

# 大華 및 敦山 重石·모리브덴 鑛床의 流體包有物

朴 喜 寅\*·崔 錫 源\*\*·金 惠 來\*

## Fluid Inclusions of Daehwa and Donsan Tungsten-Molybdenum Deposits

Hee-In Park, Suck-Won Choi and Deog-Lae Kim

**Abstract:** Mineralization of Daehwa and Donsan W-Mo deposits can be divided into three distinct depositional stages on the basis of mineral paragenesis and fluid inclusion studies; stage I, deposition of oxides and silicates; stage II, deposition of base-metal sulfides and sulfosalts with carbonates; stage III, deposition of barren calcite and fluorite. Tungsten, molybdenum and tin mineralization occurred in stage I.

Fluid inclusion studies reveal that ore fluid of stage I were homogeneous H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> fluids containing 3.5~14.6 mol % CO<sub>2</sub>. Minimum temperature and pressure of stage I ore fluids were 240°C and 500 bars respectively. Salinities of aqueous type I inclusions in minerals of stage I range from 3.7 to 7.6 wt. % equi. NaCl, whereas those of CO<sub>2</sub>-containing type III inclusions range from 0.3 to 4.4 wt. %. Temperatures of stage II ore fluids range from 200 to 305°C on the whole and salinities were in the range of 3.2~7.2 wt. %. Homogenization temperatures of fluid inclusions in calcite and fluorite of stage III range from 114 to 186°C and salinities were in the range of 0.9~4.3 wt. %.

Sulfur fugacities during stage II deduced from mineral assemblages and temperature data from fluid inclusions declined from earlier to later in the range of 10<sup>-11</sup>~10<sup>-18</sup> atm. Fluid inclusion evidences suggest that the dominance of CO<sub>2</sub> in ore fluid during W-Mo mineralization is the characteristic features of Cretaceous W-Mo deposits of central district of Korea compared to those of Kyeongsang basin district.

### 序 言

大華와 敦山 重石-모리브덴 鑛床의 鑛石과 鑛物共生關係에 對하여는 筆者等(1985)이 報告한 바 있다. 大華 重石-모리브덴 鑛床의 流體包有物에 對하여는 朴 등(1974)과 So et al. (1983)이 研究한 바 있다. 朴 등(1974)은 大華 重石-모리브덴 鑛床의 流體包有物中 含 CO<sub>2</sub> 包有物이 優勢한 것으로 보아 重石-모리브덴 鑛化作用은 CO<sub>2</sub>가 豊富한 鑛化流體에 의하여 이루어졌다고 報告하였었다. 그러나 鑛化流體의 鹽濃도에 對한 檢討는 이루어지지 않았었다.

이 研究는 大華와 敦山 鑛山의 모든 主要鑛脈의 露頭와 坊內試料에 對한 筆者等(1985)의 鑛物共生關係研

究結果를 바탕으로 하여, 鑛化期間中 鑛化流體의 CO<sub>2</sub> 濃度, 鹽濃度, 溫度, 壓力등을 檢討하고, 南韓의 W, Mo鑛脈鑛床의 流體包有物性質과 比較 考察하여 본 것이다.

이 研究를 함에 있어 現地調查를 許容하여준 半島鑛業의 文正郁 常務에게 感謝하며 現地調查와 室內研究의 一部를 도와준 朴熙平에게 感謝한다. 이 研究는 1982~83年度 韓國科學財團研究費에 의하여 이루어졌음을 銘記하고 이에 謝意를 表하는 바이다.

### 鑛床概要

大華와 敦山 鑛山은 같은 鑛床이 두 鑛山으로 開發되어진 것이다. 鑛床은 先캄브리아紀의 片麻岩類와 白堊紀의 花崗岩, 石英斑岩脈內에 胚胎된 鑛脈鑛床이다.

地表面과 坊內에서 確認된 鑛脈의 數는 20餘個나 되며

\* 서울大學校 自然科學大學 地質科學科

\*\* 公州師範大學 地球科學教育科

이들은 幅 500m 程度의 좁은 範圍內에 平行發達한다. 開發된 主要鑛脈은 10여개로서 이들중에는 重石이 優勢한 鑛脈과 모리브덴이 優勢한 鑛脈이 있다(以下 W 鑛脈, Mo 鑛脈이라 略記함). 이들 鑛脈은 鑛化帶內의 東쪽에서 西쪽으로 가며 2號W脈, 3號Mo脈, 3號W脈, 救世脈, 4號前W脈, 4號W脈, Mo 1號脈, Mo 2號脈, Mo 3號脈, Mo 4號脈이라 불리운다. 脈幅은 大體로 數 cm에서 50cm以內이나, 延長은 Mo 3號脈의 경우 1,500 餘m나 된다. 이들 鑛脈中에는 露頭에서 約 300m 길이 까지 開發되어 있는 것도 있다. 鑛脈의 走向은 N15°E ~N25°W로 片麻岩類의 片理와 같으나 傾斜는 55~75°E系와 30~45°W系의 것이 있다. 傾斜方向이 다른 이들 두系의 鑛脈間의 相互關係는 不明하다. 開發된 主要鑛脈中 3號Mo脈을 除外한 모든 鑛脈은 東傾하는 脈이며, W鑛脈들은 鑛化帶內의 東쪽에 Mo鑛脈들은 西쪽에 發達한다. 此外에 鑛化帶 南端에는 N10~30°W 에 50~60°SW로 傾斜하는 \*寶蓮脈이 發達한다. 이 脈은 W鑛脈에 屬하는 것으로 走向을 따라 露頭部에서 約 700餘m 程度の 採掘跡이 있다.

### 鑛石과 鑛物共生關係

鑛石과 鑛物共生關係에 對하여는 朴登(1985)이 詳細히 報告하였으므로 여기서는 그 概要만 紹介하고자 한다. W鑛脈과 Mo鑛脈에서 共通의 產出되는 鑛物로는 輝水鉛石, 鐵閃石, 灰重石, 黃鐵石, 黃銅石, 閃亞鉛石, 磁硫鐵石, 스테나이트, 白鐵石, 磁鐵石, 輝蒼鉛石, 方鉛石, 自然비스무스, 石英, 白雲母, 螢石, 方解石, 菱鐵石, 앵카라이트 등이다. 이밖에 W鑛脈에서는 錫石과 綠柱石이 比較的 흔히 產出되고, 드물게 일 메나이트, 金紅石, 硫砒鐵石, 輝銀石, Ag-Fe-S系鑛物, Ag-Bi 및 Bi硫鹽鑛物, 테트라히드라이트, 비테루라이드 등이 產出되나 Mo鑛脈에서는 觀察되지 않는다. 鑛物共生關係로 보아 鑛化作用은 W鑛脈과 Mo鑛脈에서 모두 3期에 걸쳐 이루어졌다. 筆者들이 檢討한 鑛物共生關係를 鑛化作用의 早期로부터 末期의 順으로 要約하면 다음과 같다. 鑛化期 I은 Sn, W의 酸化鑛物, Mo硫化鑛物 및 硅酸鹽鑛物의 晶出期로서 W, Mo, Sn의 主要 鑛化期이다. 鑛化期 II는 主要 硫化鑛物, 硫鹽鑛物, 元素鑛物, Te鑛物과 炭酸鹽鑛物의 晶出期이다. 鑛化期 III은 方解石과 末期螢石 및 少量의 黃鐵石 晶出期이다.

\* 鑛脈名이 不明하여 寶蓮脈이라 假稱하였다(朴登, 1985).

## 流體包有物

### 研究對象鑛物

이번 研究에서는 朴登(1985)에 의하여 詳細히 樹立된 鑛物晶出順序와 聯關시켜 流體包有物의 研究를 實施하였으며, W鑛脈과 Mo鑛脈을 區分하여 相互間의 流體包有物에 對해서도 均一化溫度와 鹽濃度를 比較하여 보았다. 研究對象鑛物로는 W鑛脈은 石英, 綠柱石, 錫石, 灰重石, 螢石 I, 菱鐵石, 方解石 및 螢石 III을 對象으로 하였고, Mo鑛脈에서는 石英, 螢石 I, 方解石, 螢石 II 및 螢石 III을 對象으로 하였다. 寶蓮脈은 石英만을 對象으로 하였다. 各 試料은 主要 坑內에서 採取된 것들이나, 手選場과 廢石場에서 採取된 試料들은 鑛物共生關係가 잘 나타나는 試料만을 選別하여 實驗을 實施하였다. 이들 坑外 試料들은 鑛物組成으로 보아 大部分이 重石脈의 것들이다. 이번 研究에 實驗對象이 된 모든 試料의 數 및 流體包有物의 數는 Table 1과 같다.

### 流體包有物의 分類

流體包有物의 研究는 初生 및 擬二次包有物을 對象으로 하였으며, 이들은 室溫(18°C程度)에서 觀察되는 相의 種類와 充填度에 따라 다음과 같이 I, II 및 III 型으로 分類된다.

