

## 巨濟 東亞礦山의 地質 및 礦床

金 鍾 大\*

Geology and Ore Deposits of Geoje Dong-A Mine

Jong Dae Kim

**Abstract:** The geology of the mine consists of Cretaceous lower andesitic breccia member, tuffaceous black shale, upper tuffaceous sandstone member and andesitic dike.

Ore bodies are two parallel veins of breccia originated from hydrothermal activity of later acidic igneous intrusion. First two periods of mineralization, gold and silver, and copper, and later copper enrichment was identified. The first two might have been occurred during boiling of hydrothermal solution that formed breccia and copper enrichment was accomplished by enhancement of  $\text{CO}_2$  fugacity from the organic material contained in the black shale.

With all the geologic and mineralogic data and inferences attained from other investigators it was estimated that the optimum depth of the ore mineralization was between 500m and 300m below the surface of Kyong-Sang series.

### 序 言

이 礦山은 慶南 巨濟郡 河清面 德谷里에 位置한다. 이 礎山은 開發初期에는 노두 부근에서 상당량의 金(10.5kg)을 生產한 기록이 있으나 1976年 現 礎業權者가 인수, 試鑑 및 坑道굴진 探查結果 深部로 가면서 金의 品位는 떨어지고 銅의 品位가 점차로 높아져 갔다. 따라서 1982年에 100t/日 처리 규모의 선광장을 건설하고 주로 銅礦石를 生產하다가 銅의 國제시세 下落 및 坑內銅品位의 低下등으로 인하여 1985年에 休礦한 상태에 있다.

이 礎山에 관하여는 1/50,000 巨濟·栗浦圖幅(1980)과 대한광업진홍공사에 의한 지질광산시추 및 물탐기록(1977, 1979, 1982, 1983, 1984) 등이 있다.

이 礎山에 대한 최초의 괄목할 만한 研究는 金燦鍾(1984) 등에 의하여 이루어졌으며 地質調查, 礎石礦物研究 및 流體包有物研究 등을 통하여 礎床의 成因을 규명보자 하였다.

筆者는 이상에서 確認된 자료들을 종합하고 1984년도에 추가로 시추 및 坑道掘進을 실시한 결과를 첨가하여 주로 坑內外 精密地質調查, 礎床의 母岩變質, 母岩의 종류에 따른 金銀 및 銅의 品位 變化와 富礦部 胚胎狀態, 그리고 金銀 및 銅의 垂直 帶狀分布 現象 등을

중심으로 하여 이 礎床의 成因을 규명하려고 노력하였다.

本研究는 學校法人 東亞學塾의 의뢰에 의하여 이 礎山의 경제성 검토를 실시한 사업의 일환으로서 그 종 礎床의 成因에 관한 부분의 發表를 허락하여 주신 東亞學塾의 관계자 여러분에게 깊은 감사를 드리는 바이다.

### 地 質

이 礎山의 地質은 下부로 부터 下部安山岩質角礫岩ember, 凝灰質黑色세일, 上部凝灰質砂岩ember 등과 이들을 貫入한 安山岩脈으로 구성된다(Fig. 1, 2).

이 礎山 일대의 層序는 金燦鍾(1984) 등에 의하여 대체로 바르게 정립되었으므로 筆者 역시 그에 따르기로 하거니와 이들 地層의 分布樣相과 岩相의 설명에 있어서는 보다 상세한 說明을 要함으로 이들을 다시 記述하면 다음과 같다.

#### 下部安山岩質角礫岩ember

이 ember는 本 礎山의 最下位ember로서 安山岩質角礫岩과 타피리옹회암(lapilli tuff)으로構成된다.

이 ember의 대체적인 走向 및 傾斜는  $N18^\circ W$ ,  $17^\circ SW$ 이다.

이 ember의 下位層인 安山岩質角礫岩은 주로 安山岩質凝灰角礫岩으로 이루어져 있으나 凝灰岩 및 凝灰質

\* 東亞大學校 資源工學科

EXPLANATION

- [Ka d] ANDESITE DIKE.  
 ——— INTRUSION.  
 [Kub] UPPER TUFFACEOUS SANDSTONE MEMBER  
   ; ANDESITIC BRECCIA,  
   CONGLOMERATE, PEBBLE BEARING, TUFFACEOUS SANDSTONE.  
 [Kbs] TUFFACEOUS BLACK SHALE.  
 [K! b] LOWER ANDESITIC BRECCIA MEMBER  
   LAPILLI TUFF,  
   ANDESITIC BRECCIA.  
 10 STRIKE & DIP OF BEDING.  
 —— STRIKE OF VERTICALLY DIPPING DIKE.  
 —— GEOLOGIC BOUNDARY.

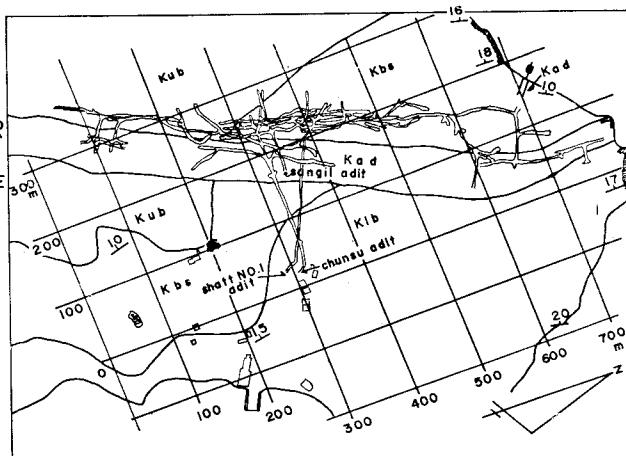


Fig. 1 Surface geology map of Keoje Dong-A mine.

세일의 薄層을 렌즈状으로 협재한다. 이 安山岩質角礫岩의 全體 層厚는 이 岩層의 基底部가 海水에 의하여 가려져 있으므로 정확히 알 수는 없으나 本 鎌山에서 확인할 수 있는 層厚만도 80m를 上回하고 있다. 이 岩石은 대체로 暗綠色 내지 綠灰色을 띤다. 角礫은 주로 安山岩片으로 구성되어 크기는 3~10cm의 것들이 대부분이나 1m에 달하는 것도 있다(사진 1). 이 岩石은 角礫의 分級度가 매우 낮고 層理의 발달 정도도 매우 낮으나 挾在된 凝灰岩 및 凝灰質세일은 명확한 層理의 발달을 보이며 큰 角礫의 주위에서는 基質의 流狀構造를 흔히 관찰할 수 있다.

