광산지질 9권 3호(1976) p. 143—156

慶尙北道 一圓에 賦存하고 있는 金屬地下資源의 地質鑛床學的 硏究

金 永琪*·李 在英*·金 相旭*·高 仁錫*

Study on the Metal Ore Deposits of Gyeongsang buk-do Area

Y. K. Kim · J. Y. Lee · S. W. Kim · I. S. Koh

Abstract

The Cretaceous metal ore deposits in the Gyeongsang basin of Gyeongsangbuk-do are characterized by the formation of metallogenic provinces which show zonal distribution pattern around Yeonil province where pneumatolytic type is dominated and hydrothermal type are distributed in the order of decreasing temperature type outward.

Some Cretaceous granitic rocks include zoned alkali feldspars which reflect rapid variation of H_2O during emplacement and crystallization of the water-saturated granitic magma. The ore deposits are considered to be originated from upward transportation of ore solution from the excess of water exhausted from uprising magma, which seems to be intimately related to the fact that the majority of the ore deposits in Daegu area are cummulated around the granites including zoned alkali feldspars.

In order to collect geochemical data necessary for geochemical exploration in the study area, certain trace elements were chosen as pathfinders from monzonite and soil in the vicinity of Dalsung Tungsten Mine by studying the dispersion patterns of trace elements: Ba and Sr show trends to decrease toward ore deposit while Cu, Pb, and Mo increase. Around mining area there are distributed apparently Equisetum arvense Linne and Mentha sachinensis Kudo which may be used as index plants.

In the viewpoint of geologic structure, the trends of the ore veins in contact aureole around the Palgongsan granite body correspond with the pre- and syn- plutonism joint pattern in hornfels in the area.

I. 序 言

慶尙北道에 分布하는 金屬鑛床은 그 大部分이 慶尙系岩層을 母岩으로하며 白堊紀末의 花崗岩質 貫入岩類와 密接한 關係를 보이면서 鑛床生成區를 이루고 있음은 이미 報告된 바 있다(李商萬, 1972).

本 硏究는 慶尙北道內 慶尙盆地에 分布하는 金屬鑛床의 分布傾向을 把握하는데 이어 花崗岩質 마그마의 晶出過程을 通한 鑛化溶液의 形成, 鑛化帶에 대한 微量元素의 地球化學 및 鑛床의 構造規制等을 主目的으로 했다.

白堊紀 花崗岩類가 直接的인 運鑛岩으로서의 役割을 하였던 貫入過程을 道하여 周邊 岩層內의 有用金屬成分을 濃集 運搬케 한 役割을 했든 間에 花崗岩質 마그마의 上昇, 固結過程을 通한 마그마 自體로부터의 水分流出量과 鑛化溶液의 形成과의 關係를 結付시키는 方法으로서 花崗岩質岩類에 産出되는 Rapakivi 組織을 보이는 알카리長石에 대한 累帶현상을 考察하였다. 이러한 累帶現狀은 Ca 成分이 적은 花崗岩質마그마의 晶出過程을 通한 마그마 自體의 P_{H_2O}의 變化에 크게 依存하는 것으로 解釋될 수 있기 때문이다. 이의 究明을 爲하여 大邱附近에 分布하는 八公山花崗岩, 石英몬조니岩 및 微文象花崗岩等을 對相으로 選定하여 實施되었

* 慶北大學校 文理科大學 地質學科

다.

한편 達城鑛山 및 그 周邊의 石英몬조니岩을 選定, 岩石 및 土壤試料에 對한 微量成分의 對比로서 地化學的 探査에 摘用될 수 있는 指示元素를 찾아 보았다. 鑛體를 向하여 減少하는 Ba 및 Sr과 增加하는 傾向을 보여주는 Cu, Pb, Mo 는 훌륭한 指示元素로 摘用될 수 있음이 注示된다. 이 以外에도 이 地域에 密生하고 있는 쇠뜨기풀과 박하는 指示植物로서 價値가 있음을 알 수 있다.

本域의 熱水鑛床과 母岩의 節理와의 關係把握을 爲하여 八公山花崗岩體 周邊의 接觸變成帶를 選定, 이地域 岩層에 發達되는 pre 및 syn-plutonism 節系를 統計學的으로 分析, 本域의 熱水鑛床賦存의 地質構造的인 規制에 對하여 單片的하나마 節理와 結付 檢討하였다.

本研究를 爲한 1975年度 産學財團의 研究費 提供에 깊은 感謝를 드린다. 아울러 本 研究를 爲한 野外踏査 및 薄片製作에 協力해준 경북대학교 지질학과 在學生에게도 감사의 뜻을 表한다.

Ⅱ. 地質概要

本域의 地質은 先캠브리아紀의 片岩類—片麻岩類와 이를 貫入한 쥬라紀의 花崗岩類等과 이들을 不整合으로 덮는 慶尙系累層과 다시 이들을 貫入한 白堊紀末의 花崗岩類等을 主로 하고 本域 南東部에서는 이들을 不整合으로 덮는 第三系 岩層의 分布를 보여준다. 先캠브리아紀의 變成岩類 및 그를 貫入한 先白堊紀 深成岩類는 本域 西端部 및 北端部에, 또 第三系岩層은 浦港, 迎日地域에 弱于 分布될뿐 本域 大部分은 慶尙系岩層과 이를 貫入한 深成岩 및 半深成岩類로 占有된다. 白堊紀末 乃至 第三紀初에 걸쳐 貫入한 것으로 보이는 이들 貫入岩은 그 分布로 보아 白堊紀末의 火山岩類와 密接한 關係가 있음이 1/25萬 地質圖에서도 쉽게 認識된다. 卽 李商萬 (1972) 等이 指摘했듯이 白堊紀末의 火山活動은 下部의 鹽基性岩類로부터 上部의 酸性岩類에 이르기까지 거의 連續的인 成分變化를 보여주고 이들 産物은 크게 密陽盆地를 中心으로 環狀으로 分布되며 花崗岩類는 이들 火山岩類 分布地域에, 特히 盆地의 中心部에 密集된 分布를 보여주는듯 하다. 本域의 花崗岩類는 黑雲母花崗岩이 大部分이고 閃綠岩, 花崗閃綠岩, 角閃石花崗岩, 石英몬조니岩, 微文象花崗岩 및 花崗斑岩等의 岩體가 小規模의 岩株狀體 或은 그 緣邊相으로 産出된다. 珪長岩類는 圓形 貫入體로 産出되는것과 岩脈으로 産出되는 것으로 區分되는데 前者는 大體로 白堊紀末에 形成된 斷層에 依하여 絕斷되고 後者는 斷層에 沿하여 貫入하는 例가 흔히 보인다.

Ⅲ. 鑛床의 分布 및 그 類型

本域에 賦存하고 있는 鑛床의 鑛種別 分布傾向을 把握하기 爲하여 慶尙系累層을 母岩으로하는 鑛床을 地質圖上에 記錄하였다(Fig. 1). 이와 같은 作業은 李正煥(1967)에 依해 地質構造와 鑛化作用과의 關係를 究明하기 爲하여 遂行된 바 있으며 이어 火成活動과 鑛床形成과의 關係 및 그 分類 (K. Burk; 1960, 孫致武等 : 1968, O. J. Kim; 1971, 李商萬 ; 1972)를 爲하여 이루어진바 있다. 김옥준(1971)에 의하여 本域에 對해서의 白堊紀末~第三紀初의 metallogenetic provinces가 수립된바 있다.

本域의 鑛床分布로 보아 그 大部分이 火成貫入岩類와 밀접한 關聯性을 보이고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 관계는 李商萬(1972)등 여러 사람에 依해서 주장되어 왔다. 實로 慶尙系 堆積岩層및 火山岩類內에 부존되는 鑛床의 形成은 이들을 貫入한 花崗岩質 貫入岩類를 運鑛岩으로 한 것으로 보는 것이 妥當할것이다. 慶尙系 岩層內에서 堆積源의 金屬鑛床이 기재된 바 없으며 또한 變成作用에 依한 濃集 또한 고려 對相이 되지않는 만큼 이와같은 妥當性이 높아진다 하겠다. 따라서 火成貫入에 의한 접촉變成帶로 부터 멀리 떨어진 脈狀鑛床이라 할지라도 地表에 露出되지 않는 火成岩體를 運鑛岩으로 한 것으로 간주하였다. 本域에 있어서의 金屬鑛床의 分布傾向으로 보아 대체로 3個 類型의 鑛床生成區가 이루어짐을 볼 수 있다.

1) 鑛床生成區

地域別 鑛床의 類型에 따르는 分類는 이미 여러 사람에 의해 發表된바 있다(孫致武등 1968 李상만 1972). 이들에 依하면 慶尙盆地內에 胚胎된 金 屬鑛床을 金—銀—銅鑛床및 鉛—亞鉛—金—銀—銅鑛床(高成型)을 中深成 乃至 淺成熱水鑛床으로, 金—銀—重石—蒼鉛—銅鑛床(達成型), 銅—金—銀—鉛—亞鉛鑛床(密陽型), 鐵鑛床(勿禁型), 自然銅鑛床(英陽型)등을 中深成鑛床으로, 코발트—砒素—重石—銅鑛床(咸安型)을 深成 乃至 中深成鑛床으로, 또 蒼鉛(或은 코발트)鑛床, 蒼鉛—砒素—重石—光絲水鉛鑛床(延日型)을 氣成鑛床으로 四分되었다.

本域에 있어서 稼行對相으로 全혀 考慮될 수 없는 獨立된 細脈에 이르기까지 記載된 모든 鑛脈을 參考로 하여 鑛床生成區를 設定해 보았는데 그 結果는 Fig. 2와 같다. A, B, C및 D地域의 鑛床은 白堊紀末 乃至 第三紀初에 E및 地域의 鑛床은 쥬라紀에 賦存된 鑛床으로 代表된다.

