

慶南 咸陽地域에 分布하는 火成岩類에 對한 岩石地化學的 研究

朴載鳳* · 金勇俊* · 金正彬*

Petrochemical Study on Igneous Rocks in the Hamyang area, Kyongnam, Korea

Jay-Bong Park*, Yong-Jun Kim* and Cheong-Bin Kim*

Abstract: Igneous rocks of the Hamyang area consist of Hamyang foliated granites and hornblende diorite. Hamyang foliated granites are classified into four rock types in terms of mineral composition and texture. The four rock types are foliated hornblende biotite granodiorite, foliated porphyritic granodiorite, foliated fine biotite granodiorite and foliated leuco granite.

Petrochemical data of these rocks suggest that Hamyang foliated granites is calc-alkali rock series of differentiated products of cogenetic magma by fractional crystallization. Igneous rocks of studied area correspond to I-type, peraluminous and calc alkali rock series.

Rb-Sr age and Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ initial ratio for foliated porphyritic granodiorite is 200±Ma and 0.711±0.0037, respectively. K-Ar(hornblende) age of hornblende diorite is 179±9Ma. These data come to an coincidence with Igneous activity of South Korea which were proposed by O. J. Kim(1975), that is, they correspond to Hamyang foliated granites of products of Songrim Disturbance, and to hornblende diorite of Daebo Orogeny.

序 言

이研究의 目的是 慶南 咸陽郡 咸陽邑과 安義面, 西下面 그리고 瓶谷面에 걸쳐 分布하는 先Cambrian紀의 變成複合體와 이를 貫入하는 中生代 火成岩類인 葉理狀 花崗閃綠岩, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩, 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩, 葉理狀 優白質 花崗岩과 角閃石 閃綠岩에 對하여 精密 野外調查와 이를 바탕으로 火成岩類의 分布, 相互關係 및 生成時期를 밝히므로써 이들의 成因 및 分化過程을 밝히는 데 있다.

이 目的을 위해 30여일에 걸친 精密 野外調查와 野外調查時 岩石試料 採取 및 이들 試料에 對하여 薄片製作을 實施하였다. 그리고 각 岩相을 代表하는 岩石試料 28個에 대하여 英國 런던大學의 ICP를 使用하여 主成分元素, 微量元素와 稀土類元素에 對한 化學分析을 實施하였으나 SiO₂와 FeO成分은 全南大 地質學科 地化學 實驗室에서 重量法과 適定法으로써 分析하였다. 또 延世大 地質學科에 設置

되어 있는 JCXA-733 Electron microprobe를 利用하여 斜長石, K-長石, 角閃石과 黑雲母에 對하여 鑽物組成 分析을 進行하였다.

一般地質

이研究地域에는 先Cambrian紀의 變成複合體를 基底로 하여 多樣한 中生代火成岩類가 出現한다.

變成複合體는 미그마틱片麻岩, 眼球狀斑狀變晶片麻岩, 織狀片麻岩, 그리고 黑雲母片岩과 黑雲母 緑泥石 片岩 등이 서로 漸移의 關係를 가지고 接하면서 北東-南西方向에 걸쳐 좁고 길게 帶狀分布한다.

火成岩類는 葉理가 잘 發達된 葉理狀 花崗岩類와 葉理가 거의 나타나지 않는 角閃石 閃綠岩으로 構成된다. 前者는 造成鑽物과 組織의 差異에 依하여 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩, 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩과 葉理狀 優白質 花崗岩으로 區分된다(Fig. 1). 研究地域의 地質系統은 Table 1에 表示했다.

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 變成複合體를 貫入하며 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩과 葉理狀 細粒質 黑雲母 花

* 全南大學 自然大學 地質學科(Dept. of Geol., College of Natural Science, Chonnam national Univ. 500-757, Korea)

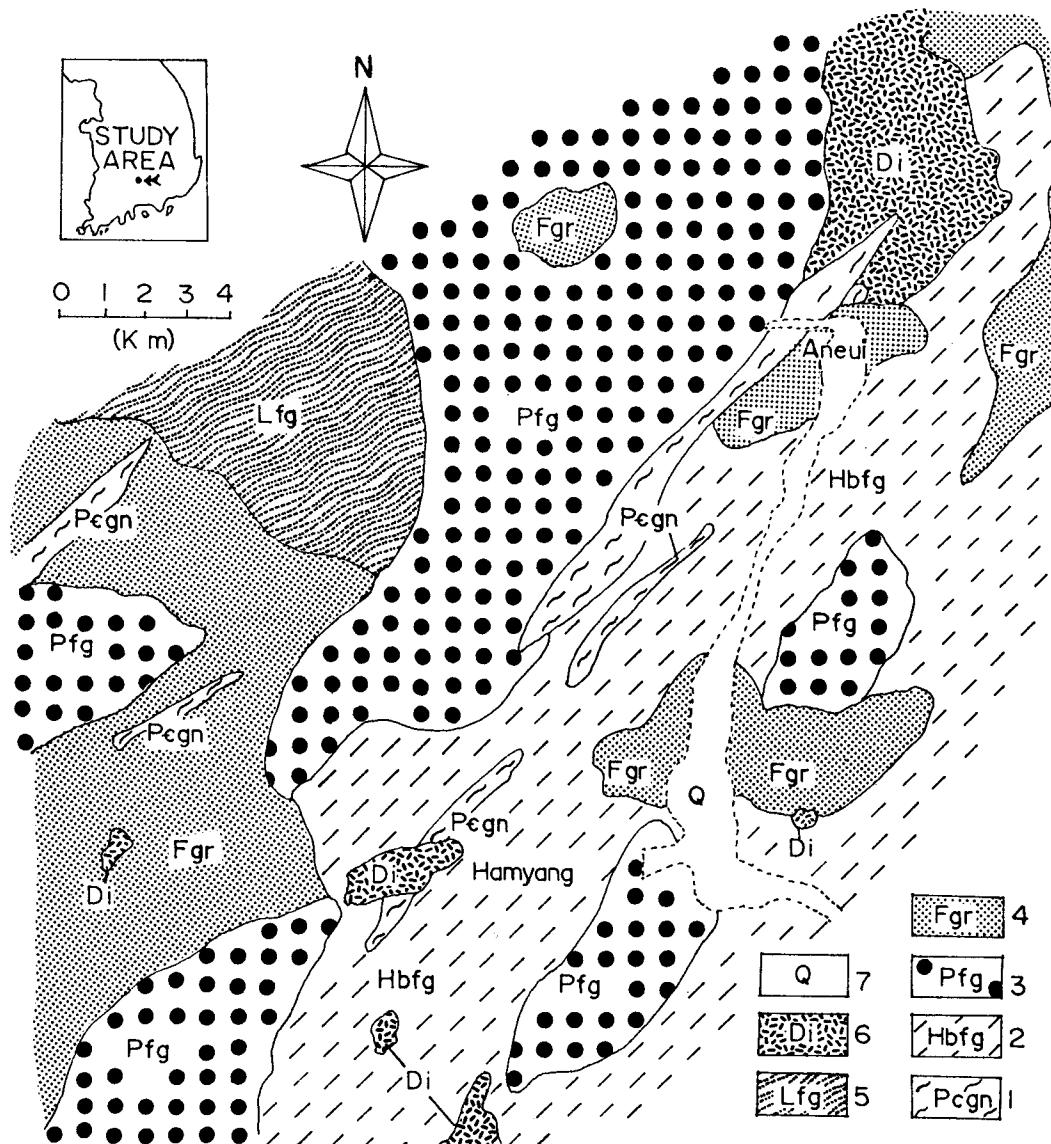


Fig. 1. Geologic map of the Hamyang area.

1; gneiss complex, 2; foliated hornblende biotite granodiorite, 3; foliated porphyritic granodiorite, 4; foliated fine grained biotite granodiorite, 5 ; foliated leuco granite, 6 ; diorite and 7 ; alluvium.

崗閃綠岩에 의해貫入되고 이들 岩體를 葉理狀 優白質 花崗岩이 贯入한다. 그리고 角閃石 閃綠岩이 上述한 모든 岩相을 贯入한다. 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 研究地域 北西部에 널리 分布하며 그 외의 地域에서는 小規模 岩株로서 產出되고 葉理狀 優白質 花崗岩에 의해서도 贯入된다. 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 小規模 岩株狀 贯入體로써 나타나며, 黑雲母의 方向性 있는 配列에 의해 뚜렷한

葉理를 가지고 있으며 그 葉理는 $N10^{\circ} \sim 40^{\circ}E$ 의 走向을 갖는다. 葉理狀 優白質 花崗岩은 研究地域의 北西部에 小規模 岩體로서 出現한다.

葉理狀 花崗岩類는 全體的으로 微弱한 葉理가 發達되어 있으며 특히, 剪斷破碎帶나 斷層帶에서는 葉理의 發達이 良好하여 片麻岩처럼 보인다. 그러나 이들 葉理는 모두 剪斷破碎帶(Sheared Zone)나 軟性變形(ductile deformation)을

Table 1. Geological sequence of the Hamyang area.

Quat.	□ Alluvium
	~~unconformity~~
Cret.	□ Dykes
	— intrusion —
Jura.	□ Hornblende diorite
	— intrusion —
	□ Foliated leuco granite
	— intrusion —
	□ Foliated fine grained biotite granodiorite
	— intrusion —
	□ Foliated porphyritic granodiorite
	— intrusion —
	□ Foliated hornblende biotite granodiorite
	— intrusion —
Precam.	□ Gneiss complex

받은 地域에서 뚜렷해지는 것으로 미루어 研究地域에서 있었던 動力變成作用과 密接한 關係를 지을 수 있다.

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 雲母片岩이나 角閃石 片岩 등을 捕獲하며, 이들 대부분의 捕獲岩들은 母岩의 葉理 方向을 따라 伸張되어 있다. 이는 이 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩體가 先Cambrian紀 變成複合體를 貫入한 후 動力變成作用을 받았음을 의미한다. 安義面 南쪽(安義一水東里)道路邊에서 觀察되는 野外證據는 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩이 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩에 의해 貫入되고 다시 葉理狀 優白質 花崗岩에 의해 이들 兩岩石이 貫入된다(Fig. 2).

葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 斑晶이 넓은 紅色을 띠며, 斑

晶의 크기는 2~3mm에서 3~4cm로 變化가甚하나 대체로 岩體 中心部에서 가장자리로 갈수록 작아지며 含量도 減少하는 傾向을 보인다.

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 中粒 내지 組粒質 岩으로써 곳에 따라 角閃石의 含量 變化가 심하며 때로는 角閃石이 全無하여 黑雲母만 含有하는 葉理狀 黑雲母 花崗岩相으로 되며 이들 두 岩相사이에서는 漸移的인 變化를 보인다. 葉理狀 花崗岩類와 角閃石 閃綠岩에 대한 모드分析 結果는 Streckeisen(1967)分類에 따랐으며 Fig. 3에 表示하였다.