安山岩質角礫岩의 基質을 顯微鏡으로 관찰한 바에 의하면 斜長石의 斑晶을 이루며 이들 斑晶들은 흔히 輝石(augite)의 微晶을 内包하는 poikilitic texture를 보인다. 이들 斑晶의 粒子들 사이에는 長石의 lath들이 流狀構造를 가지고 자라기도 한다(사진 2).

이 맵버의 上位層인 라피리凝灰岩은 주로 安山岩質凝灰質 基質內에 최대 크기 10cm 미만의 安山岩質 角礫을 분산 내포하고 있다. 이들 角礫은 아래로 갈수록 점차 크기가 증가하여 下位의 安山岩質角礫岩과의 접촉부 부근에서는 安山岩質角礫岩內의 角礫과의 區分이 어려워 진다. 이 岩層의 層厚는 30m内外이다. 이 岩石은 綠色 내지 灰綠色을 띠며 特征적으로 層理의 發達이 양호하나 上位의 黑色세일과는 岩色 및 粒度의 돌연한 變化에 의하여 쉽게 구분된다.

以上의 증거들로 보아 下部安山岩質角礫岩맵버는 安山岩質 마그마의 自碎角礫(autoclastic breccia)(원종관외, 1980)을 가지는 噴出岩과同一 마그마起源의 air fall deposit으로 구성된다. 이 맵버는 후에 심한 緣泥

石化作用을 받았다.

**凝灰質黑色세일**

이 岩層은 下部安山岩質角礫岩맵버와 上部凝灰質砂岩 맵버의 사이에서 兩 맵버에 整合的인 관계를 갖고 分布한다. 이 岩石은 褐色 내지 黑褐色을 띠우며 層理의 發達이 良好한(사진 3) 외에 뚜렷한 淺水成堆積構造인 潛痕과 convolute bedding을 보여주고 있다. 이 岩層은 露頭 부근이나 安山岩脈接觸部 부근에서는 탈색하여 淡灰色을 띤다. 坑內에서 관찰된 本 岩은 또한 上部凝灰質砂岩맵버에 접한 부분에서는 2~5m의 hornfels대를 形成하기도 한다. 이 岩層의 두께는 30~50m로 써 本 鎌山 일대에서 비교적 광범위한 分布를 보인다.

이 岩石의 基質은 凝灰質이나 硅化作用을 받았으며 本岩變成過程에서 再結晶된 方解石의 斑晶들을 함유하며 特征적으로 脫離기원의 石英粒들을 함유한다(사진 4).

**上部凝灰質砂岩맵버**

이 맵버는 本 鎌山 일대에 分布하는 火山岩類中 최상위의 岩層들로서 下部로 부터 磯質凝灰質砂岩과 凝灰角礫岩으로 2大別 할 수 있다.

磯質凝灰質砂岩은 下位의 凝灰質黑色세일 直上部에서는 磯岩의 薄層(30cm)들을 수조 함유하며(사진 5) 層厚는 20m내외이다. 磯岩의 磯은 주로 安山岩이나 흔히 片麻岩類의 磯들도 관찰되며 비교적 圓磨度가 높고 크기는 2~5cm의 것들이 있다. 이 岩石의 岩色은 하부로부터 상부로 갈수록 褐色, 淡褐色, 灰褐色, 및 綠灰色으로 변하여 가는데 이는 本 岩石이 초기 堆積 당시에는 流水에 의한 酸化作用을 받다가 후에는 접차 流水의 영향을 벗어 났음을 시사하여 준다.

凝灰角礫岩은 上記한 磯質凝灰質砂岩과는 점이적인 관계를 가지고 分布하는데 대체로 綠灰色내지 暗綠色을 띠으며 크기 5~30cm의 安山岩質角礫을 함유한다 (사진 6). 이 岩石은 層理의 발달을 거의 찾아 볼 수 없으며 塊狀이다.

上部凝灰質砂岩멤버의 岩石들을 顯微鏡 관찰한 바에 따르면 堆積起源(detrital)의 石英은 下位의 磯質凝灰質砂岩에서만 상당량 관찰되며 上位의 凝灰角礫岩에서는 火山灰의 pellet들 사이에서 斜長石 lath의 晶出이 관찰되는 점(사진 7)이 특징적이다. 이 멤버 역시 심하게 綠泥石化作用을 받고 있다.

#### 安山岩脈

이 岩脈은 前述한 下部安山岩質角礫岩멤버, 凝灰質黑色세일 및 上부凝灰質砂岩멤버를 貫入한다. 이 岩脈의 두께는 30~60m이며 N10°E의 走向과 수직 경사를 갖는다. 이 岩石은 灰綠色 괴상이다. 鑛體 주위에서는 綠簾石 및 方解石의 斑晶을 가지기도 한다. 이 岩石은 露頭에서는 두 方向의 잘 발달된 節理 계열을 나타낸다(사진 8).

#### 變成作用과 母岩變質

이 鑛山에서 관찰되는 變成作用은 ① 綠泥石化作用, ② 組雲母化作用 ③ hornfels化作用 및 ④ bleaching 등 鑛床生成과 관계 없는 廣域變成作用, 接觸變成作用 혹은 風化作用과 ① 高嶺土化作用, ② 綠簾石化作用,

③ 黃化作用, 및 ④ 赤鐵石化作用과 같이 鑛床生成時期의 母岩變質로 2大別 된다.

Hornfels化作用은 上部凝灰質砂岩멤버 혹은 安山岩脈이 凝灰質黑色세일에 접한 부분에서 후자가 hornfels化한 것으로서 이는 후자가 後期火山活動에 수반한 熱變成作用을 받은 本域 최초의 接觸變成作用이다. hornfels帶의 두께는 膨縮이 심하나 대체로 1~50m에 이른다.

