

## 儒城 西北部 雨傘峰 一帶에 分布하는 花崗岩 複合體의 岩石學的 研究

金 承 鎬 李 大 聲

### Petrology of Granitic Complex Distributed in the Woosanbong area, northwestern part of Yuseong

Seungho Kim, Dai Sung Lee

**Abstract:** Granitic complex in the Woosanbong area is composed of schistose granite, two-mica granite, biotite granite, porphyritic granite and pink feldspar granite in order of intrusion. In their boundary aspects, the gradational change between porphyritic granite and pink feldspar granite is observed in field relations.

All the granites of the complex are classified to quartz monzonite by the modal compositions following Bateman's classification (1961) with the exception of pink feldspar granite which belongs to granite according to the petrographical classification.

The first three granites are characterized by highly development of vein and/or lens-like pegmatites in their bodies, and two others contain green hornblende uniquely.

These leucocratic two-mica granite shows an unusual character in ratio of muscovite to biotite 1:0.7 to 1:13, and contains dominantly microcline. The content of muscovite varies in places in the field. Under the polarizing microscope it is revealed that the muscovite flakes occur as the products altered from biotite partly or completely, and it usually associates with chlorite flakes nearby. These features, therefore, suggests that biotite probably has been altered to muscovite and chlorite by hydration during deuterian processes. At the same stage, sericitization of plagioclase by the hydrolytic decomposition, and transformation of orthoclase to microcline may be taken place. Accordingly, it is obviously permissible to consider the two-mica granite as a kind of 'apo-granite' by deuterian alterations during the consolidation of magma.

#### 1. 序 言

本研究地域은 中生代 쥐라紀末부터 白堊紀初에 걸친 大寶造山運動 중의 火成活動의 產物로 알려진 大寶花崗岩類 分布地帶의 南西緣邊部에서 選擇되었다.

本域은 行政區域上으로는 忠淸南道 公州郡 反浦面의 西部와 大德郡 炭洞面의 東部, 儒城邑의 西北部에 該當하는 곳으로, 東經  $127^{\circ}15'00''\sim127^{\circ}20'00''$ , 北部  $36^{\circ}21'30''\sim36^{\circ}25'00''$ 에 속하는 총면적의 약  $30\text{km}^2$ 의 地域이다. 本域의 中心部는 雨傘峰과 甲下山을 主峰으로 하는 N-S 방향의 약 7km 정도에 걸치는 험한 山陵

으로 構成되며, 本域내의 最高峰인 雨傘峰(573m)에서 炭洞面 外三里에 이르는 약 3km 정도의 E-W 方向으로 또 하나의 山陵이 發達해 있다.

本域에는 同源마그마로부터의 分化相으로 考慮되어지는 片狀 花崗岩(schistose granite), 複雲母 花崗岩(two-mica granite), 黑雲母 花崗岩(biotite granite), 斑狀 花崗岩(porphyritic granite) 및 淡紅色花崗岩(pink feldspar granite)들이 一聯의 複合體를 이루고 있는데, 이들에 對해서는 박희인外(1977)에 의한 유성지질도록 說明書에 記載되어 있으나 正確한 岩石學的 分類와 複合體間의 關聯性에 對한 研究는 遂行되어 있지 않다.

따라서 본論文은 이들 花崗岩複合體中 白雲母를 含有하는 複雲母花崗岩의 分布와 成因에 對한 岩石學의 紛明에 焦點을 두고, 隨伴되는 周邊花崗岩體들간의 相互 關聯性을 野外調查와 室內作業에 의해 體系的으로 記載하여 綜合한 것이다.

## 2. 研究方法

本研究를 위해 1981년 9月初부터 10月末까지 3차에 걸쳐 15日間의 野外地質調査가 行해졌다. 여기서는 각 岩體에 대한 代表的 시료採取, 각 岩體의 產出狀態와 암체간의 境界部樣狀(boundary condition), 특히 複雲母花崗岩과 周邊岩體와의 變化樣相 및 白雲母含量의 增減關係 등의 觀察에 重點을 두었다. 이 때 精密地質圖作成을 위한 mapping이 實施되었고, 약 100여 개의 시료가 採取되었다.

室內研究로서 製作된 薄片에 對한 偏光顯微鏡 觀察을 實施하였고, 選別된 11개(시료)에 대하여는 13成分( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $-H_2\text{O}$ ,  $+H_2\text{O}$ )의 分析結果를 얻어 이들간의 定量的 解析에 重點을 두었다. 이化學分析은 韓國動力資源研究所에 의뢰되어 실시되었다.

岩石名과 鑽物組合을 定하기 위한 Mode 分析은 選別된 16시료에 대해 point counting 方法으로 實施되었으며, 이때 黑雲母의 部分的인 緣泥石化는 黑雲母로統一 처리되었고, 白雲母는 絹雲母와 形成樣態를 比較하여 明確히 區分했으며, perthitic orthoclase 내의 albite string은 따로 구분짓지 않았다. 斜長石의 anorthite composition은 albite 雙晶의 最大 消光角을 利用하는 Michel-Lévy 方법과, Albite-Carlsbad 複合雙晶의 두 가지 消光角(larger and smaller extinction angle)을 利用하는 方法으로 結定되어 각 岩體별로 그 平均值가 適用되었다. 雙晶이 명료하지 않은 斜長石은 Becke線을 만들어 正長石으로부터 屈折率의 差異로 識別했고, 變質의 정도를 관찰하여 구분할 것도 있다. 黑雲母와 角閃石은 下부 nicol prism의 振動方向에 따르는 多色性의 變化를 區分했고, gypsum plate를 使用하여 longitudinal section의 slow-wave, fast-wave 振動方向을 結定해 보기도 했다. 현미경 관찰을 綜合한 Mode成分은 Table 3에, 각 岩體의 petrographic data는 Table 5에 각각 要約되어 있다. Mode結果에 의한 岩石名 結定은 편의상 Bateman(1961)의 분류를 따랐는데 이것은 Fig 4에 圖示되어 있다. Fig 8과 9에서는 Mode結果에 의한 石英+칼리長石-斜長石-有色鑽物과 石英-長石-有色鑽物로 주어진 2個의 三角圖를 作成하였는데 이는 李大聲(1971)의 研究와 比較해 보기 위한

것이다.

化學分析結果로부터는 Harker(1909)에 의한 variation diagram을 따라서  $\text{SiO}_2$ 含量에 따른  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 의 含量變化傾向을 Fig. 3에 提示하였다. 노음 計算은 CIPW方法에 따랐고 D. I. (differentiation index = normative Q + Or + Ab) 값도 구해보았다. 이들은 化學分析 data와 함께 Table 2에 整理되어 있다. 計算된 노음으로부터 Q-P (Ab+An)-Or 三角圖(Fig. 5)를 만들어 Mode에 의한 것(Fig. 4)과 비교해 보았다. 分化度를 例示하는 Q-Ab-Or 三角度(Fig. 7)에서 Bowen과 Tuttle(1958)의 實驗值를 比較해서 그들의 'petrogeny's residua system'理論에 適用해 보았다. 長石類의 分化에 따른 成分變化는 Or-Ab-An 三角圖(Fig. 6)를 만들어 傾向을 檢討해 보았다. 分化過程에서의 同化(assimilation) 傾向을 暗示하는 AFM 三角圖는 本文에서는 다루지 않았고, 母岩에 의한 变질(contamination)의 影響을 보여주는 AKF 三角圖(Ōba, 1962)를 Fig. 10에 提示했다.

## 3. 一般地質 및 構造

本域의 地質은 時代未詳의 變成堆積岩類를 基盤岩으로 하여 이를 貫入한 中生代의 花崗岩類 및 岩脈類로構成되어 있다. 本 變成堆積岩類는 本域北部의 斗滿里, 菊谷里, 聖岡里에 걸쳐 露出돼있고, 성재와 松谷里附近에서는 루프 펜던트(roof pendant)狀으로 分布되는 테, 主로 低變成度를 보이는 白雲母-黑雲母 片岩과, 片理面을 따라 角閃石을 含有하는 比較的 細密한 石英質 片岩으로 구성되어 있다. 本 變成堆積岩類의 片理의 方向은 대체로 一定한데, N50~70°E의 走向과 30°~50°SE의 傾斜률을 가지며 局部的으로 傾斜만이 反對인 경우가 觀察된다.

上述한 變成堆積岩類를 貫入한 花崗岩類는 貫入順序에 따라 片狀 花崗岩, 複雲母 花崗岩, 黑雲母 花崗岩, 斑狀 花崗岩 및 淡紅色 花崗岩들로서 이들은 一聯의 複合體를 이룬다. 이들 중 반상 화강암과 담홍색 화강암간의 關係는 漸移的인 것으로 보여진다. 상기한 화강암류 중 편상 화강암, 복운모 화강암, 흑운모 화강암은 페그마타이드를 脈狀 혹은 텐즈狀으로 包含하고 있다. 이 페그마타이드에 관해서는 各論에서 檢討하려 한다. 本域에서 最初로 貫入한 片狀花崗岩은 基盤岩을 捕獲岩으로 가지며 片理가 發達된 곳이 많다. 이 片理의 方向이 基盤岩의 構造와 一致되는 特徵도 보이는데 이런 점은 本 片狀花崗岩이 變成堆積岩類를 調和貫入(concordant intrusion)한 事實과 더불어 本岩이 基盤岩의 構造에 密接한 關聯이 있었음을 암시한다.

本域의 또 하나의 特徵은 上記한 複合體는 後期에 모두 花崗 斑岩類의 貫入을 받았는데, 이 斑岩類는 脈狀으로, 本域의 到處에서 고루 分布하고 있다. 이들은 모두 一定한 方向性을 띠는데, 그것은 이들의 貫入이 本域의 構造運動에 지배를 받았음을 暗示하는 것으로 보인다. 이들은 대체로 N-S 方向이며,  $10^{\circ}$  이내로 E 또는 W 方向으로 变하기도 한다. 이들 岩脈類는 風化에 대한 低抵抗性이 強해 本域內의 高地를 大部分 占하고 있으며, 野外에서는 部分의으로 花崗斑岩이 石英斑岩으로 轉移되는 곳도 觀察된다. 진경리 附近에서는 岩質이 細粒質의 aplitic 한 部分이 觀察되는데, 이 경우는 長石이 鮮은 淡紅色을 띠고 있다.

上記한 모든 花崗岩類는 化學成分의 變化와 鎌物成分으로 보아 同源 마그마로부터 起源된 것으로서 서로 간의 貫入時期가 다른 composite intrusion 인 것으로 思料되며, 貯入樣狀은 本域의 構造에 支配된 것으로 보인다(Fig. 8).