I 型包有物: 液相과 氣相으로 되어있고, 液相의 充填度가 50%以上인 液體包有物이다. 加熱實驗時 液相으로 充填되며, 冷却實驗中에 液體CO<sub>2</sub>(以下 LCO<sub>2</sub>라 略記함)와 CO<sub>2</sub>水化物의 生成을 볼 수 없는 것들이다 (Fig. 1-A).

II 型包有物: 液相, 氣相 및 LCO<sub>2</sub>로 되어있고, LCO<sub>2</sub>相을 除外한 液相의 充填度가 50%以下인 氣體包有物

**Table 1** Summary of minerals, number of specimens and number of fluid inclusions tested.

Host minerals	Number of specimen	Number of plates	Number of inclusion tested	
			Freezing run	Heating run
Quartz	42	112	568	1, 102
Beryl	4	14	33	38
Cassiterite	4	6	5	13
Scheelite	4	13	47	50
Fluorite I	6	18	43	53
Siderite	3	13	5	13
Fluorite II	2	4	22	24
Calcite	10	47	44	76
Fluorite III	5	25	7	40
Total	80	252	774	1, 409

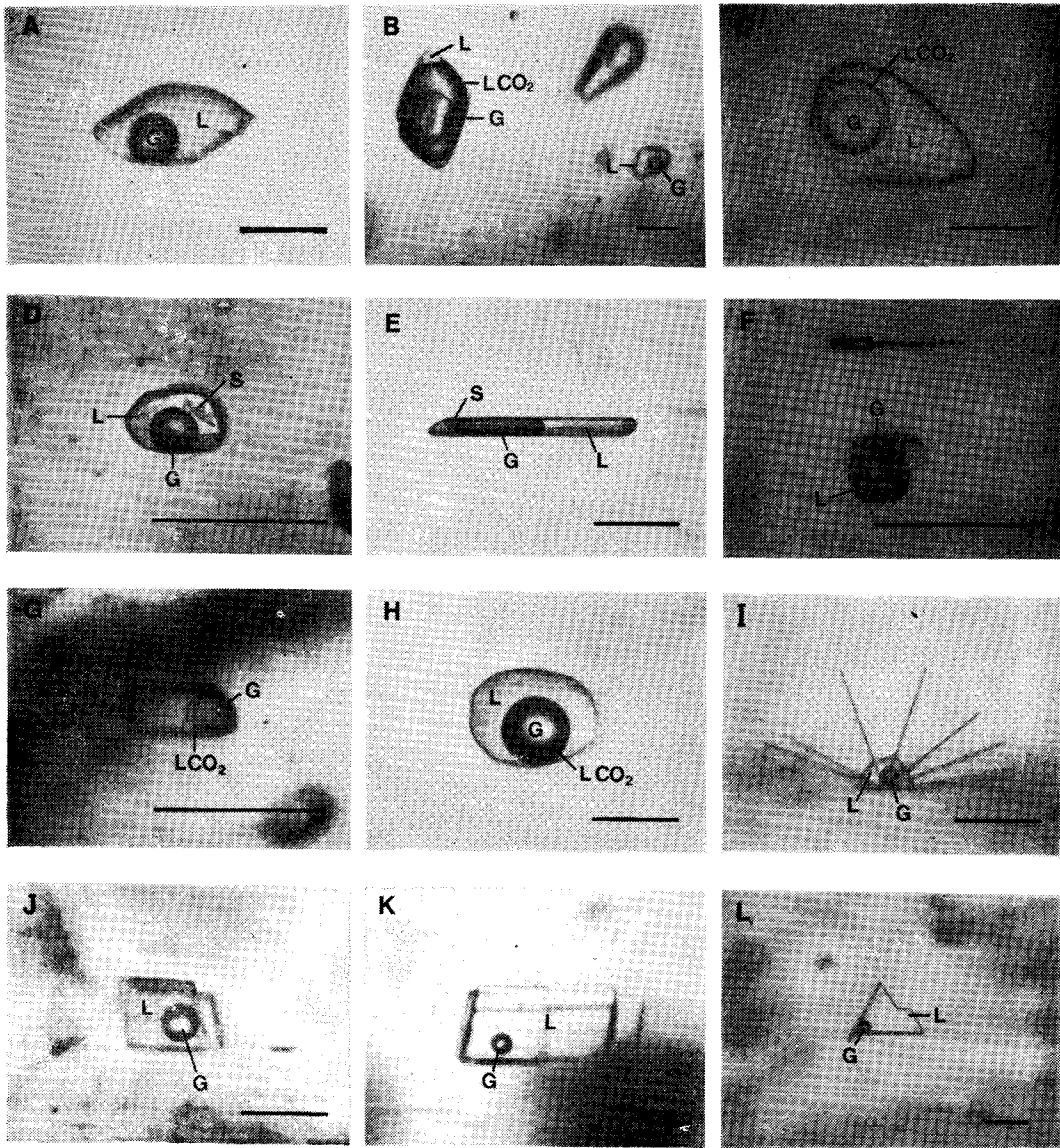


Fig. 1 Microphotographs of fluid inclusions.

- A. Primary type I inclusion in stage II quartz.
  - B. Association of type II and type I inclusions in stage I quartz; these inclusions have similar homogenization temperature, thus indicating immiscible separation.
  - C. Primary type III inclusion in stage I quartz.
  - D. Primary type I inclusion in stage I quartz containing anisotropic solid phase.
  - E. Primary type I inclusion in beryl containing anisotropic solid phase.
  - F. Primary type I inclusion in cassiterite.
  - G. Primary type III inclusion in scheelite.
  - H. Primary type III inclusion in fluorite I.
  - I. Primary type I inclusion in fluorite II attached to needlelike crystals (unidentified) which show weak birefringence; these crystal aggregates are arranged parallel to the growth layer of host fluorite.
  - J. Primary type I inclusion in siderite.
  - K. Primary type I inclusion in calcite.
  - L. Primary type I inclusion in fluorite III.
- G : Gas phase, L : Liquid phase,  
 LCO<sub>2</sub> : Liquid CO<sub>2</sub>, S : Anisotropic solid phase
- \* Scale bar at the base of each photograph represents 50μ.

로서, 加熱實驗時 氣相으로 充填된다. 室溫에서  $\text{LCO}_2$ 가 觀察되며, 冷却實驗中에  $\text{CO}_2$  水化物이 生成된다 (Fig. 1-B).

Ⅲ型包有物; 液相, 氣相 및  $\text{LCO}_2$ 로 되어있고,  $\text{LCO}_2$ 相을 除外한 液相의 充填度가 50%以上인 液體包有物로서, 加熱實驗時 液相으로 充填된다. 室溫에서  $\text{LCO}_2$ 가 觀察되는 것이 大部分이며 冷却實驗時에 나타나는 것도 있다.  $\text{LCO}_2$ 는 冷却實驗時  $\text{CO}_2$ 水化물을 形成한다 (Fig. 1-C).

이외에 간혹 石英, 綠柱石, 螢石 I 등에 包含된 I型 및 Ⅱ型包有物中에는 異方性 固相을 包含한 것이 觀察되나 (Fig. 1-D, E), 그와같은 包有物의 數는 아주 적다 (총 1,409個의 包有物中 65個). 이들 各類型의 流體包有物들과 이들을 包有하고 있는 鑛物들과의 關係는 다음과 같다.

石英中에 包含된 初生包有物은 石英의 晶出時期에 따라 差異가 있다. 鑛化期 I의 石英中에 包含된 初生包有物은 거의 大部分이 Ⅲ型包有物이며 (Fig. 1-C), 此外에 I, Ⅱ型包有物이 이와 混在한다. I, Ⅲ型包有物의 充填度는 鑛化期 I의 早期에는 60~70%程度에서 末期로 가며 70~80%程度로 높아진다. I型包有物은 主로 鑛化期 I 末期의 晶洞石英의 피라밋 部位에서 觀察된다. Ⅱ型包有物은 이번이 研究된 鑛物들중 鑛化期 I의 石英에서만 觀察되며 (Fig. 1-B), 오직 4개 試料에서만 Ⅲ型 또는 I型包有物과 함께 初生包有物로 混在한다. 鑛化期 Ⅱ의 石英中에 包含된 流體包有物은 모두 I型包有物로서 (Fig. 1-A), 充填度는 75~80%程度이다. 이들은 鑛化期 I의 石英中에 包含된 大部分의 二次包有物과 類型 및 充填도에 있어 同一하다.

綠柱石에 包含된 初生包有物은 大部分이 I型包有物이며 (Fig. 1-E), 此外에 약간의 Ⅲ型包有物이 包含된다. 初生包有物은 보통 綠柱石 結晶의 C軸方向에 平行하게 配列되어 있어, 二次 및 擬二次包有物과의 區分이 容易하다. 充填度는 60~75%程度이다.

錫石은 모든 경우 색깔에 의한 growth zoning이 觀察된다. 錫石은 透明度가 낮아 流體包有物의 觀察이 어려우나, 比較的 透明한 部分에서 growth band에 平行한 包有物들이 觀察된다 (Fig. 1-F). 包有物의 類型은 I型이 大部分이며 若干의 Ⅲ型包有物도 觀察된다. 液相의 充填度는 65~75%程度이다.

