

# 咸白盆地 南部地域에 分布하는 白堊紀 花崗岩質岩類의 岩石化學的 研究

尹 顯 秀\*

## Petrochemical Study on the Cretaceous Granitic Rocks in the Southern Area of Hambaeg Basin

Hyun Soo Yun

**Abstract:** The Geodo granodiorite intruded into the Joseon Supergroup is fine-grained at the marginal part, and medium-grained and more leucocratic at the central part. The Quartz monzonite porphyry intruded into Precambrian granite and Geodo granodiorite has abundant plagioclase phenocryst. The Imog granite intruded into the Yulri Group and the Joseon Supergroup is medium-grained biotite granite with partly pinkish feldspar phenocryst.

The K/Ar ages obtained from the biotite of the Geodo granodiorite and Imog granite are Early ( $111 \pm 1 \sim 107 \pm 1$  Ma) and Late ( $93 \pm 1 \sim 92 \pm 1$  Ma) Cretaceous, respectively. The K/Ar sericite age of the quartz-sericite zone of the lower Jangsan quartzite occurring in the western area gave much younger age (about 170 Ma) than that of the Jangsan quartzite, that might be reset due to the regional metamorphism of the Daebo orogeny.

The granitic rocks of the area are felsic to mafic, metaluminous to peraluminous, calc-alkalic (alkali-lime index  $\approx 57$ ) and I-type (magnetite-series) based on the chemical data. And they appear to have been fractionated at the order of Geodo granodiorite, Quartz monzonite porphyry and Imog granite.

In terms of mineralogy, geochemistry and K/Ar biotite age, a rock suite of monzodiorite, quartz monzodiorite and quartz monzonite-granodiorite in the Geodo stock was fractionally differentiated from a magmatic body from its margin to inward.

### 序 言

本 研究地域은 韓半島 中東部인 嶺南陸塊와 沃川帶가 접하는 咸白盆地의 南部一帶에 該當되며, 주로 先캄브리紀의 變成堆積岩類, 古生代 初期의 朝鮮累層群, 古生代 後期~中生代 初期의 平安層群 그리고 先캄브리아紀와 白堊紀의 花崗岩質岩類로 구성된다.

變成堆積岩類인 栗里層群은 本域의 基盤을 이루며 西碧里圖幅(李東雨·金相旭, 1965)과 玉洞圖幅(李大聲, 1966)에 넓게 分布된다. 栗里層群을 不整合의 으로 被覆하는 朝鮮累層群은 本域의 北部一帶(太白山地區 地質圖, 1962)에 發達되며, 이 朝鮮累層群과 栗里層群 一部를 貫入한 花崗岩質岩類는 K/Ar法에 의한 黑雲母 年齡測定結果 白堊紀 初期와 後期로 確認되었다.

本 研究의 目的은 이들 白堊紀 花崗岩質岩類의 年齡, 鑛物學的 및 地化學的 諸特徵, 分類 및 成因等의 糾明에 있으며 또한 本域一帶에서 일어난 火成活動과 廣域 變成作用의 時期等을 韓半島에서 일어난 造山運動期와 比較하였다.

끝으로 本 論文을 細心한 配慮와 指導로서 이끌어주신 李大聲教授任과 指導鞭撻을 아끼지 않으신 金玉準教授任, 故尹碩奎教授任, 李商萬教授任, 李河榮教授任께 感謝드립니다. 또한 動力資源研究所의 金相燁博士任, 文建柱博士任, 陳明植博士任의 많은 도움에도 感謝를 드립니다.

### 一 般 地 質

本 研究地域은 太白山-一壯山-每峰山-雲橋山을 基準으로 대체로 그 남쪽에는 變成堆積岩類인 先캄브리아의 栗里層群이, 그 북쪽에는 咸白向斜의 南翼部로서

\* 韓國動力資源研究所 石材產業資源研究室

Table 1 地質系統表.

第 四 紀	[沖積層					
	~不 整合~					
白 堊 紀	{ 酸性 및 鹽基性岩脈 梨木花崗岩 石英몬조니斑岩 一貫 入— 巨道花崗閃綠岩 一貫 入—					
上部石灰紀~ 트라이아스紀	[紅店, 寺洞, 高坊山, 綠岩層]平安層群					
	~不 整合~					
캠브리아紀~ 오오도비스紀	{ 莫洞石灰岩 斗務洞層 銅店珪岩 花折層 豊村石灰岩 描峯슬레이트 壯山珪岩	} 上東層群	} 朝鮮累層群			
				} 三陟層群		
				~不 整合~		
		先캠브리아紀		{ 巨晶質 花崗岩脈 一貫 入— 內德里花崗岩 濃矩里花崗岩 一貫 入— 古善里層 覺華寺層		

캠브로~오오도비스紀의 朝鮮累層群과 上部石灰紀~트라이아스紀의 平安層群이 分布한다. 이들 栗里層群, 朝鮮累層群 및 平安層群間은 各自 不整合 關係이다. (Table 1, Fig. 1).

花崗岩質岩類로는 先캠브리아紀에 栗里層群을 貫入한 濃矩里花崗岩, 內德里花崗岩 및 巨晶質 花崗岩脈이 있다(尹顯秀·李大聲, 1986). 또한 白堊紀에 朝鮮累層群을 貫入한 巨道花崗閃綠岩, 이 花崗閃綠岩과 濃矩里花崗岩을 貫入한 石英몬조니斑岩 및 栗里層群 一部와 朝鮮累層群을 貫入한 梨木花崗岩이 있으며 그의 全域에 걸쳐 鹽基性과 酸性岩脈이 產出된다.

**堆積岩類**

本 岩類에는 朝鮮累層群과 平安層群이 있다.

1) 朝鮮累層群에는 壯山珪岩, 描峯슬레이트, 豊村石灰岩과 花折層으로 構成된 下部의 三陟層群 그리고 銅店珪岩, 斗務洞層과 莫洞石灰岩으로 構成된 上部의 上東層群이 있다(鄭昌熙, 1969).

壯山珪岩은 白色내지 淡灰色을 띠는 珪岩層이다. 本層의 基底部는 多少의 變成作用을 받았으며 이는 西部로도 延長되어 本城의 西側 外龍里 一帶에서는 두께

10m 内外의 石英—絹雲母帶가 發達된다.

描峯슬레이트는 層理發達이 良好한 粘板岩이며 巨道花崗閃綠岩과의 隣接部는 혼펠스化 되었다. 豊村石灰岩은 層理發達이 不良한 비교적 純粹한 塊狀의 石灰岩이다. 花折層은 石灰岩과 세일 및 泥質石灰岩의 互層으로 構成되며 그 風化面은 蟲蝕狀 構造가 잘 發達된다.

銅店珪岩은 層厚 50m 内外의 灰白色, 淡褐色 및 黑色의 珪岩層이다. 斗務洞層은 石灰岩과 세일의 互層으로서 蟲蝕狀構造가 發達된다. 莫洞石灰岩은 石灰岩과 部分的으로 挾在되는 돌로마이트質 石灰岩으로 構成된다.

2) 平安層群은 紅店層, 寺洞層, 高坊山層 및 綠岩層으로 構成된다. 紅店層은 石灰岩과 돌로마이트質 石灰岩 그리고 部分的으로 挾在되는 세일層으로 構成된다. 寺洞層은 黑色砂岩과 세일로 構成되나 일부에서는 礫質砂岩도 發達된다. 高坊山層은 乳白色 및 灰色砂岩, 黑色세일 그리고 얇게 挾在되는 石炭層으로 構成된다. 綠岩層은 砂岩, 세일과 一部 礫質砂岩으로 構成된다.

**花崗岩質岩類**

本 岩類에는 巨道花崗閃綠岩, 石英몬조니斑岩과 梨木花崗岩이 있다. 그의 脈岩類가 散在된다.

1) 巨道花崗閃綠岩; 本岩은 壯山 東部에서 朝鮮累層群의 壯山珪岩, 描峯슬레이트, 豊村石灰岩, 花折層, 銅店珪岩 및 斗務洞層을 貫入한 橢圓型的 岩株로서 그 長短徑이 3.5×1.5km에 이른다. 또한 대체로 周邊部는 細粒質과 優黑質이나 中心部는 中粒質 및 優白質로서 粒狀組織을 이룬다.

本岩은 過去 白堊紀의 花崗斑岩으로 報告된 바 있으나 太白山地區地質圖(1962), 金圭鳳·尹容德(1973)은 本岩이 帶狀分布로서 中心部는 花崗閃綠岩으로 構成되고 緣邊部는 閃綠岩質내지 閃綠斑岩相이 發達된다고 하였다. 한편 張浩完·朴箕和(1982)는 本岩을 複合火成岩體로 보아 石英몬조閃綠岩은 그 外廓部에 花崗閃綠岩은 中心部에 該當되며 또한 後者의 貫入後 強力한 變質作用에 의해 上記 두 岩體內 一部가 淡紅色의 岩相으로 變하였고 巨晶의 長石脈이 發達된 경우가 確認된다.

그러나 本岩은 於坪을 基準으로 그 東部 最外廓은 몬조閃綠岩(Fig. 1의 (c) 部分), 이 보다 안쪽은 石英몬조閃綠岩 ((b)部分) 그리고 가장 內側은 石英몬조니岩—花崗閃綠岩 ((a)部分)으로 漸變하는 傾向을 보이며 이중 後者가 가장 큰 分布面積을 이루므로 本岩을 巨道花崗閃綠岩이라 부른다. 本岩에 대한 K/Ar年齡, 鑛物組成 및 岩石化學의 研究는 後述한다. 本岩北部에서