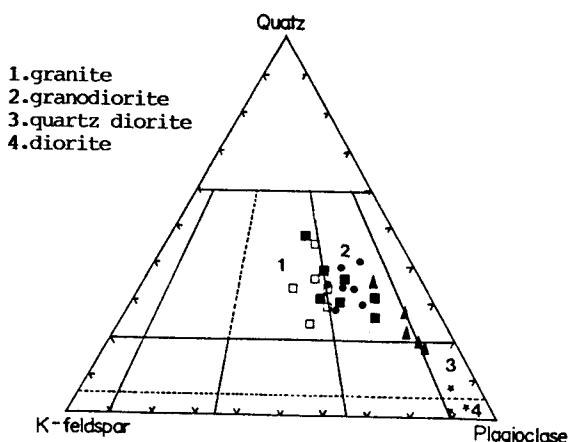


Fig. 3. Triangular diagram of modal composition for the igneous rocks. Foliated hornblende-biotite granodiorite(▲), foliated porphyritic granodiorite(■), foliated fine grained biotite granodiorite(●), foliated leuco granite(□), and hornblende diorite(*)

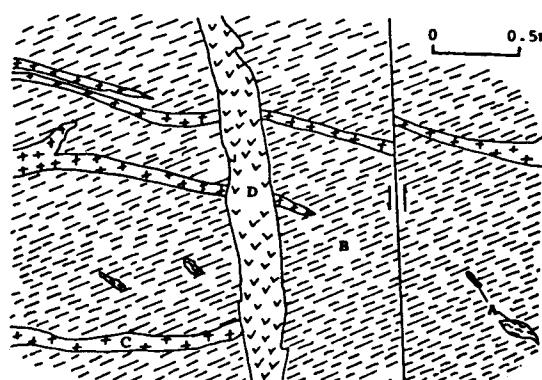
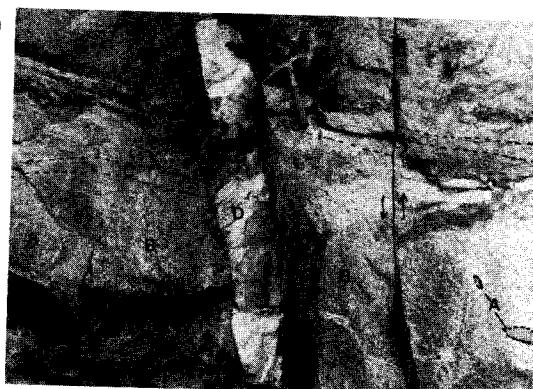


Fig. 2. Relationship of the igneous rocks at Seckchonri, Aneumyn. A ; Biotite schist, B ; Foliated hornblende biotite granodiorite, C ; Foliated fine grained biotite granodiorite, D ; Foliated leuco granite



火成岩類에 대한 岩石記載

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 片麻岩 複合體를 中心으로 研究地域을 兩分할 때, 南東부에 該當하는 咸陽邑 과 安義面 一帶에 分布한다. 葉理는 黑雲母와 角閃石 등 有色礦物의 規則性 있는 配列과 길게 伸張된 石英과 長石 結晶에 의해 뚜렷하게 나타나며 보통 準片麻岩類의 隣接部나 軟性變形帶(ductile shear zone)에서 더욱 뚜렷하게 나타난다. 葉理가 잘 보이는 부분 사이에는 葉理가 거의 나타나지 않는 부분도 있으나 全般的으로는 微弱한 葉理가 나타나며 軟性變形帶의 剪斷破碎面을 基準으로 이面에서 멀어질수록 葉理가 弱해지는 傾向을 보인다.

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩의 모드分析 結果는 花崗閃綠岩이나 石英閃綠岩에 屬한다(Fig. 3). 主造成礦物은 斜長石, 石英, 페다이트 그리고 角閃石이며, 副造成礦物 및 二次礦物로는 綠簾石, 스펜, 綠泥石, 絹雲母와 不透明礦物로 이루어져 있다. 絹雲母는 斜長石으로부터 變質된 二次礦物로서 結晶 中心에서 優勢해 진다. 스펜은 커다란 自形結晶으로 나타난다. 斜長石은 안데신($An_{31} - An_{37}$)에 屬하며, 흔히 累帶構造와 알바이트-칼스벳드 雙晶을 보인다.

葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩

葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 研究地域에서 가장 넓은 分布를 보이는 岩相으로서 葉理狀 優白質 花崗岩, 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩과 角閃石 閃綠岩에 의해 貫入된다.

葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 長方形 내지 正方形을 보이는 페다이트와 微斜長石의 斑晶을 含有함이 特徵으로서 모드 analysis 結果도 斑晶의 含量이 많은 地域은 花崗岩 領域에 그러나 斑晶이 적은 地域은 대부분 花崗閃綠岩 領域에 該當된다(Fig. 3). 斑晶은 葉理가 잘 發達된 地域에서는 길게 伸張되어 眼球狀이나 막대모양으로 變形되어 있으므로 眼球狀 片麻岩처럼 보인다. 또 岩體 中央部에서 緣邊部로 가면서 斑晶의 크기와 數가 減少하는 傾向이 있으며, 이는 緣邊部가 岩體 内部보다 강한 壓碎作用을 받아 斑晶이 破壊되었기 때문인 것으로 思料된다.

葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩의 主成分礦物로는 石英, 斜長石, 微斜長石, 페다이트와 黑雲母이며 副造成礦物 또는 이 차광물은 絹雲母, 綠簾石과 不透明礦物로構成되어 있다. 石英은 波動消光을 보이며, 斜長石과 微斜長石이 接하는 界界部에서는 이들 사이에 交代作用에 의해 밀메카이트를

形成하고 있으며, 黑雲母는 褐色의 多色性(X=淡褐色, Y=褐色 Z=暗褐色)을 보이며 그含量에 있어 變化幅이 크다. 또 劈開面을 따라 綠簾石이나 不透明礦物들을 含有한다. 밀메카이트는 巨晶質 花崗岩(pegmatite)이나 同構造性 花崗岩類(synkinematic granites)에서 흔히 볼 수 있으며, K-長石의 Na와 Ca의 交代作用이나 K-長石으로부터 溶離作用(exsolution)에 의해 形成되었다(Barken, 1970, Hyndman, 1985).

葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩

葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 咸陽邑 水東里, 栢田面 白雲里와 兩栢里 그리고 馬利面 新基里 부근에서 小規模 岩株狀 貫入體로 產生되며 水東里에서 安義方面으로 향하는 國道邊에서는 脈狀의 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩이 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩을 貫入한다. 安義面 石川里 豊谷橋 近處에서는 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩을 貫入하고 葉理狀 優白質 花崗岩에 의해 貫入된다. 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 모드分析은 대부분 花崗閃綠岩 領域에 該當되나, 部分적으로는 花崗岩 領域에 點示된다(Fig. 3).

葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 主造成礦物은 石英, 斜長石, 微斜長石과 黑雲母로 되어 있으며, 副造成礦物은 絹雲母, 綠簾石, 저어콘, 枯榴石, 스펜 및 不透明礦物로構成된다. 黑雲母는 方向性 있는 配列로 弱한 葉理를 보인다. 斜長石는 대부분 알바이트 雙晶(albite twin)을 보이나 때로는 알바이트-칼스벳드 雙晶을 보이며 그成分은 올리고클레이스($An_{24} - An_{30}$)에 該當한다.

葉理狀 優白質 花崗岩

葉理狀 優白質 花崗岩은 研究地域 北western에서는 岩株狀으로, 그밖의 地域에서는 脈狀으로 產生되며 斑狀 葉理狀 花崗閃綠岩과 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩을 貫入한다.

葉理狀 優白質 花崗岩은 中粒 내지 粗粒質 花崗岩으로서 有色礦物로는 약간의 黑雲母와 部分적으로 얼마간의 枯榴石을 含有한다.

葉理狀 優白質 花崗岩의 모드分析 結果는 花崗岩 領域에 該當된다(Fig. 3).

葉理狀 優白質 花崗岩의 主造成礦物은 石英, 斜長石, 微斜長石과 黑雲母가, 副造成礦物로는 白雲母, 페다이트, 밀메카이트 및 不透明礦物이 나타난다. 黑雲母와 微粒의 白雲母는 方向性 있는 配列을 보이며, 石英도 伸張되어 方向

性을 보이는 縫合狀 結晶 境界를 갖는다.

角閃石 閃綠岩

角閃石 閃綠岩은 中粒 내지 粗粒質의 小規模 岩株狀 貫入體로서 安義 岩體內에는 自形의 角閃石 結晶이 發達되어 있으며, 그 含量도 變化가 심하다.

角閃石 閃綠岩의 모드分析 結果는 閃綠岩 内지 石英閃綠岩 領域에 屬하며 (Fig. 3), 主造成鑛物은 斜長石, 페라이트, 黑雲母, 角閃石과 石英이, 副造成鑛物은 綠簾石, 스펜, 燐灰石 및 不透明鑛物 등으로 構成되어 있다. 角閃石의 結晶은 흔히 雙晶을 보이며 黑雲母와 隨伴되고 부분적으로 綠簾石化되어 있다. 黑雲母는 淡褐色 内지 黑褐色의 多色性을 보이며 自形의 燐灰石를 包有物로 包含하고 부분적으로 裂開을 따라 綠泥石化되어 있기도 한다. 斜長石은 斑晶과 石基를 이루며, 斑晶에서는 累帶構造가 잘 나타난다. 石英은 間隙充填狀의 불규칙한 他形으로 長石 結晶들 사이를 채운다. 綠簾石은 角閃石이나 斜長石으로부터 propylitization이나 sausuritization에 의해 형성된 二次起源의 變質鑛物로서 結晶의 組成이 거의 均質하다(金勇俊외, 1989 a).

火成岩類의 岩石化學

이 研究地域에 分布하는 火成岩類에 대한 岩石化學的研究를 위하여 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩 5개, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩 7개, 角閃石 閃綠岩 3개, 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩 7개, 葉理狀 優白質 花崗岩 6개 등 모두 28개 試料에 대하여 主成分元素와 微量元素 그리고 稀土類元素(La, Ce, Nd, Sm, Eu, Dy 그리고 Yb)에 대한 化學分析을 實施하였다. CIPW norm값과 Niggli값은 Table 2에 표시하였다.

主成分元素

본 地域에 分布하는 火成岩類를 區分하기 위하여 CIPW norm값으로 부터 Normative Quartz-Orthoclase-Plagioclase-(Q-Or-Pl) 三角圖과 Normative Albite-Anorthite-Orthoclase-(Ab-An-Or) 三角圖에 이들 火成岩類의 分析資料를 點示하였다(Fig. 4).

Q-Or-Pl 三角圖에서 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 花崗閃綠岩이나 石英 몬조閃綠岩 領域에, 斑狀 葉理狀 花崗閃綠岩과 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 花崗閃綠岩 領域에, 그리고 葉理狀 優白質 花崗岩은 花崗岩 領域에 속한다. 이들 火成岩類의 CIPW norm 鑛物과 모드를 對比하

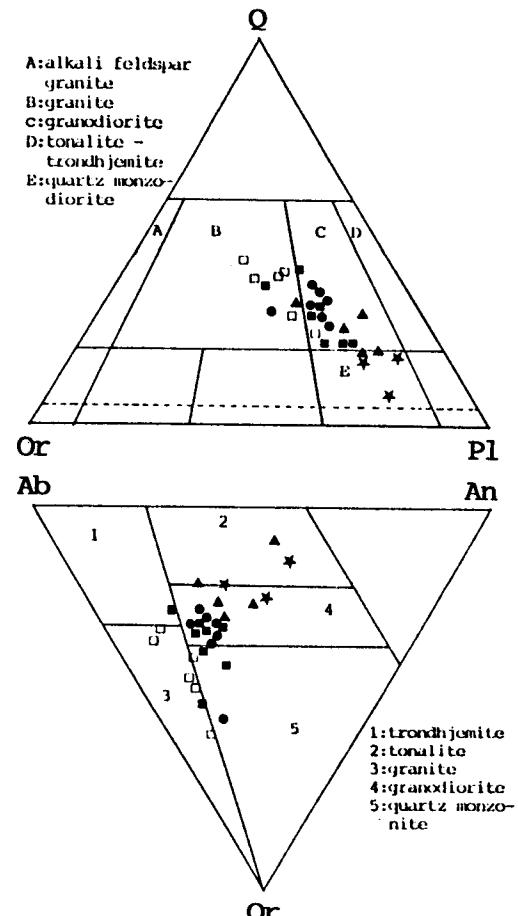


Fig. 4. Triangular diagram of normative quartz-(Q)-alkalifeldspar(Or)-plagioclase(Pl) and albite(Ab)-alkalifeldspar(Or)-anorthite(An) for igneous rocks in the Hamyang area. Foliated hornblende-bitite granodiorite(▲), foliated porphyritic granodiorite(■), foliated fine grained biotite granodiorite(●), foliated leuco granite(□), and hornblende diorite(★).

기 위하여 표시한 모드領域(Fig. 3)과 Normative Q-Or-Pl領域(Fig. 4)은 서로 類似해 보이나 norm 鑛物領域이 모드가 차지하는 領域에 比해 카리長石쪽으로 약간 편기되어 있다.

Ab-An-Or 三角圖에서 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩과 角閃石 閃綠岩은 토날나이트나 花崗閃綠岩에, 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 化岡閃綠岩에, 그리고 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 化岡閃綠岩이나 石英 몬조니암에 該當되는 領域에 點示된다(Fig. 4).

研究地域의 花崗岩質 마그마의 類型을 결정하기 위하여

Niggli(1945)값을 alk 對 al, al 對 fm의 關係圖(Fig. 5)에 點示하면 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩과 角閃石 閃綠岩은 알카리가 적당하거나 比較的 貧弱한 sub-femic이나 salic 한 마그마로부터, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩과 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 알카리가 적당한 salic 마그마로부터 그리고 葉理狀 優白質 花崗岩은 알카리가 比較的 풍부한 salic한 마그마로부터 형성되었음을 알려준다(Burri 1964).

