

嶺南陸塊에 分布하는 古期花崗岩質岩의 地質年代와 成因에 對한 研究

金 勇 俊*

Geochronology and Petrogenesis on the Older Granitic Rocks collected across the Ryeongnam Massif, Korea

Yong Jun Kim

Abstract: The older granitic rocks of the study area are composed of mainly orthogneiss and foliated granite. These rocks shows mostly mortar or flaser structure by strong mylonitization and thermal metamorphism during several orogenies.

⁴⁰Ar-³⁹Ar incremental-release ages of these rocks have been determined for 6 hornblende, 7 muscovite and 4 biotite concentrates separated from rocks collected across the Ryeongnam massif. Most ⁴⁰Ar-³⁹Ar age are discordant with Rb-Sr whole rock age of the same area. These ages range from 1998 to 172Ma. This discordant age is interpreted to indicate that samples were in contact with Daebo granite body that was characterized by large and variable ⁴⁰Ar-³⁹Ar ratios. Such ratios most likely resulted from widespread diffusion of the argon liberated from older granitic rocks during several metamorphic overprint.

The general trend of the chemical composition of these rocks suggest that most of them are some series of differentiated products by fractional crystallization.

序 言

이 研究地域은 韓半島의 基底를 이루는 嶺南陸塊와 沃川地尙斜帶가 接하는 곳으로서 지금까지 所謂 片麻狀花崗岩으로 알려진 花崗岩類와 小白山片麻岩複合體 및 智異山片麻岩複合體가 主로 分布하고 있다.

이 研究에서는 이들 古期花崗岩類에 對해 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 分析과 EPMA에 依한 鑛物分析 및 代表試料에 對한 全岩分析을 行하여 이 地域의 地史와 이들 古期花崗岩質岩에 對한 成因을 考察코자 한다.

이 研究를 위해 100여개의 岩石試料을 채취하였고 이들중 17개 試料에 對해 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 分析을, 19개 試料에 對해 全岩分析을, 20개 試料에 對해 EPMA分析을 行하였다.

이 研究를 수행하는데 助言과 分析時 도움을 준 Univ. of Georgia 地質學科의 Dallmeyer 教授에게 감사드립니다. 또 全岩分析을 行한 日本 東北大學 岩石鑛物研究室의 金允圭 博士와 EPMA分析을 수행한 延世大學

校 地質學科 趙騰龍 碩士에게도 심심한 감사를 드리며, 또 本研究가 이루어질 수 있도록 도와주신 科學財團에도 진심으로 감사드립니다. 그리고 本論文을 검토하고 助言을 해주신 動力資源研究所 陳明植 博士에게도 감사 드립니다.

一般地質

이 研究地域은 先靑브리아紀의 正片麻岩類와 準片麻岩類를 基底로 하여 時代未詳의 變成堆積岩類와 花崗岩類 및 白堊紀의 花崗岩類와 堆積岩類로 構成되어 있으며 (Fig. 1) 概略的인 地質系統은 Table 1과 같다 (25萬分之一地質圖, 光州, 木浦, 動力資源研究所, 1973).

片麻岩複合體: 이 岩體는 研究地域의 基底를 이루는 嶺南陸塊 西南部인 智異山地域에 主로 分布하며 花崗岩類와 片麻類로 構成되어 있다.

이 研究에서는 韓國動力資源研究所 發行 25萬分之一地質圖(1973)의 分類에 따라 本岩體를 小白山片麻岩複合體와 智異山花崗岩複合體로 區分했으나 兩者는 岩相이 거의 類似하고 變成度에 있어서만 얼마간 差異가

* 全南大學校 地質學科

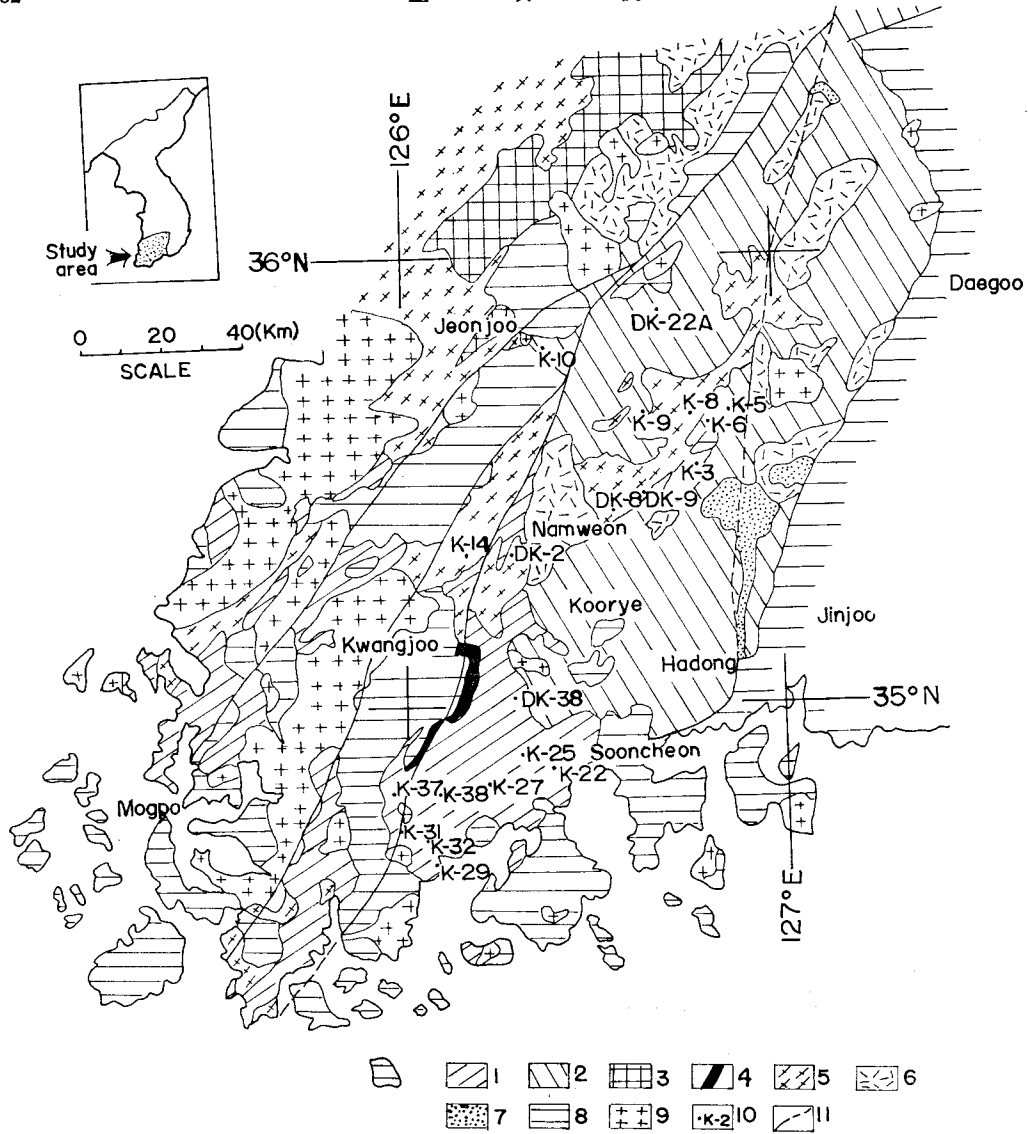


Fig. 1 Geologic and sample location map of southwestern part of Korea.

