

光陽金鑛床, 高興銅鑛床의 鑛床生成과 岩石學的 研究

朴永錫* · 申柄雨**

Metallogenesis and Petrology of the Gwangyang Gold Deposits and Goheung Copper Deposits

Young Surk Park · Byung Woo Shin

Abstract : The Gwangyang gold deposits geologically consist of granitic gneiss, metatectic gneiss and porphyroblastic gneiss which correspond to Jirisan gneiss complex. The formations of Gyeongsang system lies unconformably on these gneisses and are intruded by diorite, porphyritic andesite and Bulgugsa granites. Goheung districts are composed of quartz schist, andesitic rock, tuff and granite.

The Gwangyang gold deposits are gold bearing fissure filling veins. The vein thickness varies from 15cm to 40cm and they consist of 7-10 layers in parallel. The Goheung copper deposits are sulphide bearing quartz vein which filled the fracture in andesitic rock and biotite granite. The contact zone of these rocks is partially altered.

The mineral paragenesis of the Gwangyang and Goheung districts is pyrite, arsenopyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalerite, galena, sericite, quartz and calcite.

The variation trends of FMA and A'KF triangular diagrams and the differentiation index (norm, Q + Or + Ab) versus oxides diagrams is similar to the Gyeongsang basin igneous rocks.

From the trace element analysis of 10 samples of country rocks, wall rocks and veins, the distribution of copper and lead contents display a correlative distribution pattern in relation to gold and silver.

Homogenization temperature of fluid inclusions range from 200°C to 270°C in quartz from the Gwangyang gold vein and the size of fluid inclusion range from 0.01mm to 0.04mm. The fluid inclusions are mainly one or two phase and the filling degree of the inclusions varies from 85 to 95.

序 言

南韓의 金屬鑛床들은 南韓 中央部の 沃川 造山帶를 中心으로 한 地域과 그 北部의 京畿 陸塊 및 그 南部의 小白山 陸塊와 慶尙系 分布 地域에 主로 分布하고 있다.

이 中 特히 慶尙系 分布地域인 西南部 地域에 位置한 光陽金鑛床과 高興 銅鑛化帶를 選擇하여, 岩石學的 및 地球化學的인 研究를 行하였다. 光陽金鑛床은 David Gallagher, L.J. Brewer 및 E.D. Bishopp 等에 依해 그 概略的인 調査가 實施되었을 뿐이며, 高興 銅鑛化帶에 對하여는 柳煥琇, 金在享, 申芳燮과 오인섭, 황덕환, 유한서 等에 依해서 地質, 鑛床과 地化學 探査에 對하여 研究되어진 바 있고, 最近에는 韓國 動力資源研究所의 金相燁 等에 依해 高興郡 浦頭面 鳳林里 一圓에

대한 地化學 探査 및 物理探査에 관한 研究가 있다.

本 研究에서는 光陽郡 光陽邑 紗谷里, 草南里를 中心으로 한 光陽金鑛床一圓의 精密地質調査에 따른 岩石 記載와 岩石化學的인 考察, 그리고 微量元素의 分析으로 周邊岩石과 鑛化作用과의 關係를 檢討하였으며, 鑛石鑛物의 共生關係와 流體包有物에 의한 充填溫度의 測定을 試圖하였다. 또한 高興 鑛化帶에서는 그 研究範圍를 中性 火成岩類인 慶尙系 安山岩類가 分布되어 있는 高興郡 高興面, 浦頭面, 豐陽面, 道化面과 錦山面(居金島)까지로 넓혀, 低品位 銅鑛床의 廣域發達 可能性을 檢討하기 위하여 鑛床과 周邊岩石과의 關係를 地質學的인 見地에서 考察하였다.

本 研究를 遂行하기 위하여 周邊岩石(片麻岩類, 火成岩類, 慶尙系 堆積岩類) 500餘個에 대한 顯微鏡 觀察을 하였으며 鑛石試料 82個의 研磨片을 製作하여 鑛石鑛物의 生成順序를 斜明하였다. 그리고 20個의 花崗岩 試料과 10個의 鑛脈 및 母岩試料를 採取하여, 主

* 朝鮮大學校工科大学

** 漢陽大學校工科大学

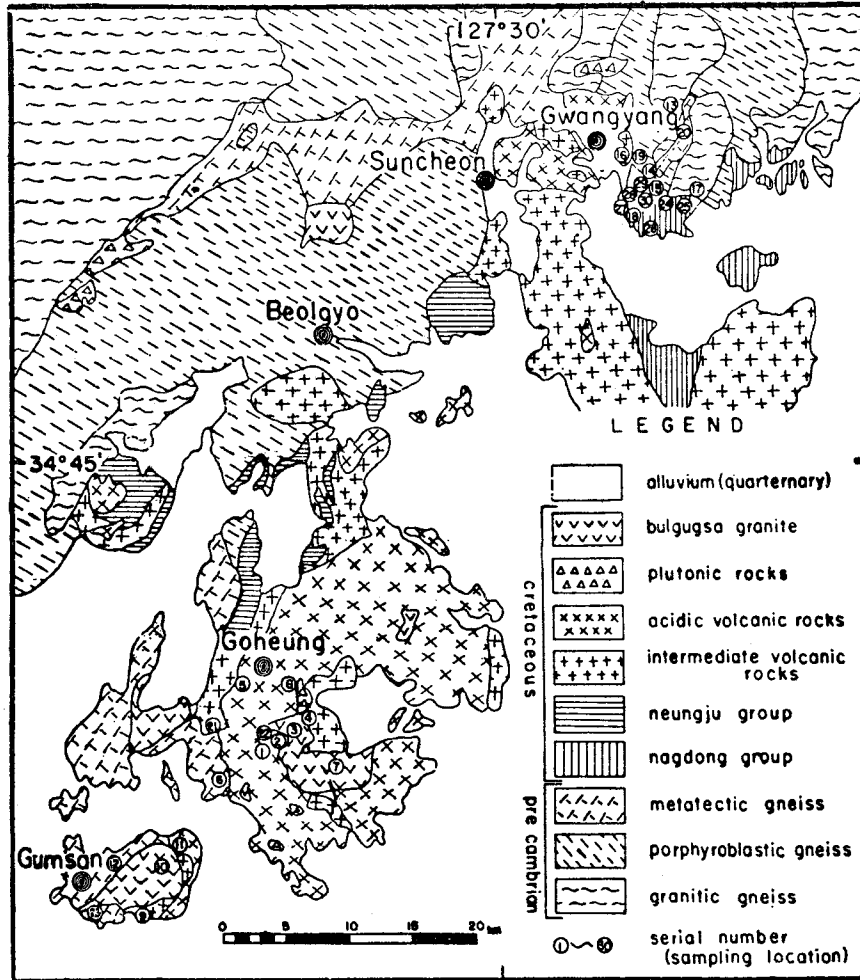


Fig. 1 Generalized geologic map of the Gwangyang, Goheung districts. (modified from 1 : 250,000 geological map of Mogpo and Yeosu Sheet)