灰重石에 包含된 初生包有物은 이번 研究에 觀察된 試料에서는 모두 Ⅲ型包有物 뿐이다 (Fig. 1-G). 이번이 研究된 試料는 晶洞 및 脈中에서 產出되는 것으로서, 兩者間의 流體包有物에는 큰 差異가 없다. So et al. (1983)에 依하면, 灰重石에는 色帶에 依한 zoning

이 認知되며, 各 zone 別로 均一化溫度에 差異를 보인다 한다. 이번이 研究된 灰重石은 zoning이 認知되지 않는 것들이다.

螢石 I에 包含된 初生包有物은 거의 大部分이 Ⅲ型包有物이다 (Fig. 1-H). I型包有物은 W脈에서 1個만 觀察될 뿐이다. 螢石 I은 脈中에서 石英과 inter-growth하여 產出되기도 하나, 晶洞에서 石英, 白雲母 등과 함께 cubic form을 이루어 產出되기도 한다. 따라서 螢石 Ⅲ과의 區別에 어려운 점이 있으나, 螢石 Ⅲ은 大部分이 方解石과 함께 產出되므로 區別이 可能하다. 한편 Mo鑛脈中 晶洞에서 產出되는 螢石中에는 初生包有物로 I型包有物만을 包含하는 것이 있다. 이 螢石은 石英 此外에 다른 鑛物과의 關係를 나타내지 않아, 어느 時期에 晶出した 것인지 確認할 수 없으나, 流體包有物의 均一化溫도와 鹽濃도로 보아 鑛化期 Ⅱ 末期에 晶出하였을 可能性이 있다 (以下 螢石 Ⅱ로 表示하기로 한다).

菱鐵石에 包含된 初生包有物은 觀察된 試料에서 모두 I型包有物 뿐이다 (Fig. 1-J). 實驗對象이 된 菱鐵石은 內部에 閃亞鉛石, 黃銅石, 輝蒼鉛石등을 包含하며, 產出狀態로 보아 이들 鑛物들과 共存하는 것들이다. 따라서 菱鐵石에 包含된 流體包有物은 鑛化期 Ⅱ의 鑛化流體를 代表하는 것이라 할 수 있다. 充填度는 75~85%程度이다.

方解石과 螢石 Ⅲ에 包含된 初生包有物은 모두 I型包有物로서 (Fig. 1-K, L), 液相의 充填度는 大部分이 90% 以上이다. 이들 包有物들은 冷却實驗中 結水할 때, 부피 增加로 인해 금이 생기는 것이 많다. 따라서 冷却實驗後 液相의 充填度가 낮아진다. 이러한 現象이 觀察되는 包有物中에는 水點이  $0^\circ\text{C}$  以上을 나타내는 것이 있다 (最高  $+4.6^\circ\text{C}$ ). Roedder (1967, 1971)는 이러한 現象을 negative pressure로 說明한 바 있다. 冷却實驗後 充填度의 變化가 認知되는 包有物들은 後述하는 加熱實驗 對象에서 除外하였다.

以上에서 살펴본 바와 같이 I型包有物은 觀察된 모든 鑛物中에 初生包有物로 包含되며, Ⅱ型和 Ⅲ型包有物은 鑛化期 I의 鑛物中에만 包含된다. 特히 鑛化期 I의 石英, 灰重石, 螢石 I에는 Ⅲ型包有物이 아주 優勢하다. 이러한 事實로 보아 鑛化流體中  $\text{CO}_2$ 의 活動度는 鑛化期 I의 石英, 灰重石, 螢石 I 晶出期에 가장 活發하였음을 알 수 있다.

#### 鹽濃度

流體包有物의 鹽濃度는 I型包有物의 境遇, 冷却實驗에 依한 方法으로 算出하였다. 冷却實驗은 Nikon會社製 NE-1型 低溫顯微鏡으로 實施하였다.  $\text{CO}_2$ 를 包含

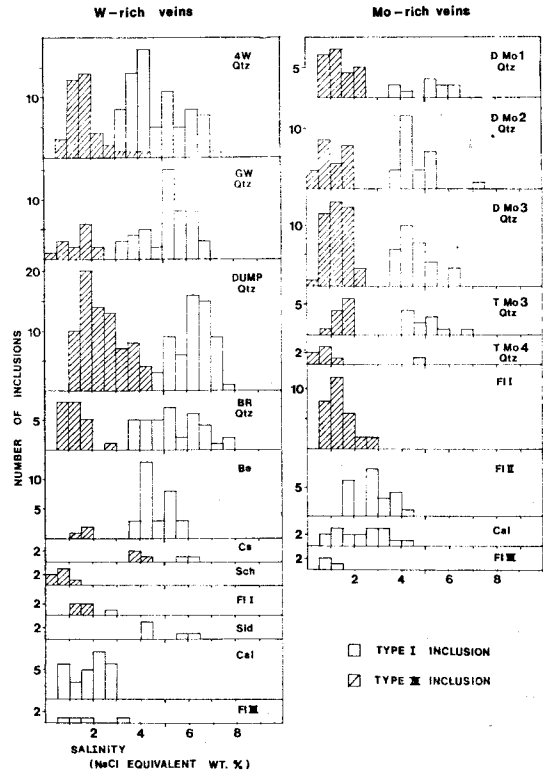
**Table 2** Summary of salinity and homogenization temperature.

	Inclusion Data		Salinity <sup>1)</sup>	Th(°C) <sup>2)</sup>	
	Min.	Vein Type			
W-rich veins	Qtz	No. 4 W vein (4W) I	3.2~7.6	230~298	
		W vein (4W) III	0.9~4.4	254~293	
		Goosae W vein (GW) I	3.2~6.7	230~263	
		W vein (GW) III	0.3~2.4	251~291	
		Dump I	4.6~7.6	226~294	
	Dump III	1.3~4.2	240~308		
	Boryeon W vein (BR) I	3.9~7.9	233~304		
	W vein (BR) III	0.7~2.8	254~293		
	Beryl I	3.7~6.0	275~334		
	Beryl III	1.5~2.0			
	Cassiterite I	5.8~6.4	261~328		
	Cassiterite III	4.0~4.2	267~268		
Scheelite III	0.5~1.1	250~300			
Fluorite I I	2.7	242			
Fluorite I III	1.1~2.0	246~274			
Siderite I	4.2~6.1	210~265			
Calcite I	0.9~2.9	122~186			
Fluorite III I	1.0~3.2	114~158			
Mo-rich veins	Qtz	Donsan	Mo No.1 vein (DMo1) I	3.9~6.1	229~260
			Mo No.1 vein (DMo1) III	0.7~2.4	234~296
		Donsan	Mo No.2 vein (DMo2) I	4.0~7.2	228~263
			Mo No.2 vein (DMo2) III	0.3~2.0	246~298
	Daehwa	Mo No.3 vein (DMo3) I	4.0~6.3	234~279	
		Mo No.3 vein (DMo3) III	0.5~2.2	238~296	
	Daehwa	Mo No.3 vein (TMo3) I	4.2~6.7	226~260	
		Mo No.3 vein (TMo3) III	0.7~2.0	242~285	
	Daehwa	Mo No.4 vein (TMo4) I	4.8	240~258	
		Mo No.4 vein (TMo4) III	0.5~1.3	253~279	
Fluorite I III	0.7~2.6	245~288			
Fluorite II I	1.6~4.2	195~218			
Calcite I	1.0~4.3	118~183			
Fluorite III I	0.9~1.4	121~141			

1) NaCl equivalent wt. %

2) Homogenization temperature

하는 II型 및 III型包有物은 冷却實驗時 CO<sub>2</sub> 水化物이 生成되어, 前述한 方法에 依해 鹽濃度를 算出할 경우 實際보다 높은 鹽濃度를 나타내게 된다(Collins, 1979).



**Fig. 2** Salinity of fluid inclusions from tungsten and molybdenum veins in Daehwa and Donsan mine.

따라서 이러한 流體包有物의 鹽濃度는 Collins (1979) 가 提示한 方法에 依해 算出하였다. 한편 灰重石에 包含된 III型包有物은 冷却實驗時 CO<sub>2</sub>水化物의 溶解溫度가 10°C를 넘는 것이 大部分이다. 純粹한 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>系에서 CO<sub>2</sub>水化物의 溶解溫度는 系內에 CO<sub>2</sub>水化物, H<sub>2</sub>O, 液體CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>氣體가 共存할 境遇, invariant point로서 10°C이다(Takenouchi and Kennedy, 1965b; Collins, 1979). 여기에 鹽化物이 添加될 境遇 invariant point가 10°C보다 낮아지게 된다(Bozzo et al., 1975). 灰重石內의 流體包有物의 CO<sub>2</sub> 水化物의 녹는 溫度가 10°C 以上인 것은 Collins가 指摘한 바와같이 CO<sub>2</sub> 以外에 다른 種類의 揮發性 物質(e.g. CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>등)이 包有物에 包含되었을 可能性이 있다. 그러나 이러한 現象이 灰重石內의 流體包有物에서만 觀察되는 理由에 對해서는 알 수 없다.