A區域(延日區域) ; 本域에서 唯一한 氣成鑛床區로 記載된 바 있다(李商萬, 1972). 이 區域은W 및 Mo鑛

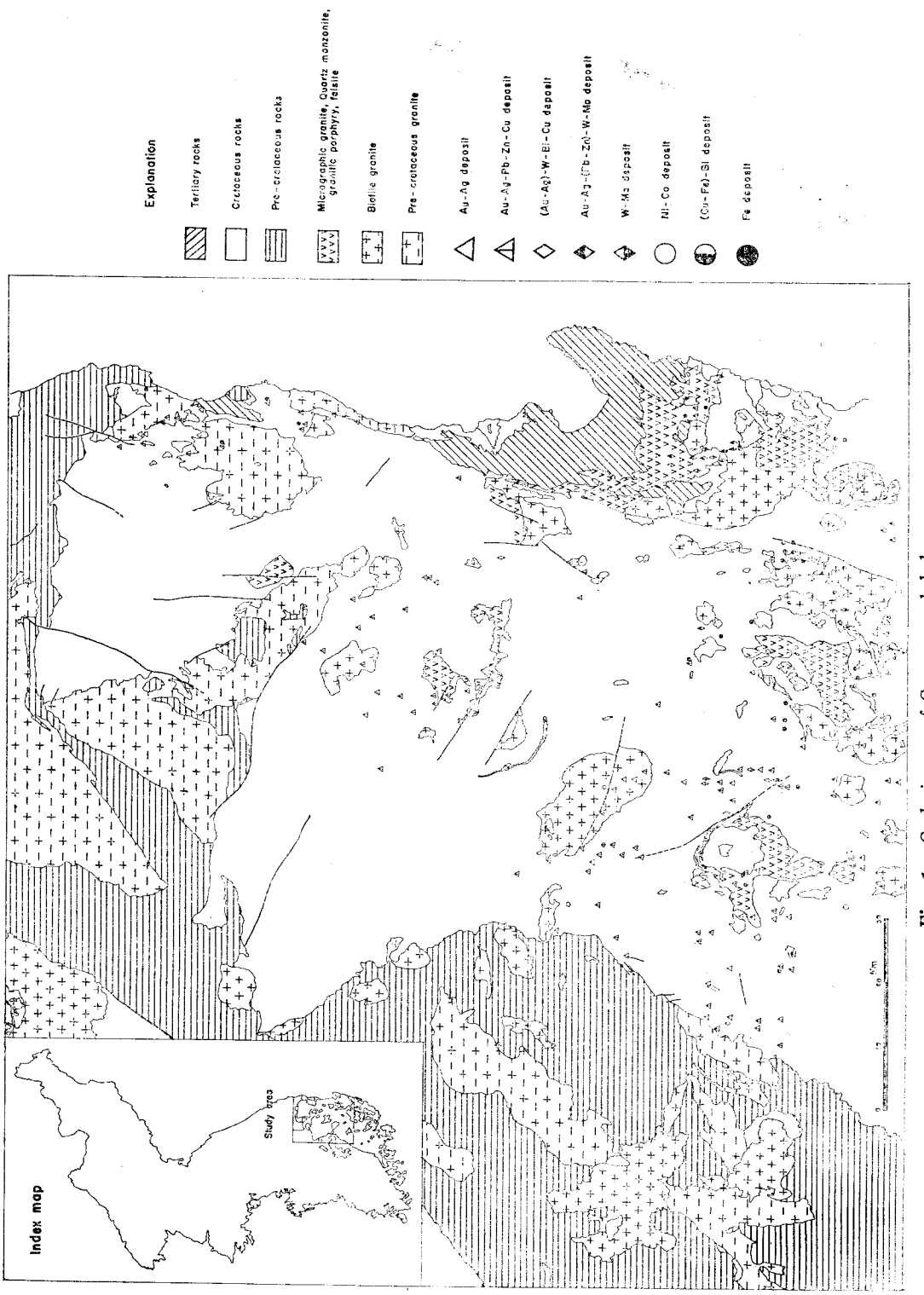

Fig. 1. Geologic map of Gyeongsang buk-do area

床이 群集되어 있음을 特徵으로 한다. 石英脈에 胚胎되고 이들 鑛物은 Bi, As등과 共生하는 것이 普通이다. 이 外에도 Pb-Zn-Cu 鑛床및 Au-Ag-Pb-Zn 鑛床등 生成 溫度를 달리 하는 것으로 思料되는 熱水鑛床도 本區域內에 散在되어 있다. 이들 鑛床은 黑雲母花崗岩(佛國寺花崗岩)을 運鑛岩으로 하고 있음이 相互關係로서 推定된다. 한편 本區域南東部 馬山岩體 附近에는 磁鐵石 鑛床이 群集되어 있다.

B및C區域(慶山 및 紀溪區域) ; 慶山區域 및 기계구역에 있어서는 全般的으로 Au-Ag-Pb-Zn-Cu 鑛床이 群集되어 있고 W-Mo 鑛床, W-Bi-Cu 鑛床및 Co-W 鑛床등이 相當數 賦存된다. Fe 광석鑛物은 硫砒鐵石, 黃鐵石 및 경철石等으로 產出되는데 一般的으로 硫砒鐵石은 深成 乃至 中深成의 (Au-Ag)-W-Bi-Cu 鑛床이나 Co 鑛床에 흔히 수반되고 黃鐵石은 Au-Ag-Pb-Zn-Cu鑛床에, 또 경철석은 흔히 자철석 鑛床 附近에 많이 產出되는 傾向을 보인다. 이 區域에서 代表的인 鑛床으로서 達成鑛床은 그 수반鑛物로 보아 氣成으로 부터 中深成型에 이르는 複合鑛床임을 알 수 있다. 또한 이 區域에 分布하는 熱水鑛床은 그 賦存深度로 보아 深成으로부터 淺成에 이르는 廣範한 分布를 보이고 있다. 이들 鑛床은 佛國寺花崗岩類에 屬하는 黑雲母花崗岩, 角閃石花崗岩, 石英몬조니암등을 運鑛岩으로 한다.

D區域(大邱區域) ; 本 區域은 大邱—九山洞을 잇는 北東—南西方向의 帶를 이룬다. 本 區域은 鑛種別로 보아 Cu-bearing Au-Ag鑛床, Au-Ag bearing Pb-Zn-Cu 鑛床으로 代表된다 할 수 있다. 그러나 八公山花崗岩體內에도 W, 或은 Co, Ni 등을 수반하는 Pb 鑛床或은 Pb-Zn 鑛床이 賦存되기도 하며 局地的으로 넓은 深度別 分布를 보이는 鑛種分布를 보인다. 本 區域의 鑛床은 全體的으로 보아 中深成 乃至 淺成의 熱水鑛床이다 다만 九山洞 圖幅에 있는 (金梧洞)鑛床은 安山岩및 堆積岩의 혼펠스를 母岩으로 石英斑岩및 珪長岩을 運鑛岩으로 하는 接觸交代鑛床인데 이들 脈岩類는 花崗閃綠斑岩에 發達하는 北西西 方向의 斷層및 그에 關聯되는 節理面을 따라 貫入 發達된다. 本區域의 鑛床은 그 分布로 보아 花崗閃綠岩, 角閃石花崗岩, 黑雲母花崗岩微文象花崗岩및 花崗斑岩을 運鑛岩으로 하는데 이 가운데서 黑雲母花崗岩內 或은 그 周邊部에 가장 많은 鑛床이 群集 賦存되어 있음을 볼 수 있다.

E區域(영해區域) ; 本 區域의 鑛床은 그 大部分이 先白堊紀 花崗岩類를 運鑛岩으로 하는 Au-Ag 鑛床, Au-Ag-Pb-Zn-Cu 鑛床이고 片狀角閃石花崗岩을 運鑛岩으로 하는 Bi 鑛床, W-Mo 鑛床, Cu-W-Bi 鑛床등 中深成 乃至 深成 혹은 氣成鑛床이 모여있다. 慶尙系堆積岩層을 貫入한 小規模의 岩株狀 佛國寺花崗岩과 관련되는 Au-Ag-Pb-Zn 열수鑛床도 數個處에 賦存된다. 一般的으로 先白堊紀 Au-Ag (Pb-Zn)-Cu 鑛床에 있어서 自然金으로서 產出되기도 하는 것이 共生鑛物에 있어서의 特徵이 된다 할 것이다. 本 區域內의 鑛床은 先白堊紀 鑛床이 大部分이므로 本 硏究對相에서 除外한다.

F區域(星州區域) ; 片麻岩類, 雲母片岩類, 石灰岩렌즈를 母岩으로 하고主로 先白堊紀花崗岩類에 聯關되는 裂隙充塡鑛床으로서 Au-Ag 鑛床, Au-Ag-Pb-Zn-Cu 鑛床, W-Mo 鑛床등 生成深度를 달리하는 여러가지 鑛石鑛物群을 가지는 鑛床이 群集되어 있다. 本 區域에서 南南西方의 慶尙南道 地域 즉 九丁및 安義圖幅으로 가면서 Mo-W 鑛床이 두드러지게 많이 賦存되며 本 區域 東側地域(星州地域)에 Au-Ag-Pb-Zn-Cu 鑛床이 密集되어 있다(李正煥등. 1967). 本 區域內 鑛床도 本硏究 대상에서 除外하고 鑛床生成區(Fig. 2)에 關한 것은 李正煥등(1967)의 결과를 參照하여 Fig. 2에 그 區域을 表示했을 뿐이다.