Alkalinity $[(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{alkalis}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} - \text{alkalis})]$ 와 실리카의 關係圖(Fig. 6)에서 보면 이 研究地域의 葉理狀 花崗岩類는 葉理狀 優白質 花崗岩(Alkaline 領

域)을 除外한 모든 岩相이 캘크-알칼리질(calc-alkaline) 領域에 속한다.

Irvine과 Baragar(1971)에 대한 알칼리와 실리카의 相關圖에서는 研究地域의 葉理狀 花崗岩類가 모두 subalkaline 領域에 該當된다(Fig. 7). Peacock(1931)의 알칼리-석회 지수(alkali-lime index)는 60으로 캘크-알칼리질(calc-alkalis)에 該當된다.

AFM(Akkalis-FeO(t)-MgO) 三角圖(Fig. 8)에서는 正常分化產物인 Skaergaard 岩體와 캘크-알칼리질 암석 계열(calc-alkali rock series)인 Low California Batholith를 研究地域의 葉理狀 花崗岩類와 對比시켜보니 葉理狀 花崗岩類

Table 2. Major element oxides(in wt. %), normative minerals and Niggli values for the igneous rocks in the Hamyang area.

Name	Hbfg					Pfg						Fgr		
	No	Hy15-1	Hy22	Gc43	Gc51	Hy38-1	Gc154	Gc1161	Gc94-2	Hy51	Hy52	Gc41	Gc176	Gc185
SiO ₂	76.63	66.97	63.73	63.49	59.05	69.41	67.38	66.16	73.67	73.01	68.95	68.36	67.93	73.00
Al ₂ O ₃	14.23	15.33	15.29	16.99	17.67	15.45	16.28	16.82	73.44	13.15	15.81	16.34	16.23	14.42
Fe ₂ O ₃	1.66	1.59	1.49	2.34	4.29	0.59	1.91	1.89	0.91	0.85	2.14	0.41	0.86	0.22
FeO	1.43	2.28	3.42	2.00	2.14	2.00	2.28	1.44	1.53	1.72	0.45	1.96	2.40	1.56
MgO	1.29	1.65	2.79	2.36	3.15	1.11	0.69	1.21	0.44	1.09	0.93	0.90	0.88	0.49
CaO	3.15	4.33	5.08	5.15	5.98	3.21	3.24	2.98	1.66	2.46	2.80	2.97	3.23	2.40
Na ₂ O	3.14	3.93	2.83	3.80	3.42	3.45	4.21	4.83	2.57	2.67	3.53	4.93	3.34	3.68
K ₂ O	3.21	1.94	2.65	1.95	2.14	3.16	3.67	3.87	5.84	3.51	3.90	3.03	3.44	3.13
TiO ₂	0.44	0.59	0.79	0.65	0.82	0.58	0.45	0.56	0.30	0.58	0.53	0.35	0.59	0.27
P ₂ O ₅	0.18	0.12	0.16	0.16	0.18	0.15	0.12	0.15	0.07	0.15	0.14	0.12	0.19	0.09
MnO	0.07	0.10	0.08	0.08	0.11	0.03	0.06	0.06	0.02	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04
Total	99.52	99.08	99.03	99.19	99.11	99.52	99.43	99.36	99.65	99.43	99.25	99.58	99.37	99.47
Q	31.50	25.80	21.42	16.62	14.70	28.20	20.79	19.80	35.28	39.42	26.64	19.90	26.48	33.36
C	0.10	-	-	-	-	0.82	-	0.92	1.02	1.43	1.02	-	1.43	0.92
An	14.73	18.63	22.80	20.85	26.69	15.01	15.01	13.90	7.51	11.40	13.07	13.62	15.29	11.12
Ab	26.72	33.01	23.58	31.96	28.82	28.82	35.63	34.06	21.48	18.86	29.87	41.39	28.30	30.92
Or	18.90	11.12	15.57	17.24	12.23	18.90	21.13	22.80	29.47	20.57	22.80	17.79	20.02	18.35
Il	0.76	1.22	1.52	1.22	1.52	1.22	0.83	1.06	0.61	1.06	1.06	0.76	1.20	0.54
Ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Mt	2.55	2.32	2.49	3.25	4.64	0.93	2.78	1.39	1.39	1.16	2.08	0.70	1.39	0.23
Hy-Fs	0.53	1.72	3.50	0.61	0.79	2.12	1.85	0.92	1.45	1.58	-	2.64	2.51	2.11
Hy En	3.20	2.51	6.60	4.60	0.60	2.80	1.60	3.00	1.11	2.70	2.30	2.20	2.20	1.20
Di-Fs	-	0.21	0.19	0.17	0.70	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-
Di-En	-	0.59	0.35	1.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Di Wo	-	0.90	0.58	1.51	0.60	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-
Hm	-	-	-	-	1.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
si	354.5	289.9	243.6	241.0	211.6	327.5	301.0	294.9	427.9	409.4	355.7	304.6	312.7	393.5
al	41.9	38.9	35.6	38.0	37.2	42.7	42.9	44.1	45.6	43.1	47.9	42.8	43.9	45.6
fm	15.7	19.2	27.1	20.0	23.7	15.9	13.1	13.4	11.2	17.5	61.2	13.4	15.2	10.7
c	16.9	20.3	20.6	20.9	22.6	16.2	15.6	14.1	10.5	14.8	15.5	14.2	16.0	13.9
alk	25.6	21.6	16.7	20.9	16.6	25.2	28.4	28.3	32.7	24.6	30.3	29.7	24.9	29.8
qz	152.1	103.1	76.6	57.2	45.2	126.5	87.4	81.6	196.9	211.1	134.4	162.5	113.3	174.5
D.I.	77.12	69.93	60.60	65.82	55.80	75.92	77.55	76.66	86.23	78.86	79.31	74.88	74.18	82.63
Salic	91.95	88.60	83.40	86.67	82.40	91.75	92.56	91.48	94.76	91.68	93.40	92.70	91.50	94.67
Femic	7.38	9.90	15.20	13.47	10.30	8.30	7.62	6.71	4.89	0.84	5.78	6.64	7.66	4.42

(Continued Table 2)

Name No	Fgr					Lfg						Di		
	Gc183	Gc1822	Hy37	Hy36	Hy402	Hy11	Hy381	HY46	Gc153	Gc911	Gc1823	Gc42	Gc97	Hy383
SiO ₂	72.85	65.96	71.26	70.03	70.74	76.55	73.71	75.74	72.40	76.04	75.00	60.14	55.80	57.21
Al ₂ O ₃	13.79	14.91	13.83	15.43	14.90	13.25	13.89	13.48	16.12	13.52	14.18	17.44	18.35	18.15
Fe ₂ O ₃	0.74	0.04	0.92	0.99	0.76	0.20	0.45	0.37	0.05	0.20	0.00	3.25	5.57	2.20
FeO	1.70	3.30	1.85	1.72	1.85	0.76	1.18	0.40	0.50	0.57	0.51	2.33	2.12	4.01
MgO	0.88	1.08	0.67	0.81	0.93	0.14	0.18	0.13	0.08	0.23	0.09	3.00	3.20	2.43
CaO	2.91	4.02	1.87	3.83	3.01	1.20	1.77	1.02	1.47	1.83	0.55	5.76	7.71	5.70
Na ₂ O	3.50	3.47	2.25	3.24	3.67	3.10	2.95	2.67	4.90	3.09	4.61	3.08	2.92	4.19
K ₂ O	2.85	3.08	5.76	3.37	2.69	4.35	4.68	5.77	4.01	3.87	4.57	2.72	1.48	2.53
TiO ₂	0.42	0.67	0.56	0.55	0.50	0.10	0.13	0.08	0.06	0.13	0.05	0.81	1.17	1.30
P ₂ O ₅	0.13	0.21	0.21	0.18	0.11	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.17	0.35	0.38
MnO	0.04	0.06	0.04	0.03	0.05	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.08	0.07	0.13	0.11
Total	99.43	99.56	99.25	99.82	99.74	99.72	99.52	99.23	99.62	99.58	97.20	99.21	99.13	99.12
Q	34.14	22.50	30.66	31.02	30.72	38.70	33.36	32.30	24.54	39.12	28.62	15.48	16.32	7.26
C	0.10	-	0.71	0.20	0.71	1.22	0.82	7.85	0.92	1.02	0.51	-	-	-
An	13.62	15.85	8.34	14.18	14.18	5.84	8.62	5.00	7.23	8.00	2.78	25.58	32.25	22.80
Ab	28.82	29.34	18.86	27.25	30.92	26.20	24.63	18.86	41.39	26.20	39.30	26.20	24.63	35.63
Or	16.68	18.35	34.47	20.02	16.12	25.58	27.80	33.92	24.46	22.24	27.24	16.12	8.90	15.01
Il	0.76	1.37	1.06	1.06	0.91	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.52	2.13	2.43
Ap	1.01	0.34	0.34	0.34	0.34	-	-	-	-	-	-	0.34	0.84	1.01
Mt	0.93	-	1.39	0.70	1.16	0.23	0.70	0.70	0.23	0.23	-	4.87	3.71	3.25
Hy-Fs	1.98	4.22	1.58	-	1.85	1.06	1.72	0.26	0.66	0.66	0.92	0.40	-	5.30
Hy En	2.20	2.20	1.70	2.00	2.30	0.40	0.50	0.30	0.20	0.60	0.20	6.70	6.80	3.17
Di-Fs	-	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.40	0.40
Di-En	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.80	-	0.80
Di Wo	-	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	1.63	1.28
Hm	-	-	-	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	2.88	-
si	407.4	297.0	385.7	375.8	350.9	490.4	429.4	492.5	381.6	474.5	444.8	217.4	189.4	193.9
al	45.3	39.5	43.8	54.1	43.5	49.6	47.6	51.5	50.0	49.4	49.5	37.1	36.5	35.9
fm	8.7	17.3	13.6	9.6	14.3	5.4	7.7	3.6	2.9	4.9	2.9	23.4	22.6	23.9
c	17.5	19.2	10.7	17.3	16.0	8.1	10.8	7.0	8.2	11.9	3.6	22.3	28.1	20.7
alk	28.5	24.1	31.8	28.1	26.2	36.9	33.9	37.9	38.9	33.7	44.1	17.1	12.8	19.3
qz	193.3	100.8	158.4	160.4	146.1	242.7	196.7	241.1	125.9	239.7	168.3	48.8	38.1	16.1
D.I.	79.60	70.19	83.99	78.30	77.76	90.48	85.79	85.12	90.39	87.60	95.16	57.88	49.80	57.90
Salic	93.40	86.04	93.04	92.64	92.65	97.54	95.23	97.97	98.54	97.50	98.45	83.38	82.10	80.70
Femic	6.90	10.70	6.96	4.59	6.56	1.84	3.07	1.41	1.24	7.96	1.27	15.56	19.30	17.64

Hbfg ; Foliated hornblende biotite granodiorite
 Fgr ; Foliated fine grained biotite granodiorite
 Di ; Hornblende diorite

Pfg ; Foliated porphyritic granodiorite
 Lfg ; Foliated leuco granite

는 比較的 酸素分壓이 높은 狀態에서 分化된 Low California Batholith와 類似한 分化傾向을 보이는 分化產物들로서 캘코-알칼리질 암석 계열(calc-alkaline rock series)에 該當된다.(金勇俊 외, 1983)

또한 (SiO₂)와 K₂O / P₂O₅의 相關圖(Fig. 9)는 이들 火成岩類가 分化程度가 類似한 連續的인 分化產物임을 보여준다(윤현수, 1985).

火成岩類의 全般的인 變化를 알아보기 위하여 分化指數의 增加에 대한 酸化物의 變化圖를 Fig. 10에 나타내었다.

分析된 試料의 分化指數값은 角閃石 閃綠岩이 49.85~

57.90으로 平均 55.18, 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 55.75~75.12로 平均 65.83, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩은 75.92~86.53으로 平均 79.08, 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩은 70.19~83.98로 平均 78.18, 그리고 葉理狀 優白質 花崗岩은 85.12~95.16으로 平均 89.80의 變化를 보인다.