Table. 1 The geologic sequence of the Woosanbong area

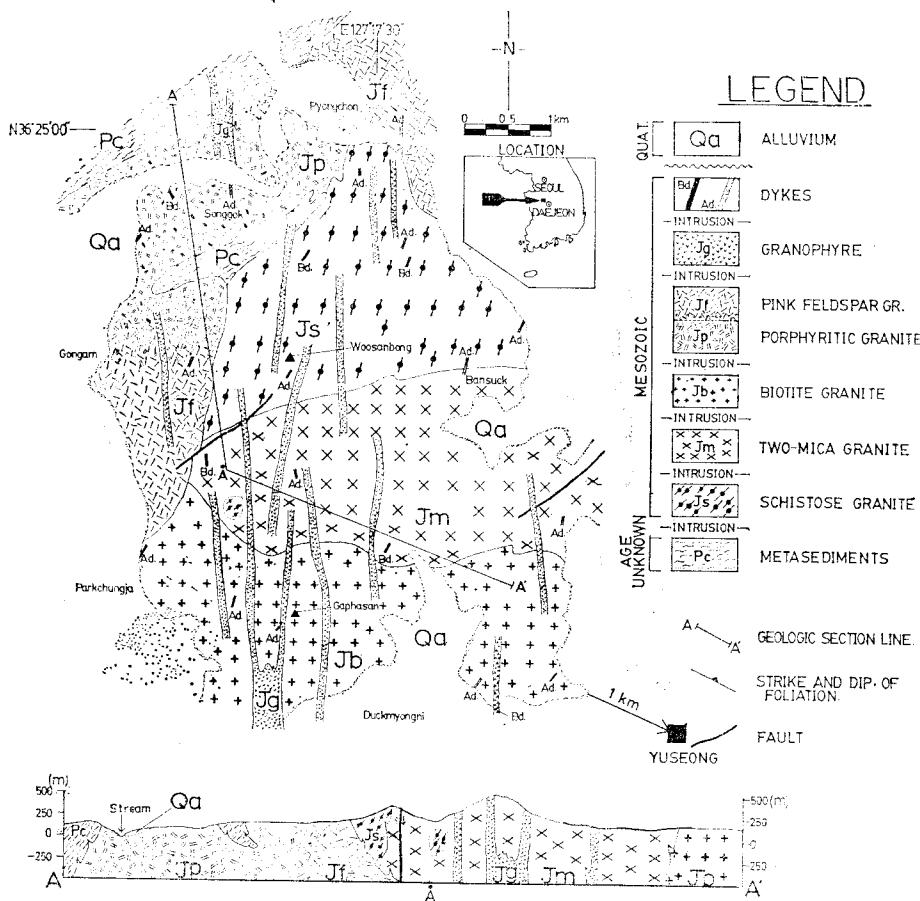
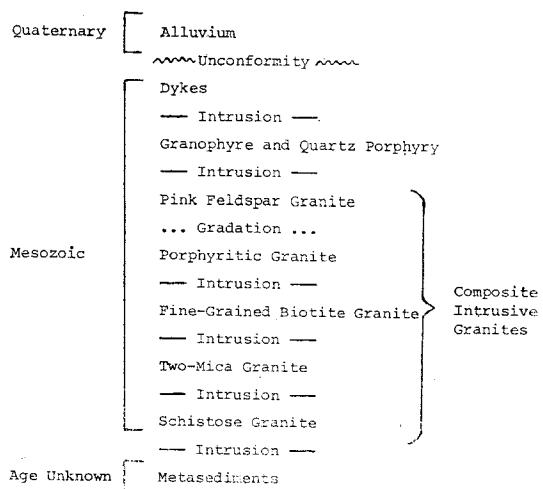


Fig. 1 Geologic map of the Woosanbong area (northwestern part of Yuseong)

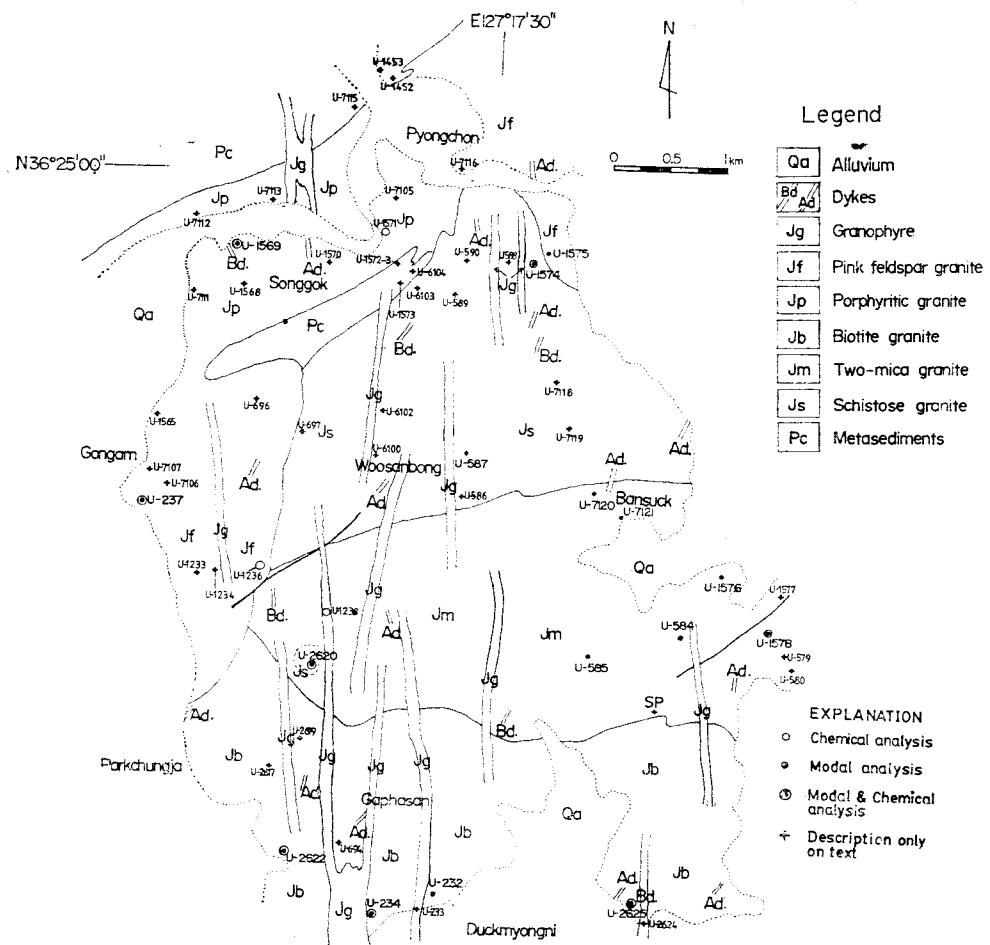


Fig. 2 Location map of samples from the Woosanbong area.

本域에서 最後로 貫入한 것은 酸性, 鹽基性의 小規模 岩脈類인데, 方向성은 화강반암류 보다는 不規則하며, 硅長質을 주로 하는 酸性 岩脈類가 鹽基性 岩脈類보다 量의 으로 優勢하다. 德明橋附近에서는 自形의 角閃石을 50% 이상 含有하는 角閃岩(hornblendite)이 脈狀으로 細立質 黑雲母花崗岩을 貫入하고 있다.

本域에서의 斷層은 智里里와 溫川里 西部에서 壓碎된 花崗岩類에 의해서 認識되는데, 花崗斑岩類에는 構造的 變形을 주지 못한 점으로 보아 그보다는 古期에 일어났던 것으로 보인다.

本域의 地質系統은 Table. 1에 綜合되어 있다.

#### 4. 各 岩體의 種類別 特性

##### 4.1. 變成堆積岩類

本域에서는 北部의 基盤岩體로 分布하는 것과 花崗複合體內에 투프펜더트로 露出되는 두 種類의 產狀으로 區別된다. 이 兩者는 岩質의 樣狀이 서로 相異하나 構造的 方向은 一致하고 있으며, 後期 貫入의 片狀花崗岩과 斑狀花崗岩이 이들의 層理를 따라 調和의 으로 貫入하고 있음이 龍潭里와 成재附近에서 觀察된다.

A. 白雲母—黑雲母片岩(Muscovite-biotite schist) : 本域의 北部에서 이는 基盤岩으로 分布하며, 東北에서 南西方向으로 延長되어 있다. 이는 대체로 優黑質로서 片理의 發達이 뛰跳出하고, 主로 石英, 長石으로 構成된 硅長質의 優白帶도 散在되어 있다. 斑狀花崗岩과의 關係는 調和貫入인 것이 龍潭里에서 確認되며, 貫入된 斑

狀花崗岩의 影響으로 그 연변에 臣晶質岩脈(pegmatite)과 斑狀花崗岩質 intrusion breccia도 흔히 보여진다. 이 경우의 外來浦有物들은 모두 0.5~1cm에 이르는 粗立質 白雲母를 特徵的으로 含有하고 있다. 이는 花崗岩이 貫入할 때 白雲母를 含有한 本岩으로부터 接觸交代作用(contact metasomatic replacement)의 影響에 의한 것으로 思料된다. 즉 白雲母의 形成은 接觸部에 局限되어 있다.

本岩은 主로 石英과 斜長石으로 構成되며 0.3mm 이하의 크기를 갖는 白雲母와 黑雲母가 共存하면서 片理를 構成하고 있다. 部分的으로 白雲母가 黑雲母보다 量의으로 優勢한 곳도 있는데, 이는 花崗岩類의 接觸部에서 더욱 현저해 진다. 斜長石은 Albite 雙晶이 뚜렷하나 累帶構造는 보이지 않고 黑雲母는 짙은 褐色(deep brown)의 多色性을 共通의으로 보인다. 石英은 再結晶을 심히 받았고 波動消光이 현저하다. 電氣石과 麻灰石을 附隨의으로 含有한다(Plate 1-1).

B. 角閃石—黑雲母 片岩(Hornblende-biotite schist) : 本域에서 이는 성재와 松谷里에 걸쳐 투프펜던트狀으로 分布되는데, 上述한 白雲母—黑雲母 片岩에 비해 片理의 發達이 뚜렷치 않고, 比較적 緘密한 珪岩質(quartzitic)인 점이 特徵의이다. 白雲母—黑雲母 片岩에 비해 石英의 含量은 더욱 優勢해지고 斜長石의 含量은 훨씬 적으며 白雲母가 전혀 觀察되지 않는다. 角閃石과 黑雲母를 主有色礦物로 하고, 스펜, 綠簾石, 磁鐵石, 正長石를 小量 含有하며, 黑雲母와 角閃石은 거의 緿泥石化 되지 않았다(Plate 1-2).

## 4.2. 花崗岩 複合體

### 4.2-1. 總論(化學成分變化 및 相互關係)

本 複合體는 5 가지 岩相으로 區分되는데 貫入順序에 따라, 片狀花崗岩, 複雲母花崗岩, 黑雲母花崗岩, 斑狀花崗岩 및 淡紅色花崗岩으로 構成된다. 이들 중 斑狀花崗岩과 淡紅色花崗岩과의 關係는 漸移의이고 나머지는 모두 貫入關係인 것이 野外에서 確認된다.

化學成分과 變化로 보아 本 岩體는 모두  $\text{SiO}_2 > 66\text{wt}\%$ 인 felsic에 속하며, Shand(1943)의 分類에 의한 alumina 飽和狀態는  $\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ 로 되는 peraluminous로 나타난다. Harker(1909)의 variation diagram에 의한 酸化物들의 함량변화도 比較的規則性을 보이는데,  $\text{SiO}_2$ 의 增加에 따라  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ 는 減小하며,  $\text{K}_2\text{O}$ 는 增加하고  $\text{MgO}$ 는 比較的一定한 含量을 보여준다(Fig. 3). 本 分析值에 의한 CIPW 노음 計算의 結果로부터 3個의 三角圖를 만들어서 既存의 研究와 比較해 보았다. Fig. 5의 Q-P( $\text{Ab} + \text{An}$ )-Or 三角圖은 모우드(Fig. 4)에 의한 것과

比較되었는데, 石英 몬조니岩(quartz monzonite or adamellite)領域에 全部가 密集되며, 淡紅色 花崗岩의 경우만 花崗岩領域에 偏嗜하는 것이 모우드의 三角圖에서 나타난다. 이는 point counting 시에 perthitic orthoclase 내의 albite string을 區分짓지 않았던 데서 基因한다. 長石類의 分化度를 表示하는 Or-Ab-An 三角圖(Fig. 6)에서 보면 本 複合體는 모두 花崗閃綠岩(granodiorite)領域에 密集된다. 이 삼각도는 Simonen(1960)에 의해 研究된 것인데, 노음치에 의한 Or-Ab-An 삼각도에서 anorthite의 含量이 감소함에 따라 orthoclase 및 albite가 增可되는데, 이 方向에 따라 암질이 규칙적으로 점이하는 것을 나타낸 것이다. 즉, anorthite 含量의 감소에 따라 반려암→석영반려암→석영섬록암→화강섬록암으로 구분되어 진다. Bowen과 Tuttle(1958)에 의한 'petrogeny's residua system'에 對比시켜 본 Fig. 7의 Q-Ab-Or의 三角圖에서도 分化後期의 低溫形의 melting領域에 密集되고 있다. 이 경우는 D. I. (differentiation index), 즉 normative  $\text{Q} + \text{Or} + \text{Ab}$ 가 80 이상인 것을 根據로 하여 關係를 考慮하게 되는데, 本域에서는 심히 變質(contamination)을 받은 浦獲岩과 壓碎作用을 받은 시료(U-2620)를 除外하고는 모두 完全分化에 該當하는 區域에 떨어진다. 이 경우의 완전 분화에 해당하는 구역은 Bowen(1937)의 實驗에 의한 low-temperature trough를 의미하는데, 이는 magma 기원의 分別結晶作用(fractional crystallization)에 의해 형성된 화강암질암의 의미를 구체화하는 것이다. 參考로 提示해 본 contamination-effect를 暗示하는 Ōba(1962)에 의한 AKF 三角圖(Fig. 10)에서도 本 岩體들은 變質(contamination)의 影響이 심하지 않고 定常分化의領域에 分布됨을 보여준다.

