

# 螢石鑛床의 地質溫度測定 研究

특히 忠北 月岳山地帶 및 天一鑛山 螢石의 研究를 中心으로

尹 碩 奎

## Geothermometrical Studies of Fluorite Deposits with special reference to the Studies of Fluorites from the Wolaksan area and Cheonil Mine, Chungcheongbuk-Do

Suckew Yun

### Abstract

Temperature environments of the formation of fluorite deposits in the Wolaksan area and the Cheonil Mine, Chungcheongbuk-Do are presented and interpreted in brief.

These deposits occur more or less near the contact zone between the Paleozoic limestone formations and the Cretaceous biotite granites as a number of hydrothermal veins or replacement deposits.

The homogenization temperatures of fluorite crystals from the Wolaksan area fall within the narrow range of 149~167°C, of which lower limit is quite high, while those of the Cheonil Mine show wide range of 126~177°C, which indicates much lower mean temperature of formation. If the possible correction for pressure, which may not exceed +30°C as the depth of the deposits was 1.5km, were applied, the possible highest value of the true formation temperatures of fluorites in both area might be reached to around 200°C that means these deposits were formed as a series of early products of the epithermal stage of hydrothermal processes.

### 1. 序 言

加熱顯微鏡을 使用하여 鑛物結晶內의 流體(氣·液體)包有物의 均一化(充填)溫度를 測定하므로써 該鑛物의 生成溫度를 推定하는 所謂 均一化法에 있어서는 螢石, 石英, 方解石, 重晶石等 一部 透明한 鑛物에 對해서만 可能한데 이중에서도 조개짐이 잘 發達되어

數mm 두께의 加熱試驗用 試片을 만들기가 容易한 螢石結晶이 便利하므로 筆者는 鑛床의 生成溫度 研究의 第一段階로서 螢石鑛床을 擇하였다.

우리나라에서는 1968년 처음으로 Leitz의 Heating Stage Microscope 350이 延世大學校에 導入되어 流體包有物에 依한 地質溫度 測定(尹碩奎, 1968)을 위한 研究가 始作되었고 그後 第一次로 新浦鑛山 螢石의 流體包有物에 關한 研究(李春雨, 1970)가 發表되었으며 日

\* 延世大學校

本學者들에 의한 忠北 丹陽郡 九尾 및 江原道 春川 新浦産, 그리고 江原道 金化産 螢石의 生成溫度 測定이 이루어졌다(今井秀喜外 1971).

本 研究에서는 黃江里 地域內의 月岳里 月岳山鑛化帶(박봉순외, 1972)의 西部인 月岳山 地帶의 螢石에 對한 生成溫度測定 結果와 이 鑛化帶의 東側으로의 連續部(南쪽에 貫入된 花崗岩體의 北緣에 따르는)로보이는 道基里 鑛化帶(박봉순외, 1972)內의 比較的 報告되어 있지 않은 鑛鑛山에 對하여 同鑛山으로 부터 採取된 螢石의 生成溫度測定の 結果를 報告하고 兩地帶의 鑛化過程에 있어서의 溫度環境을 比較檢討해 보기로 한다.

## 2. 研究方法

本 研究에 使用된 Leitz의 Heating Stage Microscope model 350은  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서  $+350^{\circ}\text{C}$ 까지의 溫度를 測定할 수 있는 加熱裝置와 溫度計의 挿入裝置가 달려있는 顯微鏡으로서 加熱臺는 最大負荷 3.5Amps, 30Volt에 알맞게 設計되어 있다.

加熱後의 冷却裝置는 水冷式으로 되어있으나 便法으로 Fan을 使用하여 空冷하여도 무방하다.

野外調査에 있어서는 均一化實驗에 使用이 可能한 試料를 採取해야 하는데 透明한 結晶으로서 적어도 長經이 4~5mm 이상은 되는 쪼개진 片으로 만들수 있어야 함으로 너무 부서지기 쉬운 試料는 適當치 않다. 透明한 良晶은 흔히 晶洞部位에서 얻을 수 있으므로 採取되는 試料가 鑛體 斷面內에서 어떤 共生的 位置에 있는지를 調査記載해서 實驗結果의 妥當한 解析을 期해야 한다.