2) 鑛種別 累帶分布傾向 ;

前述한 바와 같은 鑛床成生區를 設定한 結果 白堊紀末 乃至 제3기初에 있었던 花崗岩質岩類 貫入活動에 관련되는 鑛床은 각기 特定한 鑛床生成區에 포함되고 이들 鑛床生成區는 어느程度 累帶狀 分布를 보인다는 것을 認識할 수 있다. 勿論 各鑛床生成區에는 Au-Ag 鑛床, (Au-Ag)-Pb-Zn-Cu 鑛床등 中深成 乃至 淺成鑛床이 發達되나 各區域에 따라 그區域의 特徵的인 高溫性鑛物組成의 種類및 그 分布頻度는 相異하게 나

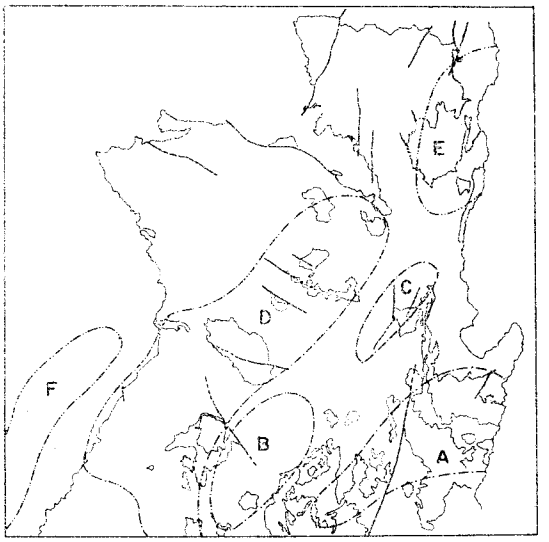

Fig. 2. Metallogenic provinces of the area, modified from Fig. 1.

타나는 동시 累帶狀分布를 보이는 傾向이 어느 程度나 타난다. 즉 경상계 岩層을 母岩으로 하는 鑛床은 氣成鑛床의 分布가 두드러지는 A地域을 中心으로 하여 一部 氣成鑛床은 氣成深成을 수반하고 深成 乃至 中深成鑛床의 賦存이 두드러지는 B및C區域 그리고 그 외곽부의 D및E區域에는 深成 乃至 氣成鑛床은 거의 나타나지 않고 中深成 乃至 淺成鑛床을 위주로 한다. 이러한 鑛種別 累帶狀分布 현상과 火成活動의 聯關關係 如否는 다음 章에서 考慮하도록 한다.

Ⅳ. 花崗岩類의 分化相과 鑛床賦存

本域에 分布하는 花崗岩質 貫入岩類는 그 産出狀態로 보아 小規模의 岩株를 이루는 點이 特徵이라 하겠다. 쥬라紀花崗岩類가 大體로 造山運動과 時期的으로, 構造的으로 直接 關聯되어 貫入하므로서 大體로 大規模의 帶狀底盤狀 産出을 하여 mesozone~catazone의 深處貫入의 特徵的인 樣相을 갖는데 比해 本域의 白堊紀末 花崗岩類는 접촉變成帶를 發達시키는 差異點이 뚜렷하다. 즉 우리나라 쥬라紀 花崗岩類가 그大部分이 造山運動時 褶曲軸部를 따라 貫入했음에 대하여 本域의 白堊紀末~제三紀花崗岩類는 慶尙盆地內 堆積作用末期 火山活動에 이어 造陸運動의 初期 地層의 만곡作用(warping), 斷層 및 火山通路에 依한 構造的影響下에 火山岩 分布地域을 中心으로 하는 貫入活動의 結果라 할수 있다. 前述한 바와 같이 本域에 있어서의 花崗岩類는 火山岩類 分布地에 沿하여 分布되고 특히 火山岩類 分布의 中心地라 할 수 있는 密陽盆地에 가장 활발한 이들의 貫入體를 볼 수 있다. 火山岩 分布地域 가운데서도 密陽盆地 中心部 즉 流紋岩質岩類 分布地域에 集中的으로 花崗岩類의 入貫이 있었고 이 部分은 彦陽斷層에 依하여 斷層西側이 相對的으로 下降(孫致武 등, 1968)하고 相對的으로 上昇한 東側部가 北側으로 기울어져(tilted) 第三系岩層에 依해 被覆된다. 慶尙系를 貫入하는 花崗岩類는 貫入時期 및 分化相으로 보아 鎭東花崗岩類, 佛國寺花崗岩類 및 馬山岩類등으로 區分하였고 前兩者는 花崗閃綠岩→角閃石花岩岩→黑雲母花崗岩→花崗斑岩 後者는 토나라이트→아다메라이트→微文象花崗→岩花崗斑岩의 分化경로를 밟은 것으로 分析한 바 있다(李商萬, 1972). 이러한 結論은 前記 세系列에 屬하는 各種岩石에 대한 化學的分析結果(李商萬, 1972)로서도 드러나는 듯하다.

本域에 分布하는 花崗岩類는 佛國寺花崗岩과 馬山岩類에 해당하는 것들이고 鎭東花崗岩類에 屬하는 암석의 産出은 없는 것으로 알려졌다. 本域에 産出되는 閃綠岩, 花崗閃綠岩, 角閃石花崗岩, 石英몬조니암, 黑雲母花, 崗徵文象 花崗岩 및 花崗斑岩類의 分化徑路를 把握하기 위하여 大邱地域에 分布하는 八公山花崗岩(角閃石花崗岩 및 黑雲母花崗岩) 및 達城鑛山 西側에 分布하는 石英몬조니岩의 化學分析値를 Tuttle 및 Bowen의 Q-An-Ab diagram에 적용하고, 또한 參考로 Q-An-Ab diagram에도 plot 해 본 결과는 Fig. 3과 같다. 이와함께 九山洞地域, 八公山및 大邱 앞山 地域의 花崗岩類에 포함되는 長石類의 Rapakivi 조직의 觀察을 並行試圖하였다. Fig. 3의 Q-Or-Ab-H_2O diagram에서 두 地域의 岩石은 共히 各 蒸氣壓에 있어서의 三成分共融點 왼편 즉 Or-Ab 境界線을 中心으로 할 때 늘 Ab 初相領域內에서 晶出作用이 進行된 것으로 나타난다. 한편 Or-An-Ab diagram에서 An의 構成比가 實際 많은 石英을 含有하는 岩石形成을 說明하기에는 너무나 높게 나타난다. 그 理由는 P_2O_5 및 CO_2에 대한 分析値를 얻지 않았고 또 角閃石形成에 要한 CaO에 대한 補正을 않았는데 起因한 誤差에 있을 것이고 중기압의 變化에 따르는 Q-Pl 境界線의 不正確性에도 있을 可能性이 없지 않다.

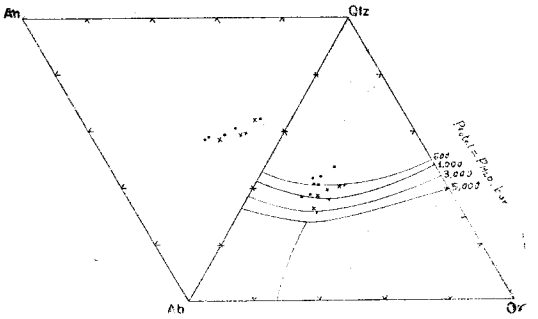

Fig. 3. Triangular plots of the chemical composition of Palgongsan granites (dots) and quartz monzonites (cross) on Or-Ab-Q-H_2O (Tuttle and Bowen, 1958) and Ab-An-Q-H_2O diagram.

이러한 點을 補正하기 위하여 알칼리 長石의 Rapakivi 組織및 그成分을 참작하여 보다 正確한 晶出경로를 把握하고 또한 晶出過程中 P_{H_2O}의 變化및 그特徵을 究明하려고 試圖하게 된 것이다. 勿論 알칼리 長石類의 Rapakivi 累帶現狀은 二次的인 交代作用에 依해 形成된것으로도 크게 說明되고 있다(L. J. D. Ferdinando, 1941; H. H. Read, 1959; V. G. Lazarenkav, 1962. 등 등 J. Didier, 1973에서). 그러나 本域에 産出되는 白堊紀花崗岩類에 나타나는 Rapakivi 조직은 交代作用에 依한 것으로는 說明이 되지 않고 이 보다는 그 岩體의 固結過程을 通한 magma의 深度의 變化(上昇), 上昇速

度 혹은 P_{H_2O}의 變化등 要因으로 說明하는 것이 훨씬 合當할 것이다. 이러한 見解는 長石類의 妥當性은 正長石—斜長石—正長石 或은 斜長石—正長石—斜長石等 카리長石과 斜長石이 三重累帶를 形成하는 長石類가 나타난다는 事實하나만으로도 充分할 것이고 이런 三重累帶 알칼리 長石類가 交代作用으로 形成된다고 할 수는 없는 것이다. 이와같은 見解를 뒷받침하는 것으로 思料되는 現狀은 다음과 같다. 첫째, 三重累帶 알칼리 長石의 出現. 둘째, 斜長石 或은 正長石 核部(斜長石—正長石경계部)에서 再溶融(resorption) 된 흔적이 보이기도 함. 셋째, 현정질인 花崗岩體가 斑狀組織을 보이는 緣邊相, 岩枝를 보이거나 延長에 따라 斑岩으로 점이하는 경우 斑岩에서 各 鑛物의 粒度或은 結晶形을 바탕으로 할때 이로부터 추측되는 晶出順序와 Rapakivi 알카리 長石의 生長順序가 一致되며 넷째, 本域의 白堊紀花崗岩類는 固結後 二次的으로 알칼리 交代變成作用을 받은 흔적을 찾아 볼 수 없다는 것등을 들 수 있다. 따라서 本域의 花崗岩質岩類에 포함되는 알칼리 長石이 가지는 Rapakivi組織은 그 岩石의 石英—長石—斜長石의 Norm値의 百分比및 各 鑛物의 組織關係를 서로 結付시키므로서 그 岩石의 晶出順序, P_{H_2O} 상태, 나아가서는 分化方向 (magmatic differentiation trend)등을 指示해 줄 수 있을 것으로 思料된다. 알칼리 長石의 Rapakivi 組織과 P_{H_2O}의 關係는 Fig. 4로 說明이 될 수 있을 것으로 보인다.

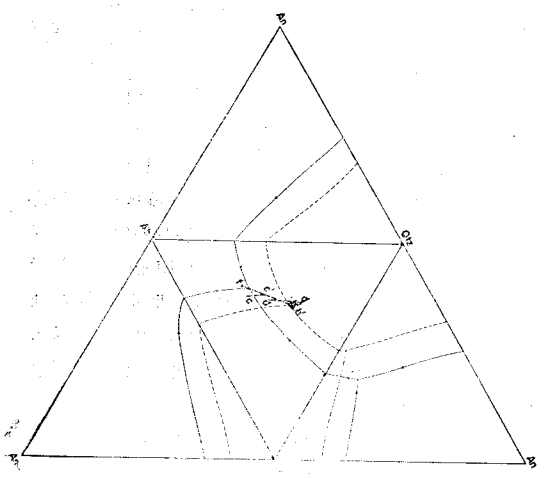

Fig. 4. Or–Ab–An–Qtz–H_2O system showing crystallization trend of granites in the area. Full line indicates water-saturated boundary curves at higher pressure and dashed line represents those at lower pressure. Dotted lines reflect the inferred crystallization courses of the granites.