### 4.2-2. 各論(岩相變化 및 岩質)

A. 片狀花崗岩(Schistose granite) : 本岩은 本域에서 基盤岩을 最初로 貫入한 岩體로서 雨傘峰頂上을 中心으로 하여 진경리, 松谷里, 盤石里 北部 등지에 주로 分布한다. 어둔리 南西部에서는 基盤岩의 殘留物(roof pendant)을 調和貫入하는 것이 관찰되며, 黑雲母로 構成된 片理의 발달이 基盤岩의 構造와 一致하면서 部分的으로 잘 發達되어 있다. 本岩은 複雲母花崗岩, 淡紅色花崗岩, 花崗斑岩에 의해 차례로 貫入당해 있으며, 특히 複雲母花崗岩내에는 本岩의 浦獲岩(xenolith)이 到處에 散在되어 있음이 觀察된다. 本 암의 粒度는 粗粒質이며 石英과 칼리長石으로 構成된 페그마타이트가 脈狀으로 도처에 分布하는데 基盤岩과의 接觸部에서는 基盤岩內 까지 貫入되어 있다. 本 페그마타이트는 폭이 대체로 1m 이내이며, 本岩과의 接觸部는 quartz-

Table. 2 Chemical compositions and norms of granites from the Woosanbong area

Rock Name	Schistose granite		Two-mica granite	Biotite granite			Porphyritic granite		Pink feldspar granite		Granophyre
	U-1574	U-2620		U-1578	U-234	U-2622	U-2625	U-1569	U-1571	U-237	
SiO <sub>2</sub>	69.65	67.58	71.58	71.65	74.65	74.20	72.68	70.32	72.24	66.68	74.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.03	17.65	14.17	14.80	13.62	13.45	14.35	14.88	15.02	15.91	13.97
FeO	1.52	1.99	1.42	0.28	1.42	1.04	1.52	2.37	0.57	1.52	1.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.42	1.71	0.48	1.19	0.48	0.95	1.12	0.94	1.27	1.52	0.61
CaO	2.36	3.64	2.30	1.15	0.97	1.05	1.04	1.63	0.92	2.45	0.70
MgO	0.65	0.43	1.21	0.25	0.55	0.26	0.23	0.44	0.06	3.16	0.85
K <sub>2</sub> O	4.85	1.85	4.53	5.92	3.64	3.55	5.17	4.98	6.20	2.97	4.24
Na <sub>2</sub> O	3.03	3.87	3.55	3.64	3.40	3.60	3.07	3.15	3.35	3.47	3.20
MnO	0.05	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.06	0.05	0.10	0.03
TiO <sub>2</sub>	0.36	0.36	0.27	0.18	0.20	0.18	0.20	0.36	0.10	0.40	0.09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.21	0.22	0.20	0.19	0.20
-H <sub>2</sub> O	0.56	0.29	0.34	0.20	0.40	0.29	0.19	0.38	0.04	1.31	0.01
+H <sub>2</sub> O	0.10	0.07	0.06	0.08	0.10	0.18	0.02	0.02	0.10	0.04	0.01
Total	99.80	99.72	100.15	99.59	99.67	99.48	99.85	99.75	100.12	99.72	99.79
Q	27.56	29.42	26.81	25.59	37.80	37.20	32.32	28.02	27.52	25.73	37.20
Or	28.66	10.93	26.77	34.99	21.51	20.98	30.55	29.43	36.64	17.55	25.06
Ab	25.64	32.75	30.04	30.80	28.77	30.46	25.98	26.66	28.35	29.36	27.08
An	10.29	16.58	9.35	4.29	3.40	3.92	3.81	6.67	3.28	10.93	2.19
C	1.02	3.21		0.83	2.84	2.75	2.31	1.86	1.90	2.98	3.31
Mt	2.06	2.48	0.70	0.47	0.70	1.38	1.62	1.36		2.20	0.88
Ap	0.51	0.53	0.51	0.51	0.51	0.46	0.48	0.51	0.46	0.44	0.46
Hm				0.87					0.11		
En				0.62					0.15		
Hy	2.70	2.76	4.52		3.25	1.50	2.16	4.13		8.89	3.40
Di			0.53								
Il	0.68	0.68	0.51	0.34	0.38	0.34	0.38	0.68	0.19	0.76	0.17
Salic	93.17	92.88	92.97	96.50	94.32	95.31	94.97	92.64	97.38	86.06	94.84
Femic	5.95	6.45	6.76	2.81	4.83	3.68	4.65	6.68	2.59	12.29	4.92
Total	99.12	99.33	99.73	99.31	99.15	99.00	99.62	99.32	99.97	98.85	99.76
D. I.	81.86	73.10	83.62	91.38	88.08	88.64	88.85	84.10	92.51	72.15	89.34

\* These analyses were done by wet method at the Korea Institute of Energy and Resources, Seoul.

rich, 中央部는 feldspar-rich로 規則的인 帶狀構造를 보임이 特徵의이다. pegmatite는 一般的으로 그것이 貫入한 화강암체의 起源이 되는 마그마의 殘留液(residual solution)으로부터 形成되는 것이며, 따라서 페그마타이트를 구성하는 광물들도 最終的으로 結晶화된 것으로 알려져 있다(Huang, 1962). Jahns 와 Burnham (1969)은 一聯의 實驗結果를 통해 페그마타이트의 형성은 aplite(a fine-grained, sugary aggregate of quartz

and feldspar)와 밀접히 관련됨을 立證했다. 즉, aplite 와 페그마타이트는 모두 late-magmatic 기간 중 同時에 형성되는 것이고, 前者는 water vapor-poor fluid로 부터, 後者는 water vapor-rich fluid로부터 결정화 된 것으로 생각했다. 두 phase(water-rich, water-poor)를 구분하는 基準을 second boiling point라고 했고, 이 基準點 이하의 water-rich phase에서 페그마타이트가 形成된다고 했다. 이 water-rich phase는 큰 結晶들)

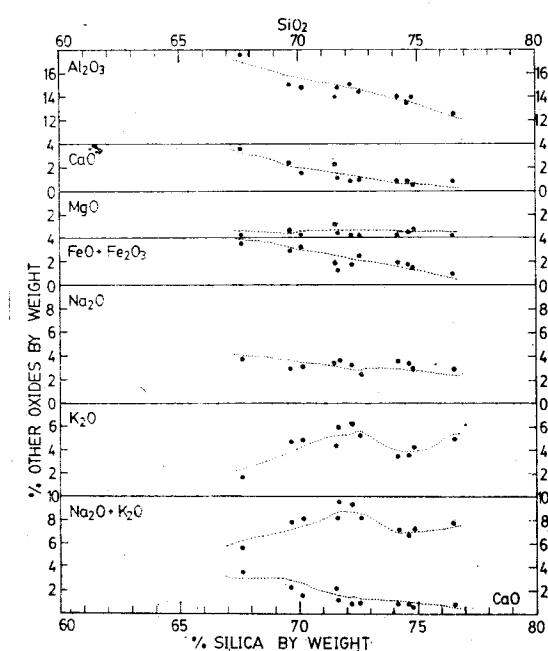


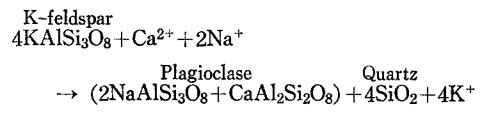
Fig. 3 Weight percents of oxides plotted against SiO<sub>2</sub> for the analyses of plutonic rocks from the Woosanbong area. After Harker (1909).

자랄수 있는 空間을 제공할 수 있고, 여러 結晶들의 濒集(nucleation)을 制限하여 少數의 結晶(a few crystals)를 만을 晶出할 수 있으며 게다가 相當量의 水分은 残留液의 粘性度(viscosity)를 감소시켜 ion들의 爽速한 移動을 促進할 수 있어, 이런 점들을 페그마타이트를 形成시킬 수 있는 條件으로 생각했다.

上記와 같은 페그마타이트는 本域內의 片狀花崗岩, 複雲母花崗岩 및 黑雲母花崗岩內에는 同一한 產狀으로 分布하지만, 斑狀花崗岩과 淡紅色花崗岩내에는 觀察되지 않는다. 이 事實은 本域의 花崗複合體의 生成과 相當한 關聯이 있어 보이는데 追後 細密한 研究調査가 必要할 것으로 생각된다.

鏡下에서 本岩(Plate 1-7, 8)은 主成分 鎌物로서 石英, perthitic orthoclase 및 斜長石으로 構成되어 greenish brown의 多色性을 갖는 후운모가 片理를 구성한다. 石英은 再結晶을 받은 곳이 많아 mosaic組織을 局部的으로 잘 보이며, 斜長石을 웅식해 들어간 부분이 많다. 어떤 부분에서는 石英이 斜長石의 結晶들을 poikilitic하게 包有하고 있는데, 이 경우의 사장석은 石英과의 反應때문에 本來의 自形을 維持하지 못하고 他形으로 存在한다. perthitic orthoclase는 웅식이 石英보다 심하지는 않으나 斜長石의 自形結晶들이 역시 poi-

kilitic하게 包有되며 接觸部에 myrmekitic rim을 흔히 만든다. 이러한 형태의 'wormy intergrowth'를 斜長石-石英 symplectite라 부르는데, Sederholm(1916)은 이를 deuteritic alteration過程에서의 置換(replacement)現像으로서 說明했고, 이 過程 중 斜長石의 絹雲母化, 黑雲母의 綠泥石化도 同時에 일어나는 것으로 알려져 있다. Nockolds外(1978)는 이 myrmekite의 形成을 ionic exchange에 의한 아래의 反應式으로 說明했다.



本域의 附隨鎌物로는 磷灰石, 치어콘이 小量 包含되고, 綠廉石과 granular sphene이 黑雲母의 變質產物로 隨伴된다. 部分的으로 黑雲母가 完全히 綠泥石化해서 green의 多色性만을 보여주는 곳도 있다(sample : U-587).

모우드成分으로 보아 本岩은 花崗閃綠岩에 가까운 石英분조니岩이며, 斜長石의 An成分은 An 28~34의 oligoclase~andesine이다.

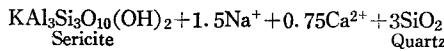
B. 複雲母花崗岩(two-mica granite) : 本岩은 雨傘峰의 西南部部盤石里, 智足里 一帶에 주로 分布하는데, 片狀花崗岩을 貫入하고 있으며, 黑雲母花崗岩에 의해서 관입을 당한 것이 智足橋附近에서 잘 觀察된다. 特히 雨傘峰西南部에는 片狀花崗岩의 浦獲岩이 많이 보이며, 렌즈狀의 페그마타이트도 흔히 貫入되어 있다. 이 페그마타이트도 片狀花崗岩의 各論에서 記載한 것과 產狀이 類似하며, 時代의 으로도 一致性를 갖는 것으로 보인다.

肉眼으로 보아 本岩은 中粒~粗粒質의 粒狀組織으로 유색광물의 量이 험저히 적어(color index<10) 典型的인 優白質岩이나 部分的으로 不規則하게 黑雲母의 含量이 變하기도 한다. 本岩의 가장 큰 特徵은 白雲母를 含有하는 점이며, 이에 대하여는 다음 章에서 詳述하려고 한다.