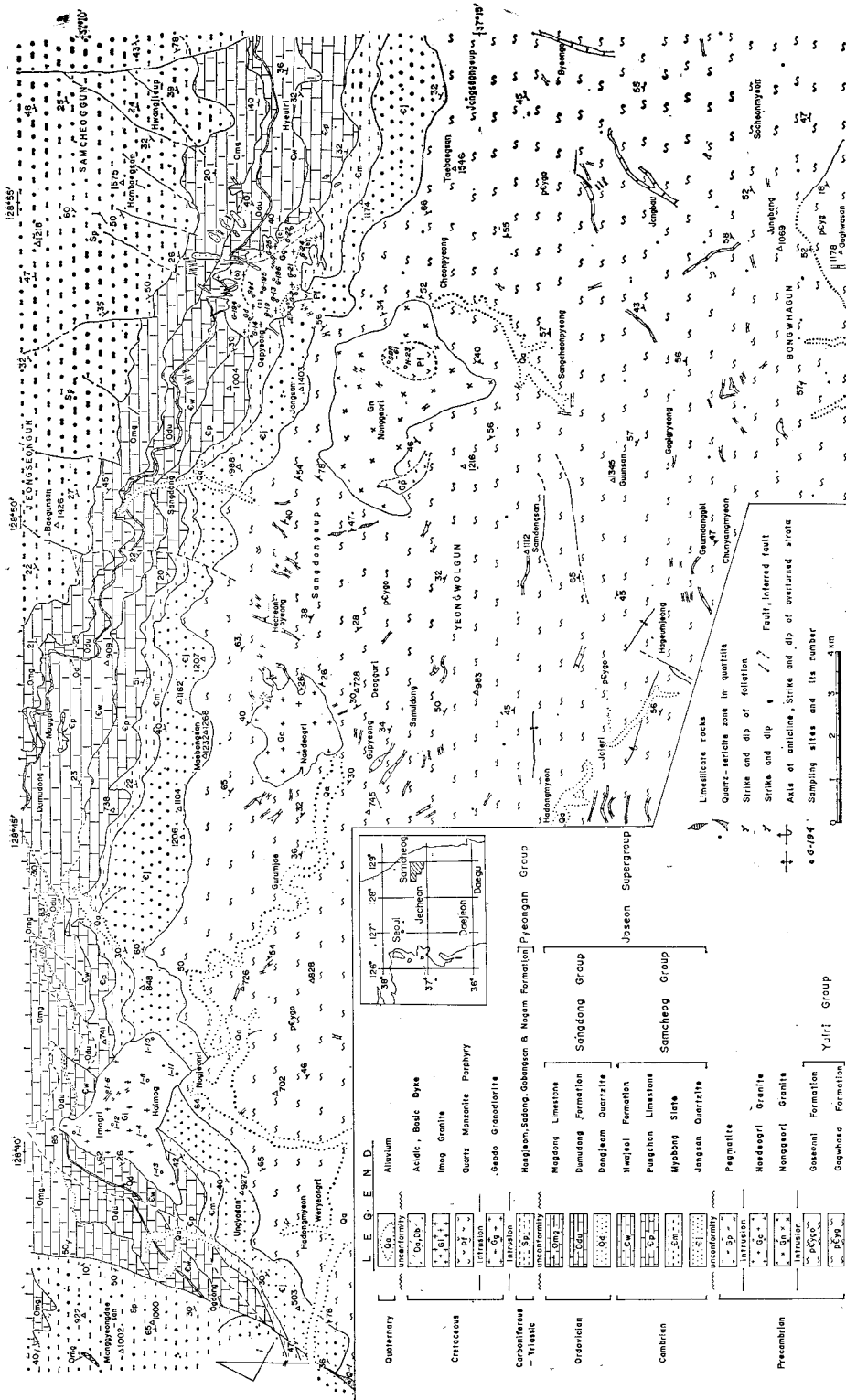


Fig. 1 Geologic map and sampling sites in the southern part of Hambae basin.

는 垂直의 紅色 長石脈이 數枚 平行하게 N22°E方向으로 發達되는 바, 이들 脈은 本岩의 cooling末期에 形成된 弱線帶를 따라 squeeze out된 分化後期 產物로 思料된다.

本岩이 周圍 堆積岩層에 끼친 熱的 影響은 그리 강하지 않은 편이며, 또한 本岩內에는 暗灰色의 細粒質 슬레이트, 심하게 혼펠스화된 것 또는 認知하기 힘든 暗灰色의 岩片들이 產出되는데 이들은 既存岩의 捕獲物로 보인다. 本岩中 黑雲母 年齡은 岩相變化에 關係없이 白堊紀 初期(K/Ar法)로 確認되었다.

2) 石英몬조니斑岩; 本岩은 濃矩里花崗岩의 東部에서는 작은 岩株狀으로, 北部에서는 N12°W~N24°E方向의 垂直脈狀으로 貫入 分布된다. 작은 岩株狀을 이룬 前者에서는 간혹 認知하기 어려운 暗灰色 捕獲物과 長石斑晶의 中心部가 erode out된 岩相도 觀察되며 周邊部로 갈수록 細粒質化 된다. 脈狀을 이룬 後者에서도 壁岩에서 안쪽으로 갈수록 粗粒質化되며 長石斑晶의 量이 增加된다.

또한 本岩은 巨道花崗閃綠岩內 여러곳에서 脈狀으로 發達하여 그 境界가 分明하나 남쪽에 接觸 貫入한 것은 漸移의인 關係를 보인다. 이들 脈의 方向은 대체로 N10°W~N32°E이며 垂直傾斜를 이룬다. 本岩은 또한 濃矩里花崗岩과 巨道花崗閃綠岩間에 分布된 古善里層 및 壯山珪岩을 貫入하였고 여기에서도 대체로 南北方向의 走向으로 發達된다.

本岩은 巨道花崗閃綠岩이 cooling한 後에 發達된 대체로 南北方向의 構造線을 따라 貫入한 것으로 解析된다. 本岩의 年齡은 Farrar等 (1978)이 斑岩으로 報告한 105±3.2Ma(K/Ar法의 黑雲母)로 推測된다.

3) 梨木花崗岩; 本岩은 本域 西北部 梨木里를 中心으로 上梨木과 下梨木 一帶에 分布된 岩株로서 古善里層 一部와 朝鮮累層群의 壯山珪岩, 貓峰슬레이트, 豊村石灰岩, 花折層, 銅店珪岩 및 斗務洞層을 貫入한 黑雲母花崗岩이다.

本岩은 北東部와 南西部에 接한 花折層에 심한 熱變質作用을 주어 塊狀의 乳白色 結晶質 石灰岩이 發達된다. 本岩內는 幅 數m의 酸性 및 鹽基性 岩脈이 產出되나, 本岩의 北東部에는 數十餘 m의 幅을 가진 優白質花崗岩類가 北西쪽으로 貫入分布된다. 이 岩類는 淡紅色을 띄며 本岩보다 더 細粒質이나 本研究에서는 酸性岩脈類로 다루었다. 本岩은 南쪽 周邊部인 下梨木道路邊에서 여러 種類와 크기의 捕獲物을 가지며, 이 중 片岩, 슬레이트 및 珪岩類는 比較的 잘 認知된다.

本岩은 部分的으로 斑晶質이며 中心部에서는 간혹 biotite segregation이 發達된다. 斑晶을 이룬 淡紅色長

石은 周邊部보다 中心部에서 더 增大되는 傾向이 있으며 최대 크기가 2cm에 達한다. 그러나 本岩은 대체로 中粒質의 粒狀組織을 이루며 그 年齡은 黑雲母에 의한 年齡測定結果(K/Ar法) 92±1~93±1 Ma로 白堊紀 後期에 속한다.

4) 鹽基性 및 酸性岩脈; 鹽基性岩脈類로는 暗灰色을 띄는 細粒質岩이며 煌斑岩으로 생각된다. 本岩類는 巨道花崗閃綠岩의 北東部와 北西部에서 朝鮮累層群을 數枚가 平行하게 南北~北東쪽으로 密集貫入하여 岩脈群(dyke swarm)을 이루기도 한다. 또한 梨木花崗岩을 그 北東側에서 N34°W 方向으로 貫入한다.

酸性岩脈類로는 石英脈과 石英斑岩이 優勢하다. 梨木花崗岩의 北部에서는 平行한 石英細脈이, 北東部에서는 石英斑岩과 優白質花崗岩類가 貫入分布된다. 이들 岩脈類들은 梨木花崗岩內에도 產出되므로 그 地質時代를 梨木花崗岩보다는 後기로 보았다.

#### 花崗岩質岩類와 珪岩類의 K/Ar年齡

本域에서 採取된 試料의 測定鑛物, K含量 및 年齡은 Table 2와 같다.

##### 花崗岩質岩類

巨道花崗閃綠岩의 黑雲母 年齡은 周邊部인 石英몬조閃綠岩質이 108±1~111±1Ma이며 中央部인 花崗閃綠岩質이 108±1~109±1Ma로 모두 白堊紀 初期에 該當된다. 이런 年齡差異로 부터 本岩은 時期를 달리하는 두개의 岩體(張浩完·朴箕和, 1982)라기 보다는 單一岩體로 思料된다(Faure, 1977). 本岩中 閃綠岩質의 黑雲母 年齡(K/Ar法)은 107Ma로 報告된 바 있다(金玉準, 1971).

梨木花崗岩의 黑雲母 測定年齡은 本岩北部와 南部의 것이 각각 92±1과 93±1Ma로서 모두 白堊紀 後期이다. 따라서 本岩과 巨道花崗閃綠岩은 佛國寺變動期에 該當되는 火成活動 產物이다. 한편 金玉準·金奎漢(1978)은 Imog granite proper와 本岩北東部 周邊部の 優白質 花崗岩(leucocratic granite)의 黑雲母 年齡(K/Ar法)을 각각 193과 94Ma로 報告한 바 있다. 그러나 이들중 Imog granite proper의 黑雲母中 K含量은 5.86%로서 本研究에서 採取된 試料의 7.21과 7.43%와는 큰 差異를 가진다(Table 2). 한편 Hong(1986)도 本岩中 黑雲母를 對象으로 K/Ar年齡測定結果 96.7±2.0Ma로 報告한 바 있다.

##### 壯山珪岩

本層의 基底部인 石英-絹雲母帶를 石英優勢部, 石英과 絹雲母混合部 및 絹雲母優勢部로 分離하여 測定한 結果, 그 年齡은 石英優勢部가 562±5Ma, 石英과

**Table 2** Analytical data and K/Ar ages in Sangdong area (Yun, 1983).

Sample and Reference		Mesh Size	K%	ccm 40 Arrad STP/g ( $\times 10^{-6}$ )	Age(Ma)
Geodo granodiorite	Gd	60/80	7.23	32.08	111 $\pm$ 1
	Ggd	60/80	7.17	30.93	108 $\pm$ 1
	G-194	60/80	7.66	33.22	108 $\pm$ 1
	G-195	60/80	7.21	31.41	109 $\pm$ 1
	G-196	60/80	7.58	32.76	107 $\pm$ 1
Imog granite	I-1	60/80	7.21	26.58	92 $\pm$ 1
	I-4	60/80	7.43	27.54	93 $\pm$ 1
Quartzite	Q-1	150/200	1.44	14.08	235 $\pm$ 5
		100/200	0.73	8.14	266 $\pm$ 5
		60/100	0.23	5.90	562 $\pm$ 5

絹雲母混合部가 266 $\pm$ 5Ma 그리고 絹雲母優勢部가 235 $\pm$ 5Ma로 報告되었다(Yun, 1983).