1. Sobaegsan gneiss complex. 2. Jirisan gneiss complex. 3. Ogcheonsystem. 4. Metasediments.
5. Foliated granites. 6. Daebo granites. 7. Basic and intermediated plutons. 8. Kyongsang system.
9. Suixuksa granite. 10. Sample location and sample number. 11. Fault

있을 뿐이다. 특히 本研究에서는 火成起源變成岩단 對象으로 하였기 때문에 兩者의 뚜렷한 區分이 어려웠다.

本 岩體는 主로 縞狀片麻岩, 混成片麻岩, 斑狀變晶質片麻岩과 花崗岩質片麻岩 그리고 얼마간의 片岩類로 構成되어 있으며 時代가 다른 花崗岩의 貫入을 받아 花崗岩化作用 및 연속적인 變成作用이 活潑히 이루어져 있어 本域에 대한 層序設定이 아직도 확립되어 있지 못한 形便이다(이상만, 1980). 또 주승환등(1986)에 依하면 本岩體의 Rb-Sr年齡은 2330±50Ma에서 1150±

30Ma 등 다양한 地質時代를 보인다(Table 4). 이들 地質年代는 本岩體가 先캄브리아紀부터 大寶變動 사이에 수차례에 걸친 地殼變動을 받은 時期로 사료되며 이들 變動中 大寶變動에 依한 영향이 가장 강했음을 가리켜 준다.

沃川系: 本系는 全州 附近과 研究地域의 北部에만 分布하며 嶺南陸塊의 片麻岩複合體나 變成堆積岩과는 直接 接하지 않아 이들 사이의 關係는 不明이다. 그러나 古期花崗岩으로 생각되는 片麻狀花崗岩과 中生代

Table 1 地質系統表.

第 四 紀	沖積層
	不整合
白 堊 紀	佛國寺花崗岩
	慶尙系
쥬 라 紀	不整合
	大寶花崗岩
時 代 未 詳	貫入
	片麻狀花崗岩
	變成堆積岩類
	?
	沃川系
先캄브리아紀	智異山片麻岩複合體
	小白山片麻岩複合體

大寶 및 佛國寺花崗岩에 依해 貫入되어 있으며 또 慶尙系 堆積層들에 依해 不整合의 으로 被覆되어 있다.

變成堆積岩類: 本岩類는 北東—南西方向으로 帶狀分布를 보이며 硅岩, 雲母片岩, 石灰岩, 砂岩 및 셰일 등으로 構成되어 있다. 本岩類는 光州 東南部의 和順 地域에서는 含炭帶를 包含하고 있어 平安系變質物로 생각된다. 그러나 그밖의 地域에서는 主로 硅岩으로 된 聳巖山層과 主로 雲母片岩으로 構成되고 일마간의 硅岩과 石灰岩이 間在되어 있는 雪玉里層이 나타나며 이들層은 片麻岩複合體를 不整合의인 關係로 被覆하고 또 片麻狀花崗岩에 依해 貫入되어 있어 變質平安系와의 關係가 不明하며 따라서 精確한 層序設定도 곤란한 形편이다.

片麻狀花崗岩類: 本 岩類는 沃川地尙斜帶와 嶺南陸塊가 接하는 境界部를 따라 넓게 分布하며 地域에 따라 일마간의 岩相 差異가 있으나 一般의 으로 뚜렷한 葉理 構造가 보이고 中粒質 乃至 粗粒質로서 地域에 따라서는 斑狀組織을 보여 주기도 한다. 葉理의 構成鑛物은 黑雲母, 白雲母 및 角閃石이 主가 되나 때로는 綠泥石이나 綠簾石 등이 包含되기도 하며 石英 斜長石도 葉理方向으로 伸張되어 있어 더욱 뚜렷한 葉理구조를 보인다. 本岩類는 地域에 따라 差異가 있으나 뚜렷한 플래서(flaser)組織이나 壓碎組織을 보인다. 이는 本岩이 生成된 후 일어난 地殼變動時 強한 壓碎作用을 받았음을 지시한다.

大寶花崗岩: 本岩은 研究地域 北東部와 中央部에 獨立된 小規模 底盤狀 貫入體로서 分布하며 岩相은 方向性이 결여된 塊狀의 中粒質 乃至 粗粒質 花崗岩이고 淡灰色이 普通이나 때로는 紅色이나 優白色을 띤 微斜

長石이나 斜長石 斑晶이 包含되어 斑狀組織을 보이기도 한다. 또 同일 岩體 內에서도 鑛物組成이나 組織에 일마간의 差異가 있어 이들이 수차례의 貫入으로 이루어진 複合岩體임을 지시해 준다.

慶尙系: 本系는 앞에서 열거한 岩層들을 모두 不整合의 關係로 被覆하며 主로 沃川地尙斜帶 南西部에 해당하는 永同一光州 陷沒帶에 分布한다.

本系는 新洞層群과 河陽層群에 對比되는 鎮安層群과 능주層群으로 構成되어 있으며 이들을 傾斜不整合으로 楡川火山岩層群이 덮고 있다.

佛國寺花崗岩: 本岩은 光州—海南 사이와 全州—靈光 사이에 比較的 작은 底盤狀 貫入體로 그밖에 研究地域 도처에 小規模 岩株狀貫入體로서 나타난다. 本岩의 岩相은 淡紅色 내지 淡灰色을 띠는 中粒質이나 粗粒質 塊狀岩으로서 光州花崗岩體에서는 黑雲母보다는 角閃石이 우세한 黑雲母—角閃石 花崗閃綠岩으로 漸移的인 變化를 보이기도 한다.