各 岩相에서 K₂O, Na₂O는 分化指數가 增加하면 같이 增加하는 傾向이 있으나 CaO, MgO, FeO 그리고 TiO₂는 分化指數가 增加함에 따라 減少하는 傾向을 보인다. 그리고 Al₂O₃는 分化指數의 變化에 關係없이 거의 一定한 值을 보여준다(Fig. 10). 이는 Daly에 의한 火成岩 複合體들의 分

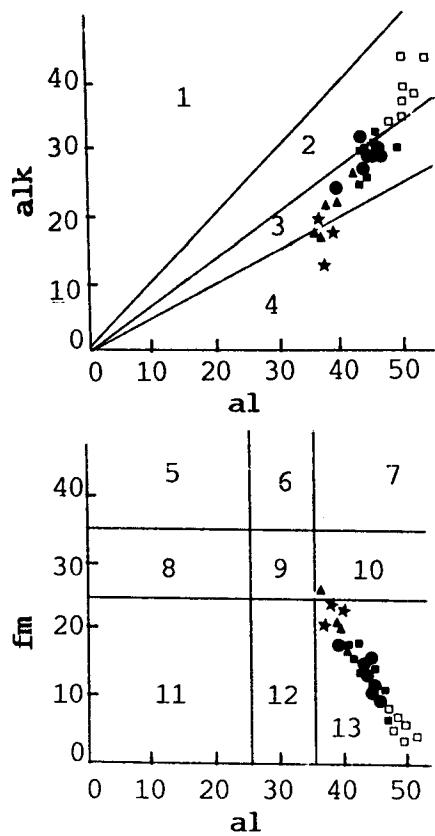


Fig. 5. Classification of foliated granites and hornblende diorite after Burri's (1964) using Niggli values alk vs. al and fm vs. al. Symbols are the same as used in Fig. 4.

1. peralkalic 2. relatively alkali-rich 3. intermediate alkali 4. relatively alkali-poor 5. feric 6. semiferic 7. peralfemic 8. suballic 9. isofalic 10. semisalic 11. subalfemic 12. subfemic 13. salic.

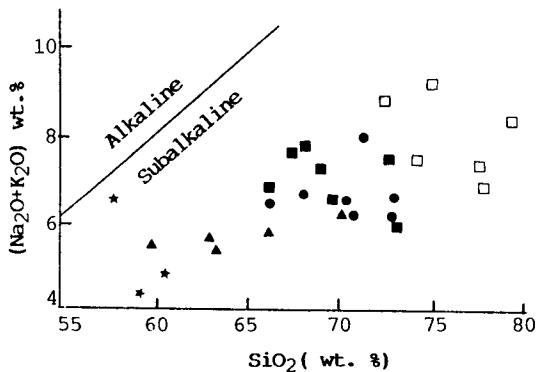


Fig. 7. Plots on alkalis VS. silica of foliated granites and hornblende diorite. Symbols are the same as used in Fig. 4.

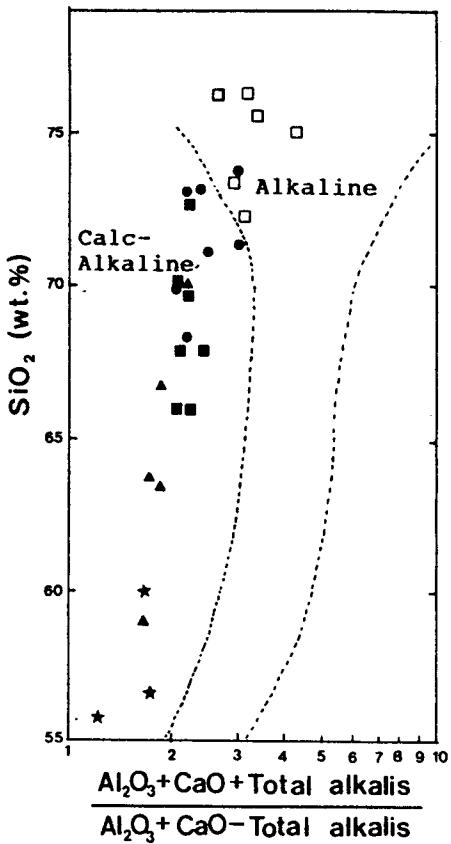


Fig. 6. Alkalinity ratio variation diagram for the granitic rocks. Diagram from Wright(1969). Symbols are the same as used in Fig. 4.

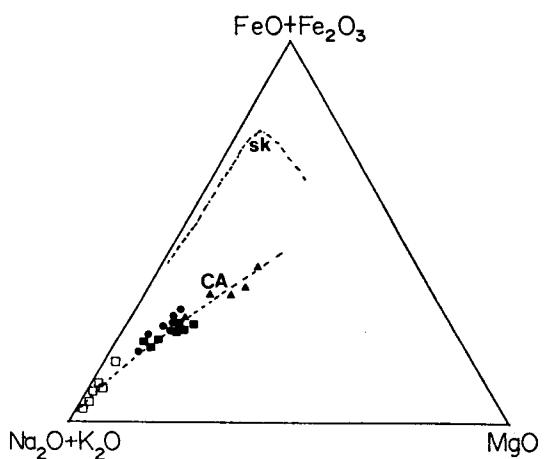


Fig. 8. The AMF diagrams of Foliated hornblende biotite granodiorite(\blacktriangle), Foliated porphyritic granodiorite(\blacksquare), foliated fine grained biotite granodiorite(\bullet) and foliated leuco granite(\square) in the Hamyang area.

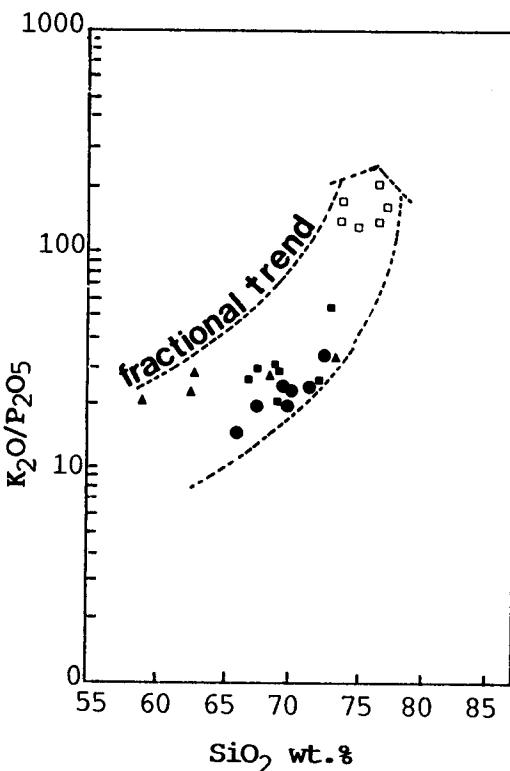


Fig. 9. K_2O/P_2O_5 VS. SiO_2 variation diagram represents a fractionation trend of the igneous rocks. Diagram form Tindle and Pearce(1984). Symbols are the same as those in Fig. 4.

化相들이 보이는 傾向과 거의一致하는 傾向으로서 이와 같은 事實은 研究地域의 火成岩類가 大陸周邊部로부터 形成된 花崗岩質 마그마에 의해서 形成된 캘크-일칼리 암석 계열(calc-alkali rock series)임을 示唆한다(진명식, 1981).

葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 경우에 分化指數의 變化範圍가 다른 岩體들에 비해서 넓은範圍를 보이는데, 이는 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩體가 다른 岩體들보다 多樣한 分化相들의 複合體임을 가리킨다(金勇俊의, 1989b).

또한 SiO_2 가 증가함에 따라 $FeO(t)/FeO(t)+MgO(wt\%)$ 가增加하여 MgO 에 대한 FeO 가 相對的으로 富化하는 傾向을 보여준다. 이는 典型的인 Bowen의 마그마 分化過程과一致하며(Fig. 11) 이와같은 現象은 Mg^{+2} 와 Fe^{+2} 는 원자가는 같으나 이온半徑이 Mg^{+2} 는 0.66\AA , Fe^{+2} 는 0.74\AA 로서 크기에 차이가 있기 때문이다. 따라서 이온半徑이 작은 Mg^{+2} 가 Fe^{+2} 보다 빨리 輝石에 濃集되는 傾向이 있으며, Fe^{+2} 는 後期分化礦物에 濃集되기 때문이다.

I/S-type 分類의 判斷根據로서 많이 이용되는 ACF 三角圖(Fig. 12)와 $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)\text{mol. 比}$ (Fig. 13)등에 의하면 研究地域의 火成岩類는 거의 모두가 火成起源의 I-type의 領域에 속한다.

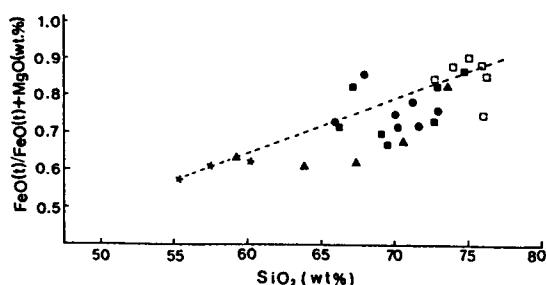


Fig. 11. Relative iron to magnesium fraction for the igneous rocks. Symbols are the same as those in Fig. 4.

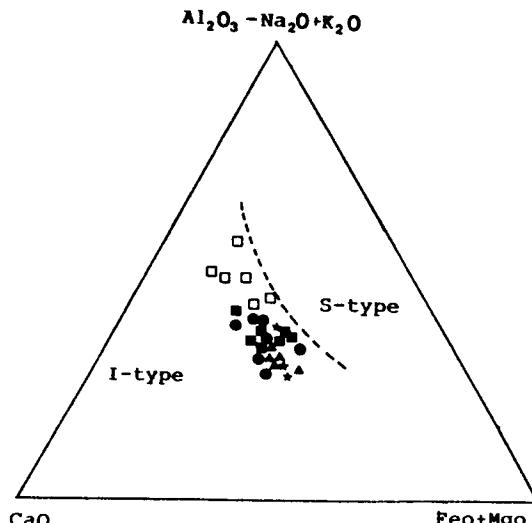


Fig. 12. ACF diagram (molar ratios, A = $Al_2O_3-Na_2O-K_2O$; C = CaO ; F = $FeO+MgO$) for the igneous rocks in the studied area. Symbols are the same as those in Fig. 4.

微量元素

火成岩類에 대한 微量元素中 Ba, Sr, Zr, Nb, Sc, 그리고 Co의 양과 이들 元素와 分化指數에 대한 變化圖는 Table 3과 Fig. 10에서 보여준다.

微量元素는 電荷 및 이온半徑의 差異에 의해서 主成分元素를 含有하는 結晶 格子內에 偽裝(camouflaged), 捕獲(captured) 및 許容(admit)되어 含有된다(Mason et al.,

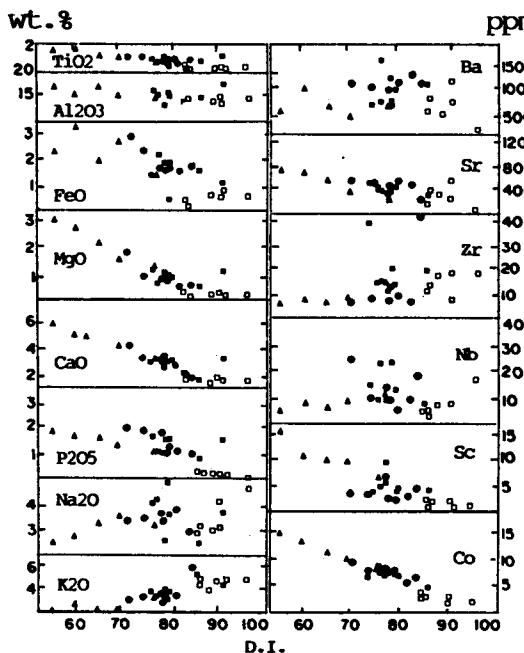


Fig. 10. Major element oxides and trace elements versus differentiation index(D. I.) for the foliated granites in Hamyang area. Forliated hornblende biotite granodiorite(▲), porphyritic foliated granodiorite(■), foliated fine grained biotite granodiorite(●), and foliated leuco granite(□).

1982).

바륨(Ba)은 이온半徑이 1.36\AA 으로 主成分元素中에서 칼륨(K)이온(1.38\AA)과 크기가 거의 비슷하여 칼륨(K) 이온

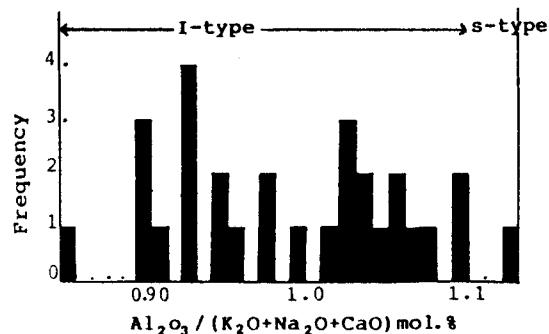


Fig. 13. Histograms for molecular $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ mol. %

만을 置換하는 傾向이 있어 黑雲母와 칼륨長石에 含有된다. 바륨(Ba)의 電荷는 칼륨보다 크기때문에 칼륨과 치환하여 捕獲되며, 初期에 生成된 칼륨礦物에 비교적 많이 들어간다. 바륨과 K_2O 의 關係속에서도 바륨의 양이 K_2O 의 양과 비례해서 증가하는 正(+)의 관계를 보여주고 있으며 (Fig. 10), 바륨과 分化指數와의 相關圖에서도 바륨(Ba)은 分化指數가 증가함에 따라 같이 증가하는 것을 볼 수 있다 (Fig. 10).

