韓國鑛物學會誌 第1卷 第2號(1988)
J. Miner. Soc. Korea, 1, 83-93 (1988)

언양자수정의 내포물에 관한 연구

Characterization of Inclusions in Amethysts from Eonyang, Korea

김원사(Won-Sa Kim) · 신현숙(Hyun-Sook Shin) · 이선숙(Sun-Sook Lee)

충남대학교 자연과학대학 지질학과
(Department of Geology, Chungnam National University, Dajeon, 302-764, Korea)

요약 : 경남 울주군 삼남면 일대에 분포하는 언양화강암내에 발달하는 자수정결정은 하부에서 상부로 가면서 무색수정→백수정→연수정→자수정 순으로 평행연정으로 산출되며 전체외형이 버섯모양과 흡사하다. 수정내에서 관찰되는 유체포유물은 기체포유물(G>L), 액체포유물(L>G), 함L_{CO_2} 포유물(L+G+L_{CO_2}), 함소금포유물(L+G+halite), 다상포유물(L+G+halite+sylvite±opaque mineral) 등이며, 고체포유물로는 자형의 카리장석이 무색과 백수정에, 침상의 적철석이 자수정에 특징적으로 내포한다. 유형별 유체포유물의 균일화온도 범위는 기체포유물이 320~560°C, 액체포유물이 100~290°C, 함L_{CO_2} 포유물이 200~310°C, 함소금포유물이 300~430°C, 다상포유물이 370~430°C이다. 보석으로서의 언양자수정은 액체포유물의 충진도, 적철석과 함L_{CO_2} 포유물의 출현, 그리고 얼룩말무늬가 없는 점이 브라질자수정과 다르며, 자색대상구조, 고체포유물, 함L_{CO_2} 포유물 등의 존재에 의해 합성자수정과 구별된다.

ABSTRACT: Amethysts in Eonyang Granite of Woolju-Kun, Kyungnam Province are frequently parallelly grown on top of preexisting smoky quartz crystallized on milky and colorless quartz crystals, which, as a whole, resemble "mushroom" in outer appearance. Fluid inclusions in the amethysts may be grouped into (1) gaseous inclusions (G>L), (2) liquid inclusions (L>G), (3) L_{CO_2}-bearing inclusions (L+G+L_{CO_2}), (4) halite-bearing inclusions (L+G+halite), (5) multiphase inclusions (L+G+halite+sylvite±opaque mineral). In addition, euhedral K-feldspars and acicular hematite crystals are included in colorless-milky quartz and deep purple-red quartz, respectively. Filling temperatures of each type of fluid inclusions were measured as follows: 320~560°C for gaseous inclusions; 100~290°C for liquid inclusions; 200~310°C for L_{CO_2}-bearing inclusions; 300~430°C for halite-bearing inclusions; and 370~430°C for polyphase inclusions. The finished-gem amethysts from Eonyang may be distinguished from Brazilian amethysts by the difference in filling degree of gaseous inclusions by the presence of hematite aciculae, and of L_{CO_2}-bearing inclusions, and also by the absence of Zebra-striation structure. They may also be differentiated from synthetic amethysts by presence of straight color banding, solid inclusions, and L_{CO_2}-bearing inclusions which are not found in synthetic materials.

서 언

자수정은 자주색을 띄는 수정결정을 의미하며 그 독특한 아름다움 때문에 보석 및 장신구류 제조에 널리 사용되고 있다. 세계적으로 알려진 자수정생산국은 소련, 우루과이, 브라질 등이며, 국내에서도 자수정을 포함한 백수정, 연수정 등이 전국에 걸쳐 소규모로 산출된다. 국내에서 특히 양질의 자수정이 집중분포하고 있는 지역은 경남 울주군 상북면 등억리, 삼남면 교동리, 경북 월성군 산내면 모량리 등을 포함하는 언양일대이다. 경남 울주군 상북면 등억리 일대에서 현재 제일광업사가 자수정을 대상으로 채광하고

있으며 본 광산에서 생산되는 자수정은 量과 質에 있어 국내 제일이다. 보석원석으로서의 자수정은 짙은 자주색이 균질하게 분포되어 있어야 하며 특히 적색을 함께 띄는 적자색자수정을 최고품질로 인정하고 있다. 소련의 우랄지방에서 산출되는 자수정이 이 例에 해당하며 세계에서 가장 다량 생산되는 브라질산 자수정은 그 대부분이 적색을 띄지 않기 때문에 상급품으로 취급되지 않는다. 현재 언양소재 제일광업사에서 생산하는 자수정의 상당부분이 적자색을 띄고 있어 그 품질이 국제적으로 알려져 있다.

최근 다량 수입되고 있는 브라질산 자수정이 국내에서 가공된 후 그 일부가 언양산 자수정으로 잘못 거래되는 경우도 있다고 하며 합성자수정 역시 시중에 많이 출현하고 있다. 따라서 주어진 자수정이 천연석인지 합성석인지의 판별과 천연석의 경우 그 산지, 합성석의 경우 생산국을 알아야 할 경우가 있다.

이의 판별을 위해서는 여러가지 과학적인 방법이 동원될 수 있으나 보석으로 가공, 연마된 자수정은 타 보석광물에서와 같이 비파괴법에 의해서 이루어지야 한다. 이를 위해 포유물의 종류와 특징규명을 포함한 광학적, 분광학적 분석방법이 가장 많이 사용되고 있으며 본 논문에서는 언양자수정에서 관찰되는 포유물의 종류와 특징에 대해 소개하고 이들을 타지역산 자수정과 비교하고 또한 합성자수정과도 비교해 보고자 하였다.

