

堤川 花崗岩體에 對한 岩石學的 研究

金 勇 俊*

Petrological Study on the Jecheon granite mass

Yong Jun Kim

Abstract: The Jecheon granite mass has turtle-shape exposure of about 190 km² at vicinity of Jecheon-eup, and is elongated in the direction of NEE-SWW. It discordantly intrudes the Bakdalryong metamorphic rocks and the great limestone series(Samtaesan and Hungwolri formation) which belong to the pre-Cambrian and Ordovician, respectively.

The mass is composed of five facies of different grain size, texture and characteristic minerals. The five facies are (1) coarse grained biotite granodiorite, (2) fine grained hornblende biotite granodiorite, (3) coarse grained pink feldspar granodiorite (4) leucogranite, and (5) porphyritic biotite granite. The mutual relationship between each facies is intrusion in (1)-(2) and (2)-(3), but unknown in (3)-(4) and (4)-(5).

22 modal analyses and 10 chemical analyses on more than a hundred of representative samples taken from the mass are listed as tables. Triangular plot of modal and normative Q-Kf-Pl of this mass show a continuous differentiation products from certain common magma by change of chemical composition and anorthite contents in plagioclase.

The metamorphic facies of contact aureole in surrounding rocks adjacent to the granite body are corresponded to hornblende hornfels facies with mineral assemblages of wollastonite-diopside-calcite in calcareous rocks, and of quartz-biotite-muscovite-cordierite in argillaceous rocks.

Variation of silica versus oxides of major elements shows that the mass is similar to the trend of Daly's average basalt-andesite-dacite-rhyolite which shows the trend of the fractional crystallization of magma, and is equivalent to the calc-alkali rock series by Peacock.

AMF diagram shows that Jecheon granite mass is equivalent to normal differentiation products such as skaergaard intrusion.

The above evidences suggest that the Jecheon granite mass is normal differentiation products formed by fractional crystallization under relatively slow cooling condition.

1. 序 言

堤川花崗岩體는 堤川을 中心으로 北東東-南西西 方向의 長軸을 갖는 거북이 모양의 넓이 192.4km²에 이르는 比較的 작은 底盤狀 貫入體로서 25萬分之1 春川 地質圖(1973, 國立地質鑛物 研究所)에서는 佛國寺花崗岩으로 取級했다.

本岩體는 周圍에 分布하는 堆積岩과 變成岩類를 貫入하며, 이들 岩石들과는 서로 差別浸蝕에 依해서 風化에 弱한 本岩體區域이 低夷한 盆地를 이루고 地下의 數m 두께 까지 風化되어 있어 新鮮한 露頭가 잘 나타나지 않는다. 따라서 本岩體의 岩相變化는 風化物的 特徵을 보아 서로 區別해야 하는 部分이 많았다.

堤川 花崗岩體는 粒度, 構成鑛物, 組織 등으로 分類

* 延世大學校 地質學科

하고 貫入順序에 依하여 初期의 것부터 後期の 것으로 羅列하면 다음과 같이 5개 岩相으로 區分된다. (1) 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩(coarse grained biotite granodiorite), (2) 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩(fine grained hornblende biotite granodiorite), (3) 粗粒質 紅色長石 花崗閃綠岩(Coarse grained pink feldspar granodiorite), (4) 優白質 花崗岩(Leuco granite), 와 (5) 斑狀 黑雲母 花崗岩(porphyritic biotite granite)이다. 이들 相互間的 關係는 (1)-(2)와 (2)-(3)은 貫入이며, (3)-(4)와 (4)-(5)는 直接 接觸하고 있지않아 關係未詳이다. 그러나 類似한 石基를 갖는 (3)-(5)는 貫入임을 確認하였다.

本岩體에 對한 研究를 수행키 위하여 花崗岩質岩100여개에 對하여 顯微鏡觀察을 하였고, 이들중 選別된 22개 岩石試料에 modal analysis를 행하여 IUGS 火成

Table 1. The geological sequence of Jecheon area

Quart. (alluvium	
	~~~~~unconformity~~~~~	
	dyke rocks (basic, intermediated, acidic, pegmatite)	
	——intrusion——	
	porphyritic biotite granite	Jechen granite mass
	—— ? ——	
Cret.	leucogranite	
	—— ? ——	
	coarse grained pink feldspar granodiorite	
	——intrusion——	
	fine grained hornblende biotite granodiorite	
	——intrusion——	
	coarse grained biotite granodiorite	
	——intrusion——	
	~~~~~unconformity~~~~~	
Ord. (Hurgwolri and Samtaesan formation)	the great limestone series	
	~~~~~unconformity~~~~~	
Pre-C	(Bakdalryong metamorphic rocks.	

岩小委員會 岩石分類法을 따라 岩石名을 定했다. 또 代表試料 10개에 對해 完全化學分析과 32개의 試料에 對해 微量成分分析을 行하여 magma의 分化傾向과 magma의 含有成分變化를 알아 보았다.

本域의 地質系統은 table 1과 같다.

本論文이 完成되기까지 指導와 助言을 아끼지 않은 延世大 理科大 地質學科 李大聲教授任께 깊은 感謝를 드리며, 資料整理와 化學分析에 手苦하여 주신 資源開發研究所의 吳敏秀 先生과 성학제씨께 감사드립니다. 또 本論文을 끝까지 읽고 좋은 助言을 해주신 高麗大 理工大 地質學科 金亨植 教授任께도 심심한 감사를 드립니다.

Ord. (Hurgwolri and Samtaesan formation) the great limestone series

~~~~~unconformity~~~~~

Pre-C (Bakdalryong metamorphic rocks.