여기서는 主로 螢石結晶만을 單獨으로 다루고 있지만 實際에 있어서는 隨伴되는 다른 透明鑛物 例를 들어 石英 方解石, 重晶石 等中에서 均一化 實驗이 可能한 種이 있을때는 이들도 同時에 採取하여 實驗함이 바람직하다 하겠다. 採取된 結晶에 對하여는 均一化 試驗을 위한 試片製作에 앞서서 一般의 結晶形態의 觀察과 記載를 하고 肉眼上의 缺損部分이나 包有物의 影像等에 留意한다. 結晶의 內部構造는 特別히 注意를 기울여 調査해야 하며 이 過程이 끝나면 結晶을 스캐치하거나 寫眞을 찍어 두고 均一化實驗에 적당한 包有物이 들어있는 적당한 部分을 切斷해 너거나 칼날等으로 쪼개짐을 利用하여 알맞는 두께로 쪼개낸다. 이경우 切斷해낸 試片은 平滑하게 研磨해야 하나 Cleavage면으로 쪼개진 片은 그대로 使用할 수 있다.

豫備觀察을 통하여 包有物의 有無를 于先 確實하고 均

一化에 適當한 試片만을 고른 다음에는 各 試片을 番號順으로 觀察하여 顯微視視野內의 包有物의 形態, 配列狀況, 結晶學의 方向과의 關係等に 留意하되, 包有物이 二相이나 三相이나, 그리고 一次나 假二次나 또는 二次나를 判定해서 스캐치하고 主要 特徵을 記載한 다음 均一化試驗을 始作한다. 鑛物의 生成溫度 測定을 위해서는 一次 包有物 만이 有效하며 二次 또는 假二次 包有物은 理論上 次包有物이 均一化되기 前에 低溫에서 먼저 均一化에 到達할 것이다.

一般의 均一化 加熱을 계속하여 均一化點에 到達된 순간의 溫度(均一化溫度)에 비해 均一化를 넘어서면 다음 逆으로 徐徐히 冷却시킬 경우 다시 氣包가 發生할 때의 溫度는 낮게 나타나는데 이는 氣包의 發生이 液包의 表面張力으로 인해 多少間 뒤질것이라는 點을 참작하여 該鑛物의 生成溫度로서는 前者(均一化溫度)를 擇하는 것이 妥當하다.

## 3. 忠北 月岳山 地帶産 螢石의 生成 溫度 測定

### 3-a. 鑛床의 賦存狀態

忠北 月岳山 地帶는 螢石, 텅스텐 모리브덴, 鉛·亞鉛·銅等의 多樣한 鑛床의 密集帶인 水山-延豊螢石 多金屬帶(尹碩奎, 1871)의 中間에 位置한다. 1/5 黃江里圖幅西南部를 南南西走하는 大石灰岩統에 屬하는 石灰珪酸鹽岩帶(李政成外, 1965)가 同圖幅 中南部와 聞慶圖幅 東北部에 걸친 黑雲母花崗岩(金南長外, 1967)의 貫入을 받은 接觸帶에 沿하여 東倉鑛山, 松界鑛山, 榮國鑛山等의 螢石鑛山 들이 分布된다. 本地帶에 分布된 上記鑛山群에 對한 野外調査는 1969年 8월에 이루어졌으며 主로 均一化實驗에 適當한 透明結晶을 採集하는데 置中하였다.

松界鑛山은 月岳山 西南方 提川郡 寒水面 松界里에 位置하며 結晶質石灰岩內에 花崗岩과의 接觸帶 가까이 胚胎型 脈狀鑛床으로서 脈의 走向은 母岩의 그그과 大係로 平行하여  $N40^{\circ}\sim 45^{\circ}E$ 로 달리나 脈의 傾斜는 母岩의 傾斜보다 若干 急한  $70^{\circ}$ 內外로 기운다. 脈幅은 1~1.5m까지 膨大해지는 곳도 있으나 0.3~1.0m인 경우가 普通이며 延長은 100餘m에 達한다. 螢石과 灰重石이 主産鑛物이나 多量의 閃亞鉛石이 共生되며 少量의 方鉛石, 黃鐵石 및 黃銅石이 隨伴된다. 均一化 實驗을 爲한 螢石試料는 抗外 既探掘 鑛石中에서 採取하였다.

