

蔚珍鑛山 北部地域에 分布하는 알카리花崗岩에 對한 岩石地化學的 研究

金 勇 俊* · 趙 騰 龍** · 洪 世 善**

Petrochemical Study of Alkali Granite in northern Area of the Uljin Mine

Yong Jun Kim, Deung Lyong Cho and Sei Sun Hong

Abstract This study is focused on petrochemistry and petrogenesis of alkali granite which exposed at northern area of the Uljin mine in NE Korea. The rock is corresponded to the range of alkali feldspar granite and alkali feldspar quartz syenite on IUGS classification and contains characteristic Fe-rich biotite (annite) and sodic alkali amphibole (arfvedsonite).

The alkali granite is the hypersolvus one-feldspar granite which is characterized by the absence of plagioclase except as a component of perthite and its normative An contents are less than 5wt%.

The bulk compositions of the alkali granite show reverse trends compared to Daly's.

Tuttle and Bowen (1958) experimentally support that properties of the hypersolvus granite indicate that they have crystallized at high temperatures from a magma.

序 言

本 研究地域은 先캄브리아紀의 變成堆積岩類로 부터 第3紀 火成岩類에 이르는 時代와 岩相을 달리하는 여러 火成岩類와 變成岩類가 共存하는 곳으로서 韓半島의 複雜한 地構造運動史와 火成活動史를 푸는데 重要한 位置를 차지한다.

本 研究에서는 韓半島에서는 드물게 產出되는 알카리안계열의 알카리 花崗岩에 대하여 詳細한 地化學的 및 成因의 考察을 行하기로 한다.

本 研究를 수행기 위해 30여개의 알카리花崗岩시료를 채취하였고 이들 중에 17개 시료에 대해 모드分析을 行하여 I.U.G.S分類(1973)에 따라 精確한 岩石名을 精하였고 6개 시료에 대해 完全化學分析을 그리고 3개의 시료의 主成分광물에 대해 EPMA 分析을 行하였다.

本 研究를 수행하는데 助言을 아끼지 않은 李大聲 教授任과 野外調査에 協조해 준 韓國建設의 최선주씨와 인선택씨에게 감사드립니다.

一般地質

本 研究地域의 地質은 先캄브리아紀의 變成堆積岩類

* 全南大學校 地質學科

** 延世大學校 地質學科

와 火成岩類, 캄브로-오도비스紀의 朝鮮累層群, 石炭紀의 片麻狀複雲母花崗岩, 侏羅紀의 白雲母花崗岩, 白堊紀의 堆積岩類와 火成岩類, 그리고 第三紀의 알카리花崗岩과 閃長岩質斑岩으로 構成되어 있다(Fig. 1).

本域의 地質系統은 Table 1과 같다.

Table 1 地質系統表.