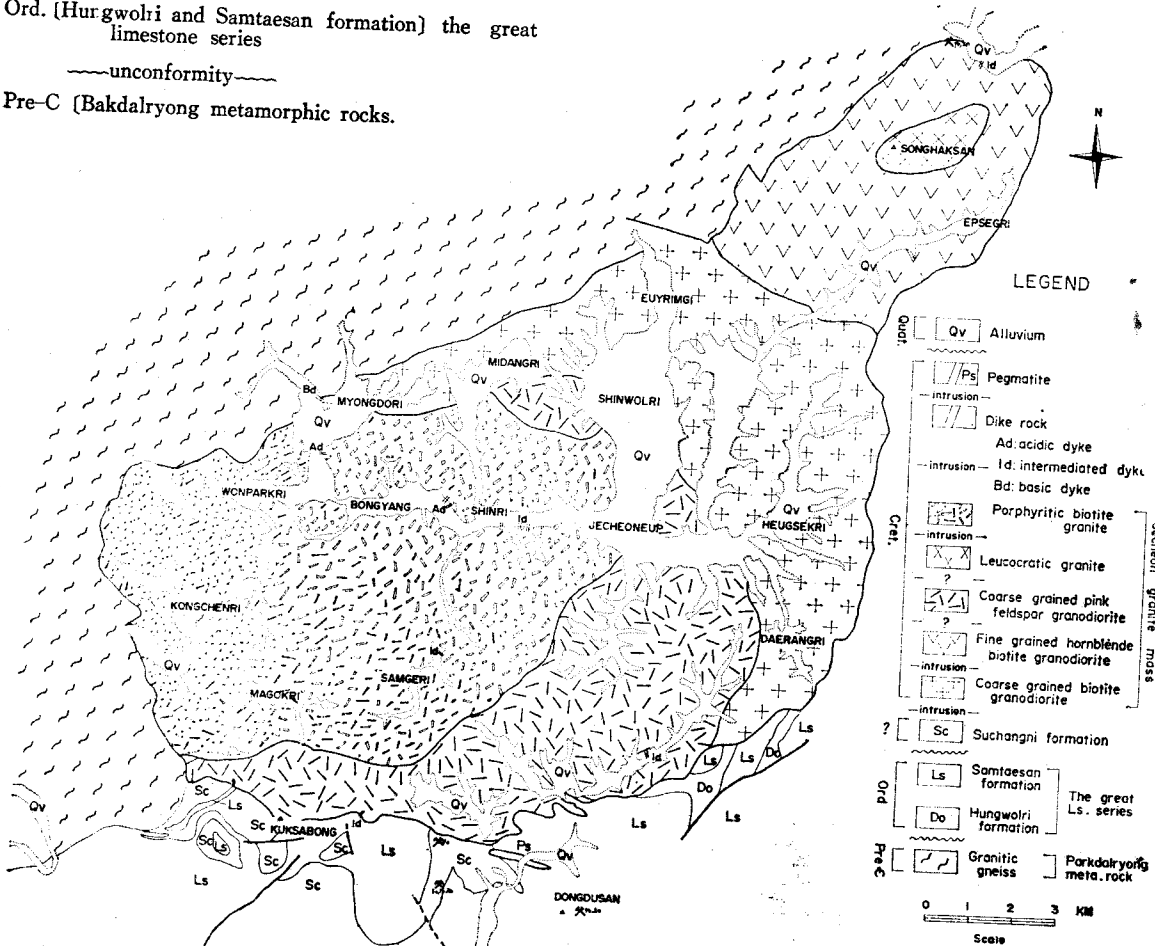


Fig. 1. Geological map of Jecheon area

Table 2. Modal composition of rocks from Jecheon granite mass

| rock name | (1) | | | (2) | | | | | | (3) | | | | | | (4) | | | | | (5) | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 15 | 33 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 54 | 10 | 12 | 14 | 28 | 44 | 49 | 52 | 53 |
| quartz | 27.04 | 15.73 | 23.96 | 24.95 | 16.71 | 23.54 | 31.84 | 31.27 | 20.21 | 31.12 | 21.70 | 42.20 | 33.08 | 25.08 | 28.64 | 28.18 | 38.29 | 16.93 | 24.89 | 18.01 | 28.96 | 21.01 | |
| plagio-
cline | 49.53 | 54.19 | 44.23 | 59.64 | 53.78 | 48.42 | 48.30 | 38.35 | 44.37 | 40.05 | 48.99 | 36.15 | 47.69 | 46.53 | 44.60 | 40.31 | 12.06 | 39.14 | 29.15 | 36.37 | 25.44 | 47.47 | |
| ortho-
cline | 9.89 | 13.88 | 15.92 | 3.97 | 22.17 | 14.79 | 10.81 | 19.79 | 16.83 | 18.66 | 22.10 | 11.83 | 14.17 | 14.44 | 23.19 | 29.27 | 40.53 | 28.67 | 45.26 | 39.79 | 38.70 | 28.28 | |
| ortho-
cline | - | - | - | - | - | - | 0.29 | - | - | - | - | - | - | - | 0.23 | - | - | - | - | - | - | - | |
| musco-
vite | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3.34 | 2.24 | 3.96 | - | - | - | - | |
| myrme-
kite | 0.12 | 0.52 | 0.64 | - | - | - | - | - | - | 0.13 | 0.14 | 0.17 | - | - | - | - | - | 0.20 | - | 0.63 | - | 0.33 | |
| biotite | 12.59 | 14.06 | 13.29 | 10.99 | 5.75 | 12.20 | 8.48 | 10.50 | 17.81 | 9.28 | 5.90 | 9.13 | 4.32 | 13.25 | - | - | 5.92 | 15.06 | 0.31 | 5.20 | 6.37 | 2.51 | |
| horn-
blende | 0.52 | 0.58 | 1.72 | 0.35 | 1.45 | 1.05 | 0.28 | - | 0.59 | - | - | - | - | 0.14 | - | - | - | - | - | - | 0.74 | - | |
| apatite | - | 0.04 | - | - | - | - | - | - | 0.03 | - | - | - | - | 0.31 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| epidote | - | 0.30 | 0.24 | - | - | - | - | - | 0.08 | - | - | - | 0.16 | - | - | - | - | - | 0.39 | - | - | - | |
| allanite | - | - | - | - | 0.14 | - | - | - | - | 0.33 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.10 | |
| sphene | 0.31 | - | - | 0.10 | - | - | - | - | 0.08 | - | - | - | 0.24 | 0.09 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| magne-
tite | - | 0.70 | - | - | - | - | 0.09 | - | - | 0.43 | 1.17 | - | 0.34 | 0.16 | - | - | 0.14 | - | - | - | - | 0.19 | 0.40 |

(1) coarse grained biotite granodiorite, (2) fine grained hornblende biotite granodiorite, (3) coarse grained pink feldspar granodiorite, (4) leucogranite, and (5) porphyritic biotite granite

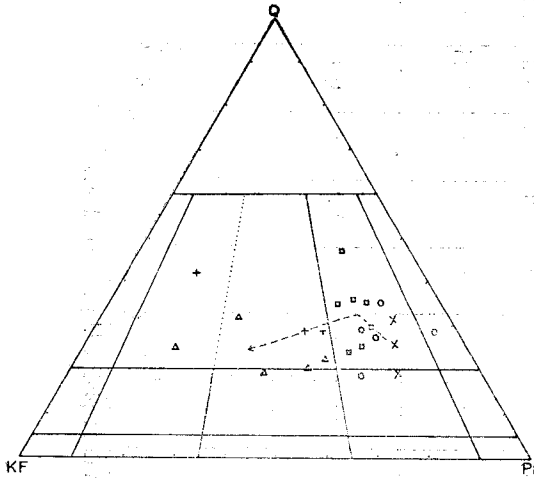


Fig. 2. Triangular plot of modal composition of rocks from Jechon granite mass. × coarse grained biotite granodiorite, ○ fine grained hornblende biotite granodiorite, □ coarse grained pink feldspar granodiorite, + leucocratic granite, △ porphyritic biotite granite

II 岩石各論

1. 堤川花崗岩體

(1) 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩

本岩은 堤川花崗岩體의 北部—明道里, 美堂里, 茅山里와 東部—古岩里, 靑田里, 長樂里, 黑石里, 頭鶴里, 高明里, 大郎里 및 노구라니 등에 널리 分布하는 淡灰色, 粗粒質 花崗岩質岩으로서 堤川北部와 北西部에 널리 分布하는 本域의 基底岩인 朴達嶺變成岩과 東南部에 分布하는 대석회암통의 興月里層과 三台山層의 構成岩인 石灰質岩 및 粘土質岩을 貫入하고 있다. 또한 本岩은 新月里西便 골짜기에서 細粒質 角閃名 黑雲母 花崗閃綠岩에 依해 貫入當하였다.

本岩은 mode 에 依한 石英—카리長石—斜長石, 三角圖에서 花崗閃綠岩에 屬한다(Fig. 2).

