

龍化지역에 분포하는 백악기 花崗岩에 포함된 流體包有物에 관한 研究

尹錫台* · 朴喜寅**

Fluid Inclusion Study of the Cretaceous Granite in the Yonghwa Area

Seok-Tai Youn* and Hee-In Park**

ABSTRACT: Fluid inclusions have been studied in phenocryst quartz from the Cretaceous porphyritic granite. Three main types of fluid inclusion were found: liquid-rich inclusion (I type), gas-rich inclusion (II type) and solid-bearing inclusions (III-A, III-B). The solid-bearing inclusions (III-A, B) represent the earliest trapped fluids. They have salinities between 63 and 67.5 wt.% equivalent NaCl. These are high saline inclusions containing NaCl and KCl daughter crystals. Homogenization temperature inferred from the fluid inclusion study ranges from 620 to 700°C. Type I and II inclusions were observed within the same fracture. This cause for these differences in degree of filling is evidence of boiling. Salinities of type I and II inclusions range from 10.24 wt.% to 13.44 wt.%, from 8.4 wt.% to 11.48 wt.% NaCl equivalent, respectively.

序 言

충청북도 영동군 용화면 지역에는 분홍색을 띠는 長石 斑晶을 특징적으로 갖는 반상花崗岩이 분포하고 있다. 이 반상화강암은 흑운모의 K-Ar 절대연령 측정 결과 백악기 화강암에 속한다 (윤석태 등, 1991). 이 반상花崗岩 주변에는 소위 雪川鑛床區 (김옥준, 1971)에 해당되는 金銀鑛床들이 밀집되어 분포하고 있다. 이 지역의 금은광상에서 산출되는 견운모에 대한 K-Ar 절대연령 측정 결과 금은광화작용의 시기 역시 백악기에 해당함을 보고한 바 있다. 또 광상의 산출상태, 반상화강암의 암석및 광물화학적인 연구를 통하여 성인적인 관련성을 보고한 바 있다. (윤석태 등, 1991).

따라서 이 연구에서는 영동군 용화면에 분포하고 있는 백악기 반상花崗岩에 대한 산출상태, 광물조성, 流體包有物 연구를 실시하여 유체의 진화과정을 검토하고자 한다.

地 質

연구 지역의 地質은 선캄브리아기의 소백산 片麻岩 複合體에 속하는 片麻岩류와 앰피블라이트, 백악기의 반상花崗岩, 염기성 및 산성 맥암류로 구성되어 있다 (Fig. 1).

소백산 片麻岩 複合體는 花崗岩질 片麻岩, 미그마타이트질 片麻岩, 호상 片麻岩 등으로 구성되어 있다. 이 片麻岩류는 홍승호 등 (1980)은 호상 黑雲母 片麻岩, 윤석규 등 (1968)은 주입 片麻岩, 송용선 (1987)은 사질암원 준 片麻岩으로 표현하였다. 이 연구에서는 소백산 片麻岩 複合體로 기재한다. 이 片麻岩 複合體에는 수개처에서 소규모의 규암, 雲母 편암 등이 협재되어 있다.

雲母 편암은 石英, 長石, 黑雲母, 白雲母, 絹雲母, 녹니석, 방해석 등으로 구성되어 있는 암석으로 구성광물 중에서 石英은 편리 방향으로 신장되어 있고 長石은 거의 絹雲母화 되어 있다. 白雲母는 편리 방향으로 길게 신장되어 있으나 가끔 굴곡된 모양을 보인다. 黑雲母는 소량 관찰되는데 거의 녹니석화 되어 있다. 雲母 편암은 片麻岩류에 발달하고 있는 葉리의 주향방향과 거의 비슷한 방향으로 발달하고 있는 것이 특징이다.