元素 13種과 微量元素 22種에 대한 化學分析을 施行하여 마그마의 分化傾向과 岩石의 化學組成 및 微量成分의 變化에 關係 檢討하였다. 또 鑛床에서 多少 遠距離에 分布하는 花崗岩類에 대해서도 相互 地球化學的인 比較를 위하여 岩相에 따라 代表的인 試料를 採取하여 地球化學的인 對比를 行하였다. Fig. 1은 光陽 高興지역의 地質圖와 位置를 表示한 것이다.

鑛床

光陽地域

本 地域의 代表的인 鑛床으로는 光陽金鑛山을 들 수 있다. 本 鑛山은 深部化에 따른 探査性의 問題 및 脈幅과 品位 低下 등으로 74년부터 休鑛되어오다가 79年末부터 草南里에서 開鑛 作業이 再開되어 1982年 8月

現在 5番坑까지 揚水 및 保坑作業이 進行되고 있다. 그러므로 坑內의 出入은 限定된 範圍만 可能하였다.

그러므로 鑛床에 對한 調査는 地表에서 鑛脈과 母岩과의 關係와 坑道에서의 水平的인 發達狀況을 並行해서 施行하였다.

本 鑛床은 智異山 片麻岩複合體에 該當하는 花崗岩質 片麻岩, 斑狀變晶質 片麻岩 및 metatectic 片麻岩의 節理 또는 裂罅를 充填한 舍金 石英脈이다. 紗谷里 10~12番坑에서 나온 廢石의 大部分이 閃綠岩, 花崗閃綠岩 등의 佛國寺 火成岩類인 것으로 보아 이들이 本 鑛床의 關係 火成岩인 것으로 思料된다. 紗谷里에서는 N20~25°, 75~80° SE, 脈幅 15~25cm의 鑛脈 10餘組가 100m 範圍內에서 走向 方向으로 平行하여 發達하여 있다. 그리고 海拔 -500m에서 -550m에 이르

는 11~12番坑의 深坑道에서는 脈幅이 7~13cm로 작아지면서, 品位도 Au 10g/T, Ag 64g/T으로 減少하여 採鑛이 中斷되었다.

草南里에서는 N20~50°E, 75°SE, 脈幅 15~25cm로 石英脈이 緩慢한 褶曲의 影響으로 攪亂되어 있다. 草南里에서 紗谷里로 넘어가는 산등성이에서는 N50°W, 70~80°SE의 逆斷層이 약 300m의 間隔으로 平行하게 發達하여 있는 것을 地表에서 볼 수 있으며, 坑內에서 광맥의 發達狀況을 보면, 兩斷層의 中間附近에서 鑛脈의 連續性이 끊어져 있으며, 脈과 脈과의 사이의 間隔 變化가 甚하나, 斷層을 確認하기는 어렵다.

E.D. Bishopp (1968)에 依하면 紗谷里에서는 10番坑까지 各水平坑道에 따른 鑛石의 平均 品位가 Au 30~49g/T, Ag 157~247g/T이며 草南里에서는 5番坑까지의 坑道別 平均 品位가 Au 15~28g/T으로 推定된다.

煌斑岩脈은 地表에서는 보이지 않으나 地下 採掘場에서 含金 石英脈과 接하고 있다. 서로의 接觸關係는 坑道에서는 찾아 볼 수 없었으나, 過去의 廢石中에서 煌斑岩脈에 細脈狀으로 發達한 石英脈을 많이 찾아 볼 수 있었다. 그리고 間或 煌斑岩脈內에 細脈으로 貫入한 石英과의 關係가 漸移의 變하여 있는 樣相도 觀察된다.

鑛石試料들은 反射顯微鏡 觀察에 依하면 含金 石英脈內에 黃鐵石, 磁硫鐵石, 黃銅石, 閃亞鉛石, 硫砒鐵石 等과 少量의 方鉛石 및 白鐵石을 볼 수 있다. David Gallagher (1963)에 따르면, 金은 主로 硫砒鐵石과 黃鐵石에 隱伴하여 產出된다.

黃鐵石은 연한 黃色을 띠고 等方性을 보이며, 反射率은 매우 높다. 또한 地質構造의 外力에 依해 形成되어진 것으로 보이는 不規則한 劈開面을 따라 黃銅石이 intergrowth 하고 있으며, 共存된 鑛物內에 黃鐵石의 cataclastic 組織이 認知된다. 細脈狀의 黃銅石이 黃鐵石의 弱線帶를 따라 交代한 것들이 보인다. 黃銅石內에는 閃亞鉛石의 아주 작은 粒子들이 많이 含有된 것을 볼 수 있으며, 마찬가지로 閃亞鉛石의 粒子內에도 黃銅石의 아주 작은 粒子들이 含有된 것을 볼 수 있는데 이들은 離溶產物로 생각된다.

磁硫鐵石은 연한 분홍빛을 띠며, 강한 異方性을 보인다. 보통 granular 組織을 形成하며 가끔 黃銅石內에 捕獲된 작은 粒子도 보인다. 그리고 磁硫鐵石의 粒子周圍나 弱線帶를 따라 白鐵石으로 交代되어 bird-eye 構造를 보이기도 한다.

閃亞鉛石은 灰色을 띠며 等方性이나 때로는 弱한 異方性을 보인다. 閃亞鉛石과 脈石 鑛物사이의 작은 粒子의 黃鐵石이 發達하기도 하며, 閃亞鉛石의 粒子內에

小粒의 線構造를 보이는 磁硫鐵石의 含有物을 볼 수 있다.

硫砒鐵石은 연한 크림빛을 띠고 강한 異方性을 보이며 높은 反射率을 보인다. 產出狀態는 塊狀이며 自形의 黃鐵石에 硫砒鐵石의 反應緣이 發達하기도 한다.