本岩은 粗粒質 半自形 粒狀組織을 보이며 主成分 鑛物은 斜長石, 石英, 피다이트, 黑雲母와 副成分鑛物은 角閃石, 綠簾石, 저어콘, 인회석, 磁鐵石 및 allanite 이다. 斜長石은 長石의 大部分을 차지하고 反復累帶構造(oscillatory zoning). Albite law 에 따르는 雙晶을 보이며 이들 結晶 中央部는 大部分 絹雲母나 高陵石으로 變質되어 있다(사진 1). 斜長石 結晶中 累帶構造를 보이지 않는 結晶은 An_{25-30} (oligoclase)이다. 石英은 他形은 나타나며 15~20Vol. %를 차지한다. 피다이트의 host mineral 은 微斜長石이며 여기에 patch, string,

vein, stringlet type의 斜長石이 包含되어 있고 인접한 斜長石과의 接觸部에서 反應石英粒을 갖는 myrmekite 가 나타난다. 角閃石은 柱狀이나 섬유상 결정형을 가지며 때로는 結晶의 一部가 綠簾石, 綠泥石 및 石英으로 變質되어 있다(propylite), 저어콘과 인회석은 黑雲母內에 包有物로서 나타나며 尙상柱狀의 自形結晶形을 갖는다. allanite와 磁鐵石은 普通 有色鑛物(主로 黑雲母)에 隨伴되어 있다.

(2) 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩

本岩은 堤川花崗岩體의 北東部 卽 영월도곡 南西隅에 分布하며 石灰質岩과 朴達嶺變成岩 및 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩을 貫入하는 岩相으로서 粒度는 대체로 細粒質이나 精密調査에 依하면 中央部의 粒子가 다소 커져서 中粒質로 된다. 黑雲母와 角閃石의 量은 緣邊部에서 많아지는데 有色鑛物 특히 角閃石이 優勢해지며 中央部로 갈수록 적어진다.

本岩相 分布區域의 中央에 位置한 松鶴山 主峰과 東便稜線에는 後述할 中粒質내지 粗粒質의 優白色花崗岩(以後는 優白質花崗岩 이라고 呼稱함)이 分布하며 이 岩相은 本岩을 貫入하고 있다.

本岩은 立石里 南側 大石灰岩統의 石灰質岩과의 境界面 附近에서는 境界面에 거이 平行한 微弱한 foliation을 볼 수 있다. 이 構造는 比較的 粘性이 높은 花崗岩質 magma가 貫入時 境界부가 急冷하므로 magma chamber內에서 thermal convection과 diffusion이 일어나 早期結晶鑛物인 角閃石이나 黑雲母가 境界부로 모여 境界面에 平行하게 黑雲母나 角閃石이 配列됨으로서 이루어진 구조로 해석된다.

mode分析으로 本岩은 花崗閃綠岩에 屬한다(Fig. 2).

本岩의 主成分鑛物은 石英, 斜長石, 피다이트이고 黑雲母, 角閃石을 特徵鑛物로 包含하며 副成分鑛物은 絹雲母, 티탄석(sphene), 인회석, 저어콘, 高陵石 및 磁鐵石이다.

石英은 他形으로 斜長石과 黑雲母, 角閃石사이를 충전하고 있으며 斜長石은 半自形내지 自形으로 大部分이 pericline과 Albite 雙晶을 보이고 또 反復累帶構造를 가진다. 累帶構造를 보이지 않는 結晶에서의 Anorthite 含量은 An_{23-25} (oligoclase)이다. 피다이트는 半自形내지 他形으로 바탕을 이루는 鑛物은 微斜長石이고 string form의 albite 결정이 規則적으로 配列되어 있다. 黑雲母는 劈開面을 따라 綠泥石化되어 있으며(사진 2·3) 角閃石이 包含되는 경우는 角閃石과 隨伴되어 나타난다. 인회석과 저어콘은 自形으로 黑雲母나 角閃石內에 包有되어 있다.

(3) 粗粒質 紅色長石 黑雲母 花崗閃綠岩

本岩은 堤川花崗岩體 南側 緣邊部인 國師峰, 積德里, 社谷里, 渭林里와 中央部인 月林里, 山谷里, 陽化里, 江諸里, 旺岩里等地에 分布하며 粗粒의 石英, 白色長石, 紅色長石 및 黑雲母로 構成된 微紅色의 花崗岩質 岩이다.

本岩은 新月里 北側동산말에서 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩을 貫入하고 있으며, 또 優白質花崗岩과는 直接 接觸한 部分이 없어 이들 사이의 關係는 未詳이나 mode의 分化傾向으로 미루어 보아 優白質 花崗암보다 먼저 生成된다.

本岩은 後述할 斑狀 黑雲母 花崗岩의 石基와 거이 類似한 岩質을 가지고 있다. 따라서 野外에서 本岩과 斑狀花崗岩의 區別은 斑晶의 有無로 行해졌다. 그러나 兩者의 關係는 漸移的인 것으로 보이나 新月里 元뜰에서는 本岩이 斑狀 黑雲母花崗岩에 依해서 貫入을 當했다.

mode 分析에 依하면 本岩은 花崗閃綠岩에 屬한다. (Fig. 2)

本岩의 主成分 鑛物은 石英, 斜長石, 珩다이트 및 黑雲母이고 副成分鑛物은 綠泥石, 絹雲母, 綠簾石, 저어콘, 인회석, 磁鐵石 및 Allanite로 구성된다(사진 4)

石英은 比較的 큰 結晶으로 나타나며, 斜長石은 드물게 反覆累帶構造를 보이기도 하고 An_{21-25} (oligoclase)이다. 珩다이트는 紅色長石의 大部分을 차지하며 비교적 큰 半自形내지 他形의 結晶으로 나타난다. 珩다이트는 溶離되어 나온 斜長石의 形態에 따라 區分하면 patch type 이 主가되나 드물게 string type도 나타난다. 黑雲母는 大部分 綠泥石化(penninite) 되어 있고, 綠簾石은 斜長石內에 不規則하게 散在되어 黑雲母와 함께 poikilitic texture 를 이룬다. 저어콘, 인회석, 자철석 및 allanite는 黑雲母內에 包有되어 있으며 絹雲母는 斜長石으로 부터의 變質物이다. 構成鑛物의 含量比는 table. 1에 표시했다.

珩탄철석이나 磁鐵石은 有色鑛物內에 隨伴되며 綠簾

石은 斜長石에서 部分的인 epidotization(사진 3)으로 絹雲母와 함께 나타난다(Fig. 3)

(4) 優白質花崗岩

本岩은 堤川花崗岩體의 北東部에 位置한 松鶴山 主峰과 東便凌線에 걸쳐 塔원상으로 分布하며 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩을 stock 狀으로 貫入한다.

本岩은 優白色을 띠는 中粒質花崗岩으로 特徵的인 鑛物로는 白雲母가 2~4% 包含되며 특히 粒度가 큰 部分에 많이 包含되어 있고 緣邊部에서는 粒度도 작고 黑雲母도 相當量 包含되어 復雲母花崗岩으로 變移한다. 이로 미루어 보아 本岩은 magma chamber 內의 水蒸氣 壓이 2~3.5kbar 以上인 高壓에서 生成되었다는 것을 보여준다. (Yoder and Euster, 1954).

mode 分析에 依한 本岩은 定規花崗岩에 屬한다.

本岩의 主構成鑛物은 石英, 斜長石 및 珩다이트이고 저어콘이 包含되어 있다.

斜長石은 albite 雙晶을 보이고 심하게 kaoline 化나 絹雲母化되어 있으며 An_{19-22} (oligoclase)이다. 珩다이트는 格子狀雙晶을 보이는 微斜長石 바탕에 patch, rod 또는 stringlet type의 斜長石을 包含하고 있다(사진 5)

(5) 斑狀 黑雲母 花崗岩

本岩은 堤川花崗岩의 西部와 中央部에 位置하는 院朴里, 公田里, 九曲里, 長谷里, 碩朴里, 鳳陽里, 周浦里, 新里, 下所里, 三巨里에 分布한다.

