

咸白盆地 基盤地域에 分布하는 先캄브리아 花崗岩質岩類의 岩石化學的 研究

尹 顯 秀* · 李 大 聲**

Petrochemical Study on the Precambrian Granitic Rocks in the Basement Area of Hambaeg Basin

Hyun Soo Yun and Dai Sung Lee

Abstract: The area of this study is located in the Sangdong district, Youngwol Gun, Kangwon Do, where the Ogcheon fold belt comes into contact with the Ryongnam massif. The area is covered by the Precambrian metasedimentary rocks of Yulri Group in the south from the line of Ungyosan-Maebongsan-Jansan-Taebaegsan Mountains and by the Cambro-Ordovician sedimentary rocks of Choseon Supergroup in the north. The Choseon Supergroup unconformably overlies the Yulri group. Several granitic intrusives occur in the Precambrian and Cambro-Ordovician terrain.

The purpose of this study is to clarify the geochronology, mineralogical composition, geochemical characteristics, petrogenesis and tectonic settings of the Precambrian granitic rocks, and to evaluate the P.T. conditions of granitic intrusions.

The K/Ar ages obtained from the muscovite of Nonggeori Granite, Naedeogri granite and pegmatite intruded into the Yulri Group are Early Proterozoic ($1805 \pm 18\text{Ma}$ to $1642 \pm 23\text{Ma}$), and those from the migmatitic pegmatite are Late Carboniferous ($305 \pm 4\text{Ma}$), respectively.

The Precambrian granitic rocks are characterized by the presence of muscovite, tourmaline and grey feldspar with faint lineation of mafic minerals. In terms of mineralogical and chemical composition, the granitic rocks are felsic, calc-alkalic, peraluminous and S-type (ilmenite-series).

The geochemical characteristics of major and trace elements indicate that the granitic rocks belong to syn-collision setting at the compressional plate margin. They were formed by progressive melting of relatively homogeneous crustal materials under $1 \sim 3\text{kb}$ and $670^\circ \sim 720^\circ\text{C}$ in aqueous fluid conditions, and the Naedeogri granite was more fractionated than the Nonggeori granite.

During the Taebaeg disturbance, Nonggeori granite, Naedeogri granite and pegmatite were intruded and emplaced into the Yulri Group. Migmatitic pegmatite occurring in the southwestern area, however, gave much younger muscovite age than the pegmatite intruded into the Yulri Group in rest of the area did, that might be due to the regional metamorphism of the Post-Choseon disturbance. The Geodo granitic mass and the Imog granite were intruded during the Bulgugsa disturbance.

序 言

本 研究地域은 韓半島 中東部인 嶺南陸塊와 沃川地

向斜帶가 접하는 咸白向斜의 南翼部一帶로서 그 範圍는 東徑 $128^\circ 36' \sim 128^\circ 57'$ 北緯 $37^\circ 09' \sim 37^\circ 20'$ 에 該當되 며 주로 先캄브리아時代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

* 韓國動力資源研究所 地化學室

** 延世大學校 地質學科

과 先캄브리아時代와 白堊紀의 花崗岩類로 구성된다.

變成堆積岩類는 遠南層群을 不整合의으로 被覆하는 栗里層群(金玉準外, 1963)으로 本 研究地域인 西碧里圖幅(李東雨外, 1965)과 玉洞圖幅(李大聲, 1966)에서 가장 넓은 分布를 이룬다. 本 栗里層群을 貫入한 花崗岩質岩類는 K/Ar法에 의한 白雲母年齡測定 結果 原生代 初期로 밝혀졌다.

本 研究의 目的은 變成堆積岩類인 栗里層群을 貫入한 火成岩類의 年齡, 火成岩類의 鑛物學的 및 地化學的 諸特徵, 分類, 成因 및 構造的 環境(tectonic setting) 그리고 火成岩類의 形成 P.T 條件等을 研究하는데 있다. 또한 本城一帶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과 比較하였다.

끝으로 오늘의 結實이 있기까지 그동안 累次에 걸쳐 指導鞭撻을 아끼지 않으신 金玉準教授, 故尹碩奎教授, 李商萬教授, 李河榮教授께 感謝드립니다. 또한 動力資源研究所의 金相燁博士, 陳明植博士와 地化學研究室員들의 많은 도움에 感謝드립니다.

本 研究에서 古生代 및 中生代の 岩層은 除外한다.

一般地質

本 研究地域은 雲橋山—每峰山—壯山—太白山을 基準으로 대체로 그 南쪽에는 基盤岩類로 先캄브리아 栗里層群에 속하는 變成堆積岩類가 分布하고, 그 北쪽에는 成白向斜의 南部一帶로서 이에는 西南西에서 東南東 方向으로 길게 帶狀分布하는 캄브로~오오도비스紀의 朝鮮累層群 및 上部 石炭紀~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 各々 不整合關係를 이룬다(Tab. 1, Fig. 1).

花崗岩質類로는 先캄브리아紀에 栗里層群을 貫入한 濃矩里 花崗岩, 內德里 花崗岩 및 貫入岩床 또는 岩脈形으로 栗里層群 分布地의 到處에서 産出되는 巨晶質 花崗岩이 있다. 또한 白堊紀에 朝鮮累層群을 貫入한 巨道 花崗閃綠岩, 濃矩里 花崗岩과 巨道花崗閃綠岩을 貫入한 石英몬조니 斑岩 및 栗里層群의 一部와 朝鮮累層群을 貫入한 梨木花崗岩이 있다. 그의 全域에 걸쳐 鹽基性 및 酸性岩脈이 散在하며 특히 朝鮮累層群內에서 頻繁히 産出된다.

變成堆積岩類

本 岩類는 先캄브리아時代의 栗里層群으로서 下部의 覺華寺層과 上部의 古善里層으로 區分된다.

1) 覺華寺層: 本層은 本城 南西端 覺華山을 中心으로 小規模 分布되는 綠泥石片岩으로 주로 綠泥石, 絹雲母,

Table 1 地質系統表.

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

石英, 白雲母, 黑雲母 및 斜長石으로 構成된다.

2) 古善里層: 本層은 本城에서 가장 넓은 分布를 이루어 栗里層群의 거의 大部分을 차지한다.

本層은 片岩類, 珪岩과 千枚岩, 石灰岩 및 石灰珪酸鹽岩等으로 構成되나 드물게 두께 數cm의 石炭層이 挾在되기도 한다. 石灰珪酸岩은 렌즈狀으로 挾在된 薄層으로서 그 延長性은 약하다.

本層은 地域에 따라 走向과 傾斜가 상당히 변하며 또한 泥質源과 砂質源 變成岩類의 互層으로 構成되나 變成相과 産出狀態로 보아 거의 片岩類로 構成되며, 片麻岩類는 本城 南西部 鳥濟里南側에 소규모로 分布되며 巨晶質 花崗岩과는 注入片麻岩의 岩相을 이루기도 한다. 이들 片麻岩類는 片岩類로 橫的漸移하는 경우가 많으며 黑雲母片麻岩이 主이고 이에 石英—長石質 片麻岩이 挾在되어 局部的으로 小規模의 眼球狀構造를 이루기도 한다.

花崗岩質岩類

本岩類로는 古善里層에 發達되는 濃矩里, 內德里 및 巨晶質 花崗岩이 있다.

(1) 濃矩里 花崗岩: 本岩은 壯山南部 濃矩里一帶에

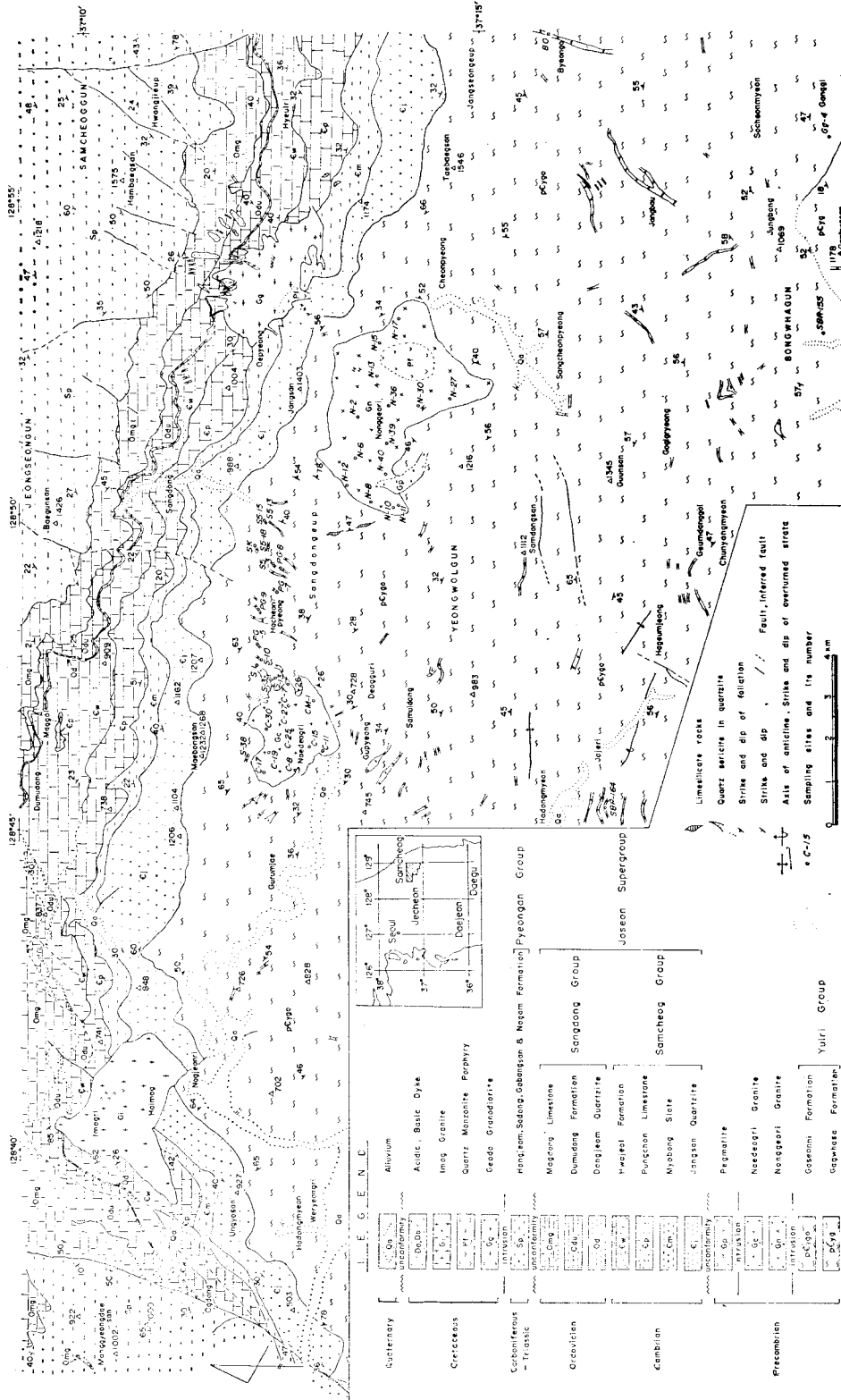


Fig. 1 Geologic map and sampling sites in Sangdong area.

서 古善里層의 珪岩, 千枚岩 및 片岩類 등을 貫入하여 發達된 전체로 보아 長·短徑(5×4km)이 비슷한 마름모형의 岩株이다. 本岩은 西側 古善里層과의 隣接部에서는 shear zone이 發達되어 古善里層이 垂直에 가까운 層理를 이루는바 이는 本岩 貫入時의 構造의 變化的인 힘에 의한 것으로 보이며 이런 構造의 變化는 本岩 西側으로 갈수록 減少되어 七郎里에서는 緩慢한 傾斜를 이룬다.

本岩에는 珪岩으로 보이는 捕獲物이 드물게 觀察되는데 이는 栗里層群內 珪岩의 捕獲物로 思料된다. 이 捕獲物은 크기가 5×3cm인 灰色의 細粒質로서 微細한 二次의 石英脈에 의하여 貫入된다.

本岩은 南쪽 周邊部一部에서만 細粒質을 이룬 것 외는 거의가 中粒質의 粒狀組織을 이루며 均一한 岩相을 가진 灰色, 淡灰色 및 部分的으로 暗灰色 長石이 發達된 舍電氣石 中粒質 複雲母 花崗岩이다. 本岩의 中心部 및 南部一部에서는 晶洞構造(druse texture)를 이룬 石英脈이 小規模로 發達된다. 또한 覺喜溪谷에서는 巨晶質花崗岩脈에 의해 貫入되고 곳에 따라 緻密한 石英脈의 注入으로 심한 絹雲母化 作用을 받았다.

本岩의 東部 및 北部에서는 長石質이 優熱한 石英문조니 斑岩이 대체로 南北 또는 北北東 方向의 작은 岩株狀과 岩脈狀으로 貫入分布된다. 本岩의 年齡은 이번 研究에서 多少의 岩相變化에 關係없이 原生代 初期로 밝혀졌다.