이 研究地域에서 스트론튬(Sr)의 含量은 分化指數(D.I.) 값이 增加함에 따라 減少하는 傾向을 보여준다 (Fig. 10). 스트론튬(Sr)의 이온의 크기는 칼슘이나 칼륨과 비슷하여 칼슘礦物에는 許容되고, 칼륨礦物에는 捕獲된다. 火成岩에서 스트론튬(Sr)의 存在比는 다양하며 一般的으로 花崗岩보다 玄武岩과 斑纓岩에서 더 높은 값을 보이는데, 그 이유는 Ca^{2+} 과 스트론튬(Sr)이 잘 置換되기 때문에 Ca 가 豐

Table 3. Trace element analyses(ppm) for the igneous rocks in the Hamyang area.

Hbfg					Pfg							Fgr					Lfg					Diorite						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Ba	687	268	1184	647	562	1568	1207	801	1080	800	1029	677	1026	1249	1130	1103	1112	994	678	849	581	790	1150	525	26	938	441	946
Co	9	11	14	12	16	9	7	8	5	8	7	7	8	6	7	10	703	8	8	3	3	2	3	4	2	16	778	14
Cr	17	13	29	26	23	15	6	21	8	14	13	24	12	8	6	10	21	5	15	6	11	7	3	5	8	43	26	26
Cu	3	5	12	10	7	5	4	3	3	4	2	10	3	5	6	4	4	3	4	5	6	2	2	4	4	7	12	4
Li	35	36	21	50	38	114	22	36	18	30	27	16	71	28	48	41	33	72	42	4	2	17	21	15	1	14	22	30
Nb	11	9	7	6	5	9	9	23	7	24	13	15	10	9	5	25	18	9	13	8	6	7	7	7	17	5	6	17
Ni	10	12	20	20	18	12	10	14	7	12	10	10	11	11	10	11	12	9	10	8	6	7	7	8	4	17	22	18
Sc	7	10	11	10	16	5	11	7	4	4	5	3	3	2	3	5	3	7	2	1	1	2	2	4	4	13	19	11
Sr	264	303	458	31	428	611	236	380	306	348	407	512	482	453	533	551	237	456	344	297	192	500	248	297	18	503	645	691
V	55	76	107	91	135	33	30	36	15	33	30	31	29	15	32	39	21	27	29	6	5	2	4	9	4	118	149	71
Y	21	28	18	15	22	15	41	49	14	53	28	13	11	7	6	12	33	10	19	6	7	6	5	16	14	23	25	23
Zr	14	9	8	7	9	15	11	15	20	21	14	39	8	7	9	8	42	8	16	14	12	8	19	18	19	10	16	10

Hbfg : Foliated hornblende biotite granodiorite

Pfg : Foliated Porphyritic granodiorite

Pfg : Foliated fine grained biotite granodiorite

Lfg : Foliated leuco granite

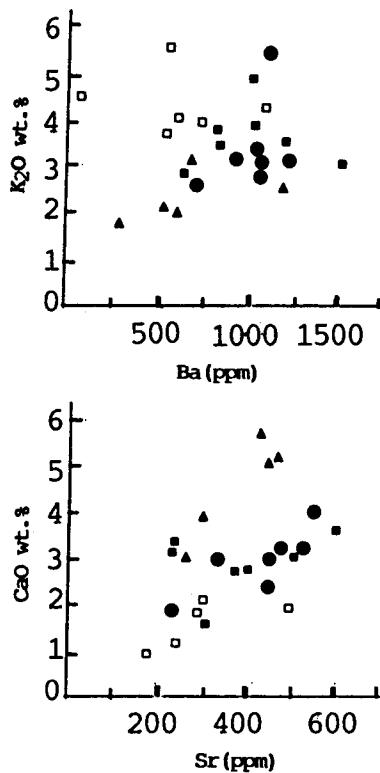


Fig. 14. Inter-element diagrams for the foliated granitic rocks. Symbols are the same as used in Fig. 4.

富한 鹽基性岩이 酸性岩보다 스트론튬 含量이 높게 나타난다(Mason and Moore, 1982). 이 研究地域에서도 스트론튬과 CaO와의 相關圖에서 CaO 含量이 增加함에 따라 스트론튬(Sr)含量도 增加하는 正(+)의 關係를 보인다(Fig. 15).

지르코늄(Zr)은 High Field Strength 元素로서 電荷가 높고, 비교적 큰 이온半徑(0.79\AA)을 갖고 있으므로 一般 造岩礦物에 잘 合有되지 않고 저어콘(Zr)에만 合有되며, 지르코늄은 分化末期의 生成物에 가장 많이 合有되는 傾向이 있는데 이는 마그마에서 원래의 지르코늄 濃度는 一般的으로 작아 저어콘으로 飽和되지 않기 때문이다(Mason and Moor, 1982; 김용준의, 1988).

지르코늄(Zr)은 研究地域에서 分化指數가 높은 岩相으로 갈수록 점점 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나, Zr含量이 花崗岩質岩石에 對한 世界의 평균치와 비교해 보면 $1/5 \sim 1/10$ 밖에 안되는데 이는 ICP方法으로 分析할 때 지르코늄 成分이 HF / HClO₃溶液에 完全히 용해되지 않았기 때-

문이라고 생각된다(Walsh, 1986: Letters communication).

니오븀(Nb)은 鹽基性岩에서 酸性岩으로 갈수록 증가하나 그 경향은 뚜렷하지가 않다. 本 研究地域에서도 分化指數가 높은 酸性岩에서 높은 함량을 보여주고 있는데, 分化指數값의 變化에 따른 니오븀(Nb)은 鐵-酸化物, 輝石, 角閃石 및 雲母 등의 鑛物에서 Fe^{+3} 와 置換되는 性質이 있다(Vlasov, 1966).

스칸듐(Sc)의 반지름은 Fe^{+3} 의 반지름과 비슷하고 높은 電荷를 갖는 면에서 鐵-마그네슘礦物에 捕獲될 것으로 기대되나 사실은 일반적으로 火成岩內의 輝石에 濃縮되고 角閃石과 黑雲母 그리고 titanite 속에 많이 濃集된다. 分化指數값이 增加할수록 本 研究地域에서도 스칸듐(Sc)의 함량이 감소하는 것을 볼 수 있다.

코발트(Co)는 Co^{+2} 이온의 크기(0.74\AA)가 Fe^{+2} 이온의 크기(0.77\AA)와 거의 같다. 따라서 코발트(Co)는 Fe^{+2} 化合物 속에 僞裝되어져 있다. 그러나 Co:Fe의 비는 마그마의 分化初期에 만들어진 矿物에서 가장 크고 分別作用이 進行됨에 따라 점차로 減少하는 것으로 알려져 있다. 이 研究地域에서도 分化가 進行됨에 따라 減少함을 볼 수 있다(Fig. 10).

稀土類元素

稀土類는 電荷가 크며 반지름도 비교적 커서 일반적으로 矿物에서 合有濃度가 낮다. 최근까지는 각 稀土類元素를 分離하는 것이 매우 어려워 이 元素들의 뚜렷한 分別作用을 마그마分化와 다른것으로 여겨져 왔다. 그러나 최근 微量元素에 대한 分析法이 발전되고 새로운 많은 자료가 축적되어 稀土類元素가 實제로 마그마의 分化過程에서 分別된다는 사실과 稀土類元素의 이온반지름도 점차적으로 변한다는 사실이 알려지게 되었기 때문에 稀土類元素는 여러 가지 火成作用에 대한 判斷에 예민한 指示者가 되었다(Mason and Moor, 1982).

이 研究에서는 稀土類 含量을 Nakamura에 대한 隕石內의 稀土類 含量으로 표준화한 稀土類元素의 分布를 Fig. 16에서 보여준다. 각 岩體別로 平均화한 稀土類 總含量(Σ REE)은 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩이 229.2ppm , 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩이 218.9ppm , 角閃石 閃綠岩이 191.8ppm , 그리고 葉理狀 優白質 花崗岩이 103.1ppm 이다. LREE / HREE(La / Yb)_{ce}는 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩이 47.8로 가벼운 稀土類元素(LREE)가 무거운 稀土類元素(HREE)보다 매우 豐富하게 富化되어 있음을 알 수 있고, 그 다음으로 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩과 葉理狀

優白質 花崗岩이 각각 29.9와 29.0의 값을 보이며, 角閃石 閃綠岩은 20.3 그리고 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 16.4로 가장 낮은 값을 보여준다. 보통 花崗岩類에서 稀土類元素는 스펜, 燐灰石, 모나자이트와 같은 副成分礦物에 濃集되며 특히, 가벼운 稀土類元素가 잘 濃集되는 傾向이 있으므로 이들 암석들의 全岩成分은 거의 모두가 무거운 稀土類元素보다 가벼운 稀土類元素가 높게 나타나는 것이常例로서(D. HENDERSON, 1984) 이 研究地域의 火成岩類는 모두 가벼운 稀土類元素(LREE)가 무거운 稀土類元素(HREE)보다 豐富하게 富化되어 있다.

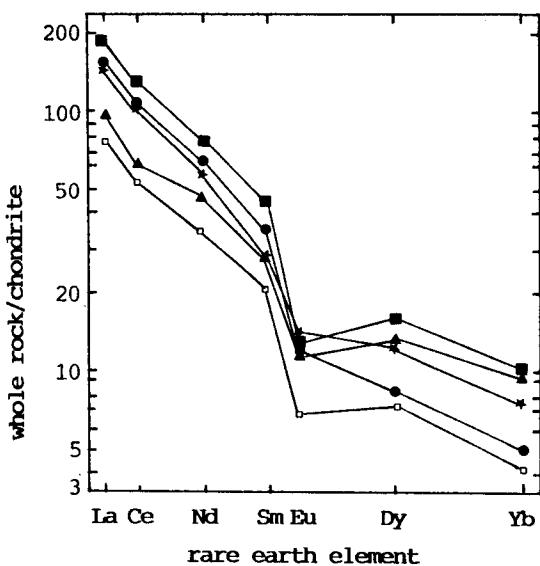


Fig. 15. Representative chondrite-normalized rare earth element abundances for the foliated hornblende biotite granodiorite(▲), foliated prophyritic granodiorite(■), foliated fine grained biotite granodiorite(●), foliated leuco granite(□), and hornblende diorite(*).

(-)Eu異常(Eu / Sm)은 葉理狀 優白質 花崗岩이 0.130, 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩이 0.131, 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩이 0.140, 角閃石 閃綠岩이 0.172 그리고 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩이 0.220이다. (-)Eu異常値는 0.130~0.220으로 그 값에 거의 變化가 없다. Fig. 16에서 가벼운 稀土類元素(LREE)값은 急한 負(-)의 傾斜를 갖고 있으나, 무거운 稀土類元素(HREE)값은 완만한 負(-)의 傾斜를 갖는다.

研究地域에서 稀土類元素(REE)값의 分布를 含量에 있

어서 약간의 差異는 있으나 대체로 火成分化產物들과 類似한 增加 傾向을 보여 준다.

礦物化學

礦物化學에 대한 考察은 EPMA分析에 의한 것으로서 分析條件은 加壓電壓 15kv, probe Current 1×10^{-8} Amp., Beam Diameter는 1~10, Counting Time은 5sec×3회이고 Standard로서 自然產의 珪酸鹽礦物을 利用하였으며, 補正是 Bence and Albee Correction에 의해 이루어졌다. 定量分析된 試料의 構成要素는 peak analysis에 의해 파악 되어졌고, 이를 바탕으로 각 元素의 分析을 위한 Line 및 Back Ground의 位置를 決定하였다.

斜長石과 K-長石에 대한 分析結果는 Table 5와 6에서 각각 보여주고 있으며, 酸素8에 대하여 각 元素에 대한 分配係數를 구하였다. 이를 根據로 長石에 대한 端成分을 알아보기 위하여 orthoclase(Or), albite(Ab) 그리고 Anorthite(An)成分의 mol. %을 三角圖에 點示하였다(Fig. 16).