Bleaching은 安山岩脈 貫入時 그에 인접한 凝灰岩 및 세일을 탈색시킨 것으로서 특히 黑色세일을 灰色세일로 탈색시켜 쉽게 관찰할 수 있다. 安山岩脈에 직접 접한 黑色세일은 斷續的이나 두께 1m 내외의 hornfels化 하기도 하였는데, 그 외곽부로 1~10m의 탈색대를 형성한다. 黑色세일이 灰色세일로 变成된 것은 黑色세일에 함유된 mafic element와 有機物質등이 安山岩 貫入時 용해하여 제거된 것으로 보인다. 탈색대내에서는 광화작용이 미약한 것이 특징이다. 이 黑色세일은 또한 露頭 부근에서 風化作用에 의하여 탈색되어 灰色세일로 변화하였다.

綠泥石化作用은 組雲母化作用과 함께 本域에 광범위하게 發達한 廣域變成作用이다. 대체로 유리質 石基 혹은 凝灰質 岩屑등이 綠泥石化하거나 斜長石의 斑晶이 組雲母化하고 있다.

綠簾石化作用은 鑛化帶 최외곽에서 최대폭 30m까지

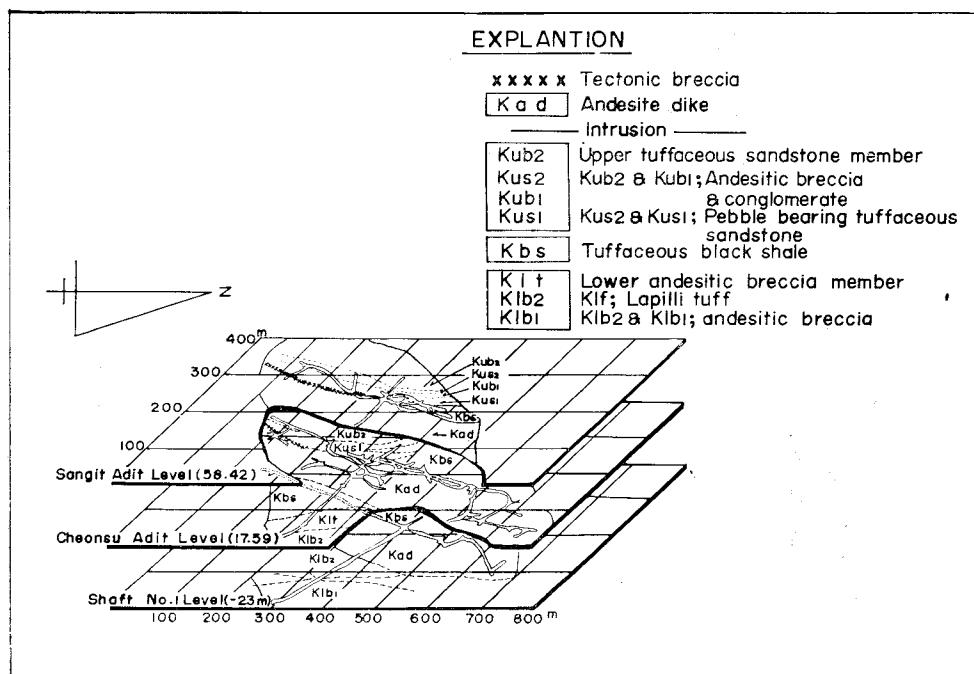


Fig. 2 A block diagram showing underground geology of Keoje Dong-A mine.

발달하는 母岩變質帶로서 安山岩의 프로필라이트化作用과 黑色세일의 緑簾石化作用을 總稱하는 것이다(Fig. 3). 緑簾石은 이 광물을 가지는 岩(host rock)의 유리질 혹은 凝灰質基質(matrix)내에서 porphyroblast를 이루고 자라기도 하지만 斜長石의 裂開나 斷口(fracture)를 따라 자라기도 한다.

高嶺土化作用은 緑簾石化帶 内部에서 鎌脈가까이에 發達한다. 이 高嶺土帶化의 幅은 鎌脈이 黑色세일 内에 발달하는 경우에는 10cm 미만으로 鎌脈과 後述하는 赤鐵石化帶內에서 anastomosing veinlets을 이루지만 安山岩内에 發達한 金脈의 경우에는 1~10m의 壓碎帶內에서 角礫들을 함유하여 發달한다. 이 高嶺土化帶內에는 黃鐵石의 散點狀分布를 동반한다(Fig. 3). 이 黃鐵石은 직경 1~2cm의 斑點을 이루고 농집하는 것이 보통이다.

赤鐵石化作用은 鎌脈에 直接적으로 수반하는 母岩變質帶에서 鎌脈 가까이에서 鎌脈에 연하여 褐色의 赤鐵石化帶를 형성하거나 鎌脈 内部에서 有用礦物과 수반하여 鏡鐵石으로 產出한다(Fig. 3).

### 鎌 床

이 鎌山의 鎌床은 脈狀 含金銀 銅鎌床이다. 이 鎌脈들은 N20~25°E의 走向과 80°NE의 傾斜을 가지는 2개조의 平行脈으로서 巨濟東亞鎌山 鎌區內에서는 天馬山을 中心으로 전체 延長 약 80m에 달하며 北側으로 이웃 칠천도의 화전산으로 계속 연장 發달한다.

이들 鎌脈을 이루는 構造는 화전산 부근에서는 下部 安山岩質角礫म버를 차르는 외에 天馬山 부근에서는 黑色세일, 上부凝灰質砂岩म버 및 安山岩脈등을 모두 차르며 安山岩脈과는 그 走向과 傾斜가 거의 일치하고 있다. 그러나 이들 鎌脈을 배태하는 구조는 이 지역 火山岩 및 堆積岩의 層理를 이동시키지 않고 있는 점으로 보아 斷層이라기 보다는 壓碎帶임을 짐작케 한다.

이 鎌脈들을 편의상 거제분맥 및 금맥으로 구분하여 기술코자 한다.

### 開發現況

이 鎌山 개발 초기에는 주로 金을 대상으로 天馬山의 주능선을 따라 發達한 노두에서 수십개소 露天採掘한 외에 露頭에서 수직심도 20m 이내에서 通洞(adit)을 開坑하여 採掘하였다. 이들 採掘跡들은 安山岩 및 上부凝灰質砂岩म버를 母岩으로 하는 거제분맥 및 금맥의 露頭들에 산재하여 있으나 黑色세일을 母岩으로 하는 鎌脈의 露頭는 開發치 않았다. 이와 같은 현상은 金의 高品位 농집이 安山岩 및 上부凝灰質砂岩म버를 母岩으로 하는 鎌脈들에서 선택적으로 이루어졌음을 의미하는 것이다.