壯山珪岩의 地質時代는 캄브리아初期이므로 이들 235 $\pm$ 5Ma와 266 $\pm$ 5Ma는 絹雲母 形成이나 resetting 年齡이다(Jäger, 1977). 그리고 이들 값에 비해 562 $\pm$ 5Ma는 excess argon을 指示한다고 思料된다(Dalrymple & Lanphere, 1969). 또한 上記 3個 試料를 40Arrad對 K 含量의 關係圖에 圖示하면 純粹한 石英粒內의 excess argon量은 約  $4 \times 10^{-6}$  ccm STP/g에 該當된다(Fig. 2). 그리고 絹雲母外에 石英이 包含되어 있는 絹雲母優勢部의  $14.08 \times 10^{-6}$  ccm STP에서 (Table 2) 이 excess argon量을 減하면 純粹한 絹雲母 形成時期는 約 170Ma로 計算된다. 따라서 本城西側 外龍里一帶에 發達된

石英-絹雲母帶의 變成時期는 大寶造山運動期와 같은 時期로 解析된다. 本城 北部一帶에 分布된 咸白向斜는 東西方向의 大規模 褶曲과 北東-南西方向의 小褶曲等으로 區分되며 이중 後者의 褶曲軸은 大寶造山運動으로 휘게된 것으로 報告된 바 있다(金玉準, 1971).

**花崗岩質岩類의 鑛物組成**

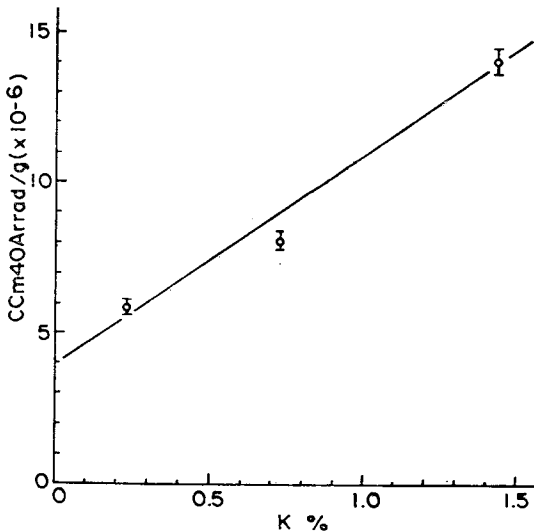
本岩類의 構成鑛物, 모우드 分析값 및 Streckeisen (1976)에 의한 modal quartz-K-feldspar-plagioclase(以下 QAP) 三角圖는 아래와 같다(Table 3, Fig. 3).

**巨道花崗閃綠岩**

本岩은 前述된 바와 같이 周邊部에서 中心部로 갈수록 單斜閃綠岩, 石英單斜閃綠岩, 石英單斜斑岩-花崗閃綠岩으로 漸變되는 傾向을 대체로 보인다(Fig. 3).

石英은 波狀消光을 하며 크기는 최대 2.4mm에 이르기기도 하나 대체로 0.3~1.3mm이다. 正長石은 半自形 또는 他形으로서 칼스바드 雙晶이나 間隙狀(interstitial phase)을 이룬다. 本岩 北部의 紅色長石脈은 string이나 patchy形 피다이트集合體로서 他形을 이루며 斜長石, 黑雲母, 角閃石 및 스펀 등과 포이킬릭 構造를 이루기도 한다. 이중 스펀만이 自形을 이루며 一部 斜長石은 多少 彎曲된 劈開가 發達되는데 이는 本岩의 cooling 末期에 弱線帶를 따라 squeeze out中 變形(deformed)된 것으로 보인다. 斜長石은 lath-like나 plate form을 이루며 대체로 累帶構造를 이룬다. 이 鑛物은 알바이트나 칼스바드-알바이트 雙晶이 主이고, 대체적인 크기는 一部 斑晶을 除外하면 0.2~2.8mm에 이른다. 消光角은 11°~17°(An29~35)로 올리고크레이스~안테신에 該當되나 後者가 優勢하다.

黑雲母는 一部 淡綠色을 띠나 暗褐色이 主이며, 自



**Fig. 2** Relation of 40 Ar rad and potassium content from quartz-sericite zone of Jangsan quartzite (Yun, 1983).

Table 3 Modal compositions of Cretaceous granitic rocks.

%\pt	Qz	K-f	Pl	Bi	Hb	Mu	Ap	Sp	Zr	Opa	Tor	Ch	Cab
Geodo granodiorite													
G-13	361	384	939	75	112	93	1	9	—	19	—	7	—
	18.05	19.2	46.95	3.75	5.6	4.65	0.05	0.45	—	0.95	—	0.35	—
G-14	168	503	790	148	138	170	8	5	5	37	4	24	—
	8.4	25.15	39.5	7.4	6.9	8.5	0.4	0.25	0.25	1.85	0.2	1.2	—
G-19	294	581	740	4	130	197	4	38	4	8	—	—	—
	14.7	29.05	37	0.2	6.5	9.85	0.2	1.9	0.2	0.4	—	—	—
G-21	324	445	828	160	55	157	4	3	3	19	1	1	—
	16.2	22.25	41.4	8	2.75	7.85	0.2	0.15	0.15	0.95	0.05	0.05	—
G-22	38	151	1019	271	19	456	7	—	2	29	—	11	—
	1.9	7.75	50.95	13.55	0.95	22.8	0.35	—	0.1	1.45	—	0.55	—
Ggd	328	402	904	113	81	149	2	6	3	12	—	—	—
	16.4	20.1	45.2	5.65	4.05	7.45	0.1	0.3	0.15	0.6	—	—	—
Gd	219	96	821	416	27	377	5	4	1	32	—	2	—
	10.95	4.8	41.05	20.8	1.35	18.85	0.25	0.2	0.05	1.6	—	0.1	—
G-196	391	373	872	134	86	129	3	7	—	8	—	3	—
	19.55	18.65	43.6	6.7	4.3	6.45	0.15	0.35	—	0.4	—	0.15	—
G-24	129	119	953	353	104	228	5	6	—	20	—	6	17
	10.45	10.95	47.65	17.65	5.2	14.4	0.25	0.3	—	1	—	0.3	0.85
Quartz monzonite prophyry													
G-2	221	550	838	105	67	182	1	5	2	29	—	—	—
	11.05	27.75	41.9	5.25	3.35	9.1	0.05	0.25	0.1	1.45	—	—	—
G-25	284	539	705	74	139	227	2	2	—	23	—	4	1
	14.2	26.95	35.25	3.7	12.95	11.35	0.1	0.1	—	1.15	—	0.2	0.05
N-23	286	619	757	45	57	43	2	8	—	44	—	63	76
	14.3	30.95	37.85	2.25	2.85	2.15	0.1	0.4	—	2.2	—	3.15	3.8
SBR-61	143	628	756	19	89	307	2	18	—	10	—	17	11
	7.15	31.4	37.8	8.95	4.45	15.35	0.1	0.9	—	0.5	—	0.85	0.55
N-24	173	711	855	71	25	28	2	5	—	19	—	61	50
	8.65	35.55	42.75	3.55	1.25	1.4	0.1	0.25	—	0.95	—	3.05	2.5
Imog granite													
I-1	622	420	703	196	42	—	2	1	1	10	—	3	—
	31.1	21	35.15	9.8	2.1	—	0.1	0.05	0.05	0.5	—	0.15	—
I-4	755	432	524	234	28	—	1	—	2	3	—	1	—
	38.75	21.6	26.2	11.7	1.4	—	0.05	—	0.1	0.15	—	0.05	—
I-6	685	407	708	163	10	—	2	1	1	13	—	9	—
	34.25	20.35	35.4	8.15	0.5	—	0.1	0.05	0.05	0.65	—	0.45	—
I-8	735	469	609	130	36	—	2	1	—	13	—	5	—
	36.75	23.45	30.45	6.5	1.8	—	0.1	0.05	—	0.65	—	0.25	—
I-10	622	544	648	143	36	—	1	1	tr	5	—	—	—
	31.1	27.2	32.4	7.15	1.8	—	0.05	0.05	tr	0.25	—	—	—
I-11	797	489	571	110	26	—	2	—	tr	5	—	—	—
	39.85	24.45	28.55	5.5	1.3	—	0.1	—	tr	0.25	—	—	—

I-12	629	691	548	104	2	—	3	1	2	16	—	4	—
	31.45	34.55	27.4	5.2	0.1	—	0.15	0.05	0.1	0.8	—	0.2	—
I-13	721	477	601	69	33	—	2	14	2	10	—	60	11
	36.05	23.85	30.05	3.45	1.65	—	0.1	0.7	0.1	0.5	—	3	0.55

Qz; quartz K-f; potassic feldspar Pl; plagioclase Bi; biotite Hb; hornblende Py; pyroxene Ap; apatite Sp; sphene Zr; zircon Opa; opaque Tor; tourmaline Ch; chlorite Cab; carbonate

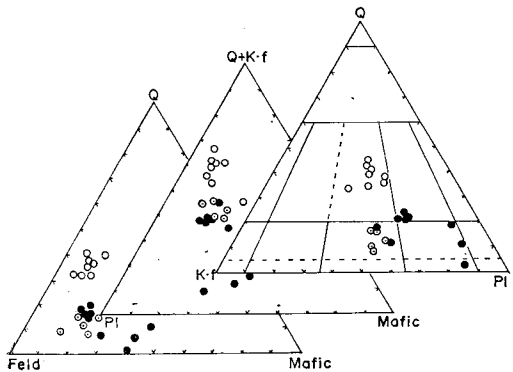


Fig. 3 Triangular diagrams of modal composition for Geodo granodiorite (full circles), Quartz monzonite porphyry (dotted circles) & Imog granite (open circles).

形을 이룬 磷灰石이나 스핀 등과 포이킬릭 構造를 이루기도 한다. 角閃石은 淡綠色이나 綠色을 띄며, 自形, 半自形 또는 他形을 이루고 周邊部가 綠泥石化 되기도 한다. 輝石類는 淡綠色을 띄며 半自形이나 간혹 自形을 이루며 黑雲母에 交代도 된다. 消光角은 15°~16°가 優勢하다.

磷灰石과 스핀은 거의가 黑雲母나 角閃石의 含有物로 나타난다. 自形을 이룬 스핀은 對稱消光을 보이며 劈開는 rhombic section에 對角線으로 發達된다. 不透明 鑛物은 거의가 磁鐵石이고 一部 褐鐵石(EPMA定性分析)이나, 本岩 南側一部에서는 閃亞鉛石이 黑雲母의 劈開를 따라 發達되기도 한다. 綠泥石은 板狀이나 flake aggregates를 이루며 一部는 黑雲母의 relicts를 가진다. 炭酸鹽鑛物은 本岩 南端一部에서 觀察된다. 이 鑛物의 fine aggregates를 이룬 細脈이 黑雲母, 角閃石, 輝石, 斜長石, 石英 등을 낀바 이는 微細한 fractures를 따른 二次的 filling으로 解析된다.