榮國鑛山은 松界鑛山에서 約 2km 西南側으로 干廻한 구례골 南쪽에 位置하며  $N40^{\circ}E$ ,  $80^{\circ}SE$ 로 누운 結

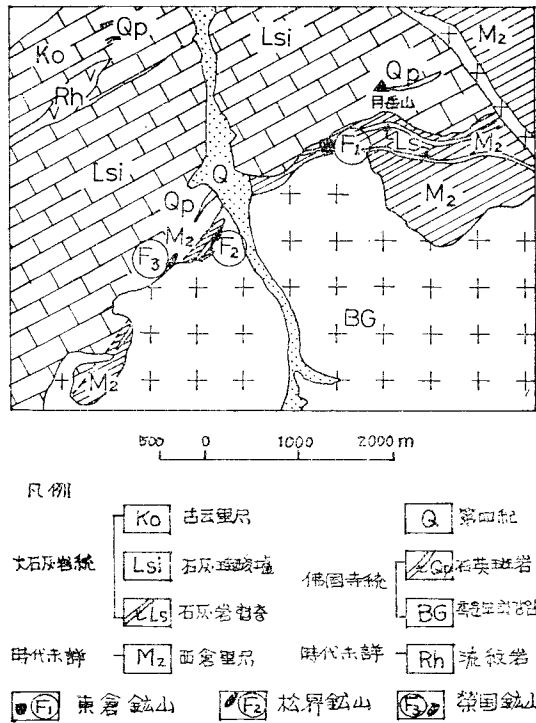


圖 1. 月岳山 地區 地質 및 螢石 鑛床 分布圖

晶質石灰岩과의 接觸帶가이에 胚胎된 硫化鑛脈으로서 露天에서 顯著한 褐鐵石化를 받고 있음이 特徵이다. 螢石이 主産物이나 多量의 硫化鑛物이 隨伴되는데 白鐵石이 支配的이며 方鉛石, 黃銅石等이 包含된다. 均一化實驗을 爲한 螢石試料은 露頭에서 採取할 수 있었다.

東倉鑛山은 月岳山 西南 溪谷에 所在하며 鑛床은 N 50~70° E, 42~75° NW로 달리는 西倉里層內에 狹在된 石灰岩層을 交代한 熱水鑛床으로서 (李成政, 1965, 진경주 1969), 鑛體는 母岩의 層理를 잘르며 N47°W, 70~75°SW로 胚胎된 렌즈狀 富鑛帶와 母岩의 層理에 平行한 細脈으로 區分된다. 螢石은 大部分이 半透明한 것이다 良好한 晶洞型 結晶이 豊富하여 無色, 淡綠色 淡紅色 淡紫色等 色彩가 多樣하고 經 1~2cm에 達하는 均一化 實驗에 好適한 試料을 採取할 수가 있었다.

3-b. 月岳山 地區産 螢石의 生成溫度

月岳山 地區에서 採取된 試料에 對한 均一化 實驗은 當年 冬期에 이루어졌는데 既述한 바와 같이 個個의 鑛體內에서의 定位置 採集이 못되므로 本 實驗의 結果는 該鑛化帶內의 共通值로서의 意義만을 지닐 것이라는 點을 밝혀둔다.

3個 鑛山 6個所에서 採集된 試料中에서 製作한 試片은 29個이며 均一化實驗을 行한 流體包有物은 모두 52個였다. 觀察된 包有物은 모두 液相 氣相의 2相으로 되어 있으며 加熱時에는 氣相이 消失되었으므로 均一化 溫度는 氣相의 消失溫度이며 鑛物은 熱水溶液에서 이루어졌음을 立證한다(Roedder, 1967).