앰피블라이트는 수개처에서 렌즈상으로 산출된다. 렌즈상을 보이는 암체에서 중앙부는 조립질의 광물로 구성되어 임상조직을 보이나 주변부로 가면서 세립질 광물의 양이 증가한다. 앰피블라이트는 주위에 분포하고 있는 片麻岩류와의 접촉부에서 sharp contact 를 보이고, 片麻岩류에

* 전남대학교 地球科學敎育科 (Dept. of Earth Science Education, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea)

** 서울대학교 地質科學科 (Dept. of Geological Science, Seoul National Univ., Seoul 151-742, Korea)

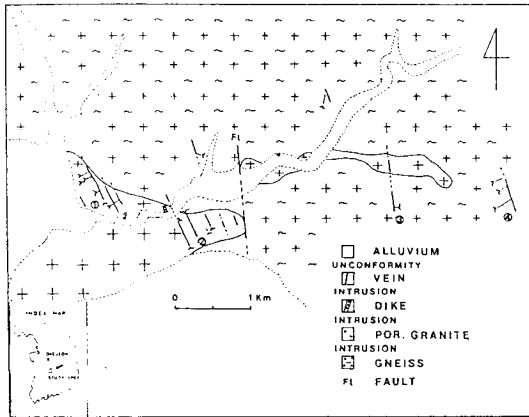


Fig. 1. Geological map of the Yonhwa area. 1; Yonghwa mine, 2; Weoljeon mine, 3; Weolseong mine, 4; Soowang mine.

발달한 엽리와 discordant한 점, 조립질이고 괴상의 형태를 갖는 것으로 보아 orthoamphibolite로 생각된다. 이 암석의 구성광물은 각섬석과 斜長石이 대부분이고, 黑雲母, 石英, 輝석, 녹니석, 絹雲母, 녹염석, 불투명광물이 소량 수반된다. 앰피블라이트는 소백산 片麻岩 複合體를 후기에 관입하고 있다.

반상花崗岩은 소백산 片麻岩 複合體와의 접촉부에서는 chilled margin을 이룬다. 구성 광물중에서 斑晶은 분홍색을 띠는 正長石, 백색을 띠는 斜長石, 비교적 투명한 石英으로 구성되어 있고, 석기는 세립질의 石英, 長石, 雲母 등으로 구성되어 있다. 암체의 중앙부에서 주변부로 가면서 전체적인 斑晶의 함량 변화는 뚜렷하지 않다. 그러나 正長石 斑晶은 증가하는 경향을 보이며 斜長石과 石英의 함량은 불규칙하다. 암체의 중앙부에서 주변부로 가면서 斑晶의 크기는 감소하며, 黑雲母는 양이 많아지는 경향이 있다. 斜長石은 대부분 알바이트이며, 일부 斜長石은 누대구조를 보이기도 한다. 斑晶을 이루는 石英은 반상花崗岩체 중앙부에서는 투명도가 낮으나 암체의 주변부로 갈수록 투명해지는 경향이 있다. 특히 수왕광산 근처의 Cupola 형태로 연장된 암체 주변부에 있는 石英이 투명도가 높아 측정하는데 용이 하였다. 반상花崗岩은 백악기 화성 활동에 수반되어 생성된 것으로 소백산 片麻岩 複合體와 앰피블라이트를 관입하였다.

그외 규장암과 산성암맥들이 수개처에서 관입암상으로 산출된다.