1976년부터 1984년 休鎌時까지의 採鎌은 총연장 6000m 이상의 시추와 총연장 2000m 이상의 採鎌掘進을 실시하였는데 이 시기에 開坑한 坑道는 主運搬坑道인 天樹坑과 그 보다 40m 上部의 上一坑, 40m 下部의 下一坑등이다. 이時期는 金보다는 銅이 主要行對象이었으며 主 採掘場은 天樹坑 수준의 北一採, 北二採

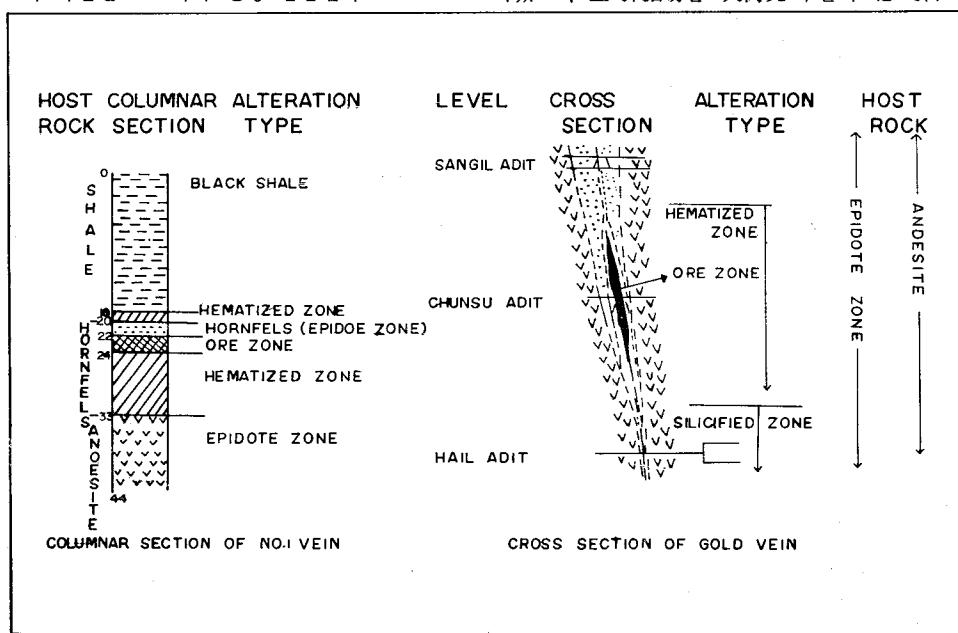


Fig.3 Typical wall-rock alteration zones.

및 北三採로서 이들 採掘場의 母岩은 黑色세일이었다. 이는 銅의 高品位 농집이 黑色세일을 母岩으로 하는 鎌脈들에서 선택적으로 이루어졌음을 의미하는 것이다.

#### 거제본면

이 鎌脈은 上部凝灰質砂岩멤버나 黑色세일을 貫入한 安山岩脈의 西側面을 따라 貫入당한 岩石內에 鎌化하였다.

鎌脈의 幅은 上一坑 수준에서는 0.5~2m로서 上部凝灰質砂岩멤버 内에서는 0.5m 內外이나 黑色세일에서는 2m까지 평창한다. 富鎌部의 연장은 대체로 5~80m이

며 上部凝灰質砂岩멤버 内에서는 品位 分布가 고르지 못한 5~20m의 단속적인 金의 富鎌部가 3個所 分布하는 반면 黑色세일 内에서는 최대연장 80m까지 비교적 高品位의 銅을 함유하는 1個所의 富鎌部를 형성하였다.

이 富鎌部들을 각 경도 수준별로 상세히 설명하면 다음과 같다. 즉 天樹坑 수준에서는 上部凝灰質砂岩멤버내에 발달한 上一坑 수준의 부광부는 그 品位와 脈幅등이 매우 미약하여진 반면 黑色세일내에 발달한 富鎌部는 脈幅 6m, 延長 120m 까지 증가하였으며 그의

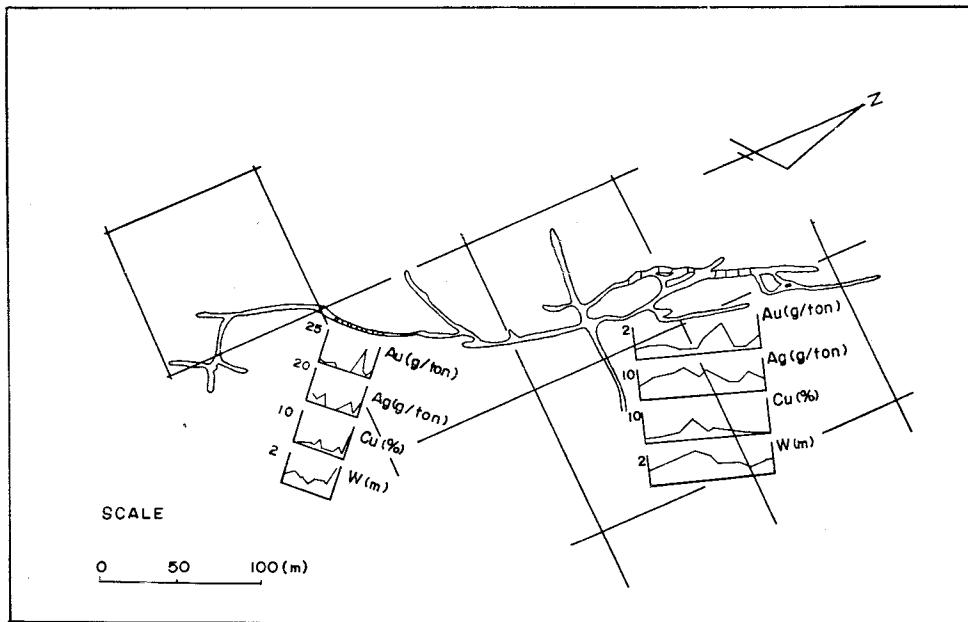


Fig.4 Ore grade distribution map of Sangile adit level, Keoje Dong-A mine.