冷却實驗結果 流體包有物의 NaCl相當 鹽濃度는 Table 2 및 Fig. 2와 같다. 이들 表와 그림에서 보여주는 바와같이 石英과 綠柱石, 錫石, 螢石등 鑛化期 I에 晶出된 鑛物中에 包含된 I型과 III型包有物間의 鹽濃度

Table 3 Carbon dioxide content, homogenization temperature, and density of stage I ore fluids.

Sample location	Sample No.	Host Mineral	Stage	Inclusion type	Number tested	CO <sub>2</sub> content (mol %)	Homogenization temperature (°C)	Density (g/cc)	
No.4 WO <sub>3</sub> vein	4WS1-1	Qtz	I (M)	Ⅲ	10	5.3~7.3	258~271	0.81~0.88	
	4WS2-1	"	I (E)	Ⅲ	4	10.5~11.0	283~291	0.79~0.87	
	4W-2L2	"	I (M)	Ⅲ	1	7.3	274	0.82	
Goosae WO <sub>3</sub> vein	K1	"	I (L)	Ⅲ	2	3.5~4.1	266~268	0.81	
	SGWS-1	"	I (M)	Ⅲ	2	7.9~8.9	268~269	0.80~0.84	
Dump	D11	"	I (E)	Ⅱ	IS	1	53.2	284	0.63
				Ⅲ		1	7.4	293	
	D20	"	I (M)	Ⅲ	2	4.5~4.9	257~266	0.81	
	D43-1	"	I (M)	Ⅲ	1	8.4	297	0.81	
	D43-2	"	I (E)	Ⅲ	1	14.6	305	0.73	
	D44	"	I (M)	I	IS	2		269~271	0.59
				Ⅱ		1	57.9	270	
	D47	"	I (L)	Ⅱ	IS	2	65.5~66.9	254~256	0.53~0.56
				I		1		247	
D51	"	I (M)	Ⅲ	1	5.9	267	0.86		
Boryeon vein	220-9	"		Ⅲ	3	7.3~8.8	277~288	0.80~0.82	
	18-02	"		Ⅲ	1	6.3	263		0.85
MoS <sub>2</sub> No. 1 vein	S3-1	"		Ⅲ	3	3.5~6.3	267~270	0.83~0.85	
MoS <sub>2</sub> No. 2 vein	Mo2-1L1	"		Ⅲ	3	10.5~10.6	278~281	0.83~0.87	
MoS <sub>2</sub> No. 3 vein	S2-1-3	"		Ⅲ	5	4.5~9.4	273~289	0.79~0.86	
Goosae WO <sub>3</sub> vein	SGWS-3	Sch		Ⅲ	1	6.4	267	0.81	
No. 4 WO <sub>3</sub> vein	4WM2	Be		Ⅲ	1	6.4	255(De)	0.89	

Qtz : quartz, Sch : scheelite, Be : beryl, (E) : early, (M) : middle, (L) : late, IS : immiscible separation (De) : decrepitation temperature.

에는 큰 差異가 있다. 大體의 으로 볼 때 I型包有物의 NaCl相當 鹽濃度는 3.0~8.0wt.% 사이이며, Ⅲ型包有物은 0.5~4.0wt.% 사이이다. W鑛脈과 Mo鑛脈 사이에는 鹽濃도에 있어 큰 差異가 없다. 단지 Mo鑛脈에서 Ⅲ型包有物의 鹽濃度 上限이 3wt.% 以下로서 W鑛脈의 Ⅲ型包有物의 鹽濃度보다 다소 낮다는 것을 알 수 있을 뿐이다. 한편 菱鐵石에 包含된 初生包有物의 NaCl相當 鹽濃度는 4.2~6.1wt.%로 鑛化期 I의 石英中에 包含된 I型包有物의 鹽濃度 範圍內에 든다. 方解石과 螢石Ⅱ 및 Ⅲ에 包含된 初生包有物의 NaCl相當 鹽濃度는 0.9~4.3wt.%로 前述한 모든 鑛物들에 包含된 I型包有物의 鹽濃度보다 낮다.

#### CO<sub>2</sub> 濃度와 molar volume

流體包有物의 CO<sub>2</sub>濃度を 產出하는 方法은 여러가지가 있으나, 이 研究에서는 Kelly et al. (1979)의 方法에 따라 鑛化期 I의 石英 및 灰重石, 綠柱石등에 包含된 初生包有物에 對한 CO<sub>2</sub>濃度(mol %)의 概略的인 값

을 求해 보았다. 容積比를 CO<sub>2</sub>濃度로 換算하는 過程에서 溫度에 따른 CO<sub>2</sub>相의 比重은 Quinn and Jones (1936)의 資料에 依해 算出하였다. CO<sub>2</sub>相이 觀察되지 않는 I型包有物의 境遇는, 氣相을 CO<sub>2</sub>氣體로 看做하여 CO<sub>2</sub>濃度を 算出하여 보았다. 따라서 이러한 方法으로 算出한 I型包有物의 CO<sub>2</sub>濃度は 1.7~2.7mol %가 되나, 이는 豫想할 수 있는 最大值로서 實際는 이보다 낮을 것이다.

各脈에서 產出되는 鑛化期 I의 石英과 灰重石, 綠柱石에 包含된 含CO<sub>2</sub>包有物의 CO<sub>2</sub>濃度は Table 3와 같다. 表에서 보여주는 바와같이 Ⅱ型包有物은 53.2~66.9mol %, Ⅲ型包有物은 3.5~14.6mol %로서, Ⅲ型包有物의 경우 平均値는 7.5mol %이다.

以上에서 算出한 CO<sub>2</sub>濃度を 가지고 Ⅲ型包有物의 molar volume을 求해보면 Fig. 3와 같다. 그림에서 Ⅲ型包有物의 molar volume은 22.2~30.3cm<sup>3</sup>/mol의 범위로, 大部分이 23~26cm<sup>3</sup>/mol 사이에 集中된다.

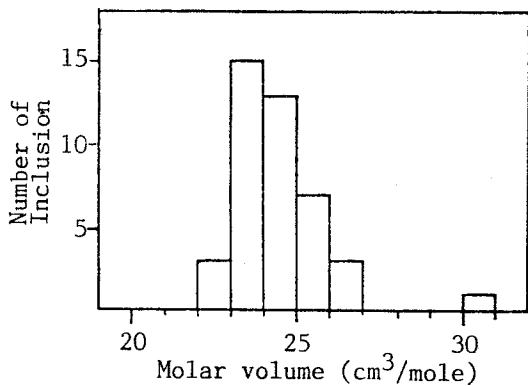


Fig. 3 Estimated molar volume of type III inclusions.

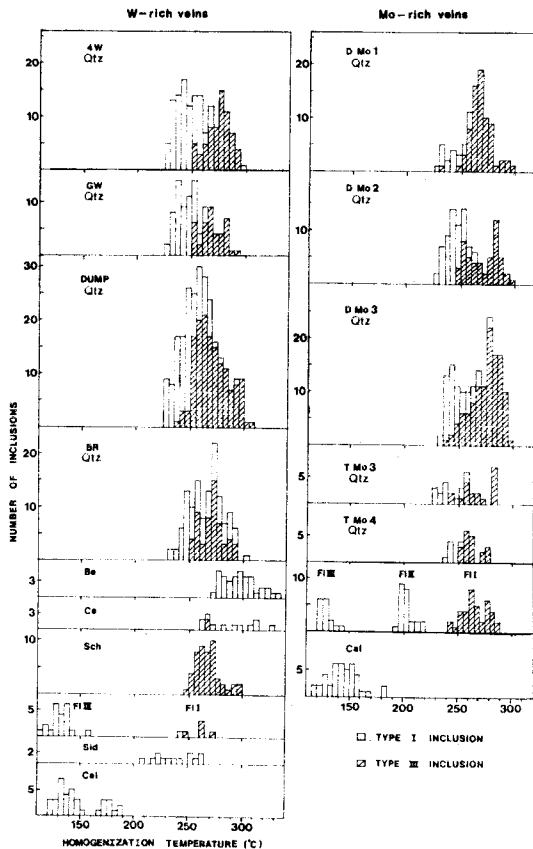


Fig. 4 Homogenization temperature of fluid inclusions from tungsten and molybdenum veins in Daehwa and Donsan mine.

均一化溫度

流體包有物の 均一化溫度 測定은 Leitz會社製 Model SM-Lux 加熱顯微鏡을 使用하였다. 加熱實驗 結果 流體包有物の 均一化溫度는 Table 2 및 Fig. 4와 같다.