斜長石에서 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩과 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩의 An含量은 각각 22.5~31.5와 26.6~31.1로 calcic oligoclase 내지 sodic andesine에 該當된다. 그리고 角閃石 閃綠岩의 An含量은 34.8~48.6로서 andesine에 該當된다. K-長石에는 An含量이 0.5% 以下로 모두 albite에 該當한다.

斜長石에 대한 Si 증가에 따른 K+Na와 Ca變化를 알아보기 위해 Si對 K+Na와 Si對 Ca의 相關圖를 Fig. 18에 表示했다. 여기서 보면 Si값이 증가함에 따라 K+Na값이 같이 증가하나 Ca값은 감소하는 경향을 보여주고 있는데, 角閃石 閃綠岩은 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩과 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩보다 K+Na와 Ca값의 變化範圍가 크게 나타남을 볼 수 있다(Fig. 18).

黑雲母에 대한 EPMA分析結果는 Table 7과 같으며, 酸素22에 대한 分配係數를 구하였다. Fe⁺²와 Fe⁺³의 分離는 Fe⁺² / (Fe⁺²+Fe⁺³)의 比를 0.2로 생각한 Staut(1972)를 따라 計算했으며, 이에 의해 Mg / (Mg+Fe⁺²)와 Fe⁺² / (Fe⁺²+Mg)의 몰 比를 구하였다.

黑雲母의 Mg / (Mg+Fe⁺²)의 比는 葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩이 0.41~0.42, 角閃石 閃綠岩이 0.52~0.53이다. 黑雲母內의 Fe⁺² / (Fe⁺²+Mg)의 比는 分化指數가 증가할수록 증가하는 경향을 보여주고 있어 이는 마그마의 分化傾向과 一致된다.

黑雲母의 端成分을 알아보기 위하여 Fe⁺² / (Fe⁺²+Mg)

Table 4. Rare-earth element analyses(ppm) for the igneous rocks in the Hamyang area.

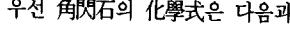
Foliated hornblende biotite granodiorite										Foliated Porphyritic granodiorite(Pfg)										
Gc102-1		Hy22		Gc43		Gc51		Hy30-1		Gc154		Gc16-1		Gc94-2		Hy51		Hy52		
ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	ppm	CN	
La	36	109	43	109.3	41	124	23	69.7	23	69.7	69	209.1	71	215.2	72	218.2	85	257.5	79	239.3
Ce	61	70.9	72	83.7	69	80	35	40.7	35	40.7	116	135.0	132	153.5	126	146.5	160	186.0	148	172.0
Nd	30	47.0	35	55.5	35	55.5	26	41.3	25	39.7	47	74.6	55	87.3	49	27.8	57	90.5	59	93.6
Sm	5.8	28	6.1	30.5	6.0	30	4.4	22.0	4.5	22.5	8.2	41	10.9	54.5	9.5	47.5	8.5	42.5	12.6	63
Eu	.8	10	1.0	12.5	1.0	12.5	.9	11.3	.9	11.2	1.1	13.7	1.5	18.8	1.0	12.5	.8	10	1.3	16.2
Dy	4.6	13.5	5.1	15	4.3	12.6	4.0	11.8	4.4	12.9	4.6	13.5	7.8	22.9	8.4	24.7	3.6	10.4	9.2	27
Yb	2.3	10.4	2.7	12.3	1.6	7.3	1.5	6.8	2.0	9.0	1.2	5.5	3.2	14.5	2.7	12.3	1.2	5.4	4.1	18.6
Σ REE	80.3			164.9		157.9		94.8		94.8	233.5		171.4		268.6		316.1		313.2	
LREE	72.6			156.1		151.0		88.4		87.5	226.2		165.4		256.5		310.5		298.6	
HREE	6.9			7.8		5.9		5.5		6.4	6.2		5.3		11.1		4.8		13.3	
Eu/Sm	0.14			0.16		0.20		0.13		0.22	0.22		0.10		0.09		0.10		0.10	
Pfg		Foliated fine grained biotite granodiorite																		
Gc41		Gc176		Gc105		Gc107		Gc103		Gc102-2		Hy37		Hy36		Hy40-2		Hy38-1		
La	59	178.8	36	78.7	48	145.5	40	121.2	37	112.1	70	212.0	86	260	44	133.3	43	130.3	56	169.7
Ce	100	116.3	37	43	86	100	69	80.2	66	76.7	122	141.0	161	187.2	83	96.6	74	86.0	15	122.1
Nd	41	65.1	19	30.1	36	57.1	32	50.8	31	61.9	49	77.7	61	96.8	37	58.7	35	55.5	42	66.7
Sm	6.9	34.5	2.7	13.5	6.6	33	5.2	26	5.0	25.0	8.2	41	11.5	57.5	6.5	32.5	6.5	32.5	7.2	36
Eu	.9	11.3	.6	7.5	1.3	16.3	1.0	12.5	1.1	13.7	1.4	17.5	1.0	12.5	1.2	15.0	.8	10.0	.9	11.2
Dy	4.2	12.4	1.9	5.6	2.3	6.8	3.6	8.8	2.8	8.2	2.7	7.9	6.0	17.6	3.5	10.3	4.7	13.8	2.8	8.2
Yb	1.9	9.6	1.1	5.0	.7	3.2	.6	2.7	.7	3.1	1.0	4.5	2.8	12.7	.7	3.2	1.1	5.0	.6	2.7
Σ REE	213.4			88.7	313.5		150.8		143.6		254.3		329.3		175.9		165.1		214.5	
LREE	206.9			84.7	309.2		146.2		139.0		249.2		319.5		170.5		158.5		210.2	
HREE	6.1			3.0		3.6		3.6		3.5		3.7		8.8		4.2		5.8		3.4
Eu/Sm	0.13			0.22		0.20		0.19		0.22	0.17		0.11		0.09		0.18		0.12	
Foliated leuco granite(Lfg)										Hornblende diorite										
Hy46		Gc153		Hy11		Gc94-1		Gc102-3		Gc42		Gc97		hY38-1						
La	14	42.4	7	21.2	33	100.0	39	118.2	8	24.0	45	136.4	42	127.3	62	187.9				
Ce	25	29.0	4	4.7	60	69.7	73	84.9	12	139.0	78	90.7	74	86.0	115	133.7				
Nd	15	23.8	6	9.5	28	44.4	33	52.4	10	15.8	36	57.1	39	61.9	51	59.3				
Sm	3.2	16	0	0	5.4	27.0	7.0	35.0	2.6	13.0	6.4	32.0	7.0	35.0	8.4	14.2				
Eu	4	5.0	.1	1.3	.9	11.2	.8	10	.2	2.5	1.1	13.8	.8	10.0	1.5	18.7				
Dy	2.7	7.9	.5	1.5	2.6	7.6	4.3	12.6	2.1	6.1	3.8	11.2	4.3	12.6	5.2	15.2				
Yb	.7	3.1	.9	4.1	.5	2.3	1.3	5.9	1.4	6.3	1.8	8.1	1.3	5.9	1.8	8.1				
Σ REE	61			18.5		130.4		158.4		36.3		172.1		158.4		244.9				
LREE	57.2			17.0		126.4		152.0		32.6		165.4		152.0		236.4				
HREE	3.4			1.4		3.1		5.6		3.5		5.6		5.6		6.0				
Eu/Sm	0.13			0		0.17		0.11		0.08		0.17		0.11		0.18		0.12		

對 Al^{IV} 및 Al^{VI} 과의 相關關係를 Fig. 19에 나타냈다. 여기서 보면 $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ 의 mol. 比는 거의 差異가 없으나 Al^{IV} 와 Al^{VI} 의 값이 약간의 差異가 있는 것을 알 수 있다. 여기서 火成岩類는 phlogopite-annite 領域으로 약간 편기되어 있는 것을 볼 수 있으며, 分化가 進行됨에 따라 eastonite-phlogopite 領域에서 siderophyllite-annite 領域으로 變化되어 가는 傾向을 보인다.

角閃石 閃綠岩의 角閃石에 대한 EPMA分析 結果는 Table 8에서 보여주며 計算方法은 Leake(1978)에 따랐다.

OH 와 F는 測定되지 않았으므로 IMA 기준에 따라 23個의 酸素에 대한 分配係數를 구했으며 다음과 같은 順序로 計算하였다.

우선 角閃石의 化學式은 다음과 같이 생각할 수 있다.



여기서 Si와 Al을 합하여 8을 만들고, 이때의 Al은 Al^{IV} 이고 8을 만들고 남은 Al은 Al^{VI} 된다. Al과 Ti, Fe, Mn 그리고 Mg을 합하여 5을 만들고 여기서 남은 것은 XM_{1-3} 이라 한다. XM_{1-3} 과 Ca 그리고 Na을 M_4Na 라 한다. 거기에서

Table 5. Representative electron microprobe analyses of plagioclase from igneous rocks in the Hamyang area. Hbfg ; Foliated hornblende biotite granodiorite Pfg ; Foliated Porphyritic granodiorite

	Hbfg					Pfg				Hornblende diorite				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
SiO ₂	63.93	61.24	61.77	62.21	60.69	61.65	61.46	61.32	62.79	59.51	57.83	63.82	57.05	57.13
Al ₂ O ₃	23.33	24.58	24.27	23.87	24.77	24.57	24.60	24.06	23.18	24.64	25.63	22.22	27.13	26.25
FeO(t)	0.05	0.16	0.13	0.04	0.08	0.07	0.03	0.03	0.04	0.01	0.09	0.04	0.04	0.13
CaO	4.54	6.77	6.34	5.30	6.43	5.93	6.38	6.08	5.23	7.16	8.48	4.22	10.02	10.57
Na ₂ O	8.57	8.02	8.24	8.45	7.85	7.98	7.80	7.35	7.88	7.32	6.67	8.98	5.77	5.62
K ₂ O	0.14	0.17	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16	0.10	0.15	0.10	0.14
Total	100.56	100.94	100.89	100.02	99.95	100.35	100.41	98.99	99.27	98.79	98.80	99.43	100.13	99.63
Numbers of ions on the basis of 8(O)														
Si	2.804	2.704	2.724	2.755	2.700	2.725	2.718	2.741	2.792	2.683	2.619	2.806	2.577	2.546
Al	1.206	1.279	1.261	1.246	1.299	1.280	1.282	1.268	1.215	1.309	1.368	1.186	1.433	1.420
Fe	0.002	0.006	0.005	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.002	0.002	0.005
Ca	0.213	0.320	0.300	0.252	0.307	0.281	0.302	0.291	0.249	0.346	0.412	0.209	0.481	0.520
Na	0.729	0.687	0.705	0.726	0.677	0.684	0.669	0.637	0.679	0.640	0.585	0.789	0.502	0.500
K	0.008	0.010	0.008	0.008	0.007	0.008	0.008	0.009	0.009	0.007	0.006	0.008	0.006	0.008
Or	0.8	0.9	0.8	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.6	0.8	0.6	1.1
Ab	76.7	67.5	69.6	73.6	70.3	70.3	68.3	68.0	72.5	64.3	58.3	78.4	50.8	48.6
An	22.5	31.5	29.6	25.5	30.9	28.9	30.9	31.1	26.6	34.8	41.1	20.8	48.6	39.9

Table 6. Representative electron microprobe analysis of K-feldspar from igneous rocks in the Hamyang area.