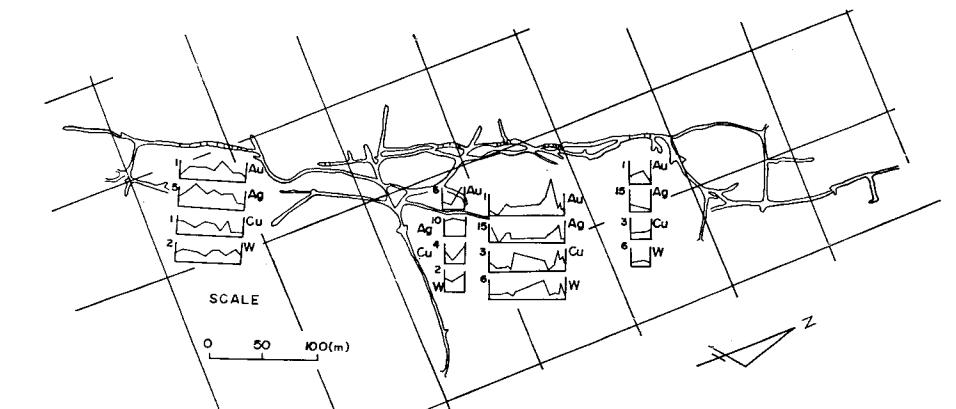


Fig. 5 Ore grade distribution map of Cheonsu adit level, Keoje Dong-A mine.

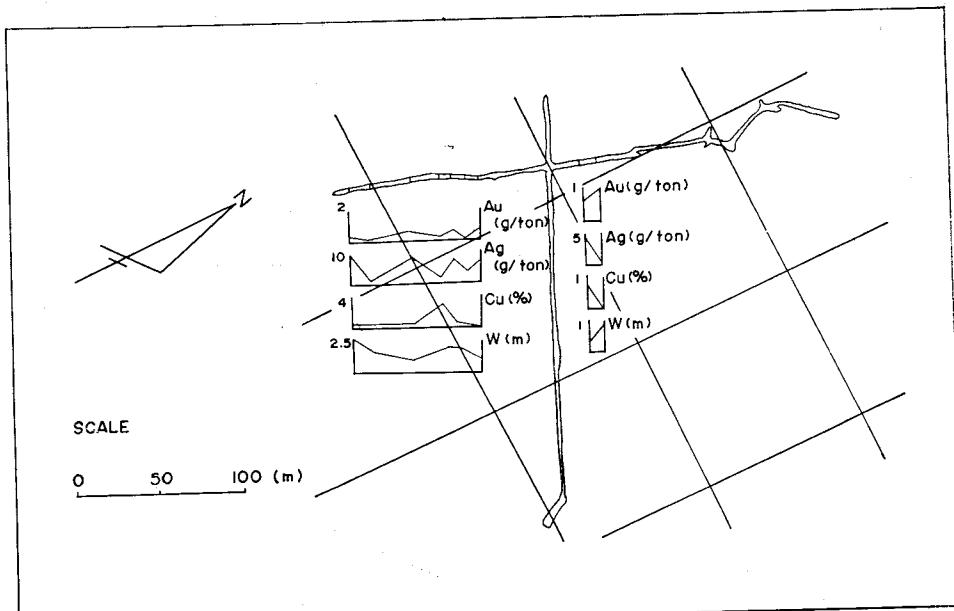


Fig. 6 Ore grade distribution map of Shaft No.1 level, Keoje Dong-A mine.

과부에 새로이 脈幅 2m 延長 80m의 새로운 富礦體(北三探)를 형성하였다(Fig. 2, 4, 5).

下一坑 수준에서는 上部 坑道들에서 세일과 安山岩脈의 西側接觸部를 따라 發達하면 破碎帶가 安山岩脈의 脈幅이 증가하면서 安山岩脈內로 진입하여 미약하여 점에 따라 鎌床의 발달도 미약하여지다가 尖滅한다.

下一坑 南側 延長은 上部 坑道들에서 上部凝灰質砂岩 맵비였던 母岩이 黑色세일과 安山岩脈의 接觸部로 바뀌고 있으나 鎌床은 散點狀을 이루며 貧鎌을 이루고 있다(Fig. 6).

#### 금 맥

금맥은 거제본맥의 東側에서 약 30m의 거리를 두고 平行脈으로 安山岩脈内部에 발달한다.

이 脈은 대체로 全體幅 0.1~2m 内에서 1~3cm의 anastomosing veinlet들로構成하나 上一坑 南側에서는 長徑 50m, 短徑 10m의 심한 破碎帶가 발달하면서 이 破碎帶내에 黃鐵鎌을 주로 하는 散點狀의 鎌床을 이루는데 비교적 높은 金의 富鎌部를 형성한다. 이 破碎帶는 天樹坑수준에서는 長徑 20m 短徑 5m로 축소되다가 天樹坑 下部 15m 위치에서는 chalcedony와 calcite의 細脈이 交互하는 幅 1m의 織狀構造를 갖는 脈으로 移化하면서 下一坑 수준에서 尖滅한다. (Fig. 3).

#### 鎌石鎌物의 垂直分布

이 鎌山의 鎌石鎌物은 黃鐵鎌, 鏡鐵鎌, 黃銅鎌, 磁鐵鎌, 閃亞鉛石, 方鉛石등이며 金燐鍾(1984) 등에 의하면 tetrahedrite, aikinite, electrum 및 cosalite 등도

소량 산출한다. 그외 自然銅도 產生한다.

黃鐵鎌은 거제본맥 및 금맥의 主構成鎌物이다. 이 鎌物은 거제본맥의 露頭에서 下一坑수준까지 脈狀 혹은 母岩內에 散點狀으로 광범위하게 分布하고 금맥의 경우는 破碎帶內에서 高嶺土化作用을 받은 部分에 주로 散點狀으로 分布한다.

鏡鐵鎌은 주로 거제본맥에서 多量 產生하는데 下一坑 수준에 가장 많이 분포하고 점차 감소하여 下一坑 수준에서는 거의 침멸한다.