地質時代

本 研究地域에 分布하는 古期花崗岩質岩의 地質時代를 決定키 위해 火成起源의 片麻岩複合體(主로 花崗片麻岩) 5개 試料, 斑狀變晶質片麻岩 2개 試料, 片麻狀花崗岩 5개 試料, 그리고 花崗片麻岩 內에 포획되어 있는 角閃岩質포획암 1개 試料와 片麻岩複合體 構成岩의 하나인 結晶質石灰岩을 貫入하고 있는 角閃石閃綠片麻岩 1개 試料—總 14개 試料에 대해 ⁴⁰Ar—³⁹Ar 법을 써서 岩石의 絕對年齡을 測定했으며 그 값은 Table 2 와 같다.

試料處理過程 및 分析方法

(1) 選定된 試料를 破碎하여 60, 80, 100, 120, 140, 및 200mesh로 分離 수집한다.

(2) 立體顯微鏡 觀察를 거쳐 連晶이 없는 最大 크기의 粒度(普通 -100~+120 mesh)를 선별하여 이들을 물→알코올→아세톤→증류수 순으로 3회 이상씩 초음파세척기로 세척한다.

(3) Bromoform과 methylene iodide의 重液을 써서 測定에 使用코자 하는 鑛物을 分離하고 分離 程度를 顯微鏡 下에서 확인하여 萬一 分離狀態가 좋지 않다면 重液에서 再處理하여 鑛物純度を 높인다.

(4) 分離된 鑛物중 磁性的의 差가 큰 鑛物이 섞여 있다면 Franz magnetic separator를, 그렇지 못하다면 paper shaking이나 顯微鏡 下에서 不純物을 골라내야 한다.

(5) 다시 sieving을 하여 粒度 별로 區分하고 不純物의 含有量이 1% 以下가 될때까지 上記 過程을 反復 實施한다.

(6) 完全히 分離된 鑛物중 sieving과 純度테스트 (99% 以上)에서 合格한 鑛物試料는 適當量을 은막지에 싸서 試料番號를 表示한후 石英管에 넣어 밀봉한후 Denver에 位置한 美國 地質調査所 원자로에 보내 원자로 中央部分에 넣어 1000kW에서 40시간 정도 中性子를 照射한다.

(7) 中性子 照射가 끝난 試料는 質量分析器와 連結된 測定系에 loading한 후 完全히 眞空狀態가 되도록 測定系를 加熱하고 또 이온빔프를 가동시킨다. 이어서 測定코자 하는 試料를 모리브덴 도가니에 떨어뜨린 후 RF유도발전기(Radio Frequency Induction Generator)로 試料가 熔融될 때까지 5단계에서 15단계까지 溫度를 점차 증가시켜서 加熱한다. 各 溫度의 단계는 45분간 유지시켜야 되며 溫度는 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 의 오차를 가지고 赤外線測定溫度計(Infrared Sensing Thermometer)로 測定한다. 추출된 Ar가스의 精製는 Cu-CuO계더와 Ti-Zr계더를 가지고 질소, 수분 등의 不純物을 除去함으로써 이루어졌으며 各 溫度에 따라 추출된 가스는 액체질소를 가지고 활성화탄을 過冷却시켜 생기는 吸着性을 利用해 測定系 內에서 移動시켰다(Dalrymple G. B. et al, 1971, 1974).

(8) 各 溫度에 따라 추출된 Ar 가스의 同位元素分析은 Nier型, 6인치 半徑, 60 sector를 가진 質量分析器에서 行해졌다.

測定結果와 그解析

$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年齡은 6개의 角閃石, 7개의 白雲母와 4개의 黑雲母에 대하여 얻어졌으며 그 測定値는 Table 2와 같다. 本 研究地域은 變成度가 매우 높기 때문에 可能한 高溫에서도 Ar가스의 보존이 良好한 角閃石을 包含하는 試料를 選定코자 노력했으며 角閃石이 없을 경우는 白雲母를 兩者가 모두 없는 경우는 黑雲母를 택했다.

片麻岩複合體: 本岩體에 대하여 角閃石 3개, 白雲母 5개 및 黑雲母 3개 試料의 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年齡을 決定했다.

角閃石은 1998.4 \pm 8.3Ma에서 190.7 \pm 0.9Ma 사이의 年齡을 보이며 이같이 극심한 변화는 火成岩體와 試料 채취지점 사이의 거리에 따라 크게 변한다. 試料 K-6는 智異山片麻岩複合體에 屬하는 角閃石-黑雲母片麻岩으로서 後期 貫入體인 片麻狀花崗岩으로부터 2~3 km, 大寶花崗岩으로부터도 7~8km정도 떨어져 있는 位置에서 채취되었다. K-6는 190.7 \pm 0.9Ma年齡을 보여준다. 이는 大寶變動에 의해 Ar가스가 逸出된 후의 年齡으로 생각되며 大寶變動이 매우 강했음을 알려준다. DK-22A는 智異山片麻岩複合體를 貫入하는 正片麻岩으로서 比較的 後期 貫入岩體로부터 멀리 떨어져 있으며 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年齡은 1998.4 \pm 8.3Ma이다. 이는 주승환과 김성재(1986)에 의해 測定된 智異山片麻岩複合體 主構成岩의 하나인 縞狀片麻岩에 對한 Rb-Sr全岩年齡과 거의 같으며 本岩의 生成時期와 縞狀片麻岩의 變成

Table 2 Analytical data and $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ age of samples from older granitic rocks collected across the Ryeongnam massif.