반상花崗岩에 포함된 流體包有物

유체포유물의 분류

流體包有物은 광상의 成因과 온도를 아는 중요한 도구로 사용되어 왔다. 그래서 광상과 관련지어 花崗岩에 포함된 流體包有物에 대한 연구가 보고되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 연구지역에 분포하는 반상花崗岩 중에 포함된 石英 斑晶을 대상으로 하여 비교적 투명한 부분을 선택하여 流體包有物 연구를 수행하였다. 石英 斑晶속에 들어 있는 流體包有物은 silicate melt가 고화될 때 trap된 melt inclusion과 斑晶이 생성된 후에 열수용액이 trap되어 생긴 流體包有物이 공존할 가능성이 있다. Roedder (1984)는 동일 結晶 내에서 melt inclusion과 aqueous inclusion이 공존하면 包有物이 trap될 때 두 유체간에 불혼화 현상 때문이라고 보고하였다. 그러나 연구 지역에서는 유리질의 結晶이 성장한 melt inclusion을 아직 확인하지 못하였으므로 측정된 것은 모두 2차 포유물로 간주하였다. 따라서 본 연구에서는 2차包有物 I을 측정 대상으로 하였다. 2차包有物 I 이외에도 선상 배열을 하거나 石英의 fracture를 따라 trap된 包有物들이 많이 함유되어 있는데 이러한 流體包有物을 2차包有物 II로 기재하였다. 따라서 본 연구에서는 심처에서 石英 斑晶이 생성된 후 석기가 생성되는 시기 또는 그 이후에 trap 되었을 것으로 추정되는 2차包有物 I의 均一化 溫도와 鹽濃도를 측정하여 반상花崗岩이 생성된 후의 post-magmatic fluid의 성분과 진화상태를 검토하였고, 2차포유물 II에 대한 균일화 온도와 염농도를 측정하여 금은광맥을 이루는 석영의 유체포유물과 비교하였다.

반상花崗岩체 중앙부에 분포하고 있는 암석중의 石英 斑晶에 포함된 流體包有物과 chilled margin에 해당하는 암석에 포함된 石英 斑晶의 流體包有物을 비교하면 流體包有物의 크기, 빈도, 유형 등이 비슷하다. 그러나 전체적으로 石英 斑晶이 클수록 流體包有物의 빈도수가 높은 경향이 있다. 유체포유물의 크기는 대부분이 5~10 μ 정도이나 chilled margin의 암석속에 들어있는 유체포유물 중에서 고상을 포함한 유체포유물은 10~20 μ 정도되는 것도 관찰된다.

石英중에 포함된 流體包有物 중에서 2차포유물 I을 실온에서 관찰하여 상의종류, 충전도 및 가열 실험과 냉각 실험시 包有物의 변화에 따라 I형, II형 및 III형 包有物로 분류하였다.

I형 包有物은 상온에서 液相과 氣相으로 구성되어 있으며 가열실험시 液相으로 균일화된다 (Fig. 2-A). 液相의 충전도는 약 70~80% 정도이며 실온이나 냉각 실험시 액체 CO₂와 CO₂ 수화물의 생성이 관찰되지 않는다.

II형 包有物은 液相과 氣相으로 구성된 包有物이며 가열실험시 氣相으로 균일화 된다 (Fig. 2-B). 液相의 충전

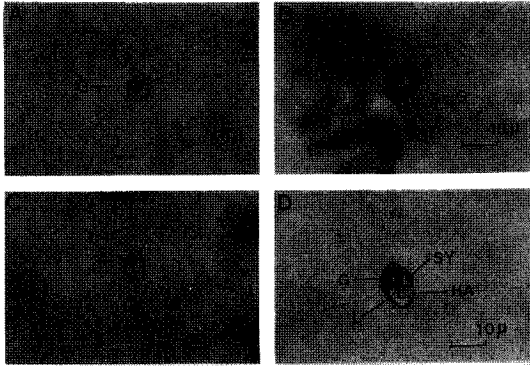


Fig. 2. Microphotographs of fluid inclusions. A; Liquid-rich inclusion (Type I), B; Gas-rich inclusion (Type II), C; Halite-bearing inclusion (Type III-A), D; Halite and sylvite-bearing inclusion (Type III-B), L; Liquid phase, G; Gas phase, HA; Halite, SY; Sylvite.

Table 1. Summary and interpretation of microthermometry results on type I and II inclusions in the porphyritic granite.

Type	Homogenization Temp.(°C)	Salinity (NaCl Equi. wt.%)	Trapping Temp.(°C)
I	444.9	12.19	660
	433.3	13.44	650
	442.6	10.24	640
	398.5	10.60	600
	456.1	10.74	670
	460.2	12.38	660
	400.3	11.24	560
II	465.0	11.23	
	477.3	8.40	
	431.3	11.48	
	425.7	9.47	
	395.0	9.12	

도는 30~40% 정도이며 실온이나 냉각 실험시 액체 CO₂ 나 CO₂ 수화물의 생성이 관찰되지 않는다.