국내의 수정자원 분포와 개발현황에 관하여는 진수웅(1973), 조한익외(1974)의 연구조사보고

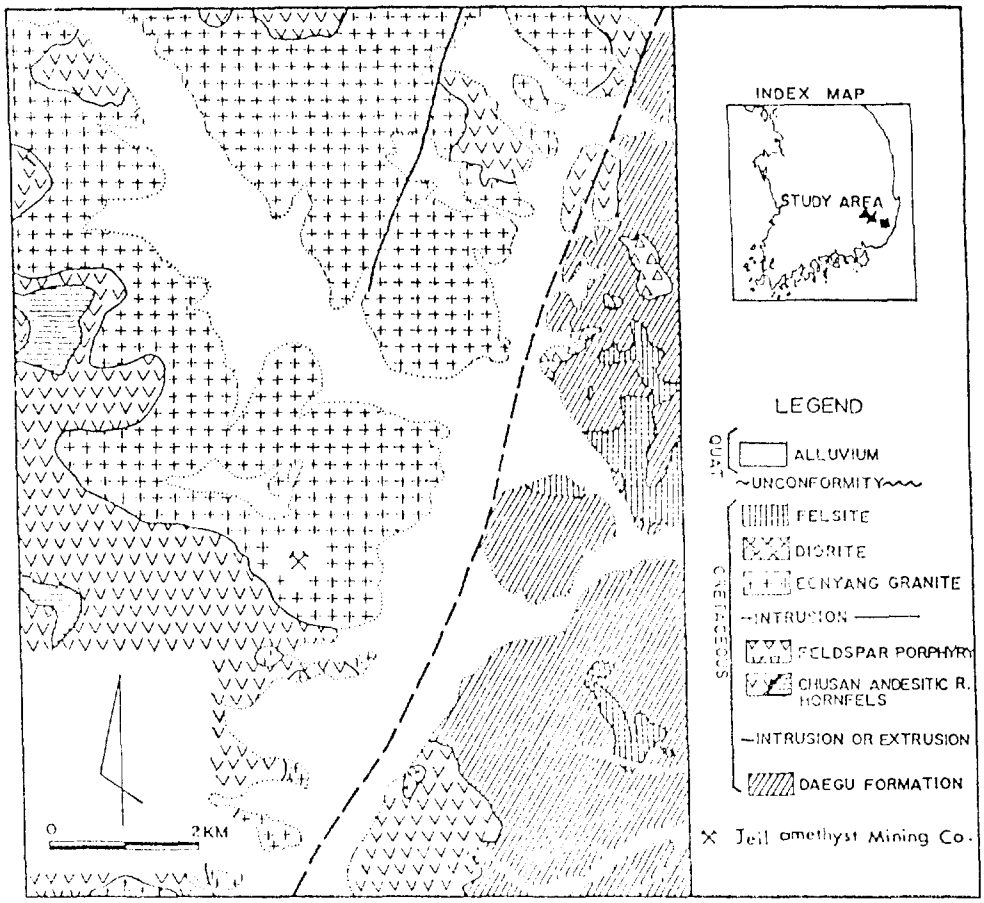

Fig. 1. Regional geology of Eonyang area(slightly modified from Lee, 1972).

가있으며 언양산 자수정의 유체포유물에 대하여는 박희인(1974), 김정진(1984), 김정진·문순미(1984) 등에 의해 연구된 바 있다.

지질 및 광산개요

본 연구대상지역의 지질에 대해서는 한국지질도 언양도폭설명서(이윤종과 이인기, 1972), 부산시일원(언양—동래지역)의 화성활동과 광화작용에 관한 연구(김정진 외, 1972), 한국 경상남도 언양도폭 및 서북부 울산도폭지역산 화강암질암의 K-Ar 연대측정(이윤종과 植田良夫, 1976), 언양 및 울산지역 화강암질암류의 암석화학적연구(이윤종, 1980) 등이 있다.

언양자수정광상부근의 위치와 지질은 Fig. 1와 같다. 이 일대는 주로 경상계 신라통의 퇴적암류(대구층이라 칭함, 이윤종과 이인기, 1972)와 이를 관입 또는 분출한 화산암류, 그리고 上記 신라통의 諸岩層을 관입한 불국사통의 화성암류로 구성되어 있다. 대구층은 언양단층 동측에 넓게 분포되어 있으며 사암, 실트스톤, 세일 등으로 구성되어 있다. 화산암류는 주로 안산암질암(주산안산암이라 칭함)이며, 소량의 장석반암이 산출한다. 불국사통의 화성암류는 주로 화강암(언양화강암이라 칭함)이며 소량의 섬록암, 규장암이 분포한다. 언양화강암은 중립질조직이 우세하나 부분적으로 반상조직 및 세립조직을 나타낸다.

자수정은 언양화강암중 특히 세립질을 보이는 암체에 발달하는 晶洞에서 산출되며(Fig. 2) 정동의 분포는 모암과의 어떠한 구조적 지배를 받지 않은 채 불규칙하게 존재한다. 정동의 크기는 다양하며 30cm×20cm 크기의 것이 가장 많다.

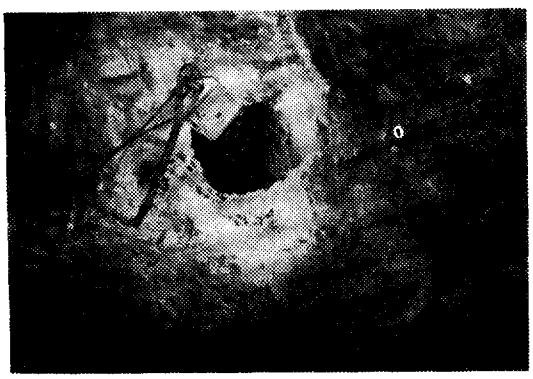

Fig. 2. Amethyst crystals in a geode found in Eonyang Granite.

자수정의 산출상태

정동에서 산출되는 자수정은 6각의 주면(柱面)과 추면(錐面)이 잘 발달한 결정들로 나타나며 대부분 다결정집합체로 산출된다. 언양일대의 자수정은 특별히 조기정출된 수정의 추면 혹은 조기정출한 수정의 추면과 주면위에 C-축 방향과 나란하게 오우버그로스(overgrowth)하며 산출하여 마치 송이버섯과 흡사한 형태를 나타내는 경우가 대부분이다(Fig. 3).