(2) 內德里 花崗岩; 本岩은 本域 中部인 內德里一帶에 分布된 東西/南北方向이 2.5km/2km程度인 圓形에 가까운 岩株로서 古善里層의 珪岩, 粘板岩 및 片岩類를 貫入한다.

本岩은 部分的으로 片理와 線構造를 이루고 黑雲母 segregation이 發達되기도 하며 간혹 石英 雲母質 片岩이나 珪岩類를 捕獲한다. 本岩內와 특히 周邊部에는 前述한 濃矩里 花崗岩에서보다 더 많은 巨晶質花崗岩脈이 貫入發達된다. 本岩內의 페그마타이트는 두께 數cm~20cm이며 대체로 N30°E 方向으로 數枚가 平行하게 貫入된다.

本岩은 灰色 長石이 優熱하며 中心部 一部는 中粒質이나 그외는 대체로 細粒質인 舍電氣石 複雲母 花崗岩이며 電氣石의 含量은 本岩 北部에서 다소 더 增加되는 傾向을 가진다. 또한 대체로 濃矩里보다 優白質이고 細粒質이다. 本岩의 年齡도 原生代 初期로 밝혀졌다.

(3) 巨晶質 花崗岩: 本岩은 本域의 栗里層群 分布地에 限하여 到處에서 產出되며 주로 岩脈을 이루지만 本域 中部인 下川坪, 順鏡 및 聖德 錫鑛山 周圍에서는 貫入岩床(sheet)을 이루기도 한다. 岩床形을 이룰 경우,

數枚가 平行하게 發達되며 岩脈形을 이룰 경우보다 다소 더 細粒質이다.

本岩은 周邊 壁岩가까이에서만 다소 細粒質化 되기도하나 鑛物成分과 크기가 類似하며 分帶(zoning)를 하기 어려운 simple pegmatite이다(Park, 1964). 本岩에는 간혹 黑雲母 片岩類의 捕獲物이 發見되기도 한다.

本岩의 幅은 數cm~20m程度에 이르기까지 變化가 심하며 그 延長은 10m程度에서 約3km에 달하는 것도 있다. 本岩은 粒狀組織이 주이나 graphic texture를 이루기도 있다. 下東面 一部에서는 部分的으로 미그마타이트質 페그마타이트가 發達되며 특히 泥質 變成堆積岩層과의 接觸部에서는 다소 더 많은 柘榴石이 產出된다. 이는 廣域變成作用의 產物로 보인다(Huang, 1962).

本岩의 年齡은 原生代 初期에 속하나 上記한 미그마타이트質 페그마타이트는 이와 달리 石炭紀 後期에 속한다.

花崗岩質岩類 및 變成堆積岩類의 K/Ar年齡

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

花崗岩質岩類

濃矩里 花崗岩의 白雲母 年齡은 多少의 岩相變化에 關係없이, 本岩 西部에서 巨晶質 花崗岩脈에 隣接해 다소 심하게 絹雲母化 된 것도 모두 1732±16~1802±18Ma이다.

內德里花崗岩의 白雲母 年齡은 1642±23~1787±19Ma로 역시 初期 原生代에 속한다. 또한 巨晶質 花崗岩의 白雲母 年齡도 1773±18~1805±18Ma로서 初期 原生代에 該當된다. 이들의 年齡은 모두 Early Late Percambrian의 太白變動期(金玉準, 1975)에 一到되는 火成活動 時期이다.

한편 같은 太白變動期 產物인 洪濟寺花崗片麻岩(金勇俊, 1982)의 全岩年齡(Rb/Sr法)과 初生比는 1752±20~1825±20Ma와 0.7144~0.7167로서, 本域의 岩類와 거의 같은 年齡을 가진다. 이런 同位元素의 資料에 의해 本岩類도 洪濟寺 花崗片麻岩과 類似한 初生比를 갖는 S-type 花崗岩으로 思料된다(Chappel, 1978; White & Chappel, 1983).

그러나 本域 南東部에 分布된 미그마타이트質 페그마타이트(SBR-164)의 白雲母年齡은 本域內 다른 페그마타이트의 것과 달리 石炭紀末인 305±4Ma로서 後朝鮮變動期(金玉準, 1974)에 該當된다.

變成堆積岩類

古善里層의 黑雲母 片岩 試料 2個에서 測定된 黑雲

Table 2 Analytical data and K/Ar ages of granitic rocks and others from Sangdong area.

| Sample and Reference | | Mineral | K % | Age(Ma) |
|----------------------|--------------|-----------|------|---------|
| Nonggeori Granite | N-2 | muscovite | 8.78 | 1761±18 |
| | N-6 | muscovite | 8.68 | 1736±16 |
| | N-8 | muscovite | 8.61 | 1767±37 |
| | N-10 | muscovite | 8.70 | 1757±17 |
| | N-11 | muscovite | 8.65 | 1777±31 |
| | N-12 | muscovite | 8.64 | 1802±18 |
| Naedeogri Granite | C-7 | muscovite | 8.70 | 1787±19 |
| | C-8 | muscovite | 8.60 | 1780±18 |
| | C-9 | muscovite | 8.69 | 1773±18 |
| | C-15 | muscovite | 8.56 | 1673±22 |
| | C-15(repeat) | muscovite | 8.56 | 1642±23 |
| Pegmatite | S-1 | muscovite | 8.57 | 1773±18 |
| | S-3 | muscovite | 8.63 | 1792±18 |
| | S K | muscovite | 8.30 | 1792±18 |
| | *SBR-164 | muscovite | 8.69 | 305± 4 |
| | B O | muscovite | 8.34 | 1805±18 |
| Biotite Schist | Gg-4 | biotite | 7.55 | 249± 3 |
| | SBR-155 | biotite | 6.58 | 183± 3 |

* migmatitic

母 年齡은 本城 南東部와 南部의 것이 249±3 및 183±3Ma로서 각각 페름紀末과 주라紀에 該當된다. 이 들중 後者의 年齡은 本城 南部에 分布된 春陽 花崗岩에 의

한 resetting 影響으로 解析된다. 先캄브리아地域(栗里 層群?)에 貫入分布된 이 花崗岩의 黑雲母 年齡(K/Ar 法)은 155Ma로 報告된 바 있다(金玉準, 1971).

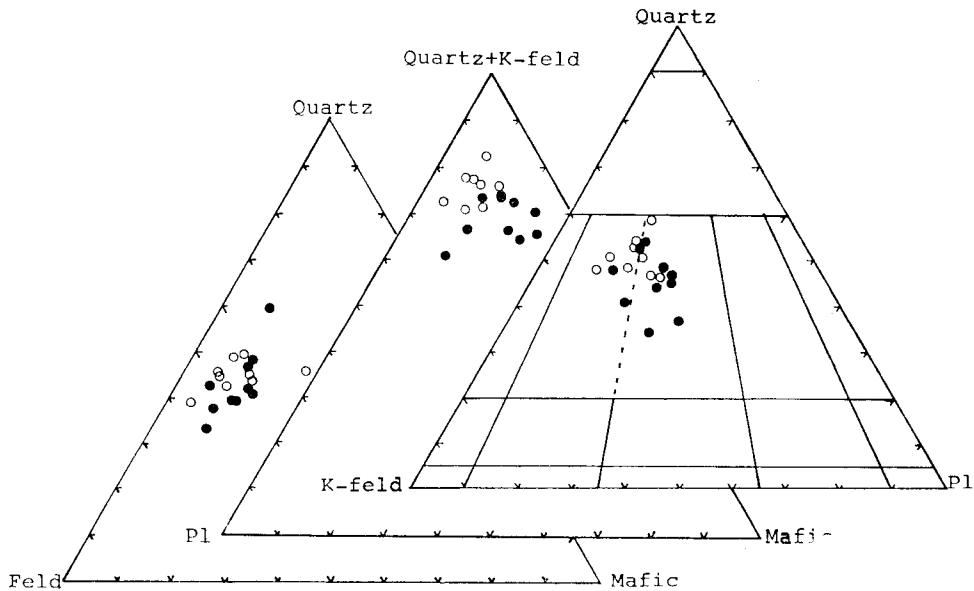


Fig. 2 Triangular diagrams of modal composition for Precambrian granites. Full and open circles are Nonggeori and Naedeogri granites, respectively.

花崗岩質岩類의 鑛物組成

本岩類의 構成鑛物과 모우드 分析값은 Table. 3, 4와 같으며, Streckeisen(1976)에 의한 modal quartz-K feldspar-plagioclase(以下 QAP) 三角도는 Fig. 2와 같다.

濃矩里 花崗岩

本岩은 modal QAP 三角圖에서 花崗岩 領域에 속하며 syeno-와 monzogranite 境界部에 密集된다. 本岩의 主成分 및 副成分 鑛物의 鏡下觀察는 다음과 같다.

石英은 本岩의 南部 周邊部에서는 細粒質化(0.3~0.5mm)되기도 하나 대체로 等粒質로서 크기는 1.8~4.8mm에 이른다.

K-長石은 주로 微斜長石이며 一部는 正長石과 퍼다이트이다. 微斜長石은 소위 gridron texture로서 두 set의 lamellar는 直交하며 8°~14°의 消光角을 이룬다. 正長石은 칼스바드 雙晶을 이루며 8°~11°의 消光角을 가진다. 퍼다이트는 string type의 칼스바드 雙晶을 이룬다.

斜長石은 알바이트나 칼스바드-알바이트 雙晶을 이루

나 드물게 페리크린이나 칼스바드 雙晶도 觀察된다. 消光角은 9°~16°(An6~13)로 알바이트~올리고클레이스에 該當된다. EPMA分析結果 이 鑛物은 An 5.61~6.95, Ab 92.15~93.79, Or 0.60~0.91의 成分을 갖는 알바이트이다.

黑雲母는 變質作用을 별로 받지 않았으며 pleochroic halo가 劈開面에 나란히 發達되기도 하며 일부 線構造를 이룰경우 結晶境界가 微弱한 경우가 많다. 白雲母는 無色 내지 淡綠色을 띄며 일부 劈開는 彎曲된다. 또한 주로 板狀을 이루나 일부 scaly aggregates를 이룬다.

燐灰石은 自形, 半自形, 他形을 이룬다. 이는 無色 또는 cloudy하며 不規則한 cross fracture가 發達된다. 電氣石은 半自形 내지 他形을 이루고 不規則한 fracture가 發達되며, 대체로 0.8~1.2mm의 크기를 가진다. 이는 淡黃色이 주이며, 一部 結晶의 周邊과 中心部가 각각 黃色과 淡黃色을 띄어 累帶構造를 이루기도 한다.

不透明鑛物은 대체로 少量이며 그중 閃亞鉛石이 石英몬조니 斑岩 東側 接觸部에서 黑雲母의 劈開를 따라 發達된다.

內德里 花崗岩

本岩은 modal QAP 三角圖에서 花崗岩 領域에 該當

Table 3 Modal composition of Nonggeori granite.

| % | pt | Qz | K-f | Pl | Bi | Hb | Mu | Ap | Sp | Zr | Opa | Tor | Ch | Cab |
|------|-------|-------|-------|------|----|-------|------|------|------|------|------|------|----|-----|
| N-2 | 658 | 560 | 570 | 25 | — | 156 | 3 | tr | 1 | 1 | 9 | 17 | — | |
| | 32.9 | 28 | 28.5 | 1.25 | — | 7.8 | 0.15 | tr | 0.05 | 0.05 | 0.45 | 0.85 | — | |
| N-6 | 781 | 553 | 425 | 50 | — | 143 | 6 | 2 | 2 | — | 26 | 15 | — | |
| | 39.05 | 27.66 | 21.25 | 2.5 | — | 7.15 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | — | 1.3 | 0.75 | — | |
| N-13 | 962 | 507 | 302 | 47 | — | 135 | 6 | tr | tr | 11 | 27 | 3 | — | |
| | 48.1 | 25.35 | 15.1 | 2.35 | — | 6.75 | 0.3 | tr | tr | 0.55 | 1.35 | 0.15 | — | |
| N-15 | 934 | 546 | 296 | 13 | — | 165 | 9 | — | tr | 1 | 35 | 1 | — | |
| | 46.7 | 27.3 | 14.8 | 0.65 | — | 8.25 | 0.45 | — | tr | 0.05 | 1.75 | 0.05 | — | |
| N-17 | 836 | 493 | 386 | 34 | — | 167 | 14 | — | tr | 16 | 15 | 29 | — | |
| | 41.8 | 24.65 | 19.8 | 1.7 | — | 8.35 | 0.7 | — | tr | 0.8 | 0.75 | 1.45 | — | |
| N-27 | 745 | 709 | 353 | 90 | — | 74 | 9 | tr | 3 | 5 | 2 | 10 | — | |
| | 37.25 | 35.45 | 17.65 | 4.5 | — | 3.7 | 0.45 | tr | 0.15 | 0.25 | 0.1 | 0.5 | — | |
| N-30 | 810 | 653 | 234 | 53 | — | 213 | 4 | — | tr | 6 | 8 | 19 | — | |
| | 40.5 | 32.65 | 11.7 | 2.65 | — | 10.65 | 0.2 | — | tr | 0.3 | 0.4 | 0.95 | — | |
| N-36 | 844 | 497 | 457 | 58 | — | 115 | 6 | tr | 1 | 2 | 7 | 13 | — | |
| | 42.2 | 28.45 | 22.85 | 2.9 | — | 5.75 | 0.3 | tr | 0.05 | 0.1 | 0.35 | 0.65 | — | |
| N-39 | 782 | 503 | 459 | 53 | — | 185 | 5 | tr | 1 | 1 | 3 | 8 | — | |
| | 39.1 | 25.15 | 22.95 | 2.65 | — | 9.25 | 0.25 | tr | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 0.4 | — | |
| N-40 | 624 | 687 | 498 | 50 | — | 125 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | — | |
| | 31.2 | 34.35 | 24.9 | 2.5 | — | 6.25 | 0.25 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 0.3 | — | |