	Foliated hornblende biotite granodiorite								Foliated Porphyritic granodiorite						
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	65.14	65.32	64.74	64.65	64.80	65.16	64.78	64.97	64.91	65.30	65.16	64.76	64.78	64.98	
Al ₂ O ₃	18.04	18.24	18.11	18.27	18.15	18.27	18.24	18.35	18.48	18.35	18.52	18.32	18.26	18.64	
FeO(t)	0.00	0.06	0.02	0.00	0.03	0.08	0.06	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.05	0.04	
CaO	0.0	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	
Na ₂ O	0.26	0.92	0.62	0.96	0.98	1.68	1.32	0.40	0.43	0.74	0.57	0.76	0.98	1.08	
K ₂ O	16.94	15.46	15.85	15.75	15.67	14.56	15.19	16.18	16.04	15.74	15.93	15.86	15.67	15.27	
Total	100.38	100.00	99.35	99.65	99.63	99.77	99.59	99.93	99.88	100.15	100.18	99.70	99.80	100.01	
Numbers of ions on the basis of 8(O)															
Ca	3.008	3.009	3.007	2.997	3.002	3.002	3.999	3.002	2.999	3.005	3.000	2.999	2.997	2.992	
Al	0.982	0.990	0.991	0.998	0.991	0.992	0.995	1.000	1.006	0.995	1.005	1.000	0.996	1.012	
Fe	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	
Ca	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	
Na	0.023	0.082	0.056	0.086	0.088	0.150	0.118	0.036	0.039	0.066	0.051	0.068	0.088	0.096	
K	0.998	0.908	0.939	0.931	0.926	0.856	0.897	0.954	0.945	0.924	0.936	0.937	0.925	0.897	
Or	97.7	91.7	94.3	91.4	91.3	85.0	88.3	96.4	96.0	93.3	94.8	93.2	91.2	91.3	
Ab	2.3	8.3	5.6	8.5	8.7	14.9	11.7	3.6	3.9	6.7	5.2	6.8	8.7	9.7	
An	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	

만들고 남은 Na와 K를 합하여 A를 만든다. 이를 根據로 角閃石의 端成分을 알기 위해 IMA分類기준(Veblen et al., 1981)에 適用시켜 보면 (Ca+Na)B는 1.34이고 Na, B < 0.67範圍에 속하므로 calcic amphibole group에 속한다.

Al 對 K+Na의 變化圖(Deer et al., 1963)에서 角閃石 閃

綠岩의 角閃石은 common hornblende 領域에 속하며 K+Na의 값이 증가함에 따라 pargasite 領域으로 移動하는 것을 볼 수 있다(Fig. 19).

Si對 Mg/(Mg+Fe⁺)의 相關圖(Leake, 1978)에서는 ferro-hornblende나 magnesio-hornblende領域에 該當된다. 즉,

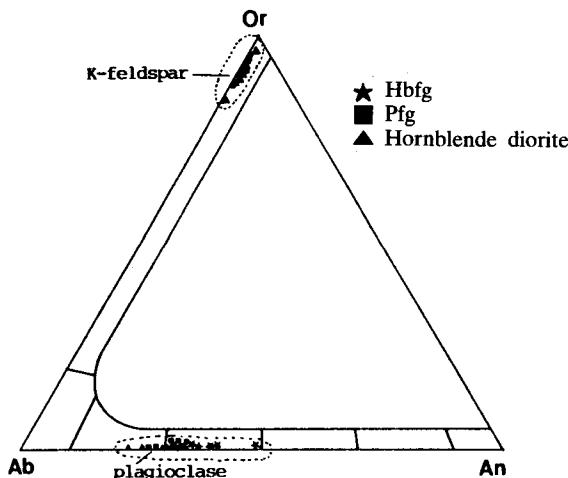


Fig. 16. Orthoclase(Or)-Albite(Ab)-Anorthite(An) diagram of plagioclase and K-feldspar for Igneous rocks in the Hamyang area.

Mg / (Mg+Fe²⁺)mol. 比가 0.5 以下일 때는 magnesio-hornblende 領域에 該當됨을 볼 수 있다(Fig. 20). 角閃石의 Mg / (Mg+Fe²⁺)의 mol. 比는 0.460~0.600 사이이다.

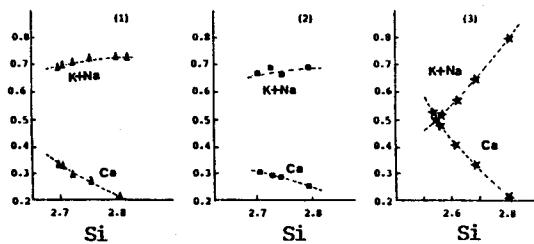


Fig. 17. The variation diagram of plagioclase for the Igneous rocks in the Hamyang area.
 (1) Foliated hornblende biotite granodiorite
 (2) Foliated porphyritic granodiorite
 (3) Hornblende diorite

火成岩類의 地質時代

研究地域에 分布하는 葉理狀 花崗岩類와 角閃石 閃綠岩에 대한 岩石의 絶對年齡 測定이 여려 學者들(김옥준, 1971; 金勇俊, 1989, 1988; 金勇俊과 이창신, 1988)에 의하여 행해졌다. 이들 地質年代 測定값은 Table 9에 나타냈다.

葉理狀 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩은 研究 地域의 咸陽岩

Table 7. Representative electron microprobe analyses of biotite from igneous rocks in the Hamyang area.

	Hbfg					Pfg					Hornblende diorite				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
SiO ₂	36.64	36.89	37.14	36.68	37.16	36.58	36.48	36.57	36.54	36.47	36.72	36.32	36.54	36.70	36.97
TiO ₂	2.09	2.17	2.34	2.80	1.94	2.65	2.21	2.33	2.02	1.83	3.27	1.70	2.19	1.42	1.51
Al ₂ O ₃	15.75	15.39	14.98	15.37	15.73	15.95	15.89	15.86	15.48	15.92	18.34	15.41	14.96	15.05	15.33
FeO(t)	19.70	19.88	19.25	19.72	19.57	21.74	22.02	21.40	21.21	22.10	14.39	18.94	18.50	18.84	19.23
MnO	0.50	0.58	0.59	0.54	0.66	0.40	0.38	0.33	0.36	0.32	0.33	0.23	0.27	0.29	0.20
CaO	0.00	0.01	0.01	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.23	0.27	0.29	0.20
MgO	10.44	10.22	9.91	9.82	10.16	8.37	8.63	8.60	8.55	8.52	11.30	12.33	11.45	11.94	12.27
Na ₂ O	0.06	0.16	0.03	0.11	0.07	0.07	0.11	0.06	0.10	0.09	0.04	0.06	0.10	0.04	0.06
K ₂ O	9.43	9.38	9.34	9.22	9.37	9.73	9.58	9.76	9.85	9.70	9.88	9.31	9.31	9.89	9.44
Total	94.61	94.68	93.59	93.67	94.68	95.49	95.30	94.91	94.11	94.95	94.26	94.25	94.32	94.20	95.01

Numbers of ions on the basis of 22(O)

Si	5.644	5.685	5.768	5.708	5.709	5.643	5.644	5.667	5.715	5.667	5.665	5.598	5.675	5.673	5.651
Al	2.356	2.315	2.232	2.292	2.291	2.357	2.356	2.333	2.285	2.333	2.335	2.404	2.325	2.327	2.349
Al	0.504	0.408	0.510	0.527	0.558	0.543	0.541	0.564	0.569	0.583	0.281	0.396	0.414	0.414	0.412
Ti	0.242	0.251	0.273	0.243	0.224	0.307	0.257	0.272	0.238	0.214	0.308	0.197	0.256	0.165	0.174
Fe	2.538	2.562	2.500	2.566	2.515	2.805	2.849	2.773	2.774	2.872	2.366	2.441	2.403	2.436	2.458
Mn	0.065	0.076	0.078	0.071	0.086	0.052	0.050	0.043	0.048	0.042	0.043	0.030	0.035	0.039	0.026
Mg	2.398	2.348	2.295	2.278	2.328	1.925	1.991	1.987	1.994	1.974	2.600	2.807	2.651	2.752	2.795
Ca	0.000	0.002	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.001	0.003	0.000
Na	0.018	0.048	0.009	0.033	0.021	0.021	0.033	0.018	0.030	0.027	0.011	0.018	0.029	0.012	0.016
K	1.853	1.844	1.851	1.830	1.837	1.915	1.891	1.930	1.965	1.923	1.944	1.830	1.845	1.951	1.840
Mg/(Mg+Fe)	0.490	0.480	0.480	0.470	0.480	0.410	0.410	0.420	0.420	0.410	0.520	0.530	0.520	0.530	0.530
Fe/(Fe+Mg)	0.514	0.526	0.521	0.529	0.519	0.593	0.589	0.582	0.581	0.592	0.476	0.465	0.475	0.469	0.468

Hbfg ; Foliated hornblende biotite granodiorite, Pfg ; Foliated Porphyritic granodiorite

體와 類似한 岩相을 보이는 長水岩體에서 角閃石에 대한 K-Ar 年齡이 203 ± 10.2 Ma로써 誤差範圍를 計算한다면 삼 첨기말에서 쥬라기초에 該當된다. 葉理狀 斑狀 花崗閃綠岩의 Rb-Sr全岩年齡은 200 ± 5 Ma(金勇俊 외, 1989 a)로 역시 삼 첨기말 내지 쥬라기초에 該當된다. 葉理狀 細粒質 黑雲母 花崗閃綠岩에 대한 黑雲母와 白雲母에 대한 $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36}$ 年齡은 각각 179 ± 0.5 Ma와 179 ± 9 Ma(金勇俊, 1986)로서 쥬라기中葉에 該當한다. 이 岩體와 비슷한 岩相을 보이는 尚州岩體에서는 角閃石에 대한 K-Ar年齡이 204 ± 10 Ma로

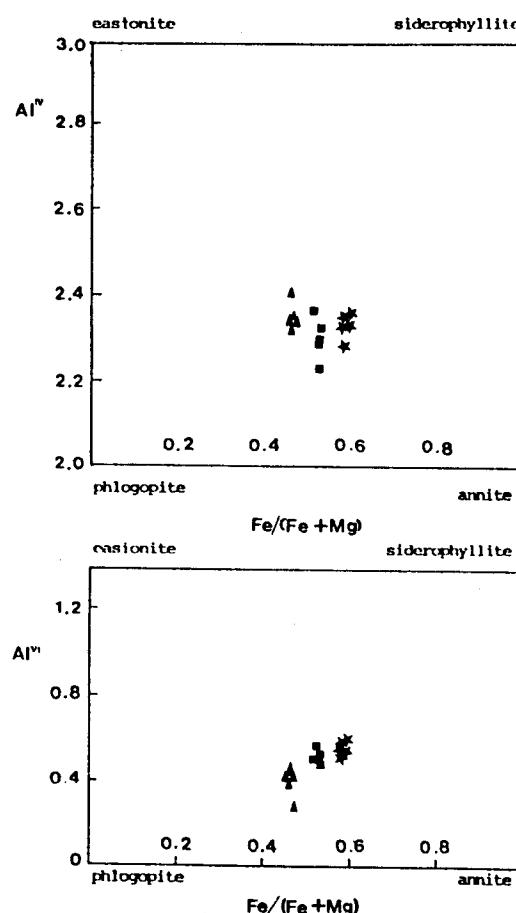


Fig. 18. Tetrahedral aluminum and octahedral aluminum vs. $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ ratio in biotites of the Igneous rocks in the Hamyang area.

삼 첨기말이나 쥬라기초에 해당되는데, 이와 같은 年齡의 差異가 나는 것은 年代測定에 使用된 鑄物의 凍結溫度(blocking temperature)의 差異에 의한 것으로 본다(金勇俊

Table 8. Representative electron microprobe analysis of hornblende from hornblende diorite in the Hamyang area.

	1	2	3	4
SiO_2	43.43	43.25	42.34	44.86
TiO_2	0.55	0.59	0.62	1.42
Al_2O_3	10.30	9.99	10.97	8.83
FeO(t)	18.27	18.94	19.34	16.43
MnO	0.35	0.28	0.39	0.37
MgO	9.77	9.82	9.26	10.79
CaO	11.28	12.72	11.39	11.11
Na_2O	1.21	1.17	1.23	1.20
K_2O	1.05	1.15	1.27	1.11
Total	96.10	96.91	96.81	96.14

Numbers of ions on the basis of 23(O)

	5	6	7	8
Si	6.666	6.623	6.513	6.815
Al	1.334	1.377	1.487	1.185
Al	0.529	0.427	0.501	0.396
ti	0.064	0.067	0.072	0.162
Fe	2.344	2.426	2.489	2.087
Mn	0.045	0.037	0.051	0.047
Mg	2.236	2.242	2.124	2.444
Ca	1.838	1.922	1.878	1.812
Na	0.360	0.348	0.366	0.353
K	0.206	0.224	0.249	0.216
$\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$	0.490	0.480	0.460	0.540

	5	6	7	8
SiO_2	45.71	44.70	48.54	43.33
TiO_2	1.66	0.27	0.84	0.54
Al_2O_3	8.47	9.03	5.95	10.50
FeO(t)	14.69	18.01	15.21	19.04
MnO	0.00	0.38	0.39	0.38
MgO	12.03	10.36	12.99	9.45
CaO	11.80	11.87	11.80	11.79
Na_2O	1.20	1.15	0.79	1.23
K_2O	0.81	0.86	0.55	1.19
Total	96.38	96.63	97.07	97.45

Numbers of ions on the basis of 23(O)

	5	6	7	8
Si	6.852	6.810	7.201	6.602
Al	1.148	1.190	0.799	1.398
Al	0.348	0.430	0.241	0.487
ti	0.187	0.032	0.094	0.062
Fe	1.842	2.295	1.887	2.426
Mn	0.000	0.049	0.049	0.049
Mg	2.688	2.353	2.873	2.146
Ca	1.895	1.937	1.875	1.925
Na	0.349	0.340	0.226	0.363
K	0.115	0.116	0.105	0.230
$\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$	0.590	0.510	0.600	0.470

외, 1989 a).