조기성장한 부분은 수정결정의 최하부에 위치

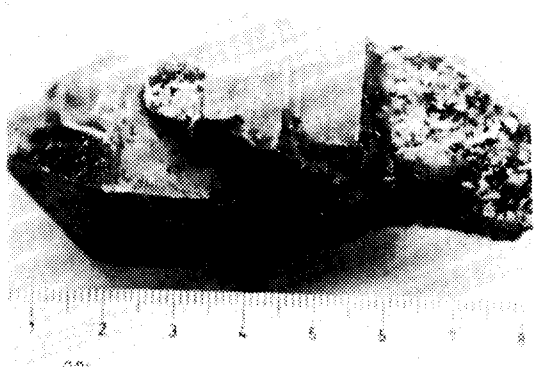

Fig. 3. Mushroom-like amethyst overgrowths on the pre-existing rock crystsls.

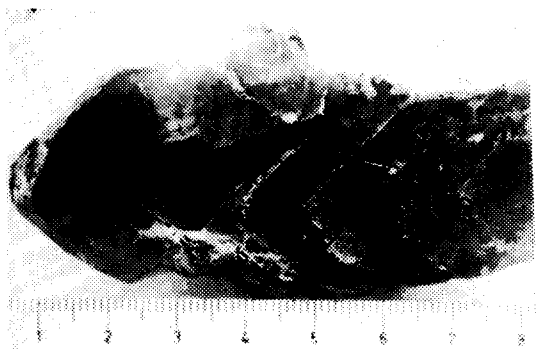

Fig. 4. Microphotograph showing successive growth marked by boundaries on pyramidal faces.

하며 無色透明하며 그 상부에 白色帶가, 그리고 그 상부에 煙色帶가 존재하며, 머리부분인 최상부에 紫色帶가 존재한다. 이러한 현상은 수정결정을 C-축 방향에 나란하게 절단한 단면에서 뚜렷이 관찰되며(Fig. 4) 자수정의 추면성장면과 나란하게 자색의 농담현상이 반복하여 발달한다. 정동의 바닥에는 괴상의 황철석이 존재하기도 한다.

포유물의 특징

유체포유물의 분류

자수정을 포함한 백수정과 연수정내에 존재하는 유체포유물의 형태를 규명하기 위하여 수정

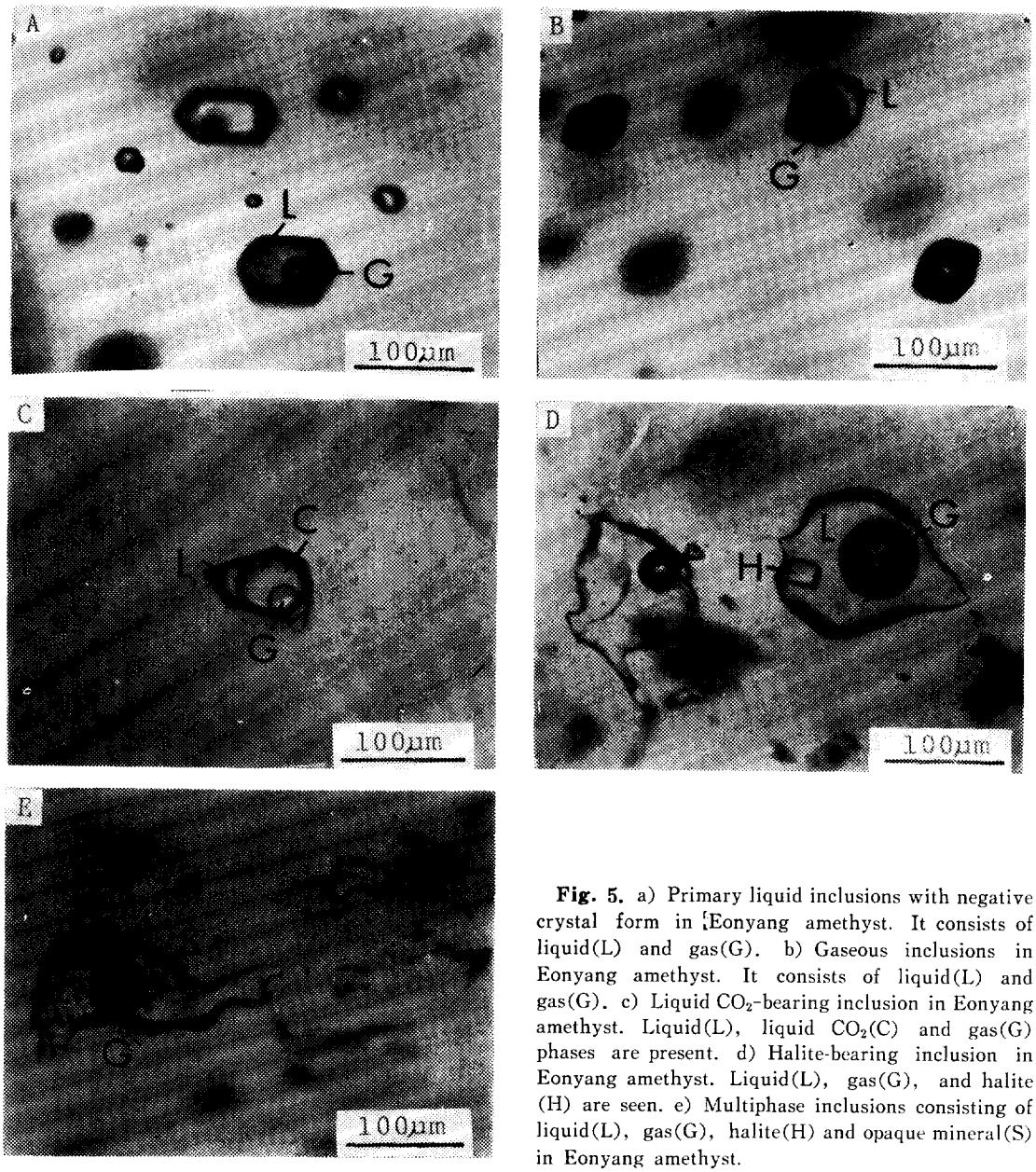

Fig. 5. a) Primary liquid inclusions with negative crystal form in Eonyang amethyst. It consists of liquid(L) and gas(G). b) Gaseous inclusions in Eonyang amethyst. It consists of liquid(L) and gas(G). c) Liquid CO_2-bearing inclusion in Eonyang amethyst. Liquid(L), liquid CO_2(C) and gas(G) phases are present. d) Halite-bearing inclusion in Eonyang amethyst. Liquid(L), gas(G), and halite (H) are seen. e) Multiphase inclusions consisting of liquid(L), gas(G), halite(H) and opaque mineral(S) in Eonyang amethyst.