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

Table 4 Modal composition of Naedeogri granite.

| pt | Qz | K-f | Pl | Bi | Hb | Mu | Ap | Sp | Zz | Opa | Tor | Ch | Cab |
|------|-------|-------|-------|------|----|-------|------|----|------|------|------|------|-----|
| C-7 | 850 | 537 | 388 | tr | — | 115 | 2 | — | tr | tr | 72 | — | — |
| | 42.5 | 28.65 | 19.4 | tr | — | 5.75 | 0.1 | — | tr | tr | 3.6 | — | — |
| C-8 | 874 | 652 | 207 | 76 | — | 174 | 13 | — | 1 | 2 | — | 1 | — |
| | 43.7 | 32.6 | 10.35 | 3.8 | — | 8.7 | 0.65 | — | 0.05 | 0.1 | — | 0.05 | — |
| C-11 | 886 | 769 | 197 | 86 | — | 51 | 1 | — | tr | 5 | 1 | 4 | — |
| | 44.3 | 38.45 | 9.85 | 4.3 | — | 2.55 | 0.05 | — | tr | 0.25 | 0.05 | 0.2 | — |
| C-15 | 775 | 683 | 446 | 1 | — | 25 | 1 | — | — | tr | 69 | — | — |
| | 38.75 | 34.15 | 22.3 | 0.05 | — | 1.25 | 0.05 | — | — | tr | 3.45 | — | — |
| C-17 | 977 | 580 | 288 | 13 | — | 89 | 6 | — | — | 1 | 46 | — | — |
| | 48.85 | 29 | 14.4 | 0.65 | — | 4.45 | 0.3 | — | — | 0.05 | 2.3 | — | — |
| C-19 | 899 | 539 | 319 | 43 | — | 132 | 6 | tr | tr | 1 | 63 | — | — |
| | 44.95 | 26.95 | 15.85 | 2.15 | — | 6.6 | 0.3 | tr | tr | 0.05 | 3.15 | — | — |
| C-25 | 914 | 392 | 237 | tr | — | 409 | 9 | — | — | 3 | 36 | — | — |
| | 45.7 | 19.6 | 11.85 | tr | — | 20.45 | 0.45 | — | — | 0.15 | 1.8 | — | — |
| C-27 | 904 | 654 | 308 | 53 | — | 75 | 3 | tr | 1 | 2 | — | — | — |
| | 45.2 | 32.7 | 15.4 | 2.65 | — | 3.75 | 0.15 | tr | 0.05 | 0.1 | — | — | — |
| C-30 | 984 | 552 | 272 | 15 | — | 103 | 5 | — | — | 4 | 65 | — | — |
| | 49.2 | 27.6 | 13.6 | 0.75 | — | 5.15 | 0.25 | — | — | 0.2 | 3.25 | — | — |

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

되어 syeno-와 monzogranite 境界部에 密集되며, 濃矩里 花崗岩보다 石英含量이 多少 더 增加된다(Fig. 2). 本岩의 主成分 및 副成分 鑛物은 濃矩里와 같다.

石英은 不規則한 消光을 하며 대체적인 크기는 0.5~0.7mm에 이른다. K長石은 微斜長石, 正長石 및 一部 輝石이다 微斜長石은 斜交 또는 直交하는 cross-hatched雙晶을 이루며 斜長石, 白雲母와 함께 poikilitic texture를 이루기도 한다. 輝石은 string type이나 simple twins를 이룬다.

斜長石은 lath-like 또는 plate form을 이루며 대체적인 크기는 0.5~1.4mm이고, 消光角은 7°~14°(An 8~15)로서 알바이트~올리코크레이스에 該當된다. 이 鑛物은 EPMA 分析結果 An 7.86~13.39, Ab 85.52~91.64, Or 0.50~1.09로서 알바이트~올리코크레이스의 成分을 가진다.

黑雲母는 結晶境界가 稀微한 경우가 자주 觀察되며 一部 劈開는 彎曲된다. 그리고 一部 半透明相의 碎片을 包有하며, K-長石이 劈開面을 따라 交代도 한다. 白雲母는 無色 또는 淡綠色을 띠며 板狀, minute shreds 나 scaly aggregates를 이룬다.

磷灰石은 0.9~1.5mm의 크기와 대체로 不規則한 fracture가 發達되며 半自形이나 他形을 이룬다. 電氣石은 主로 黃色이고 一部 累帶構造를 이루며 斑點狀의

綠色 halo가 發達되기도 한다. 不透明 鑛物은 tr~0.25 vol%로서 濃矩里보다 多少 減少된다.

巨晶質 花崗岩

本岩의 主成分 鑛物은 石英, 斜長石, 少量의 正長石, 微斜長石, 輝石, 白雲母와 少量의 黑雲母이며 副成分 鑛物은 電氣石, 磷灰石, 錫石, 柘榴石 및 絹雲母 등이다.

石英은 波狀消光을 하며 jagged band狀으로 集合된 消光도 一部 보인다. 一部는 微斜長石과 輝石을 交代하며 絹雲母와 aggregates狀을 이루기도 한다.

微斜長石은 斜交 또는 直交하는 cross-hatched 構造를 이루며 石英에 의해 交代도 된다. 本域 南西部 下東面의 미그마타이트質 페그마타이트에서는 斜長石과 正長石이 輝石을 交代하며 斜長石의 雙晶境界는 稀微하게 發達된다. 斜長石은 거의가 알바이트 雙晶을 이루며 一部 劈開는 變形된다. 이는 커다란 lath-like 形을 이루며 대개 jagged된 結晶境界로 接한다. 黑雲母는 少量 含有되며 劈開面을 따라 綠泥石化되기도 한다. 白雲母는 無色이나 淡綠色이며 本域 東部 礫石地帶의 것은 다소 심하게 劈開가 彎曲된다. 電氣石은 自形, 半自形 및 他形을 이루고 淡綠褐色이나 淡綠青色의 多色性을 띠며 微粒의 綠色 halo가 斑點을 이룬다. 錫石은 赤色을 띠며 다소 prismatic한 劈開를 가지며 石英, 斜長石 및 白雲母에 含有된다.

花崗岩質岩類의 岩石化學

量成分 分析値는 Tab. 5-1~4와 같다.

濃矩里 花崗岩

本岩類의 主成分, CIPW 및 Niggli value 그리고 微 Q-Or-Pl)와 normative albite-anorthite-orthoclase (以下

Table 5-1 Major element oxides, normative minerals and Niggli values of granitic rocks from the basement area of Hambaeg basin.

| Nonggeori granite | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | N-2 | N-6 | N-13 | N-15 | N-17 | N-27 | N-30 | *NM-1 | N-36 | N-39 | N-40 | C-7 |
| SiO ₂ | 73.14 | 71.90 | 73.90 | 73.08 | 73.28 | 72.24 | 72.04 | 71.04 | 73.78 | 73.84 | 73.48 | 73.58 |
| TiO ₂ | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.14 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.02 |
| Al ₂ O ₃ | 15.13 | 15.54 | 14.62 | 15.55 | 15.26 | 15.25 | 15.68 | 14.40 | 14.94 | 14.43 | 14.80 | 15.25 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.25 | 0.44 | 0.09 | 0.26 | 0.10 | 0.40 | 0.38 | 1.94 | 0.49 | 0.37 | 0.62 | 0.41 |
| FeO | 1.03 | 0.75 | 0.96 | 0.89 | 1.16 | 1.16 | 1.13 | | 0.68 | 0.89 | 0.79 | 0.34 |
| MnO | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| MgO | 0.33 | 0.25 | 0.28 | 0.22 | 0.43 | 0.47 | 0.47 | 0.30 | 0.17 | 0.25 | 0.17 | 0.48 |
| CaO | 0.82 | 0.79 | 0.51 | 0.68 | 0.68 | 0.79 | 0.51 | 0.61 | 0.73 | 0.73 | 0.62 | 0.45 |
| Na ₂ O | 3.07 | 3.30 | 3.46 | 3.09 | 3.10 | 2.93 | 3.06 | 3.16 | 3.37 | 3.05 | 2.91 | 3.64 |
| K ₂ O | 5.23 | 5.08 | 5.01 | 5.11 | 4.89 | 5.49 | 5.51 | 5.11 | 4.76 | 5.36 | 5.36 | 4.60 |
| P ₂ O ₅ | 0.16 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.22 | 0.18 | 0.23 | 0.28 | 0.28 | 0.21 | 0.20 | 0.29 |
| Total | 99.26 | 98.40 | 99.13 | 99.14 | 99.21 | 99.01 | 99.10 | 97.00 | 99.27 | 99.21 | 99.03 | 99.07 |
| Normative Minerals | | | | | | | | | | | | |
| Q | 32.99 | 31.99 | 33.26 | 33.97 | 34.43 | 31.84 | 31.53 | | 34.83 | 33.93 | 34.96 | 34.12 |
| Or | 31.44 | 30.51 | 29.87 | 30.46 | 29.13 | 32.77 | 32.86 | | 28.34 | 31.93 | 31.99 | 27.44 |
| Ab | 26.17 | 28.38 | 29.54 | 26.38 | 26.44 | 25.04 | 26.13 | | 28.73 | 26.02 | 24.87 | 31.09 |
| An | 3.06 | 2.35 | 1.13 | 2.17 | 1.98 | 2.79 | 1.06 | | 1.84 | 2.29 | 1.81 | 0.37 |
| C | 3.33 | 3.83 | 3.12 | 4.18 | 4.18 | 3.51 | 4.33 | | 3.60 | 2.80 | 3.59 | 4.19 |
| Di | — | — | — | — | — | — | — | | — | — | — | — |
| Hy | 2.40 | 1.55 | 2.32 | 1.92 | 3.03 | 2.87 | 2.85 | | 1.18 | 1.88 | 1.29 | 1.47 |
| Ol | — | — | — | — | — | — | — | | — | — | — | — |
| Mt | 0.37 | 0.65 | 0.13 | 0.38 | 0.15 | 0.59 | 0.56 | | 0.72 | 0.54 | 0.91 | 0.60 |
| Il | 0.15 | 0.15 | 0.11 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.13 | | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.04 |
| Ap | 0.37 | 0.58 | 0.51 | 0.44 | 0.51 | 0.42 | 0.53 | | 0.65 | 0.49 | 0.46 | 0.67 |
| Sum | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 100.00 |
| Salic | 96.69 | 97.06 | 96.91 | 97.16 | 96.16 | 95.95 | 95.91 | | 97.33 | 96.96 | 97.21 | 97.21 |
| Femic | 3.27 | 2.93 | 3.08 | 2.83 | 3.83 | 4.03 | 4.07 | | 2.66 | 3.02 | 2.78 | 2.78 |
| D.I. | 90.30 | 90.88 | 92.66 | 90.80 | 90.00 | 89.65 | 90.51 | | 91.90 | 91.88 | 91.81 | 92.66 |
| Niggli Values | | | | | | | | | | | | |
| al | 50.51 | 51.50 | 50.66 | 52.60 | 51.28 | 49.51 | 50.76 | | 51.54 | 49.83 | 51.26 | 52.11 |
| fm | 8.76 | 7.53 | 7.61 | 7.32 | 9.64 | 10.88 | 10.63 | | 6.98 | 8.22 | 8.16 | 7.61 |
| c | 4.98 | 4.76 | 3.21 | 4.18 | 4.15 | 4.66 | 3.00 | | 4.58 | 4.58 | 3.90 | 2.79 |
| alk | 35.76 | 36.21 | 38.52 | 35.91 | 34.93 | 34.94 | 35.61 | | 36.90 | 37.37 | 36.68 | 37.48 |
| si | 414.31 | 404.32 | 434.56 | 419.48 | 417.89 | 398.00 | 395.75 | | 431.94 | 432.74 | 431.87 | 426.68 |
| k | 0.53 | 0.50 | 0.49 | 0.52 | 0.51 | 0.55 | 0.54 | | 0.48 | 0.54 | 0.55 | 0.45 |
| mg | 0.32 | 0.28 | 0.32 | 0.26 | 0.38 | 0.35 | 0.36 | | 0.21 | 0.27 | 0.18 | 0.54 |
| qz | 171.28 | 159.47 | 180.49 | 175.85 | 178.18 | 158.22 | 153.33 | | 184.33 | 183.27 | 185.16 | 176.76 |
| w | 0.18 | 0.35 | 0.08 | 0.21 | 0.07 | 0.24 | 0.23 | | 0.40 | 0.27 | 0.42 | 0.52 |
| p | 0.38 | 0.59 | 0.54 | 0.46 | 0.53 | 0.42 | 0.53 | | 0.69 | 0.52 | 0.49 | 0.71 |