鏡下에서 本岩(Plate 2-4, 5, 6, 7, 8)은 石英, 微斜長石, 斜長石이 主成分鎌物이 되며, 특히 cross-hatched雙晶이 뚜렷한 微斜長石의 存在가 白雲母와 함께 他岩

※ 本岩에 命名된 two-mica granite는 Cohen(1879)이 最初로 提案했고, 뒤이어 Zirkel(1894)이 그의 教科書(Lehrbuch)에서 使用했다. 같은 岩石에 對해 Rosenbusch(1907)는 true-granite, Keyes(1895)는 binary-granite라는 名稱을 각각 提案했다. Johannsen(1932)은 상기 명칭들을 一般化하여 純粹한 白雲母花崗岩과 純粹한 黑雲母花崗岩(granitite)의 領域內에서 雲母類(백운모, 黑운모)의 相對的 含量에 의거해 biotite-muscovite granite 또는 muscovite-biotite granite로 區分해서 使用했다.

體들과 明瞭하게 區分되고 있다. 石英은 뚜렷한 波動消光(wavy undulose extinction)을 보여주고, 再結晶作用에 의해 斜長石과 微斜長石를 同化시켰고 部分의 으로 그들을 poikilitic 하게 包有하기도 한다(Plate 2-4). 斜長石(An 22~26)에서 Albite 雙晶은 대체로 明瞭하지 않으나 累帶構造는 현저하며 Albite-Carlsbad複合雙晶이 나타나는 경우는 있다. 斜長石들은 微斜長石이 clean 한 狀態인데 비해 組雲母化(sericitization)를 많이 받았다. 모우드(Table. 3)에서는 白雲母와 區分하기 위해 斜長石으로 처리했다. 이 組雲母化는 deuterio alteration過程에서 'hydrolytic metasomatism'에 의한 것으로 알려져 있는데, Hemley 와 Jones(1964)는 이를 斜長石이 水化(H<sup>+</sup>) 및 칼륨(K<sup>+</sup>)의 富化를 받아 形成된 것으로 생각하여 아래의 반응식을 提案했다.



組雲母化는 K-feldspar로 부터도 일어날 수 있으나 本岩에서는 該當되는 증거가 鏡下에서 別로 보이지 않는다.

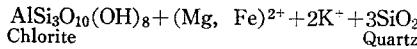
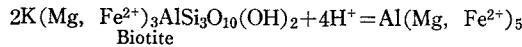
微斜長石은 斜長石과 달리 2차적 變質을 거의 받지 않았고, 正長石의 痕迹으로 생각되는 局部의 perthite의 albite string과 Carlsbad 쟁정을 나타내는 광물편을 내포한다. 斜長石과의 境界部에 myrmekitic rim을 形成한 곳도 있으며, 이런 경우는 大部分 斜長石 및 有色礦物들을 poikilitic 하게 包有하는 特徵을 보이는데 이는 다음 章에서 白雲母와 함께 檢討하려 한다.

黑雲母는 greenish brown의 多色性을 띠며, 白雲母綠泥石과 空間의 으로 隨伴되어 있다. 白雲母의 含量이 減小하는 곳에서는 黑雲母도 減小하고, 綠泥石이 거이 보이지 않으며, 이 경우의 黑雲母는 대체로 deep brown의 多色性을 보인다. 本岩은 모우드에 의해 石英 몬조니岩에 속하며, 燐灰石, clinozoisite, monazite 등을 附隨礦物로서 含有하고 있다.

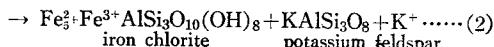
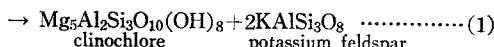
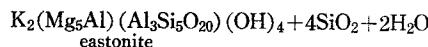
C. 黑雲母花崗岩(Biotite granite) : 本岩은 本域의 南部에서 甲下山을 中心으로 주로 分布하며, 複雲母花崗岩을 貫入했고 淡紅色花崗岩에 의해 貫入당했다. 본암내에도 上述한 두 암체와 마찬가지로 페그마타이트가 散在해 있는데 이것도前述한 바와 같이 同一起原으로 思料되는 것이다. 本岩은 野外에서 無數한 花崗斑岩類의 貫入을 받아 代表적인 露出을 찾기가 매우 어렵다.

肉眼으로 보아 本岩은 細粒質로서 典型의 他形粒狀組織(allotriomorphic granular texture), 즉 aplitic character를 보이는데, 組織이 致密하고 黑雲母의 含量이 優勢한 점에서 複雲母花崗岩과 뚜렷이 區分된다.

鏡下에서 本岩은 石英, perthitic orthoclase, 斜長石을 主成分으로 하며 有色礦物은 deep brown의 多色性을 갖는 黑雲母이고, 黑雲母내에 halo를 보이는 저어콘을 隨伴하는 程度로 比較的單純한 矿物組合을 보인다(Plate 1-5). 石英은 波動消光을 거의 보이지 않으며 大部分의 結晶面이 부드러운 曲線狀의 他形으로 나타난다. 斜長石은 Albite 雙晶이 明瞭하지 않고, 累帶構造는 현저하며, 組雲母化된 部分이 많다. Anorthite composition은 An 15~25 程度의 oligoclase이며 石英과의 接觸部에 光學的性質이 다른 reaction rim을 形成한 경우도 많다. K-feldspar는 部分의 quadrille雙晶을 보이는 微斜長石인 것도 있으나 뚜렷지 않고 大部分이 perthitic orthoclase인데 斜長石과의 接觸部에 myrmekitic rim을 形成치 않음도 特徵이다. K-feldspar는 poikilitic 하지는 않으나 石英과 斜長石을 部分의 으로 응식시킨 경우도 보여진다. 黑雲母는 綠泥石化된 部分이 많아 綠色의 多色性을 보이기도 한다. 이러한 綠泥石化作用(chloritization)은 deuterio alteration過程에서 組雲母化作用(sericitization)과 함께 일어나는 것으로서, hydrogen ion(H<sup>+</sup>)과 다른 cation(e.g. K<sup>+</sup>)들의 交代에 의한 것으로 알려져 있다. 이런 觀點에서 Meyer 와 Hemley(1967)는 아래의 反應式을 提示했다.



이에 對해 Chayes(1955)는 黑雲母의 部分의 綠泥石化는 마그마固結時 hydrothermal stage에서 이루어지는 것으로 보고 아래의 두 가지 反應式을 提示했다. 이 식중 (1)은 iron-free 黑雲母의 경우이고, (2)는 iron을 含有한 黑雲母에 該當하는 것이다.



本岩에는 小量의 燐灰石만이 附隨礦物로 包含되며, 모우드에 의해 本岩은 石英 몬조니岩으로 分類된다.

D. 斑狀花崗岩(Porphyritic granite) : 本岩은 本域의 北部인 봉암과 松谷里에 걸쳐 주로 分布하는 것으로, 上記한 花崗岩體들을 모두 貫入했으며, 淡紅色花崗岩과의 關係는 漸移的으로 異化되고 있음이 孔岩里와 봉암附近에서 관찰된다. 이는 後期에 花崗斑岩類의 貫入을 받았다.

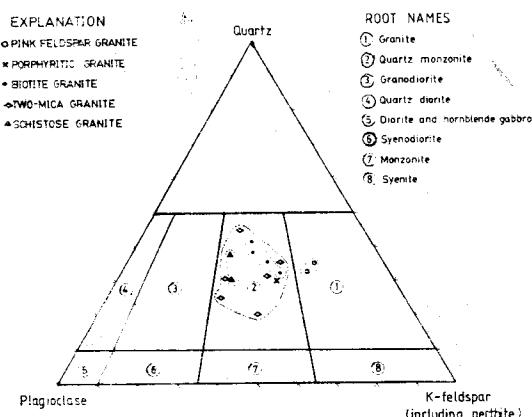


Fig. 4 Ternary diagram showing distribution of modal quartz, potassium feldspar, and plagioclase from chemically analyzed samples of plutonic rocks from the Woosan area. Classification is from Bateman (1961).

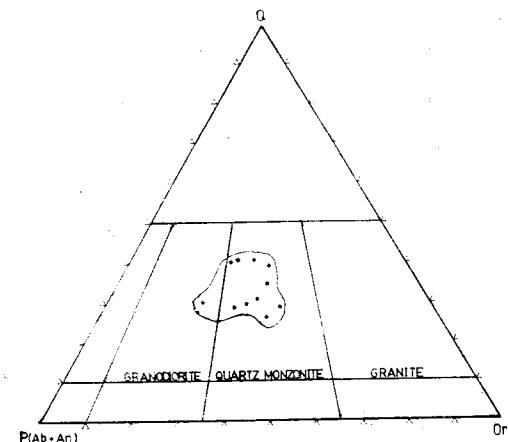
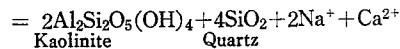
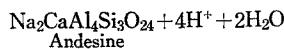


Fig. 5 Q-P-Or diagram showing normative proportions of quartz, plagioclase, and orthoclase in molecular percentages for plutonic rocks in the Woosanbong area. Classification is from Bateman (1961).

肉眼으로 보아 本岩은 대체로 繖密한 粗粒質組織으로서 3~6mm 정도의 灰白色長石斑晶을 가지는 곳이 많다. 本石은 風化에 강해 露出狀態가 良好하며, 岩質이 比較的 多樣해 野外에서 花崗斑岩類와의 區分이 어려운 곳도 있으나, 粗粒質이며 斑晶을 갖는 점으로 다른 岩石과 區分이 可能하다.

鏡下에서 本岩(Plate 2-1, 2)은 多樣한 鑽物組織을 보이며 斑晶으로 斜長石과 perthitic orthoclase가 나타

나며, 어느 경우에나 주변의 石基(groundmass)에 石英과 K-feldspar의 intergrowth인 微文象組織을 보인다. 斜長石 斑晶은 대부분 累帶構造를 나타내며, 불규칙한 patchy extinction을 보이기도 한다. 斜長石 成分은 An26~32정도이며, 대체로 自形으로서 他形의 perthitic orthoclase와 함께 glomeroporphyritic組織을 이루기도 한다. 대부분의 斜長石은 kaoline화되어 있는데, 이것은 'hydrolytic metasomatism'에 의한 것으로서 알려져 있으며, Hemley와 Jones(1964)는 이에 대해 아래의 反應式을 提示했다.



Perthitic orthoclase는 Carlsbad 혹은 Baveno雙晶을 대부분 보이고, 斜長石을 融蝕했거나 置換한 곳도 많다.

本岩의 石基는 aggregates形態로 微細한 石英粒(0.1~0.3mm) 斜長石 및 perthitic orthoclase로 構成된다. 有色礦物로는 deep green의 多色性을 보이는 角閃石이 特徵의이며, 單一 結晶보다는 작은 破片 狀態로 disseminated되어 있다. 黑雲母는 주로 green의 多色性을 보이며, 저어온의 halo를 흔히 가지고 있다. 上記 有色礦物의 量은 漸移의으로 변하는 淡紅色花崗岩보다는 優勢한 傾向을 보인다. Mode에 의해 本岩은 石英 몬조니岩이며, 附隨礦物로서 스펙綠簾石이 小量 分布한다.

E. 淡紅色花崗岩(Pink feldspar granite) : 本岩은 本域에서 甲下山 西部 溫川里~孔岩里와 北部의 진정리 부近에 分布한다. 本岩이 斑狀花崗岩과는 漸移의 관계에 있음을 앞에서 言及한 바 여기서는 岩床의 共通點과 差異點을 기재 하여 한다(Plate 1-6).