Fig. 4의 境界線 位置는 어디까지나 $P_S \fallingdotseq P_{H_2O}$ 인 경우의 것이므로 實際 마그마의 上昇時 마그마가 水分으로 飽和되는 時期 (深度 或은 溫度), 各花崗岩質岩體를 이룬 마그마로부터 알칼리長石이 晶出始作과 그 時期및 固結過程中 마그마의 蒸氣壓 등에 關한 事項은 나타나지 않는다. 따라서 本 考察에서는 알칼리 長石類의 Rapakivi 累帶 및 石英—長石間의 組織關係등을 綜合하여 本域에 産出되는 花崗岩質岩類의 分化過程(經路)을 표시한 結果 大體로 Fig. 4와 같이 두가지 經路로 代表됨을 알 수 있다. 九山洞地域의 花崗岩質岩類와 같이 閃綠岩→tonalite→花崗閃綠岩(或은 花崗內綠斑岩)→花崗岩으로의 分化經路를 밟는 系列의 岩類와 達成, 자인, 八公山의 花崗岩質岩類처럼 몬조閃綠岩→石英몬조니岩→花崗岩의 經路를 밟는 계열의 岩類로 大別되는 것으로 解析된다. Fig. 4. 에서 前者의 境遇는 經路 ab로, 後者의 경우는 c–d–b로 槪略的인 表示가 可能하다. 大邱地域—帶에 分布하는 花崗岩類 晶出經路上 특징은 다음과 같다.

八公山花崗岩類 :

本 花崗岩類를 構成하는 長石類中 正長石이 처음으로 晶出되었음이 本岩에서 흔히 나타나는 Rapakivi 長石에서 보여진다. 正長石이 斜長石보다 먼저 晶出始作되었다면 적어도 八公山花崗岩으로서 固化될 때의 마그마 成分은 正長石의 初相領域에 있었음을 알 수 있고 Rapakivi 構造로 보아 正長石—斜長石 境界曲面에 가까운 成分(C成分)으로부터 始作하여 Or–Pl 境界線에 닿아 正長石과 斜長石이 同時晶出되게 되고 곧 共融點에 닿아 正長石, 斜長石, 및 石英이 同時晶出되었음을 알수 있다. 또한 흑운모花崗岩 및 角閃石—흑운모花崗岩에 있어서 Rapakivi 累帶를 보이는 알칼리 長石은 正長石 中心部(core) 및 斜長石 外緣部(edge)를 보이거나 角閃石花崗岩에 있어서는 正長石 中心長, 斜長石 中間帶 및 正長石外緣部를 보이기도 한다. 이런 現象은 마그마가 上昇時 晶出作用이 進行됨에 따라 마그마의 水分溶解度의 감소, 岩壓의 감소, 溫度의 降下, 水分의 流失速度등의 要素에 따르는 magma의 水分으로의 포화—未飽和 變換이 數次 있었음을 暗示해 준다. 이런 過程을 單純化시키면 正長石 中心部가 生長할 때 마그마의 成分은 正長石—斜長石 경계선에 到達해 있었으며 斜長石이 正長石 外廓部에 累帶狀으로 重復生長될 때는 증기압의 激減으로 마그마의 成分은 斜長石의 安定領域에 놓이게 되었을 것이고 다시 斜長石 外廓에 正長石이 계속 生長되었던 것은 마그마의 계속적인 上昇으로 마그마는 다시 徐徐히 水分으로 飽和되고

마그마 成分은 正長石의 安定領域쪽으로 弱干 치우치게 된데 起因하는 것으로 解釋된다. 이와같이 마그마가 固結되는 過程을 通하여 數次 (2回以上) 水分으로 過飽和되었을때 마그마로 부터 추출된 水分은 節理와 같은 通路를 通하여 上昇, 鑛化溶液으로서 作用하여 鑛床賦存을 가져 왔을 것이다. 本岩의 이러한 晶出徑路로 미루어 보아 本岩은 石英몬조니岩質 마그마를 거쳐 分化된 것으로 思料되고 本岩의 晶出徑路는 Fig. 4. 에서 c-c′-b로 代表될 수 있을 것이다.

達成鑛山 西側의 石英몬조니岩 :

本岩에 있어서의 Rapakivi구조는 斜長石의 中心部및 正長石의 外廓部 或은 斜長石 中心部, 그다음에 正長石 그리고 그 外廓部에 다시 斜長石의 生長을 보이기도 한다. 이러한 現象은 Fig. 4. 에서 f-c′-b의 徑路를 밟고 固結되었음을 暗示해준다. 즉 本岩을 이룬 magma는 f에서 斜長石의 結核이 斜長石의 初相領域에서 이루어졌으며 斜長石의 晶出이 계속되다가 마그마의 成分이 斜長石—正長石 境界曲面上의 點 c′에 到達 2個相의 長石類가 同時晶出되며 水分으로 다시 포화상태에 도달하면서 마그마는 正長石 安定領域에 치우치게 되고 상당수의 斜長石은 正長石에 依해 둘러 쌓이게 될것이다. 이때 水分이 流出될 수 있는 條件을 얻게 되면 마그마는 다시 斜長石 安定領域에 치우치게 놓이게 되여 斜長石 外廓部가 生長되었을 것이다. 마지막 단계에 石英이 長石類와 同時에 晶出되기 始作하여 長石粒間을 채웠을 것이며 이들 石英이 再용융된 흔적이 없는 것으로 보아 最終단계 殘留마그마는 계속 水分으로 포화된 상태를 維持한 것으로 보인다. 本岩을 이룬 마그마가 암장分化에 依한 産物일 경우 몬조섬록암질 마그마를 거친 것으로 推測된다.

大邱앞산의 環狀花崗岩質岩體 :

本岩은 微文象花崗岩, 花崗斑岩및, 珪長岩等 位置에 따르는 産出規模(主로 幅)에 따라 岩相을 漸次的으로 달리하는 것이 顯著하게 나타난다. 本岩에 있어서 Rapakivi 구조는 稀有하며 斑岩類에서는 나타나지 않고 다만 比較的 粗粒質 微文象花崗岩 體內에서 少數 發見될 뿐이다. 本 微文象花崗岩에 간혹 나타나는 Rapakivi구조는 斜長石 中心部와 正長石 外廓部 域은 微細한 正長石 中心部, 그 外廓部에 斜長石 그리고 最外廓에 다시 正長石으로 構成된다. 이로보아 本岩은 d→d′→b의 晶出徑路를 밟은것으로 推測된다. 이로보아 本岩은 正長石—斜長石 境界附近에서 알칼리長石의 晶出이 開始되여 石英—斜長石境界曲面上에서 石英과 斜長石이 同時晶出되면서 石英—正長石 境界面에 到達, 이때부터 石英과 正長石이 同時晶出되므로서 微文象組織을 갖게된 것으로 보인다. 이러한 關係는 本岩의 緣邊相으로 産出되는 花崗斑岩에서도 잘 나타난다. 斜長石 斑晶은 d~b′ 사이에서, 石英斑晶은 d′~b′~b 사이에서 그리고 石基를 이루고 石英및 正長石은 b′~b 사이에서 生成한 것으로 解釋된다. 여기서 斜長石이 石基에 包含되지 않는것은 本岩의 固結過程을 通하여 H_2O로 未飽和相態가 유지되어 石英과의 경계면에 到達될때까지 正長石의 安定領域의 縮少로 斜長石이 主로 晶出되어 그 成分의 消耗를 示唆해주는것으로 추측된다. 本岩亦是 몬조니 岩質 마그마를 거쳐 分化된것으로 보인다

九山洞의 閃綠岩—토나라이트—花崗閃綠岩—花崗岩 ;

本域에 있어서의 本岩은 同一岩體에서 곳에따라 多樣한 分化相을 보여주는 것을 특징으로 하는데 tonalite, 花崗閃綠岩, 角閃石花崗岩, 黑雲母花崗岩, 花崗斑岩 및 半花崗岩 等 여러가지 分化相이 한 岩體에서 나타나며 閃綠岩은 이런 小規模의 岩株 가까이 貫入하고 있어서 本域에 産出되고 花崗岩類는 閃綠岩→토나라이트→花崗閃綠岩→花崗岩의 徑路를 밟은 分化過程을거친 産物이라함을 알수있다. 本岩은 大邱地域의 花崗岩類와는 달리 알칼리 長石類가 Rapakivi 組織을 보이지 않는것이 特徵이다. 勿論 本岩은 主로 緣邊相으로 露出될 뿐이어서 이런 累帶構造를 期待하기 어려우나 等粒質인 部分에서도 찾아 볼수없다. 이로보아 적어도 本岩晶出過程 後期 長石類 同時 晶出時에는 水分으로 未飽和狀態가 維持되었음을 알수있다. 本岩을 이룬 마그마가 晶出作用初期에 水分으로 포화되어 있었다면 長石類로서는 斜長石이 單獨으로 晶出되고 過程中에 本格的인 水分의 推出이 이루어 졌든 것이다. 이를 綜合하여 本岩의 晶出徑路를 推定해 본다면 a→b′→d′→b에 近似한 徑路로 代表된다 할수있다. b′ 에서 石英의 晶出이 始作되었을 것이다.

鑛床 賦存 傾向 ;

大邱地域및 九山洞一部 地域에 있어서 소위 運鑛岩으로서의 花崗岩類의 晶出傾性과 熱水鑛床 賦存과는 微弱하나마 聯關性을 가짐을 알수 있다. 卽 花崗岩類에서 Rapakivi 組織을 보이는 알카리長石의 發達이 顯著할때 그 岩石內 및 周圍에 比較的 많은 鑛床이 分布되고 이런 組織이 缺如된 岩石은 運鑛岩으로서 役割을 다하지 못한 듯하다. 實際로 八公山花崗岩및 達城鑛山附近의 石英몬조니岩體 주변에는 많은 金屬鑛床이 群集되어있다.