| | Naedeogri granite | | | | | | | | | Pegmatite | | |
|--------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | C-8 | C-11 | C-15 | C-17 | C-19 | C-25 | C-27 | C-30 | *CM-1 | S-1 | SK | BO |
| SiO ₂ | 71.86 | 72.90 | 73.24 | 73.44 | 72.88 | 72.98 | 72.68 | 72.74 | 72.54 | 70.46 | 67.74 | 70.20 |
| TiO ₂ | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.11 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| Al ₂ O ₃ | 15.55 | 14.65 | 15.51 | 15.37 | 15.66 | 15.72 | 15.57 | 16.04 | 14.11 | 17.78 | 16.96 | 17.32 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.30 | 0.47 | 0.32 | 0.26 | 0.16 | 0.44 | 0.33 | 0.54 | 0.55 | 0.51 | 0.50 | 0.20 |
| FeO | 1.44 | 1.09 | 0.41 | 0.58 | 0.96 | 0.41 | 1.23 | 0.41 | 0.51 | 0.14 | 0.68 | 0.34 |
| MnO | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 |
| MgO | 0.37 | 0.27 | 0.29 | 0.20 | 0.35 | 0.25 | 0.19 | 0.54 | 0.02 | 0.28 | 0.17 | 0.44 |
| CaO | 0.73 | 0.62 | 0.54 | 0.62 | 0.62 | 0.56 | 0.62 | 0.39 | 0.69 | 1.24 | 2.59 | 0.85 |
| Na ₂ O | 2.78 | 2.78 | 3.77 | 3.65 | 3.86 | 3.06 | 3.30 | 3.50 | 4.11 | 4.50 | 4.23 | 4.79 |
| K ₂ O | 5.78 | 6.02 | 5.00 | 4.70 | 4.52 | 5.48 | 5.08 | 4.61 | 5.09 | 2.71 | 1.72 | 4.16 |
| P ₂ O ₅ | 0.21 | 0.18 | 0.20 | 0.28 | 0.20 | 0.27 | 0.22 | 0.25 | 0.45 | 1.02 | 3.97 | 0.65 |
| Total | 99.12 | 99.07 | 99.31 | 99.16 | 99.28 | 99.23 | 99.35 | 99.09 | 98.09 | 98.67 | 98.63 | 98.98 |
| Normative Minerals | | | | | | | | | | | | |
| Q | 31.28 | 32.07 | 31.14 | 33.30 | 31.35 | 33.50 | 32.43 | 34.00 | 29.24 | 31.58 | 32.08 | 25.81 |
| Or | 34.46 | 35.91 | 29.75 | 28.01 | 26.91 | 32.64 | 30.22 | 27.49 | 30.67 | 16.40 | 10.74 | 24.84 |
| Ab | 23.73 | 23.75 | 32.12 | 31.15 | 32.90 | 26.10 | 28.11 | 29.89 | 35.46 | 39.00 | 37.81 | 40.95 |
| An | 2.29 | 1.94 | 1.40 | 1.29 | 1.80 | 1.05 | 1.67 | 0.33 | 0.54 | 6.30 | 13.57 | 0.04 |
| C | 3.92 | 2.88 | 3.41 | 3.84 | 3.79 | 4.41 | 4.06 | 5.22 | 1.68 | 5.31 | 3.62 | 4.97 |
| Di | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Hy | 3.22 | 2.20 | 1.19 | 1.28 | 2.45 | 0.95 | 2.30 | 1.58 | 0.53 | — | 1.34 | 1.55 |
| Ol | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mt | 0.44 | 0.69 | 0.47 | 0.38 | 0.23 | 0.64 | 0.48 | 0.79 | 0.81 | 0.43 | 0.77 | 0.29 |
| Il | 0.15 | 0.13 | 0.04 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.21 | 0.11 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.04 |
| Ap | 0.49 | 0.42 | 0.46 | 0.65 | 0.46 | 0.63 | 0.51 | 0.58 | 1.06 | — | — | 1.51 |
| Sum | 99.98 | 99.99 | 100.00 | 99.99 | 99.99 | 100.00 | 99.98 | 100.00 | 100.00 | 99.77 | 99.99 | 100.00 |
| Salic | 95.69 | 96.55 | 97.83 | 97.59 | 96.74 | 97.69 | 96.48 | 96.94 | 97.58 | 98.59 | 97.83 | 96.61 |
| Femic | 4.29 | 3.44 | 2.16 | 2.41 | 3.24 | 2.31 | 3.50 | 3.06 | 2.42 | 1.18 | 2.16 | 3.39 |
| D.I. | 89.47 | 91.73 | 93.02 | 92.46 | 91.15 | 92.23 | 90.75 | 91.38 | 95.36 | 86.98 | 80.63 | 91.60 |
| Niggli Values | | | | | | | | | | | | |
| al | 50.05 | 49.32 | 51.98 | 52.54 | 51.36 | 53.31 | 51.42 | 53.22 | 48.46 | 55.63 | 52.03 | 52.31 |
| fm | 10.83 | 9.55 | 5.80 | 5.69 | 8.07 | 6.05 | 8.76 | 8.77 | 5.09 | 4.93 | 6.42 | 5.61 |
| c | 4.27 | 3.79 | 3.29 | 3.85 | 3.70 | 3.45 | 3.72 | 2.35 | 4.31 | 7.06 | 14.46 | 4.67 |
| alk | 34.86 | 37.33 | 38.93 | 37.92 | 36.87 | 37.19 | 36.09 | 35.66 | 42.15 | 32.37 | 27.08 | 37.40 |
| si | 392.47 | 416.46 | 416.55 | 426.01 | 405.59 | 420.00 | 407.35 | 409.53 | 422.77 | 374.34 | 352.98 | 359.82 |
| k | 0.58 | 0.59 | 0.47 | 0.46 | 0.44 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.45 | 0.28 | 0.21 | 0.36 |
| mg | 0.28 | 0.24 | 0.42 | 0.30 | 0.36 | 0.35 | 0.18 | 0.52 | 0.03 | 0.45 | 0.21 | 0.60 |
| qz | 153.05 | 167.12 | 160.84 | 174.34 | 158.10 | 171.24 | 162.98 | 166.89 | 154.19 | 144.89 | 144.63 | 110.20 |
| w | 0.16 | 0.28 | 0.42 | 0.29 | 0.13 | 0.49 | 0.20 | 0.55 | 0.50 | 0.77 | 0.40 | 0.35 |
| p | 0.48 | 0.43 | 0.48 | 0.68 | 0.47 | 0.65 | 0.52 | 0.59 | 1.10 | — | — | 1.40 |

Pegmatite

| | SBR-164 | *PG-5 | *PG-7 | *PG-8 | *PG-9 | *S-13 | *S5-3 | *S5-13 | *S5-15 | *S5-18 | *3091 | *S-10 |
|------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| SiO ₂ | 74.60 | 75.80 | 79.00 | 73.40 | 73.30 | 74.66 | 71.56 | 71.26 | 68.46 | 70.98 | 64.81 | 61.32 |
| TiO ₂ | 0.03 | 0.26 | 0.14 | 0.20 | 0.13 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | tr | 0.01 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al ₂ O ₃ | 13.86 | 14.90 | 13.30 | 15.90 | 17.40 | 14.53 | 18.14 | 17.17 | 17.13 | 17.09 | 16.45 | 22.15 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.61 | 0.43 | 0.19 | 0.72 | 0.02 | 0.41 | 0.38 | 0.06 | 0.28 | 0.17 | 0.38 | 0.28 |
| FeO | 0.62 | 0.51 | 0.59 | 0.55 | 0.44 | 0.64 | 0.64 | 0.60 | 0.50 | 0.82 | 0.82 | 0.82 |
| MnO | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.09 | 0.02 | 0.06 |
| MgO | 0.41 | 0.23 | 0.24 | 0.11 | 0.05 | 0.30 | 0.12 | 0.36 | 0.38 | 0.03 | 0.14 | 0.35 |
| CaO | 0.62 | 0.31 | 0.17 | 0.28 | 1.24 | 0.40 | 0.66 | 1.35 | 1.49 | 2.01 | 1.47 | 3.44 |
| Na ₂ O | 3.79 | 3.13 | 2.86 | 3.02 | 3.61 | 3.44 | 5.80 | 5.46 | 4.58 | 5.73 | 6.69 | 6.00 |
| K ₂ O | 4.85 | 2.36 | 1.93 | 2.89 | 1.93 | 4.69 | 1.72 | 3.13 | 6.33 | 2.11 | 4.95 | 4.22 |
| P ₂ O ₅ | 0.04 | 0.19 | 0.21 | 0.67 | 0.24 | | | | | | 0.95 | |
| Total | 99.46 | 98.15 | 98.66 | 97.78 | 98.39 | | | | | | | |

Normative Minerals

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|
| Q | 32.05 | 48.90 | 54.51 | 45.83 | 43.26 | 35.34 | 29.54 | 23.75 | 13.64 | 24.78 | | 1.79 |
| Or | 28.82 | 14.21 | 11.41 | 17.08 | 11.59 | 27.97 | 10.26 | 18.61 | 37.72 | 12.59 | | 25.28 |
| Ab | 32.25 | 26.99 | 24.20 | 25.55 | 31.05 | 29.38 | 49.56 | 46.47 | 39.08 | 48.96 | | 51.47 |
| An | 2.83 | 0.32 | — | — | 4.68 | 2.00 | 3.30 | 6.73 | 7.45 | 10.07 | | 17.29 |
| C | 1.35 | 7.21 | 6.70 | 8.90 | 7.81 | 3.09 | 5.59 | 2.36 | 0.04 | 1.74 | | 1.48 |
| Di | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | — |
| Hy | 1.66 | 0.78 | 1.17 | 0.40 | 0.76 | 1.58 | 1.16 | 1.97 | 1.64 | 1.59 | | 2.25 |
| Ol | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | — |
| Mt | 0.89 | 0.64 | 0.28 | 1.04 | 0.03 | 0.60 | 0.56 | 0.09 | 0.41 | 0.25 | | 0.41 |
| Il | 0.06 | 0.50 | 0.27 | 0.37 | 0.25 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | | 0.02 |
| Ap | 0.09 | 0.45 | 0.59 | 1.59 | 0.56 | | | | | | | |
| Sum | 99.99 | 99.99 | 98.51 | 97.87 | 100.00 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | | 99.99 |
| Salic | 97.30 | 97.63 | 96.29 | 94.36 | 98.40 | 97.79 | 98.26 | 97.92 | 97.93 | 98.14 | | 97.31 |
| Femic | 2.69 | 2.37 | 2.22 | 3.41 | 1.60 | 2.20 | 1.73 | 2.07 | 2.06 | 1.85 | | 2.68 |
| D.I. | 93.12 | 90.09 | 96.82 | 97.36 | 85.90 | 92.69 | 89.36 | 88.83 | 90.44 | 86.33 | | 78.53 |

Niggli Values

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--------|
| al | 47.47 | 59.47 | 60.06 | 59.89 | 61.07 | 51.50 | 55.88 | 50.68 | 47.20 | 50.10 | | 48.88 |
| fm | 9.34 | 7.53 | 7.83 | 7.66 | 2.85 | 7.83 | 5.24 | 5.53 | 5.64 | 4.66 | | 5.47 |
| c | 3.86 | 2.25 | 1.39 | 1.92 | 7.91 | 2.58 | 3.70 | 7.25 | 7.47 | 10.74 | | 13.80 |
| alk | 39.33 | 30.75 | 30.71 | 30.52 | 28.18 | 38.09 | 35.14 | 36.54 | 39.68 | 34.47 | | 31.86 |
| si | 433.55 | 513.38 | 610.40 | 465.20 | 436.55 | 449.50 | 374.31 | 357.23 | 320.41 | 354.01 | | 229.61 |
| k | 0.46 | 0.33 | 0.30 | 0.39 | 0.26 | 0.47 | 0.16 | 0.27 | 0.48 | 0.20 | | 0.32 |
| mg | 0.38 | 0.31 | 0.37 | 0.14 | 0.16 | 0.35 | 0.18 | 0.49 | 0.47 | 0.05 | | 0.36 |
| qz | 176.21 | 290.39 | 352.4 | 236.28 | 223.85 | 197.13 | 133.70 | 111.05 | 61.69 | 116.33 | | 2.17 |
| w | 0.47 | 0.43 | 0.1 | 0.56 | 0.04 | 0.37 | 0.35 | 0.08 | 0.34 | 0.16 | | 0.24 |
| p | 0.10 | 0.53 | 0.69 | 1.80 | 0.60 | | | | | | | |

*S-13, S5-3, S5-13, S5-15, S5-18; Kim (1984)

*NM-1, CM-1; Moon (1983)

*PG-5, PG-7, PG-8, PG-9; Yoon (1984)

*3091; Kim (1976)

Ab-An-Or) 三角圖(O'Connor, 1965)에서도 花崗岩에 속한다(Fig. 3).