III형 包有物은 液相, 氣相 및 固相으로 구성되어 있는 包有物로서 液相의 충전도는 50~60%이며 固相중에서 광학적으로 등방성이며 정육면체 모양의 halite 結晶을 갖는 包有物을 III-A형 (Fig. 2-C), halite 結晶과 둥근 모양을 하는 sylvite 結晶을 동시에 포함하고 있는 包有物을 III-B형 (Fig. 2-D)으로 분류하였다.

均一化 溫度와 鹽濃度

가열 실험 결과 I형 包有物의 均一化 溫度는 398.5°C 에서 470.2°C 에 해당하며 Roedder (1963)의 방법에 따라 구한

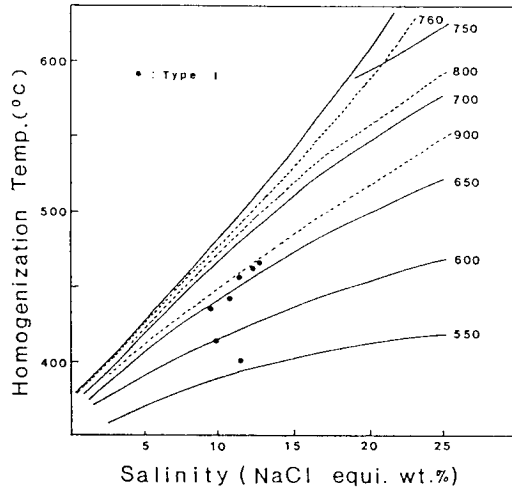


Fig. 3. Microthermometry results on type I inclusions in the porphyritic granite. *Solid curves; temperature of trapping assuming a total pressure at trapping of 1,500 bars for the pure H₂O-NaCl systems, when homogenization occurs in the liquid phase. **Broken curves; trapping temperature when homogenization occurs in the gas phase.

I형 包有物의 NaCl 상당 鹽濃度는 10.24~13.44 wt.%에 해당한다 (Table 1). 임계 온도 이상에서는 氣相과 液相의 구분이 모호하므로 均一化 溫度를 유체가 trap될 당시의 온도로 간주할 수 없다. 그래서 Olsen 등 (1984)이 제시한 그림을 이용하여 측정된 均一化 溫度와 NaCl 상당 鹽濃度를 이용하여 유체가 trap될 당시의 온도를 추정한 것이 Fig. 3이다. Fig. 3에 의하면 유체가 순수한 H₂O-NaCl계라고 가정하고 압력을 1,500 bar로 고정시킨 다음 均一化 온도와 염농도를 이용하여 trap될 당시의 온도를 추정할 수 있다. 이 때 실선은 액상으로 均一化 될 때의 곡선이고, 점선은 기상으로 均一化 될 때의 곡선이다. I형 包有物의 均一化 溫度와 鹽濃度를 이용하여 실험실에서 trap될 당시의 온도를 구하였으며 이때 임계곡선은 Sourirajan and Kennedy (1962)가 구한 값을 이용하였다. 이렇게 하여 구하여진 I형 包有物의 trapping temperature는 560~660°C 에 해당한다 (Table 1). I형 包有物의 trapping temperature를 가지고 Olsen 등 (1984)이 제시한 P-T diagram에 plot한 것이 Fig. 4이다. 이 그림에 의하면 I형 包有物을 형성한 유체는 post-magmatic fluid에 해당하며 이때의 대체적인 압력은 800~1050 bars에 해당한다.