Sample No.	Rock name	mineral used	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	age (Ma)	step of heating
K-5	Biotite gneiss	Muscovite	12.23	0.00178	0.005	178.2 \pm 0.6	7
K-6	Hornblende-biotite gneiss	Hornblende	17.14	0.01884	9.021	190.7 \pm 0.9	12
K-9	Granite gneiss	Muscovite	11.72	0.00254	0.016	171.3 \pm 0.9	12
K-9	Granite gneiss	Biotite	11.58	0.00173	0.002	170.7 \pm 0.3	7
K-10	Granite gneiss	Biotite	10.63	0.00096	0.007	160.5 \pm 0.3	7
K-31	Porphyroblastic gneiss	Muscovite	120.90	0.00168	-1.001	1330.3 \pm 1.8	7
K-32	Porphyroblastic gneiss	Muscovite	38.19	0.00231	0.003	528.3 \pm 1.8	12
K-38	Granite gneiss	Muscovite	122.22	0.00470	0.001	1317.9 \pm 3.3	15
K-38	Granite gneiss	Biotite	18.23	0.00383	0.000	260.8 \pm 1.8	7
DK-22A	Hornblende diorite gneiss	Hornblende	259.74	0.02513	13.793	1998.4 \pm 8.3	13
DK-38	Amphibolite(xenolith)	Hornblende	212.10	0.02251	9.549	1657.3 \pm 5.4	13
K-3	Soonchang foliated granite	Muscovite	12.12	0.00165	0.006	179.2 \pm 0.5	10
K-3	Soonchang foliated granite	Biotite	11.50	0.00154	0.005	179.2 \pm 0.9	7
K-14	Samori foliated granite	Muscovite	10.80	0.00136	-0.001	159.2 \pm 0.3	7
DK-2	Foliated granite	Hornblende	13.89	0.00307	3.668	172.2 \pm 1.2	8
DK-8	Foliated granite	Hornblende	16.17	0.00637	4.104	195.5 \pm 2.4	8
DK-9	Foliated granite	Hornblende	20.46	0.02252	5.194	190.5 \pm 1.5	8

Table 3 Rb-Sr age of samples from Sobaegsan gneiss complex and Jirisan gneiss complex (after Joo, S.H. et al, 1986).

Rock Name	Area	Slope(10 ⁻³)	Intercept	Age
Granitic gneiss	Honam coal field	33.6±0.7	0.7030±0.0016	2.330±50
Granitic gneiss	Sobaegsan gneiss complex	32.2±0.7	0.7063±0.0015	2.230±50
Prophyroblastic gneiss	Sobaegsan gneiss complex	30.1±0.8	0.7089±0.0012	2,090±60
Banded gneiss	Jirisan gneiss complex	28.1±0.6	0.7100±0.0010	1,950±40
Porphyroblastic gneiss	Jirisan gneiss complex	29.8±0.5	0.7102±0.0008	2,070±40

時期가 一致함을 보여준다(Table 3). DK-38은 小白山片麻岩複合體 內에 들어있는 角閃岩으로 된 포획암으로서 大寶花崗岩으로부터는 比較的 멀리 떨어져 있으나 小規模 岩株狀 佛國寺花崗岩體로 부터는 7~8km 떨어져 있다. 이 試料의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 年齡은 1657.3±5.4Ma로서 主尊환과 김성재(1986)의 Rb-Sr 全岩年齡과 比較해 볼때 상당히 젊어진 年齡이다. 이로부터 미루어 보건데 이 試料은 佛國寺花崗岩과 大寶花崗岩의 貫入에 依한 熱變成을 약하게 받아 가스의 一部分을 逸出시킨 結果로 사료된다.

白雲母는 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡에 있어 1330.3±1.8Ma에서 171.3±0.9Ma로 대단히 변화가 심하며 주위에 위치한 火成岩體와 密接한 關係가 있다. 試料 K-5와 K-9는 大寶花崗岩이나 片麻狀花崗岩體와 隣接해 있어 이들에 依해 強한 熱變成을 받았을 것으로 생각된다. K-5와 K-9의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 各各 178.2±0.6과 171.3±0.9Ma로서 主尊환 中期 즉 大寶變動期를 나타내며 이들 片麻岩들이 大寶變動期에 浸한 熱變成作用을 받았음을 보여준다. 試料 K-32는 長興 附近에 分布하는 小白山片麻岩複合體 主構成岩의 하나인 斑狀變晶質片麻岩으로서 주위에 比較的 작은小規模 岩株狀 佛國寺花崗岩體가 貫入하고 있을 뿐이다. 本試料의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 1317.9±3.3Ma으로 Rb-Sr全岩年齡과 比較해 볼 때 역시 상당히 젊다(Table 2, 3참조). 이는 佛國寺花崗岩 貫入時 받은 영향으로 Ar가스의 一部가 逸出된 結果로 사료된다. 試料 K-32는 K-31로 부터 가까운 거리에 위치한 같은 종류의 岩石으로서 試料 채취 地點으로 부터 5m 程度 떨어진 곳에 幅 2~3m의 安山岩이 貫入하고 있다. K-32의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 528.8±1.8Ma로서 K-31보다 훨씬 젊은 年齡을 보여주며 이는 安山岩 岩脈의 貫入時 이 試料에 준 熱變成作用의 영향으로 생각된다. 試料 K-38은 花崗片麻岩으로서 큰 火成岩體들로 부터는 멀리 떨어져 있다. 그러나 楡川火山岩層이나 安山岩脈이 비교적 가까운 곳에 나타난다. 이 試料의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 1317.9±3.3Ma로서 K-31과 거의 類似한 年齡을 보여준다. 또 K-38의 溫度에

다른 年齡變化는 500°C부근에서는 약 900Ma, 600°C에서는 1117.9Ma, 625°C에서 835°C사이에서는 약 1220Ma, 그리고 900°C 以上에서는 약 1540Ma인 것으로 보아 本試料 채취 지역도 상당한 熱變成作用을 받았음을 알려준다.

黑雲母는 3개 試料 모두가 花崗片麻岩에서 選鑛되어 졌으며 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 260.8±1.8Ma에서 160.5±0.3Ma사이의 값을 보인다. 試料 K-9와 K-10은 모두가 같은 곳에서 片麻狀花崗岩, 大寶花崗岩 및 佛國寺花崗岩 等 小規模 底盤이나 岩株들에 依해 貫入되어 있으며 이들에 依해 심한 熱變成을 받았음이 틀림없다. K-9와 K-10의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 各各 170.7±0.9Ma와 160.5±0.3Ma로서 모두 主尊환 中期로서 大寶變動期와 一致한다. 試料 K-38은 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡에 있어 260.8±1.8Ma로서 同一 試料의 白雲母 年齡과 顯격한 差異를 보인다. 이는 黑雲母의 結晶構造가 白雲母의 結晶構造보다 약하여 보다 많은 Ar가스가 逸出된 結果로서 思料되며 이 地域에 熱變成時의 溫度가 300±50°C 정도 이었음을 示唆한다.

古期片麻狀花崗岩類: 本岩類는 大體로 微弱한 片麻狀組織을 보이거나 地域에 따라 構成鑛物의 種類와 含量에 약간의 差異가 있으므로, 岩相과 分布地域에 따라 淳昌片麻狀花崗岩, 帶江里片麻狀花崗岩, 三梧里片麻狀花崗岩 및 遮日峰片麻狀花崗岩 等으로 昌平地質圖幅(손치우와 김수진, 1960), 淳昌地質圖幅(박희인, 1966)과 同福地質圖幅(김봉균과 박병권, 1966) 調査에서 區分했다.

