군북화강암체는 동(-금)광화작용을 수반하는 화성활동과 유사한 경향을 보이고 대체로 산화 환경의 마그마 조건에서 생성되었으며 광산의 인접부에 위치한다. 또한, 일반적으로 반암형 동(-금)광상과 밀접한 관련이 있는 아다카이트질 마그마의 특성을 보이므로, 함안-군북지역의 근지성, 반암형 동(-금)광상의 관계화성암으로 사료된다.

## 4. 참고문헌

- 박희인, 최석원, 장호완, 채동현 (1985) 경남 함안-군북지역의 동광화작용에 대한 연구. 광산지질학회지, v. 18, p. 107-124.
- 이상렬, 최선규, 소철섭, 유인창, 위수민, 허철호 (2003) 한국경상분지 백악기 비철금속 광화작용

- 용과 그 성인적 의미: 함안-군북-고성(-창원) 및 의성 광상구를 중심으로. 자원환경지질학회, v. 36, p. 257-268.
- 이준동 (1991) 경남 진동-마산 일대의 화강암류에 대한 암석학적 연구. 지구과학회지, v. 12, p. 230-247.
- Defant, M. J. and Drummond, M. S. (1990) Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, v. 347, p. 662-665.
- Martin, H. (1999) The adakitic magmas: Modern analogues of Archean granitoids. *Lithos*, V. 46, p. 411-429.