II형 包有物은 石英 斑晶내에서 I형 包有物과 밀접한 관련이 있으며 공존하는 것으로 보아 aqueous solution의 沸騰현상에 의한 것으로 생각된다. 가열 실험 결과 氣相으로 均一化 되는데 均一化온도는 395~465°C 이며 냉각

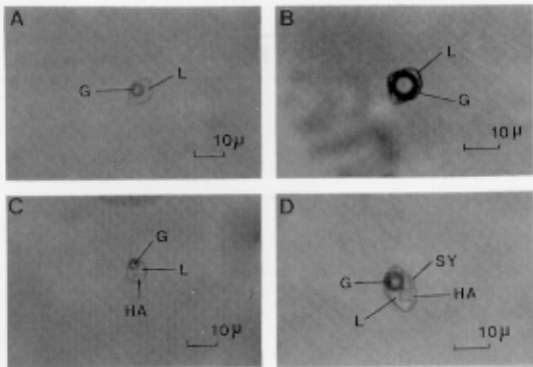


Fig. 2. Microphotographs of fluid inclusions. A; Liquid-rich inclusion (Type I), B; Gas-rich inclusion (Type II), C; Halite-bearing inclusion (Type III-A), D; Halite and sylvite-bearing inclusion (Type III-B), L; Liquid phase, G; Gas phase, HA; Halite, SY; Sylvite.

Table 2. Summary of results on type III-A and III-B inclusions of porphyritic granite.

Type	Filling temp.	T _{mNaCl}	T _{mKCl}	NaCl(wt.%)	KCl(wt.%)	K/Na	Trapping temp.
III-A	327.6	409	—	46.0	—	—	—
	460.0	372	—	41.0	—	—	—
	356.2	418	—	46.8	—	—	—
	370.0	440	—	50.0	—	—	—
III-B	473.6	495.0	167	48.0	19.5	0.32	620
	435.0	452.0	179	42.5	22.0	0.40	700
	388.3	452.7	153	43.0	20.0	0.36	660

T_{mNaCl}; Melting temperature of halite, T_{mKCl}; Melting temperature of sylvite.

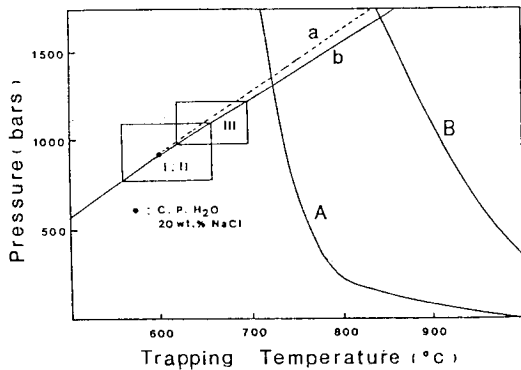


Fig. 4. Isochores for the magmatic and post-magmatic H₂O-rich fluids as observed in the fluid inclusions. A; granite solidus, B; granite liquidus, a; Isochore for critical composition of fluids, b; homogenization in the gas phase.

실험 결과를 가지고 Roedder (1963)의 방법에 따라 구한 NaCl 상당 염농도는 8.4~11.48 wt.%에 해당한다 (Table 2). Sourirajan and Kennedy (1962)는 沸騰이 일어날 때 액상과 기상 사이에 salt의 분배를 보면 액상에 농집이 일어난다고 보고 하였다. 실제로 액상으로 균일화되는 I형 包有物의 염농도는 10.24~13.44 wt.%인데 반하여 기상으로 균일화되는 II형 包有物의 염농도는 8.4~11.48 wt.%로서 기상 包有物이 낮다. 그러나 trap된 온도와 압력은 I형 包有物과 비슷할 것으로 생각된다.

III형 包有物은 가열 실험시 자세한 관찰을 하여 기상, halite 및 sylvite 등의 固相이 소실되는 온도를 측정 하였다. 가열 실험시 암염은 보통 250°C 정도에서 가장자리가 녹아 약간 둥근 모양을 하나 완전히 용해되는 온도는 400°C 이상이다. 그러나 카리암염은 160°C 를 전후하여 용해되므로 양자의 구별이 가능하다. 암염과 카리암염 외에 다른 종류의 daughter mineral은 확인되지 않았다. III-A형 包有物은 가열실험시 기상이 먼저 균일화되고 최종적으로 암염이 용해되어 완전히 균일화 된다. III-A형 包