이들 表와 그림에서 보여주는 바와같이 W鑛脈과 Mo鑛脈 사이에는 均一化溫度에 있어 큰 差異를 보이지 않는다. 石英中에 包含된 I型과 III型包有物の 均一化溫度에는 差異가 있다. 大體的으로 I型包有物の 均一化溫度는 230~270°C 사이이며, III型包有物은 250~300°C 사이이다. 반면에 寶蓮脈에서는 I型과 III型包有物間에 均一化溫度의 差異가 別로 없다. 한편 II型包有物の 均一化溫度는 247~300°C로 共存하는 I型 및 III型包有物과 均一化溫度에 있어 큰 差異를 보이지 않는다. 이러한 事實은 II型包有物이 드물게 觀察되는 것과 聯關시켜 볼 때, 鑛化期 I에는 局部的으로 鑛化流體의 不混和現象이 있었음을 示唆하며, 이에 依해 CO<sub>2</sub>가 豊富한 流體(CO<sub>2</sub>-rich fluid)와 液相流體(aqueous-rich fluid)가 分離되었음을 알 수 있다. 綠柱石과 錫石中에 包含된 I型包有物の 均一化溫度는 各各 275~334°C, 261~328°C로서 石英中에 包含된 III型包有物보다 다소 높다. 灰重石中에 包含된 III型包有物の 均一化溫度는 250~300°C로 石英中에 包含된 III型包有物の 均一化溫度 範圍와 같다. 螢石 I中에 包含된 I型 및 III型包有物の 均一化溫度는 242~288°C로 石英中에 包含된 III型包有物の 均一化溫度 範圍內에 든다. 鑛化期 II를 大表하는 菱鐵石에 包含된 I型包有物の 均一化溫度는 210~265°C로, 石英中에 包含된 I型包有物과 上限은 비슷하나 下限이 조금 낮다. Mo鑛脈의 螢石 II中에 包含된 I型包有物の 均一化溫度는 195~218°C로 石英과 菱鐵石中에 包含된 I型包有物の 均一化溫度보다 낮다. 鑛化期 III의 方解石과 螢石 III에 包含된 I型包有物の 均一化溫度는 114~186°C로 實驗對象이 된 鑛物들中 가장 낮은 溫度를 보인다.

한편 鑛化期 I의 鑛物中에 包含된 CO<sub>2</sub> 含有物에 對

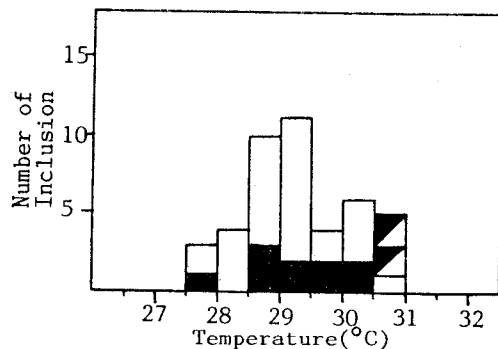


Fig. 5 Homogenization temperatures of CO<sub>2</sub> phase in type II and III inclusions of stage I quartz. (Solid square; homogenized to liquid CO<sub>2</sub>, open square; homogenized to gas CO<sub>2</sub>, half square; critical homogenization)

**Table 4** Salinity, CO<sub>2</sub> content and homogenization temperature through mineralization stage I, II, III.

Mineralization stage	Inclusion type	Host mineral	Salinity <sup>1)</sup>	CO <sub>2</sub> content (mol %)	Homogenization temperature (°C)
Stage I (E)	I	Qtz, Be, Cs	3.7~6.0	53.2	278~334
	II		2.8~3.0		284~300
	III		1.1~4.2		265~308
Stage I (M)	I	Qtz, Sch	5.4~7.6	57.9	240~294
	II		3.4~3.6		267~295
	III		0.7~4.4		254~300
Stage I (L)	I	Qtz, Sch, Fl I	4.6~7.3	65.5~66.9	232~269
	II		1.8~2.6		246~256
	III		0.3~4.2		240~288
Stage II	I	Sid, Qtz	3.2~7.2		210~265
Stage III	I	Cal, Fl III	0.9~4.3		114~186

Qtz : quartz, Be : beryl, Cs : cassiterite, Sch : scheelite, Fl I : fluorite I, Sid : siderite, Cal : calcite  
Fl III : fluorite III, (E) : early, (M) : Middle, (L) : late, 1) NaCl equi. wt. %

해 CO<sub>2</sub>相의 均一化溫度를 測定하여 보았다. 石英中에 包含된 II型과 III型包有物의 CO<sub>2</sub>相의 均一化溫度 測定結果는 Fig. 5와 같다. 그림에서와 같이 液體 CO<sub>2</sub>와 氣體 CO<sub>2</sub>로 均一化되는 包有物들의 均一化溫度는 各各 27.7~30.1°C, 27.6~30.8°C이다. 臨界現象(critical phenomena)을 보이는 包有物들의 均一化溫度는 30.7~30.8°C로서, 純粹한 CO<sub>2</sub>의 臨界溫度(31.04; Dean, 1979)에 가깝다. 따라서 石英中에 包含된 含 CO<sub>2</sub>包有物에는 以外에 다른 種類의 揮發性 物質이 거의 包含되어 있지 않음을 알 수 있다. 灰重石에 對하여도 CO<sub>2</sub>相의 均一化溫度 測定을 試圖하였으나, CO<sub>2</sub>含量이 적은 관계로 液體CO<sub>2</sub>와 氣體CO<sub>2</sub>의 區分이 어려워 均一化溫度를 測定하지 못하였다.

#### 鑛化期間中 鑛化流體의 組成과 溫度, 壓力의 變化

위에서 얻어진 流體包有物의 均一化溫度, 鹽濃度, CO<sub>2</sub>濃도를 가지고 鑛物共生關係가 보다 잘 나타나는 W鑛脈의 鑛物共生關係와 關聯지어 綜合 整理하여 보면 Table 4 및 Fig. 6와 같다. Fig. 6에서 流體包有物을 檢討한 鑛物晶出期의 位置는 石英의 境遇 隨伴鑛物의 共生關係上的 位置를 檢討하여 定하였다. 綠柱石, 錫石, 灰重石, 螢石 I, 菱鐵石 등의 位置는 그림 上端의 共生關係圖에서 各 鑛物의 晶出期間을 나타내는 線의 中心位置를 取하여 表示하여 보았다.

이 그림에서 보여지는 바와같이 鑛化期 I 早期에서 鑛化期 II 中期까지 사이에 均一化溫度는 357~210°C사이에서 比較의 整然하게 낮아지고, 鑛化期 III에서는 186°C以下로 顯著하게 낮아졌음을 알 수 있다. Table

4에서 보여지는 바와같이 鑛化期 I에 晶出した 鑛物에는 I, II, III型包有物이 包含되어 있으나, 鑛化期 II, III의 鑛物에는 I型包有物만이 包含되어 있다. 이는 鑛化期 I 期間中 鑛化流體에는 特徵적으로 CO<sub>2</sub>가 優勢하였음을 나타내는 것으로 注目된다. 鑛化期 I의 II型包有物과 III型包有物의 CO<sub>2</sub>濃도는 各各 53.2~66.9mol %와 3.5~14.6mol %이다. 鑛化期 I의 I型包有物의 NaCl相當鹽濃도는 3.7~7.6 wt. %이고, II, III型包有物은 0.3~4.4 wt. % 사이이다. I型包有物과 II, III型包有物사이의 鹽濃도의 差異는, 均質한 含 CO<sub>2</sub>流體가 不混和나 沸騰에 의해 두 種類의 流體로 分離될 때 두 流體사이의 鹽分配의 差異에 起因하는 것이다(Hollister, 1981). 一般的으로 熱水溶液中의 CO<sub>2</sub>溶解度는 鹽濃도가 낮아짐에 따라 增加하고, 溫度, 壓力의 低下에 따라 減少한다. 鑛化期 II 早期에서 中期까지의 鑛化流體의 鹽濃도는 3.2~7.2 wt. %사이로서, 早期에서 中期로 가며 높아지는 傾向을 보인다. 鑛化期 III의 鑛化流體의 鹽濃도는 0.9~4.3 wt. %로서 鑛化期 I, II의 것 에 比하여 顯著하게 낮다.

이와같은 資料를 綜合하여 볼 때, W, Mo, Sn의 主要 鑛化期의 鑛化流體는 CO<sub>2</sub>가 優勢하였음을 알 수 있다. 硫化鑛物 晶出期의 鑛化流體는 CO<sub>2</sub>는 별로 없었고, 包含되어 있어도 冷却實驗에서 CO<sub>2</sub>水化物이 形成되지 않을 程度이었을 것이며, 鹽濃도는 鑛化期 I에 比하여 크게 變化가 없었다. 그러나 鑛化期 III에 이르러 鑛化流體의 鹽濃도는 顯著하게 낮아졌음을 알 수 있다.