本岩은 매우 큰 淡紅色의 長石 斑晶을 包含하는 花崗岩으로서 斑晶中에는 드물게 石英이 나타난다. 本岩의 石基는 粗粒質이나 이에 비해 斑晶(megacryst)의 크기가 더욱 커서 斑狀 組織을 이룬다. 斑晶을 이루는 結晶은 本岩石 風化面에서 쉽게 採取할 수 있으며(사진 4), 이에서 채취된 斑晶의 實形은 Fig. 4와 같다. Fig. 4의 (A)結晶은 大部分의 斑晶이 갖는 가장흔한 結晶形으로 正長石의 一般形에 해당한다. 結晶의 크기는 2 cm×3cm×1.5cm가 가장 優勢하고, 보다작은 경우에 1cm×1cm×1cm 以下이나 큰 경우는 4cm×5.5cm×6cm 以上이 나타난다. (B) 結晶의 產出頻度는 적으나 微斜長石이 雙晶을 띠지 않는 경우의 一般形이다. 이들 斑晶의 產出양상으로 보아 本岩의 生成 mechanism을 다음과 같이 생각할 수 있다. 즉 本岩의 magma chamber는 상당히 깊은 위치에 있었으며 이곳에서 斑晶을 이룰 작은 卡리장석 결정이 만들어진후 이 magma가 emplace 될때까지 stoping 하면서 上向前進을 계속했다. 上向運動을 계속할때 stoping된 岩片들이 同化되어 magma의 成分을 變化시켰으며 이때 卡리장석은 急冷하는 狀態이므로 高溫型인 正長石이 만들어 졌으며 이 결정이 계속 성장했다. magma의 成分이 變해 더 이

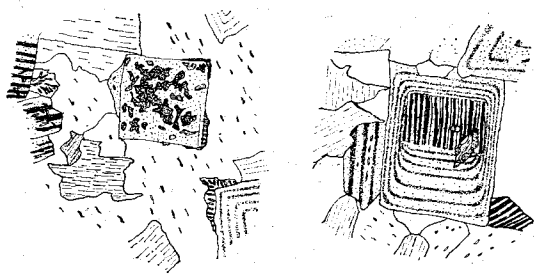


Fig. 3. Myrmekitic symplectite was produced along contact of plagioclase with perthite.

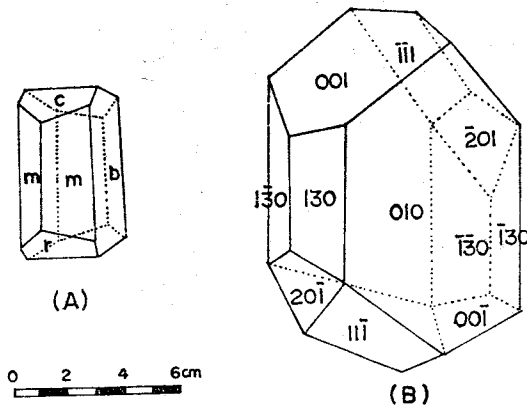


Fig. 4. Megacryst forms of porphyritic biotite granite. (A) Usual form of orthoclase. (B) Untwined crystal form of microcline

상 stoping 이 일어날 수 없게 되어 magma 는 현위치에 定置하게 되고 따라서 magma 의 溫度강하율도 낮아지게 되어 서서히 高溫型의 正長石은 低溫型인 微斜長石으로 轉移되었다. 이들에 對한 野外證據와 鑛物學的證據는 다음과 같다. (1) 斑晶의 結晶型은 高溫型인 Fig. 4(A)로 되어나 結晶自體는 저온형인 微斜長石으로 되어있다. 또 結晶自體는 고온형인 Carlsbad twin의 接合面을 가지고 있다. (2) 斑晶의 三次元的 形態로 보아 斑晶의 長軸方向이 갖는 orientation 을 magma 의 流動方向과 關係가 있다고 생각할때 이들 斑晶의 長軸方向이 대체로 西쪽으로 向해 있는것을 除外하고는 方向性이 결여되어 있는 것은 magma 의 流動이 급히 일어나지 않고 stoping 에 의해 서서히 상승하면서 고결되므로 고결시에 roof rock 에 平행한 배열을 갖게 되었다. (3) 本岩內에 흔히 나타나는 크고 작은 各섬석 석영 섬록암의 xenolith 는 구성광물인 사장석과 흑운모가 보이는 큰 상위성으로 미루어 보아 stoping 대상 암석이 주로 各섬석 석영 섬록암이라는 것을 보여준다. (4) Barth (1969)는 카리長石에서 triclinic-monoclinic 轉移溫度는 300~500°C 의 비교적 낮은 온도에서 일어난다고함 등의 증거가 있다.

mode 分析에 依하면 本岩은 花崗岩영역에 屬한다.

本岩의 主成分鑛物은 石英, 斜長石, 珩다이트이고, 特徵鑛物로 黑雲母 및 角閃石이, 또 副成分鑛物로 티탄철석, 저어곤, 인회석, 녹연석, 녹니석, 견운모, 자철석이 隨伴된다.

斜長石은 他形으로 An_{18-20} (oligoclase)에 屬하고 微斜長石은 斑晶과 石基에서 모두 나타나며 斜長石과 接觸境界部에는 虫蝕狀의 石英으로된 myrmekite 가 보인다(사진 6).

2. 脉岩類

(1) 鹽氣性脉岩

本岩은 鳳陽面 동막 부근에서 朴達嶺 變成岩과 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 境界部를 脉狀으로 貫入하고 있는 暗綠色 내지, 暗灰色을 띠고 脉幅 3~10m 을 갖는 치밀하며 때로는 長石의 斑晶을 包含하기도 한다(사진 7).

本岩은 斑狀 組織을 가지며 斑晶으로 透輝石, 角閃石과 斜長石이, 石基는 斜長石, 綠泥石 및 方解石으로 構成되어 있는 lamprophyre 의 한變種인 Spessartite 이다. 斑晶을 이루는 結晶을 自形내지 半自形이나 石基 構成鑛物은 他形에 가까운 不規則한 結晶形을 보인다. 方解石은 量的으로는 적으나 이는 朴達嶺變成岩과의 混和에서 온것으로 사료된다.

(2) 酸性脉岩類

本岩類는 花崗斑岩, 石英斑岩, 珩長岩 및 페그마타이트맥으로 構成되어 있으며 이들은 本域의 여러 기반암들을 脉狀으로 貫入하고 있다.

花崗斑岩은 堤川花崗岩體 內側에 主로 分布하며 微粒石基에 石英 斑晶이 含有되어 있다. 구성광물과 그들의 含量은 花崗岩과 類似하다.

石英斑岩은 本岩體 周邊部에 分布하며 斑狀組織을 가지고 있다. 구성광물은 斑晶으로 石英과 일마간의 斜長石이 石基는 斜長石과 약간의 黑雲母로 構成되어 있다.

珩長石은 本岩體內에서 나타나며 石英의 斑晶이 없는것이 石英斑岩과 구별되어지는 微細粒質岩이다.

페그마타이트는 錦城面 배나무골 북쪽에서 NW-SE 方向으로 本岩體, 三台山層등을 貫入하고 있으며 구성광물은 長石(主로 珩다이트와 약간의 斜長石, 石英의 巨晶들이 他形으로 集合되어 있는데 때로는 白雲母가 含有된다(사진 8).

Ⅲ. 堤川花崗岩體가 周圍母岩에 준 變成作用과

鑛化作用

堤川花崗岩體는 本域의 基底를 이루는 朴達嶺變成岩과 大石灰岩統의 삼태산층과 홍월리층을 貫入한다. 또 부분적으로 沃川層群의 문주리층도 貫入하고 있다.