黃銅鎌은 거제본맥의 露頭에서 天樹坑 수준까지는 대체로 일정량이 고르게 分布하나 下一坑 수준에서는 산출량이 급격히 저하하는 현상을 보인다. 이 鎌石은 黃鐵鎌의 破碎된 틈을 채우거나 交代하고 있다.

閃亞鉛石 및 方鉛石은 거제본맥의 上一坑 수준에서 鏡鐵鎌과 함께 小量 產生하나 天樹坑 및 下一坑 수준에서는 그 產生量이 급격히 감소한다. 금맥의 경우 閃亞鉛石 및 方鉛石은 上一坑 수준에서는 거의 보이지 않으나 天樹坑 수준에서 비교적 高品位의 濃集이 확인되고 下一坑 수준에서는 침멸한다.

金은 露頭 부근에서 多量 產生하나 天樹坑 및 下一坑 수준에서는 그 產生量이 급격히 저하한다. 그 외에 金은 上部凝灰質砂岩 맵비를 母岩으로 하는 경우가 黑色세일을 母岩으로 하는 경우 보다 현격히 산출량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 金燐鍾(1984) 등에 의하면 金은 electrum 상태로 方鉛鎌과 goethite 내에 소량 산출한다. 金은 또한 黃銅鎌과 黃鐵鎌의 精鎌中에서도 상

당량 分布하는데 드물게는 黃鐵礦內에서 自然金의 microveinlet을 이루기도 한다.

### 鐵床의 成因에 대한 考察

巨濟東亞礦山의 地質은 2次에 걸친 火山活動으로 形成된 下部安山岩質角礫岩ember 및 上部凝灰質砂岩ember와 이들 火山活動 사이의 퇴적기간에 堆積된 黑色세일과 이들을 貫入한 安山岩脈으로構成한다. 이들 중上, 下部 火山岩ember의 岩石들은 熔岩 및 air fall deposit으로 구성한 반면 黑色세일은 뚜렷한 淺水性堆積構造를 보이며 堆積 당시 多量의 有機物質을 함유하였던 것으로 보인다. 이 黑色세일은 第 2 次 火山活動期의 上部凝灰質砂岩ember堆積時期와 安山岩脈 貫入時期에 이들 岩體로 부터 熱變成作用을 받아 이들 岩體와의 접촉부에서 hornfels化하고 있다.

鐵床은 2個條의 뚜렷한 含金銀 銅鐵脈이다. 이들 중 거제본맥은 露頭 부근에서는 安山岩脈의 西側 벽을 따라 발달하나 深部로 가면서 安山岩脈내로 들어가 점차 침멸한다. 이는 安山岩脈이 심부로 가면서 그 脈幅이 증가하기 때문이다. 이 鐵脈의 延長은 天馬山 부근에서만 暈小限 800m를 나타내며 약 2km 떨어진 이웃 칠천도에서도同一 연장상에서 유사한 鐵體가 확인된다.

그러나 鐵脈 中에서 母岩의 角礫을 確認할 수 있을 뿐 아니라 鐵脈兩側에서 確認되는 堆積層의 層理의 移動이 없었던 점으로 보아 이 鐵床生成을 위한 構造는 斷層이라기 보다는 破碎帶인 것으로 보인다. 安山岩脈 貫入 이후의 이와 같은 破碎帶構造들은 이 地域의 火成活動과 밀접한 관계를 가지는 破碎帶構造인 것으로 보이나 이들이 이 地域에 널리 분포하는 酸性岩의 貫入(金燭鍾 등, 1984; 元鍾寬 등, 1980)時期와 어떤 관계가 있는지는 확인할 수 없다. 다만 산성 magma 일수록 열수용액의 포화상태에서 발생하는 파괴력이 높은점(Burnham, 1985)과 광상생성 시기가 광맥을 배태하는 안산암맥 관입 이후인 점을 고려하면 이들간의 관계 규명은 흥미있는 일이다. 이들 構造가 後火山破碎帶構造임을 입증하는 것들로서는 鐵脈과 安山岩脈이 大體로 平行한 점과 특히 거제본맥이 安山岩脈의 西側 벽을 따라生成된 점 및 비교적 脈幅 및 연장이 큰 鐵體는 이 構造가 세일層에 進入하였을 때에 이루어졌다라는 점 등이다. 이 현상은 安山岩脈과 黑色세일의 competency 차이에 의하여 설명할 수 있을 것이다. 특히 黑色세일이 hornfels化하는 과정에서 그 접촉부 부근이脆弱(brITTLE)하여 죄울 것이다. 금맥은 거제본맥에서 10~20m 南側으로 安山岩脈내에 發達하는 構造로서 角礫 pipe狀 또는 anastomosing veinlet 등 破碎帶임을

뚜렷이 보이는 증거들이 발견된바 있다.

이 鐵山의 成因糾明에 있어서 고려되어야 할 또 다른 現象은 金銀의 火山岩類 親化現象과 鐵石礦物의 垂直帶狀分布 및 銅의 富礦部가 黑色세일 内에서 胚胎한다는 점 등이다.

金銀의 火山岩類 親化現象을 確認하기 위하여 上部砂質凝灰岩ember를 母岩으로 하는 鐵脈에서 採取한 34개 시료의 金銀 함량과 黑色세일을 母岩으로 하는 鐵脈에서 採取한 150개 시료의 金銀함량을 Hotelling's T<sup>2</sup>法(Davis, 1973)에 의하여 統計處理하였다.

$$H_0 : [\mu_1] = [\mu_2]$$

$$H_1 : [\mu_1] \neq [\mu_2]$$

$\mu_1$  : 上部凝灰質砂岩ember를 母岩으로 하는 鐵脈의 Au, Ag, Cu 平均含量

$\mu_2$  : 黑色세일을 母岩으로 하는 鐵脈의 Au, Ag, Cu 平均含量

즉 上部凝灰質砂岩ember를 母岩으로 하는 鐵脈의 金銀銅平均含量( $\mu_1$ )이 黑色세일을 母岩으로 하는 鐵脈의 金銀銅 平均含量( $\mu_2$ )과 동일한지 다른지를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Level of significance	Critical F value	Calculated F value
1%	4.51	4.82
5%	2.92	

즉 上部凝灰質砂岩ember를 母岩으로 하는 鐵脈의 Au, Ag, Cu 平均含量 1.90g/t, 6.20g/t, 0.66%는 黑色세일을 母岩으로 하는 鐵脈의 Au, Ag, Cu 平均含量 0.55g/t, 6.43g/t, 1.41%에 比하여 99%의 significance level까지 같지 않을 수도 있다는 結論에 도달하였다.