의 정출과정중에 생긴 초생포유물을 대상으로 채취한 수정을 편광현미경하에서 일차 관찰한 후 다양한 두께의 수정편을 제작하여 양면연마를 실시하였다. 본 연구에 사용된 수정편의 수효는 약 200여개이다. 관찰된 유체포유물은 相(phase)의 종류, 충진도, 가열 또는 냉각실험시 나타내는 행동에 따라 다음과 같이 5가지의 유형으로 분류될 수 있다.

Ⅰ. **液體包有物**：액상(L)과 기상 (G)으로 구성된 유체포유물로써 충진도는 약 50% 이상이며 (Fig. 5a) 가열실험시 액상으로 균일화된다. 실온에서나 냉각실험시 액체 CO_2 (L_{CO_2})가 형성되지 않는다. 負結晶形(negative crystal form)을 취하는 것이 일반적이며 자수정에서 주로 관찰된다.

Ⅱ. **氣體包有物**：액상과 기상으로 구성된 유체포유물로써 충진도가 약 50% 이하이며(Fig. 5b) 가열실험시 기상으로 균일화된다. 실온에서와 냉각실험시 L_{CO_2}가 관찰되지 않는다. 백수정 또는 연수정에서 주로 관찰되는 형태이다. 부결정형 또는 장축방향을 보이는 형태를 취한다.

Ⅲ. **含 L_{CO_2} 包有物**：액상, 기상 그리고 L_{CO_2}로 구성된 유체포유물로써(Fig. 5c) 충진도는 50% 이하이며 가열실험시 액상으로 균일화된다. 실온에서 L_{CO_2}가 관찰되는 경우도 있으나 포유물을 함유한 시편을 아세톤에 담그거나 냉각실험시 L_{CO_2}가 새로이 형성되는 것도 있다. 자수정과 연수정에서 주로 관찰되며 특히 자수정과 연수정 경계부에 많이 분포한다.

Ⅳ. **含소금 包有物**：액상, 기상, 그리고 고상(固相)으로 구성된 포유물로써(Fig. 5d) 액상의 용적이 약 70% 이상을 차지한다. 固相은 입방체로 존재하며 편광현미경하에서 등방성을 띠고 가열실험시 130°~210°C에서 용해하는 것으로 보아 소금(halite) 결정으로 추정된다. 백수정에서 주로 관찰되며 연수정에서도 관찰된다.

Ⅴ. **多相包有物**：Ⅳ型 포유물과 유사하나 소금 결정으로 추정되는 固相외에도 또 다른 고상을 함유하는 형태로써(Fig. 5e) 백수정에 국한하여 관찰된다. 등방성의 고체결정으로 60~75°C에서 용해하는 것과 500°C 이상에서도 용해되지 않는 불투명광물이 존재하는 경우가 있다.

가열실험 및 결과

가열시 유체포유물에 대한 균일화온도 측정을 위해 Leitz microscope heating stage 1350을 사용하였다. 측정된 類型別 유체포유물에 대한 균일화온도는 Fig. 6과 같다. 자수정에서 관찰되는 Ⅰ형포유물의 경우 액상으로 균일화되는 온도는 100~290°C로 그 범위가 넓으며 130~140°C에

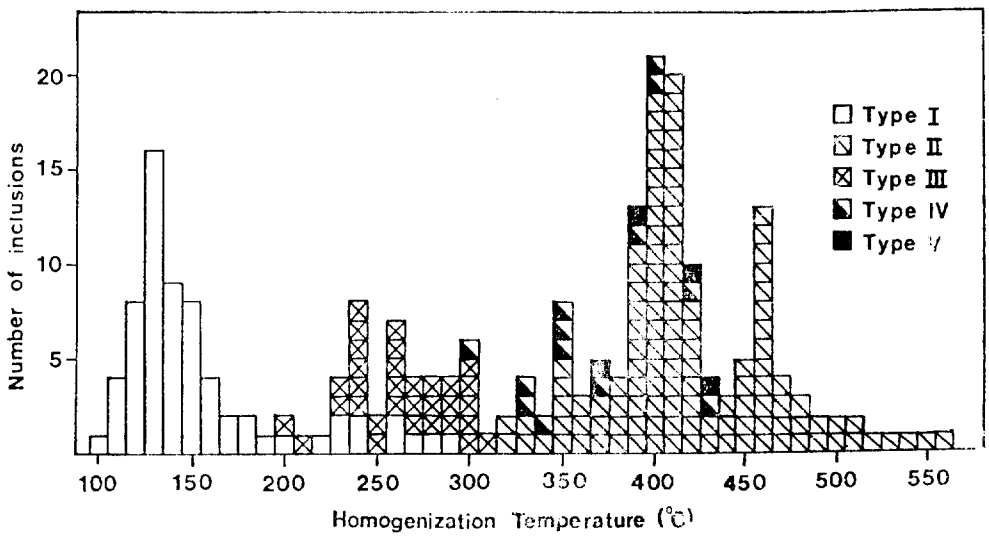

Fig. 6. Histogram of homogenization temperatures of fluid inclusions observed in Eonyang amethyst.