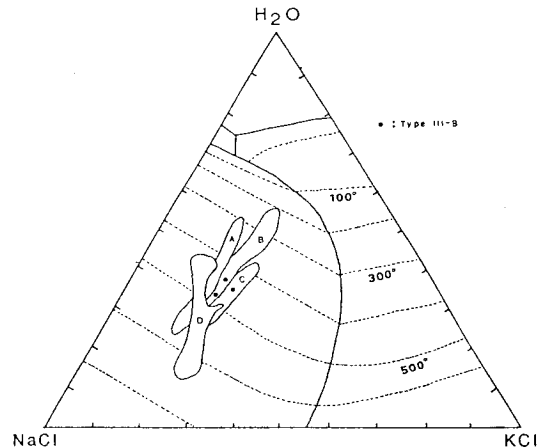


Fig. 5. Plot of microthermometric data for high salinity inclusions in the NaCl-KCl-H₂O system. A; Panguna porphyry copper deposits (Eastore, 1978), B; Naica Pb-Zn-Ag limestone-replacement deposits (Erwood et al., 1979), C; Granisle and Bell porphyry copper deposits (Wilson, 1978).

有物에 대하여 Sourirajan and Kennedy (1962)의 균일화 온도에 따른 NaCl 상당 염농도 곡선으로부터 염농도를 추정한 결과 41~50 wt.%에 해당한다 (Table 2). 이 包有物은 상온에서 암염 固相을 포함하고 있으나 카리암염의 固相은 포함하고 있지 않다.

III-B형 包有物은 가열실험시 카리암염이 먼저 용해되고 나서 400°C 근처에서 기상이 소실된 다음 최종적으로 암염이 용해되어 완전히 균일화된다. III-B형 包有物에 대하여는 암염과 카리암염이 녹는 온도를 이용하여 (Roedder, 1971. Cloke et al, 1979. Olsen et al, 1984) NaCl-KCl-H₂O 삼각도에 plot하여 NaCl과 KCl의 함량을 구한다. 이렇게 하여 삼각도에서 구하여진 NaCl의 함량은 42.5~48 wt.%이며 KCl의 함량은 19.5~22 wt.%에 해당한다 (Fig. 5).

2차 包有物 II는 石英斑晶의 fracture를 따라 trap 되었

거나 선상배열을 하고 있어 독립되어 소수가 분포하고 있는 2차包有物 I과 구별이 가능하다. 이 流體包有物의 크기는 5~10 μ 정도이며 여러 유형이 혼재되어 있다. 이러한 流體包有物의 均一化 溫度는 158~327°C 까지 다양하며 NaCl 상당 鹽濃度는 4.8~10.2 wt.%에 해당한다. 均一化 溫度와 鹽濃度를 보면 대체적으로 금은광맥을 이루는 石英脈 속에 포함된 流體包有物의 均一化 溫度와 염농도 (윤석태 등, 1991, 1993)를 종합한 것과 영역이 비슷하여 광화작용중에 반상花崗岩 내에도 광화유체가 trap 되었음을 알 수 있다.

고찰

김옥준 (1970, 1971), 이민성 (1981), 최선규 (1986) 등에 의하면 연구 지역의 금은광화작용이 유라기 花崗岩과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하였다. 이번 연구에서 백악기의 반상花崗岩에 대하여 반상花崗岩의 산출상태, 광물조성, 斑晶으로 들어있는 石英중의 流體包有物에 대한 연구를 시행하였다.

산출상태를 보면 반상花崗岩체 내나 주변부에 금은 광상이 밀집분포하고 있다. 이 반상花崗岩은 White and Chappell (1977)의 I형 花崗岩, Ishihara (1977)의 자철석계열에 해당한다 (윤석태 등, 1991). 태백산 광화대 내의 역둔 花崗岩지역에 분포하는 금은광상의 관계화성암이 I형 花崗岩이며 자철석계열에 속하는 것과 유사하다.