本岩類에 대한 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 195.5±2.4Ma에서 159.2±0.3Ma사이의 값으로서 역시 主尊환에 屬한다. 또 Rb-Sr全岩年齡은 Table 4에서 보여 주는 바와 같이 淳昌片麻狀花崗岩이 222±5Ma, 帶江里片麻狀花崗岩이 228±5Ma로서 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡이 보다 젊은 값을 보인다.

本岩類에 대한 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 角閃石 3개 試料, 白雲母 2개 試料 그리고 黑雲母 1개 試料에 대하여 얻어졌다. 이들은 모두 大寶變動에 依해 영향을 받았지만

Table 4 Rb-Sr age of samples from older foliated granites(after Joo. S.H et al, 1986).

Rock name	Slope(10^{-3})	Intercept	Age
Sunchang foliated granite	3.16±0.6	0.7163±0.0002	222±5
Daegangri foliated granite	3.25±0.04	0.7158±0.0010	228±5

分析에 사용한 試料가 火成岩體 특히 大寶花崗岩體로부터 얼마나 떨어져 있는나와 어떤 鑛物種類를 사용했느냐에 따라 상당히 변화가 있음을 보여준다. K-5와 DK-8은 거의 유사한 거리만큼 떨어져 있으나 角閃石이 白雲母보다 오래된 값을 보여준다. 또 DK-8과 K-3에 있어서는 K-3가 DK-8보다 火成岩體에서 멀리 떨어져 있으나 DK-8은 角閃石을, K-3은 黑雲母를 使用하였

기 때문에 K-3가 보다 젊은 값을 보인다. K-3는 同一 試料에서 白雲母와 黑雲母를 分離하여 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 분석을 실시했으나 그 分析値는 거의 같은 값을 보인다. 이는 試料채취 地點의 熱變性作用이 상당히 강하여 백운모와 黑雲母가 包含하는 Ar가스의 均質化가 일어났음을 보여주며 적어도 이 地點의 溫度가 400°C 이상이었음을 가리켜준다.

論議: 本 研究地域에 分布하는 古期花崗岩質岩은 이들보다 후기에 貫入한 大寶花崗岩이나 佛國寺花崗岩에 의한 영향을 강하게 받았다. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 分析結果는 이처럼 강한 熱變成을 받은 地域에서 熱變成史를 밝히는 데는 利用될 수 있으나 生成年代를 밝히기는 어렵다. 이 地域의 보다 精確한 火成活動史를 알기 위해서는 보다 精密한 野外調査와 試料 채취를 실시하고 또 Rb-

Table 5 Chemical analyses of older granitic rocks collected across the Ryeongnam massif.

	K-3	K-5	K-6	K-8	K-9	K-10	K-14	K-22	K-25	K-27
SiO ₂	71.84	73.88	52.90	69.45	65.94	59.38	74.45	66.77	64.24	64.12
TiO ₂	0.22	0.09	1.26	0.36	0.57	1.27	0.02	0.93	0.83	0.71
Al ₂ O ₃	15.51	14.30	20.67	15.11	15.76	17.86	14.73	14.58	15.71	16.66
FeO*	1.58	1.34	6.99	4.01	5.52	6.58	0.53	5.71	6.55	5.74
MnO	0.04	0.20	0.13	0.06	0.07	0.10	0.03	0.04	0.08	0.10
MgO	0.34	0.09	3.20	1.70	2.45	2.13	0.03	2.01	2.16	1.88
CaO	2.08	0.85	8.32	1.12	1.82	4.20	0.71	3.01	2.94	3.47
Na ₂ O	3.88	3.56	3.43	2.07	2.30	3.41	4.03	2.50	2.64	2.95
K ₂ O	3.59	4.77	1.28	3.76	3.35	2.71	4.67	2.69	3.14	2.87
H ₂ O ⁺	0.19	0.49	1.18	1.90	1.77	1.41	0.40	1.21	1.19	1.00
H ₂ O ⁻	0.69	0.40	0.34	0.41	0.40	0.48	0.34	0.42	0.38	0.40
P ₂ O ₅	0.05	0.04	0.30	0.05	0.04	0.46	0.07	0.15	0.14	0.10
Total	100.01	100.01	100.00	100.00	99.99	99.97	100.01	100.02	100.00	100.00
	K-29	K-31	K-32	K-37	KD-2	DK-8	DK-9	DK-22A	DK-38	
SiO ₂	64.49	65.37	67.01	69.79	61.59	55.52	63.37	46.16	51.66	
TiO ₂	0.91	0.53	0.54	0.30	0.81	1.23	0.64	1.92	0.72	
Al ₂ O ₃	15.81	16.70	14.00	15.18	17.29	18.45	17.34	15.61	13.95	
FeO*	5.89	4.71	5.80	3.56	5.66	8.18	4.88	11.57	9.85	
MnO	0.05	0.08	0.10	0.09	0.08	0.14	0.09	0.17	0.18	
MgO	2.10	1.24	2.33	1.38	2.27	2.24	2.49	8.20	8.55	
CaO	3.30	2.42	2.22	1.11	4.95	5.49	5.14	11.33	11.14	
Na ₂ O	2.69	2.52	1.91	2.67	3.19	4.29	3.30	1.38	1.96	
K ₂ O	2.92	4.82	2.94	3.29	2.72	2.33	2.16	1.16	0.42	
H ₂ O ⁺	1.31	0.96	2.89	2.23	1.11	1.32	1.00	1.97	1.12	
H ₂ O ⁻	0.39	0.50	0.25	0.35	0.21	0.39	0.45	0.35	0.40	
P ₂ O ₅	0.14	0.16	0.02	0.05	0.13	0.42	0.13	0.18	0.04	
Total	100.00	100.01	100.01	100.00	100.01	100.00	99.99	100.00	99.99	

FeO*: Total Fe as FeO

Sr 全岩法 以外에도 저어른을 使用하는 U-Pb法이 병행되어야 된다고 본다.

岩石地化學的考察

嶺南陸塊 智異山地域에 分布하는 古期花崗岩質岩에 대한 地化學的 考察은 19試料에 對해 全岩分析을, 또 20試料에 對해서는 鑛物分析을 行하였고, 그 分析値는 Table 5, 6, 7과 8에서 보여준다. 全岩分析은 東北大學 岩石鑛物研究室에서 X선형 광분석기와 原子吸光分光器를 利用하여 실시되었으며 鑛物分析은 延世大學校 地質學科에 設置되어 있는 日本電子의 JCSA-733을 使用하였다.