第四紀 [沖積層	
	~~~~~不整合~~~~~	
第三紀 [	알카리花崗岩	
	——貫入——	
中生代 [	興田酸性火山岩類	
	——貫入 및 噴出——	
	沙谷里層	
	~~~~~不整合~~~~~	
	白雲母花崗岩	
	——貫入——	
古生代 [片麻狀複雲母花崗岩	
	——貫入——	
	大石灰岩統	} 朝鮮累層群
	貓峰슬레이트	
	~~~~~不整合~~~~~	
先캄브리아紀 [	優白質花崗片麻岩	
	——貫入——	
	栗里統	

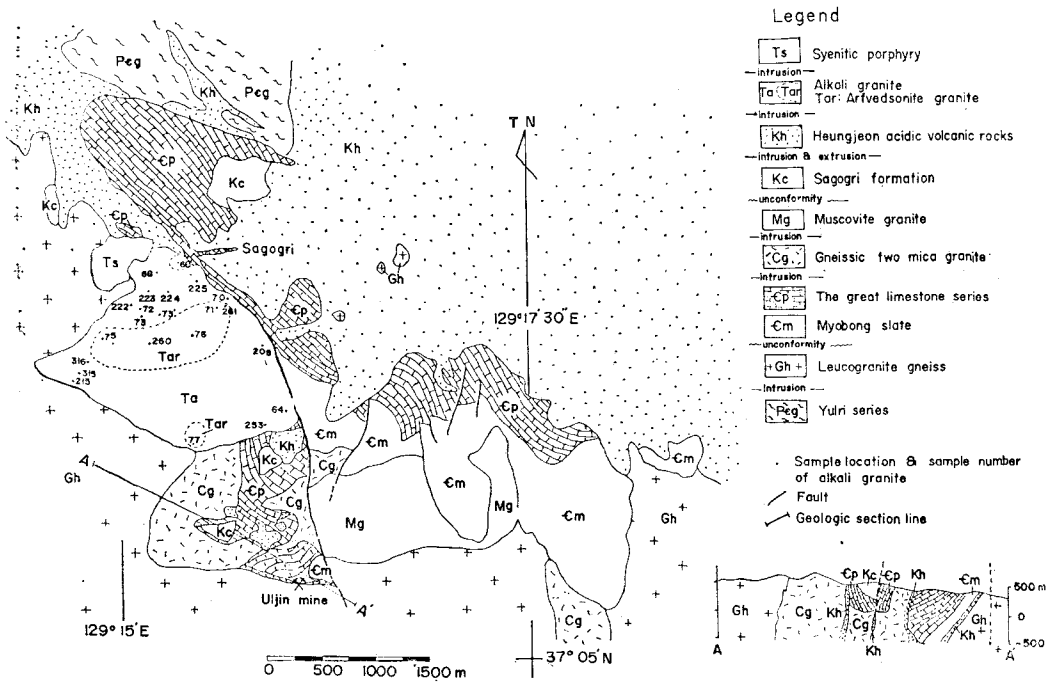


Fig. 1 Geologic map of northern area of the Uljin mine.

**栗里統**

本統은 本或 北西部에 分布하며 灰色내지 暗灰色의 複雲母片岩과 黑雲母-石英片岩등으로 구성되며 片岩類에는 紅柱石과 堇青石등이 斑狀變晶으로 발달되어 있다.

**優白質 花崗片麻岩**

本岩은 蔚珍鑛山 附近, 德邸里 北部등에 小規模 岩株나 脈狀貫入體로 分布하며 變成堆積岩類, 洪濟寺花崗片麻岩을 非調和的으로 貫入하며 朝鮮累層群에 依해 不整合의 關係로 덮힌다. (金勇俊과 李大聲, 1983). 本岩은 大體로 淡灰色내지 乳白色을 띠는 中粒내지 細粒의 花崗岩質岩으로서 흑운모에 의한 K-Ar연령은 875~880±44Ma로써 上部原生代에 해당한다. (金勇俊外, 1983).

**朝鮮累層群**

本層群은 本或에서는 猫峰슬레이트와 大石灰岩統이 나타나며 이들은 變成堆積岩類와 洪濟寺花崗岩類를 不整合으로 피복한다.

**片麻狀複雲母花崗岩**

本岩은 蔚珍鑛山 附近에 分布하며 淡灰色을 띠고 雲母의 量이 急増하는 差異로써 洪濟寺花崗片麻岩과 區分이 가능하다.

本岩의 모드分析結果는 大部分 花崗岩領域에 들어가

나 貫入하고 있는 조산계의 퇴적암으로 접근해가면서 백운모가 증가하는 경향을 보이며 이 부분은 화강섬록암내지 tonalite에 속한다.

本岩의 흑운모에 의한 K-Ar연령은 384±19Ma(金勇俊外, 1983)와 297±9.0Ma(S. Yun, 1979)로 各各 本紀初와 石炭紀初에 해당하나 후자는 分析用鑛物이 얼마간 綠泥石化되어 있는 점으로 보아 Ar의 손실에 의한 최소연령으로 볼 수도 있으며 韓半島에도 Variscan 變동에 해당하는 火成活動이 있었음을 시사한다.

**白雲母花崗岩**

本岩은 蔚珍鑛山 東便 즉 풍문단층 東便에 小規模 岩株狀의 貫入體로써 나타나며 優白質花崗片麻岩, 朝鮮累層群과 片麻狀複雲母花崗岩을 貫入한다.

本岩의 모드分析結果는 大部分 花崗岩領域에 屬하며 백운모에 의한 K-Ar 年齡은 146.7±7.3Ma로 侏羅紀末에 屬하며 大寶變動期 火成活動의 產物이다(金勇俊外, 1983).

**沙谷里層**

本層은 蔚珍鑛山 北部와 沙谷里에 小規模로 分布하며 朝鮮累層群과 片麻狀複雲母花崗片麻岩을 不整合으로 덮는다.

本層은 慶尙累層群 신라층에 對比되며 礫岩, 세일 및 砂岩으로 構成되어 있고 沙谷里에서 基底礫岩이 發見



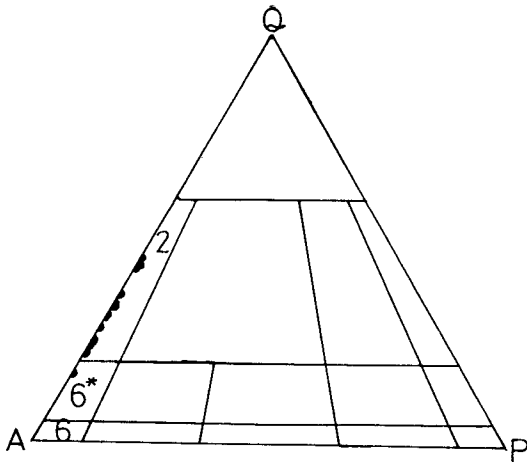


Fig. 2 Triangular diagram of modal compositions of alkali granite in northern area of the Uljin mine.  
 2: alkali-feldspar granite  