流體包有物 연구 결과 I형 包有物은 NaCl 상당 鹽濃도가 10.24~13.44 wt.%로 비교적 낮고, 石英 斑晶의 중앙부에 분포한다. 그리고 trap된 온도가 560~660°C로서 마그마 분화가 끝난 후에 압력이 800~1050 bar인 상태에서 마그마로부터 분리된 유체로부터 생성된 流體包有物로 생각된다. 斑晶이 생성된 다음 tectonic movement에 의하여 fracture가 생기고 마그마에서 유래된 magmatic fluid가 불혼화현상에 의하여 aqueous fluid로 분리된 다음 石英 斑晶의 fracture를 따라 NaCl 상당 鹽濃도가 63~67.5 wt.%에 해당하는 high saline한 III형 包有物을 형성하였을 것으로 생각된다. 이때의 온도와 압력조건은 620~700°C, 1000~1200 bar에 해당한다. Konnerup (1979)은 마그마에서 분리된 유체가 high saline함을 보고하였다. 전술한 바와 같이 I형 包有物과 II형 包有物은 밀접하게 공존하며 충진도의 차가 크므로 沸騰의 강력한 증거가 된다. 따라서 약 1000~1200 bar, 620~700°C의 온도와 압력조건하에서 마그마에서 분리된 aqueous fluid가 III형 包有物을 형성하고 온도와 압력이 약간 하강하면서 沸騰현상이 일어나 I형과 II형 包有物을 형성하였을 것으로 생각된다. 실제로

I형 包有物은 NaCl 상당 鹽濃도가 10.24~13.44 wt.%, II형 包有物은 8.4~11.48 wt.%로서 沸騰현상시 液相에 salt가 농집되어 I형 包有物의 鹽濃도가 상대적으로 높음을 알 수 있다. I형과 II형 包有物이 생성될 당시의 온도는 약 560~660°C로 III형 包有物의 생성온도보다 약간 낮으며 압력도 800~1050 bar로서 약간 낮아졌으며 鹽濃도는 현저하게 낮아졌다.

결론

1. 용화지역에 분포하고 있는 백악기 반상花崗岩은 산출상태로 보아 금은광화작용과 밀접한 관련이 있다.

2. 반상花崗岩의 石英 斑晶에는 I형 包有物 (液相包有物), II형 包有物 (氣相包有物), 그리고 압염과 카리아염의 固相을 갖고 있는 III형 包有物 (固相包有物)을 포함하고 있다.

3. III형 包有物의 생성온도는 620~700°C, 생성압력은 1000~1200 bar이고, NaCl 상당 鹽濃도는 63~67.5 wt.%로서 마그마에서 분리된 유체로 생각된다.

4. I형과 II형 包有物은 밀접하게 공존하나 충진도와 鹽濃도에 차이가 있어 沸騰의 증거가 된다.

5. I형 포유물의 생성온도는 560~660°C, 생성압력은 800~1050 bar, NaCl 상당 염농도는 10.24~13.44 wt.%이다.

6. II형 포유물의 생성온도는 560~660°C, 생성압력은 800~1050 bar, NaCl 상당 염농도는 8.4~11.48 wt.%이다.

7. 유체포유물 연구 결과 마그마에서 분리된 고염농도의 유체가 III형 포유물을 형성한 다음 비등이 일어나면서 저염농도의 I형과 II형 포유물을 생성하였다.

참고문헌

- 朴喜寅, 禹榮均, 李讚熙 (1987) 屯田金鑛山 南鑛床의 鑛石과 流體包有物. 鑛山地質, 제 20 권, p. 107-118.
- 宋用善 (1987) 小白山陸塊 中央部の 地質과 變成作用에 關한 研究. 서울大學校 大學院, 理學博士學位論文.
- 尹碩奎, 朴炳權 (1968) 雪川地質圖幅說明書. 國立地質調查所.
- 尹錫台, 朴喜寅 (1991) 龍化鑛山의 金銀鑛化作用. 광산지질, 제 24 권, p. 107-129.
- 尹錫台, 朴喜寅 (1993) 月城鑛山의 金銀鑛化作用. 한국지구과학회지, 제 14 권, p. 263-273.
- 李政成, 張浩完, 李龍峻 (1990) 韓半島 地殼의 進化研究: 梨木 花崗岩의 地球化學的 特徵. 地質學會誌, 제 26 권, p. 82-90.
- 崔善奎, 朴魯榮, 洪世善 (1988) 忠清道 一圓의 金·銀鑛床에 對한 鑛物學的 研究. 鑛山地質, 제 21 권, p. 223-234.
- 崔善奎, 池世定, 朴性元 (1988) 忠清北道 永同地域 金銀鑛床의 金銀鑛化作用에 關한 研究. 鑛山地質, 제 21 권, p. 367-380.
- 홍승호, 이병주, 김원영 (1980) 茂朱地質圖幅說明書. 資源開發

研究所.