Rapakivi 알카리—長石의 發達이 흔하지 않은 大邱앞산의 微文象花崗岩 주변에는 比較的 적은 數의 熱水鑛床이 賦存되어 있을뿐이며 Rapakivi 組織을 보이지 않는 九山洞花崗岩體 주변에는 熱水金屬鑛床의 賦存은

稀有하다. 이 地域의 鑛床은 花崗岩質岩體위에 남아있는 안산암질암 루푸펜던트를 貫入한 石英斑岩 或은 珪長石脈을 運鑛岩으로 하는것이 代表的이다. 九山洞 花崗岩의 固結後에 形成된 西北西方向의 走向移動斷層의 파쇄帶를 따라 貫入한 石英斑岩 或은 珪長岩을 運鑛岩으로하여 破碎帶에 胚胎된 金—銀, 鉛, 亞鉛, 等 鑛床은 本域에 分布되는 如何한 熱水鑛床보다 時期的으로 後期의 것으로 믿어진다. 九山洞 地域에 있어서 前述한 花崗岩質岩體附近, 積岩類內에는 金, 銀, 銅, 鉛, 亞鉛等을 隨伴하는 石英脈도 弱干 發達되나 이들은 花崗岩體가 스토핑을 계속하고 있을때 推出된 熱水化된 水分으로부터 沈澱된것으로 보이며 急速한 stoping및 晶出作用은 水分의 分化濃集및 運鑛作用이 圓滑히 이루어지지 못하게한 要因이 되는듯 하다.

Magmatic stage에 있어서의 熱水溶液의 形成에 關해서는 크게 硏究된바없다. 그러나 本域의 花崗岩類에 産出되는 Rapakivi 長石이 主로 마그마 固結途中 蒸氣壓이 急變에 起因되는 것으로 解析되는만큼 비록 마그마로부터 推出되고 水分이 gas 狀態의 것일지라도 通路를 通하여 上昇함에따라 熱水를 形成하게 될것이다. 萬若 알카리長石의 累帶現狀이 比重의 差異에 따르는 알카리의 上昇에 依한 마그마의 알카리에 對한 選別的인 濃準增加에 起因된다 할지라도 이러한 알카리의 急上昇이 水分을 主로하는 揮發性物質이 過飽和되며 剩餘揮發性物質의 上昇에 힘입지 않고서 이루어지는 경우를 생각하기 어려운 것이다. 前述한 바와같이 鑛化溶液으로서의 熱水溶液은 마그마 固結過程으로보아 熱水時代뿐만 아니라 H_2O 포화 或은 그에 가까운 花崗岩質 마그마의 晶出作用이 進行되는 期期 어느때이고 形成될수 있는 것으로 思料된다. 이런 條件이 될수있는 것은 ① 本格的인 晶出作用의 進行, 마그마의 急上昇 等에 起因하는 마그마의 $H_2O \xrightarrow{excess}$ 過剩狀態와 維持되는 期間동안 마그마로 부터 水分이 推出되는 경우와 ② 花崗岩質마그마로 連結되는 節理, 壓碎帶等의 發達에 依한 마그마自體의 P_{H_2O}가 減少하는 同時 水分이 추출되는 경우와 ③ 마그마 外緣部의 固結에 따르는 마그마에 對한 壓力의 減少와 함께 水分이 推出되는 경우 等을 들수 있을 것이다. 이와같은 마그마의 蒸氣壓에 關한 條件變化는 알카리 長石및 斜長石類의 累帶狀態로서 認知될 수도 있을 것이다. 勿論 이와같은 條件의 變化가 이루어진다해서 곧 마그마로부터 유리되는 水分이 鑛化溶液을 이루게되고 이에 依해 이루어지는 鑛床의 特徵이 이루어진다는 것은 아니다. 特히 ① 및 ③과 같은경우 剩餘水分은 貫入過程, 母岩의 構造的인 特性에 따라 그大部分이 마그마後期殘留溶液으로 濃準되기도 할것이고 마그마로부터 멀리 上昇하여 卽時 鑛化溶液으로서의 役割을 할 수 있게 되기도 할 것이다. 本域에 分布하는 花崗岩類는 産出狀態에 있어서의 特徵으로 보아 이들은 淺部貫入 深成岩이고 많은 母岩片이 緣邊部에 包含되는것으로 보아 鄕理와 같은 母岩의 構造에 크게 支配되는 stoping을 한것으로 思料된다. 따라서 마그마晶出過程을 通한 剩餘水分의 形成은 母岩의 溫度에 따라 熱水溶液化하는 深度를 달리하게 될것이고 또한 鑛種別 熱水鑛床의 賦存深度를 달리하게 될 것이다.

慶尙系 分布地域의 花崗岩類와 鑛化作用間의 一般的인 關係(李商萬, 1972)에 있어서 佛國寺花崗岩에 屬하는 黑雲母花崗岩은 主로 磁鐵石鑛床과 關聯되는 것으로 分析된 바 있다. 이러한 聯關關係는 單純히 前述한 마그마의 水分含量에 關聯되는 地質現狀만으로 說明될 수는 없다. 마그마의 分化에 따라는 鑛石構成元素의 分化濃集에 크게 支配될 것이다. 그러나 類似한 分化過程을 거친 花崗岩質마그마의 鑛化作用은 마그마의 固結過程을 通한 H_2O의 過剩狀態 및 stoping의 特性에 더욱 큰 關係를 갖게 될것이다.

한편 本域의 花崗岩質岩體周邊에 分布하는 鑛床을 이루는 金屬鑛物이 모두 마그마로부터 由來했다고 斷定할 수는 없을 것이다. 卽 大部分 或은 그 一部分은 慶尙系岩層 或은 그 下位의 岩石에 內包되었던 것이花崗岩質 마그마의 貫入에 依해 間隙水分에 溶解·첨가되었을 可能性도 크다. 이러한 問題는 母岩에 對한 仔細한 化學組成等 地球化學的인 硏究가 隨伴되어야 할 것이나 本 硏究에서는 取及치 않았다.

V. 地球化學的 探査에 관하여

本硏究에서 다룬 地球化學的 硏究는 本域에 分布하는 金屬鑛床에대한 地球化學的 探査方法의 改善에 主案을 두고 있다.

達城鑛床은 地質 鑛床調査가 比較的 잘 되어있어서 他鑛山들에 比하여 地質·鑛床學的 資料가 많은 便이며 이를 基礎資料로 하는 地球化學的硏究에 便利하고 特히 達城鑛山은 慶尙盆地의 主要母岩인 安山岩과 亦是 同盆地의 主要運鑛岩인 花崗岩類에 依하여 形成된 熱水充塡鑛床으로 慶尙盆地에서 가장 生産實績이 많은 代表的鑛山이고 慈仁區域의 몬조나이트는 達城區域의 것과 同一根源岩으로 思料되어 本地域의 硏究對象鑛山으로서 選定하였다. 本硏究檢討의 結果는 類似한 地質鑛床學的 條件을 構備한 鑛床 特히 慶尙盆地內의 安山岩을 母岩으로 하고 몬조니岩類를 運鑛岩으로 하여 形成된 熱水鑛床에 대한 地球化學的 探査에 有益한 參考

資料가 될것으로 思料된다.

1. 達城區域의 地質 鑛床槪要

達城鑛山에 대한 地質·鑛床學的 調査는 1929年代부터 最近에 이르기까지 比較的 調査가 많이 되어왔다. 立岩巖(1929) 津田秀郎(1940), 金玉準·朴喜寅(1964) Jordt, 徐孝俊 (1964), 元鍾寬·金起泰(1966). 田溶元(1971) 및 李在英·鄭昊根(1971)의 資料를 大充要約하면 다음과 같다.

達城鑛山附近一帶의 岩石分布는 백악기의 新羅統에 屬하는 凝灰岩·集塊岩및 統紋岩등의 噴出岩과 後期에 이들을 貫入한 佛國寺統의 安山岩 및 몬조니岩과 珪長岩으로 되어 있다. 斷層系는 N40°E, 70°NW~60°SE 및 N60°~70W, 70°SW~70°NE 이며 本鑛體의 長軸方向은 N40°E 系와 거의 一致하여 제 3 지구와 가재골의 鑛化脈은 N70°SW와 關聯된다. 母岩은 本鑛體의 熱水作用으로 變質되어 있으며 프로피라이트化나 견운모化된것을 觀察할수 있다. 鑛體의 構成鑛物은 黃銅石, 黑重石, 비스머스鑛物, 灰重石, 黃鐵石, 硫砒鐵鑛石등이며 少量의 Au, Ag를 隨伴하고 있다. 鑛石의 晶出順序는 鑛石顯微鏡下에서 보면 黑重石, 灰重石이 比較的 早期이고 黃鐵石, 硫砒鐵石, 磁硫鐵石, 黃銅石이 뒤따라 晶出했으며 B : 鑛物및 金屬 Bi 는 보다 後期에, 그리고 능철석은 最末期에 沈澱하였다.

2. 微量元素의 地球化學

本域의 地球化學的 探査를 目的으로한 微量元素의 擧動에 대한 硏究는 李在英·鄭昊根等(1971)에 依하여 實施되었으며 이들에依하면 運鑛岩인 몬조니岩에서는 鑛體에 接近되는 方向으로 增加되는 微量元素는 Ti, Mn, Zr, V 等이고 反對로 減少되는 것은 Ba, Sr이다. 그리고 土壤에서 가장 有效한 指示元素는 Cu와 Pb인데 岩石에서는 Cu, Pb 以外에도 Zn이 指示的이라고 報告되어 있다.