1) 變成作用

朴達嶺變成岩은 縞狀花崗岩質片麻岩, 黑雲母片麻岩 및 眼球狀片麻岩으로 構成되어 있어 貫入에 依한 接觸變成을 거의 받지 않았다. 그러나 接觸境界面과 포착암의 일부는 部分熔融이나 shearing 및 mylonitization 에 依해 融點이 낮은 無色鑛物의 變晶으로 되고 이들이 成長하여 變晶質片麻岩으로 變했다. 本域에서는 의

림지 남쪽끝짜기에서 나타나는 상당히 큰 포획암편 내에 正方形의 自形長石이 變晶으로 變해 있는것을 볼수 있다.

그러나 石灰質岩이 花崗岩과 接하는 部分은 大部分 再結晶作用을 받아 結晶質石灰岩으로 變해있으며 이는 Harker (1959)에 依하면 active fluid 存在에 依한 것으로 "fluid 內에서 不安定한 鑛物은 分解되고 安定한 鑛物은 결정 이 成長한다는 原理에 根據할 때 再結晶作用이 뚜렷한 堤川東南部에 分布하는 粗粒質 紅色長石花崗閃綠岩은 相量量의 fluid 를 包含하고 있었으며 母岩과의 接觸部에는 接觸變成帶를 形成시켜 接觸變成鑛物인 珪灰石, 透輝石 등이 形成되었다. 또 삼태산층에 접재되어 있는 粘土質岩에서도 接觸變成帶가 잘 나타난다. 本域의 불당곡 남쪽계곡에 分布하는 粘土質岩으로부터 變成된 點紋狀 hornfels 는 石英—黑雲母—白雲母—cordierite 의 mineral assemblage 를 보이고, 또한 石灰岩과의 接觸部에서는 珪灰石—透輝石—方解石의 assemblage 가 나타난다. 이러한 變成鑛物의 組合은 貫入에 依한 變成相이 hornblende hornfels facies 에 屬한다는 것을 가리킨다.

2) 鑛化作用

本域에 分布하는 鑛床은 鐵(磁鐵石, 褐鐵石), 銅, 鉛, 亞鉛, 苦灰石等이나, 規模가 적고 제대로 가행되는 광상은 드물다. (1967, 5 만분지 1 尺천지질도)

鐵鑛床으로는 錦城面 석동골에 위치한 제천57, 58호 鑛山으로서 磁鐵石과 褐鐵石이 產出된다. 이곳에 磁鐵鑛은 粘土質岩을 花崗岩類가 貫入하여 이루어진 黃鐵石, 方解石, 綠簾石등의 Skarn 을 隨伴하는 接觸交代鑛床이나, 褐鐵石은 石灰質岩에 不純物로 含有되어 있던 磁鐵石이 風化時에 殘留되어 만들어진 鑛床으로 花崗岩體의 貫入과 無關하다.

銅, 鉛, 亞鉛鑛床은 石灰岩을 貫入하여 이루어진 接觸交代鑛床으로 錦城面, 中田里에 位置한 當頭鑛山은 石灰岩의 層理를 따라 交代가 일어난 層狀交代와 層面에 直交한 裂罅를 따라 일어난 交代作用으로 區分되며 方鉛石, 閃亞鉛石, 黃鐵石, 黃銅石 및 Skarn 鑛物인 grossurite, Andradite, 綠簾石을 生成시켰다. 이외에도 火成作用과 無關한 堆積鑛床으로 石灰鑛이나 苦灰鑛이 도처에서 가행되고 있다. 또 마곡리 동편에는 石英脈을 따라 水晶이 產出된다.

이와같이 本域의 鑛化作用은 微弱하며 그원인으로는 다음 2 가지 假定 중에서 어느하나를 생각할 수 있다.

- (1) magma 가 ore solution 을 가지고 있지 않았다.
- (2) 작은 底盤에 해당하는 堤川 花崗岩體는 폭박하고 있던 roof rock 이 상당히 깎여나간 결과로 이루어

졌으며 貫入時 鑛化를 준 花崗岩의 上部는 모두 剝削되어 없어졌다. (1)은 堤川花崗岩과 멀리 떨어져 있지 않은 평창화강암이나 梨目花崗岩등과 비교할때 貫入時期와 岩質의 유사성으로 보아 추측하기 곤란하며 이들 岩體의 크기가 매우작은 岩株狀인 點으로 미루어 보아 (2)가 더 타당성이 있다.

또 堤川花崗岩體에서 選釋된 試料 32개에 대해 實施한 微量成分(trace elements)分析에 依하면 Mn 은 1000 ppm 이하, Zn은 3000ppm 이하, Cu 는 1000ppm 이하, Cr 은 250ppm 이하로 本岩體를 月岳山花崗岩, 平昌花崗岩, 및 沃川系地域과 比較할때 比較的 적은 含量만을 보여준다. 또 Ni, Bi, Pb, Mo, W 도 100ppm 이하로 역시 적은 含量을 보여준다. 鑛物의 微量成分量은 結晶 化學의 特性 즉 元素와 類似한 結晶化學의 特性을 갖는 微量元素들이 모여 농집되어 이루어진다. 또 Wager & Mitchell (1951)이 미량성분은 岩石의 組成 및 化學成分과 密接한 關係를 가지며 Goldschmidt 의 經驗的定律(原子의 반경과 電荷에 따라 造岩鑛物내에 미량성분이 擬裝(camouflage), 捕捉(capture), 許容(admit)된다)과 一致한다. 이로 보아 酸性岩인 本岩體는 元素의 一次分散 만으로는 鑛體가 生成되기 어렵고 二次分散이 隨伴되어야 鑛體의 生成이 有利할 것으로 보이며, 또 미량성분을 元素相互間의 依存比로 比較 검토했다. 比較하는 基準成分으로 本分析值에서 그變化가 많지 않은 Ni의 含量을 選擇하여 미량성분들을 Ni 값으로 나누고 그값의 變化를 大, 中, 小로 나누어 구분했다. 이분류에 의한 各成分의 구분은 다음과 같다. Zn/Ni, Cu/Ni, Cr/Ni 은 小 < 0.5, 中 0.5~1.0, 大 > 1.0 이고, Mn/Ni 은 小 > 1.0, 中 1.0~5.0, 大 > 5.0 이다. 이들값에 依해 堤川花崗岩을 考察하면 Zn 은 堤川花崗岩體 貫入境界에서 大體로 높고, 또 제천화강암체에서 초기 관입암인 조립질 흑운모 화강섬록암내에서도 항상 0.5~1.0의 比較的 높은 값을 갖는다. 조립질 흑운모 화강섬록암은 Zn 이외에도 Mn, Cu, Cr 이 모두 높은 함량을 보인다. 즉 Mn 은 1.0~7.1 이고, Cu 는 0.5~1.0, Cr 은 0.5~1.3 으로 相當히 높은 값을 갖는다.

이들로 미루어 보아 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 magma 가 ore solution 을 가장 많이 가지고 있었으며, 가장 광상을 잘 배태시킬 능력이 있었다고 보여진다.

또 元素의 地球化學的 移動度를 볼때 Siliceous environment 에서 Zn 은 mobile, Mn 과 Cr 은 immobile, Cu 와 Ni 은 intermediated mobile (Emmons, 1917) 이다. 이는 Zn 이 生成 위치에 그대로 있었다기 보다는 다른 곳으로 移動되어 현 위치에 있게 되었다는 것을

알려주며 Mn, Cr, Cu, Ni 은 magma 가 가져온 함량이 그대로 保存되어 있는것을 가리켜 준다. 이를 本城의 鑛床分布와 連關지어 볼때 鑛床이 많지는 않지만 모두 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩의 境界부나 이와 近접한 지역에 위치한다.