本岩의 SiO₂ 함은 71.04~73.90으로 felsic하며(Hyndman, 1972), Al₂O₃는 14.40~15.68이고 Na₂O+K₂O+CaO(以下 alkalis+CaO)는 8.67~9.21wt.%를 가진다. Al₂O₃/(alkalis+CaO)의 몰비는 1.19~1.31로서 peraluminous하다(Shand, 1943).

本岩은 SiO₂增加에 따라 Al₂O₃는 서서히 減少되나 그 외의 oxides는 대체로 不規則하거나 均一한 分布傾向을 가진다(Fig. 4-1). 그리고 K₂O/CaO는 6.39~10.8이며 平均값은 7.82로 花崗岩領域에 該當된다(Putman & Burnham, 1963). 즉 K₂O/CaO比를 基準으로 K₂O/CaO >3.0=花崗岩, 3.0~1.5=石英閃綠岩, 1.5~0.60=花崗閃綠岩等과 같이 分類된 바 있다.

Table 5-2 Trace elements analysis of Nonggeori granite.

| | N-2 | N-6 | N-13 | N-15 | N-17 | N-27 | N-30 | N-36 | N-39 | N-40 | *NM-1 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Zr | 90 | 240 | 100 | 90 | 110 | 140 | 150 | 85 | 90 | 140 | |
| Y | 20 | 20 | 15 | 18 | 30 | 28 | 28 | 30 | 25 | 30 | |
| Ba | 300 | 280 | 340 | 300 | 340 | 400 | 380 | 400 | 440 | 440 | |
| Sr | 55 | 60 | 55 | 45 | 50 | 60 | 55 | 58 | 55 | 70 | 64.4 |
| La | 18 | 20 | 14 | 16 | 25 | 20 | 20 | 18 | 13 | 15 | |
| V | 40 | 65 | 50 | 80 | 120 | 70 | 55 | 75 | 50 | 45 | |
| Nb | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Th | 9 | 15 | 10 | 12 | 16 | 12 | 20 | 17 | 18 | 15 | |
| Ce | 203 | 207 | 224 | 203 | 214 | 245 | 226 | 213 | 227 | 223 | |
| Rb | 530 | 309 | 296 | 317 | 337 | 308 | 315 | 277 | 306 | 301 | 330.6 |
| K/Rb | 81.92 | 136.49 | 140.52 | 133.83 | 120.47 | 147.98 | 145.22 | 142.66 | 145.42 | 147.84 | 128.32 |
| Ca/Sr | 106.56 | 94.10 | 66.27 | 108.00 | 97.20 | 94.10 | 66.27 | 89.95 | 94.86 | 63.30 | 67.70 |
| Rb/Sr | 9.64 | 5.15 | 5.38 | 7.04 | 6.74 | 5.13 | 5.73 | 4.78 | 5.56 | 4.3 | 5.13 |
| Ba/Sr | 5.45 | 4.67 | 6.18 | 6.67 | 6.80 | 6.67 | 6.90 | 6.89 | 8.00 | 6.29 | |

Table 5-3 Trace elements analysis of Naedeogri granite.

| | C-7 | C-8 | C-11 | C-15 | C-17 | C-19 | C-25 | C-27 | C-30 | *CM-1 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Zr | 40 | 150 | 85 | 60 | 70 | 75 | 70 | 85 | 60 | |
| Y | 28 | 30 | 30 | 28 | 25 | 23 | 25 | 25 | 28 | |
| Ba | 400 | 960 | 700 | 500 | 390 | 400 | 420 | 400 | 400 | |
| Sr | 55 | 220 | 230 | 80 | 75 | 75 | 80 | 75 | 60 | 106.2 |
| La | 10 | 18 | 13 | 15 | 13 | 15 | 10 | 13 | 15 | |
| V | 50 | 70 | 60 | 140 | 55 | 120 | 70 | 80 | 80 | |
| Nb | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 15 | 10 | 10 | |
| Th | 5 | 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 9 | 5 | |
| Ce | 180 | 214 | 203 | 184 | 181 | 192 | 184 | 205 | 181 | |
| Rb | 255 | 225 | 229 | 193 | 294 | 263 | 230 | 305 | 284 | 270.2 |
| K/Rb | 149.76 | 213.27 | 218.24 | 215.08 | 132.72 | 142.68 | 197.80 | 138.28 | 134.76 | 156.30 |
| Ca/Sr | 58.48 | 23.72 | 19.27 | 48.24 | 59.08 | 59.08 | 50.03 | 59.08 | 46.46 | 46.44 |
| Rb/Sr | 4.64 | 1.02 | 1.00 | 2.41 | 3.92 | 3.51 | 2.88 | 4.07 | 4.73 | 2.54 |
| Ba/Sr | 7.27 | 4.36 | 3.04 | 6.25 | 5.20 | 5.33 | 5.25 | 5.33 | 6.67 | |

Table 5-3 Continued.

| | *S-1 | *S-2 | *S-11 | *S-23 | *S-32 | *S-35 | *S-37 | *S6-1 | *S6-2 | *S6-4 |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zr | | | | | | | | | | |
| Y | | | | | | | | | | |
| Ba | 140 | 160 | 200 | 280 | 580 | 450 | 200 | 250 | 500 | 400 |
| Sr | 45 | 72 | 43 | 83 | 77 | 124 | 47 | 69 | 86 | 103 |
| La | | | | | | | | | | |
| V | | | | | | | | | | |
| Nb | 11 | 10 | 10 | 16 | 13 | 16 | 11 | 14 | 12 | 15 |
| Th | | | | | | | | | | |
| Ce | | | | | | | | | | |
| Rb | 260 | 254 | 241 | 457 | 244 | 214 | 247 | 279 | 211 | 231 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| K/Rb | 188.39 | 135.97 | 135.04 | 106.09 | 143.58 | 224.23 | 135.79 | 150.56 | 196.73 | 205.57 |
| Ca/Sr | 119.12 | 74.45 | 38.23 | 39.61 | 84.39 | 120.46 | 156.63 | 65.26 | 76.46 | 34.00 |
| Rb/Sr | 5.78 | 3.53 | 5.60 | 5.51 | 3.17 | 1.73 | 5.26 | 4.04 | 2.45 | 2.24 |
| Ba/Sr | 3.11 | 2.22 | 4.65 | 3.37 | 7.53 | 3.63 | 2.60 | 3.62 | 5.81 | 3.88 |

Table 5-4 Trace elements analysis of pegmatite.

| | S-1 | S.K. | B. O. | SBR-164 | *3081 | *3091 | *S-10 | *S-13 | *S-38 | *S5-3 | *S5-5 | *S5-6 | *S5-10 | *S5-13 | *S5-15 | *S5-18 |
|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Zr | 45 | 30 | 35 | 10 | 35 | 13 | | | | | | | | | | |
| Y | 20 | 23 | 25 | 25 | 154 | 144 | | | | | | | | | | |
| Ba | 180 | 300 | 420 | 260 | | | 170 | 140 | 100 | 80 | 120 | 70 | 180 | 250 | 1,230 | 140 |
| Sr | 70 | 210 | 120 | 55 | 156 | 276 | 319 | 30 | 40 | 50 | 148 | 30 | 13 | 102 | 112 | 804 |
| La | 10 | 15 | 30 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| V | 15 | 20 | 75 | 70 | | | | | | | | | | | | |
| Nb | 20 | 25 | 40 | 10 | 93 | 38 | 28 | 34 | 20 | 78 | 68 | 61 | 66 | 50 | 78 | 29 |
| Th | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | |
| Ce | 183 | 184 | 174 | 183 | | | | | | | | | | | | |
| Rb | 424 | 265 | 505 | 116 | 815 | 753 | 523 | 457 | 176 | 370 | 724 | 523 | 816 | 323 | 549 | 287 |
| K/Rb | 53.06 | 53.88 | 63.39 | 347.1 | 10.59 | 54.57 | 66.99 | 85.20 | 76.89 | 38.59 | 34.52 | 38.26 | 49.45 | 80.45 | 95.72 | 61.04 |
| Ca/Sr | 126.6 | 88.15 | 50.62 | 80.57 | 78.80 | 38.07 | 89.53 | 97.67 | 178.5 | 109.6 | 70.68 | 157.7 | 6.39 | 109.9 | 110.5 | 20.76 |
| Rb/Sr | 6.06 | 1.26 | 4.21 | 2.11 | 5.22 | 2.73 | 1.64 | 15.23 | 4.4 | 7.4 | 4.89 | 17.43 | 62.77 | 3.17 | 4.90 | 0.36 |
| Ba/Sr | 2.57 | 1.43 | 3.50 | 4.70 | | | 0.53 | 4.67 | 2.50 | 1.60 | 0.81 | 0.33 | 13.85 | 2.45 | 10.98 | 0.17 |

*3081, 3091; Kim (1976) *NM-1, CM-1; Moon (1983) *S-1~S6-4, S-10~S5-18; Kim (1984).

Table 5-5 Average abundances of the trace elements in chondrite, crust, ultrabasic, basalt, syenite, granodiorite and granite in ppm (Taylor, 1965).

| | Chondrite | Crust | Ultrabasic | Basalt | Syenite | Granodiorite | Granite |
|----|-----------|-------|------------|--------|---------|--------------|---------|
| Zr | 35 | 165 | 50 | 150 | 500 | 140 | 180 |
| Y | *2 | 30 | — | 25 | 20 | 30 | 40 |
| Ba | 2.4 | 425 | 2 | 250 | 1,500 | 500 | 600 |
| Sr | 10 | 375 | 1 | 465 | 300 | 450 | 285 |
| La | *0.39 | 30 | 3.3 | 10.5 | — | — | 25 |
| V | 70 | 135 | 50 | 250 | 30 | 100 | 20 |
| Nb | 0.5 | 20 | 15 | 20 | 40 | 20 | 20 |
| Th | 0.03 | 10 | 0.003 | 2.2 | 10 | 10 | 17 |
| Ce | *1.05 | 60 | 8.0 | 35 | — | — | 46 |
| Rb | 2.3 | 90 | — | 30 | 110 | 120 | 150 |

*carbonaceous chondrite

本岩의 Larsen Index(以下 LI)와 Differentiation Index(以下 DI)는 각각 26.79~27.81과 86.65~92.06의 좁은 範圍를 가지며 平均값은 27.22와 91.04로서 分化末期에 該當되는 값이다(Tab. 5-1).

本岩을 既存 花崗岩分類(Chappel & White, 1974; Chappel, 1978; White & Chappel, 1983; Ishihara, 1977)에 의해 論하면 다음과 같다. 本岩은 制限된 範圍의 SiO₂ 값을 가지며 K₂O, Na₂O 및 CaO의 平均 값

은 각각 5.2, 3.1 및 0.68이다. 平均 molAl₂O₃/(alkalis +CaO)와 norm corundum 값은 각각 1.3과 3.65이다. 또한 平均 Fe³/(Fe³+Fe²) 값은 0.23이며 帶磁率測定 平均값도 0.01cgs(×10⁻³)로 낮은 값이다. 그리고 本岩에는 白雲母가 많이 含有된다. 上記한 諸特徵等에 의해 本岩은 비교적 낮은 酸素分壓(oxygen fugacity)條件下에서 形成된 S-type(ilmenite-series)의 花崗岩으로 類推된다.

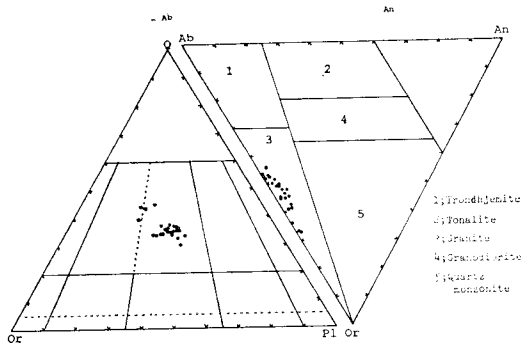


Fig. 3 Triangular diagrams of normative Q-Or-Pl and Ab-Or-An for Precambrian granites. Full and open circles are Nonggeori and Naedeogri granites, respectively.

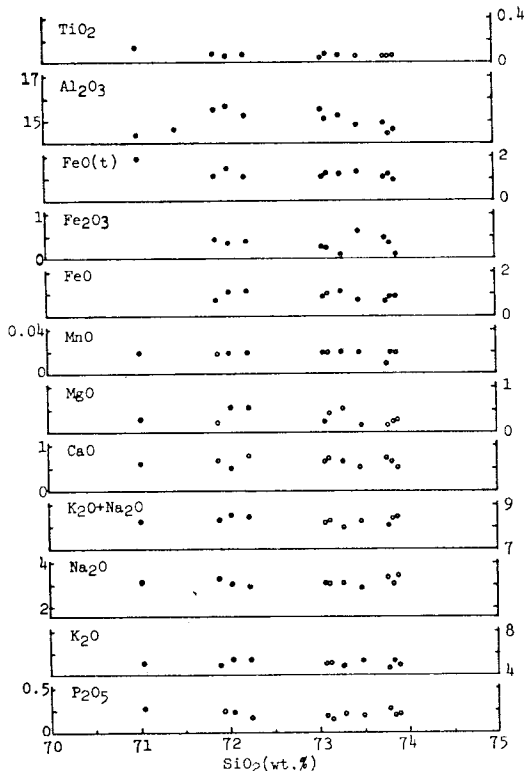


Fig. 4-1 Major element oxides versus silica for Nonggeori granite.