肉眼으로 보아 本岩은 대체로 中粒質의 粒狀組織이며, 部分적으로 粗粒質 혹은 斑晶質인 곳도 관찰된다. 長石은 淡紅色을 띠며, 有色礦物의 量이 斑狀花崗岩에 比해 顯著히 적다. 有色礦物은 鏡下에서 greenish brown의 多色性을 갖는 黑雲母와 deep green의 多色性을 보이는 角閃石이며, 綠泥石化된 부분은 거의 관찰되지 않는다. 淡紅色長石은 perthitic orthoclase이며, string形태의 albite가 顯著히 발달해 있고, 斜長石을 融蝕하고 있는 부분이 많다. 斜長石과의 接觸部에 myrmekitic rim을 형성한 경우가 있고 融蝕이 심한 부분에는 斜長石들의 結晶片들을 poikilitic하게 包有하고 있다. 斜長石은 累帶構造가 顯著하며 calcic core는 網雲母화된 곳이 많다. Albite雙晶이 明瞭하지 않아 anorthite composition을 決定하기 어려우며 結晶

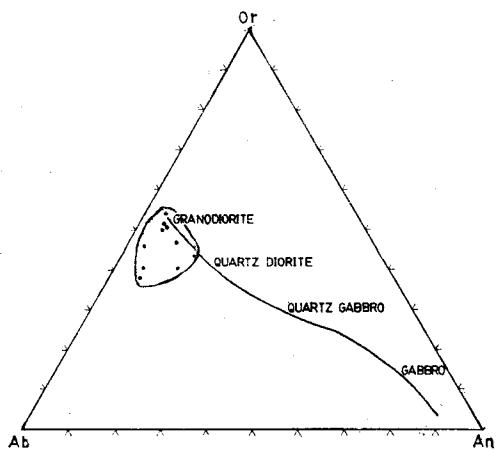


Fig. 6 Or-Ab-An diagram showing normative feldspar content in molecular percentages for plutonic rocks in the Woosanbong area (After Simonen, 1960).

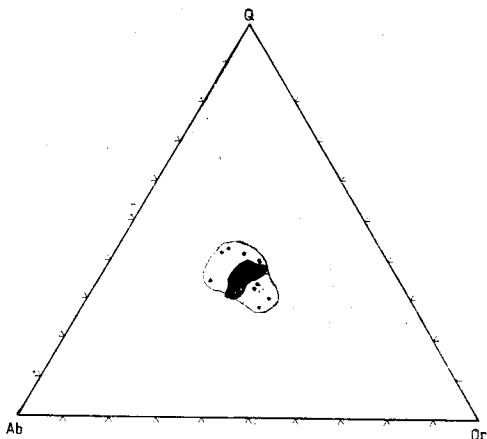


Fig. 7 Q-Ab-Or diagram showing normative proportions of quartz, albite, and orthoclase in molecular percentages for plutonic rocks in the Woosanbong area. The solid black area is from the experimental data by Bowen and Tuttle (1958).

形도 대부분 他形의 것이 特徵의이다. 石英은 波動消光을 거의 보이지 않으며, 再結晶을 받기도 했고 局部的 庄碎作用에 의해 0.1mm 이내의 粒子들이 aggregates를 構成하고 있기도 하다. 再結晶을 받았을 때 石英은 perthitic orthoclase 와 斜長石을 모두 融蝕시킨 것으로 보이며, 이런 점은 斑狀花崗岩의 경우와 同一하다.

Mode에 의하면 本岩은 true granite이며, 附隨礦物로서 灰岩, 스펜, 綠簾石 등이 小量包含된다.

本岩은 長石이 淡紅色을 띠는 점, 斜長石의 班晶이

Table. 4 Comparison between pink feldspar granite and porphyritic granite

	Porphyritic Granite	Pink Feldspar Granite
Texture	Porphyritic with K-feldspar and Plagioclase phenocrysts. micrographic in groundmass.	Medium~Coarse grained equigranular to seriate, non-micrographic, myrmekite common.
Mode	Quartz monzonite	Granite
Potassium feldspar	Anhedral perthitic orthoclase with Carlsbad-Baveno twinning	Subhedral perthite with clean albite string
Plagioclase	An26-32 patchy extinction highly kaolinization, oscillatory zoning	End member not determinable, sericitization, normal-continuous zoning
Mafic minerals	Green biotite and disseminated green hornblende	Greenish brown biotite and granular hornblende
Others	No pegmatite, light gray colored feldspars in megascopic	No Pegmatite primary epidote, some recrystallized quartz, pink-colored K-feldspar in megascopic

顯著하지 못한 점, 石基에 微文斜組織을 갖지 않은 점 등이 前述한 斑狀花崗岩과 주요한 差異가 된다. 本岩과 漸移的인 관계에 있는 斑狀花崗岩의 鑽物學的, 組織의 比交가 Table 4에 要約되어 있고, 上述한 5 가지 花崗複合體들의 特徵들을 補完하고 綜合한 것인 Table 5에 提示되어 있다.

#### F. 岩脈類(Dykes)

F-1. 花崗班岩(Granophyre) : 本岩은 本域 到處에서 거의 一定한 N-S 方向으로 花崗複合體들을 貫入하고 있으며, 이러한 規則的 方向性은 本域의 構造運動의 影響에 依한 것으로 보인다.

肉眼으로 本岩은 青灰色~白灰色을 띠고 部分的인 本晶을 除外하면 粒子가 區分되지 않을 정도로 細密한 組織을 갖는다. 野外에서는 드물게 石英을 班晶으로 가진 곳도 있으며, 小規模의 鹽基性酸性 岩脈類의 貫入을 받은 것도 잘 觀察된다.

鏡下에서 本岩(Plate 2-3)은 대체로 斑狀組織을 갖는데 班晶을 이루는 鑽物은 半自形~他形의 가장 優勢하

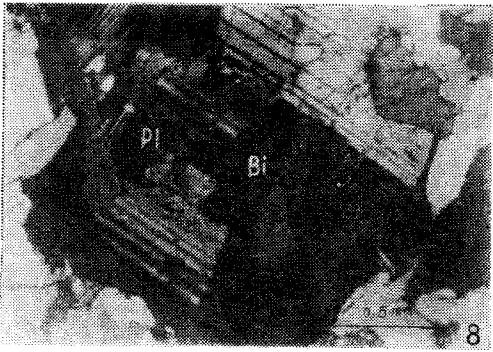
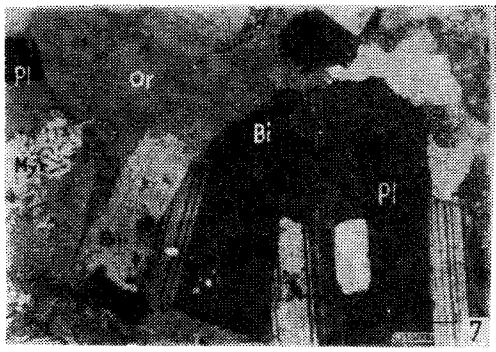
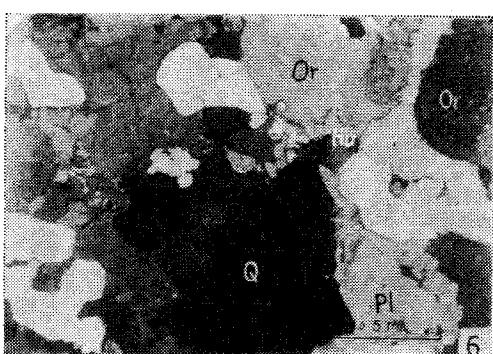
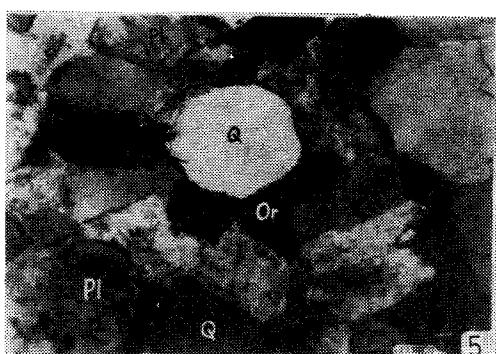
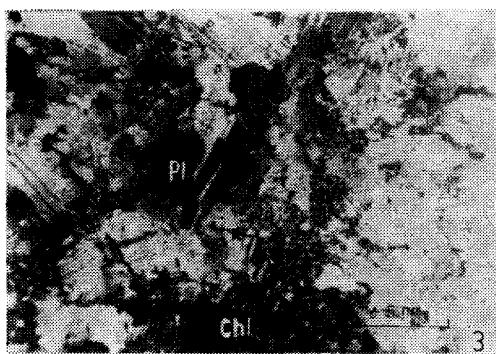
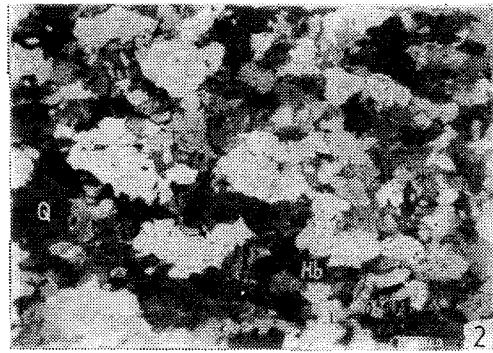
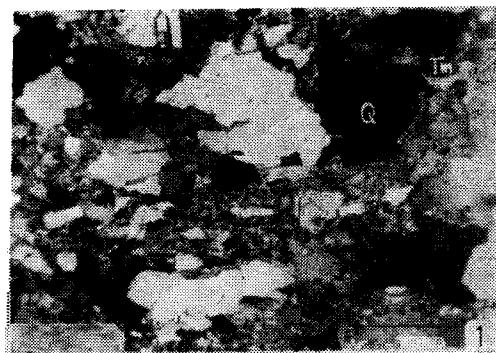


Plate I

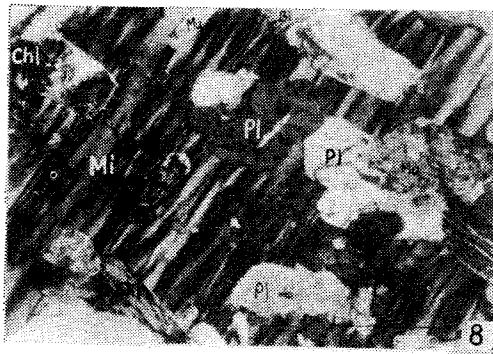
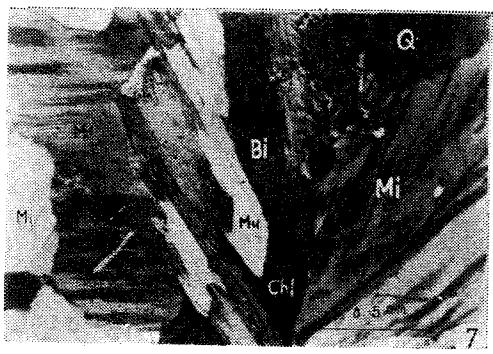
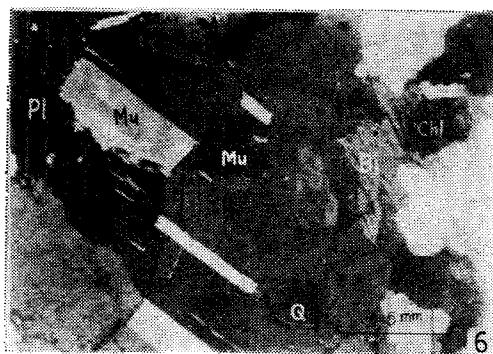
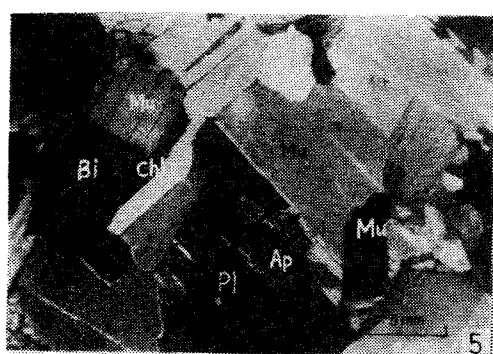
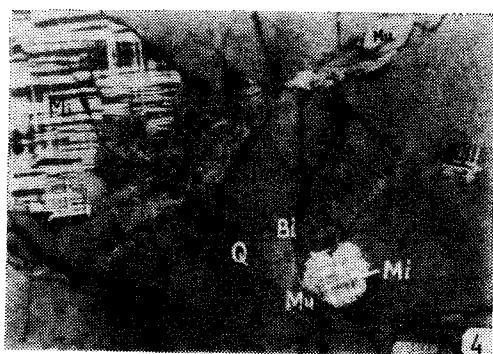
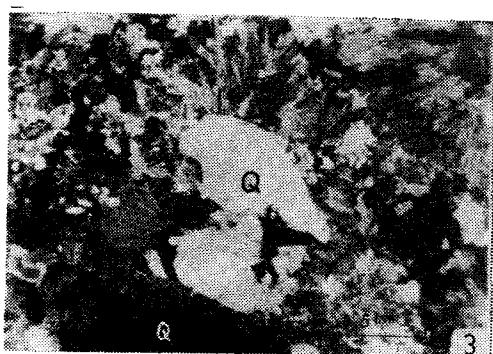