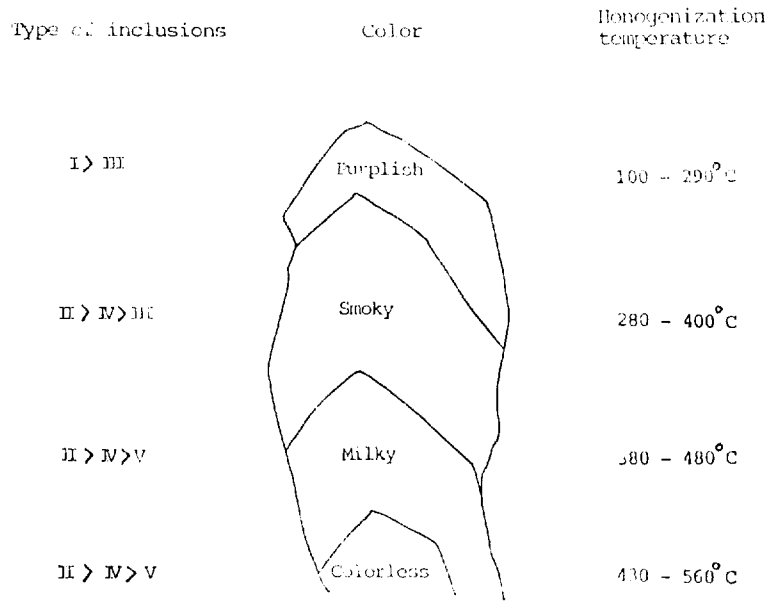

Fig. 7. Schematic diagram showing successive growth of Eonyang amethyst. Type and homogenization temperatures of inclusions in each zone are illustrated.

서 균일화되는 것이 가장 많다. Ⅱ형포유물의 경우는 320~560°C의 균일화온도 범위를 나타내며 대부분 390~430°C에서 균일화된다. Ⅲ형포유물은 L_{CO_2}가 존재하는 형태로서 L_{CO_2}는 28~29°C에서 소실되며 200~310°C 범위에서 액상으로 충진된다. Ⅳ형포유물은 액상과 기상외에 소금을 함유하는 것으로 소금결정은 130~210°C에서 용해되며 액상으로서의 균일화온도는 300~430°C 범위이다. Ⅴ형 포유물은 다상포유물로서 소금결정외에도 등방성의 6면체 결정이 있으며 이는 가열시 60~75°C에서 소실되는 것으로 보아 sylvite인 것으로 생각되며 370~430°C에서 액상으로 균일화된다. 불투명광물이 존재하는 경우는 가열시 액상으로 충진된 후 500°C까지 계속 존재하는 것으로 보아 foreign mineral인 것으로 생각된다.

정출한 수정결정과 관찰된 유체포유물의 유형, 그리고 균일화 온도와의 상호관계를 모식적으로 나타내면 Fig. 7과 같다. 즉, 수정결정하부에는 무색수정과 백수정이, 그 상부에는 연수정이, 그리고 최상부에는 자수정이 발달함을 알 수 있으며 이들은 서로 평행연정을 나타내어 수정의 정출은 무색수정→백수정→연수정→자수정 順으로 이루어진 것으로 보여진다. 충진온도 역시 하부의 무색과 백수정에서 상부의 자수정으로 변화함에 따라 감소하는 뚜렷한 경향을 보여 수정을 정출시킨 유체의 온도가 점차 하강하였음을 추측할 수 있다. 수정의 최하부에 발달하는 무색수정내에는 기체포유물이 대부분이며, 백수정에서는 halite 또는 sylvite 결정을 포함하는 포유물이 빈번히 관찰되나 상부로 갈수록 관찰되지 않는점, L_{CO_2}가 백수정에는 관찰되지 않으나 연수정과 자수정에서 관찰되는 점 등으로 미루어 보아 백수정 정출시기로부터 자수정정출시로 시간이 경과함에 따라 유체내의 염도는 감소하였고 CO_2함량은 증가하였을 것으로 추측된다.

고체포유물

적철석 : 언양자수정에서 관찰되는 특징적인 고체포유물로 針狀 또는 毛狀(Fig. 8a)의 형태가 가장 흔하며 樹枝狀(Fig. 8b) 등 다양하다. 크기는 육안으로도 관찰될 정도의 것들이 대부분이다. 이들은 자수정과 백수정에서 흔히 관찰되며 수정의 성장면에 평행하게 배열하는 경우가 많

Fig. 8. a) Hematite aciculae terminated by reddish patches resembling "flower bud and stalk" in Eonyang amethyst. b) Dendritic hematite inclusions in Eonyang amethyst. c) "Butterfly" inclusion of hematite in Eonyang amethyst. Color zoning is seen arranged in triangular sectors.

다. 불투명한 침상 또는 모상결정인 경우 한쪽 끝에 반투명 적색결정이 발달하는 것이 특징적이다. 수지상이나 기타 형태의 경우 반투명적색을 띄며 많은 경우 적색의 반투명한 부분과 불투명한 부분이 교호하는 대상구조를 나타낸다 (Fig. 8c).

이 고체포유물의 규명을 위해 현미경관찰을 실시한 후 이어서 고체포유물을 함유한 석영편을 불화수소산 용액에 넣어 실리카성분을 부분적으로 용해시켜 고체포유물의 일부분이 노출되게 하였다. 미 시편을 EDX가 부착된 전자현미경하에서 관찰한 결과 Fe가 주구성 원소임을 알 수 있었다. X선회절분석을 통한 연구를 위해 적색결정과 불투명침상결정을 각각 포함하는 미

Table 1. X-ray powder diffraction data of Eonyang amethyst containing solid inclusion.