方鉛石은 C. Schoufen (1962)에 따르면, 立方體의 劈開를 보이는데, 本地域의 鑛石 研磨片에서는 粒子가 매우 작기 때문에 正確한 構造를 알기 어렵다.

高興地域(居金 地域 包含)

本地域의 代表的인 銅鑛床은 過去에 開發된 적이 있는 浦頭面 鳳林里의 興新銅鑛山과 高興面 虎形里, 豐陽面 松亭里에 發達하며, 1979年 錦山面 옥룡리에 採鑛坑道가 開設된 鑛山이 있다. 既存 鑛山은 모두 休鑛狀態로서 옥룡리에서만 坑內 觀察이 可能하였고, 다른 地域에서는 地表의 露頭에 依한 調査를 爲主로 하였다.

鑛床은 安山岩質岩과 이를 貫入한 黑雲母 花崗岩에 發達한 裂罅를 따라서 熱水溶液이 充填하여 生成된 裂罅充填 鑛床이며, 裂罅의 走向은 鳳林里 周邊에서 N30~60°E, 松亭里, 虎形里에서는 N20~60°W, 옥룡리에서는 N10~30°E의 方向으로 나타난다.

柳煥瑒等(1969)에 依하면 鳳林里, 虎形里, 松亭里 地域의 鑛床에서 主要 鑛脈은 7個脈이며, 脈幅은 15~20cm와 30~100cm이고, 變質帶에서는 1~2m와 5~6m이다. 이들 脈은 垂直이나 水平으로 膨縮, 尖滅하기도 하며, 1~2cm와 3~4cm의 細脈狀으로 分枝되기도 한다. 延長은 40~100m 內外이다.

安山岩質岩의 熱水 變質帶에서는 黃鐵石의 微粒이 散點狀으로 들어 있거나, 黃鐵石 細脈이 發達된 境遇가 많으며, 變質度가 높을수록 造岩鑛物의 含量은 줄어든다.

黑雲母 花崗岩의 變質帶에도 少量의 黃鐵石 微粒이 散在되어 있으나, 低品位일 뿐 아니라 鑛脈의 周圍에 帶狀으로 限定되어 있다. 過去에 採掘했던 對象 鑛體는 含黃化鑛 石英脈이다.

錦山面 옥룡리에 發達한 脈狀鑛體를 보면, 花崗岩質片麻岩의 斷層線을 따라 0.3~2m幅의 鑛脈이 發達하고 있으며, 母岩은 거의 變質되지 않았음을 알 수 있다. 다만, 部分的으로 斑狀花鑛岩과의 接觸部位에서 아주 微弱하게 細脈狀으로 黃鐵石, 黃銅石의 粒子가 花崗岩質片麻岩內에 分布하고 있다.

鏡下에서 보면 黃銅石은 연한 黃色으로, 閃亞鉛石의 아주 작은 粒子들이 黃銅石의 粒子內에 包含된 것과, 黃銅石의 微粒이 閃亞鉛石의 粒子內에 包含되어 있는

離容組織을 보여준다.

研磨片中에는 閃亞鉛石의 微粒이 磁硫鐵石에 둘러싸여 있고, 이를 다시 黃鐵石이 包圍하고 있는 構造를 보여주는 것도 있다. 硫砒鐵石과 閃亞鉛石의 inter-growth 關係는 閃亞鉛石이 硫砒鐵石은 交代하고 있는 構造를 보여준다.

以上の 觀察을 土臺로 하여, 光陽 金鑛床과 高興銅鑛床에서 産出된 鑛物의 生成順序를 보면 Fig. 2와 같다.

	Gwangyang	Goheung
Pyrite	●	●
Arsenopyrite	●	●
Pyrrhotite	●	●
Chalcopyrite	●	●
Sphalerite	●	●
Galena	●	●
Quartz	●	●
Calcite	●	●

Fig. 2 Paragenetic sequence of minerals in ores from the Gwangyang and Goheung districts.

岩石化學的 考察

化學分析은 肉眼으로 觀察하여, 各 地域別로 代表的인 花崗岩類 20個를 選擇하고 6개의 鑛脈 試料(草南里: 3個, 紗谷里: 1個, 鳳林里: 1個, 옥룡리: 1個)와 高興郡 豊陽面에서 石英片岩 試料 1個, 그리고 光陽郡 骨若面에서 砂岩, 세일, 호른펠스 試料를 各 1個씩 取하여 主 元素 13種과 微量元素 22種에 對한 分析을 實施하였다.

30個의 試料 全部에 對해 35種의 元素를 分析하여 norm 값에 依한 岩石의 組成範圍를 決定하고(花崗岩類 단 該當됨) 또한 地化學 探查의 見地에서 元素 相互間의 關係를 檢討해 보고자 試圖하였다. 主 元素 分析 結果와 CIPW norm 鑛物의 量은 Table 1과 같고 微量元素의 分析 結果는 Table 2와 같다. 化學分析은 韓國動力資源研究所의 分析室에서 實施되었다.

Table 1에서 보는 바와 같이 花崗岩類의 FeO^* ($0.9 Fe_2O_3 + FeO$)의 成分範圍는 1.06~8.95(平均 3.71)에 이르고 FeO^*/MgO 는 2.06~73.00(平均 17.06)로 變化가 甚하다. 그리고 SI(固結指數: $100MgO/MgO + FeO^* + Na_2O + K_2O$)의 값은 0.29~23.86(平均 5.01)이고 OR(酸化率: $2Fe_2O_3 \times 100 / 2Fe_2O_3 + FeO$)의 값은 13.95~76.19(平均 39.87)이다.

이와 같이 鐵 含有率, FeO^*/NgO 의 比率, 固結指數 및 酸化率의 값이 變化가 甚한 것은 地域에 따른 分化의 差異에 起因한 것으로 思料된다.

調査地域 花崗岩類의 SiO_2 重量 %에 對한 $Na_2O + K_2O$ 重量 %을 보면 Fig. 3에서와 같이 $Na_2O + K_2O$ 가 4~9%에 이르러 比較的 높은 값을 보여주며 이는李大聲에 의하면 慶尙盆地 火成岩類의 領域에 該當되어 점을 볼 수 있다.