이는 黑色세일을 母岩으로 하는 경우 Cu의 含量이 증가하고 上部凝灰質砂岩ember의 경우는 Au, Ag의 含量이 증가하는 것을 지시하는 것으로서前述한 鐵石礦物의 垂直分布에서 金銀의 含量이 露頭에서 가장 높고 鐵鐵石, 閃亞鉛石, 方鉛石이 上一坑 수준에서 多量 산출하여 天樹坑 및 下一坑 수준으로 가면서 감소하는 현상을 보이는 점, 黃銅礦이 天樹坑 수준에서 가장 많이 산출하는 점 등과 일치한다.

Shikazono(1985)에 의하면 Au, Ag는 Pb-Zn 보다 낮은 CO<sub>2</sub> fugacity에서 鐵化하고 이들의 鐵化溫度는 180°C~250°C이며, Cu는 가장 높은 CO<sub>2</sub> fugacity와 200°C에서 최고 350°C 까지의 鐵化溫度에서 鐵化帶를 형성한다고 보고하고 있다(Fig. 7).

巨濟東亞礦山의 流體包有物의 均一化溫度를 측정한

## 金 鐮 大

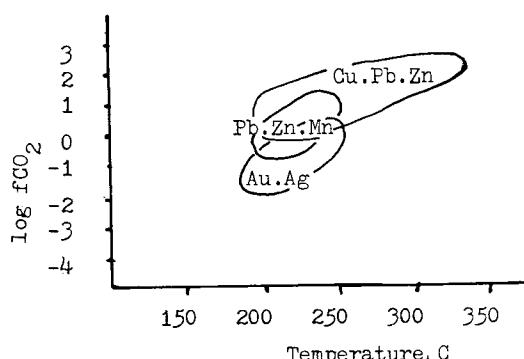


Fig. 7 Typical  $f\text{CO}_2$ -temperature range for Au-Ag rich, Pb-Zn-Mn rich, Cu-Pb-Zn rich vein type deposits. (Reproduced from Shikazono, 1985)

金燦鍾(1984) 등은 이 地域의 鎖化期를 I, II, III으로 구분하고 鎖化期 I에 生成된 石英내의 流體包有物의 均一化溫度는  $171^{\circ}\text{C} \sim 282^{\circ}\text{C}$ 로 측정하고 대부분의 有用礦物의 生成時期를 鎖化期 II에 分類한 후 이 時期에 生成된 石英 및 閃亞鉛石내의 流體包有物의 均一化溫度를 각각  $213^{\circ}\text{C} \sim 262^{\circ}\text{C}$ ,  $186^{\circ}\text{C} \sim 301^{\circ}\text{C}$ 로 측정하였다.

筆者가 Au, Ag, Cu의相互關係와 이들과 脈幅間의 관계를 검토기 위하여 이들 간의 상관계수(R)를 산출한 결과는 다음과 같다. 이 표에서 보는 바와 같이 금

Correlation coefficients between Au, Ag, Cu and sample width.

	Au	Ag	Cu	W
Au	1	0.27	0.13	-0.06
Ag	0.27	1	0.15	0.01
Cu	0.13	0.15	1	0.18
W	-0.06	0.01	0.18	1

Number of sample data: 61 samples for each subject.

은 銀과 비교적 높은 相關係數(0.27)를 가지는 반면 銅과는 銀에 비하여 절반값에도 미치지 못하는 相關係數(0.13)를 가지는 것을 알았으며 또한 金과 脈幅間에는 아무런 相關係이 없는(-0.06) 반면 銅과 脈幅間에는 비교적 높은 相關係數를 가지는 것을 알았다. 이와 같은 결과는 金과 銀이 보다 낮은 溫度에서 同時に 鎖化하고 비교적 高溫에서 銅이 따로 鎖化한 경우와 銅의 鎖化作用이 비교적 構造的 여건이 좋고  $\text{CO}_2$  fugacity가 높은 黑色체일내에서 보다 활발하게 이루어진 점 등으로 설명이 가능할 것이다.

Shikazono(1985)에 의하면 또한 Cu-Pb-Zn 鎖化帶에서는 緣泥石과 緣簾石에 이르는 비교적 高溫性脈石礦物이 수반하고 Au-Ag 鎖化帶에서는 adularia와 高嶺

土에 이르는 비교적 低溫性脈石礦物을 수반한다고 보고하고 있는데 互濟東亞礦山에서도 금맥의 경우 동일한 脈石礦物의 分布를 보이고 있어 그의  $\text{CO}_2$  fugacity理論이 本 鎖山에서도 적용되는 점을 입증하고 있다.

이 鎖山의 鎖化深度는 地表로 부터 최대 200m로서下一坑 수준(-30m Level)에서 거제본맥 및 금맥은 침멸하는 현상을 보인다.

Shikazono(1985)의  $\text{CO}_2$  fugacity理論이 本域鎖化作用에 적용될 경우  $\text{CO}_2$  fugacity를 조절하는 역할로 기대할 수 있는 작용은 1) 후생세일내의 有機物質이 热水熔液에 의하여 氣化하는 경우와 2) 热水溶液 自體가 上昇하면서 盤壓이 낮아져 共溶하였던  $\text{CO}_2$ 가 분리되는 boiling현상(Drumond, Ohomoto, 1985) 등이 가능하다.

소칠섭(1985) 등은 이 광산과 유사한 경상퇴적분지내의 三峰鎖山을 조사한 후 流體包有物 자료를 인용하여 삼봉광산의 광화심도를 500~1,250m로 보고한 바 있는데 이 자료를 東亞鎖山에 적용하는 경우 이 광산의 광상생성심도는 경상계 퇴적후 지표로 부터 500m 深部에서  $\text{CO}_2$ 가 热水溶液으로 부터 분리하기 시작하였으며 이 boiling은 closed system임으로 500~3,000m 심도 구간에서 가장 활발히 이루어졌음을 의미한다. 이와같은 해석은 이 광산의 鎖石礦物의 帶狀分布 現狀과도 일치하는 것이다.