hkl	1		2	
	d(Å)	I/I_0	d(Å)	I/I_0
100	4.26	35	4.26	35
012	3.660*	2(25)	—	—
101	3.342	100	3.345	100
104	2.690*	10(100)	2.686*	10(100)
110	2.519*	10(50)	2.511*	10(50)
110	2.459	17	2.460	17
102	2.282	17	2.280	17
111	2.238	5	2.237	5
200	2.125	10	2.218	10
201	1.980	6	1.969	6
024	1.838*	4(40)	—	—
112	1.816	15	1.816	15
116	1.689*	11(60)	—	—
202	1.672	10	1.672	10
211	1.541	15	1.543	15
113	1.543	4	1.455	4
212	1.384	8	1.381	8
203	—	—	1.376	15
104	1.282	10	1.288	3
302	1.253	2	1.256	2
220	1.226	4	1.228	4
214	1.198	4	1.199	4
114	1.183	4	1.183	4

1. Amethyst with red hematite patches.
2. Amethyst with opaque hematite aciculae.

* represents X-ray lines belonging to hematite.
Numbers in parenthesis indicate intensities of hematite alone.
CuKα radiation(λ=1.5418Å), 35KV, 25mA, 114.6mm Gandolfi camera.

세한 석영편을 분리 제작하여 직경 114.6mm 갠돌피카메라(Gandolfi camera)법을 사용하였다. 이로부터 얻어진 X선분말회절 자료는 Table 1에 나타내었다. Table 1에는 석영의 회절선도 포함되어 있다. Table 1에서 석영에 해당하는 X선회절선을 제거하면 3.66, 2.69, 2.51, 1.830, 1.689Å 등의 회절선이 적색결정에 속한 것임을 알 수 있으며 이로부터 적철석임을 알 수 있다. 불투명 침상결정의 경우(Table 1) 역시 2.686, 2.511Å 등 적철석에 속하는 X선 회절선이 측정되었다. 따라서 이상의 두 고체포유물은 적철석으로 판명되었으며 광학적으로 불투명한 침상 또는 모상의 경우 적철석과 동구조를 갖는 일메나이트의 성분원소인 Ti이 적철석의 Fe를 부분치환한 결과로 생각된다.

장석 : 장석결정은 언양자수정중 특히 백수정 또는 연수정과 밀접히 공존한다. 특히 백수정이나 연수정의 주면 외벽에 밀집 분포하는 경우가 대부분이며 백수정과 연수정 경계 부근에서 추면성장면을 따라 발달하기도 한다. 장석결정의 크기는 다양하나 대체로 1~6mm 정도이다. 수정의 주면위에 정출한 장석결정의 전자현미경하에서의 모습은 Fig. 9와 같다. 현미경 관찰에 의하면 장석결정은 카리장석으로 생각된다.

Fig. 9. SEM micrograph of feldspar crystals grown on pyramidal face of milky quartz.

고 찰

언양자수정내의 포유물은 유체포유물과 고체포유물로 구분되어진다. 평행성장된 수정결정에서 최하부의 무색투명한 부분에서는 기체포유물(Ⅱ형)이 우세하며 백수정부분에는 기체포유물(Ⅱ형) 함고체포유물(Ⅳ형), 그리고 다상포유물(Ⅴ형)이 공존한다. 연수정에서는 기체포유물(Ⅱ형), 함고체포유물(Ⅳ형), 함 L_{CO_2} 포유물(Ⅲ형)이 발견된다. 최상부에 형성된 자수정에는 액체포유물(Ⅰ형)이 우세하며 소량의 함 L_{CO_2} 포유물(Ⅲ형)이 존재한다. 이와 같은 결과는 박희인(1974)의 연구결과와 잘 일치하며 김정진 · 문순미(1984)의 연구결과와는 함 L_{CO_2} 포유물의 출현이 추가된다.

본 연구에서 얻어진 균일화온도 측정결과와 박희인(1974)과 김정진 · 문순미(1984)의 연구결과를 비교하여 Table 2에 나타내었다. 균일화온도 역시 본 연구결과는 박희인(1974)과 잘 일치함을 알 수 있으며 김정진 · 문순미(1984)는 유형별에 따른 균일화 온도를 구분하여 나타내지 않았으므로 본 실험의 결과와 비교하기 어렵다.

현재 국내에서 자수정으로써 보석으로 가공되어지는 것은 브라질산이다. 브라질자수정내의 유체포유물은 액상이 차지하는 비율이 높으며 90% 이상인 경우가 대부분이다(Fig. 10a). 균일화온도는 100~310°C 범위에 속하며 150°C 내외에서 기상이 소멸되는 경우가 가장 많다. 브라

Table 2. Comparison of fluid inclusion data available for Eonyang Amethyst.

Type of inclusions	This study	Park(1974)	Kim & Moon(1984)
Liquid inclusion (L>G)	100~290°C	132~185°C	260~360°C
Gaseous inclusion (G>L)	330~560°C	>370°C	
Multiphase inclusion (L+G+halite+sylvite±opaque mineral)	390~430°C	184~400°C(?)	
L_{CO_2}-bearing inclusion(L+G+L_{CO_2})	200~310°C	235~292°C	—
Halite-bearing inclusion(L+G+halite)	300~430°C	—	