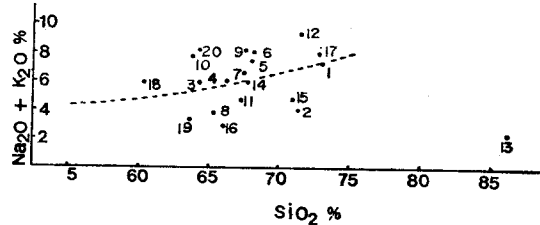


Fig. 3 Diagrams of (Na_2O+K_2O) plotted against SiO_2 in granitic rocks of the Gwangyang and Goheung [Dashed line: those of the igneous rock in Gyeongsang basin (Lee, D.S., 1977)]. Line is drawn by author on the Lee's data.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 SiO_2 에 對한 $(FeO+Fe_2O_3)$ 의 比率를 보면, Osborn(1962)의 圖表에서 가장 낮은 比率를 보이는 Cascade series에 該當한다.

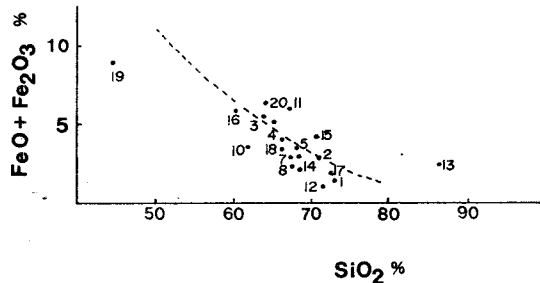


Fig. 4 Variation in $(FeO+Fe_2O_3)$ versus SiO_2 for granitic rocks of the Gwangyang and Goheung.

SiO_2 와 $(K_2O+Na_2O+CaO)/Al_2O_3$ 에 對해 圖示한 Fig. 5를 보면, $(K_2O+Na_2O+CaO)/Al_2O_3$ 의 값은 0.22~0.65의 範圍에 屬하며 主로 0.5~0.65에 分布하고 있다. 여기에서 長石이 이루는 Or, Ab, An,의 成分에 依해서 Al_2O_3 가 全部 K_2O , Na_2O , CaO 와 結合되어 있다면 兩者의 分子比 값은 1이거나 1에 가까울 것이다. 그러나 本地域에서는 Fig. 5 같이 그 값이 1보다 훨씬 작다. 그러므로 남은 Al_2O_3 는 muscovite($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$), corundum(Al_2O_3), almandine ($3FeO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$) 등을 만드는데 消耗될 것이다.

Table. 1 Chemical and normative compositions of granitic rocks from the Gwangyang and Goheung districts.

Field Occurrence	BGr	Gr	BGr	MiG	BGr	Gr	Gr	BGr	PhG	HbG	PhG	Gr	Gr	BGr	GDi	Gr	BGr	Di	Gr	
Serial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sample No.	5	6	8	10	13	24	29	66	112	120	131	164	205	207	208	222	255	270	272	273
SiO ₂	73.08	71.24	64.44	66.32	68.22	65.42	67.74	68.02	67.84	63.78	67.26	71.68	86.08	67.90	71.00	66.11	72.96	60.48	44.08	64.42
TiO ₂	0.10	0.08	0.12	0.28	0.16	0.33	0.20	0.17	0.22	0.37	0.33	0.04	0.05	0.15	0.16	0.13	0.05	0.16	0.22	0.13
Al ₂ O ₃	15.26	17.69	16.19	15.41	16.33	20.10	17.04	17.38	17.45	17.69	15.87	16.15	8.56	17.25	15.85	18.90	14.61	18.50	28.74	17.07
Fe ₂ O ₃	1.11	1.74	2.00	2.81	0.72	2.31	0.83	0.52	1.60	1.34	3.23	0.43	1.23	1.11	1.77	0.84	0.68	2.20	2.35	1.01
FeO	0.41	1.26	3.52	1.28	2.65	2.85	2.08	1.72	1.23	2.39	2.95	0.67	0.36	1.44	2.44	2.90	1.31	3.78	6.83	5.34
MnO	0.07	0.05	0.09	0.09	0.09	0.06	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.04	0.01	0.03	0.06	0.01	0.03	0.07	0.07	0.06
MgO	0.08	0.14	1.62	1.30	0.28	0.56	0.11	0.03	0.22	0.56	0.09	0.12	0.07	0.09	0.39	0.53	0.09	1.38	4.35	0.72
CaO	0.97	0.02	3.63	3.35	2.38	0.56	2.50	2.61	1.70	3.63	3.46	0.79	0.50	2.67	0.16	4.15	0.51	5.34	6.19	1.59
Na ₂ O	3.31	0.12	4.93	5.06	5.42	0.43	4.33	4.71	4.58	5.14	2.02	2.71	0.19	2.33	1.42	1.78	0.32	3.18	2.55	1.79
K ₂ O	4.27	4.27	1.12	1.29	2.53	3.37	2.92	3.44	3.85	2.62	2.89	6.99	2.13	3.93	2.72	1.46	6.66	2.72	2.38	6.49
P ₂ O ₅	0.26	0.12	0.29	0.19	0.12	0.23	0.38	0.35	0.48	0.85	0.76	0.14	0.22	0.36	0.15	0.09	0.11	0.79	0.55	0.34
H ₂ O+	1.28	1.45	1.85	1.19	1.23	2.84	1.43	0.72	0.70	1.41	1.08	0.47	0.66	1.71	2.01	2.18	2.42	0.72	0.69	0.71
H ₂ O-	0.33	0.24	0.16	0.24	0.17	0.27	0.23	0.13	0.27	0.30	0.18	0.19	0.07	0.25	0.29	0.20	0.10	0.06	0.09	0.09
Total	100.02	98.43	99.96	98.81	100.29	99.33	99.87	99.87	100.22	99.90	100.21	100.42	100.12	98.78	99.48	99.41	99.85	99.38	99.09	99.76
Il	0.18	0.15	0.23	0.53	0.30	0.62	0.38	0.32	0.44	0.70	0.62	0.06	0.09	0.28	0.28	0.25	0.08	0.30	0.41	1.29
Ap	0.59	0.27	0.66	0.43	0.27	0.53	0.86	0.79	1.03	1.96	1.74	0.30	0.49	0.83	0.33	0.20	0.24	1.81	1.25	0.77
Or	25.22	25.22	6.57	7.63	14.92	19.92	17.25	20.31	22.81	15.47	17.09	41.30	12.57	23.21	22.32	8.57	39.34	16.03	14.03	38.96
Ab	27.99	0.99	41.70	42.80	45.84	3.62	36.66	39.81	38.81	43.52	17.09	22.91	1.57	19.54	12.01	16.43	2.67	26.90	21.55	15.11
An	3.13	—	16.16	15.42	11.07	1.28	9.95	10.73	5.06	12.50	12.29	3.06	1.09	10.95	—	20.03	1.85	21.43	27.20	7.88
C	4.04	12.86	0.95	0.04	0.62	15.27	3.09	1.98	3.57	1.76	4.90	2.99	5.50	5.15	11.52	7.05	6.20	2.47	18.13	4.22
Hy	0.43	0.78	9.32	3.59	1.60	3.21	0.62	0.16	1.28	3.23	0.47	0.65	0.39	1.09	2.23	3.05	0.51	7.93	17.19	4.14
M	0.59	2.49	1.97	—	1.04	3.33	1.20	0.74	2.20	1.94	4.68	1.38	0.62	1.59	2.25	1.20	0.97	3.17	—	1.46
H	0.68	—	0.64	2.81	—	—	—	—	0.08	—	—	3.33	0.79	—	—	—	—	—	—	—
Q	35.91	53.81	19.72	23.45	21.44	47.83	26.72	22.78	23.42	16.77	38.89	27.50	76.17	45.14	47.48	40.03	44.56	18.23	—	23.66
FeO*	1.41	2.83	5.32	3.81	3.30	4.93	2.83	2.19	2.67	3.60	5.86	1.06	1.47	2.44	4.03	3.66	1.92	5.76	8.95	6.25
FeO*/MgO	17.63	20.21	3.28	2.93	11.79	8.80	25.73	73.00	12.14	6.43	65.11	8.83	21.00	12.84	10.33	6.91	21.33	4.16	2.06	8.68
SI	0.88	1.90	12.47	11.34	2.43	6.03	1.08	0.29	1.94	4.70	0.83	1.10	1.81	2.14	4.05	7.13	1.00	10.58	23.86	4.72
OR	70.00	55.00	94.67	66.67	21.28	41.18	25.64	20.00	54.05	32.65	49.38	40.00	76.19	41.18	40.00	28.57	30.77	33.33	22.95	13.95