- Chivas, A. R. and Wilkins, R. W. T. (1977) Fluid inclusion studies in relation to hydrothermal alteration and mineralization at the Kolaula porphyry copper prospect, Guadacanal. *Econ. Geol.*, v. 72, p. 153-169.
- Cloke, P. L. and Kesler, S. E. (1979) The halite trend in hydrothermal solutions. *Econ. Geol.*, v. 74, p. 1823-1831.
- Collins, P. L. F. (1979) Gas hydrate in CO₂-bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. *Econ. Geol.*, v. 74, p. 1435-1444.
- Crawford, M. L., Kraus, D. W. and Hollister, L. S. (1979) Petrologic and fluid inclusion study of calc-silicate rocks, Prince Rupert, British Columbia. *Amer. Jour. Sci.*, v. 9, p. 1135-1159.
- Drummond, S. E. and Ohmoto, A. (1985) Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal system. *Econ. Geol.*, v. 80, p. 126-147.
- Erwood, R. J., Kesler, S. E. and Cloke, C. L. (1979) Compositionally distinct, saline hydrothermal solutions, Naica mine, Chihuahua, Mexico. *Econ. Geol.*, v. 74, p. 95-108.
- Hass, J. L. (1971) The effect of salinity on the maximum thermal gradient other system at hydrostatic pressure. *Econ. Geol.*, v. 66, p. 930-946.
- Ishihara, S. (1981) The granitoid series and mineralization. *Econ. Geol.*, 75th Anniv. vol., p. 458-484.
- Olsen, K. I. and Griffin, W. L. (1984) Fluid inclusion studies of the Drammen granite, Oslo paleorift, Norway. I. Microthermometry. *Contr. Min. Petrol.*, v. 87, p. 1-14.
- Olsen, K. I. and Griffin, W. L. (1984) Fluid inclusion studies of the Drammen granite, Oslo paleorift, Norway. II. Gas and leachate analyses of miarolytic quartz. *Contr. Min. Petrol.*, v. 87, p. 15-23.
- Potter, R. W., II and Calif, M. P. (1977) Pressure corrections for fluid inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H₂O. *Jour. Research U. S. Geol. Survey.*, v. 5, p. 603-607.
- Roedder, E. (1962) Studies of fluid inclusion I: Low temperature application of a dual-purpose freezing and heating stage. *Econ. Geol.*, v. 57, p. 1045-1061.
- Roedder, E. (1963) Studies of fluid inclusion II: Freezing data and their interpretation. *Econ. Geol.*, v. 58, p. 667-708.
- Roedder, E. and Coombs, D. S. (1967) Immiscibility in granitic melts indicated by fluid inclusions in ejected granitic blocks from Ascension island. *Jour. Petrology*, v. 8, p. 417-451.
- Roedder, E. (1971) Fluid inclusion studies on the porphyry type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana and Climax, Colorado. *Econ. Geol.*, v. 66, p. 98-120.
- Roedder, E. (1984) Fluid inclusions. *Reviews in mineralogy*, v. 12, Mineral. Soc. America, p. 386-411.
- Sourirajan, S. and Kennedy, G. C. (1962) The system H₂O-NaCl at elevated temperatures and pressures. *Amer. Jour. Sci.*, v. 260, p. 115-141.
- Takenouchi, S. and Kennedy, G. (1964) The binary system H₂O-CO₂ at high temperatures and pressures. *Amer. Jour. Sci.*, v. 262, p. 1055-1074.

1994년 5월 25일 원고접수