So et al. (1983)은 大華鑛床의 鑛化期 III의 炭酸鹽鑛



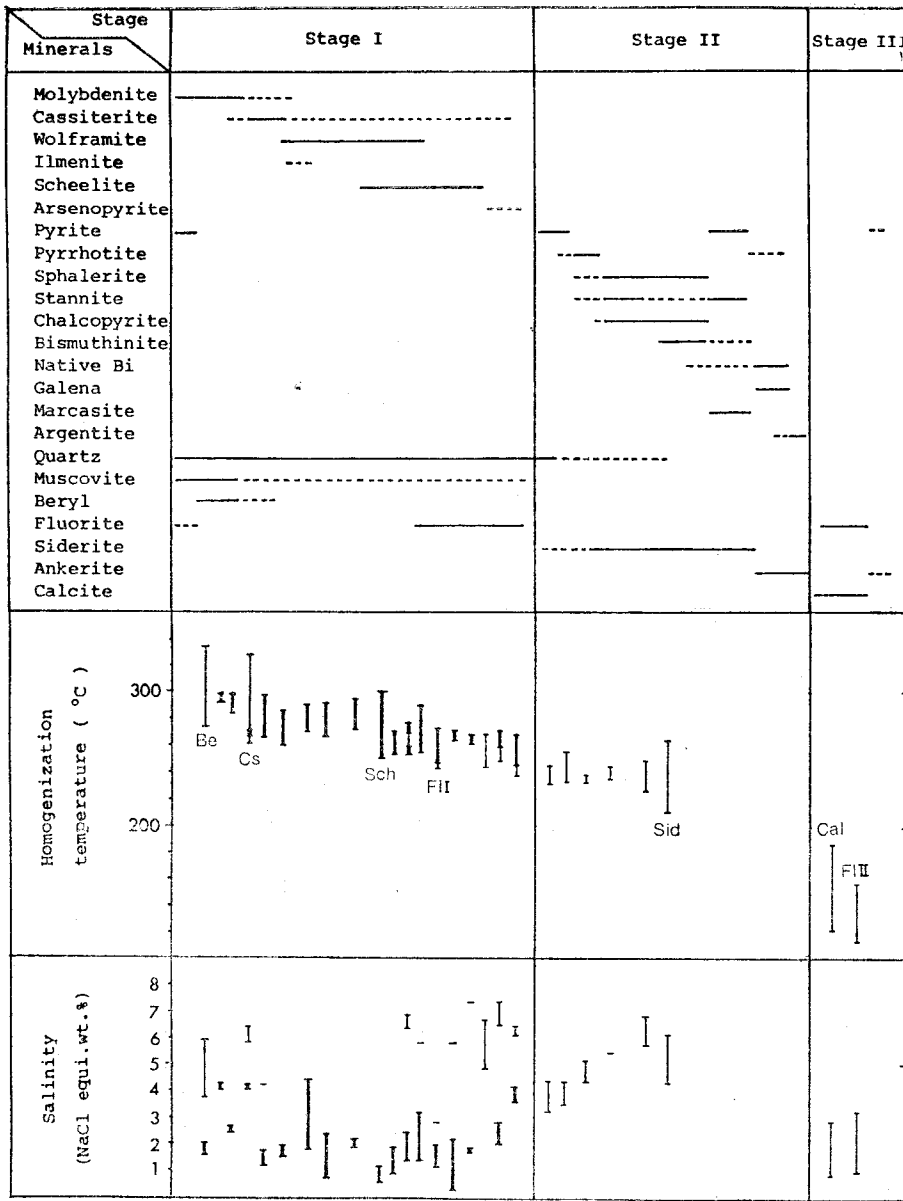
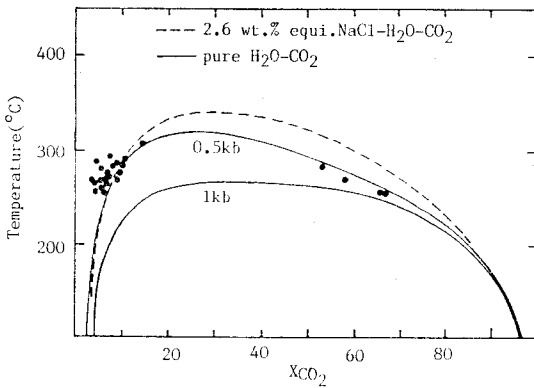


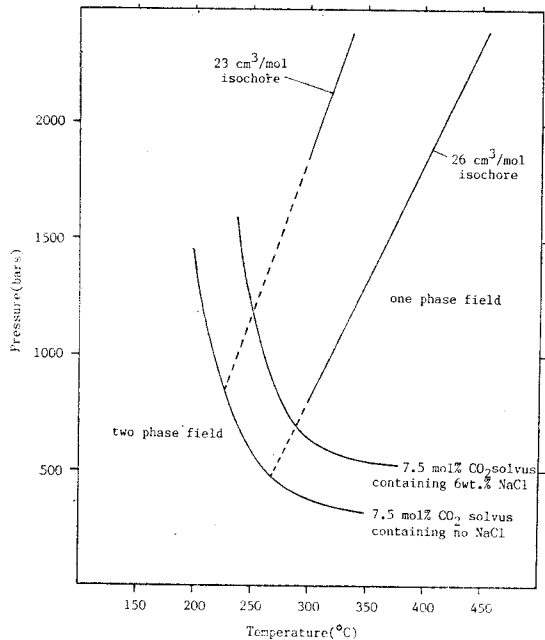
Fig. 6 Comparison of homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions. Data for quartz are arranged paragenetically, but data for other minerals are plotted at the center of their depositional time range. Thin bar shows type I inclusion data and thick bar indicate data of type III inclusions.

물의  $\delta^{18}O$  값에서 鑛化流體의  $\delta^{18}O$  값을 求하여, 이 期間中 鑛化流體는 天水(meteoric water)가 主종을 이루었을 것으로 報告하였다. 鑛化期III의 流體包有物의 均一化溫度와 鹽濃도가 鑛化期 I, II에 比하여 顯著히 낮아진 事實과 酸素同位元素 研究結果를 綜合하여 볼 때 鑛化期III의 鑛化流體가 主로 天水 起源의 것이었음은 충분히 推測할 수 있다.

前述한 바와같이 鑛化期 I을 代表하는 石英中에 包 含된 含  $CO_2$ 包有物은 거의 大部分이 III型包有物로서, 鑛化流體의 不混和에 의한  $CO_2$ -rich fluid의 分離가 거의 없었음을 알 수 있다. 含  $CO_2$ 包有物로부터 算出된  $CO_2$ 濃도와 均一化溫度 資料를  $H_2O-CO_2-NaCl$ 系의 solvus를 나타내는 그림에 表示하여 보면 Fig. 7과 같다. 그림에서와 같이 大部分이 solvus의 上 部分에 表示된



**Fig. 7** The mole percent CO<sub>2</sub> of type II and III inclusions plotted against values of homogenization temperatures, compared with 0.5 and 1 kb solvus of the CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O system and the solvus of 2.6wt.% NaCl-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O system (from Hollister, 1981; Crawford, 1981).



**Fig. 8** Temperature-pressure diagram showing the location of the 23 and 26cm<sup>3</sup>/mol isochore, the 7.5mol% CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O solvus (Takenouchi et al., 1964), and the 7.5mol% CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-6wt.% NaCl solvus (Takenouchi et al., 1965 a).

다. 단일 균일 온도 대신에 생성 온도로 표시한다면 이보다 더 위 부분에 표시될 것이다. 이러한 사실로 보아도 용융체는 불혼합과 분리되지 않은 균질한 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> 용융체였음을 알 수 있다. 따라서 용융체 포획물로부터

추정된 균일 온도와 압력은 최저치를 나타내게 된다. 용융체 포획물의 조성으로 보아 용융체 I 용융체의 실제 온도와 압력은 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>계의 isochore 상에 존재함을 알 수 있다. 앞서 계산한 III형 포획물의 molar volume 값의 대부분이 집중되는 23~26cm<sup>3</sup>/mol의 isochore와, III형 포획물의 CO<sub>2</sub> 농도의 평균치인 7.5mol% CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O계의 solvus (Takenouchi et al., 1964, 1965a)를 그려 보면 Fig. 8과 같다. 여기서 isochore는 Jacobs et al. (1981)이 제시한 computer program을 이용하여 계산하였다. 그림에서 용융체 I의 용융체는 두 isochore 사이의 온도, 압력 조건에 있었음을 알 수 있다. 한편, H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>계에 염(salt)이 추가될 경우 solvus는 더 높은 온도, 압력 쪽으로 이동된다 (Takenouchi et al., 1965a, Hollister, 1981). 대산 용융체의 경우 III형 포획물의 염 농도는 대부분 1~3wt.% (NaCl equi.) 사이로, 그림에서 표시된 순수한 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>계와 6wt.% NaCl을 포함하는 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>계의 사이에 solvus가 위치하게 된다. 따라서 용융체 I 용융체의 실제 온도와 압력은 적어도 240°C, 500bar 이상이었음을 알 수 있다. 용융체 I 용융체의 온도와 압력 상한을 추정하려면 용융체 포획물 이외의 다른 방법에 의해 온도나 압력 조건을 구해야 하나, 이번 연구에서는 용융체 포획물 이외의 다른 구체적인 자료를 얻지 못하였다. 한편, 불혼합과 분리 현상을 보이는 포획물들의 균일 온도는 247~300°C로써, 용융체의 실제 생성 온도를 나타낸다. 이러한 균일 온도와 앞서 계산한 CO<sub>2</sub> 농도 자료를 가지고, 이를 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>계로看作하여 Takenouchi et al. (1964)의 자료에서 압력을 구해보면 240~360bar 범위가 된다. 이 압력은 균일 온도와 마찬가지로 용융체의 실제 압력을 나타내며, 앞에서 추정한 압력의 최저치 500bar보다 상당히 낮은 값을 갖는다. 이것은前述한 바와같이 불혼합과 분리 현상을 보이는 포획물들의 수가 극히 적은 것으로 보아局部的인 현상으로看作할 수 있다.