內德里 花崗岩

本岩도 濃矩里 花崗岩과 같이 norm Q-Qr-Pl 三角圖에서 monzo-보다는 syenogranite에 密集된다.

本岩에서 SiO₂값은 71.86~73.58로 制限된 값을 가진 felsic암이며, Al₂O₃는 14.11~16.04이고 alkalis+CaO는 8.69~9.89 wt.%의 좁은 範圍를 가진다. 또한

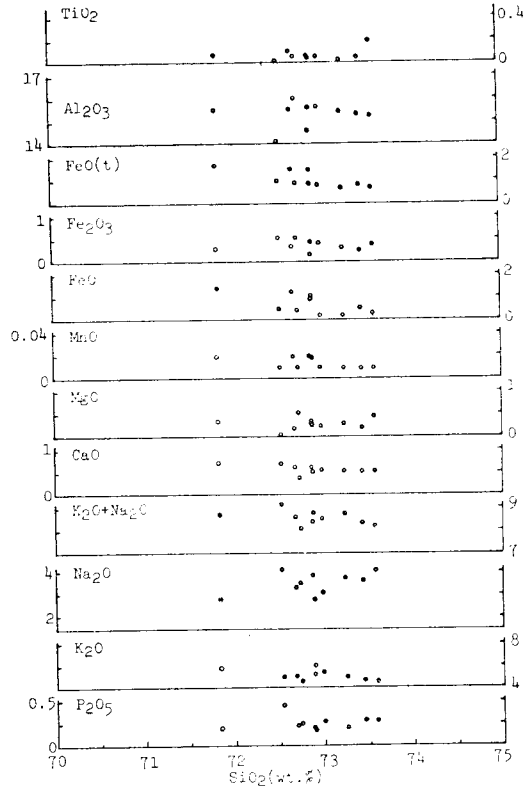


Fig. 4-2 Major element oxides versus silica for Naedeogri granite.

molAl₂O₃/(alkalis+CaO)는 1.05~1.32로 peraluminous 하다.

本岩은 SiO₂增加에 따라 Al₂O₃, total FeO(FeO+Fe₂O₃/1.1)와 CaO는 減少傾向을, 그외의 oxides는 均一하거나 不規則한 分布傾向을 가진다(Fig. 4-2). 또한 K₂O/CaO의 平均값은 8.92로서 濃矩里보다 약간 높은 값이다. 그리고 LI와 DI의 平均값도 각각 27.42와 92.02로 濃矩里보다 약간 더 分化된 程度를 보인다.

Normative Q-Ab-Or 三角圖에서 minimum shift는 water vapour 壓力增加에 따라 albite apex로 移動된다(Tuttle & Bowen, 1958). 本岩과 前述한 濃矩里 花崗岩들이 이 그림에 圖示하면 모두 1~3kb間에 密集分布된다(Fig. 5-1).

典型的인 大陸地殼의 壓力範圍인 0~10kb에서 花崗岩質岩은 다른 岩石보다 融點이 낮다(Wyllie & Tuttle, 1961; Yoder & Tilley, 1962). 本岩과 濃矩里 花崗岩의 water-vapour 壓力인 1~3kb를 이 aqueous fluid下的 花崗岩 熔融曲線에 圖示하면 이들 岩體의 形成溫度는 670°~720°C 程度로 推定된다(Fig. 5-2).

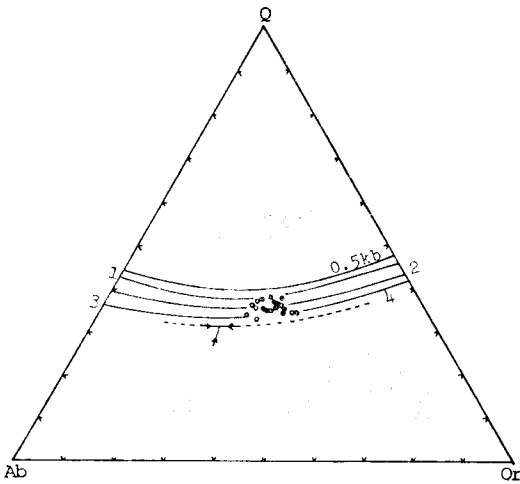


Fig. 5-1 Triangular diagram of normative Q-Ab-Or for Precambrian granites. Symbols are the same as those in Fig. 3.

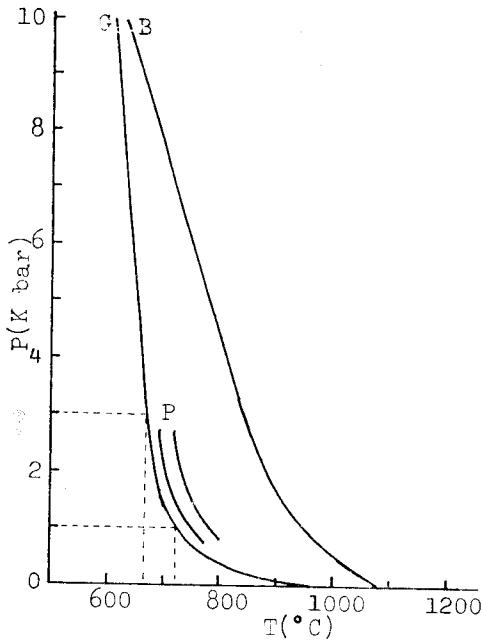


Fig. 5-2 Decrease of melting temperature of rocks with pressure in the presence of an aqueous fluid. Curves G, P and B represent the beginning of melting of granite, pelites and basalt (olivine tholeiite), respectively (Wyllie & Tuttle, 1961; Yoder & Tilley, 1962).

本岩은 制限된 範圍의 SiO₂값을 가지며 K₂O, Na₂O 및 CaO의 平均값은 5.1, 3.5 및 0.58이다. MolAl₂O₃/(alkalis+CaO)와 norm corundum의 平均값은 1.3과

3.7이다. 또한 Fe³/(Fe³+Fe²)와 帶磁率의 平均값은 0.33과 0.018cgs(×10⁻³)이다. 기타의 諸基準에 의하면 本岩도 S-type(ilmenite-series)으로서 濃矩里보다 약간 높은 酸素分壓條件下에서 形成된 花崗岩이다.

한편 濃矩里와 內德里 花崗岩의 微量元素 對 silica, 微量元素 相互間 및 微量元素 對 主元素間의 成分變化는 아래와 같다.

Zr은 遷移金屬(Ahrens, 1964)이며 濃矩里와 內德里의 平均値는 각각 127과 77ppm이다. 이 元素는 SiO₂增加에 따라 뚜렷한 減少傾向을 가진다. Y는 SiO₂ 增加에 關係없이 거의 均一한 값을 가진다. 이는 Y이 濃集되는 磷灰石의 norm값이 0.37~0.67로 좁은 範圍의 값을 갖기 때문으로 보인다(Taylor, 1965).

Ba는 平均값이 濃矩里와 內德里가 각각 362와 407ppm으로 테일러의 값 600ppm(Tab. 5-5)보다 훨씬 낮은 값이다. Sr은 Ca와 K의 中間크기이므로 Ca鐵物에 許容 또는 捕獲된다(Mason & Moore, 1982). Sr의 平均값은 濃矩里와 內德里가 각각 57과 90ppm으로 테일러의 값 285ppm보다는 훨씬 낮은 값이다. Ba/Sr比는 分別結晶作用中 減少되며 이런 傾向은 濃矩里보다 內德里에서 특히 뚜렷하다(Fig. 5-4).

La와 Ce는 稀土類元素로 associated group이다. 이들은 SiO₂ 增加에 따라 약간 減少된다. V는 SiO₂增加에 따라 多少 比例하며 平均값은 72ppm으로 테일러 값의 4배에 가깝다. 이는 V이 마그마 結晶作用의 後期에 濃集되기 때문으로 보인다(Ringwood, 1955b).

Th은 5~20ppm의 範圍를 가지며 平均값은 11ppm이다. 本岩들에서는 Th의 重要 host中 스핀달이 極少量鏡下에서 觀察된다. Rb은 incompatible 元素로서(Brown, 1979) 平均값은 濃矩里와 內德里가 각각 330과 255ppm으로 테일러 값 150ppm보다 훨씬 더 enriched 되는데 이는 本岩類가 excess silicic하기 때문으로 생각된다(Taylor, 1965).

한편 K/Rb對 Rb/Sr關係圖 그리고 덜 流動的인 元素인 Nb, Ce對 Zr의 關係圖로 부터, 本岩類는 比較的 固定된 source成分을 가진 高度의 部分熔融의 傾向을 잘 나타낸다(Strong & Hanmer, 1981) (Fig. 5-5, 6).

巨晶質 花崗岩

本岩의 SiO₂값은 61.3~79.0으로 intermediate 내지 felsic이나, 大部分이 後者에 속하며 Al₂O₃와 alkalis+CaO는 각각 13.3~18.1과 5.0~13.1의 넓은 範圍를 가진다. 또한 Al₂O₃/(alkalis+CaO)의 물比는 1.00~1.86(試料 3091은 除外)로 거의 모두가 peraluminous 하다.

本岩은 SiO₂增加에 따라 Al₂O₃와 Na₂O는 多少 減少

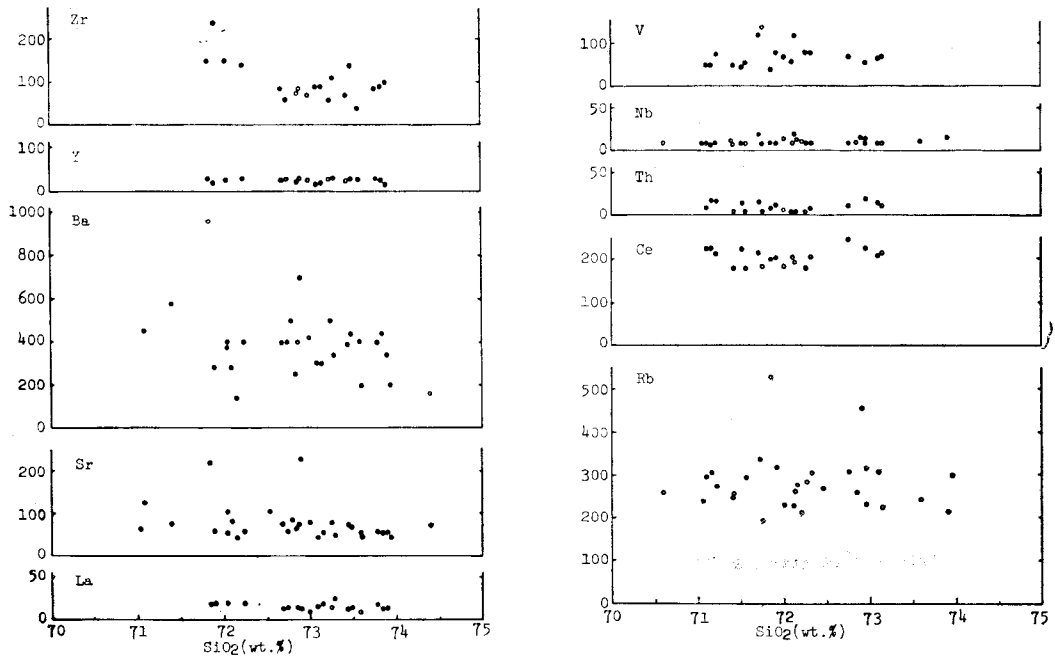


Fig. 5-3 Co-variation diagrams of trace elements in ppm with silica contents for Precambrian granites. Symbols are the same as those in Fig. 3.

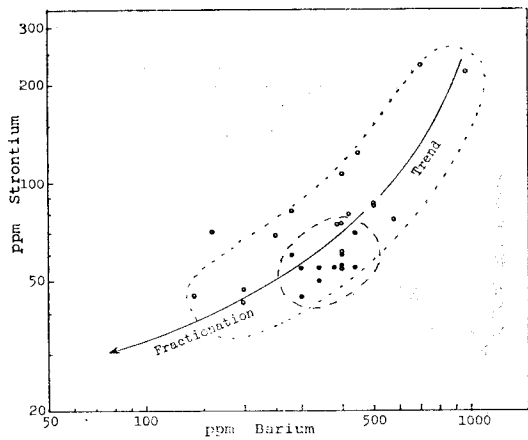


Fig. 5-4 Barium-strontium relationship of Precambrian granites. Symbols are the same as those in Fig. 3.