IV. 地化學的 考察

本研究를 爲해 堤川花崗岩體의 各岩相을 代表하는 試料各各 2 個씩 都合 10 個의 試料에 對해 完全化學分析을 行했으며 이들은 主成分에 刻當하는 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, MnO, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> 의 13 種분이다.

化學分析值와 C. I. P. W norm 鑛物은 table 3 에 표시

하였으며 silica-各酸化物變化圖는 Fig. 5 에 表示했고 이를 Daly 의 basalt-andesite-dacite-rhyolite 平均值와 比較하였다. 그리고 (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)-(MgO)의 三角圖에서 各岩相의 trend 를 알아보고 그結果를 Skaergaard complex 의 分化경향과 對比시켰으며 또 norm 鑛物 石英-斜長石-카리長石 및 正長石-曹長石-灰長石의 成分關係를 圖解하여 mode 와 比較시켰다.

1) silica-酸化物變化關係

堤川花崗岩體의 silica-酸化物變化關係는 Fig. 4 에 서 보는 바와같이 SiO<sub>2</sub> 는 61~73%의 變化를 보이고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 는 14~18%의 範圍를 갖는다. 이는 Daly 의 平均值와 類似하나 SiO<sub>2</sub> 65% 附近에서는 약간 높은 값을 보인다. Na<sub>2</sub>O 와 K<sub>2</sub>O 는 Silica 와 비례하여 增加하

Table. 3. Chemical composition and their C. I. P. W. normative composition of the rocks from Jechon granite mass

| | J'-4 | J'-8 | J'-10 | J'-14 | J'-15 | J'-28 | J'-35 | J'-45 | J'-52 | J'-54 |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub> | 64.24 | 71.48 | 72.96 | 67.24 | 65.82 | 70.10 | 60.88 | 64.62 | 65.78 | 68.20 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.51 | 15.09 | 16.43 | 17.40 | 17.37 | 14.69 | 17.47 | 16.56 | 16.42 | 14.30 |
| FeO | 3.39 | 1.72 | 0.51 | 2.75 | 3.65 | 2.62 | 6.58 | 4.32 | 3.26 | 4.44 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.46 | 0.60 | 0.54 | 0.51 | 0.65 | 0.77 | 0.63 | 0.68 | 0.52 | 0.70 |
| CaO | 5.03 | 2.66 | 1.33 | 2.44 | 4.43 | 2.10 | 3.87 | 3.54 | 3.87 | 3.76 |
| MgO | 1.22 | 0.33 | 0.26 | 0.49 | 0.53 | 0.28 | 1.09 | 0.98 | 1.11 | 0.55 |
| K <sub>2</sub> O | 2.71 | 2.71 | 4.61 | 3.35 | 2.58 | 4.23 | 2.89 | 3.48 | 3.48 | 2.96 |
| Na <sub>2</sub> O | 3.41 | 3.31 | 3.21 | 3.31 | 3.12 | 3.41 | 3.73 | 3.52 | 3.21 | 3.00 |
| MnO | 0.67 | 0.75 | 0.15 | 0.52 | 0.58 | 0.71 | 0.75 | 0.80 | 0.77 | 0.77 |
| TiO <sub>2</sub> | 0.42 | 0.20 | 0.07 | 0.37 | 0.33 | 0.12 | 0.37 | 0.30 | 0.27 | 0.25 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.21 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.18 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.35 |
| -H <sub>2</sub> O | 0.27 | 0.29 | 0.20 | 0.26 | 0.18 | 0.36 | 0.12 | 0.17 | 0.12 | 0.09 |
| +H <sub>2</sub> O | 0.94 | 0.72 | 0.49 | 0.90 | 0.68 | 0.61 | 0.74 | 0.97 | 0.81 | 0.19 |
| total | 99.48 | 99.99 | 100.90 | 99.68 | 100.07 | 100.18 | 99.29 | 100.12 | 99.80 | 99.56 |
| Q | 20.52 | 34.50 | 33.36 | 27.30 | 23.82 | 27.06 | 13.14 | 18.78 | 21.30 | 28.14 |
| Or | 16.12 | 16.12 | 27.24 | 20.02 | 15.57 | 25.02 | 17.24 | 20.57 | 20.57 | 17.24 |
| Ab | 28.82 | 27.77 | 27.25 | 27.77 | 26.20 | 28.82 | 31.44 | 29.34 | 27.25 | 25.15 |
| An | 18.90 | 12.23 | 5.84 | 11.40 | 21.13 | 9.73 | 18.07 | 16.68 | 18.35 | 16.12 |
| Hy | {En | 2.30 | 0.80 | 0.70 | 5.02 | 1.30 | 0.70 | 2.50 | 2.80 | 1.40 |
| | {Fs | 4.49 | 3.70 | 0.66 | 1.20 | 8.05 | 5.28 | 8.32 | 6.47 | 8.45 |
| Di | {Wo | 1.86 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | {En | 0.80 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | {Fs | 1.06 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mt | 2.09 | 0.93 | 0.70 | 0.70 | 0.93 | 1.16 | 0.93 | 0.93 | 0.70 | 0.93 |
| Il | 0.76 | 0.46 | 0.15 | 0.76 | 0.61 | 0.15 | 0.76 | 0.61 | 0.61 | 0.61 |
| Ap | 0.67 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 1.01 |
| C | — | 2.24 | 3.98 | 4.18 | 1.73 | 0.92 | 1.63 | 1.02 | 0.61 | 0.31 |
| total | 98.39 | 99.09 | 100.22 | 98.69 | 99.68 | 99.18 | 98.53 | 99.09 | 99.00 | 99.36 |
| D. I. | 65.46 | 78.39 | 87.85 | 75.09 | 65.59 | 80.90 | 61.82 | 68.69 | 69.12 | 70.53 |

며 K_2O 는 Daly 값보다 항상 높고 Na_2O 는 유사하다. CaO , MgO , Fe_2O_3 와 FeO 는 SiO_2 含量과 反比例하며 CaO , FeO 는 Daly 값과 유사하나 MgO , Fe_2O_3 는 Daly 값보다 항상 낮다.

全體的으로 Daly 平均値와 類似한 trend는 보이거나 各含量 變化에 따른 分布變化가 크다.

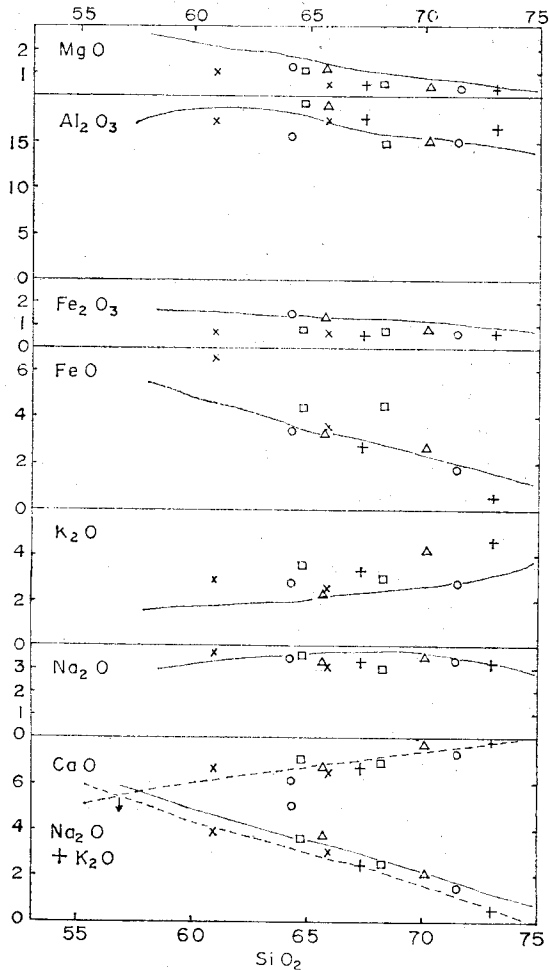


Fig. 5. Variation in major oxides versus silica for the Jecheon granite mass. Curved line; trend of Daly's average basalt-andesite-dacite-rhyolite. dotted line; alkali-lime index, cross at 56.8%. The symbols are the same as those of figure 2