Serial number 1~8: Goheung, 9~12: Gumsan, 13~20: Gwangyang districts.

FeO* = (0.9Fe₂O₃ + FeO), SI = (100MgO/MgO + FeO* + Na₂O + K₂O), OR = (2Fe₂O₃ × 100 / 2Fe₂O₃ + FeO)

BGr = biotite granite, Gr = granite, MiG = micrographic granite, PhG = Porphyritic granite, HbG = Hornblende granite, GDi = granodiorite, Di = diorite

Table 2 Trace elements of granitic rocks from the Gwangyang and Goheung districts.

(in ppm)

Serial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sample No.	5	6	8	10	13	24	29	66	112	120	131	164	205	207	208	222	255	270	272	273
S	2,820	13,540	120	14,600	180	90	3,480	2,460	10	10	40	50	100	9,020	120	260	2,860	2,000	1,940	1,480
Ba	800	650	400	850	1,000	800	650	800	700	750	650	680	500	650	680	1,100	1,400	800	700	900
Sr	125	5	260	245	220	48	210	245	125	385	145	120	6	220	50	380	200	400	420	115
Rb	110	265	65	70	45	125	85	95	135	190	95	280	115	230	234	105	245	165	158	305
Cu	10	6,900	160	40	10	60	8	12	15	9	8	4	12	60	30	7	20	350	100	20
Zn	60	460	280	100	120	60	120	60	240	100	160	40	60	40	120	100	80	100	140	100
Pb	40	40	50	45	45	60	90	70	100	45	60	250	60	60	40	80	130	150	120	90
Zr	580	200	450	1,200	850	280	500	700	1,000	1,300		5	250	450	550	580	5	180	200	800
Ni	10	10	13	15	25	100	15	10	13	10	20	10	10	10	90	20	15	20	40	50
Co	150	100	150	120	45	85	100	120	150	90	60	120	95	80	100	85	10	20	60	10
V	80	70	70	150	100	200	120	150	150	100	120	90	70	100	120	130	120	140	180	60
Cr	10	15	10	10	10	45	15	10	10	10	10	10	10	15	25	10	40	25	50	30
Mo	20	10	13	45	7	5	8	8	80	15			7	8	10	8	5	5	5	6
Sn	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Y	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sc	15	10	10	30	10	15	10	10	10	20	20	10	10	10	20	10	10	10	15	11
Be	1.0	1.0	1.2	1.3	1.2	1.5	1.3	1.2	1.5	1.2	1.2	1.0	1.0	1.3	1.2	1.5	1.2	1.8	1.5	1.5
Ag	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ga	10	10	10	13	10	20	15	15	10	15	10	10	10	10	15	10	10	15	10	10
La	20	15	10	10	15	30	20	25	20	15	25	10	15	10	40	20	20	15	10	15
In	10	10	85	25	20	10	20	15	15	30	10	10	10	10	25	15	10	10	20	10

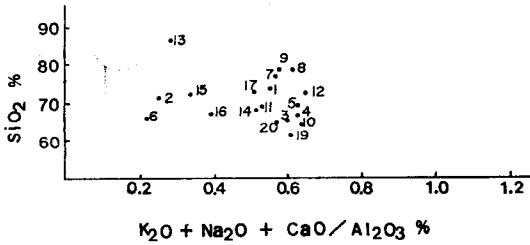


Fig. 5 Variation in $(K_2O+Na_2O+CaO)/Al_2O_3$ versus SiO_2 for granitic rocks in the Gwangyang and Goheung.

F $(FeO+Fe_2O_3) \cdot M(MgO) \cdot A(Na_2O+K_2O)$ diagram 에서 光陽, 高興 地域 花崗岩類의 組成은 Fig. 6 에서 보는 바와 같이 全世界의 calc-alkali rock series 의 平均值에 (after Kuno 1965) 比하면 M 이 적고 F 가 많은 Karoo dolerite 에 該當된다.

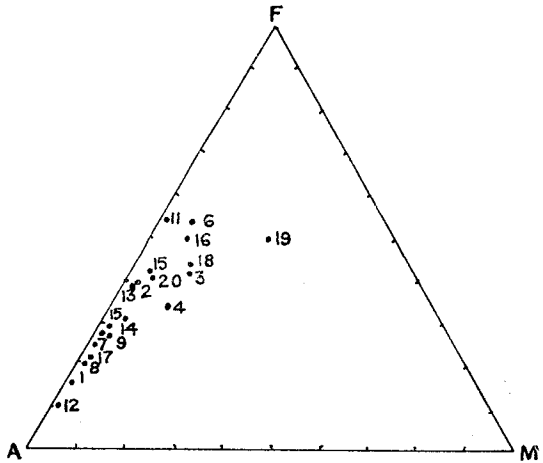


Fig. 6 AFM diagram of the Gwangyang and Goheung granitic rocks.