石英몬조니斑岩

本岩은 modal QAP三角圖에서 石英몬조니岩이나 斑晶質이므로 石英몬조니斑岩이라 부른다(Fig. 3). 斑晶은 주로 斜長石, 角閃石, 輝石과 黑雲母이나 이중前者가 가장 크고 많은 含量을 가진다.

石英은 斑晶을 이룬 경우 크기가 2.7×1.2mm(長·

短徑)에 달하며, 주로 他形을 이루지만 炭酸鹽鑛物이나 正長石과 接한 것은 半自形도 이룬다. 正長石은 칼스바드 雙晶이나 間隙狀을 이루고 그래픽 構造도 發達되며 角閃石이나 黑雲母의 劈開나 周邊部를 交代도 한다. 斜長石은 累帶構造를 이루며 斑晶의 크기가 最大 7×2.2mm에 달한다. 消光角은 14°~18° (An32~36)로 모두 앞데신에 該當된다.

黑雲母에 褐色내지 暗褐色을 띄며 板狀이나 一部 pseudo-hexagonal form도 이룬다. 角閃石은 一部 褐色도 띄나 거의가 綠色이며 15°~17°의 消光角을 가진다. 이 鑛物에는 炭酸鹽鑛物이 patch狀 또는 劈開面에 斜交내지 平行하게 發達되며 角閃石內의 스핀까지도 交代한다. 이런 炭酸鹽鑛物은 角閃石의 變質產物로 解析된다. 輝石類는 綠色을 띄고 他形, 半自形 또는 간혹 自形을 이루며 雙晶面이 發達된다. 또한 正長石, 磁鐵石 및 炭酸鹽鑛物 등과 포이킬릭 構造를 이루는데 炭酸鹽鑛物은 역시 輝石類의 變質產物로 보인다(Deer et. al., 1962).

磷灰石과 스핀은 輝石, 角閃石, 黑雲母, 綠泥石과 正長石 등에 含有된다. 스핀은 rhombic section을 이루거나 黑雲母의 劈開를 따라 aggregated form으로 發達되기도 한다. 不透明 鑛物中 閃亞鉛石은 角閃石과 炭酸鹽鑛物을 交代하는 elongate tabular form을 이룬다. 綠泥石은 flake aggregates나 板狀을 이루며 平行消光을 보인다. 炭酸鹽鑛物은 twin plane이나 fine aggregates를 이루며 한 方向이나 rhombic cleavage를 보인다.

梨木花崗岩

本岩은 modal QAP三角圖에서 모두 花崗岩에 該當되며 그중 몬조花崗岩에 속한다(Fig. 3).

石英은 波狀消光을 하며 대체적인 크기는 1.1~4.5 mm이고 불규칙한 것 보다는 다소 平行한 fracture가 發達되기도 한다. 페다이트는 string이나 patchy type으로서 칼스바드 雙晶을 이루며 本岩의 中心部보다 周邊部에서 더 잘 發達되는 傾向을 보인다. 微斜長石은 角閃石, 黑雲母 및 斜長石 등과 포이킬릭 構造를 이루기도 하며 本岩東部에서는 그래픽 構造를 이룬다. 斜長石은 알바이트나 칼스바드-알바이트 雙晶이 主이고 一部 페리클린 雙晶도 이룬다. 이 鑛物은 대체로 累帶構造를

Table 4 Major element oxides, normative minerals and Niggli values from the southern area of Hambag basin.

Geochemical data for Ggd granodiorite															
	G-13	G-14	G-19	G-21	G-22	*TB30	*TB31	*TB33	*S25	*S28	*K18	*GM-1	Ggd	Gd	G-196
SiO <sub>2</sub>	63.30	57.32	63.14	63.92	51.38	53.53	50.76	62.62	63.82	60.90	60.50	63.75	61.04	52.76	62.80
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.33	0.18	0.25	0.23	1.13	1.20	0.89	0.69	0.83	0.50	0.62	0.22	0.25	0.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.63	16.75	16.26	15.54	15.77	17.92	17.81	15.97	16.55	17.37	17.20	14.80	16.67	14.07	17.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.28	1.36	1.16	1.33	2.12	2.67	1.76	2.44	1.33	1.49	1.87	1.78	1.89	1.54	1.63
FeO	3.18	4.65	2.05	2.46	6.02	4.44	4.80	2.19	3.00	3.36	2.88	2.47	3.25	7.05	2.80
MnO	0.07	0.09	0.03	0.05	0.08	0.11	0.08	0.05	0.05	0.07	0.05	0.07	0.09	0.15	0.06
MgO	3.31	5.25	3.09	3.89	9.32	5.98	7.00	3.18	2.70	3.24	3.60	2.97	3.81	8.26	3.09
CaO	4.12	5.64	4.06	3.77	7.78	7.56	6.02	3.86	3.94	4.27	3.60	4.94	4.94	7.19	3.61
Na <sub>2</sub> O	3.67	3.71	4.04	3.77	2.73	2.99	2.63	3.60	3.61	3.75	3.21	3.76	3.67	2.32	3.49
K <sub>2</sub> O	3.31	3.46	4.13	3.52	1.66	1.68	1.64	3.16	3.35	3.86	2.95	3.21	3.13	1.63	3.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.44	0.11	0.16	0.39	0.10	0.12	0.04	0.01	0.01	0.20	0.23	0.16	0.48	0.16
Total	98.32	99.00	98.25	97.86	97.48	98.11	93.82	98.00	99.05	99.15	96.58	98.60	98.87	95.70	98.84

Normative Minerals															
	Q	Or	Ab	An	C	Di	Hy	O1	Mt	Il	Ap	Sum	Salic	Femic	D.I.
Q	14.88	2.04	11.05	15.84	0.00	4.43	3.97	16.94	16.31	9.22	15.49	16.43	10.94	3.66	15.74
Or	19.90	20.65	24.84	21.26	10.06	10.12	10.33	19.06	19.99	23.01	18.05	19.24	18.71	10.07	21.05
Ab	31.59	31.71	34.80	32.60	23.70	25.79	23.72	31.09	30.84	32.01	31.54	32.27	31.41	20.51	29.88
An	16.68	19.02	14.28	15.41	26.54	31.10	31.00	18.45	19.24	19.32	17.16	14.22	19.99	24.20	17.07
C	2.53	5.17	4.40	2.62	8.42	5.16	1.12	0.64	0.34	1.59	2.08	7.29	3.02	7.99	1.73
Di	11.57	17.69	8.29	9.40	20.88	16.98	24.35	8.37	9.94	11.02	11.37	6.16	12.32	29.49	11.28
O1	1.89	1.99	1.71	1.97	3.15	3.95	2.72	3.61	1.95	2.18	2.81	2.62	2.77	2.33	2.39
Mt	0.58	0.63	0.35	0.49	0.45	2.19	2.43	1.72	1.32	1.59	0.98	1.19	0.42	0.50	0.44
Il	0.35	1.02	0.26	0.38	0.92	0.23	0.29	0.09	0.02	0.02	0.48	0.54	0.37	1.15	0.37
Ap	99.96	99.94	99.97	99.97	99.92	99.94	99.93	99.97	99.96	99.95	99.96	99.97	99.96	99.90	99.96
Sum	83.04	73.43	84.97	85.11	60.30	71.44	70.14	85.53	86.38	83.55	84.32	82.17	81.05	58.44	85.47
Salic	16.92	26.51	15.00	14.85	39.61	28.50	29.79	14.44	13.58	16.40	15.64	17.80	18.91	41.46	14.49
Femic	66.36	54.41	70.69	69.70	33.76	40.34	38.02	67.08	67.14	64.23	65.08	67.94	61.06	34.24	66.67

Niggli Values															
	al	fm	c	alk	si	k	mg	qz	w	p					
al	33.04	28.63	34.62	34.27	22.20	28.31	28.89	34.25	35.92	34.48	36.19	31.63	32.18	21.43	36.76
fm	30.78	37.02	26.00	28.06	49.03	39.35	43.46	30.66	27.78	29.58	30.85	28.52	32.29	50.17	29.29
c	15.83	17.52	15.71	15.59	19.91	21.70	17.75	15.05	15.54	15.40	13.77	19.19	17.33	19.90	13.82
alk	20.34	16.83	23.67	22.08	8.85	10.64	9.90	20.04	20.76	20.54	19.18	20.65	18.20	8.50	20.12
si	227.10	166.25	228.13	239.18	122.76	143.48	139.73	227.90	235.04	205.12	216.04	231.24	199.95	136.34	224.51
k	0.37	0.38	0.40	0.38	0.29	0.27	0.29	0.37	0.38	0.40	0.35	0.36	0.36	0.32	0.40
mg	0.58	0.61	0.64	0.59	0.68	0.61	0.66	0.56	0.53	0.55	0.56	0.56	0.58	0.63	0.56
qz	45.74	-1.08	33.45	50.87	-12.66	0.91	0.14	47.75	52.00	22.97	39.31	48.64	27.17	2.33	44.02
w	0.27	0.21	0.34	0.33	0.24	0.35	0.25	0.50	0.29	0.29	0.37	0.40	0.35	0.17	0.35
p	-0.21	0.53	0.17	0.25	0.39	0.11	0.14	0.06	0.02	0.01	0.30	0.34	0.22	0.52	0.24



		Imog granite															
		Quartz monzonite porphyry															
		G-2	G-25	N-23	SBR-61	*EP-3	I-1	I-4	I-6	I-8	I-10	I-11	I-12	I-13	*S-17	*IM-1	*IM-2
SiO <sub>2</sub>		62.56	60.28	61.48	62.16	62.00	67.34	65.98	68.08	67.10	67.40	68.62	69.62	67.04	68.28	67.82	67.72
TiO <sub>2</sub>		0.30	0.27	0.23	0.27	0.67	0.17	0.24	0.17	0.25	0.22	0.23	0.13	0.14	0.70	0.33	0.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		16.42	16.12	15.48	17.05	16.50	15.79	16.33	15.62	15.55	15.88	15.68	15.26	15.21	15.80	13.33	15.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1.45	0.96	1.03	1.35	1.42	0.91	0.97	1.15	1.18	1.28	0.95	0.83	1.33	1.71	2.84	3.75
FeO		3.28	4.72	3.59	3.35	2.60	2.60	2.87	2.19	2.46	2.46	2.43	2.05	2.39	2.12	2.04	0.08
MnO		0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.36	0.04	0.08
MgO		2.08	4.03	3.17	3.15	2.42	1.25	1.58	2.76	1.35	1.46	0.83	1.07	0.80	0.38	0.96	1.42
CaO		4.17	4.29	3.27	3.21	3.24	2.99	3.33	2.02	2.88	3.02	2.65	2.37	3.10	3.32	2.55	3.32
Na <sub>2</sub> O		3.29	3.53	3.86	4.04	4.06	4.17	3.82	3.08	3.17	3.10	3.20	3.00	3.08	2.97	5.52	3.65
K <sub>2</sub> O		3.29	3.26	3.35	3.61	4.39	4.17	3.82	4.08	3.88	3.98	3.95	4.22	3.77	3.78	2.56	3.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.19	0.22	0.21	0.19	0.02	0.12	0.15	0.13	0.14	0.11	0.13	0.09	0.11	0.48	0.08	0.14
T total		97.56	97.76	95.45	98.46	97.36	98.46	98.55	98.52	98.69	98.97	98.74	98.69	97.34	99.90	96.03	99.41