試料番號 1의 螢石에 對해서는 6個의 試片中 14個의 流體包有物에 對해 實驗한 結果 均一化 溫度는 154~167°C를 나타냈고 平均溫度는 160°C였다. 試料番號 2에서는 4個의 試片中 7個의 包有物에 對해 加熱한 結果 均一化 溫度는 149~163°C였으며 平均溫度는 157°C였다. 3番의 試料에서는 6個의 試片中 8個의 流體包有物에 對하여 實驗한 結果 155~163°C에 均一化 溫度가 集中되었다. 平均 溫度는 155로 나타났다. 4番의 螢石은 3個의 試片中 5個의 包有物에서 均一化 溫度域 162~167°C와 平均溫度 164°C를 얻었다. 5番 試料에서는 6個의 試片中 10個의 包有物에서 均一化 溫度域 154~167°C와 平均溫度 159°C를, 6番 試料에서는 4個의 試片中 8個의 包有物에서 均一化 溫度域 156~163°C와 平均溫度 160°C를 얻었다.

本實驗에서 測定한 結果를 要約하면 表 1과 같다.

表 1. 月岳山 地區産 螢石의 均一化溫度

試料番號	試片數	包有物數	均一化溫度 (°C)			
			平均	最高	最低	摘要
1	6	14	160	167	154	
2	4	7	157	163	149	
3	6	8	158	163	155	
4	3	5	164	167	162	
5	6	10	159	167	154	包有物 1個를 폐기함
6	4	8	160	163	156	

上記 表에서 보는 바와 같이 이 地區産 螢石內의 流體包有物의 均一化 溫度는 最高 167°C에서 最低 149°C의 溫度域에 걸쳐 있으며 萬一 이 地區에 있어서 鑛化 當時의 地上深度를 考慮해 넣어 壓力加算을 한다면 實際 生成溫度는 이보다 若干 上廻할 것이다. 소련 Central Tadjikistan 鑛山의 例에 依하면 (Yermakov, N. P., 1965), 生成深度를 1.5km로 보았을 때의 最大 加算溫度를 +30°C를 推算하였다. 이 例에 비추어 본다면 本地區에 있어서의 石灰質岩層內의 花崗岩體와의 接觸帶에 沿한 螢石 鑛化作用은 적어도 約 170°C以上 어찌면 200°C 가까이에서 이루어지기 始作하였을 것이며 中熱水未 乃至 淺熱水初(Bateman, L. M. 1967)에 該當되는 熱水鑛床임을 알 수 있다.

4. 忠北 提川郡 天一鑛山 螢石의 生成溫度

4-a. 鑛床의 賦存狀態

1/5萬 黃江里 圖幅內 水山—延豐 螢石多金屬帶의 北側 中心地인 提川郡 水山面 및 德山面 一帶에 分布되는 大石灰岩統의 石灰質岩層內에는 南北 兩側으로 부터의 花崗岩體의 貫入의 影響으로 多樣한 多金屬鑛化帶나 形成되었으며 이는 또한 道田, 瑞龍, 忠一, 天一鑛山等의 螢石鑛化帶로서 特徵지어 지며 이 螢石帶는 다시 丹陽方面으로 延長되어 宇一, 九尾鑛山等의 生産的 鑛床들이 分布되어 있다.

이 地域의 螢石鑛床中 九尾鑛山產 螢石에 對하여는 生成溫度 測定結果가 發表되어 (Miyazawa, T., 1972), 79~143°C임이 밝혀진바 있다.

여기서는 德山面 道基里에 所在하는 宇一鑛山에 對하여 鑛床의 賦存狀況과 螢石의 生成溫度 測定結果를 報告하기로 한다(圖 2. 참조) 本 鑛床은 N55° E, 31° N

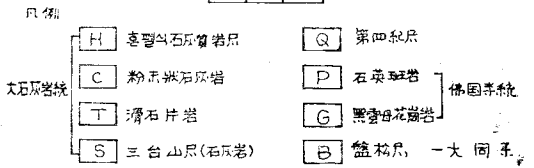
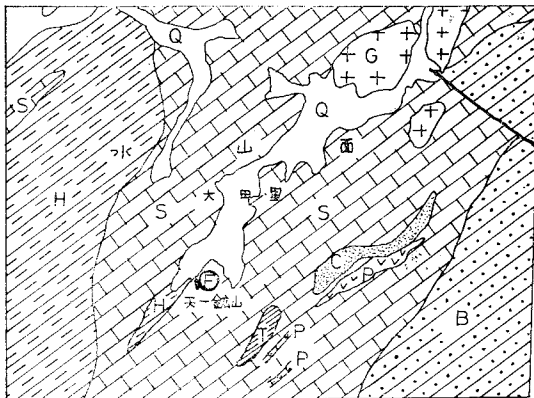