## 結 論

1) 이 鎖山의 地質은 下部로 부터 下部安山岩質角礫岩隊, 凝灰質黑色塞일, 上部凝灰質砂岩隊等과 이들을 貫入한 安山岩脈으로 구성한다.

이 鎖山에 매우 근접한 지역에서는 후에 酸性火成活動이 있었으나 鎖脈과 직접 接하는 酸性火成岩은 없다.

2) 鎖床은 거제본맥과 금맥으로 구성되는 2個條의 脈狀礦體를 이룬다. 이들 鎖脈은 대체로 다음과 같은 특성을 나타낸다.

가) 鎖體를 이룬 構造는 脈狀의 破碎帶이다.

나) 鎖體 부근의 母岩은 뚜렷한 母岩變質帶를 형성한다. 프로필라이트作用, 綠簾石化作用, 高嶺土化作用, 赤鐵石化作用 등은 鎖脈에 직접 접하여 확인되며 緣泥石化作用, 網雲母化作用 등은 비교적 광범위하게 확인된다.

다) 鎖石礦物의 垂直帶狀分布가 뚜렷하다. 즉 금, 은, 銀, 아연의 鎖石礦物은 鎖化帶의 上부에서 富化하고 下부로 갈수록 銅이 富化하다가 地表로 부터 약 200m 下부에서는 散點狀의 黃鐵石으로 移化하면서 침멸한다.

라) 銅의 富化는 특히 破碎帶가 褐色帶일내에 發達하는 경우에 증가하였다.

3) 이 鑛山의 鑛化作用에 관하여는 다음과 같이 提言하는 바이다. 즉 慶尙係岩層들이 堆積한 후 地表로부터 500~3,000m深度에서 後期 酸性 火成活動時 分離된 热水溶液이 magma chamber 上부의 母岩에 破碎帶를 生成시킴과 同時 破碎帶를 따라 上昇하는 中 boiling으로 CO<sub>2</sub> fugacity가 증가하여 热水溶液中の 金銀銅이 一次로 鑛化하였다. 후에 boiling하는 热水溶液이 褐色帶에 접촉하면서 褐色帶에 함유된 有機物質을 氣化하여 CO<sub>2</sub> fugacity를 높여 그곳에 집중적으로 銅의 富化를 일으켰다. 계속적인 热水溶液의 上昇은 溶液의 溫度를 낮추고 CO<sub>2</sub> fugacity를 감소시켜 最後에 金銀의 鑛化作用이 있었을 것으로 사료된다.

### 參 考 文 獻

Burnham, C.W.(1985) Energy release in subvolcanic environment: Implication for breccia formation. Econ. Geol., v. 80, No. 6, p. 1515-1522.  
 Davis, J.C. (1973) Statistics and data analysis in

geology. John Wiley & sons p. 73-450.

Drummond, S.E. and Ohmoto, H. (1985) Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal Syatems. Econ. Geol., v. 80, No. p. 126-147.

金燦鍾, 朴喜寅(1984) 巨濟 銅礦床의 鑛物共生關係와 流體包有物. 鑛山地質, 17권 4호, p. 245-258.

金鍾大의 3人(1970) 慶南 地域 銅礦床 조사 연구. 국립광업연구소, 조사보고서 1호.

Shikazono, N. (1985) Gangue minerals from Neogene vein type deposits in Japan and estimate of their CO<sub>2</sub> fugacity. Econ. Geol., v. 80, No. 3, p. 754-768.

Sillitoe, R.H. (1985) Ore-related breccia in volcanoplutonic arcs. Econ. Geol., v. 80, No. 6, p. 1467-1514.

SO, Chil-Sup and others (1985) Copper-bearing hydrothermal vein deposits in the Gyeongsang Basin, Republic of Korean. Econ. Geol., v. 80, No. 1, p. 43-56.

元鍾實의 4인 (1980) 한국지질도 1:50,000 巨濟·栗浦·圖幅. 자원개발연구소.

### 寫 真 說 明

- 사진 1. 下部安山岩質 角礫岩塊의 安山岩質角礫岩 露頭. 크기 1m 以上의 安山岩塊가(점선內) 安山岩質 基質內에 들어 있다.
- 사진 2. 安山岩質 角礫岩 基質의 顯微鏡寫真. 斜長石(Pl)의 斑晶들 사이에 역시 斜長石의 lath(Pl)들이 流狀構造를 보이며 자라고 있다(사진 하면의 全長은 1mm임). X-nicol.
- 사진 3. 黑色帶(Sh). 잘 發達된 層理面이 確認된다. 左下部는 安山岩(An)의 貫入으로 그 接觸部가 hornfels (Hf)化 하였다.
- 사진 4. 凝灰質 黑色帶의 顯微鏡寫真. 凝灰質 石基는 變成作用을 받아 絹雲母, 綠泥石과 方解石(Ca)으로 變成되었다. 堆積起源의 잘 圓磨된 石英(Q)이 中央에 보인다. (寫真 下邊의 全長은 1mm임) X-nicol.
- 사진 5. 磷質凝灰質 砂岩中の 磷岩의 薄層. 層理의 發達이 뚜렷하고 흔히 片麻岩의 磷들이 觀察된다.
- 사진 6. 上部凝灰質 砂岩塊의 凝灰角礫岩. 5~30cm 크기의 角礫이 不規則하게 分布하는 外에 層理의 發達이 없다.
- 사진 7. 上部凝灰質 砂岩塊의 凝灰角礫岩 顯微鏡寫真. 斜長石의 lath(Pl)가 琉璃質 火山岩屑(T) 사이에서 자랐다. Tuff質 石基는 甚하게 綠泥石化되어 있다. (寫真 下邊의 全長은 1mm임) Open nicol.
- 사진 8. 安山岩脈과 hornfels化된 黑色帶의 接觸角礫帶. 安山岩脈은 두 方向의 節理를 잘 發達시키고 있으며 이에 接觸한 黑色帶의 角礫帶는 그 基質이 hornfels化하고 있다.