그리고 그후 徐(1975)에 依하여 繼續해서 全岩石 以外에 黑雲母와 長石中에 含有되어있는 微量元素의 擧動에 대하여 硏究되었다. 本硏究에서는, 微量元素의 擧動을 몬조리岩의 Niggli value 表 1과 比較檢討하여 運鑛岩인 몬조니岩에서 鑛體쪽으로 接近해 감에 따라 鑛化溶液과 밀접한 關聯을 보이는 元素를 選定하고 다시 이를 微量元素들이 母岩인 安山岩에서 取하는 擧動을 檢討하여 鑛體와의 遠近에 對하여 指示的인지의 如否를 確認한후 마지막으로 土壤에서는 어떠한 擧動을 取하는지 檢討하여 本地域에서 地球化學的探査에 適用될수 있는 指示元素를 選定코저 努力하였다 微量元素의 擧動을 Niggli value와 比較檢討한 理由는 微量元素는 火成岩의 造岩鑛物의 主元素와 Goldschmidt의 定律에依하여 擬裝, 捕捉, 許容의, 方式으로 置換이 되며 造岩鑛物은 火成岩의 晶出順序에 따라 그 組成이 다르기 때문에 火成岩의 造岩鑛物組成에 따라 變하는 Niggli value로 부터 鑛物組成과 火成岩의 晶出前後期를 짐작할 수 있기 때문에 微量元素의 擧動을 Niggli value와 比較檢討할 것이다. 따라서 微量元素의 分布狀態로부터도 火成岩의 晶出前後期의 究明이 試圖될수 있고 運鑛岩이 모두 晶出한 後 鑛化溶液의 濃集과 移動方向을 微量元素가取하는 擧動의 傾向을 基礎로 追跡할수 있을 것으로 思料되는 것이다. 그리고 地球化學探査를 旣存鑛山附近에서만 局限시킬 것이 아니고 鑛化溶液이 移動하였으리라고 生覺되는 方向에서 旣存鑛床과 類似한 地質條件을 가진 母岩에서도 探査할 必要가 있다고 思料된다. 끝으로 地化學的 異常帶에서 密生하는 植物이 어떤것인지를 過去의 硏究資料(李在英, 鄭昊根, 1971)로부터 要約하였다.

表 1 니그리値(Niggli value)

시료번호	위 치	si	al	fm	c	alk	k	mg	1/k
D1	128°35′45″ 35°47′4″	308	44	21	17	18	0.17	0.36	5.88
D-2	128°39′00″ 35°45′52″	271	39	30	14	17	0.25	0.33	4
D3	128°40′20″ 35°45′12″	312	41	27	12	20	0.32	0.39	3.13
D4	128°39′00″ 35°49′00″	317	37	32	10	20	0.33	0.32	3.03
J1	128°46′20″ 35°46′4″	386	44	22	8	26	0.33	0.25	3.03
J2	128°47′35″ 35°46′24″	398	47	21	8	25	0.30	0.38	3.33
J-3	128°45′25″ 30°47′40″	438	44	22	8	26	0.39	0.29	2.56

微量元素의 分布狀態를 檢討해본 結果에 依하면 鑛體에 接近되는 方向쪽 乃至는 Niggli value 가 後期를 指示하는 方向쪽으로 감에따라 顯著한 含量變化를 나

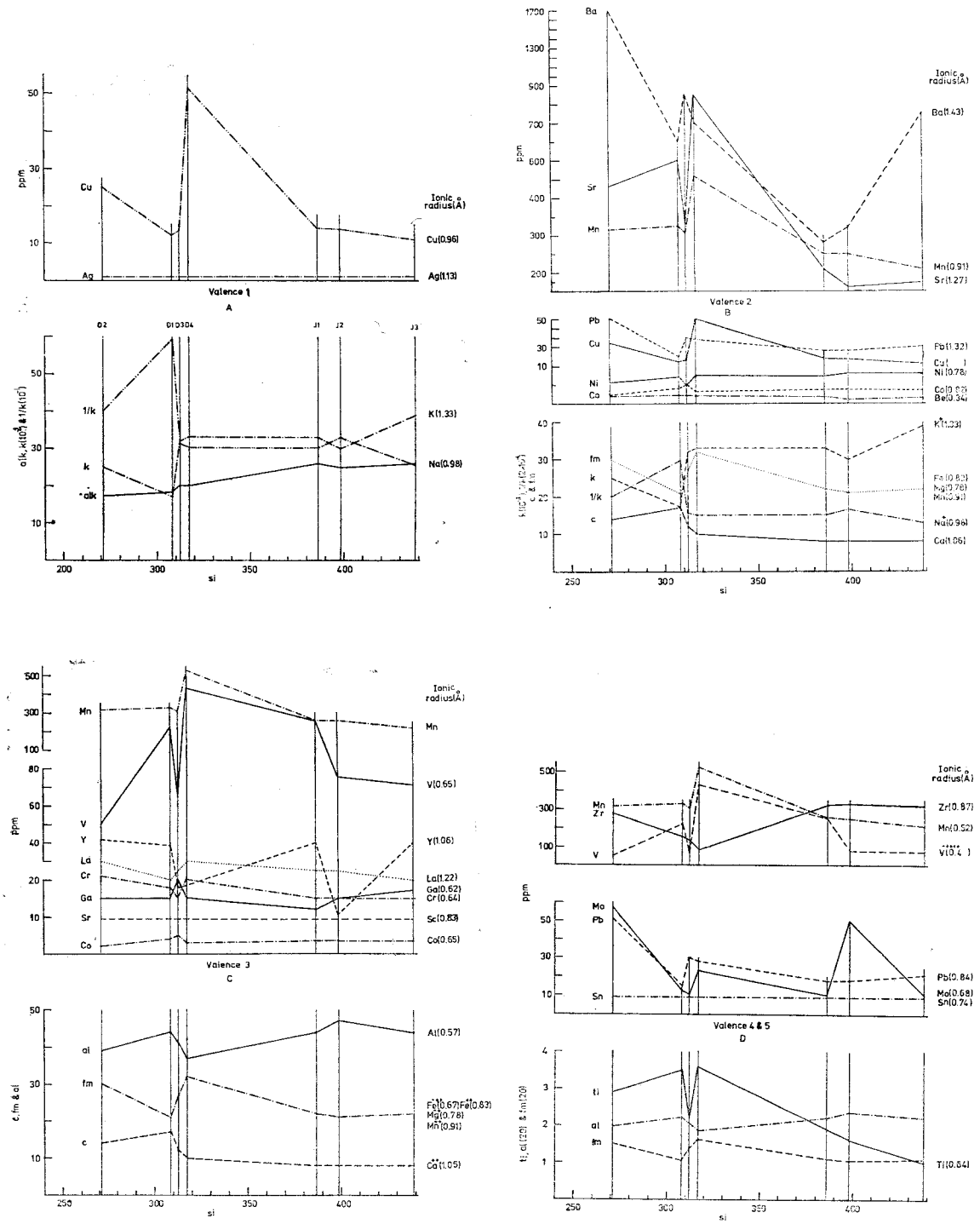

Fig. 5 Niggli value에 包含되어 있는 主元素에 對한 微量元素 含量比較

타낸 微量元素는 運鑛岩에서 Ba, Sr 및 Cu, Pb, Mo 였는데 前者는 減少하는가 하면 後者는 增加하는 傾向을 보였다 微量元素의 含量은 表 2.에 表示되어 있다. 이러한 變化現狀은 鑛體로 接近되는 安山岩에서도 一致되는 傾向을 보였으며 安山岩地表의 殘溜土의 上記한 微量元素의 分布도 大體로 母岩인 安山岩中 微量元素의 分布와 一致되는 興味있는 傾向을 보였다. 이러한 方法으로 選定된 示指的 元素는 興味롭게도 地球化學的 探査에서 가장 重要視하는 指示元素의 選別方法에依하여 達城鑛山에 適合한 指示元素를 選別할때의 指示元素와 完全히 一致되고 있지는 않으나 그中에 包含되고 있다. 즉 鑛體로 接近되어 감에따라 含量이 增加하는 指示的 金屬元素 Cu, Pb 및 Mo는 本鑛體의 主鑛物 乃至는 副鑛物 또는 鑛體와 關聯된는 成分元素이다. 普遍的 指示元素選別方法으로 選擇할때는 達城鑛山의 指示元素에는 W, Bi, As 等도 包含될 수 있는데 이들 元素가 指示的 元素로서 Cu, Pb 및 Mo 以外로 追加되지않은것은 本硏究에 活用된 Spectronalysis 結果値가 半定量에 가깝기 때문에 낮은 含量의 差가 잘 區別되지 않았기 때문이고 指示性이 없기때문은 아니다. 運鑛岩에서 指示的 元素를 選別하기 爲해서는 Niggli value에 包含되어있는 主元素에 대하여 微量元素를 原子價別로 含量을 比較檢討하였다(Fig. 5). 母岩에서는 鑛體에서 特히 高含量을 보이는 元素는 記號를 크게 表示하였고 含量의 變化現狀이 指示的인 元素는 含量이 增加되는 方向쪽으로 화살表를 하되 指示性이 顯著한 元素는 亦是 그記號를 크게 表示하였다(Fig. 6). 岩

表2. 微量元素의 含量

시료번호	Cu	Pb	Mo	Ba	Sr	위치
D1	12.0	15	12.3	650	600	
D-2	25.1	51	57.1	1,700	460	
D3	13.3	30	10.5	850	330	
D4	51.5	28	23.0	700	850	
J1	13.7	18	10.0	280	210	
J2	13.5	18	50.0	320	120	
J3	10.8	21	10.5	750	150	