上記의 研究結果는 研究地域의 火成岩類 葉理가 比較的 잘 發達되어 있는 葉理狀 花崗岩類는 삼 첨기말에 해당되며,

角閃石 閃綠岩은 이들보다 젊은 쥬라기 中期에 해당됨을 알려준다. 그리고 同一 岩體內에서도 年代測定에 使用된 鑽物에 따라서 年齡에 큰 차이가 나는 것은 측정에 사용된 광물의 凝結溫度(blocking temperature)와 密接한 關係가 있다.

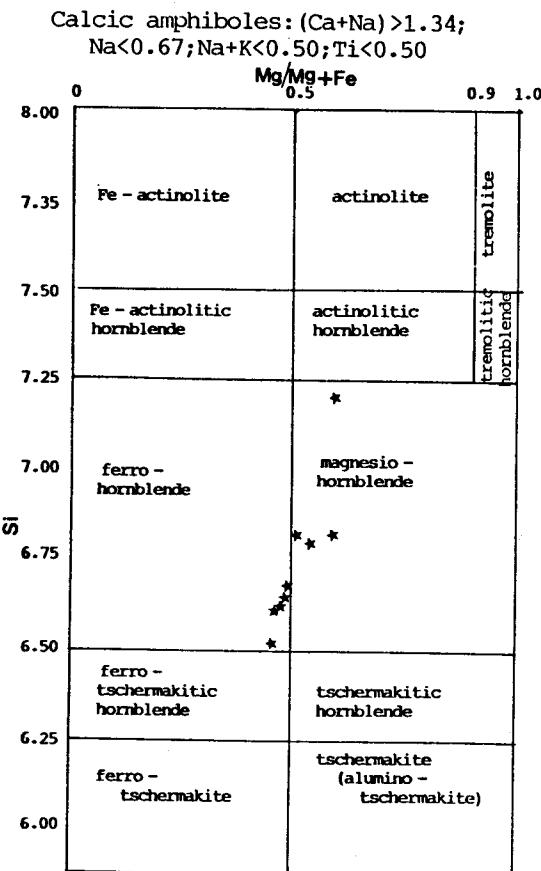


Fig. 20. Endmember of Amphiboles in hornblende diorite on IMA Amphibole classification(After Leake, 1978).

韓國에서 中生代初부터 中葉에 이르는 火成活動은 地殼變動과 결부해서 생각해 볼 때 삼첩기말에 있었던 松林變動과 쥬라기초에서 백악기초까지 걸쳐 일어났던 大寶造山運動과 密接히 關係된다(李大聲, 1972).

研究地域의 火成岩類를 地質時代와 岩相의 組織등을 고려하여 比較할 때 葉理狀 花崗岩類는 松林變動에, 角閃石 閃綠岩은 大寶造山運動에 隨伴된 火成活動의 產物로 思料된다(金勇俊외, 1988).

本研究地域의 火成岩類는 수차례에 걸친 地殼變動과 그에 따른 火成活動의 產物들로 이루어져 있기 때문에 이들에 대한 正確한 生成時期를 알아내는 일은 쉬운 일이 아니다. 따라서 보다 正確한 地質時代를 決定하기 위해서는 精密野外調查를 實施하여 가능한 한 地殼變動에 의한 影響을 받지 않았거나 적게 받은 部分을 택하여 試料를 採取하고 이들 試料에 대한 絶對年齡 測定도 두 가지 이상의 測定方法을 使用하여 이들 값이 일치되도록 하는 것이 바람직하다.

앞으로 보아 다양한 絶對年齡測定에 대한 研究가 이루어

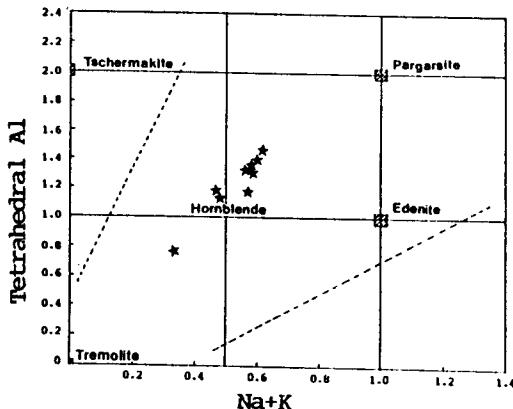


Fig. 21. The chemical variation plots of Al vs. Na+K of Hornblende in Hamyang Hornblende diorite.(adapted from Deer, Howie, Zussman, 1963).

Table 9. Isotopic ages of igneous rocks in vicinity of the Hamyang area.
Hbfg ; Foliated hornblende biotite granodiorite, Pfg ; Foliated porphyritic granodiorite, Fgr ; Foliated fine grained biotite granodiorite, Di ; Hornblende diorite.

Rock name	Area	Isotopic age(Ma)	Material Analysed	Geological period	Reference
Hbfg	Hamyang	203±5(Rb/Sr)	whole rock	Triassic	Kim, Y. J.(1989)
Pfg	Hamyang	200±5(Rb/Sr)	whole rock	Triassic	Kim, Y. J.(1989)
Fgr	Hamyang	179±5(Ar^{40}/Ar^{39})	Biotite	Mid. Jura.	Kim, Y. J.(1986)
Fgr	Seongju	204±10(K/Ar)	Hornblende	Triassic	Kim, Y. J.(1988)
Di	Anue	179±9(K/Ar)	Hornblende	Jurassic	Kim, Y. J.(1989)

제각岩相에 대한 보다正確한地質時代가決定되었으면 한다.

結論

咸陽地域에分布하는火成岩類에 대한岩石化學의特徵은 다음과 같다.

- 研究地域의火成岩類는 삼첩기의葉理狀花崗岩類와 쥬라기의角閃石閃綠岩으로構成되어 있다.
- 葉理狀花崗岩類는構成礦物과組織에따라葉理狀角閃石黑雲母花崗閃綠岩,葉理狀斑狀花崗閃綠岩,葉理狀細粒質黑雲母花崗閃綠岩그리고葉理狀優白質花崗岩으로區分되며,이들사이의時間的間隔은크지않다.
- 葉理狀花崗岩類는酸化物一分化指數關係등主成分元素와微量元素의化學的性質에따르면葉理狀角閃石黑雲母花崗閃綠岩→葉理狀斑狀花崗閃綠岩→葉理狀細粒質黑雲母花崗閃綠岩→葉理狀邊白質花崗岩順으로分化된產物로推定되며,이들은세계의平均喀氏— 알칼리암석계열(calc alkali rock series)分布와Skaergaardintrusive分化傾向과비교해볼때酸素分壓이높은喀氏— 알칼리암석계열(calc alkali rock series)分化傾向과一致된다.
- 葉理狀花崗岩類는알카리가적당한peraluminous로서알카리—石灰指數는60程度의calc-alkali rock이며火成起源의마그마로부터形成된I-type의花崗岩類이다.
- 葉理狀花崗岩類의마그마類型은Niggli_{alk}對_{al}相關圖에서는대체로알카리가豐富하거나中間인類型에,그리고_{fm}對_{al}相關圖에서는salic類型에該當된다.
- 研究地域의火成岩類의生成時期는Rb-Sr全岩年齡과K-Ar年齡에의해葉理狀花崗岩類는 삼첩기末에속하고,角閃石閃綠岩은쥬라기中葉에該當한다.이들年齡을南韓의主要한造山運動과비교해볼때,葉理狀花崗岩類가松林變動期火成活動에,角閃石閃綠岩이大寶造山運動期에生成된火成活動의產物로思料된다.

参考文献

- 권치순(1986),大田—公州間에分布하는花崗岩質類의地質時代와岩石化學.延世大學校博士學位論文.
- 김옥준(1971),南韓의新期花崗岩類의貫入時期의地殼變動.鑛山地質 제4권 제1호, p. 1-10.
- 金勇俊,李大聲(1983),石浦—德邱間에分布하는所謂洪濟寺

花崗岩의地質年代와生成過程에대한研究.鑛山地質 15, p. 163-221.

金勇俊(1986),嶺南地層에分布하는石期花崗岩質岩의地質年代와成因에對한研究.鑛山地質 제19권, 特別號, p. 151-162.

金勇俊,金正彬(1988a),長溪一任實間에分布하는火成岩類에대한岩石學的研究.地質學會誌 제24권 特別號, p. 87-110.

金勇俊,李昌伸(1988b),長水—雲峰地域에分布하는火成岩類와火成活動에대한研究.제24권 特別號, p. 111-131.

金勇俊,趙驥龍,朴永錫(1989a),居昌地域에分布하는中生代火成岩類에대한研究.鑛山地質 제22권, 제2호, p. 117-127.

金勇俊,朴永錫,朱昇煥,吳敏秀(1989b),沃川地向斜帶東南帶에서의火成活動(I),—南原—居昌—尚州地域을中心으로—,鑛山地質 제22권, 제4호.

윤현수(1985),咸白盆地南部 및基盤地域에分布하는花崗岩質岩類의岩石化學的研究.延世大學校博士學位論文.

李大聲(1972),韓國의酸性深性岩類研究의몇가지課題,鑛山地質 제5권, 제1호 p. 21-38.

진명식(1981),南韓에分布되어있는쥬라기및백악기火成岩類의化學造成과造構造환경에 대하여.地質學會誌 제21권, 제2호, p. 67-73.

홍세선(1985),槐山東南部에分布하는沃川層群의 속리산花崗岩에의한接觸變成에關한岩石化學的研究.延世大學校碩士學位論文.

Albee, A. L., and Ray, L., 1970, Correction factors for electron-probe microanalysis of silicate, oxides, carbonates, phosphates and sulfates; Anal. Chem., Vol. 42, p. 1408-1414.

Barker, D. S., 1970, Compositions of granophyre, myrmekite, and graphic granite, Geol. soc. Am. Bull., Vo. 81.

Barker, D. S., 1983, Igneous rocks, Prentice Hall, Inc, 417 p.

Barth, T. F. W., 1962, Theoretical petrology, Wiley, N. Y., 416 p.

Burris, C., 1964, Petrochemical calculations, Israel Program for Scientific Translations, P. 55-60.

Peacock, M. A., 1931, Classification of igneous rock series, J. Geol., V. 39, P.54-67.

Streckeisen, A. L., 1976, To each plutonic rocks in its proper name, Earth Sci. Rev., V. 12, P. 1-38.

Pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tidle, A. G.(1984), Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks; Jour. Petr., Vo. 25, p. 956-983.

Chappel, B. W., and White, A. J. R. 1974, Two contrasting granite types; Pacific Geology, Vol. 8, p. 173-174.

Cox, K. G., Bell, J. D., and Pankhurst, R. J. 1979, The interpretation of Igneous rocks; George Allen & Unwin Ltd.

- Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, I. 1962, Rock-forming minerals; Longmans.
- Hong, Y. K., 1987, Geochemical Characteristics of pre-cembrian, Jurassic and Cretaceous granites in Korea J. Korea ins. min. Geo., 20(1), p. 35-60.
- Hyndman, D. W., 1972, Petrology of Igneous and Metamorphic rock, p. 579p.
- Hyndman, D. W., 1985, Petrology of Igneous and metamorphic Rocks(2nd ed.), Mc-grow hill Co. 786p.
- Irvine, T. N., and Baragar, W. R. A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, can. Jour. Earth Sci., Vo. 8, p.523-542.
- Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geology, Japan, 27, p. 293-305.
- Leake, B. E., 1978, Nomenclature of amphiboles; Am. Mineral, Vol. 63, p. 1023-1052.
- Lee, Dai Sung, 1977, Chemical composition of petrographic assemblages of Igneous and related rocks in South Korea, J. Kor. Inst. Min. Geo., 10(2), P. 75-92.
- Mason, B., and Moor, C. B., 1982, Principles of geochemistry(4th ed); John Willy & Sons, 344p.
- Valsov, K. A., 1966, Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits, Israel program for scientific translations Ltd., 688p.