Plate 2

## Plate 1

1. 白雲母—黑雲母片岩(Muscovite-Biotite Schist) Sample : U-1452.  
白雲母, 黑雲母, 綠泥石으로 構成된 片理가 發達해 있고, 電氣石의 rounded basal section 들이 보인다.
2. 角閃石—黑雲母片岩(Hornblende-Biotite Schist) Sample:U-1572-3  
再結晶된 石英이 白雲母—黑雲母 片岩보다 優勢하며, 自形의 角閃石들이 黑雲母와 함께 片理面을 따라 發達해 있다.
3. 壓碎花崗岩(Crushed Granite) Sample:U-1577  
本域의 斷層을 따라 形成되어 있는 것으로서 斜長石들의 構造가 심히 破壞되거나 비틀려 있다.
4. 壓碎花崗岩(Crushed Granite) Sample:U-1236  
斜長石의 과과된 틈 사이에 白雲母(綿雲母)와 綠泥石이 形成되어 있다.
5. 黑雲母 花崗岩(Biotite Granite) Sample:U-2625  
他形의 石英, 正長石, 斜長石들이 黑雲母와 함께 allotriomorphic granular texture를 보인다. 斜長石은 심히 kaoline 化 되었다.
6. 淡紅色 花崗岩(Pink Feldspar Granite) Sample:U-237  
肉眼에서 淡紅色을 띠는 正長石의 perthitic texture를 잘 보이며, 石英이 長石들을 용식하고 있다. 自形의 角閃石이 보여진다.
7. 片狀 花崗岩(Schistose Granite) Sample:U-1574  
Albite-Carlsbad 複合 雙晶을 갖는 斜長石이 優勢하며 non-perthitic 한 正長石의 myrmekite를 symplectite 形態로 包有하고 있다.
8. 片狀 花崗岩(Schistose Granite) Sample: U-6100  
黑雲母가 微弱한 片理를 보이며, 斜長石이 優勢하다.

## Plate 2

1. 斑狀花崗岩(Porphyritic Granite) Sample:U-1569  
Patchy extinction을 보이는 斜長石이 다른 斜長石과 함께 glomeroporphyritic 組織을 보이고 있다.
2. 斑狀花崗岩(Porphyritic Granite) Sample: U-1571  
他形의 正長石과 自形의 斜長石이 각각 斑晶으로 나타나며, 正長石은 Carlsbad 또는 Baveno 雙晶이 보통이며, 斜長石의 둘째에 微文象 組織(micrographic texture)이 나타난다. 角閃石의 微立들이 흩어진 상태로 形成되어 있다.
3. 花崗斑岩(Granophyre) Sample:U-1238  
他形의 石英斑晶이 보이며, 石基에 微文象 組織이 顯著하다.
4. 複雲母花崗岩(Two-Mica Granite) Sample:U-584  
再結晶된 石英이 微斜長石, 斜長石, 白雲母, 黑雲母들을 (poikilitic 하게) 包有하고 있으며, 특히 微斜長石, 白雲母, 黑雲母가 共生體 관계에 있음을 暗示하고 있다.
5. 複雲母花崗岩(Two-Mica Granite) Sample: U-1576  
黑雲母와 隨伴되는 白雲母의 良好한 結晶들이 보이며, cleavage line이 黑雲母와 連續性을 가진 것과, 黑雲母의 殘留物을 結晶내에 가진 것이 보여진다. 綠泥石이 共存하고 있으며 自形의 磷灰石이 中央下部에 보여진다.
6. 複雲母花崗岩(Two-Mica Granite) Sample:U-7120  
斜長石내에 自形의 白雲母와 黑雲母가 包有되며, 微細한 綿雲母와 잘 區分된다.
7. 複雲母花崗岩(Two-Mica Granite) Sample:U-1578  
本岩의 唯一한 칼리長石인 微斜長石이 cross-hatched 雙晶을 잘 보여주며, 白雲母가 隨伴되는 黑雲母를 비스듬히 차르면서 綠泥石과 共存하고 있다.
8. 複雲母花崗岩(Two-Mica Granite) Sample: U-1576  
微斜長石이 斜長石, 白雲母, 黑雲母, 綠泥石들을 (poikilitic 하게) 包有하고 있다.

※ 현미경 寫眞은 모두 Cross Nicol 하임.

## Abbreviations

Q: Quartz,	Pl: Plagioclase,	Or: Orthoclase	Mi: Microcline,	Bi: Biotite,	Mu: Muscovite
Tm: Tourmaline,	Ap: Apatite,	Hb: Hornblende	Myr: Myrmekite,	Chl: Chlorite.	

Table 3 Modes of granites from the Woosanbong area

Rock Name	Schistose Granite				Two-Mica Granite				Biotite Granite				Porphyritic Granite		Pink Feldspar Granite	
	Sample No.	*U-587	U-1574	*U-2620	U-584	U-585	U-1576	*U-1578	U-7120	U-7121	U-232	*U-234	*U-2622	U-2625	*U-1569	*U-237
Quartz	38.0	27.4	28.2	31.8	41.7	32.2	29.4	22.4	19.7	36.7	33.9	40.7	30.6	28.8	34.15	31.9
Plagioclase	26.1	35.8	51.1	28.9	28.7	23.3	39.2	28.9	37.7	29.5	27.0	28.8	26.3	28.0	16.8	20.0
Microcline	-	-	35.7	22.2	34.9	26.4	41.8	38.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Perthitic Orthoclase	20.2	25.6	9.2	-	-	-	-	-	-	29.1	33.8	27.9	38.0	39.1	46.6	45.7
Biotite	10.5	9.2	10.6	0.6	0.5	3.5	1.5	0.4	0.5	2.9	3.5	1.3	2.5	1.4	0.7	1.6
Muscovite	-	-	1.5	4.3	3.4	2.0	2.6	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-
Sericite	1.5	1.0	0.5	-	-	-	-	-	-	1.1	1.1	0.8	0.6	-	-	-
Hornblende	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.75	0.4
Chlorite	1.9	0.4	-	1.0	2.2	2.5	1.4	7.6	0.8	-	0.7	0.5	1.2	-	-	0.2
Epidote	1.2	-	0.3	0.5	0.4	-	-	0.2	1.2	0.7	-	-	0.8	0.8	-	0.2
Apatite	0.1	0.3	0.3	-	-	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphene	0.5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-
Opacites	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Samples chemically analyzed

Table 5. Summary of the lithologic and petrographic data available for granites of the woosanbong area

Principal lithology	Granularity, texture, and structure	Mineralogy			Feldspar Characteristics	Remarks
		Essential	Accessory	Secondary		
Pink feldspar granite	Medium-coarse grained equigranular to seriate, partly porphyritic	Quartz perthite plagioclase green hornblende greenish brown biotite	Apatite epidote spheine	Chlorite sericite	Clear Carlsbad-Baveno twinned perthite clean albite string.	End member, not available, generally normal zoning
Porphyri- tic granite	Porphyritic and partly glomeropor- phyritic, development of micrographic quartz along phenocryst	Quartz perthitic orthoclase plagioclase greenish brown biotite green horn- blende	Spheine rutile	Epidote calcite sericite leucoxene firan spheine	Anhedral Carlsbad- Baveno twinned perthitic orthoclase	An 26-32 patchy extinction highly kaolini- zation oscillatory zoning
Biotite granite	Fine-grained allotriomorphic granular. aplitic character	Quartz perthitic orthoclase plagioclase deep brown biotite	Apatite zircon	Sericite spheine magnetite	Anhedral perthitic orthoclase unclear albite string	An 15-25 reaction rim by quartz. unclear albite twin and clear zoning
Two-mica granite	Medium-coarse grained equigranular hypidiomorphic granular partly leucocratic myrmekite common	Quartz microcline plagioclase muscovite greenish brown biotite	Apatite clinzoisite monazite	Sericite chlorite epidote	Anhedral microcline mostly non- perthitic and clean	An 22-26 fuzzy oscillatory zoning complex twinned
Schistose granite	Coarse-grained hypidiomorphic granular foliate with oriented biotite. myrmekite common	Quartz perthitic orthoclase plagioclase greenish brown biotite	Apatite zircon granular spheine	Epidote sericite	Subhedral-an- hedral orthoclase to micropertite	An 28-34 clear albite twin associated normal zoning. considerable sericitization
						Rare opaques recrystallized quartz. include zoned myrmekitic vein

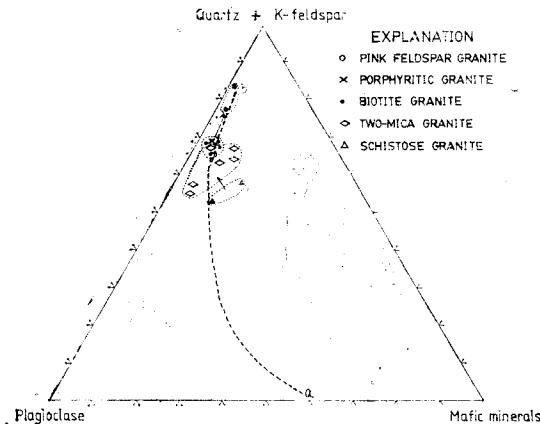


Fig. 8 Modal plot of plutonic rocks distributed in the Woosanbong area. a-b: trend line of NW zone (Lee, 1971)

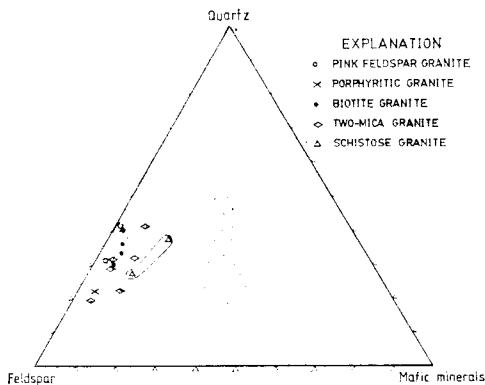


Fig. 9 Modal plot of plutonic rocks distributed in the Woosanbong area. After Lee (1971).

며 perthitic orthoclase 나 斜長石인 경우도 있다. 斜長石은 거의 完全한 自形들이며 누대구조가 顯著하다. 正長石은 albite string 을 갖는 perthite이고, 大部分 Carlsbad 나 Baveno 雙晶을 가지며 自形이다. 分部의 으로 sodic rim 을 가진 rapakivi 形態도 觀察된다. 石基는 석영과 K-feldspar 由構成된 미문상組織이 大部分을 占하고 有色礫物로는 greenish brown 的 多色性을 갖는 小量의 흑운모가 唯一한 것이다(※).

※花崗斑岩(granite porphyry or granophyre)이라는 名稱은 獨逸의 地質學者 Vogelsang(1872)이 最初로 提案한 것인데, 後에 Rosenbusch(1923)가 '石基가 잘 区分되지 않는 顯晶質의 aggregate'이며, 琉璃質性分을 갖지 않는 모든 斑岩類에 本名을 適用했다. 이 境遇 石基의 形態는 石英과 正長石의 micropegmatic intergrowth, semi-spherulitic, branching, plumose 및 interpenetrating form 等의 形態를 이루는 것으로 認識했다. Cross 외(1906)는 holocrystalline-granular groundmass 를 갖는 모든 斑岩流들을 總稱해서 本名을 使用했고, Lossen (1892)은 pegmatophyre 이라는 이름을 代用해서 使用했었다.