圖 2. 天一鑛山 附近의 地質圖

W의 層理를 갖는 大石灰岩統의 石灰岩層內에 N10°W의 走向으로 달리며 75°SW로 急傾斜하는 螢石石英脈으로서 脈幅은 1~1.2m 內外이고 脈의 延長에 따라 約 20m의 水平抗道가 掘착되어 있다. 脈內의 中間部와 上盤側에 10~20cm 幅을 갖는 二條의 螢石細脈이 發達되는데 抗口에서 數m 內部에 上下로 發達된 富鑛帶를 보이고 있으나 大體로 規則的인 鑛狀을 유지한다. 螢石結晶은 主로 靑色을 띠고 있으며, 매우 脆弱하며

晶洞型은 드물고 大體로 細粒質이다. 石英은 大部分이 玉髓에 屬하는 變種이며 少量의 方解石이 隨伴될 뿐 硫化鑛物은 거의 볼수없다. 上盤側 螢石脈에서 간신히 溫度測定이 可能한 數個의 試料를 採取할수가 있었다.

4-b. 天一鑛山產 螢石의 生成溫度

4 個所에서 採取한 試料中에서 製作한 試片은 9 個였으며 均一化實驗이 可能한 試片은 6 個였다.

試料番號 1은 淡靑色이며 試片番號 1에서는 比較的 커다란(長經 約 0.35mm) 二相包有物(사진 1)이 보였으며 均一化溫度는 177°C였다. 同一試片內에는 1團의 小包有物이 魚群과 같이 縞狀으로 配列되어 있으나 均一化 試驗을 하기에는 너무도 微小하였다. 試片番號 2에서는 四面體形 또는 屑形을 이룬 二相包有物(사진 2)이 不規則하게 散在되며 均一化 溫度는 158°C였다.

試料番號 2는 帶靑色結晶으로 試片內에 縞狀으로 配列된 極히 微細한 包有物群이 있으나 거의 單相 包有物로 보이므로 均一化 試驗이 可能치 못했다. 比較적 커다란 包有物(사진 3)이 있으나 이 역시 單相이며 注目을 끄는 試片이었다.

試料番號 3은 無色透明한 結晶이며 3 個의 試片에서 均一化 試驗이 可能하였다. 試片 番號 1에서는 外郭이 뚜렷한(暗黑帶)屑形包有物을 볼수있는데 加熱途中 81°C에서 이미 氣包가 外郭暗黑帶로 吸收되어 버림으로서 異狀低溫을 보여주었다. 試片番號 2에는 三角形, 隨丹形, 針狀等 多樣한 二相包有物이 分布되며(사진 4, 사진 5), 均一化 溫度는 126°C로 나타났다. 試片番號 3에는 多數의 細粒狀 包有物이 散點狀으로 分布되어 있으며 均一化 溫度는 127°C였다.

試料番號 4는 靑色結晶으로서 試片內에서 微細한 包有物의 調密한 分布를 볼수는 있으나 包有物內에 氣

表 天一鑛山產 螢石의 均一化溫度

試料番號	試片番號	均一化溫度 (°C)		摘 要
		均一化溫度	氣包再發溫度	
1	1	177	122	
	2	158	137	
2	1	—	—	單相包有物
3	1	81	—	早期均一化
	2	126	98	
	3	127	105	
4	1	—	—	微細包有物

包의 存在를 찾을 수 없었다.

以上에서 測定된 均一化 溫度를 表示하면 다음과 같다.

表 2에서 보는 바와 같이 均一化溫度는 그 心炳도가 疑心스러운 試料 3-1의 測定值 (81°C)를 버린다 해도 177°C에서 126°C에 이르는 相當히 넓은 溫度域을 示現한다.

## 5. 結 論

忠北 月岳山 地帶에는 時代未詳의 西倉里層內에 狹在된 石灰岩層에 따라 熱水鑛脈型의 松界, 榮國鑛床, 熱水交代型인 東倉鑛山이 分布되며 이 地帶產 螢石의 均一化溫度는 167~149°C로 나타나 比較的 좁은 生成溫度域을 보이나 그 下限은 높다.