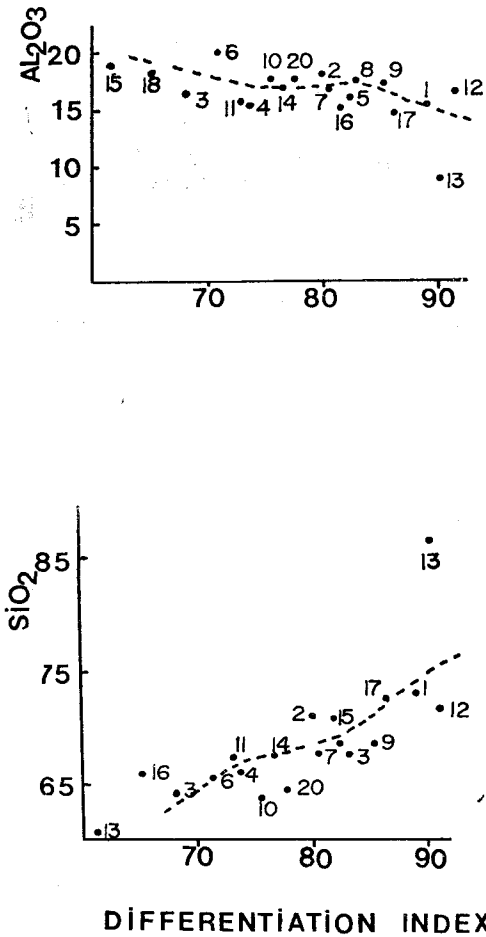
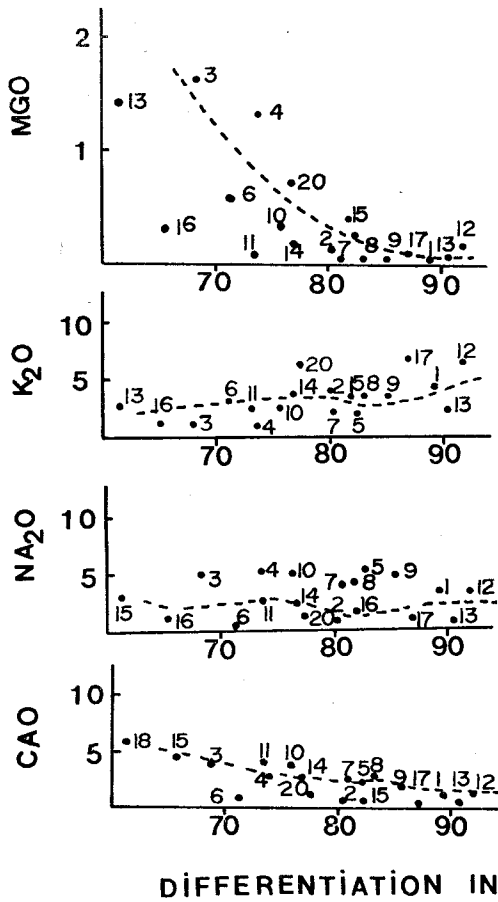


Fig. 7 Differentiation Index-Oxides diagrams of granitic rocks in the Gwangyang and Goheung. (dashed line: those of the Bulgugsa acidic igneous rocks in Busan area (Cha, M.S., 1976). Lines are drawn by author on the Cha's data)

Table 3 Major and trace elements of metal ore veins and wall rocks from the Gwangyang and Goheung districts (major element: weight %, trace element: ppm, * symbol: weight %).

Serial No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sample No.	19	88	177	209	217	218	274	276	278	300
SiO ₂	59.66	16.44	42.42	72.80	86.42	68.90	59.16	89.32	69.74	27.20
TiO ₂	0.33	0.05	0.17	0.13	0.04	0.11	0.06	0.01	0.07	0.04
Al ₂ O ₃	22.78	17.12	18.55	13.53	9.88	13.15	13.83	2.34	8.80	7.88
Fe ₂ O ₃	4.97	25.45	15.17	0.65	0.16	2.97	1.43	5.50	10.11	36.45
FeO	1.67	4.29	3.49	2.06	0.36	0.44	4.14	1.75	0.90	2.80
MnO	0.09	0.07	0.06	0.06	0.01	0.08	0.07	0.04	0.03	0.04
MgO	1.22	0.01	0.09	0.77	0.01	0.01	0.24	0.87	0.04	0.02
CaO	0.24	0.26	1.53	4.20	0.06	7.66	2.95	0.34	0.09	1.25
Na ₂ O	0.25	0.12	0.19	1.99	0.12	1.82	0.12	0.05	0.19	0.05
K ₂ O	5.02	3.26	4.18	1.79	1.88	2.21	2.89	0.01	2.13	1.04
P ₂ O ₅	0.09	0.12	0.29	0.12	0.10	0.48	0.21	0.09	0.09	0.08
H ₂ O+	3.71	1.97	1.29	1.21	1.33	1.98	0.19	0.15	0.64	0.52
H ₂ O-	0.30	0.19	0.10	0.17	0.19	0.29	0.03	0.03	0.03	0.06
S*	0.01	11.1	0.76	0.04	0.01	0.01	5.23	3.43	7.37	19.5
Ba*	0.12	0.02	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01
Sr	9	5	5	160	6	38	45	5	5	9
Rb	270	268	320	72	62	65	195	21	225	68
Cu	80	15.4*	2.88*	tr	tr	7	1000	1200	180	1300
Zn	460	7240	620	80	40	60	9.28*	140	100	3.36*
Pb	40	2.40*	250	35	150	50	800	60	70	200
Zr	500	20	35	600	85	650	70	5	300	5
Ni	150	25	35	75	15	90	35	60	70	25
Co	50	180	250	90	100	80	20	100	10	200
V	200	50	120	140	90	100		60	90	80
Cr	45	20	20	30	18	40	35	30	50	15
Mo	20	50	7	5	5	6	7	5	7	5
Sn	10	60	20	10	10	10	10	10	10	10
Y	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sc	10	10	15	10	10	10	10	10	10	10
Be	tr	tr	2	2	tr	2	tr	tr	2	tr
Ag	tr	290	52	tr	tr	tr	32	15	4	54
Ga	15	20	10	10	10	10	10	10	10	10
La	10	10	10	15	10	15	15	10	10	10
In	10	25	20	15	10	10	55	10	10	10
Au	—	tr	tr	—	—	—	tr	16	tr	29

Nockolds의 전세계 平均値에 따르면 花崗岩과 花崗閃綠岩의 領域에 屬하며, 李大聲(1077)에 依한 慶尙盆地 火成岩類의 領域에 該當됨을 볼 수 있다 (Fig. 6).