2) $(Na_2O+K_2O)-(Fe_2O_3+FeO)-(MgO)$ 三角圖

AMF 圖는 玄武岩質 magma의 分結作用時 보여질수 있는 2가지 trend, 즉 하나는 造山運動과 隨伴되어 나타나는 trend로서 수분을 많이 포함하는 母岩과 同化時에 높은 수증기압을 가지므로 높은 酸素分壓을 갖

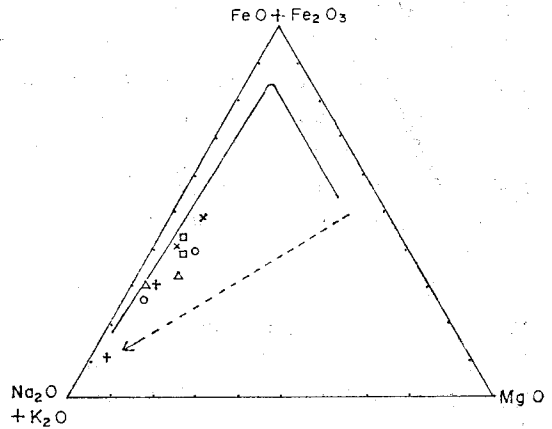


Fig. 6. AMF diagram for the Jecheon granite mass. dash line: differentiation trend of extrusive rocks. SK: differentiation trend of Skaergaard complex

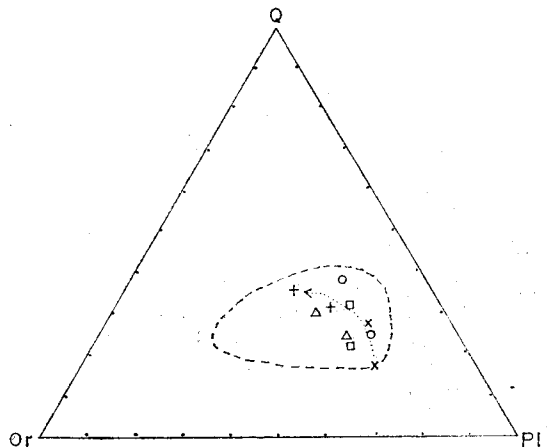


Fig. 7. Triangular plot of normative Q-Kf-Pl for the rocks from Jecheon granite mass. the symbols is the same as those Fig.2. dotted line area indicated modal composition of Jecheon granite mass

게되어 鐵이 Fe^{+3} 인 磁鐵石, 赤鐵石 등으로 存在하는 경우이고, 또 다른 하나는 後造山期에 比較的 낮은 酸素分壓하에서 鐵이 ferromagnesian mineral로 나타나는 trend로써, 後者の 전형적인 實例로 Skaergaard intrusion trend를 代表시켜 plot하고 이에 本岩體 값을 對比시켰다. 本岩體는 後者와 거의 일치하며 이는 沃川 地向斜 C zone에 해당하는 本岩體의 전부 또는 일부

가 後造山期에 貫入한 거이 正常的인 分結作用의 産物 이라는 것을 보여준다(Fig. 6).

3) Norm 鑛物에 의한 比較

Q-Or-Pl 三角圖는 Fig. 7 에서 보는바와 같이 大部分 花崗閃綠岩에 屬하며, leucocratic granite 와 porphyritic biotite granite 만이 Adamellite 에 屬한다. Q-Or-Pl 三角圖는 modal composition 보다 Pl 쪽으로 치어쳐 偏倚 되어 나타나며 이는 有色鑛物을 만드는데 使用될 CaO 의 一部가 斜長石을 이루는 Anorthite 로 계산되므로서 생긴 결과이다.

또 Or-Ab-An 三角圖는 Fig. 8 에서와 같이 南西핀랜 드의 花崗閃綠岩區의 分化産物 trend 의 alkali rich 부분인 石英閃綠岩과 花崗閃綠岩들과 類似하다. 그러나 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩만은 上記 trend 보다 Albite 의 양이 우세하다.

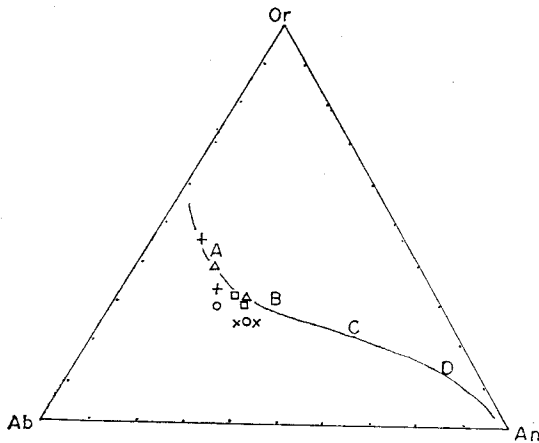


Fig. 8. Triangular diagram of normative Or-Ab-An of rocks from the Jechon granite mass. curved line: trend for granodiorite province of SW Finland (A: granodiorite, B: quartz diorite, C: quartz gabbro, D: gabbro)

V. 結 言

本研究은 先캠브리아紀의 朴達嶺變成岩과 朝鮮系 大石炭岩統을 貫入하는 小底盤狀의 堤川花崗岩을 岩相에 따라 5 가지 岩相(粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩, 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩, 粗粒質 紅色長石 花崗閃綠岩, 優白質 花崗岩 및 斑狀 黑雲母 花崗岩)으로 區分하고 이를 수행하기 위해 22개 시료의 岩石박편에 대해 modal analysis 를, 10개 시료에 대해 主成分 13 성분과 32개 시료에 대해 미량성분 9 성분에 대해 각각 化學分析을 行했다. 이들 자료에 의한 結果는 다음과 같다.

(1) mode 에 의한 石英-카리長石-斜長石 三角圖에서 堤川 花崗岩體는 花崗閃綠岩과 Adamellite 에 屬하며 5 가지 岩相들이 보여주는 一聯의 變化는 이들이 同마그마 起源의 分化産物임을 보여준다. 또 各岩相의 斜長石內 Anorthite 含量은 初期에는 높고 末期로 갈수록 낮아져서 25~30%에서 18~20%까지 漸移的으로 變한다.

(2) 堤川 花崗岩體가 周圍岩에 준 變成作用은 母岩이 石灰質岩이나 粘土質인 大石灰岩統인 三台山層 및 三方山層과 沃川層群인 文周里層에서 顯著하며 變成相은 hornblende hornfels facies 에 屬한다.

(3) silica-酸化物變化圖는 Daly 의 平均值와 유사한 경향을 보이며 Peacock 에 의한 alkali-lime index 는 silica 가 56.8%로서 calc-alkali rock series 에 屬한다.

(4) AMF 圖는 堤川 花崗岩體가 正常的인 分化物인 Skaergaard trend 와 一致함을 보여주며 (Fig. 5) 包含된 鐵은 有色鑛物에 構成成分을 이룬다.

(5) norm 鑛物 Q-(An+Ab)-Or 의 成分變化는 Mode 成分과 比較할때 斜長石쪽으로 치어쳐 있으며 이는 有色鑛物 구성성분인 CaO 가 Anorthite 로 換산되어 양이 증가함으로 생기는 편기이다 (Fig. 6).