岩石의 主構成元素

古期花崗岩質岩의 化學成分은 Table 5에서, 酸化物 變化圖는 Fig. 2에서 보여진다.

酸化物變化圖에서 SiO₂가 增加할 때 K₂O와 K₂O+Na₂O도 증가하나, 반면에 Al₂O₃, MgO, CaO와 FeO는 감소한다. 그러나 Na₂O는 거의 변화가 없다. 岩種으로 보면 斑狀變晶質片麻岩에서 한 개 試料을 除外하고는 SiO₂變化範圍가 좁으나 片麻狀花崗岩은 SiO₂가 약 56%~75%로 심한 變化를 보인다. 또 花崗片麻岩도 變化가 심하다. 그러나 各 SiO₂ 含量에 따른 片麻狀花崗岩이나 花崗片麻岩들의 酸化物變化傾向은 Daly의 玄武岩-安山岩-一流紋岩의 平均値에 對한 變化傾向의 一部와 거의 一致함을 보여주며 이는 片麻狀花崗岩이나 花崗片麻岩類가 各各 거의 같은 時期에 貫入한 古期 마그마의 一聯의 分化相일 可能性을 提示한다.

鑛物의 化學成分

古期花崗岩質의 構成鑛物 中에서 Ar同位元素 分析에 使用된 角閃石, 白雲母 및 黑雲母에 對해 EPMA 分析

Table 6 Representative electronprobe microanalyses of hornblende of older granitic rocks collected across the Ryeongnam massif.

	DK-2	DK-8	DK-9	DK-15A	DK-15B	DK-23	DK-27A	DK-38
SiO ₂	41.79	42.49	44.35	41.75	41.90	42.68	42.24	48.00
TiO ₂	0.64	0.97	0.95	0.53	0.64	1.37	1.01	1.07
Al ₂ O ₃	11.95	10.54	9.22	13.28	12.73	12.30	11.00	7.37
FeO ^t	21.00	22.32	17.25	19.72	19.25	16.97	20.53	14.59
MnO	0.44	0.54	0.53	0.64	0.74	0.24	0.47	0.27
MgO	7.22	6.52	10.65	8.01	8.10	9.52	7.56	12.29
CaO	11.71	11.43	11.25	11.58	11.16	10.94	11.59	11.81
Na ₂ O	1.04	1.19	1.19	1.42	1.40	1.39	1.27	0.69
K ₂ O	1.42	1.20	0.98	0.67	0.69	0.62	1.36	0.49
Total	97.20	97.22	96.36	97.59	96.61	96.03	97.03	96.58

Numbers of ions on the basis of 23(O)

Si	6.459	6.599	6.755	6.362	6.438	6.528	6.578	7.135
Al ⁴	1.541	1.401	1.245	1.638	1.562	1.472	1.422	0.865
Al ⁶	0.636	0.529	0.409	0.747	0.736	0.698	0.498	0.424
Ti	0.074	0.153	0.160	0.060	0.074	0.155	0.121	0.157
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ⁺²	2.714	2.899	2.197	2.512	2.239	2.152	2.657	1.795
Mn	0.058	0.072	0.068	0.083	0.097	0.035	0.059	0.039
Mg	1.663	1.511	2.418	1.819	1.854	2.149	1.769	2.738
XMI-3	0.145	0.124	0.202	0.221	0.234	0.189	0.104	0.113
Ca	1.938	1.901	1.836	1.891	1.835	1.796	1.940	1.848
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.390
Na	0.311	0.359	0.351	0.421	0.419	0.374	0.336	0.157
K	0.280	0.238	0.190	0.129	0.133	0.105	0.254	0.080
Mg/ Mg+Fe +Mn	0.612	0.647	0.469	0.569	0.534	0.496	0.592	0.393

Table 7 Representative electronprobe microanalyses of muscovite of older granitic rocks collected across the Ryeongnam massif.

	DA-20	DA-22A	DK-33	DK-34A	DK-37A
SiO ₂	45.50	45.59	45.66	45.81	45.07
TiO ₂	0.33	0.07	0.41	0.01	0.32
Al ₂ O ₃	35.89	35.13	35.01	35.65	34.93
FeO ^t	0.88	0.85	1.22	1.03	1.23
MnO	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02
MgO	0.49	0.98	0.78	0.31	0.66
CaO	0.01	0.04	0.05	0.02	0.03
Na ₂ O	0.94	0.64	0.74	0.49	0.53
K ₂ O	10.09	10.32	9.96	10.92	10.21
Total	94.14	93.64	93.84	94.27	93.00

Numbers of ions on the basis of 22(O)

Si	6.087	6.141	6.161	6.213	6.126
Al ⁴	1.913	1.859	1.839	1.787	1.874
Al ⁶	3.841	3.777	3.744	3.838	3.780
Ti	0.023	0.007	0.038	0.000	0.003
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ⁺²	0.090	0.094	0.114	0.139	0.137
Mn	0.000	0.002	0.000	0.007	0.002
Mg	0.072	0.175	0.152	0.011	0.132
Ca	0.000	0.010	0.006	0.002	0.004
Na	0.330	0.192	0.202	0.062	0.077
K	1.646	1.750	1.698	1.894	1.842

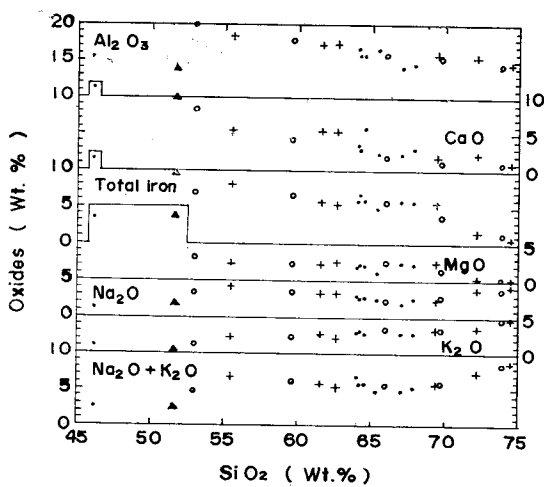


Fig. 2 Variation diagram of silica vs. oxides for older granitic rocks of the Ryeongnam massif.