Normative Minerals

Q		15.29	9.80	13.34	11.86	10.12	24.29	22.05	26.52	24.32	24.61	27.14	28.65	26.45	29.34		
Or		19.93	19.71	20.74	21.67	24.64	25.03	22.91	24.47	23.23	23.77	23.64	25.27	22.89	22.36		
Ab		32.53	30.56	34.22	34.72	38.16	26.30	27.56	26.03	27.18	26.51	27.42	25.72	26.78	25.16		
An		18.71	18.93	14.87	14.93	13.68	14.28	15.78	13.05	13.56	14.42	12.46	11.32	15.07	13.40		
C		1.02	1.13	0.57	1.13	2.17	1.11	1.23	1.53	1.25	1.25	1.65	1.68	1.01	1.92		
Di		9.30	17.34	13.67	12.70	7.72	7.01	8.18	6.05	7.89	6.85	5.50	5.64	5.26	2.89		
Hy		2.15	1.42	1.56	1.99	2.11	1.34	1.43	1.69	1.73	1.88	1.39	1.22	1.98	2.48		
Ol		0.58	0.52	0.46	0.52	1.31	0.33	0.46	0.33	0.48	0.42	0.44	0.25	0.27	1.33		
Il		0.45	0.52	0.51	0.44	0.05	0.28	0.35	0.30	0.33	0.26	0.30	0.21	0.26	1.11		
Ap		99.95	99.95	99.95	99.95	99.96	99.96	99.96	99.97	99.98	99.97	99.97	99.97	99.97	99.98		
Sum		86.45	78.99	83.18	84.31	86.61	91.01	89.54	91.60	89.54	90.56	92.32	92.65	92.19	92.17		
Salic		13.50	20.94	16.77	15.65	13.35	8.96	10.42	8.37	10.43	9.41	7.64	7.32	7.78	7.81		
Femic		67.74	60.06	68.30	68.25	72.92	75.62	72.52	77.02	74.74	74.89	78.21	79.64	76.11	76.85		
D.I.																	

Niggli Values

al		36.06	31.36	33.31	35.57	36.15	40.67	39.68	41.30	39.25	40.07	42.55	42.65	41.40	42.20		
fm		25.93	35.30	31.76	30.24	25.49	20.73	22.73	20.58	23.77	22.35	18.49	18.75	19.14	17.71		
c		16.65	15.17	13.04	12.17	12.90	14.00	14.71	13.26	13.21	13.85	13.07	12.04	15.04	16.12		
alk		21.37	18.17	21.89	22.02	25.45	24.59	22.88	24.86	23.77	23.74	25.89	26.56	24.42	23.98		
si		233.14	199.03	228.92	220.05	230.53	294.35	272.08	305.47	287.44	288.57	315.98	330.20	303.69	309.46		
k		0.37	0.38	0.36	0.37	0.38	0.47	0.44	0.47	0.45	0.46	0.45	0.48	0.45	0.46		
mg		0.45	0.56	0.55	0.55	0.53	0.39	0.43	0.41	0.36	0.42	0.31	0.40	0.28	0.15		
qz		47.66	26.37	41.35	31.98	28.71	95.97	80.05	106.04	92.37	93.62	112.43	123.95	106.01	113.55		
w		0.29	0.16	0.21	0.27	0.33	0.24	0.24	0.32	0.30	0.32	0.26	0.27	0.34	0.42		
p		0.30	0.30	0.33	0.28	0.03	0.22	0.26	0.24	0.25	0.20	0.25	0.18	0.21	0.89		

\*EP-3; Yoon (1984) \*GM-1, \*IM-1, 2; Moon (1983) \*K18, \*S-17; Yun (1979) \*TB30, 31, 33, \*S25, \*S28; Chang & Park (1982)

Table 5 Trace elements analysis of Cretaceous granitic rocks from the southern area of Hambaeg basin.

	Geodo granodiorite										Quartz monzonite porphyry							
	G-13	G-14	G-19	G-21	G-22	Ggd	Gd	G-196	*K18	*GM-1	*3011	*3012	*3013	G-2	G-25	N-23	SBR-61	*EP-3
Zr	95	220	190	210	160	170	210	160			281	214	268	150	150	180	210	520
Y	25	28	28	27	28	25	30	30			50	49	57	30	28	28	30	
Ba	1400	1200	400	1500	380	950	300	1000	1400					1600	900	1000	1500	
Sr	400	450	295	480	285	360	250	330	600	539.9	577	505	542	500	290	400	400	610
La	20	35	40	35	23	20	20	20						25	20	30	23	
V	50	60	70	50	75	70	55	70						100	95	70	70	
Nb	20	10	15	10	15	10	10	10			13	13	10	10	10	10	10	
Th	19	51	60	26	15	10	33	14						12	19	23	24	49
Ce	252	373	317	237	281	239	449	243						240	234	247	257	
Rb	112	145	98	107	54	89	77	115			110	126	132	98	107	110	96	110
K/Rb	245.35	198.10	349.87	273.11	255.21	291.97	175.74	254.11		88.9	299.77	242.47	203.78	278.71	252.94	252.83	312.19	306.42
Ca/Sr	73.61	89.58	98.36	57.92	195.10	98.07	205.55	78.18	42.88	65.39	20.81	24.20	38.11	59.61	105.73	58.43	57.35	37.96
Rb/Sr	0.28	0.32	0.33	0.22	0.19	0.25	0.31	0.35		0.16	0.19	0.25	0.24	0.20	0.37	0.28	0.24	0.18
Ba/Sr	3.50	2.67	1.36	3.13	1.33	2.64	1.20	3.03	2.33					3.2	3.10	2.5	3.75	

	Imog granite													
	I-1	I-4	I-6	I-8	I-10	I-11	I-12	I-13	*S17	*IM-1	*IM-2	*3031	*3032	*3033
Zr	180	210	160	210	200	220	90	100					241	236
Y	30	28	25	35	33	35	25	28					61	54
Ba	1000	1200	1400	1600	1600	1700	370	320	782					
Sr	330	300	320	340	300	350	210	200	480	269.1	401.7	339	352	386
La	20	28	35	30	18	20	25	25						
V	70	65	60	90	75	80	50	60						
Nb	10	10	10	25	10	10	10	10				16	20	18
Th	27	21	16	20	19	26	25	21						
Ce	298	254	231	218	254	260	233	257						
Rb	132	119	140	133	133	145	162	136		217.9	106.8	143	158	176
K/Rb	262.27	266.50	241.94	242.19	248.44	226.16	216.26	230.14		97.54	199.00	196.81	179.18	184.91
Ca/Sr	64.76	79.33	61.64	60.54	71.95	54.11	80.66	110.78	49.43	67.73	59.07	61.98	49.95	38.33
Rb/Sr	0.4	0.40	0.44	0.39	0.44	0.41	0.77	0.68		0.81	0.27	0.42	0.45	0.46
Ba/Sr	3.03	4	4.38	4.71	5.33	4.86	1.76	1.6	1.63					

\*3011~13, \*3031~33; Kim(1976) \*IM-1, 2; Moon(1983) \*K18, \*S17; Yun(1979) \*EP-3; Yoon(1984)

이루고 대체적인 크기는 0.8~2.4mm이며 消光角은 10°~18°(An28~36%)로서 올리고클레이스~안테신이다.

黑雲母는 暗褐色을 띄며 板狀이나 角閃石과 함께 aggregates로 發達된다. 劈開는 多少 變形되며 劈開面을 따라 配列된 스핀이 變形되기도 한다. 角閃石은 自形, 半自形이나 他形을 이루며 一部 不規則한 aggregates로도 發達된다. 이 鑛物은 twin seam 또는 部分的으로 lamellar twinning을 이루며 longitudinal section의 경우 16°~18°의 消光角을 가진다.

磷灰石은 isotropic이나 steel dark grey의 多色性을 보이며 黑雲母나 綠泥石內에 發達된다. 스핀이나 저어콘도 黑雲母나 綠泥石에 含有된다. 磁鐵石은 石英, 微斜長石, 角閃石 및 黑雲母內에 發達되나 閃亞鉛石은 主로 黑雲母內에 含有된다. 綠泥石은 變形된 劈開가 發達되고 石英에 의해 worm-eaten 같은 交代構造를 갖기도 한다. 炭酸鹽鑛物은 本岩의 南西端인 豊村石灰岩과의 隣接部에서 細脈狀 또는 flake aggregates를 이룬다.

### 花崗岩質岩類의 岩石化學

本岩類의 主成分 分析值, CIPW 및 Niggli value 그리고 微量成分 分析值는 Table 4,5와 같다.

#### 巨道花崗閃綠岩

Quartz-orthoclase-plagioclase 노름(以下 Q-Or-Pl) 三角圖에서 本岩의 中心部는 花崗閃綠岩에 近接한 石英 閃綠岩에 그 周邊部는 閃綠岩이나 이와 隣接한 石英閃綠岩에 圖示된다. 한편 albite-anorthite-orthoclase 노름(以下 Ab-An-Or) 三角圖(O'Connor, 1965)에서는 大部分이 花崗閃綠岩에 놓이며 周邊部는 토날라이트에 該當된다(Fig. 4).

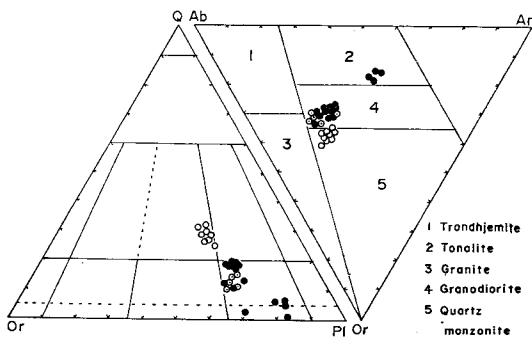


Fig. 4 Triangular diagrams of normative compositions for Cretaceous granitic rocks. Full, dotted and open circles are Geodo granodiorite, Quartz monzonite porphyry and Imog granite, respectively.