Differentiation Index는 normative $Q+Or+Ab+Le+Ne+Kp$ %의 合인 바 (Thornton & Tuttle, 1966) 本分析値에서는 石英, 曹長石, 正長石의 合이 DI 값이 된다.

Fig. 7에서 DI와 各 酸化物들의 重量 %를 plot 시켜 본 結果, alalki rock area에 該當되는 것을 볼 수 있다. 그리고 車文星에 依한 釜山地域, 佛國寺 酸性火成

岩類와 光陽, 高興 地域 花崗岩類의 DI 값에 對한 各 酸化物들의 經路가 잘 一致하는 것을 볼 수 있다.

鑛床 周邊의 母岩中에 들어있는 微量元素의 含量比較로써 鑛脈의 延長, 鑛體의 確認, 鑛染, 鑛化의 程度 등을 알 수 있는 바 金 在亨은 含金銀 石英脈에서 Ag, Zn을 指示元素로 使用할 수 있다고 밝혔고, 全孝澤은 含金 石英脈 附近에서 Pb의 異常値가 顯著함을 밝혔다.

光陽, 高興 地域에서도 鑛脈內의 距離에 따른 特定元素의 增減에 대해 檢討하였다. 그 結果 周邊에서는

特別한 異常值를 찾아 보지 못하였으나 母岩 및 鑛脈에서 Au와 Ag의 量이 增加하면 Zn, Cu, Pb 등도 增加하는 相關關係를 가지고 있는 것을 알수 있었다.

특히 Zn의 增加量은 Au, Ag, Cu의 增加量에 對해 잘 一致한다(Table 3 參照).

특히 高興 地域에서는 大規模 低品位銅鑛床의 發達에 대한 期待를 하여 보았으나 周邊岩에서 Cu의 品位가 너무 낮았으며 鑛脈을 中心으로 좁은 範圍에서만 若干의 品位 上昇을 보여 주므로 熱水變質의 範圍가 넓지 못함을 알수 있었다. 本 地域에서도 Ag, Cu, Zn, Pb의 變化率은 相當한 相關關係를 보여 주므로 보다 많은 試料의 微量成分을 分析해 보면 그 相關關係를 더욱 詳細할 수 있을 것으로 思料된다.

鑛床의 生成溫度에 關한 考察

鑛床 生成溫度에 關한 考察은 光陽 地域에 限하였으 며, 紗谷里와 草南里의 坑道에서 試料을 採取하여, 流體包有物에 對한 實驗을 行하였다.

研究對象 鑛物은 含金石英脈 中の 石英晶洞에 發達한 石英結晶과 黃鐵石을 隱伴하는 非晶質石英, 母岩(花崗岩質 片麻岩)에서의 造岩鑛物인 石英, 그리고 石英과 母岩의 弱線帶를 따라 細脈狀으로 發達한 方解石 結晶이다.

製作된 薄片은 顯微鏡下에서 分類, 記載하였다. 薄片 中에서 母岩과 方解石 結晶에 나타난 流體包有物의 크기가 너무 작아서 觀察이 容易하지 않았으므로 加熱 實驗에서 除外하였다.

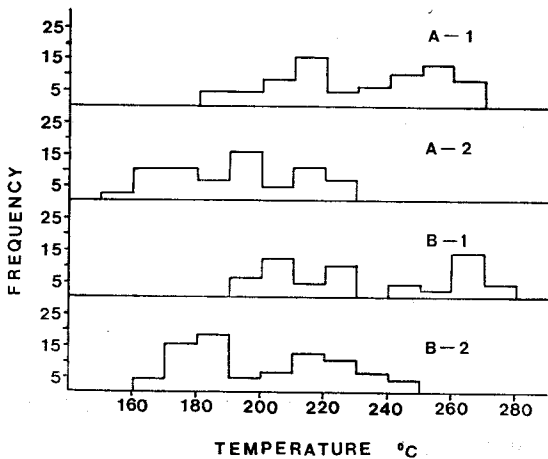


Fig. 8 Homogenization temperature of fluid inclusions in quartz of the Gwangyang gold mine. A-1: Chonamri quartz crystal, A-2: Chonamri glassy quartz, B-1: Sagokri quartz crystal, B-2: Sagokri glassy quartz

石英 結晶內의 流體包有物은 鑛物 結晶이 成長하는 동안에 생긴 一次 包有物과 擬二次 包有物을 對象으로 實驗을 實施하였다. 觀察되는 包有物의 形狀은 板狀인 것이 大部分이고, 一部 不規則한 모양을 갖는 것이 觀察된다.

包有物의 크기는 0.005~0.1mm의 것으로 0.01~0.04 mm의 것이 大部分이다. 이들 流體包有物은 單相과 二相(液相과 氣相)으로 後者의 境遇 充填度는 85~95이다.

流體包有物의 形態, 分布狀況 등으로 보아, 二次包有物로 思料되는 것은 實驗對象에서 除外하였다. 充填溫度 測定에 使用한 加熱 顯微鏡은 Leitz會社製 Model 350이다. 試料에 對한 加熱 實驗에 앞서 Standard melting point reagents에 依한 融點을 測定한 結果, 100~300°C 사이에서 誤差의 範圍는 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 이었다.

昇溫速度는 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 으로 하고, 均一化溫度(充填溫度) 附近에서는 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 으로 하였다. 流體包有物의 均一化를 爲한 加熱 實驗은 二回 反覆 測定하였으며, 實驗 中에 內容物의 流出이 있는 것과 冷却時에 再現되지 않는 것에 對한 資料는 除外하였다.