○ granite gneiss • porphyroblastic gneiss
+ foliated granites ▲ xenolith

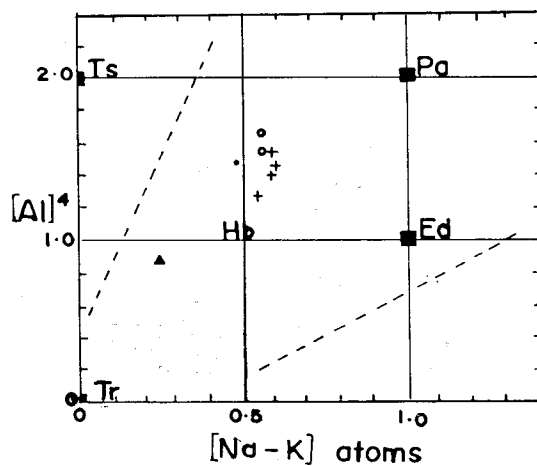


Fig. 3 The chemical variation of hornblendes from older granitic rocks in the Ryeongnam massif. Symbols are the same as those in Fig. 2. Ts: Tschermakite, Pa: Parsite, Hb: Hornblende, Ed: Edenite, Tr: Tremonte

Table 8 Representative electronprobe microanalyses of biotite of older granitic rocks collected across the Ryeongnam massif.

	K-17	K-21	K-23	K-30	K-30	DK-2	DK-2	DK-8	DK-8
SiO ₂	34.80	34.72	34.11	34.91	34.91	35.62	35.74	34.88	35.36
TiO ₂	2.46	3.67	0.10	0.91	0.91	1.96	2.13	2.13	2.02
Al ₂ O ₃	10.57	16.38	21.02	18.75	18.28	15.85	15.21	15.06	15.75
FeO*	35.86	21.05	22.26	22.04	22.86	21.99	21.86	24.18	24.51
MnO	0.42	0.16	0.05	0.23	0.09	0.33	0.33	0.35	0.35
MgO	0.52	8.09	7.72	7.72	7.75	9.69	9.47	7.38	6.95
CaO	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
Na ₂ O	0.04	0.06	0.06	0.09	0.11	0.10	0.09	0.05	0.01
K ₂ O	8.89	9.01	8.92	8.87	8.75	8.97	9.49	9.63	9.52
Total	93.58	93.36	94.26	93.56	94.14	94.54	94.33	94.46	94.47

Numbers of ions on the basis of 22(O)										
Si	5.942 } 8	5.461 } 8	5.346 } 8	5.476 } 8	5.460 } 8	5.551 } 8	5.600 } 8	5.533 } 8	5.602 } 8	
Al ^{IV}	2.058 } 8	2.549 } 8	2.654 } 8	2.524 } 8	2.540 } 8	2.449 } 8	2.400 } 8	2.467 } 8	2.398 } 8	
Al ^{VI}	0.000	0.533	0.895	0.843	0.830	0.463	0.409	0.497	0.543	
Ti	0.315	0.434	0.381	0.108	0.161	0.230	0.251	0.254	0.241	
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.720
Fe ⁺²	5.122	2.769	2.996	2.893	2.980	2.867	2.864	3.207	3.248	
Mn	0.059	0.021	0.011	0.031	0.011	0.043	0.044	0.047	0.047	
Mg	0.132	1.896	1.252	1.804	1.806	2.251	2.211	1.745	1.641	
Ca	0.004	0.04	0.007	0.007	0.007	0.005	0.003	0.001	0.000	
Na	0.013	1.955	0.033	0.026	0.033	0.030	0.028	0.014	0.004	1.929
K	1.938	1.708	1.885	1.775	1.745	1.783	1.897	1.948	1.925	
Mg/Fe+Mg	0.025	0.406	0.295	0.384	0.377	0.440	0.436	0.352	0.336	

Table 8 Continued.

	DK-9	DK-15	DK-15	DK-20	DK-22A	DK-27A	DK-38	DK-34A	DK-34B
SiO ₂	35.84	36.23	35.96	34.36	36.92	36.33	34.73	33.96	34.27
TiO ₂	2.17	2.06	1.82	1.69	0.81	1.90	1.61	2.40	2.63
Al ₂ O ₃	15.27	16.92	16.99	18.77	18.63	15.84	18.46	18.08	18.05
FeO ^t	18.89	18.87	18.44	20.70	12.68	21.53	21.29	24.96	21.86
MnO	0.37	0.19	0.22	0.26	0.44	0.34	0.19	0.46	0.24
MgO	12.09	11.12	11.18	8.75	13.85	9.35	8.82	5.09	7.19
CaO	0.01	0.06	0.08	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00
Na ₂ O	0.09	0.17	0.12	0.09	0.12	0.09	0.08	0.06	0.08
K ₂ O	9.02	9.44	8.52	9.68	9.91	9.44	8.66	9.45	9.57
Total	93.76	95.06	93.32	94.29	93.40	94.92	93.87	94.46	93.89

		Numbers of ions on the basis of 22(O)									
Si	5.555 } 8	5.526 } 8	5.548 } 8	5.350 } 8	5.560 } 8	5.626 } 8	5.409 } 8	5.385 } 8	5.389 } 8	5.389 } 8	5.389 } 8
Al ⁴	2.455 } 8	2.474 } 8	2.452 } 8	2.650 } 8	2.440 } 8	2.374 } 8	2.591 } 8	2.615 } 8	2.611 } 8	2.611 } 8	2.611 } 8
Al ⁶	0.344 } 8	0.566 } 8	0.637 } 8	0.795 } 8	0.867 } 8	0.535 } 8	0.798 } 8	0.733 } 8	0.799 } 8	0.799 } 8	0.799 } 8
Ti	0.253 } 8	0.235 } 8	0.211 } 8	0.198 } 8	0.091 } 8	0.221 } 8	0.188 } 8	0.293 } 8	0.253 } 8	0.253 } 8	0.253 } 8
Fe ⁺³	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8
Fe ⁺²	2.450 } 8	2.407 } 8	2.378 } 8	2.696 } 8	1.597 } 8	2.789 } 8	2.773 } 8	3.378 } 8	2.860 } 8	2.860 } 8	2.860 } 8
Mn	0.049 } 8	0.024 } 8	0.029 } 8	0.034 } 8	0.056 } 8	0.044 } 8	0.025 } 8	0.063 } 8	0.029 } 8	0.029 } 8	0.029 } 8
Mg	2.794 } 8	2.528 } 8	2.570 } 8	2.032 } 8	3.108 } 8	2.159 } 8	2.049 } 8	1.213 } 8	1.769 } 8	1.769 } 8	1.769 } 8
Ca	0.002 } 8	0.011 } 8	0.013 } 8	0.000 } 8	0.006 } 8	0.002 } 8	0.004 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8	0.000 } 8
Na	0.027 } 8	0.048 } 8	0.035 } 8	0.026 } 8	0.035 } 8	0.026 } 8	0.023 } 8	0.020 } 8	0.019 } 8	0.019 } 8	0.019 } 8
K	1.784 } 8	1.837 } 8	1.676 } 8	1.923 } 8	1.903 } 8	1.966 } 8	1.721 } 8	1.918 } 8	1.869 } 8	1.869 } 8	1.869 } 8
Mg/Fe+Mg	0.533	0.512	0.519	0.430	0.661	0.436	0.425	0.264	0.382	0.382	0.382