本岩中 SiO<sub>2</sub> 含量은 50.76~63.92로 鹽基性~中性이며 (Hyndman, 1972), 鹽期性은 모두 周邊部에 該當된다. 또한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(alkalis+CaO)의 몰比는 0.75~1.10이고 平均값은 0.92로서 本岩 中心部는 peraluminous이며 周邊部는 metaluminous하다(Shand, 1943). 그리고 本岩의 K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O 및 CaO의 平均 wt.%는 각각 2.93, 3.42와 5.03이다. 本岩은 oxides 對 SiO<sub>2</sub> 關係圖에서 SiO<sub>2</sub> 增加에 따라 alkalis, Na<sub>2</sub>O 및 K<sub>2</sub>O는 比例하나 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, total FeO, CaO 및 MgO는 減少되는 傾向을 가진다(Fig. 5-1).

本岩의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/alkalis와 CaO/alkalis는 각각 1.99~3.84와 0.50~1.77로 比較的 넓은 範圍를, K<sub>2</sub>O/alkalis와 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O는 0.36~0.51과 0.56~1.03으로 比較的 좁은 範圍를 가진다. 특히 alkalis의 平均값은 周邊部 4.89에서 中心部 7.17로 增加된다. 또한 SiO<sub>2</sub> 平均값도 周邊部 53.2에서 中心部 62.8로 增加되는 바, 이런 差異는 本岩이 두개의 複合火成岩體 보다는 結晶作用과 더불어 alkalis와 silica가 中心部로 enrichment 됨에 起因된다고 解析된다(Vance, 1961).

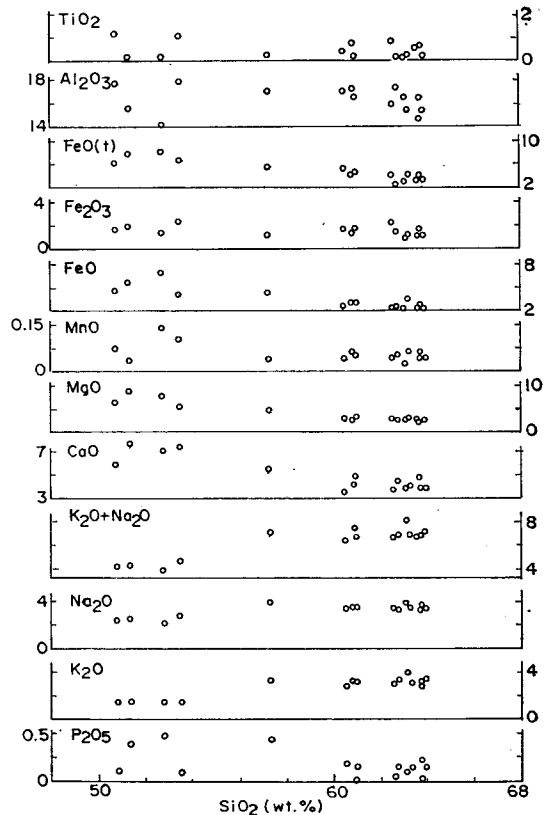


Fig. 5-1 Major element oxides versus silica of Geodo granodiorite.

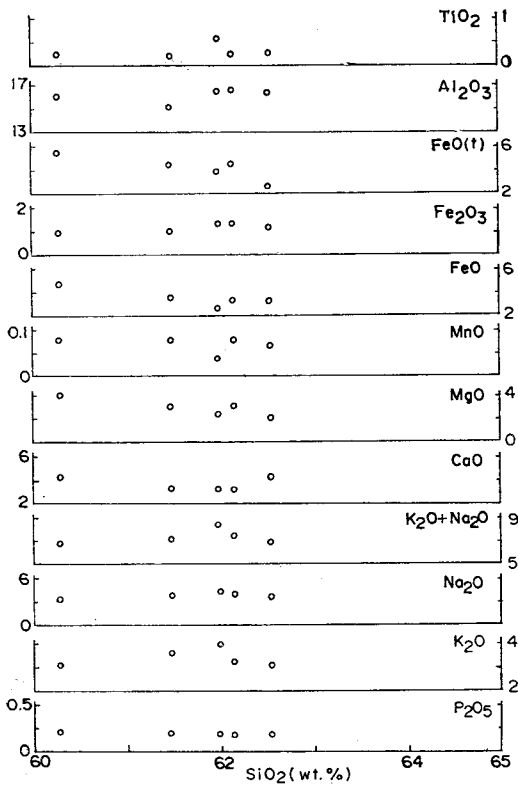


Fig. 5-2 Major element oxides versus silica of Quartz monzonite porphyry.

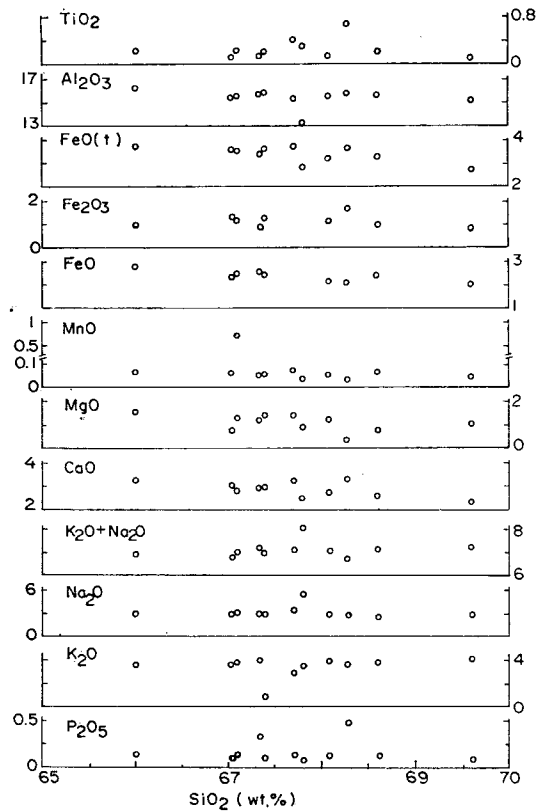


Fig. 5-3 Major element oxides versus silica of Imog granite.

本岩의 ferric/ferrous와  $Fe^3/(Fe^3+Fe^2)$ 의 평균값은 각각 0.52와 0.31이다. 그러나 이들값은 周邊部가 0.37과 0.24이고 中心部가 0.63과 0.35로 모두 周邊部에서 減少되는 바 이는 周邊 朝鮮累層群에 의한 還元環境의 影響으로 解析된다(Flood & Shaw, 1974). 마그네타이트系列 花崗閃綠岩의 평균  $Fe^3/(Fe^3+Fe^2)$  값은 0.28로 報告된 바 있다(Ishihara, 1977). 本岩의 노름鑛物로는 透輝石이 大部分을 차지한다. 上記한 諸特徵等を 既存 花崗岩分類(Chappel & White, 1974; Chappel, 1978; White & Chappel, 1983; Ishihara, 1977)에 의하면 本岩은 비교적 높은 酸素分壓條件에서 形成된 I-型(마그네타이트系列)에 該當된다.

**石英은조니斑岩**

本岩은 모달 QAP三角圖에서는 石英은조니斑岩이며 노름 Q-Or-Pl三角圖에서는 石英은조閃綠岩에 該當되는데 이런 差異는 모우드 分析時에 比較的 斑晶質이 적은 部分을 택한 때문으로 보인다(Fig. 3, 4).

本岩은  $SiO_2$  값이 60.28~62.56으로 中性岩이며  $Al_2O_3/(alkalis+CaO)$ 의 몰比는 0.94~1.04이고 평균

값은 0.96으로 metaluminous이다. 또한  $SiO_2$  增加에 따라 대체로 total FeO, MgO와 CaO는 減少하고 alkalis,  $Na_2O$ 와  $K_2O$ 는 增加하며  $Al_2O_3$ 는 거의 均一한 分布를 보인다.

本岩中  $K_2O/Na_2O$ ,  $Al_2O_3/alkalis$ ,  $K_2O/alkalis$ ,  $CaO/alkalis$ 는 차례로 0.87~0.92, 1.95~2.37, 0.47~0.48, 0.38~0.63의 좁은 範圍의 값을 가지며, 이들 값은  $K_2O/alkalis$ 外는 巨道花崗閃綠岩보다 높은 값을 가진다. 本岩의 LI(Larsen Index)와 DI(Differentiation Index)의 평균값도 각각 12.75와 67.45로서 巨道花崗閃綠岩의 8.11과 57.78보다 높은 값을 가진다.

本岩의 ferric/ferrous와  $Fe^3/(Fe^3+Fe^2)$ 의 평균값은 각각 0.38과 0.25이다. 帶磁率測定 平均값은 0.49cgs ( $\times 10^{-3}$ )로서 巨道花崗閃綠岩의 0.65cgs ( $\times 10^{-3}$ )보다는 多少 減少된다. 또한 노름鑛物로는 透輝石이 大部分을 차지하여 역시 1-type의 諸特徵을 가진다.

**梨木花崗岩**

本岩은 노름Q-Or-Pl三角圖에서는 모달QAP三角圖에서와 같이 花崗岩中 syenogranite에 속하나 노름 Ab-

Or-An에서는 거의가 石英몬조니岩에 속한다(Fig. 4).

本岩은  $\text{SiO}_2$ 가 65.98~69.62로 felsic하며  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{alkalis}+\text{CaO})$ 의 몰比는 1.05~1.10으로 peraluminous이다. 또한  $\text{SiO}_2$ 增加에 따라  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , total FeO, CaO와 MgO는 減少되며 alkalis는 徐徐히 增加되나  $\text{Na}_2\text{O}$ 와  $\text{K}_2\text{O}$ 는 거의 均一한 分布傾向을 가진다(Fig. 5-3).

本岩中  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{alkalis}$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{alkalis}$ 와  $\text{CaO}/\text{alkalis}$ 는 順序대로 0.96~1.41(CM-1除外), 2.1~2.36, 0.43~0.58과 0.33~0.47範圍의 값을 가진다. LI와 DI의 平均값은 각각 18.75와 76.18로 巨道花崗閃綠岩과 石英몬조니斑岩보다 더 分化된 程度를 보여 준다. 本岩은 ferric/ferrous,  $\text{Fe}^3/(\text{Fe}^3+\text{Fe}^2)$ 와 帶磁率 平均값이 次例로 0.49, 0.30 및  $0.50\text{cgs}(\times 10^{-6})$ 로서 石英몬조니斑岩보다 약간 큰 값을 가진다. 노름鑛物로는 透輝石보다 corundum만이 나오는데 이는 本岩이 巨道花崗閃綠岩 및 石英몬조니斑岩에 비해 peraluminous하며 더 적은 FeO, MgO 및 CaO含量을 갖기 때문이다.

한편 本岩類中 微量元素는 다음 特徵을 가진다(Fig. 5-4).