용융체 II 초기에서 중기까지 사이에 생성한 석영과 마그네사이트에 포함된 용융체 포획물의 균일 온도는 210~265°C이다. 이 기간 중 용융체의 끓음은 없었던 것으로 보인다. 따라서 용융체의 실제 생성 온도는 균일 온도에 압력 보정치를 더하여야만 얻을 수 있다. 이 기간 중의 압력 조건을 추정할 구체적인 자료는 없다. 가령 용융체 I, II 기간 중 용융체에 추가된 압력을 암암에서만 온 것으로 보고, 용융체 I, II 기간을 통하여 온도의 변화나 regional stress의 변화가 없었던 것으로假定하여, 압력의 최저치(500bars)와 용융체의 염 농도 평균치 5wt.% 및 균일 온도 자료를 가지고, Potter (1977)의 자료로써 보정하여 보면 용융체 II 초기에서

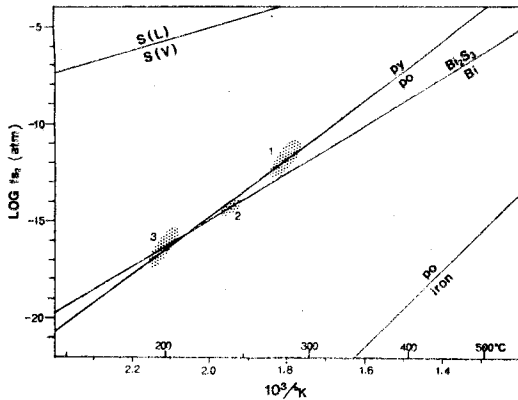


Fig. 9 Sulfur fugacity-temperature diagram showing the possible range suggested by mineral assemblage observed in stage II ores. Sulfidation curves are from Barton (1974) and Barton et al. (1979).

中期까지 사이에 壓力補正值는 40°C程度가 된다. 따라서 豫想할 수 있는 生成溫度의 最低值는 250~305°C程度가 된다. 그러나 裂隙을 充填한 脈狀鑛床에서 鑛化流體에 加하여지는 壓力이 岩壓만일 境遇보다는, 靜水壓이나 靜水壓에 一部 岩壓을 더한 壓力일 境遇가 보다 一般的이다. 따라서 鑛化期Ⅱ 鑛物의 實際 生成溫度는 위의 壓力補正한 溫度를 크게 벗어나지 않았을 것으로 생각된다. 鑛化期Ⅱ 末期의 流體包有物 資料는 없다. 이 時期에 晶出한 鑛物共生群中 黃鐵石-輝蒼鉛石-自然비스무스 鑛物群과, 磁硫鐵石-自然비스무스 鑛物群은, Barton et al. (1979)의 Bi-Fe-S系 相平衡 研究結果로부터 213±25°C以下에서 安定함을 알 수 있다. 따라서 이들 鑛物共生群의 相互關係로 보아(朴 등, 1985), 鑛化期Ⅱ 末期의 鑛化流體의 溫度는 200°C 前後이었을 것으로 推定된다. 鑛化期Ⅱ에 晶出한 몇가지 鑛物共生群과 生成溫度를 가지고 各 鑛物共生群 晶出時의 鑛化流體의 sulfur fugacity ( $f_{s_2}$ )를 推定하여 보면 Fig. 9와 같다. 鑛化期Ⅱ 早期의  $f_{s_2}$ 는 黃鐵石과 磁硫鐵石의 共生關係로 보아  $10^{-11} \sim 10^{-13}$  atm이었고, 中期의 輝蒼鉛石-自然비스무스 晶出時에는  $10^{-14} \sim 10^{-15}$  atm으로 推定된다. 末期에는 黃鐵石-輝蒼鉛石-自然비스무스 鑛物群과 磁硫鐵石-自然비스무스의 晶出로 보아  $f_{s_2}$ 는  $10^{-15} \sim 10^{-18}$  atm이었을 것으로 推定된다. 결국 鑛化期Ⅱ 期間을 통하여  $f_{s_2}$ 는 早期에서 末期로가며  $10^{-11} \sim 10^{-18}$  atm 사이에서 점차 낮아졌음을 알 수 있다.

鑛化期Ⅲ의 鑛物에는 I型包有物만 觀察되며, 鹽濃度도 鑛化期Ⅰ, Ⅱ에 비해 顯著하게 낮고, 均一化溫度는 114~186°C 範圍에 든다. 이들 溫度에 對하여 壓力

補正을 하기 위한 具體的 資料는 없으나, 包有物의 充填度나 鹽濃度로 보아 壓力補正值는 크지 않을 것이 豫想된다.

### 考 察

流體包有物의 研究結果 이 鑛床의 W, Mo, Sn 鑛化期間中 鑛化流體의  $CO_2$ 活動度(activity)가 높았음이 特記할만한 사실이다. 朴 등(1974)은 大華W-Mo 鑛床에서 含 $CO_2$  包有物이 優勢한 것으로 보아 W 鑛化作用은  $H_2O-CO_2$  熱水溶液에 依하여 이루어졌을 것으로 報告한 바 있다. 그러나 그 당시 鑛化流體의 鹽濃度는 測定하지 못하였었다. Sushchevskaya et al. (1967)과 Higgins(1980)는 各各 eastern Transbaykal地方의 古라이젠化를 隨伴하는 重石-石英脈과 Newfoundland의 Grey River tungsten prospect의 流體包有物을 研究하여 鑛化流體의  $CO_2$ 濃度가 鹽濃度에 비해 顯著하게 높은 것으로 보아 tungsten은 carbonate나 bicarbonate complex로 運搬되었을 것으로 解析하고 있다. 大華-敦山鑛床에 있어서도 tungsten은 鑛化流體中에서 carbonate complex로 運搬되었을 可能性이 있는 것으로 앞으로 研究할 과제이다. 朴 등(1981a, 1981b)에 依하면 黃江里地域의 8個 W-Mo鑛床中 6個 鑛床에서 含  $CO_2$  包有物이 優勢하며, 靑陽重石鑛床에서도 含  $CO_2$  包有物은 觀察된다 한다. 그러나 慶南地域의 達城(池 등, 1974), 日光(So et al., 1983), 山內(So, 1984), 東實(朴喜寅, 미발표) W 또는 W-Mo鑛床에서는 流體包有物의 鹽濃度가 顯著하게 높은데 대하여 含  $CO_2$  包有物은 報告되어 있지 않다. 池楨蔓(1985)은 日光鑛床에서 含  $CO_2$  包有物과 halite등을 갖는 多相包有物이 있음을 보고하고 있다. 慶南地域 W-Mo鑛床에 對하여는 앞으로 含  $CO_2$  包有物에 對하여 세심한 研究가 있어야 할 것으로 생각된다. 現在까지의 資料로 보면 白堊紀末의 W-Mo鑛床中 含 $CO_2$  包有物이 優勢한 것은 中部地方 鑛床의 特徵일 可能性이 있다. Burnham (1967, 1979)에 依하면 마그마로부터 早期에 生成된 熱水에는  $CO_2$ 나  $Cl^-$ 이 濃集되며, 이들의 相對的 比는 原來의 melt中에 包含된 濃度나, 熱水生成時의 壓力에 關係된다 한다. 一般적으로 比較의 높은 壓力下에서 生成된 熱水는  $CO_2$ 가 優勢하고, 比較의 낮은 壓力下에서 生成된 熱水는 할로겐이 優勢하다 한다. 이러한 事實과 上述한 白堊紀末 中部와 南部地方 W-Mo鑛床의 流體包有物의 特徵을 결부시켜 볼 때, 中部地方의 W-Mo鑛床을 形成한 熱水는 南部地方에 비해 比較의 높은 confining pressure 下에서 生成되었을 可能性이 있다.

黃江里地域 W-Mo鑛床의 W, Mo鑛物 또는 硫化鑛物

과共生하는石英,螢石中的流體包有物の鹽濃度は3.0~11.5wt.%(朴 등, 1981b)로서大華一敦山鑛床의鑛化期I,II의것에比하여上下限이모두높다.黃江里地域W-Mo鑛床의流體包有物の鹽濃度は含CO<sub>2</sub>包有物이CO<sub>2</sub>를包含치않는것에比하여全體의으로높은것으로報告되어있다.이는含CO<sub>2</sub>包有物の鹽濃度測定時Collins(1979)의方法으로補正하지않은데起因하는것이다.Collins의方法을適用하여보면含CO<sub>2</sub>包有物の鹽濃度はCO<sub>2</sub>를包含치않는것보다낮은값을얻게되므로,결국大華一敦山鑛床의鹽濃度資料와갈게될것이다.黃江里地域W-Mo鑛床의石英中の流體包有物均一化溫度는235~370°C이고大部分이260~350°C範圍內에든다.이溫度範圍는大華一敦山鑛床의鑛化期I,II의均一化溫度210~334°C보다다소높은傾向을보인다.朴 등(1981b)은黃江里地域W-Mo鑛床에서流體包有物은發泡하는熱水帶에서trap된것으로 $P_{fluid} = P_{total}$ 인것임으로,均一化溫度를鑛床의生成溫度로看做하여도큰무리가없을것으로解析하였다.大華一敦山鑛床의境遇,鑛化期I의鑛化流體는局部的인不混和分離現象을除外하고는均質한H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>流體로서,流體包有物로부터推定된均一化溫도와壓力는鑛化作用당시鑛化流體의溫도와壓力의最低値를나타낸다.