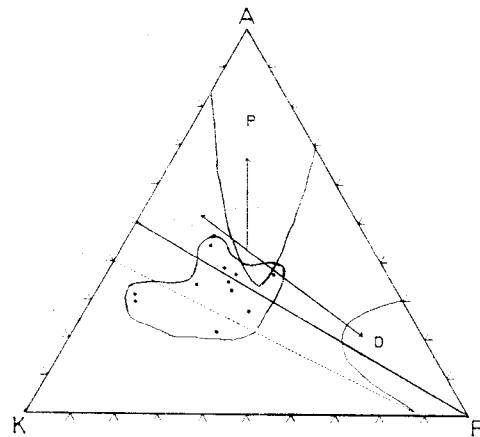


Fig. 10 The AKF diagram for plutonic rocks in the Woosanbong area in regard to the contamination-effect.  
P: Pelitic field, D: Diabasic field. After Óba(1962).  
Arrows indicate the contamination trends.  
A =  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ , K =  $\text{K}_2\text{O}$ ,  
F =  $\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO}$ .

F-2. 酸性, 鹽基性, 岩脈類 : 이는 本域 到處에서 小規模로 고루 分布하는데, 珪長岩質의 酸性岩脈類가 安山岩質의 鹽基性 岩脈類보다 量的으로 優勢하다. 本岩脈類는 本域의 最後 貫入體이며 規則的인 方向性을 보이지 않는 점이 花崗斑岩類와 다르다.

### 5. 複雲母 花崗岩에 對한 成因的 考察

本域 中央部에 分布하는 複雲母 花崗岩(two-mica granite)은 前章의 各論에서 記載한 바대로 片狀花崗岩을 貫入하고, 黑雲母 花崗岩에 의해 貫入당한 하나의 岩體이다. 本岩에 대해 1개의 化學分析과 6개의 모우드分析이 實施되었는데 그들을 Table 2와 3에서 각각 보여진다.

本章은 複雲母 花崗岩에 對한 종래의 考察들을 檢討한 後本岩의 特性에 가장 妥當한 것을 理論的으로 通用시켜 對比한 것이다.

一般的으로 白雲母는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , 및  $\text{H}_2\text{O}$  가 豐富한 堆積物(e.g. pelites)이 廣域變成作用을 받을 때 綠色片岩相以下の 低變成에서 흔히 生成된다. 例를 들면 chlorite zone 에서는 白雲母가 原岩內의 再結晶作用에 依해 形成되며, 이러한 白雲母의 形成을 初基變成段階의 基準으로 삼기도 한다(Jakob et al., 1933).

그러나 花崗岩類와 같은 酸性 深成岩類에서 白雲母의 形成은 黑雲母에 比하면 例外의이라 할 수 있다. 즉 페그마타이트, aplite 等의 特殊한 條件에서 白雲母는 一般的으로 分布하지만 stock 以上의 큰 規模의 貫

入岩體에서는例外的이며 그에對하여 여러가지 考察이 있다.

白雲母는 花崗岩內에서 interstitial과 dispersed의 두 가지 形態로 存在하는데 이中 interstitial은 primary, dispersed는 secondary origin에 의한 것으로考慮된다 (Deer et al., 1962). 즉 primary origin은 마그마의 分化過程中 melt 狀態(liquid)에서 晶出된 것이고, secondary는 分化가 끝난 후 solid 狀態에서 形成된 2次的產物로 본 것이다. 따라서 花崗岩內의 白雲母生成은 서로 다른 두 時期를 갖는 것으로 생각할 수 있다. 前者の 경우는 Bowen과 Tuttle(1958)에 의한 實驗的的研究가 있었는데, 그結果가 Fig. 11에 圖示되어 있다. 여기에는 Yoder外(1954)에 의한 phlogopite의 melting curve가 添加되어 있다. Fig. 11에서 보여지듯이 primary origin의 白雲母는 蒸氣壓이 약 1500atm以上, 生成溫度가 약 650°C以上的 特殊한 환경에서만 晶出될 수 있다. 例를 들어 火山岩類에는 白雲母가 결코 나타나지 않는데 이러한 점은 白雲母 形成의 溫度, 壓力條件이 火山岩固結의 領域밖에 있음을 부분적으로 肯定한다(Carmichael et al., 1974).

Fig. 11에 보이는 白雲母의 2가지 melting curve에 대해 白雲母의 breakdown reaction이라는 反應式이 아래와 같이 實驗的으로 確立되어 있다(Turner, 1968).

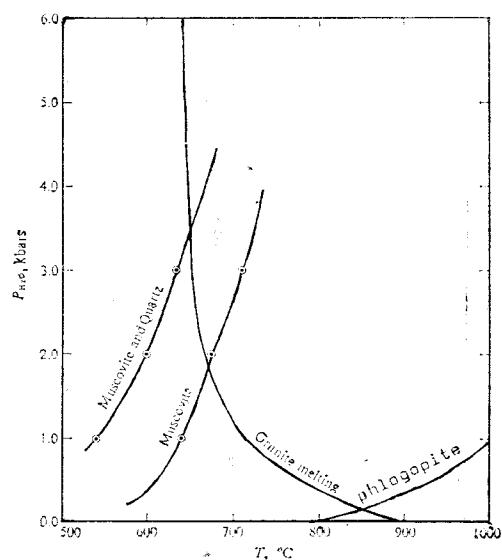
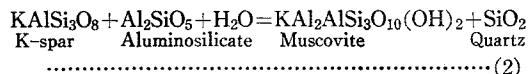


Fig. 11 Stability of muscovite and of muscovite plus quartz as a function of water-vapor pressure. Melting curve of granite is also shown(Data from Tuttle and Bowen, 1958; Evans, 1965.). Added phlogopite line of Yoder et al., (1954).



위 式들은 일종의 可逆反應으로 생각할 수 있다. 즉右側에서 左側으로의 反應은 溫度 上昇에 따르는 pelites의 變成段階에 일貫적으로 適用되는 것이다. 白雲母가 變成過程에서 dehydration에 의해 칼리長石과 aluminosilicates(kyanite, andalusite, and sillimanite)나 corundum으로 分離되는 反應을 나타낸 것이다. 그러나 反對方向의 反應은 granite melt로 부터 마그마가 冷却함에 따라 칼리長石이 H<sub>2</sub>O와 alumina의 富化를 받아白雲母를 晶出하는 것으로 생각할 수 있다. 이런 經路로 晶出된 白雲母를 primary origin의 interstitial이라 할 수 있다.

따라서 Fig. 11에서 보여지듯이 白雲母의 stability field는 Yoder外(1954)에 의한 phlogopite(Mg 흑운모)의 것보다 大端히 좁다. 이런 점은 自然界의 花崗岩에서 黑雲母에 比해 白雲母의 分布가 顯著히 적은 사실을 理論的으로 立證하고 있다. Mason(1966)도 Fig. 11에 關聯지어서 花崗岩內의 白雲母(a)는 蒸氣壓이(vapor pressure)이 大端히 높은 狀態, 즉 상당한 깊이에서 晶出되었거나(b) 이미 固結된 花崗岩內에 later introduction에 의한 것이라고 했다. 여기에서 (a)와 (b)의 區別에 대해 Deer外(1962)는 顯微鏡下의 結晶形態로兩者를 區分했다. 즉 前者の 경우는 larger interstitial crystal로 나타나며, granite melt로 부터 equilibrium 상태에서 形成된 것이고, 後者는 smaller flakes의 形態로 나타나는데 이는 花崗岩의 固結이 끝난 후 solid 狀態에서 replacement에 의한 것으로 생각했다. 따라서 後者の 경우는 白雲母가 花崗岩의 固結溫度以下에서도 生成될 수 있음을 意味한 것이다. 그러므로 한 岩體내에서도 上記 (a), (b) 두 가지 형태의 白雲母가 存在할 수 있고 이때는 2개의 서로 다른 時期에 걸쳐 白雲母가 형성된 것으로 看做할 수 있다.

그러나 Bowen과 Schairer(1955)는 K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三角圖의 理論에 依據해 花崗岩質 마그마 自體는 長石類를 構成하는데 要求되는 量以上的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 含有하기 어렵다는 사실을 立證했다. 그래서 相當量의 白雲母가 存在하는 花崗岩의 경우는 그 成因을 metasomatic reaction에서 찾아야 할 것이라고 主張하였다. 이에 따르면 대부분의 白雲母는 마그마의 結晶分化作用이 끝난 後나, 分化末期에 어떠한 外部的 要因에 의해 이루어진 2차적 산물이라 할 수 있다. 本岩의 研究에서도 이 경우가 支配的인 것으로 判斷되는데 이러한 2차적 白雲母 生成에 대한 지금까지의 岩石學的 理論들을 本岩에 對比시켜 본 mechanism들은 다음과 같이 要約될

수 있다.

(1) Deuteric evolution에서의  $H_2O$ 의 富化에 의한 metasomatic replacement의 產物

(2) Hydrothermal alteration 過程에서 'hydrogen ion metasomatism'에 따른 sericitization의 產物

(3) 基盤岩인 metapelites의 contamination에 의한 contact metasomatism의 產物

(4) Migmatites로 부터 granitization段階에 이르는 동안 原岩의 再結晶作用의 產物

이들 중 本岩에 適用할 수 있는 것은 (1)과 (2)의 경우이다.

(3)의 경우는 本岩이 직접 基盤岩과 接하지 않고 ghost stratigraphy를 假想할 수도 있지만 他 花崗岩體가 그 사이에 貫入形態로 分布하는 점과 本岩의 白雲母 分布가 一定한 界界部—contact aureole에 의한一樣狀에 局限되지 않는 사실로 미루어 適用되며 어려운 것으로 보인다. (4)의 경우도 本岩이 基盤岩과 空間的으로 漸移的인 관계에 있지 않으며, 基盤岩의 殘留物(relict)도 전혀 觀察되지 않는 점으로 보아 本岩에 該當하기는 어려울 것으로 料思된다.

(2)의 경우는 (1)과 alteration에 의한 影響은 대체로 類似한 樣相을 띠지만 本岩에서는 考慮되지 않았는데 그 理由는 다음과 같다. ① hydrothermal alteration은 마그마의 固結이 완전히 끝난 후의 現像이며, 마그마 自體로부터는 起源되지 않은 것으로 본다(Jensen and Beteman, 1979). ② hydrothermal solution에 의해 hydrothermal alteration이 일어난다고 할 수 있는데, 이 solution은一般的으로 ore-bearing fluid가 되기 쉬운 hot corrosive water로 定意(Helgeson, 1964)되어 있고 이것의 規模는 火成岩體에 비해서는 局部的인 것이다. ③ 따라서 본 用語는 structural control과 關聯지어서 鑛床學의 意味로 使用되어져 왔다. ④ 만일 火成岩體에 hydrothermal alteration을 適用할 경우는 그 時期가 deuteric過程보다는 後期일 것이며, 그 起源도 마그마 自體보다는 다른데서 찾아져야 할 것이다.

여기에 比해 deuteric alteration은 마그마自體에서 起源된 residual melt에 의한 것으로 考慮되어 진다. Wahlstrom(1950)은 外部起源(extraneous origin)의 solution에 의한 變質은 deuteric의 意味를 가질 수 없다고 했고 계속해서 그는 deuteric alteration을 일으키는 solution은 alkali, alumina 및 silica가 豊富히 集積된 마그마로부터의 residual liquid라고 했다. Hyndman(1972)은 deuteric alteration은 late-magmatic to post-magmatic process에서 일어난다고 보았고 Jensen과 Bateman(1979)은 表現을 달리해 火成岩體의 最終固結

(the final consolidation of the igneous body)段階直前에 생긴다고 했다. 따라서 deuteric alteration은 火成岩體全般에 걸쳐 일어날 수 있으며 火成岩體固結에 이어지는 모든 後續 變質에 대해 適用할 수 있을 것이다.

이러한 觀點에 따라 本岩의 特徵的 樣狀은 아래와 같이 整理된다.

(1) 本岩의 K-feldspar는 cross-hatched 雙晶이 顯著한 微斜長石이고, kaolinization이나 sericitization 등의 變質을 거의 받지 않았다.

(2) 微斜長石의 커다란 結晶들은 대부분 poikilitic하게 斜長石들을 包有하고 있으며, 斜長石과의 界界部에 myrmekitic rim을 形成하기도 한다.