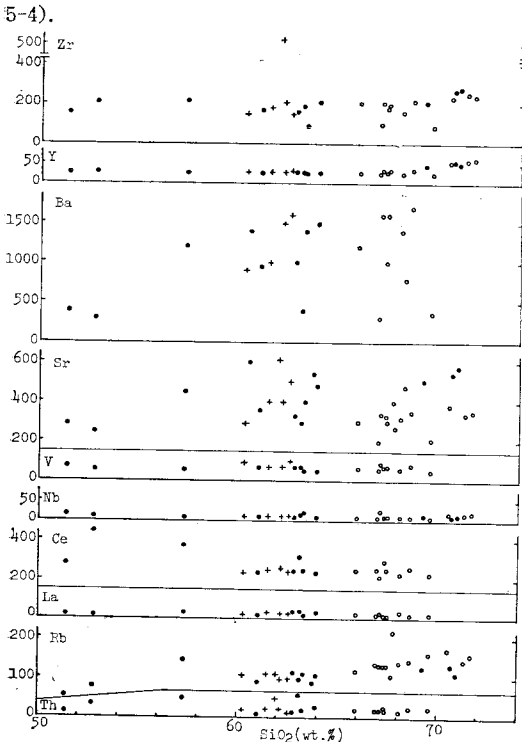


Fig. 5-4 Co-variation of trace elements in ppm with silica contents for Cretaceous granitic rocks. Geodo granodiorite (full circles), Quartz monzonite porphyry (cross) and Imog granite (open) are shown.

Zr과 Y은  $\text{SiO}_2$ 增加에 따라 徐徐히 比例하는 分布傾向을 보인다. Zr의 平均値는 梨木花崗岩(以下 梨木) 191ppm, 巨道花崗閃綠岩(以下 巨道) 198ppm, 石英몬조니斑岩(以下 斑岩) 242ppm 順으로, Y의 平均値는 斑岩 29ppm, 巨道 35ppm, 梨木 38ppm 順으로 增加된다.

Ba은 보통 양이온中 K만을 置換한다(Mason & Moore, 1982). 平均값은 斑岩 1250ppm, 梨木 1108ppm, 巨道 948ppm이다. 또한 巨道와 斑岩에서는  $\text{SiO}_2$ 增加에 比例하나 梨木에서는 密集된 分布傾向을 보인다. Sr은  $\text{SiO}_2$  增加에 대체로 比例하는 傾向을 가지며 平均값은 梨木 327ppm, 巨道 432ppm 그리고 斑岩 440ppm이다. 한편 Ca對Sr關係圖에서 斑岩과 梨木은 거의가 花崗岩質範圍內에 놓여 Ca濃集에 비해 Sr이 正常이지만, 巨道는 Ca/Sr의 增減分布가 뚜렷한 分化作用의 傾向을 가진다(Nockolds & Mitchell, 1948; Taylor, 1965) (Fig. 5-5).

Nb은 10~25ppm의 좁은 範圍를 가지며  $\text{SiO}_2$ 增加에 關係없이 거의 均一한 값을 가진다. V은 50~100ppm의 含量을 가지며  $\text{SiO}_2$ 增加에 따라 거의 均一하게 分布되나 平均값은 巨道 63ppm, 梨木 69ppm, 斑岩 84ppm 順으로 增加된다. Ce은 218~449ppm의 含量을 가지며 巨道만이  $\text{SiO}_2$ 增加에 따라 減少傾向을 보일뿐 斑岩이나 梨木은 均一하게 分布된다. La은  $\text{SiO}_2$ 값에 關係없이 均一한 값을 가진다. Ce/La比는 巨道 11.2, 斑岩 10.0과 梨木 10.0으로 비슷한 값을 가지는데 이는 隨伴關係이기 때문에 解析된다(Borodin, 1960; Taylor, 1962a).

Rb과 Th은 54~217ppm과 10~49ppm의 範圍를 가지며 平均値는 각각 123과 25ppm이다.  $\text{SiO}_2$ 增加에 따

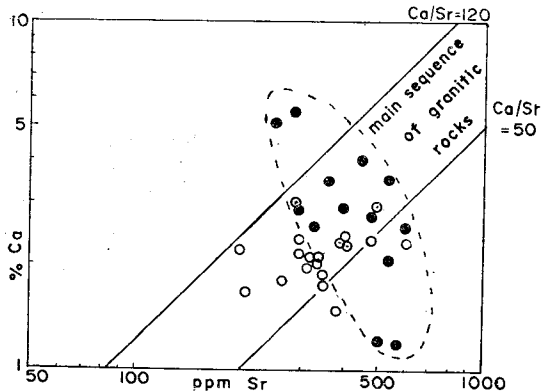


Fig. 5-5 Calcium-strontium relationship of Cretaceous granitic rocks. Symbols are the same as those in Fig. 4.

라 incompatible한 元素(Brown, 1979)인 Rb은 徐徐히 增加되나 Th은 均一하다. 또한 本岩類는 K/Rb 對 Rb/Sr의 相關圖(Strong & Hanmer, 1981)에서 K/Rb비가

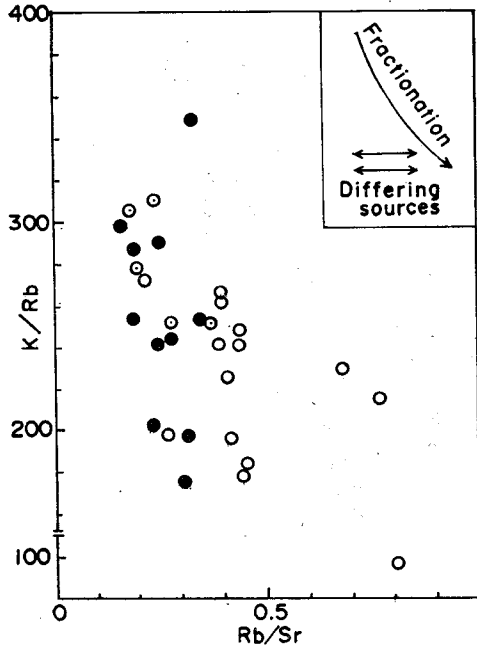


Fig. 5-6 Variation in ratios K/Rb versus Rb/Sr for Cretaceous granitic rocks. Symbols are the same as in Fig. 4.

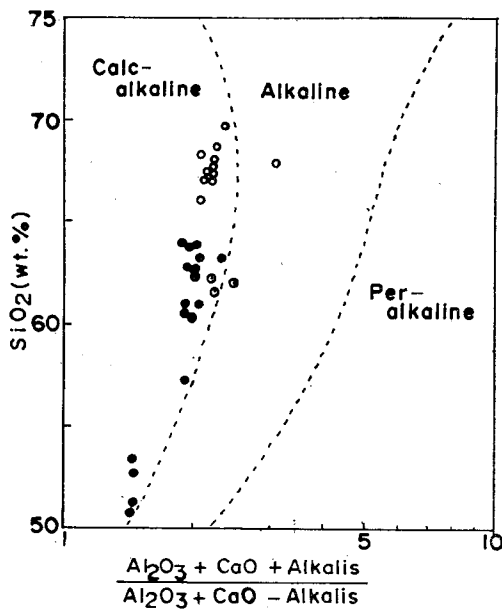


Fig. 5-7 Variation in silica versus alkalinity for Cretaceous granitic rocks. Symbols are the same as in Fig. 4.

巨道(斑岩)→梨木으로 減少되고 Rb/Sr비가 巨道(斑岩)→梨木으로 增加되어 進化傾向을 뚜렷이 보인다 (Fig. 5-6).

한편 本 花崗岩質岩類의 地化學的 分類, 分化傾向 및 成因等은 다음과 같다.

本岩類는 Wright (1969)의 다이어그램에서는 거의가 칼크-알카리領域에 속하며 Peacock (1931)에 의한 岩石 suites分類에서도 칼크-알카리에 속하며 알카리 石灰指數는 約 57이다(Fig. 5-7, 8). 한편 沃川帶 全般에 걸친 火成岩類의 알카리-石灰指數는 62로서 矽石岩系列에 該當된다(李大聲外, 1980).

또한 AFM三角圖에서는 本岩類는 Southern California와 Idaho batholith와 같이 칼크-알카리系列의 分化傾向을 보여 巨道, 斑岩, 梨木順으로 分化가 增加된다(Fig. 5-9). 沃川帶內의 花崗岩類의 分化過程은 世

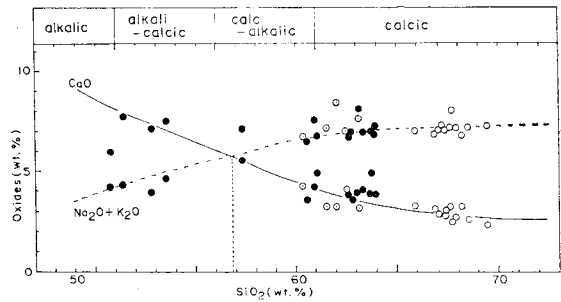


Fig. 5-8 Weight percentage of alkalis and CaO plotted against silica for Cretaceous granitic rocks. Symbols are the same as in Fig. 4.

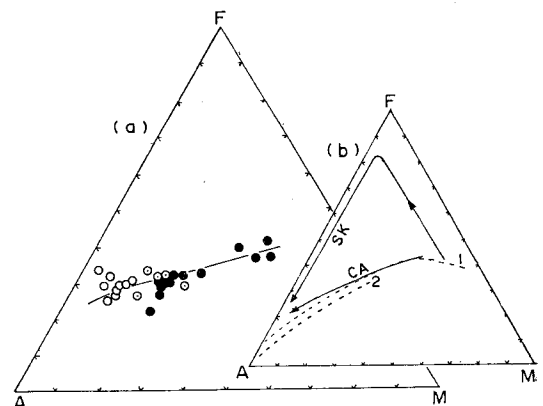


Fig. 5-9 AMF diagrams of Cretaceous granitic rocks. (a) Symbols are the same as in Fig. 4. (b) Full line; variation trends of basaltic magma in Skaergaard intrusion (SK) and calc alkali rock series (CA). Dotted line; Southern California batholith (1) and Idaho batholith (2).

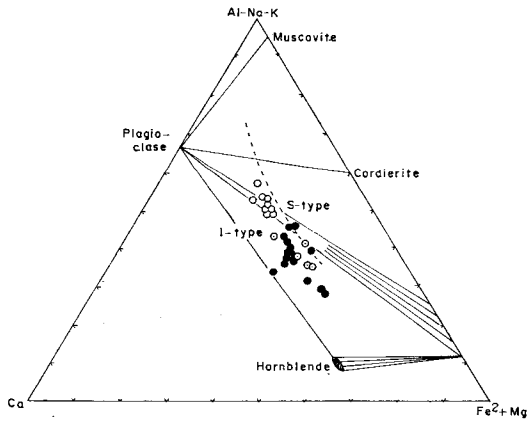


Fig. 5-10 Chemical composition of Cretaceous granitic rocks plotted in terms of Al-Na-K, Ca & Fe<sup>2+</sup>+Mg. Symbols are the same as in Fig. 4.