참 고

Barth, T. F. W., 1962, Theoretical Petrology, 2nd edition: Wiley, N. Y.
 ———, 1969, Feldspar: Wiley, N. Y.
 Emmons, R. C., 1917, The enrichment of Ore deposits: USGS Bull. 625, p. 68-70.
 Harker, D. and Parker, E. R., 1945, Grain shape and grain growth: Trans. Am. Soc. Metals, 34, 156.
 Peacock, M. A., 1931, Classification of Igneous Rock series: J. Geol., 39, pp. 54-67.
 Masakatsu Sasada, 1975, Petrological study of the

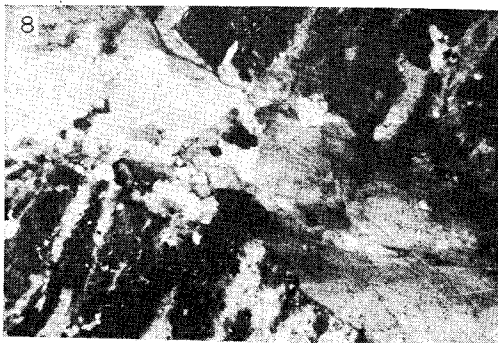
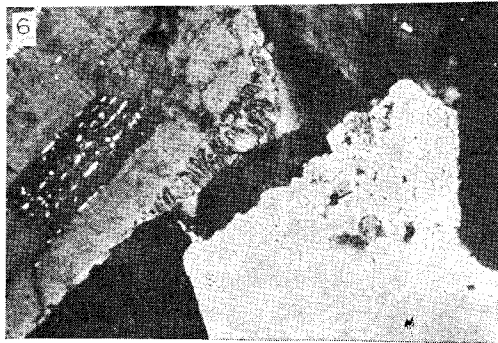
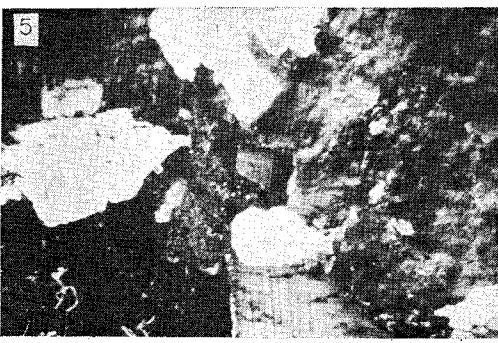
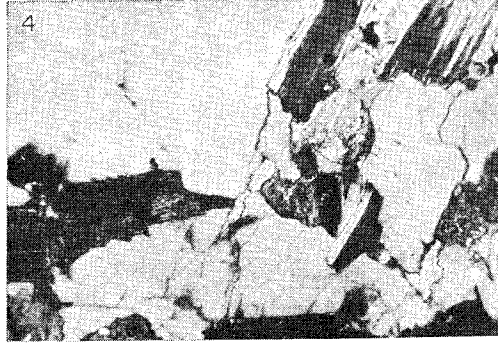
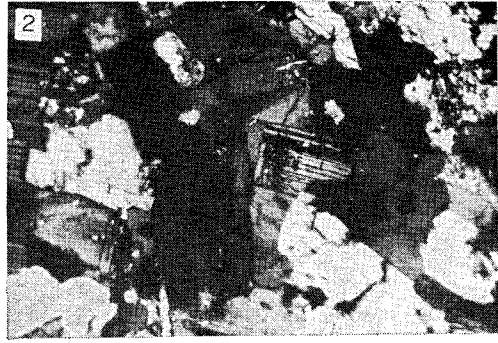
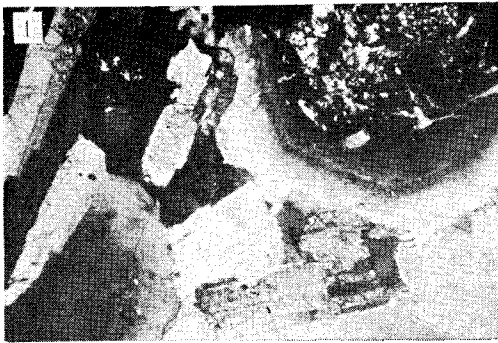
문 헌

Gozu granitic mass, Niigata Pref., Central Japan: J. Geol. Soc. Japan, Vol. 81, No. 7, pp. 407-422.
 Simonen, A., 1948, On the petrochemistry of the Intracrustal rocks in the Svecofennidic Territory of Southwestern Finland: Bull. Comm. Géol. Finlende, No. 141.
 Smith, J. V., 1974, Feldspar minerals, vol. 1~3: Springer-Verlag.
 Wager, I. R. and R. L. Mitchell, 1951, The Distribution of Trace Elements during Strong Fractionation

- of Basic Magma—A further study of the Skaergaard intrusion, East Greenland: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1, pp. 129-208.
- Williams, H., 1942, The Geology of Crater Lake National Park, Oregon, with a Reconnaissance of the Cascade Range Southward to Mount Shasta: *Carnegie Inst. wash. publ.* 540.
- Winkler H. G. F., 1974, *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 4th ed.; Springer-Verlag.
- Yoder, H. S., Jr. and H. P. Eugster, 1955, Synthetic and Natural muscovites: *Geochim. cosmochim. Acta*, 8, pp. 225-280.
- 金基院外 2 人, 1967, 堤川地質圖(五萬分之一): 國立地質調查所

사 진 설 명

1. 粗粒質 黑雲母 花崗閃綠岩. 自形내지 半自形을 보이는 斜長石, 이는 또한 反複 累帶構造를 보이며 結晶 中央部가 絹雲母 및 高陵石으로 變質되어 있다(5×10, cross nicol).
2. 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩. albite 雙晶을 갖는 自形の 斜長石, 基底 劈開面을 갖는 他形の 角閃石, 板狀의 黑雲母 및 他形の 石英과 Perthite 가 半自形粒狀組織을 보인다(5×10, cross nicol).
3. 細粒質 角閃石 黑雲母 花崗閃綠岩내의 斜長石들이 部分的으로 綠簾石, 絹雲母로 變質되어 있다(5×10, cross nicol).
4. 粗粒質 紅色長石 黑雲母 花崗閃綠岩. 比較的 큰 perthite(紅色長石)가 斜長石, 綠泥石化된 黑雲母 및 myrmekite 로 둘러 싸이거나 접하고 있어 他形을 보여준다. perthite 는 bead type 의 斜長石을 포함한다(5×10, cross nicol).
5. 優白質 花崗岩. perthite, 石英, albite 雙晶을 보이는 斜長石 및 白雲母로 구성되어 있다. perthite 는 格子狀 晶을 보이는 微斜長石 바탕에 patch type 의 斜長石을 포함하고 있다(5×10, cross nicol).
6. 斑狀 黑雲母 花崗岩. 半自形 내지 自形の 結晶形을 갖는 斜長石 결정사이를 微斜長石 바탕을 갖는 perthite 가 충전하고 있으며 두 광물사이에는 myrmekite 가 경계를따라 만들어져 있다(5×4, cross nicol).
7. 鹽基性 脈岩. 半自形 내지 他形을 보이는 斜長石, 石英, 綠泥石 및 方解石이 石基에 포함되고 自形の 透輝石, 半自形の 角閃石 및 斜長石이 斑晶으로 들어 있다. (5×10, cross nicol).
8. Pegmatite. band type 의 斜長石을 포함하는 perthite. 이와 共晶하는 波動消光을 보이는 石英(5×4, cross nicol).



(사진 설명은 전면에)