各 試料의 充填溫度는 $154\sim 279^{\circ}\text{C}$ 로써 大部分이 $200\sim 270^{\circ}\text{C}$ 範圍에 든다. 鑛床의 生成溫度는 流體包有物의 充填溫度를 生成 當時의 壓力과 流體의 組成 및 濃度에 關한 資料를 補正하여 주면 求할 수 있으나, 包有物內의 水溶液의 組成, 濃度에 關해 檢討하지 못하였다. 다만 NaCl의 固狀이나, 液體 CO_2 를 包含한 多相의 包有物이 없는 點으로 보아, 鹽度나 CO_2 의 濃도가 높지 않았을 것으로 思料된다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 含金 石英脈의 中心部에 位置한 晶洞에서 採取한 石英結晶 中の 流體包有物은 草南里 地域에서는 $190\sim 279^{\circ}\text{C}$ 에 達하는 均一化溫度를 보여준다. 또한 鑛脈과 母岩의 境界 部位에서 採取한 非晶質石英의 均一化溫度는 草南里와 紗谷里에서 다 같이 $160\sim 230^{\circ}\text{C}$ 이다. 이와같은 現象은 鑛脈의 中心部에서 母岩쪽으로, 中溫性에서 低溫性 鑛物이 帶狀 分布될 수 있는 可能性을 示唆해 준다.

結 論

A. 本 研究地域의 地質은 片麻岩類인 智異山 片麻岩 複合體에 該當하는 花崗岩質 片麻岩, 斑狀變晶質 片麻岩, metatectic 片麻岩과 火成岩類인 閃綠岩, 佛國寺 火成岩類 및 慶尙系 堆積岩類로 構成되어 있다.

B. 鑛床을 胚胎하는 母岩은 1) 光陽 地域에서는 花崗岩質 片麻岩, 斑狀變晶質 片麻岩이며, 2) 高興 地域에서는 石英片岩, 安山岩 質岩이다.

C. 鑛床은 母岩의 裂罅를 充填한 鑛脈이며, 光陽 地

域에서는含金石英脈이고,高興地域에서는含黃化鑛脈과 그周邊에小規模의變質帶가部分的으로形成되어 있다.

D.鑛床의關係火成岩類는大概佛國寺火成岩類에該當된다.卽光陽地域에서는花崗閃綠岩,閃綠岩等이며,高興地域에서는微文象花崗岩,黑雲母花崗岩等이다.

E.本研究地域에分布한火成岩類를地球化學的으로考察한結果,花崗岩,花崗閃綠岩,石英花崗岩,閃長岩等여러分化時期의岩石들로이루어지며여러化學的特性즉, FeO(1.06~8.95), SI(0.29~23.86), OR(13.95~76.19) 값들이慶尙盆地火成岩類의特徵과같一致한다.

F.鑛石鑛物은部分的으로若干의變化는있으나黃鐵石,磁硫鐵石,黃銅石,閃亞鉛石,方鉛石等の順으로晶出됨을確認하였다.

G.本研究地域에發達한鑛脈과母岩에對한微量元素를分析한結果,光陽地域에서는Au, Ag와Cu, Zn이그리고高興地域에서는Ag, Cu와Zn, Pb가比例增加하는相關關係를보여준다.

H.光陽地域의含金石英脈中에서採取한石英結晶內에包有된流體包有物의크기는0.02~0.04mm이며,單相과二相(液相과氣相)의것이大部分이고,後者の境遇에充填度는85~95이다.이들中에서一次와假二次包有物을對象으로均一化溫度를測定한結果主로200~270°C의範圍에該當한다.

參 考 文 獻

- Barnes, H.L. (1979) Geochemistry of hydrothermal ore deposits. John Wiley & Son Press, p. 684—737.
- Bishop, E.D. and Lee, C.S. (1968) Second Report of Investigation of Kwangyang Mining Co. Ltd., USOM Ref. 1—7, Unpublished
- 車文星(1976) 釜山地域의佛國寺酸性火成岩類의岩石學的研究. 鑛山地質, v. 9, No. 2, p. 85—106.
- David Gallagher (1963) Mineral Resources of Korea. Mining division of USOM and Geol. Survey of Korea. v. III A, p. 41—51.
- 한국의광상(1973) 제5호. 대한광업진흥공사, p. 235—236.
- Helmuth, G.F. Winkler (1976) Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag Press, p. 278—323.
- Hutchison, C.S. (1954) Laboratory handbook of petrographic techniques. John Wiley & Sons Press, p. 101—1027.
- 全孝澤(1978) 天安地區含金石英脈鑛床과關聯된微量元素의一次分散에關한研究. 大韓鑛山學會誌, v. 15, No. 2, p. 84—95.
- 金在享(1977) 母岩中の微量元素의相關關係에依한金銀鑛의地球化學的探查研究. 大韓鑛山學會誌, v. 12, No. 4, p. 269—283.
- 金玉準(1971) 南韓의鑛床生成時期와鑛床區. 地質學會誌, v. 7, No. 1, p. 37—59.
- 金善億(1973) 慶南地區銅鑛床의綜合開發에關한調査研究. 鑛山地質, v. 6, No. 3, p. 133—170.
- 金相燁外9人(1979) 高興地域銅鑛床에對한研究. 資源開發研究所, KIGAM Bulletin—04,
- Lee, D.S. (1977) Chemical composition of petrographic assemblages of igneous and related rock in South Korea. Jour. Korea Inst. Mining Geol. v. 10, No. 2, p. 75—92.
- 李商萬(1972) 우리나라의火成活動과鑛化作用에關한聯關性研究. 科學技術處, R—74—48.
- 朴喜寅·崔錫源(1974) 大華鑛山産鑛物中の流體包有物에關한研究. 鑛山地質, v. 7, No. 2, p. 63—78
- Ramdohr, D. (1980) The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, p. 508—509
- Sawkins, F.T., O'Neil T.R. and Thompson T.M. (1979) Fluid inclusion and geochemical of gold vein deposits, Baquio district, philippines. Econ. Geol., v. 74, p. 1420—1434.
- 申柄雨(1974) 南韓의地構造運動과金屬鑛床. 鑛山地質, v. 6, No. 3, p. 1—21.
- Thornton, C.P. and Tuttle, O.R. (1960) Chemistry of igneous rocks, differentiation index. Am. Jour. of Sci. v. p. 664—684.
- 柳煥琇外2人(1969) 全南高興附近의硫化鑛物및鑛床에對한調査研究. 全南大學校工業技術問題研究所, 第5集, p. 1—22.
- 尹碩奎(1968) 流體包有物에依한地質溫度測定. 鑛山地質, 創刊號, p. 74—82.