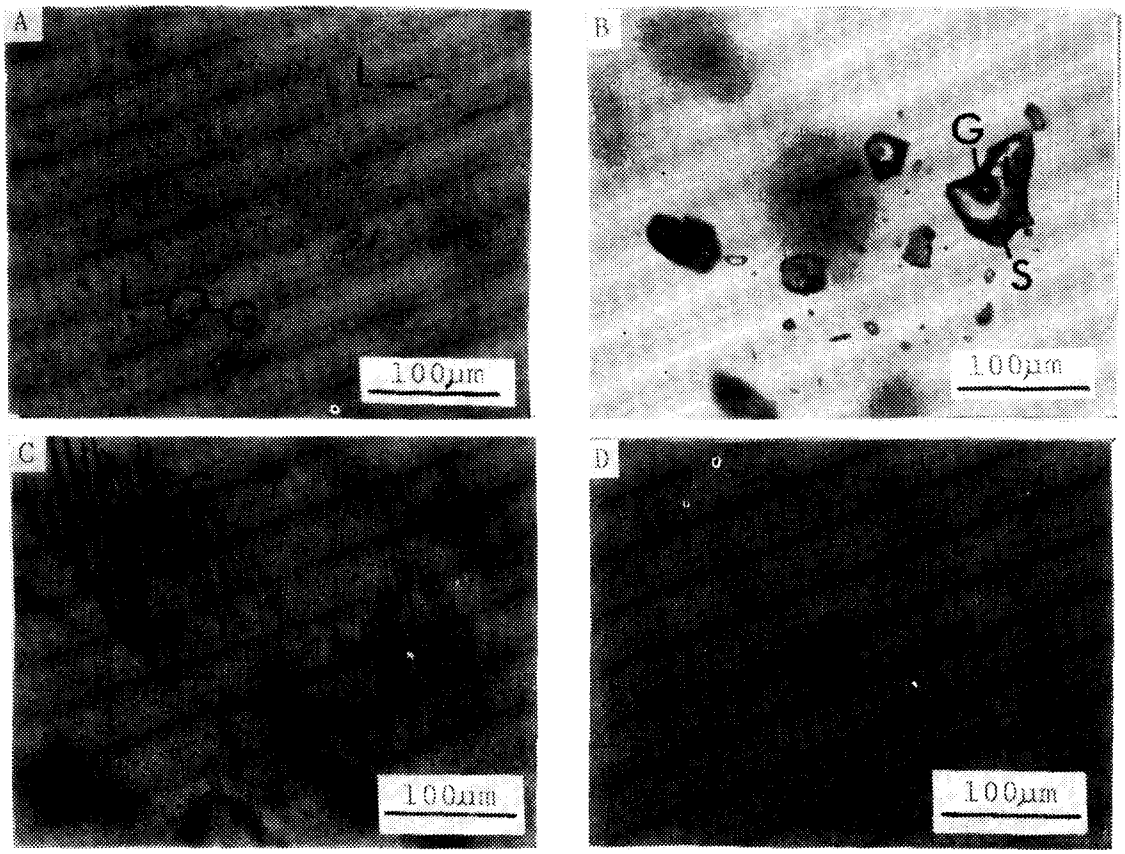

Fig. 10. a) liquid(L) and 2-phase(L+G) inclusions in natural amethysts from Brazil. b) Three-phase inclusion in natural amethysts from Sokrisan. Liquid(L), gas(G), and opaque solid(S) phases are present. c) "Zebra-striation" in Brazilian amethyst. Liquid(L) and 2-phase(L+G) inclusions in healing fractures. d) 2-phase(L+G) inclusions in Sokrisan amethyst.

질자수정내에서는 L_{CO_2}나 소금결정을 갖는 유체포유물은 발견되지 않고 기상+액상+불투명고체(Fig. 10b)가 드물게 관찰된다.

브라질자수정에서는 소위 "Zebra-striation" (Gübelin, 1974) 또는 "Tiger stripes" (Webster and Anderson, 1983)로 불리우는 액상과 기상의 유체포유물 집합체가 발견된다(Fig. 10c). 이들은 Brazil 법칙에 따른 취편쌍정(Polysynthetic twinning)이 발달할 때 생긴다고 보고되어 있으나(Trommsdorff, 1937; Gübelin, 1974) 그 특성에 대한 연구보고는 없다.

속리산자수정에는 대부분 액상과 기상으로 구성된 유체포유물이 발달하며(Fig. 10d) 상온에서는 L_{CO_2}가 관찰되지 않으나 저온(약 10°C이하)하에서는 L_{CO_2}가 출현하는 경우가 많다. 속리산자수정내 유체포유물의 충진온도는 190~330°C 범위에 속하며 대부분 200°C 내외에서 액상으로 충진된다.

본 연구에서 대상으로한 합성자수정은 소련과 한국화학연구소에서 성장시킨 것이다. 소련자수정에는 포유물이 거의 발견되지 않으나 극히 드물게 액상과 기상으로된 포유물(Fig. 11a)이 관찰된다. 한국화학연구소산 내에는 길이가 수 mm에서 수 cm에 이르는 액상과 기상으로된 포유물(Fig. 11b, Fig. 11c)이 관찰되며 이들은 육안관찰도 가능하다. 수 cm에 이르는 거대한 유체포유물에는 기상이 2개 존재하는 경우가 대부분이며 가열실험시 기상이 먼저 하나로 합하여

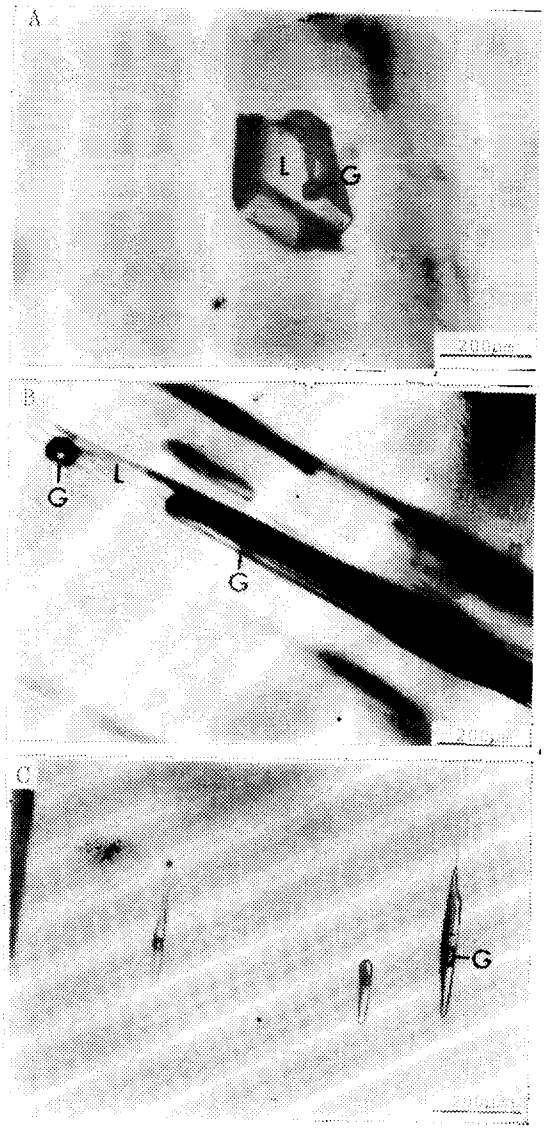

Fig. 11. a) 2-phase inclusion showing partinegative crystal form. Synthetic amethyst from U.S.S.R. b) Large elongated inclusions consisting of liquid(L) and gas(G) phases. Amethyst synthesized by Korea Institute of Chemical Technology. c) Elongated 2-phase inclusions, liquid(L) and gas(G), in synthetic amethyst from Korea Research Institute of Chemical Technology.