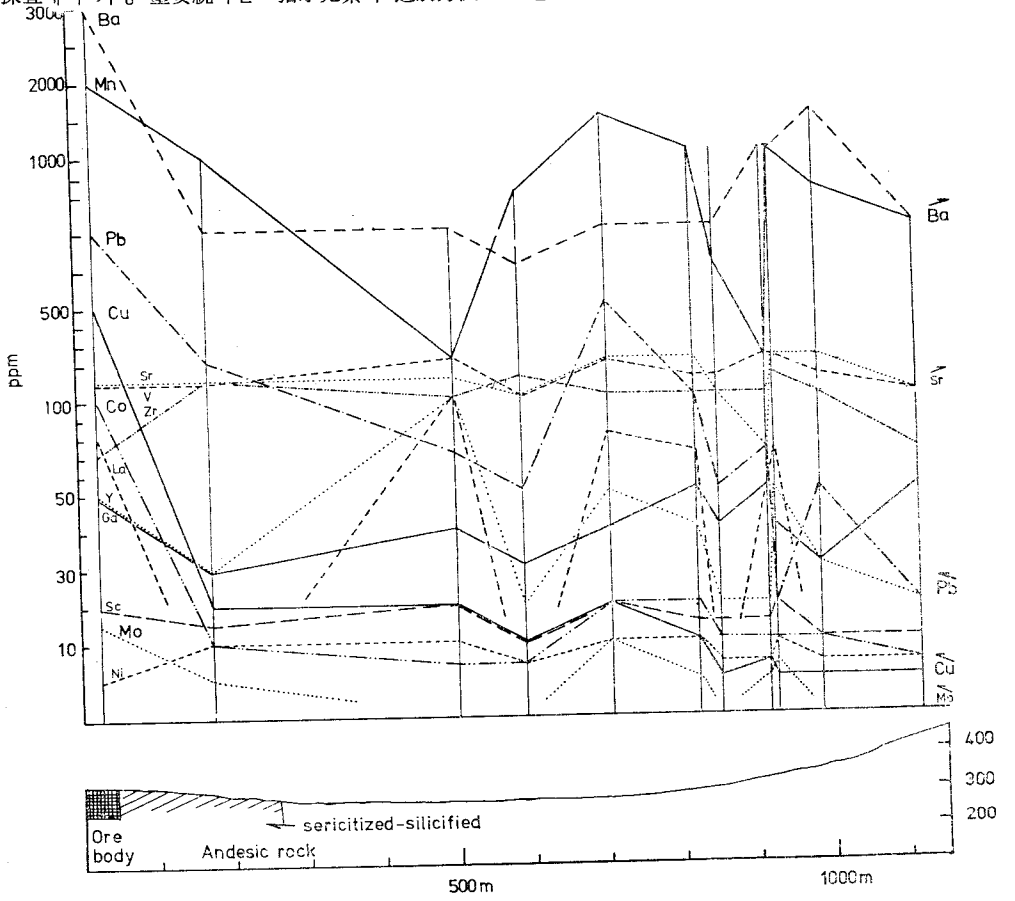

Fig. 6. Distribution pattern of trace elememts towards ore body

	R-2	S-2 c	S-2 l	R-3, 445	S-3 c	S-3 l	R-6 to11	S-4 c	S-4 l	S-1 l	Ex.1 l	Ex.2 l	Av.	Thr.
Ba	700	451	395	667	550	708	933	917	860	657	549	600	600	1000
Sr	150	59	62	150	250	164	145	183	140	39	126	314	130	300
Cu	20	15	20	17	56	26	6	9	15	23	25	26	8	70
Pb	300	5	29	207	560	267	52	43	53	101	33	29	40	100
Nr.	1	8	19	3	4	12	6	6	10	7	26	7	119	81

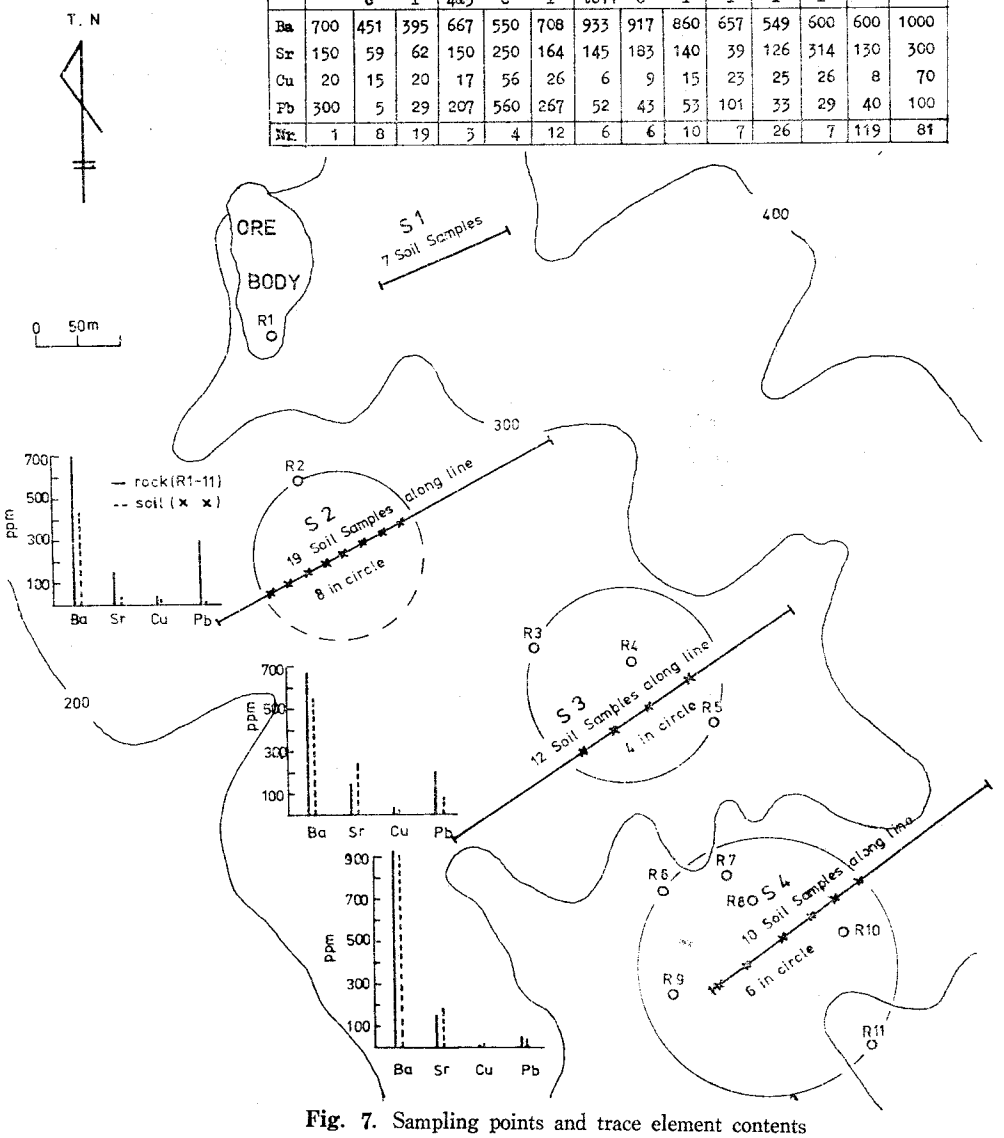

Fig. 7. Sampling points and trace element contents

石에서 選定된 指示的 元素의 土壤에서의 含量變化의 檢討는 Fig. 7의 分析値에 表示되어 있는데 安山岩中 微量元素와는 含量은 낮으나 大體로 比例的인 傾向을 보인다. 卽 Ba는 鑛體로 接近할수록 減少하고 Sr도 大體로 Ba과 비슷한 傾向을 보인다. 그리고 Cu 와 Pb는 鑛體로 接近되는 쪽일수록 含量이 增加한다. Mo은 含量이 낮아 土壤에서는 除外한다. Ba, Sr, Cu, Pb의 異常値는, 各各 1,000ppm, 300ppm, 70ppm, 100ppm 以上이다. 地球化學探査에서 가장 廣範하고 實用性있게 採取되는 試料는 勿論 土壤이지만 植物中에는 어느 特定한 元素를 生育에 必要로하는 것이 있기때문에 이를 植物은 特定微量元素를 主成分 또는 微量成分으로 하는 鑛床과 關聯되어 分布되게됨으로 指示植物로서 活用될 수있고 地理的 條件에따라 變化되는것과 어느 곳에서나 國際的으로 活用될수 있는 것이 있다. 本域에서 過去 저자에 依하여 有効한 指示植物로서 選定된것은 쇠뜨기풀과 박하이다 (李在英, 鄭昊根, 1971) 이들 指示性植物의 國內分布를 보면 쇠뜨기풀은 그 分布가 全國各地며 特히 편암지대의 酸化帶에 自生하는데 本域에서는 鑛化地帶와 鑛石과 關聯되는 곳에서만 密生하고 있고 박하는 쇠뜨기 풀보다는 指示性이 弱하나 亦是鑛化地帶에서 密生하고 있다.

以上의 地球化學的 檢討를 綜合하여보면 몬조나이트의 微量元素中 特히 Ba, Sr, Pb, Cu, Mo의 含量變化는

Niggli value와 密接한 關係를 가지고 鑛床에 대하여 指示的이며 이들 微量元素는 安山岩에서도 몬조나이트에서와 같이 鑛體로 가까워져가는 方向으로 Ba과 Sr은 減少하고 Pb, Cu 및 Mo는 增加한다. 따라서 岩石試料에 依한 微量元素의 分布狀態에 依하여 岩石의 晶出前後期와 鑛化溶液의 濃集方向의 追跡이 可能하다고 思料되며 岩石에서 選定된 指示的 元素는 土壤에서도 指示元素로서 活用될수있음이 나타났다. 그리고 쇠뜨기풀과 박하는 本域의 指示植物이 될수있다.

Ⅵ. 鑛床賦存의 構造的인 支配

鑛床賦存이 地質構造的인 規制를 크게 받고있음은 틀림없는 듯하다. 1967年 李正煥 等은 航空寫眞 判讀에 依한 地質構造硏究 結果 慶尙盆地內에 發達되는 fracture는 主로 세가지 方向, 즉 北東方向, 南北方向및 北西西方向의 것이 支配的이며 地域에, 따라 또 岩層에 따라 特히 어느 한 方向 或은 두 方向의 fracture set가 發達되고 鑛化作用의 特性도 달리한다. 이와같은 構造的인 解釋結果는 李商萬(1972)의 硏究結果와도 一致된다. 또한 그는 慶尙系岩層內의 鑛床이 帶狀分布를 보이는 것을 運鑛岩의 役割로 믿어지는 花崗岩類의 貫入活動이 地質構造線에 規制를 받게된 데 起因한다고했다. 이러한 關係는 八公山花崗岩의 分布에서도 입증되는듯하다. 八公山花崗岩體는 대체로 北西西方向의 길죽한 分布를 보이고 있으며 이 方向은 慶尙系岩層이 보이는 廣域的인 warping에 對한 칠곡—영천 方向의 습곡軸과 거의 一致되고있다. 이런 事實은 大規模의 완만한 背斜構造의 軸部를 따라 花崗岩質마그마가 上昇했다는 火成貫入活動과 地質構造의 關係를 說明해주는 한例가 될 것이다.