界의 平均 칼크-알카리系列의 分布와 Skaergaard 貫入岩 分化傾向의 中間型을 나타낸다(李大聲外, 1980).

한편 Hine等(1978)은 Al-Na-K, Ca 및 Fe<sup>2+</sup>+Mg의 양이온%三角圖에 의해 Kosciusko底盤을 S-와 I-type으로 分類하여, S-type은 堆積 cycle中 化學的 風化를 받았으며 I-type은 風化過程이 包含되지 않은 分別結晶化 된 岩石이라 하였다. 이 三角圖에 本岩類를 圖示하던 거의 大部分 I-type에 該當되며 斜長石-角閃石-黑雲母領域에 떨어진다(Fig. 5-10).

結 論

1) 本研究地域에 發達된 花崗岩質岩類로는 朝鮮累層群을 貫入한 巨道花崗閃綠岩, 이 巨道花崗閃綠岩과 濃矩里花崗岩을 貫入한 石英몬조니斑岩 그리고 栗里層群一部와 朝鮮累層群을 貫入한 梨木花崗岩이 있다.

2) 巨道花崗閃綠岩은 대체로 周邊部는 細粒質이나 中心部는 中粒質의 粒狀組織을 이루며 그 東部 最外廓에서 內側으로 갈에 따라 몬조閃綠岩, 石英몬조閃綠岩 그리고 石英몬조니岩-花崗閃綠岩으로 漸變한다. 石英몬조니斑岩은 斜長石, 角閃石, 輝石等이 斑晶을 이루며 이중 前者가 가장 크고 優熱하다. 梨木花崗岩은 中粒質의 粒狀組織을 이루는 黑雲母花崗岩이며 部分的으로 淡紅色의 長石斑晶이 發達된다.

3) K/Ar法에 의한 測定結果 本城西部에 分布된 壯山珪岩基底部 石英-絹雲母帶의 絹雲母年齡은 約 170 Ma로 卽古紀中期에, 巨道花崗閃綠岩과 梨木花崗岩의 黑雲母年齡은 각각 107±1~111±1Ma와 92±1~93±1

1Ma로 白堊紀初期 및 後期에 該當된다. 따라서 本城은 大寶造山期의 廣域變成作用影響으로 本城西部 壯山珪岩基底部에서 石英-絹雲母帶가 形成되었으며, 佛國寺變動期에 巨道花崗閃綠岩, 石英몬조니斑岩과 梨木花崗岩이 貫入定置되었다.

4) 本岩類는 mafic-felsic, metaluminous-peraluminous하며 CaO 對 alkalis 關係圖(알카리-石灰指數 約 57) 그리고 silica 對 alkalinity 關係圖에서 모두 칼크-알카리岩에 속한다. 또한 AMF三角圖에서 巨道花崗閃綠岩, 石英몬조니斑岩, 梨木花崗岩順으로 進化된 칼크-알카리系列이며 K/Rb 對 Rb/Sr 關係圖에서도 巨道(斑岩), 梨木으로 進化되는 傾向을 보인다.

5) 本岩類中 巨道岩株는 Ab-An-Or노름三角圖에서 大部分 花崗閃綠岩에 놓이나 周邊部는 토날라이트에 該當된다. 또한 周邊部에서 中心部로 갈수록 alkalis와 silica等이 增加하며 Ca對 Sr關係圖 등에서 뚜렷한 分化傾向을 보이는 cooling rate(周邊部 108±1~111±1Ma, 中心部 108±1~109±1Ma)에 의한 單一分化岩體이다.

6) 本岩類는 地化學的, 鑛物學的 및 帶磁率測定等에 의하면 比較的 높은 酸素分壓條件下에서 形成된 I-型(마그네타이트系列)의 花崗岩類이다.

參 考 文 獻

Borodin, L.S. (1960) Correlations among rare-earth elements and some characteristics of their fractionation under endogenic conditions. *Geokhimiya*, n.4, p. 604-616.

Brown, A.H. (1979) *Geochemistry*. Prentice-hall, Inc.

Chang, H.W., and Pack, K.H. (1982) Petrogenesis of Fe-Cu bearing skarn at Geodo. Report, *Geosci. & Mineral Resour. KIER*. v. 14, p. 129-156.

Chappel, B.W., and White, A.J.R. (1974) Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, v. 8, p. 173-174.

Chappel, B.W. (1978) Granitoids from the Moonbi district, New England batholith, eastern Australia. *J. Geol. Soc. Australia*, v. 25, pt. 5, p. 267-283.

Cheong, C.H. (1969) Stratigraphy and paleontology of the Samcheog coalfield, Gangweon-do, Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 5, No. 1, p. 13-56.

Dalrymple, G.B., and Lanphere, M.A. (1969) Potassium-argon dating. W.H. Freeman & Co.

Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J. (1962) *Rock-forming minerals*. Longmans.

- Farrar, E., Clark A.M., and Kim, O.J. (1978) Age of the Sangdong tungsten deposit, Republic of Korea, and its bearing on metallogeny of the southern Korean peninsula. *Econ. Geol.*, v. 73, p. 547-566.
- Faure, G. (1977) Principles of isotope geology. John Wiley & Sons, Inc.
- Flood, R.M., and Shaw, S.E. (1975) A cordierite-bearing granite from the New England batholith, N.S.W., Australia. *Cont. Miner. Petrol.*, v. 52, p. 157-164.
- Hine, R., Williams, S.W., Chappel, B.W., and White, A.J.R. (1978) Contrasts between I-and S-type granitoids of the Kosciusko batholith. *Jour. Geol. Soc. Australia*, v. 25, p. 219-234.
- Hong, Y.K. (1986) Geochemistry and K-Ar age of the Imog granite at the southwestern part of the Hambaeg Basin, Korea. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 19, No. 2, p. 97-107.
- Hyndman, D.W. (1972) Petrology of igneous and metamorphic rocks. McGraw-Hill Book Co.
- Ishihara, S. (1977) The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology, Japan*, v. 27, p. 293-305.
- Jäger, E. (1977) Introduction to geochronology; in Jäger, E., and Hunziker, J.D. (ed). *Lectures in isotope geology*. Springer-Verlag, p. 1-10.
- Kim, K.B., and Yoon, Y.D. (1973) The geology and ore deposits of the Yeonhwa-Sangdong mineralized area. *CMIK.*, part 2, v. 1, p. 167-182.
- Kim, O.J. (1971) Study on the intrusion epochs of younger granite and their bearing orogenesis in South Korea. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 4, No. 1, p. 1-10.
- Kim, O.J., and Kim, K.H. (1978) On the genesis of the ore deposits of Yemi district in the Taebaegsan metallogenic province. *J. Natural Sci. Res. Inst., Yonsei Univ.*, v. 2, p. 71-94.
- Kim, S.Y. (1976) Geology, mineralogy and geochemistry of tungsten deposits of the Sangdong-Ogbang area, South Korea. Ph. D. thesis, Univ Leeds.
- Lee, D.S. (1966) Geologic map of Ogdong sheet (1/50,000). Geological Survey of Korea.
- Lee, D.S. (1966) , Chi, C.M., and Lee, D.W. (1980) Study on the metallogenic classification relating to igneous activity in the Ogcheon geosynclinal zone, Korea. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 13, No. 3, p. 167-184.
- Lee, D.W., and Kim, S.W. (1965) Geologic map of Seobyegni sheet (1/50,000). Geological Survey of Korea.
- Mason, B., and Moore, C.B. (1982) Principles of geochemistry (4th ed). John Wiley & Sons.
- Moon, K.J. (1983) The genesis of the Sangdong tungsten deposit, the Republic of Korea. Ph. D. thesis, Univ. Tasmania.
- Nockolds, S.R., and Mitchell, R.L. (1948) The geochemistry of some Caledonian plutonic rocks: A study in the relationship between the major and trace elements of igneous rocks and their minerals. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* 61, p. 533-575.
- O'Connor, J.T. (1965) A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. U.S. Geol. Survey Professional Paper, 525-b, p. 79.
- Peacock, M.A. (1931) Classification of igneous rock series. *Jour. Geol.*, v. 39, p. 54-67.
- Petro, W.L., Vogel, T.A., and Wilband, J.T. (1979) Major element chemistry of plutonic rocks from compressional and extensional plate boundaries. *Chem. Geol.*, v. 26, p. 217-235.
- Streckeisen, A.L. (1976) To each plutonic rocks and its proper name. *Earth-Sci. Rev.*, v. 12, p. 1-33.
- Strong, D.F., and Hanmer, S.K. (1981) The leucogranites of Southern Brittany: Origin by faulting, frictional heating, fluid flux and fractional melting. *Can. Mineralogist*, v. 19, p. 163-176.
- Taylor, S.R. (1965) The application of trace element data to problems in petrology. *Physics and chemistry of the earth*, v. 6, p. 133-213.
- Taylor, S.R. (1962a) Meteoritic and terrestrial rare earth abundance patterns. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 26, p. 81-88.
- Vance, J.F. (1961) Zoned granitic intrusions-an alternative hypothesis of origin. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 72, p. 1723-1728.
- White, A.J.R., and Chappel, B.W. (1983) Granitoid types and their distribution in the Lanchlan fold belt, southeastern Australia. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, v. 159, p. 21-33.
- Wright, J.B. (1969) A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite



- genesis. *Geol. Mag.*, v. 106, p. 370-384.
- Yoon, Y.D. (1984) Petrology of the intrusive rocks in the Mt. Taebaek area. Msc. thesis, Kyeongpook Univ.
- Yun, H.S. (1983) K/Ar ages of micas from Precambrian and Phanerozoic rocks in northeastern part of the Republic of Korea. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, v.63, p.295-300.
- Yun, H.S., and Lee, D.S. (1986) Petrochemical study on the Precambrian granitic rocks in the basement area of Hambaeg basin. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 19, No. 1, p. 35-55.
- Yun, S.K. (1978) Block tectonics of the Taebaegsan basin and en echelon sedimentary wedges of the Yeonhwa-Ulchin district, mideastern South Korea. *J. Korean. Inst. Mining Geol.*, v. 11, No. 4, p. 127-141.
- Yun, S.K., and Silberman, M.L. (1979) K-Ar geochronology of igneous rocks in the Yeonhwa-Ulchin zinc-lead district and southern margin of the Taebaegsan Basin, Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 15, No. 1, p. 89-100.
- 太白山地區地下資源調查團(1962) 太白山地區地質圖(議林吉, 1/50,000). 大韓地質學會.
- 太白山地區地下資源調查團(1962) 太白山地區地質圖(虎鳴, 1/50,000). 大韓地質學會.