진 후 244～257°C에서 액상으로 균일화된다. 합성자수정내에는 L_{CO_2}나 고상포유물, 그리고 고체포유물이 존재하지 않는다. 천연자수정의 경우 성장면에 따른 색상의 변화에 의해 대상구조가

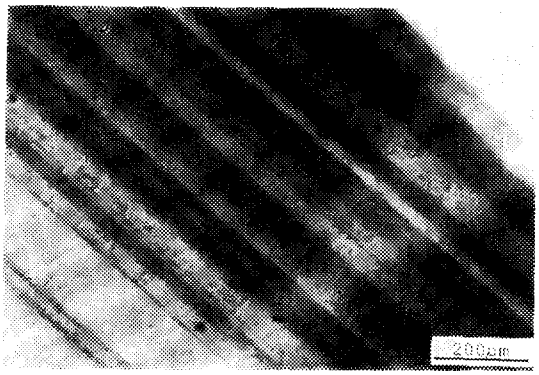

Fig. 12. Family of straight parallel growth planes marked with color-zoning in natural amethyst from Brazil.

평행직선상으로 발달하나(Fig. 12), 합성자수정의 경우 일반적으로 황수정에 래디움을 쪼여 자색으로 변색시키므로 대상구조가 전혀 관찰되지 않는다. 이점 역시 천연과 합성을 구별하는 한 증거가 될 수 있다.

결 론

1. 언양자수정은 언양화강암내에 발달한 정동내에서 산출되며 자수정은 既晶出된 최하부의 무색 또는 백수정, 中位部의 연수정에 平行連晶으로 최상부에 산출하며 一見 송이버섯모양을 한다.

2. 언양자수정내에는 기체포유물, 액체포유물, 함 L_{CO_2} 포유물, 함소금포유물, 다상포유물등의 유체포유물과 침상의 적철석, 카리장석결정이 내포물로 존재한다.

3. 유체포유물의 균일화온도범위는 기체포유물인 경우 320～560°C, 액체포유물은 100～290°C, 함 L_{CO_2} 포유물은 200～310°C, 함소금포유물은 300～430°C, 그리고 다상포유물은 370～430°C이다.

4. 보석으로 사용되는 언양자수정은 액상포유물의 충진도, 적철석과 함 L_{CO_2} 포유물의 출현, 그리고 "Zebra-Sstriation"이 없는 점으로 브라질산과 구별된다.

5. 합성자수정은 고체포유물과 색상의 대상구조, 함 L_{CO_2} 포유물, 함소금포유물 등이 존재하

지 않는 점으로 천연자수정과 구별될 수 있다.

사사 : 본 연구는 1988년도 한국과학재단 연구비지원(과제번호 881-0501-061-2)에 의한 연구결과의 일부이며 한국과학재단에 감사한다. 본 연구과정중 조언과 기기사용을 허락하여 주신 서울대학교 지질과학과 김수진 교수님과 박희인 교수님께 감사드리며 자수정광산의 항내조사 허락 및 자수정 표품을 제공하여 주신 제일광업사 고용균 사장님께 특별히 감사드리며 브라질자수정을 기증하여 주신 국제보석연구원 조기선원장님, 합성자수정을 기증하여 주신 한국화학연구소 박노학박사님께도 깊은 감사를 드린다. 고체포유물에 대한 X선회절분석을 해주신 캐나다 Carleton University의 G. Chao 교수님께도 감사드린다.

참 고 문 헌

김정진 · 차문성 · 윤현 (1972) 부산시일원(언양—동래지역)의 화성활동과 광화작용에 관한 연구. 광산지질, 5, 151-162.

김정진 (1984) 언양자수정광산에 대한 연구. 자연과학논문집(부산대), 37, 357-360.

김정진 · 문순미 (1984) 언양자수정광산의 유체포유물에 관한 연구. 자연과학논문집(부산대), 38, 263-274.

박희인 (1974) 우리나라 수정의 산출상태와 정출환경에 관한 연구. 단행본.

이윤종 · 이인기 (1972) 한국지질도 언양도폭(1 : 50,000) 설명서. 국립지질조사소.

이윤종 · 植田良夫 (1976) 한국경상남도 언양도폭 및 서북부 울산도폭지역산 화강암질암의 K-Ar연대. 광산지질, 9, 127-134.

이윤종 (1980) 언양 및 울산지역 화강암질암류의 암석화학적 연구. 광산지질, 13, 69-79.

조한익 · 고현춘 · 신가순 · 유승녕 (1974) 한국의 수정자원과 개발현황조사보고. 지질광물조사연구보고서, 2, 77-93.

진수웅 (1973) 한국 수정자원개발현황. 광산지질, 6, 127-130.

Gübelin, E. (1974) Innenwelt der Edelsteine. Düsseldorf, Hans Reich Verlag.

Trommsdorff, W.(1937) Das verhältnis der anzahl der linksquarze zu der anzahl der rechtsquarze in einer größeren menge von quarzkristallen. N. Jb. Miner., 72, Beil. Bd. A, 464-495.

Webster, R. and Anderson, B.W. (1983) Gems. Their sources, Descriptions and Identification, Fourth Edition. London, Butterworths.