忠北 提川郡 水山面 天一鑛山의 螢石鑛床은 大石灰岩統에 屬하는 石灰岩層內에 胚胎된 裂罅充填型 石英脈으로서 螢石의 均一化溫度는 177~126°C로 나타나 月岳山 地帶에 比하면 넓은 生成溫度域을 보이며 그 下限이 훨씬 낮다.

이는 月岳山 地帶의 螢石鑛化가 比較的 高溫環境에서 이루어졌음에 反하여 天一鑛山의 경우는 高溫에서 始

作된 鑛化가 훨씬 低溫時期까지 계속되었음을 말하고 있으며, 이는 前者는 花崗岩과의 接觸帶에 近接하고있고 鑛石에 磁硫鐵石같은 高溫鑛物이 隨伴되는데 反해 後者는 花崗岩接觸帶와는 멀리 떨어져있고 脈石으로서 玉隨와 같은 低溫鑛物을 主로하는 事實과도 부합된다.

鑛化當時의 地下深度를 참작하여 測定된 均一化溫度에 壓力加算을 考慮한다면 이를 鑛床의 實際 生成溫度는 均一化 溫度보다 20~30°C 上廻할 것이며 生成溫度의 上限은 近 200°C에 達할 것이다. 따라서 兩地帶의 鑛床은 淺熱水初期의 產物이었음을 알 수 있다.

## 6. 謝 辭

本 研究에 있어서 螢石試料에 對한 實驗實에서의 均一化試驗은 月岳山地帶產의 경우는 當時 延世大學校 教育大學院學生이었던 李春雨氏의 도움을 받았고, 天一鑛山에서의 試料의 경우는 仁荷大學校 大學院學生 黃鎬善君의 助力으로 이루어졌으니 이들에게 謝意를 表하며 本 研究에 所要된 經費는 延世大學校 總長 추천 研究費에 依해 充當되었으니 이에 깊이 感謝하는 바이다.

## 참 고 문 헌

- 尹 碩 奎(1968) : 流體包有物에 依한 地質溫度測定, 광산지질, 창간호 pp. 74-82.
- 李 春 雨(1970) : 新浦鑛山 螢石의 流體包有物에 關한 研究, 광산지질 2권 4호, pp. 1-21.
- 今井秀喜外(1971) : 液體包有物 探查研究委員會報告, 日本鑛業會誌, 187, 1001 (171-7) p. 548.
- 박 봉 순 외(1972) : 황강리 광역 광화대 3 차년도(1970) 조사보고서, 지질광상조사연구보고, 국립지질조사소, p. 134.
- 尹 碩 奎(1971) : 沃川地尙斜의 進化和 鑛化作用, 광산지질, 4호 2권, pp. 77-90.
- 李 旼 成 外(1965) : 한국지질도, 1/5만 황강리도폭 및 설명서, 국립지질조사소.
- 金 南 長 外(1967) : 한국지질도 1/5 만 분경도폭 및 설명서 국립지질조사소 pp. 21-22.
- 진 경 주(1969) : 대한광업진흥공사 조사보고서, ER 69-16NM.
- Roedder, E. (1967) : Fluid inclusions as samples of ore deposits, *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, Holt, Reinhart and Winstone, nc., pp. 530-532.
- Yermakov, N. P. (1965) : Research on the nature of mineral-forming solutions, Pergamon Press, pp. 193-210.
- Bateman, A. M. (1967) : Economic Mineral Deposits, John Wiley & Sons, Inc., p. 358.
- Miyazawa, T. (1972) : Studies of fluid inclusions and origin of hydrothermal fluids, *Journal of J. G. E. A.* No. 34, p. 65.