(3) 대부분의 微斜長石들은 perthitic texture나 Carlsbad 雙晶이 보이지 않는 깨끗한 形태지만 部分적으로는 이러한 組織들이 남아 있는데 이를 microclinization前의 正長石의 残留構造인 것으로 생각할 수 있다.

(4) 本岩의 白雲母는 結晶形態가 대체로 自形에 가까우며 黑雲母와 綠泥石이 空間的으로 隨伴된다.

(5) 白雲母는 本岩體全般에 걸쳐 分布하지만 含量의 變化는 不規則의이다.

(6) 本岩中 黑雲母가 적은 곳에서는 白雲母도 減少하여 顯著한 優白質岩이 된 곳이 흔히 觀察된다.

(7) 本岩의 白雲母는 上記와 같은 分布形態로 보아 마그마의 結晶分化過程중 melt狀態에서 생성된 것으로 考慮되는 interstitial形態로 보기는 어렵다.

上記 사실들을 綜合해 볼 때 本岩內의 白雲母生成은 deuteric過程에서  $H_2O$ 의 富化에 따라 黑雲母가 breakdown되어 綠泥石과 함께 이루어진 것으로 생각할 수 있다. Table 2의 化學分析 data에서 보이듯이 本岩(two-mica granite)에 特別히  $Al_2O_3$ 나  $K_2O$ 가 enrich되어 있지 않은 점도 위 事實을 뒷받침해 준다. 여기에 따라 鏡下에서 觀察되는 白雲母—黑雲母—綠泥石共生體에 대해 다음 章 5-(e)에 보이는 反應式을 假想해 보았는데, 이것을 正當化하기 위해서는 追後熱力學의 연구 및 檢討가 있어야 할 것이다.

本岩內의 微斜長石의 存在는 白雲母의 形成과 시기적으로 密接한 연관이 있는 것으로 보이는데 그 자세한 mechanism의 紛明은 現段階로서는 매우 어렵다. 즉 이 微斜長石이 原來의 slow-cooling에 의한 本岩內의 K-feldspar이었었는지 혹은 microclinization 같은 deuteric過程의 2차적 산물인지를 識別할 顯微鏡的 증거가 없기 때문이다. Eskola(1952)는 正長石보다 低溫에서 安定한 형인 微斜長石이 mechanical deformation에 의해 正長石으로부터 轉移된다고 했다. 그러나 本域에서는 이런 사실을 立證할만한 증거를 찾을 수 없

다. Charoy(1971)는 Questembert granite 연구에서 마그마의 結晶分化 過程이 끝난 후 後續變質作用을 2段階로 나누어서 설명했다. 즉 첫단계는 silico-potassic percolation에 의한 microclinization이고, 두번째 단계는 deuterio evolution 인데,兩者는 모두 solid state에서 이루어지는 것으로 보았다. 따라서 그는 이러한 優白質複雲母花崗岩을 'apo-granite'라 불렀고, 이 leucogranitic belt에 交代作用이 일반적으로 顯著했다는 점을 觀察했다(※ 'apo'는 原構造를 變形시키지 않는 정도의 metasomatic change를 의미하는 接頭語이다).

本岩의 경우도 대체적인 岩床이 優白質인 점, tectonic deformation에 의한 局部의 壓碎帶가 存在하는 점 (crushed granite), 微斜長石이 顯著한 점 및 白雲母가 黑雲母를 交代하여 形成된 점등이 Charoy의 연구와 비교적 類似하나, 構造的인 mechanism에 대한 細密한 연구가 뒷받침되면 本岩의 成因은 相當히 밝혀질 것으로 보인다.

## 6. 結論

本域을 調査研究한 結果 다음과 같다.

1. 雨傘峰지역의 花崗岩複合體는 岩床과 貫入時期에 따라 片狀花崗岩, 複雲母花崗岩, 黑雲母花崗岩, 斑狀花崗岩 및 淡紅色花崗岩으로 構成된다. 이들中斑狀花崗岩과 淡紅色花崗岩의 關係는 漸移의이다.

2. 本複合體는 化學成分과 Mode成分으로 보아 淡紅色花崗岩만이 true granite에 속하며, 나머지는 모두 quartz monzonite에 속한다.

3. 本複合體中 가장 新期의 斑狀花崗岩과 淡紅色花崗岩은 角閃石를 特徵으로 含有하며 pegmatite는 存在하지 않는다.

4. 本複合體中 片狀花崗岩, 複雲母花崗岩 및 黑雲母花崗岩內에는 렌즈狀 또는 脈狀의 pegmatite가 共通으로 散在되어 있다.

5. 複雲母花崗岩은 肉眼으로 보아 대체로 優白質이

며 白雲母와 微斜長石을 特徵으로 含有하고 있다.

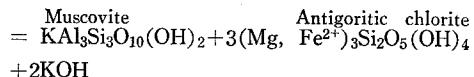
5-(a). 本岩內의 白雲母와 黑雲母는 空間의으로 密接히 隨伴되어 cleavage line을 共有하는 同一結晶內에서 一部은 白雲母, 다른 一部은 黑雲母로 나타나기도 한다. 그리고 黑雲母가 緑泥石化된 部分도 흔히 볼 수 있다.

5-(b). 이들 白雲母-黑雲母共生體는 時空間의으로 微斜長石에 密接히 隨伴되어 있다.

5-(c). 斜長石內에는 흔히 網雲母化된 部分이 있으며, 드물게는 이 網雲母가 單一結晶으로 나타나기도 한다.

5-(d). 本岩의 白雲母含量은 大端히 不規則하며, 黑雲母가 적은 곳에서는 白雲母도 적고, 黑雲母가 없는 部分은 白雲母도 發見되지 않고 優白質이 된다.

5-(e). 本岩의 白雲母와 緑泥石은 deuterio alteration過程에서 水分의 富化에 따라 黑雲母로부터 生成된 것으로 思料된다. 이때 黑雲母中 K<sup>+</sup>의 一部는 KOH의 形態로 溶出(leaching out)되었을 可能性이 있으며, 이것이 事實이라면 아래와 같은 反應式으로 이 變質을 表現할 수 있을 것이다.



5-(f). 斜長石內의 網雲母化는 白雲母-綠泥石의 生成時期와 때를 같이하여 斜長石이 水化 및 칼륨의 富化를 받아 일어난 것으로 보인다.

5-(g). 이들 白雲母化 또는 網雲母化는 正長石의 微斜長石化와 時期의으로 密接한 聯關係를 가지는 것으로 보이는데, 이들의 時間의 前後關係를 紛明하는 것은 現段階로서는 매우 어렵다.

5-(h). 上記를 綜合해볼 때 本岩은 黑雲母花崗岩의 白雲母化에 의한 一種의, 'apo-granite'라 할 수 있다.

## 參 考 文 獻

- 박희인, 이준동 및 정지곤, (1977) 한국지질도(유성도 폭), 자원개발연구소, 서울
- Barth, T. F. W., (1962) Theoretical petrology, 2nd ed. John Wiley and Sons, INC., 416p.
- , (1969) Feldspars. Wiley-Interscience, New York, 261p.
- Bayly, B., (1968) Introduction to petrology. Prentice-Hall, INC., New Jersey, 371p.
- Bird, G. W. and Fawcett, J. J., (1973) Stability relations of Mg-chlorite-muscovite and quartz between and 10kb water pressure. Jour. Petr., v. 14, p. 415-428.
- Brownlow, A. H., (1979) Geochemistry. Prentice-Hall, INC., New Jersey, p. 356-413.
- Carmichael, IAN. S. E., Turner, F. J. and Verhoogen, J., (1974) Igneous petrology. McGraw-Hill Book Company, New York, p. 264-266.
- Compton, R. R., (1962) Manual of field geology. John

- Wiley and Sons, INC., New York, p. 272-295.
- Cox, K. G., Bell, J. D. and Pankhurst, R. J., (1979) The interpretation of igneous rocks. George Allen and Unwin, London, 450p.
- Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J., (1962) Rockforming minerals, v. 3 (sheet silicates). Longmans, London, p. 11-30.
- Grandclaude, ph. and Stüssi, J. M., ed. (1978) Sciences de la terre, informatique géologique. The International Geological Correlation Program, Orleans, 94p.
- Guidotti, C. V., (1978) Muscovite and K-feldspar from two-mica adamellite in northwestern Maine: composition and petrogenetic implications. Am. Mineral., v. 63, p. 750-753.
- Hibbard, M. J., (1979) Myrmekite as a marker between preaqueous and postaqueous phase saturation in granitic systems. Geol. Soc. Am. Bull., v. 90, p. 1047-1067.
- Huang, W. T., (1962) Petrology. McGraw-Hill Book Company, New York, p. 159-162.
- Hutchison, C. S., (1974) Laboratory handbook of petrographic techniques. Wiley-Interscience, 527p.
- Hyndman, D. W., (1972) Petrology of igneous and metamorphic rocks. McGraw-Hill Book Co. 533p.
- Johannsen, A., (1932) A descriptive petrography of the igneous rocks, v. II (The Quartz-bearing rocks), The Univ. of Chicago Press, 428p.
- Lee, D. S., (1971) Study on the igneous activity in the middle Ogneon geosynclinal zone, Korea. J. Geol. Soc. Korea v. 7, no. 3, p. 153-216.
- Mackenzie, Wm. S., (1954) The orthoclase-microcline inversion. Mineral. Magazine, v. 30, p. 354-366.
- Marmo, V., (1971) Granite petrology and the granite problem. Elsevier Publishing Company, 224p.
- Mason, B., (1966) Principles of geochemistry, 3rd ed. John Wiley and Sons INC., p. 96-131.
- Mehnert, K. R., (1968) Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier Publishing Co. 393p.
- Mueller, R. F. and Saxena, S. K., (1977) Chemical petrology. Springer-Verlag, 394p.
- Munoz, J. L. and Ludington, S., (1977) Fluorine-hydroxyl exchange in synthetic muscovite and its application to muscovite biotite assemblages. Am. Mineral., v. 62, p. 304-308.
- Murakami, N., (1969) Two contrastive trends of evolution of biotite in granitic rocks. Jour. Japan. Assoc. Petr. Min. Econ. Geol., v. 62, p. 223-248.
- Newall, G. and Rast, N., ed. (1970) Mechanism of igneous intrusion. The Steel House Press, 380p.
- Nockolds, S. R., Knox, R. W. O'B. and Chinner, G. A., (1978) Petrology for students. Cambridge Univ. Press, Cambridge, London, p. 18-36.
- Ōba, N., (1962) The Contamination-trends in the Kyūshū outer zone granites and some typical granitic rocks in outer regions. Jour. Geol. Soc. Japan. v. 18, p. 469-480.
- Phillips, Wm. R. and Griffin, D. T., (1981) Optical mineralogy, the non-opaque minerals. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 677p.
- Putnis, A. and McConnell, J. D. C., (1980) Principles of mineral behaviour. Elsevier Pub. 257p.
- Raguin, E., (1965) Geology of granite. Interscience Publishers, New York, 275p.
- Swanson, S. E., (1977) Relation of nucleation and crystal-growth rate to the development of granitic textures. Am. Mineral., v. 62, p. 966-978.
- Turner, F. J., (1968) Metamorphic petrology (mineralogical and field aspects). McGraw-Hill Book Company, New York 403p.
- Tuttle, O. F., (1952) Optical studies on alkali feldspars. Am. Jour. Sci., present v., p. 553-567.
- Vennum, W. R., (1978) Igneous and metamorphic petrology of the southwestern Dana mountains, Lassiter Coast, Antarctic Peninsula. Resear. U.S. Geol. Survey, v. 6, p. 95-106.
- Wahlstrom, E. E., (1950) Introduction to theoretical igneous petrology. John Wiley and Sons, INC., New York, p. 276-290.
- Yoder, JR., H. S., ed. (1979) The evolution of the igneous rocks, Fiftieth Anniversary Prospectives. Princeton University Press, Princeton, 588p.
- Yun, S. K., (1979) Petrochemistry, hydrothermal alteration, and trace element geochemistry of ore-related igneous rocks along southern margin of the Taebaegsan basin Korea. J. Geol. Soc. Korea. v. 15, p. 141-167.