本域에 發達되는 構造線의 特徵을 밝히기 爲하여 八公山花崗岩體 周圍의 接觸變成帶를 選定하여 이 地域의 節理發達 狀況을 統計學的으로 分析한 結果는 Fig. 4와 같다. 이 作業을 爲하여 4個地域의 혼펠스에 發達된 約 450個의 節理를 測定하여 equal area net에 reciprocal projection을 하여 代表的인 節理群을 찾아 그들을 下半球에 直接投影(direct projection)하였다. 測定된 節理의 數가 充分치 못하나 全般的으로 두드러진 變化를 보이지 않기때문에 신빙도가 낮은 結果를 가져오지는 않은 것으로 믿는다. 測定對象으로한 節理는 鑛化作用과의 關係를 考慮하여 形成時期를 中心으로 深成火成活動期의 以前및 同時期 (preplutonism and syn-plutonism)인 節理와 以後期(post-plutonism)의 것을 分離하여 後者는 對象으로부터 除外시켰다. 節理의 形成時期區分에 있어서 ①節理를 따라 方解石脈 或은

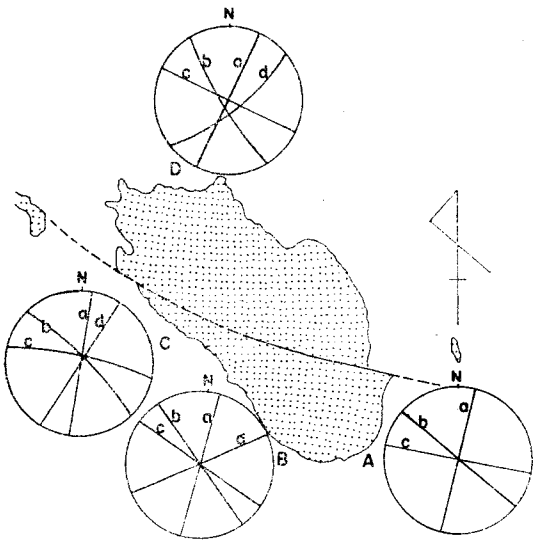

Fig. 8. Plots of representative joint planes of four joint sets, a, b, c and d in the hornfels around Palgongsan granite, Daegu. Joints are shown by direct projection on the lower hemisphere of equal area net.

石英細脈이 發達된것. ②綠泥石, 綠簾石, 黃鐵石等 或은 硫化鑛物이 多少나마 나타나는 것. ③脫色作用을 받은것 等을 對象으로 取及하였고 위의 어느 한가지 흔적도 보이지 않는 節理는 貫入活動 以後期의 것으로 看做하여 除外시켰다.

A, B, C, 및 D等 4個地域에 對하여 別途로 分析한 結果 이들 地域에 發達되는 主要節理는 類似한 方向性을 보여주며 그들間 先後關係도 共通性을 지니고 있다(Fig. 8). 時期的으로 가장 古期의 것으로 보이는 節理系(joint system)는 두 節理群(joint group) c 및 d (Fig. 8)로 代表되고 보다 後期 卽 火成貫入과 함께 形成된 것으로 보이는 節理系 또한 두 節理群 a및b로서 代表될수있다. 八公山을 北西西方向으로 絕斷하는 走向移動斷層은 節理群 c와 거의 一致되는 方向을 가지는데 節理群 c에는 두種類 卽 c方向의 節理(前期의 것)와 小規模의 走向移動斷層(水平移動距離 : 0.5cm ~5m 內外)이 있다. 이들 c方向의 小斷層群은 破碎帶를 보이며 가끔 方解石細脈으로 充塡되기도 한다. 이들 小斷層은 斷層 a및b를 絕斷하고 있으며 形成時期로보아 火成貫入活動末期에 該當되는 것으로 보인다. 八公山斷層과 이들 小斷層은 거의 同時期에 形成된것으로 믿어지나 前者에 있어서는 斷層 南側 block 이東側으로 移動한데 反하여 後者에 있어서는 反對方向의 移動을 보여주는데 이런 事實은 前者에 依한 地塊移動이 끝나고 그 移動에 對한 反動으로 後者가 形成된 것

으로 解析하는 것이 妥當할 것이다. a 및 b 節理群으로 이루어지는 節理系에 있어서 a節理群의 代表的인 方向은 N8°~24°E이고 b는 N33°~50°W의 走向을 보이는데 主로 綠簾石 或은 黃鐵石等의 胚胎되거나 節理面에 沿하여 脫色作用을 받기도 했다. 方解石脈의 發達을 보이는 것은 稀有하다. 그러나 이와 같은 節理로서 接觸變成帶 밖에 發達된것은 方解石細脈을 흔히 介在하고 있음이 對照的이다. 이러한 현상은 方解石의 沈澱條件을 暗示해주는 것으로 解釋된다. 이 節理系에 있어서 節理發達頻度로 보아 a가 b보다 크다. c 및 d 節理群으로 構成되는 節理系에 있어서 c節理群은 N61°~80°W의 走向으로 代表되고 d의 代表的인 方向은 N30°~60°W로 地域에 따라 比較的 큰 變化를 보여준다. 이들 節理의 特徵은 綠簾石 綠泥石, 方解石이 發達된 것과 脫色作用을 받은 것이다. 이 가운데서도 方解石脈으로 充塡된 節理는 比較的 後期의 것으로 보이는데 이는 syn-plutonism 走向移動斷層에 依하여 絕斷되는 同時에이 走向移動斷層 亦是方解石으로 充塡된 것이 흔히 보인다.

本域에 있어서 이들 節理는 鑛化溶液의 運搬通路가 되었음은 勿論 主要熱水鑛床의 賦存이 이들 節理發達에 크게 規制되었음은 大部分의 熱水鑛床의 走向方向으로서 잘 立證된다 할수 있다.

Ⅶ. 結 論

1. 本域에 分布하는 鑛床은 그 産出狀態로 보아 白堊紀 花崗岩質岩類의 貫入活動과 密接한 關係를 맺고 있으며 累帶狀分布를 보이는데 氣成鑛床을 爲主로하는 迎日地域을 中心으로 하여 그 外緣部로 가면서 一般的으로 그 生成深度가 減少하는 鑛床分布를 보여 준다.

2. 本域의 花崗岩質岩類에 包含되는 Rapakivi 알카리長石의 成因이 主도 마그마의 P_{H_2O} 狀變化에 있는 것으로 解釋되는 만큼 알카리長石의 累帶現狀과 熱水鑛床의 賦存은 깊은 聯關性이 있는 것으로 思料된다. 花崗斑岩類와 같이 Rapakivi 長石을 包含하지 않는 岩石周邊에 熱水鑛床의 分布가 稀有함은 이런 關係를 說明하는 것으로 해석된다. 즉 熱水鑛床은 마그마의 分化過程 以後에 오는 所謂 熱水時代에 限하여 이루어지는것이 아니라 全 마그마의 固結過程을 通하여 過剩의 水分이 마그마로부터 流出, 上昇하여 深度에 따라 熱水化하고 또 그로부터 沈澱되여 熱水鑛床을 이루는것으로 해석된다.

3. 達城鑛床 附近의 石英몬조니岩 및 土壤에 依한 地化學的 探査結果 Ba 및 Sr은 鑛床를 向하여 減少하고 Cu, Pb, Mo 等은 增加하는 傾向을 보여 指示元素로서의 價値가 認定되며 쇠뜨기풀 및 박하등 이地域에 密生하는 植物도 指示植物로 使用될 수 있다.

4. 八公山花崗岩體 周圍의 接觸變成帶(contact aureole)에 發達되는 pre 및 syn-plutonism 節理系의 統計學的 分析結果 旣存 節理가 熱水鑛床의 賦存에 直接的인 영향을 미쳤음이 究明되었다.

參 考 文 獻

徐承祚, 1975, 達城鑛山附近地域의 Monzonite에 依한 鑛化作用과 微量元素와의 關係에 대한 地球化學的 硏究(慶北大 理學碩士論文),

孫致武, 1969, 우리나라에서의 白堊紀 火成活動에 關하여, 대한지질학회지, 5권 4호 pp. 259~267.

孫致武, 外3人, 1968, 中生代의 地殼變動, 火成活動 및 鑛化作用의 時期에 關한 硏究, 科技處, E68-5, 11.

元鍾寬, 1968, 慶尙盆地에서의 白堊紀 火成活動에 關한 硏究, 대한 지질학회지, 4권4호, pp. 215~235.

李商萬, 1972, 慶尙盆地內의 花崗岩類와 鑛化作用, 孫致武敎授 頌壽紀念論文集, pp. 195-219.

李在英, 1971, 安山岩帶 鑛化作用의 地球化學的硏究, 科技處

李正煥 外2人, 1967, 航空寫眞에 依한 地質構造解析 및 鑛化作用과의 關係, 科技處, E67-G05S-23.

金相旭, 1976, 大邱附近 花崗岩類에 産出되는 Rapakivi 長石의 成因, 慶大論文集, 21집, pp. 191-198

Didier, J., 1973, Granites and their enclaves: Elsevier Sci. Publ. Co., p. 1-370.

Kim, O. J., 1971, Metallogenic epochs and provinces of South Korea: Jour. Geol. Soc. Korea, v. 7, pp. 37-59.

Pringle, G. J., Trenbath, L. T., and Pajari, Jr. G. E., 1974, Crystallization history of a zoned plagioclase: Mineral. Mag., v. 39, pp. 867-887.

Tuttle, O. F. and Bowen, N. L., 1958, Origin of granite in the light of experimental studies in the system, $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-SiO_2-H_2O: Geol. Soc. Am., Memoir 74,