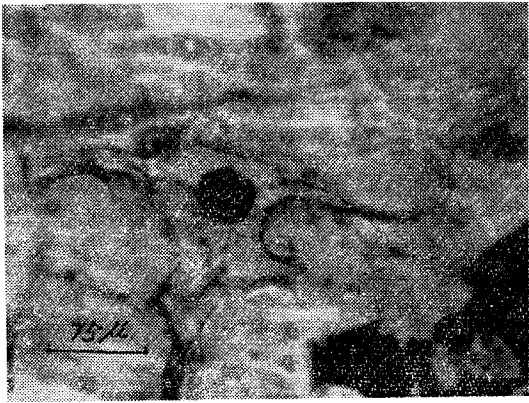


사진-1. Ame ba 形 二相包有物

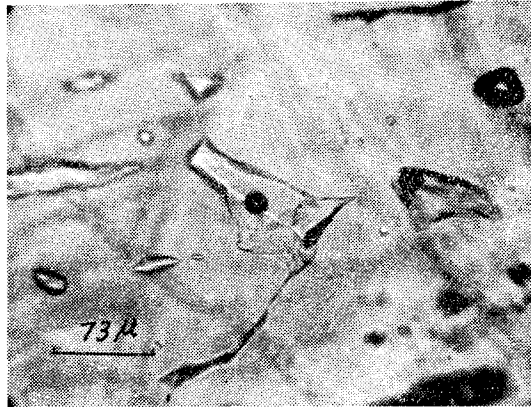


사진-2. Sphenoid 形 二相包有物

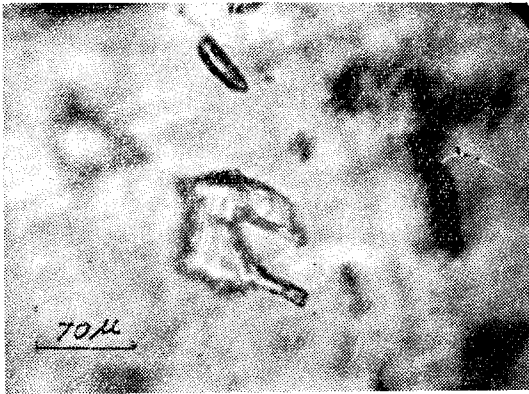


사진-3. C 字形 單相包有物

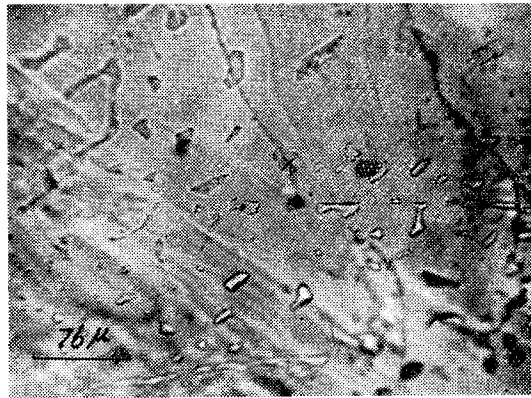


사진-4. 骨節形 其他 多樣한 形態의 二相包有物의 散點狀分布

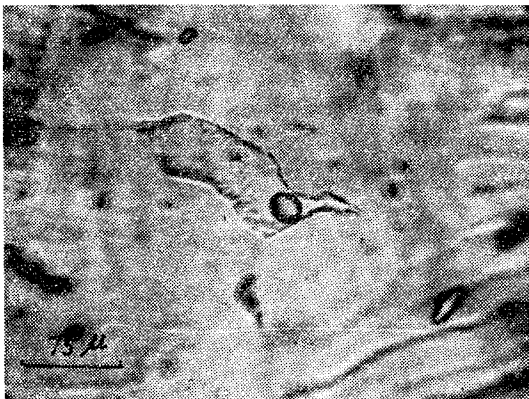


사진-5. 飛鳥形 二相包有物

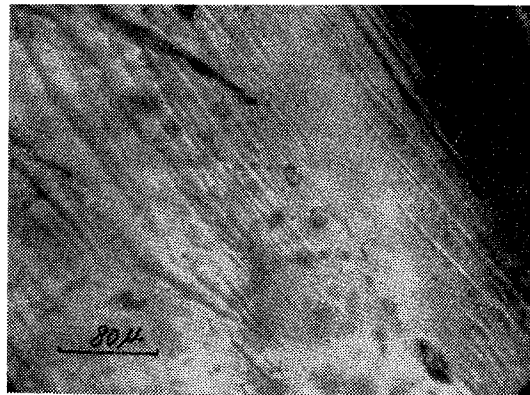


사진-6. 球形 또는 橢圓體形 二相包有物의 平行配列