되고 MgO는 比較的 均一한 값을 가지나 그외의 oxides 는 대체로 不規則한 分布傾向을 가진다(Fig. 5-7).

本岩의 K_2O/CaO 값은 0.7~11.4이며 平均값은 4.9이다. LI와 DI값은 19.81~27.87과 80.63~97.36으로 濃矩里와 內德里 花崗岩보다 多少 넓은 範圍를 갖는 分化後期의 産物이다. $MolAl_2O_3/(alkalis+CaO)$ 와 $Fe^3/(Fe^3+Fe^2)$ 의 平均값은 1.34와 0.34이며, 이들 값은 濃矩里, 內德里, 페그마타이트順으로 增加된다.

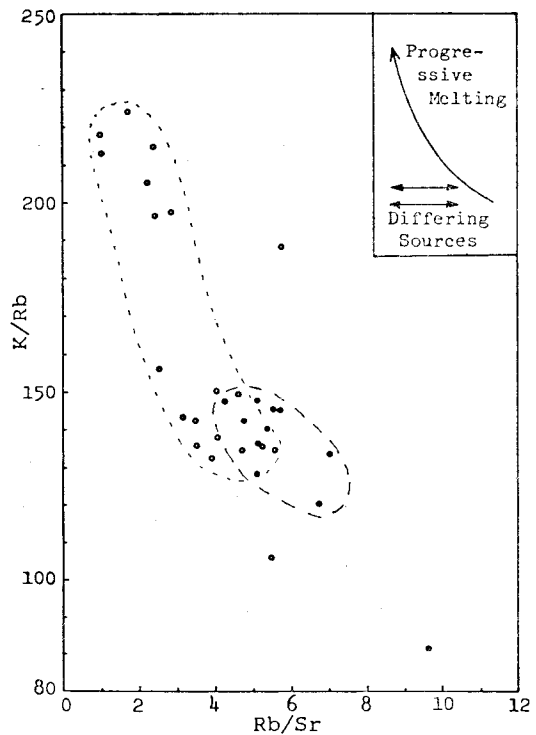


Fig. 5-5 Variation in ratios K/Rb versus Rb/Sr for Precambrian granites(Strong & Hanmer, 1981). Symbols are the same as those in Fig. 3.

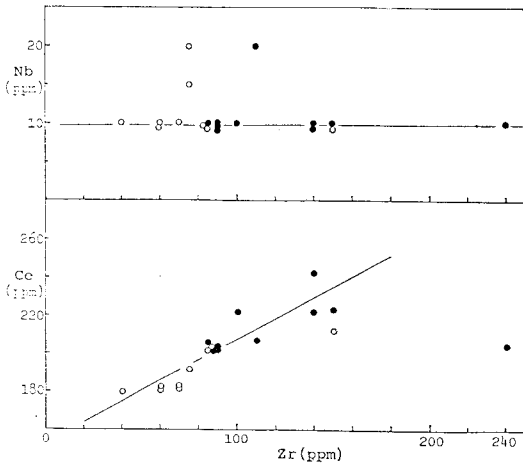


Fig. 5-6 Variation in concentrations of Nb, Ce with Zr in Precambrian granites. Symbols are the same as those in Fig. 3.

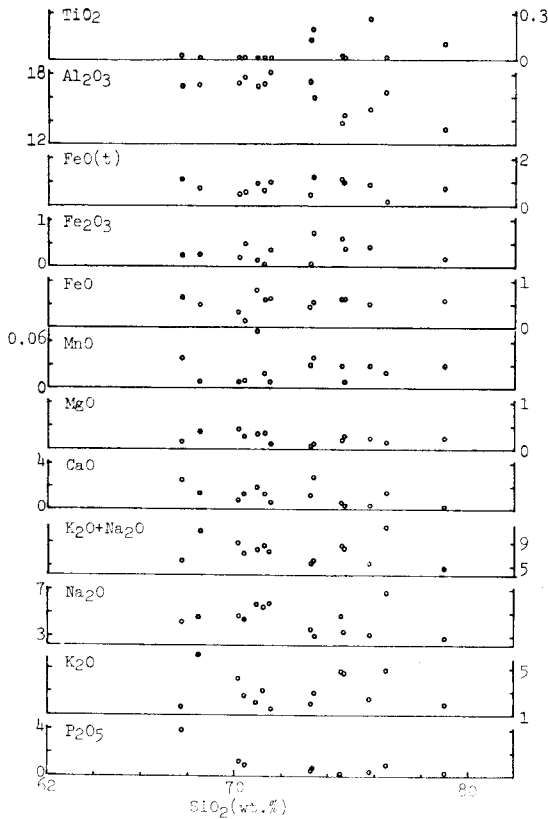


Fig. 5-7 Major element oxides versus silica for pegmatite.

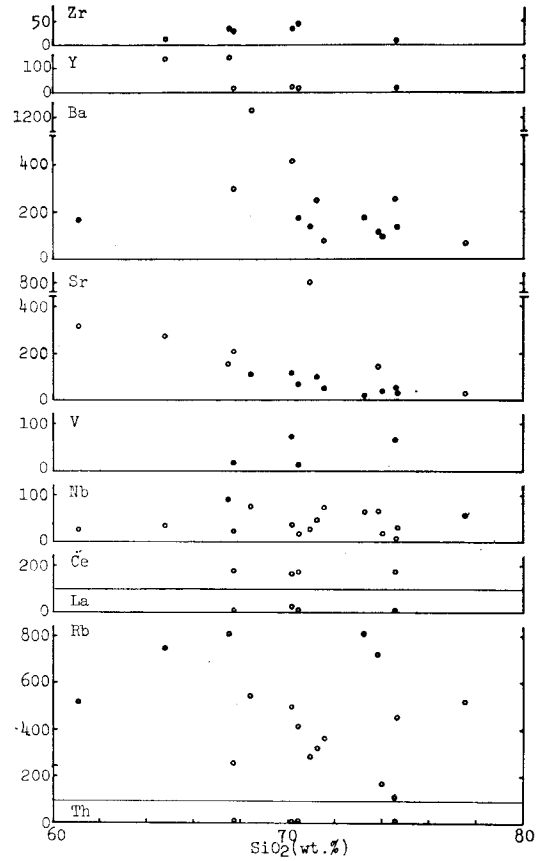


Fig. 5-8 Co-variation of trace elements with silica for pegmatite.

本岩中 微量元素의 特徴은 아래와 같다(Fig. 5-8).

Zr은 10~45ppm의 含量을 가지며 SiO₂增加와 더불어 增加되는 傾向을 보인다. Y은 20~154ppm의 넓은 範圍를 가지며, 平均값은 65ppm으로 濃矩里의 2.7倍 內德里의 2.5倍로서 마그마 後期 stage로 갈수록 濃集된다. Ba와 Sr의 平均값은 260과 158ppm으로 이들은 각각 테일러 값의 1/2程度이다.

V, Ce과 La은 平均값이 각각 45, 181 및 161ppm이다. 이들은 모두 SiO₂增加에 關係없이 比較的 均一한 값을 가진다. Nb은 10~93ppm의 範圍를 가지며 平均값은 46ppm으로 테일러 값의 2倍以上이고 濃矩里와 內德里 값의 4倍以上 된다. 이는 NbO₄⁻³가 殘留마그마內에 accumulated되며 이것은 보통 pegmatitic stage에 일어나기 때문으로 解析된다(Ringwood, 1955b).

Th과 Rb은 SiO₂增加에 따라 각각 均一 및 不規則한 分布傾向을 가진다. 특히 Rb의 平均값은 477ppm으로 濃矩里와 內德里의 1.5倍 以上이며 테일러 값의 3

倍以上된다. 이런 큰 濃縮은 本岩이 殘留 花崗岩質 마그마에서 誘導된 證據로도 考慮될 수 있다(Taylor, 1965).

또한 Rb/Sr의 平均比는 本岩이 9이고 前述한 濃矩里와 內德里가 각각 5.9와 3.5이다. 이런 높은 값(continental batholith 石英문조니岩=0.311)은 本岩類가 Rb이 많은 地殼起源岩의 特徵을 갖는다고 思料된다(Brownlow, 1979).

本 濃矩里, 內德里 및 巨晶質 花崗岩 그리고 本城의 東部에서 本岩들과 類似한 年齡과 岩相을 가지며 역시 栗里層群을 貫入한 洪濟寺 花崗片麻岩(金勇俊, 1982)을 Petro等(1979)에 의한 深成岩 suites의 tectonic setting과 關聯比較하면 다음과 같다. 이 岩類들은 DI와 norm pl 分布度가 unimode이다(Fig. 5-9). 그리고 highly-siliceous하며 켈크/알카리指數는 63程度이며(Fig. 5-10) 또한 모두 peraluminous하다. 따라서 이들 貫入岩類는 compressional plate margin에서 發達된 深成岩 suites로 思料된다.

또한 本城의 花崗岩質岩類는 Pearce等(1984)에 의한

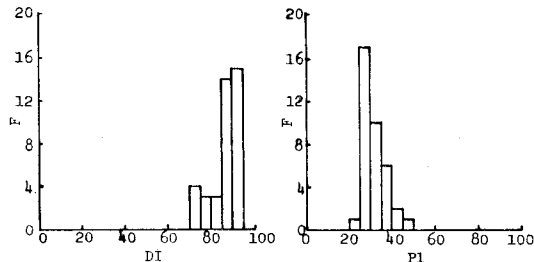


Fig. 5-9. Frequency distributions of differentiation index and normative plagioclase for Precambrian granitic rocks.

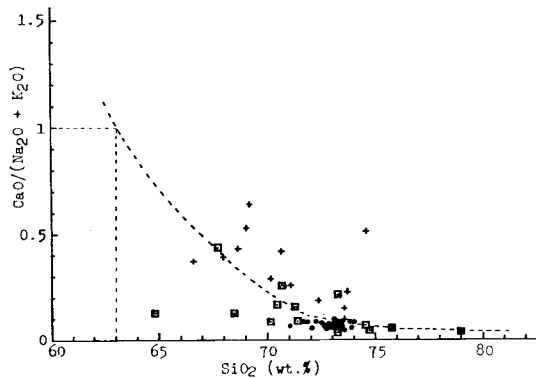


Fig.5-10 Variation for CaO/alkalis versus silica of Precambrian igneous rocks. Nonggeori granite (full circles), Naedeogri granite (open), pegmatite (dotted square) and Hongjesa granite gneiss (cross) are shown.

Rock/ORG(oceanic ridge granite, normalizing value) 對微量元素關係圖에서 Rb이 例外的으로 가장 높고 Zr이 매우 낮으며 대체로 COLG(collision granite)에 類似한 分布傾向을 가진다(Fig.5-11). 그리고 Rb對 SiO₂ 關係圖에서는 거의 全部가 syn-COLG領域에 圖示되어 WPG(within plate granite)와 完全히 區分된다(Fig.5-12). 이는 前述된 主元素에 의한 分類인 compressional suites와 잘 一致되는 setting이다. 이는 沃川帶 北東部の 火成岩類는 Hercyno型的의 造山運動에 의한 火成活動相으로 報告된바 있어(李大聲外, 1985), compressive한 構造環境에서 生成된 岩石으로 봄이 妥當하다.

本岩類는 Irvine과 Baragar(1971)에 의한 alumina 對 norm pl 相關圖에서는 모두 켈크-알카리 領域에 속한다(Fig. 5-13). 이런 高度의 silicic calc-alkaline 岩들은 地殼物質의 再熔融에 의해서 生成될 수 있다(Fisher & Schmincke, 1984).

한편 本岩들의 分化傾向을 알기위한 AFM 三角圖에서 濃矩里와 內德里는 AF邊을 따라 分布되나 後者が 頂點A에 더 가까우며, 巨晶質 花崗岩은 이들과 重複되거나 頂點 A에 가장 近接되어 모두 分化末期의 分布傾向을 보인다(Fig.5-14). 또한 洪濟寺 花崗片麻岩을 AFM 三角圖에 함께 圖示하면 이들 先캄브리아 花崗

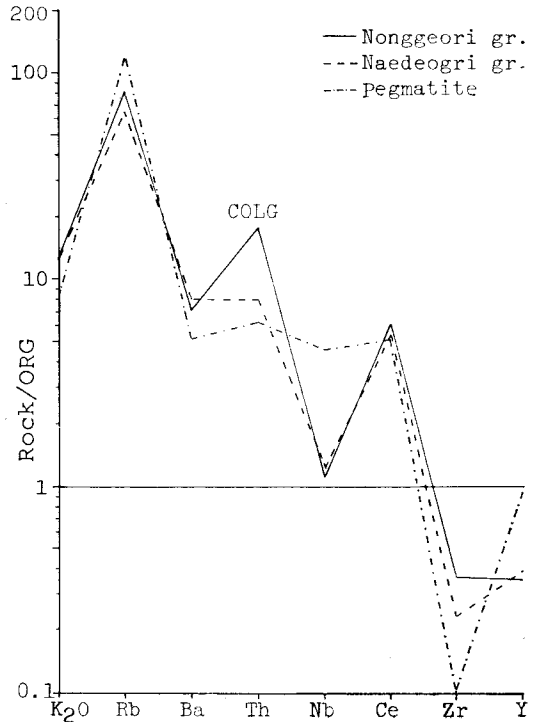


Fig.5-11 ORG normalized geochemical patterns for Precambrian granites (Pearce et. al., 1984).