大華一敦山鑛床의鑛石構成鑛物과鑛物共生關係는黃江里地域W-Mo鑛床과大體로같다.大華一敦山鑛床에서産出되는鑛物의種類가많이記載된것은이번研究에서보다더詳細하게檢討한데서얻은結果에불과할것이다.黃江里地域의月岳W-Mo鑛床(朴 등, 1981b, Lee et al., 1982)과三德W-Mo鑛床(Reedman et al., 1973)에서는鑛脈上部에서下部로가며重石鑛物이減少하고相對的으로輝水鉛石이增加하여鑛脈上下間에鑛物의帶狀分布를갖는다.그러나大華一敦山鑛床의境遇現在로서는單一鑛脈內에서鑛物의帶狀分布를確認할수없다.大華一敦山鑛床의W鑛脈과Mo鑛脈에對하여는이번研究에서는兩者間에流體包有物の鹽濃度, CO<sub>2</sub>濃度, 均一化溫度에差異가없는것이確認되었을뿐이다.

## 結 言

1. 鑛脈의構造,鑛物組成,流體包有物の性質로보아鑛化作用은3期로나누어진다.鑛化期I은酸化鑛物,珪酸鹽鑛物의主要晶出期로서W,Mo,Sn의主要鑛化期이다.鑛化期II는硫化鑛物,硫鹽鑛物,炭酸鹽鑛物의晶出期이고,鑛化期III은barren炭酸鹽鑛物과약간의螢石晶出期이다.

2. 鑛化期I期間中鑛化流體는局部的인不混和分離現象을除外하고는均質한H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>流體로서,CO<sub>2</sub>濃度は3.5~14.6mol%이었다.鑛化期I鑛化流體의溫도와壓力의最低値는各各240°C,500bar로推定되며,鹽濃度はI型包有物은3.7~7.6wt.%이고,含CO<sub>2</sub>包有物은0.3~4.4wt.%이다.鑛化期II鑛化流體의鹽濃度は3.2~7.2wt.%,CO<sub>2</sub>濃度は冷却實驗에서의檢出限界以下였다.鑛化期II鑛化流體의溫度는大體로200~305°C程度이고,fs<sub>2</sub>는10<sup>-11</sup>~10<sup>-18</sup>atm사이로初期에서末期로가며낮아진다.鑛化期III鑛化流體의鹽濃度は0.9~4.3wt.%이고,溫度는顯著하게낮아져鑛化流體는天水가주종을이루었을것으로보인다.

3. W,Mo,Sn鑛化期間中CO<sub>2</sub>活動도가낮음은黃江里地域을包含한우리나라中部地方의白堊紀W-Mo鑛化作用의特徵中에하나이었을것으로생각된다.

## 參 考 文 獻

- Barton, P.B. (1974) Sulfide petrology. In: Ribbe, P.H. (ed.) Sulfide mineralogy, Reviews in mineralogy, v. 1, Min. Soc. Am., p. B1-B11.
- Barton, P.B., and Skinner, B.J. (1979) Sulfide mineral stabilities. In: Barnes, H.L. (ed.) Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd ed. New York, Wiley, p. 278~403.
- Bozzo, A.T., Chen, H.S., Kass, J.R., and Barduhn, A.J. (1975) The properties of the hydrates of chlorine and carbon dioxide. Desalination, v. 16, p. 303-320.
- Burnham, C.W. (1967) Hydrothermal fluids at the magmatic stage. In: Barnes, H.L. (ed.) Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 1st ed. New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., p. 34-76.
- Burnham, C.W. (1979) Magmas and hydrothermal fluids. In: Barnes, H.L. (ed.) Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd ed. New York, Wiley, p. 71-136.
- 池楨蔓·黃鎬善(1974)達城鑛山의流體包有物에依한生成溫도와鑛物共生에關한研究.鑛山地質, v. 7, p. 23-35.
- 池楨蔓(1985)日光鑛山의流體包有物研究.仁荷大產技研論文集, v. 13, p. 433-441.
- Collins, P.L.F. (1979) Gas hydrates in CO<sub>2</sub>-bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. Econ. Geol., v. 74, p. 1435-1444.

- Crawford, M.L. (1981) Fluid inclusions in metamorphic rocks—low and medium grade. Min. Assoc. Canada, Short course handbook, v. 6, p. 157-181.
- Dean, J.A., ed. (1979) Thermodynamic properties, in Lange's handbook of chemistry 2nd ed., 12th ed. New York, McGraw-Hill Book Co., p. 9.1-9.184.
- Higgins, N.C. (1980) Fluid inclusion evidence for the transport of tungsten by carbonate complexes in hydrothermal solution. Can. Jour. Earth Sci., v. 17, p. 823-830.
- Hollister, L.S. (1981) Information intrinsically available from fluid inclusions. Min. Assoc. Canada, Short course handbook, v. 6, p. 1-12.
- Jacobs, G.K., and Kerrick, D.M. (1981) APL and FORTRAN programs for a new equation of state for H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, and their mixtures at supercritical conditions. Computer & Geosciences, v. 7, p. 131-143.
- Kelly, W.C., and Rye, R.O. (1979) Geologic, fluid inclusions, and stable isotope studies of the tin-tungsten deposits of Panasqueira, Portugal. Econ. Geol., v. 74, p. 1721-1822.
- Lee, I.S. and Park, H.I. (1982) Fluid inclusion studies on the Wolak tungsten-molybdenum deposits, Korea. Jour. Korean Inst. Mining Geol., v. 15, p. 17-32.
- 朴喜寅·崔錫源(1974) 大華 重石—輝水鉛鑛床產 鑛物中の 流體包有物에 關한 研究. 鑛山地質, v. 7, p. 63-78.
- 朴喜寅·崔錫源(1981a) 青陽 重石鑛床의 流體包有物. 地質學會誌, v. 17, No. 4(發表要旨).
- 朴喜寅·李商萬·李旼成·金洙鎭(1981b) 黃江里地域 金屬鑛床의 成因에 關한 研究. 地質學會誌, v. 17, p. 201-222.
- 朴喜寅·崔錫源·金惠來(1985) 大華·敦山 重石—모리브덴 鑛床의 鑛石과 鑛物共生關係. 鑛山地質, v. 18, p. 11-22.
- 朴熙平·朴喜寅(1979) 友石 多金屬鑛床의 流體包有物 研究. 地質學會誌, v. 15, p. 282-294.
- Potter II, R.W. (1977) Pressure corrections for fluid inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H<sub>2</sub>O. Jour. Research U.S. Geol. Survey, v. 5, p. 603-607.
- Quinn, E.L. and Jones, C.L. (1936) Physical properties of carbon dioxide, in Carbon dioxide. American Chemical Society Monograph Series, New York, Reinhold Publishing Co., p. 34-112.
- Reedman, A.J. et al. (1973) Geological, geophysical, and geochemical investigations in the Hwanggangni area, Chungcheongpukdo. Rept. Geol. Min. Expl., v. 1, Part II, p. 1-118.
- Roedder, E. (1967) Metastable Superheated ice in liquid water inclusions under high negative pressure. Science, v. 155, p. 1413-1417.
- 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.
- So, C.S., Shelton, K.L., Siedemann, D.E., and Skinner, B.J. (1983) The Dae Hwa tungsten-molybdenum mine, Republic of Korea: A geochemical study. Econ. Geol., v. 78, p. 920-930.
- So, C.S., Shelton, K.L. (1983) A sulfur isotope and fluid inclusion study of Cu-W-bearing tourmaline breccia pipe, Ilkwangmine, Republic of Korea. Econ. Geol., v. 78, p. 326-332.
- So, C.S. (1984) S isotope, fluid inclusion and trace element studies of Sannae tungsten deposit and its application to the ore prospecting. Jour. Geol. Soc. Korea, v. 20, p. 282-296.
- Sushchevskaya, T.M. and Ivanova, G.F. (1967) On the composition of mineral-forming solutions of some wolframite deposits in the eastern Transbaikal region. Geokhimiya, v. 9, p. 1099-1105.
- Takenouchi, S., and Kennedy, G.C. (1964) The binary system H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> at high temperatures and pressures. Am. Jour. Sci., v. 262, p. 1055-1074.
- Takenouchi, S., and Kennedy, G.C. (1965a) The solubility of carbon dioxide in NaCl solutions at high temperatures and pressures. Am. Jour. Sci., v. 263, p. 445-454.
- Takenouchi, S., and Kennedy, G.C. (1965b) Dissociation pressures of the phase CO<sub>2</sub> 5 $\frac{3}{4}$ H<sub>2</sub>O. Jour. Geol., v. 73, p. 383-390.