을 실시했다. 分析條件은 加壓電壓 15kV, probe current 1×10^{-8} A, beam diameter 5μ 이며 標準鑛物로는 自然產鑛物을 使用했고 Bence와 Albee補正法에 依해 보정했다.

角閃石은 뚜렷한 多色性(X' =yellowish green, Y' =olive green, Z' =dark green)을 보이며 結晶構造式에 맞춘 [Na, K]와 [Al]⁴의 수에 따르는 化學成分變化(Sundius, 1946)는 片麻狀花崗岩, 花崗片麻岩 및 斑晶質片麻岩 모두가 類似한 成分比를 보이거나 포획암은 상당한 差異를 보여준다(Fig. 3).

黑雲母는 褐色의 多色性(X' =yellowish brown, Y' or Z' =dark brown)을 보이며 Mg/Fe+Mg比는 0.025~0.661로서 거의 순수한 ennite나 siderophyllite에서 eastonite까지 多樣한 成分變化를 보인다. 그러나 모두 黑雲母領域에 들어간다(Larsen et al, 1958).

이와같이 同一鑛物 相互간에 成分變化가 큰 點과 同種 岩石 사이에 成分變化가 連續的인 點 등으로 이루어 보아 本 研究地域의 花崗岩質岩은 原岩의 成分이 鹽基性岩으로 부터 酸性岩에 이르는 多樣한 火成岩類들이 후에 받은 熱變成作用, 交代作用 및 壓碎作用을 받아 片麻岩이나 片麻狀花崗岩化 된 것으로 思料된다.

結 論

本 研究地域에 分布하는 古期花崗岩質岩은 大部分 마그마 起源의 正片麻岩類와 片麻狀花崗岩으로서 다음과 같은 特徵을 갖는다.

(1) 各 岩相의 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 測定에 使用된 鑛物의 種類, 火成岩體로 부터 떨어진 거리와 密接한 關係를 보인다. 즉 火成岩體로 부터 먼 거리에 있는 試料가, 또 角閃石이 白雲母나 黑雲母보다 더 오랜 年齡을 나타낸다.

(2) 片麻岩複合體의 貫入定置時期는 2000Ma 前後에, 片麻狀花崗岩의 貫入時期는 220Ma 前後로 추정되며, 測定된 ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡은 各鑛物의 熱變成作用을 받은 時期와 熱變成作用의 強度와 關係가 있다.

(3) ⁴⁰Ar-³⁹Ar年齡으로부터 추정되는 本 研究地域의 熱變成史와 地殼變動史는 先캠브리아紀에 2차례, 古生代에 2차례와 中生代에 2~3차례 받았으며 이중에서 大變動期가 가장 강했다.

(4) 岩石과 構成鑛物에 대한 化學成分은 이들 岩石들이 몇 차례에 걸친 一聯의 마그마 分化物로 부터 生成되었음을 示唆하며, 이들 岩石의 組織과 構成鑛物은 후에 받은 熱變成作用, 交代作用 및 壓碎作用의 結果이다.

參 考 文 獻

Dallmeyer R.D. (1975) ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages of biotite and hornblend from a progressively remetamorphosed basement terrane: their bearing on interpretation of release spectra. *Geochim. cosmochim. Acta*, v. 39, 1655-1669.

Dallmeyer R.D. (1979) ⁴⁰Ar-³⁹Ar Dating: principles, Techniques, and applications in orogenic Terranes. *Lecture in Isotope Geology*, Springer-Verlag, p. 77-104.

Dalrymple G.B. and Lanphere M.A. (1971) ⁴⁰Ar/³⁹Ar technique of K-Ar dating: comparison with the conventional technique. *Earth planet, Sci. Lett.* v. 17, p. 300-308.

Dalrymple G.B. and Lanphere M.A. (1974) ⁴⁰Ar/³⁹Ar age spectra of some undisturbed terrestrial samples. *Geochim. cosmochim. Acta*, v. 38, p. 715-738.

Hurley, P.M., Jairbairn, H.W., Prinson, W.H., and Lee, J.H. (1973) Middle Pre-cambrian and older apparent valus in basement gneisses of South Korea, and relations with southwest Japan. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 84, p. 2299-2304.

Joo, S.H. and S.J. Kim (1986) Rb-Sr age Determinations on the Ryeongnam massif (II): Granitic gneisses and gneissose granites in the South-western Jirisan Region. KR-86-7 Research paper, p. 7-33.

KIER (1973) Geological map of Korea (1/25,0000), Cheonju and Mogpo sheet.

Kim, B.K., and Park, B.K. (1966) Geological map of Korea, Dongbok sheet; *Geol. Surv. Korea*.

Kim, J.B. and Y.J. Kim. (1984) Petrologic study on the so-called schistose granite in the northeastern part of the Kwangju. *J. Korea Inst. Min. Geol.*, v. 17, No. 3, p. 197-214.

Larsen, E.S. Jr. and Schmidt, R.G. (1958) A Reconnaissance of the Idaho batholith and comparison with the southern California batholith. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1070 A.

Lee, S.M. (1973) Application of Metamorphic facies and facies to the Technics of Korea. *J. Geol. Korea*, v. 9, No. 1, p. 11-23.

Lee, S.M. (1980) Some metamorphic Aspects of the meta-pelites in Jirisan (Hadong-Sancheong) region. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 16, No. 1, p. 1-15.

Park, H.I. (1966) Geological map of Korea, Sunchang sheet; Geol. surv. Korea.

Son, C.M., and Kim, S.J. (1966) Geological map of Korea, Changpyeong sheet; Geol. Surv. Korea.

Sundius, n. (1946) The classification of the hornblendes and the solid solution relation in the amphibole group. *Arsbok sveriges Geol. undersök.*, v. 40, No. 4.