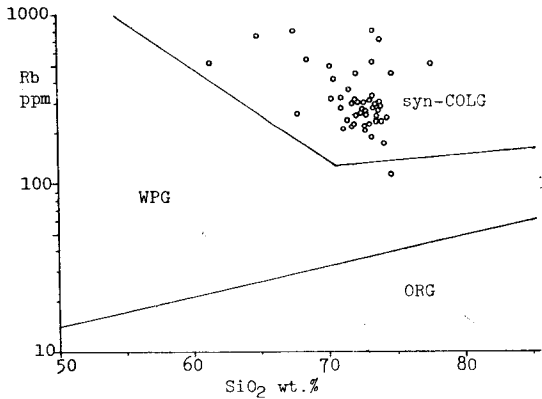


Fig. 5-12 SiO₂ variation diagrams for rubidium of Precambrian granites.

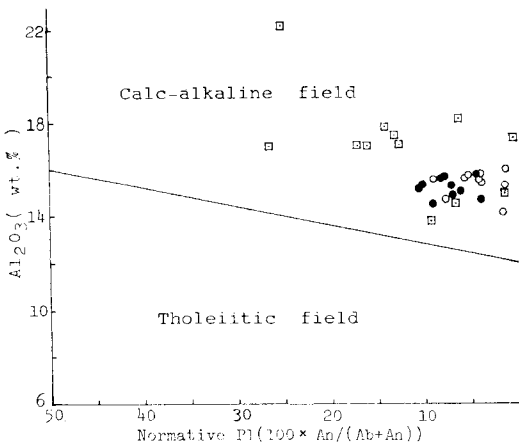


Fig. 5-13 Plots on alkalis versus silica of Precambrian granitic rocks (Irvine & Baragar, 1971). Nonggeori (full circles), Naedeogri granite (open) and pegmatite (dotted) are shown.

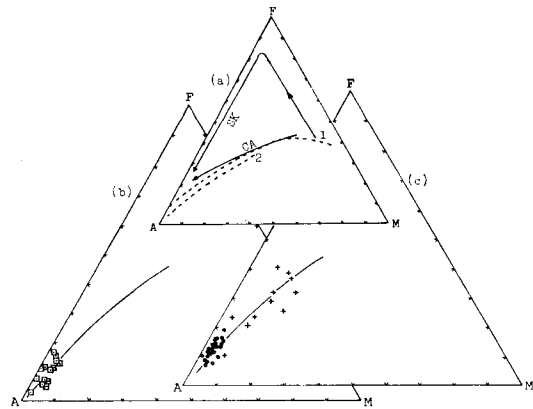


Fig. 5-14 AMF diagrams for Precambrian granitic rocks.

- (a) 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).
- (b), (c); Symbols are the same as those in Fig. 5-10.

岩質岩類는 칼크-알카리系列의 傾向을 보인다.

咸白盆地 基盤地域에서의 構造運動과 火成活動

本域에서의 火成活動, 構造運動 및 廣域變成作用 時期等を 韓半島에서의 여러變動期와 關聯定理하면 다음과 같다(Tab. 6).

原生代 初期에 太白變動에 의해 洪濟寺 花崗片麻岩, 濃矩里 및 內德里 花崗岩이 栗里層群을 貫入하여 定置 되었으며 이때 생긴 構造的 弱線帶를 따라 페그마타이트가 이 層群과 花崗岩類를 貫入하였다. 沃川帶의 北

Table 6 Correlation of orogenies in Sangdong area and South Korea.

| | | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| Yeonil Disturbance | Mid Ter. | |
| Bulgugsa Disturbance | Late Creta.-Early Ter. | Imog granite, Geodo granodiorite |
| Daebo Orogeny | Jurassic-Early Creta. | Biotite schist (SBR-155) |
| Songrim Disturbance | Late Tria. | |
| Post-Choseon Disturbance | Late Ordo. -Early Carbo. | *Pegmatite (SBR-164) |
| Post-Sangwon Disturbance | End of Precam. | |
| Taebaeg Disturbance | Early Late Precam. | Nonggeori, Naedeogri granite, Pegmatite, **Hongjesa granite gneiss |
| Ryeongnam Orogeny | Early Middle Precam. | |

*Migmatitic, **Data from Kim (1982)

東部는 地殼構造의 收縮과 古期岩片의 混和(특히 洪濟寺 花崗岩)가 隨伴된 Hercyno型의 火成活動相이다(李大聲外, 1985).

先캄브리아時代末에 本域은 咸白山 地域이 隆起되어 朝鮮累層群의 堆積盆지가 形成되었으나 火成活動은 休息期였다(李大聲, 1985).

古生代 初期에서 中期에 걸쳐 本域은 海浸과 海退가 反復되면서 朝鮮累層群이 堆積된 후 本段階末에 일어난 後朝鮮變動에 의해 陸化되었고 栗里層群 南西部 一部는 그 廣域變成作用을 받았다. 또한 古生代末에도 廣域變成作用이 일어나 栗里層群의 南部一部가 그 影響을 받았다.

古生代末에서 中生代 初期에 걸친 期間에 本域에는 平安層群이 堆積되었고 火成活動의 隨伴없이 松林變動을 지나 侏羅기의 大寶造山 運動期에 이르렀다. 大寶造山期中에 本域南部 栗里層群의 一部는 春陽花崗岩의 uplift로 인한 影響을 받았다.

佛國寺 變動期中에는 巨道 花崗閃綠岩, 석영몬조니 斑岩 및 梨木 花崗岩이 貫入定置되었다.

結 論

1) 本研究地域은 대체로 雲橋山—每峰山—壯山—太白山을 基準으로 그 남쪽에는 變成堆積岩類인 先캄브리아時代의 栗里層群이, 그 북쪽에는 西南西에서 東南東으로 길게 帶狀 分布되는 캄브로~오오도비스紀의 朝鮮累層群 및 上部 石炭紀~트라이아스紀의 平安層群이 分布되며 이들은 서로 不整合 關係이다.

2) 花崗岩質岩은 栗里層群을 貫入한 濃矩里 花崗岩, 內德里 花崗岩 그리고 巨品質 花崗岩脈이 있으며 이들은 白雲母年齡測定結果(K/Ar法) 初期 原生代(1642±23~1805±18Ma)로 밝혀진 先캄브리아 火成活動產物이다.

그러나 本域 南西部 烏濟里의 미그마타이트質 페그마타이트는 305±4Ma로 石炭紀에, 本域 南端의 黑雲母片岩은 183±3Ma로 侏羅紀에 속한다.

3) 先캄브리아 花崗岩質岩은 felsic한 peraluminous岩이다. 本岩은 normative quartz-albite-orthoclase 三角圖와 aqueous fluid의 融解曲線에서 각각 1~3kb/670°~720°C에서 形成된 花崗岩이다. 本岩類는 地化學的, 鑛物學的, 野外產狀, 帶磁率測定等에 의하면 S-type (ilmenite-series)에 속하며 또한 K/Rb對 Rb/Sr, Nb/Zr 및 Ce/Zr 關係圖에서 比較的 均質한 成分을 가진 地殼의 progressive melting에 의한 產物이다.

4) 本岩類는 alumina對 normative plagioclase의 相關係圖에서 켈크-알카린에 속하며 또한 AMF 三角圖에

서 濃矩里花崗岩, 內德里花崗岩, 페그마타이트 順으로 分化된 켈크-알카린 系列의 花崗岩類이다.

5) 本岩類는 DI와 norm pl의 頻度曲線이 unimode이고 CaO/alkalis 指數가 63程度인 compressional suites이다. 또한 Rock/ORG對 微量元素 그리고 Rb/silica의 關係圖에서 syncollision의 構造的 環境에서 形成된 花崗岩類이다.

6) 本域은 太白變動期에는 濃矩里, 內德里 및 페그마타이트가 栗里層群을 貫入定置되었으며 後朝鮮變動期에 本域 南西部의 栗里層群一部가 廣域變成作用의 影響을 받았다. 大寶 造山運動期에는 本域南部 栗里層群一部가 春陽花崗岩의 uplift로 인한 影響을 받았고, 또한 佛國寺變動期에는 巨道 花崗閃綠岩과 梨木 花崗岩이 栗里層群一部와 朝鮮累層群을 貫入하여 定置되었다.

參 考 文 獻

- Barth, T.F.W. (1962) Theoretical petrology (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Borodin, L.S. (1960) Correlations among rare-earth elements and some characteristics of their fractionation under endogenic conditions. Geokhimiya, No. 4, p. 604-616.
- Brown, A.H. (1979) Geochemistry. Prentice-hall, Inc.
- Chamichael, I.S.E., Turner, F.J., and Verhoogen, J. (1974) Igneous petrology. McGraw-Hill Book Co.
- 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.
- Choo, S.H., and Lee, D.J. (1980) A Rb-Sr age determination on Precambrian granite in the Korean peninsula. KIER., unpub.
- Gaudette, H.E., and Hurley, P.M. (1973) U-Pb zircon age of Precambrian basement gneiss of South Korea. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 84, p. 2305-2306.
- 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.

- Huang, W.T. (1962) *Petrology*. McGraw-Hill Book Co. Inc.
- Hyndman, D.W. (1972) *Petrology of igneous and metamorphic rocks*. McGraw-Hill Book Co.
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Sci.*, v. 8, p. 523-542.
- Ishihara, S. (1977) The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology, Japan*, v. 27, p. 293-305.
- Kim, O.J., Hong, M.S., Park, H.I., and Kim, K.T. (1963) Geological map of Sam gun sheet (1/50,000). Geological Survey of Korea.
- 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. (1975) Granite and tectonics of South Korea. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 8, No. 4, p. 223-230.
- 金善億, 金壽永 (1984) 西碧里圖幅聖德 및 順鏡鑛山中心의 錫石鑛化帶地質鑛床研究. 83-鑛物資源-4-09, KIER, p. 213-249.
- Kim, S.Y. (1976) *Geology, mineralogy and geochemistry of tungsten deposits of the Sangdong-Ogbang area, South Korea*. Ph.D. thesis, Univ. Leeds.
- Kim, Y.J. (1982) *Geochronology and petrogenetic processes of the so-called Honjesa granite in the Seogpo-Deoggu area*. Ph.D. thesis, Yonsei Univ.
- Lee, D.S. (1966) *Geologic map of Ogdong sheet (1/50,000)*. Geological Survey of Korea.
- Lee, D.S., 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.S., and Kim, Y.J. (1985) *Igneous activity in Ogcheon geosynclinal zone, Korea-with special references to the igneous activity in its northeastern part*. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 18, No. 1, p. 23-39.
- Lee, D.W., and Kim, S.W. (1965) *Geologic map of Seobyeogni 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.
- Park, C.F., and MacDiarmid, R.A. (1975) *Ore deposits (3rd ed.)*. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G. (1984) *Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks*. *Jour. Petr.*, v. 25, p. 956-983.
- 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.
- Putman, G.W., and Burnham, C.W. (1963) *Trace elements in igneous rocks, northwestern and central Arizona*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 27, p. 53-58.
- 太白山地區地下資源調查團(1962) 太白山地區地質圖(義林吉, 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.
- Taylor, S.R. (1962a) *Meteoritic and terrestrial rare earth abundance patterns*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 26, p. 81-88.
- 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.
- Thorton, C.P., and Tuttle, O.F. (1960) *Chemistry of igneous rocks*. *Amer. Jour. Science*, v. 258, p. 664-684.
- Turekian, K.K., and Wedephol, K.H. (1961) *Distribution elements in some units of the earth's crust*. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 72, p. 175-192.
- Turner, F.Z. (1981) *Metamorphic petrology*. McGraw-Hill Co.

- Tuttle, O.F., and Bowen, N.L. (1958) Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O . *Mem. Geol. Soc. Amer.* 74.
- 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.* 159, p. 21-33.
- Wyllie, P.J. and Tuttle, O.F. (1961) Hydrothermal melting of shales. *Geol. Mag.*, v. 98, p. 56-66.
- Winkler, H.G.F. (1965) Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag.
- Ringwood, A.E. (1955b) The principles governing trace element distribution during magmatic crystallization, part II. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 7, p. 242-254.
- Shand, S.J. (1947) Eruptive rocks (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 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.
- Tarney, J., and Saunders, A.D. (1979) Trace element constraints on the origin of Cordilleran batholiths. In: Atherton, M.P., and Tarney, J. (ed.) Origin of granite batholith, geochemical evidence. Shiva Publishing Ltd., p. 90-105.
- Yoder, H.S., Jr. and Tilley, C.E. (1962) Origin of basalt magmas; an experimental study of natural and synthetic rock systems. *J. Petrol.*, v. 3, p. 342-532.
- 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, 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.
- Yoon, Y.D. (1984) Petrology of the intrusive rocks in the Mt. Taebaek area. Msc. thesis, Kyeongpook Univ.