 6*: alkali-feldspar quartz syenite  
 6: alkali-feldspar syenite

함하고 사장석이 거의 없는 花崗岩을 alkali granite로 보았다.

本岩의 K-Ar年齡은 알카리長石이  $52.0 \pm 1.6$  Ma (S. Yun, 1979), 알카리 각섬석이  $51.7 \pm 2.6$  Ma (金勇俊外, 1983)으로 모두 第三紀 에오세에 該當한다. 即, 佛國寺 變動期 火成活動의 產物이다.

#### 閃長斑岩

本岩은 沙谷里 西便 소계곡에 分布하는 小規模 岩株 狀貫入體로서 角閃石과 磁鐵石을 包含하고 있어 暗灰色을 띤다.

本 岩의 構成鑛物은 페다이트, 角閃石, 石英과 磁鐵石으로 되어 있으며 斑晶으로 나타나는 페다이트와 微斜長石은 微文象組織을 이루는 石英과 微斜長石에 依해 둘러 싸인다. 페다이트는 mesoperthite이며 間隙充填狀의 他形을 보이는 石英은 그 含量이 5%以下이다.

#### 알카리花崗岩의 化學成分과 地化學的 考察

알카리花崗岩의 地化學的 性質을 알기 위하여 6個 試料에 대해 完全化學分析을, 3個 試料의 特定鑛物에 대해 EPMA分析을 行하였다.

#### 全體化學成分

알카리花崗岩의 全體成分을 알기 위해 6個의 岩石試料에 對하여 主成分 13個成分을 完全化學分析 行하고 이들의 分析值와 CIPW norm은 Table 3에, 分析試料의 位置圖는 Fig. 1에 表示하였다.

酸化物-SiO₂變換關係(Fig. 3)는 Daly의 傾向과는

Table 3 Chemical analyses and their C.I.P.W. norm of alkali granite in northern area of the Uljin mine.

	64	215	260	69	71	75
SiO ₂	74.24	75.62	73.96	75.96	75.00	75.30
TiO ₂	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.05
Al ₂ O ₃	14.59	14.02	14.10	13.59	14.42	10.42
Fe ₂ O ₃	0.31	0.52	0.04	1.65	0.57	1.64
FeO	0.54	0.64	1.03	0.57	1.26	0.73
MnO	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05
CaO	1.13	1.01	0.17	0.11	0.45	0.79
MgO	0.07	0.16	0.01	0.06	0.07	0.09
K ₂ O	4.23	4.15	4.60	3.88	4.32	4.32
Na ₂ O	3.97	2.93	4.44	3.21	4.62	3.87
-H ₂ O	0.08	0.32	0.25	0.16	0.14	0.26
+H ₂ O	0.65	0.39	0.53	0.96	1.01	1.57
P ₂ O ₅	0.19	0.12	0.12	0.27	0.14	0.12
Total	100.10	99.97	100.24	100.52	102.10	100.7
Q	32.45	40.44	29.88	42.12	29.88	37.32
Or	25.02	24.46	27.24	22.80	25.58	25.58
Ab	33.54	24.63	37.73	27.25	39.30	31.96
An	4.73	4.17	—	0.56	1.39	—
C	1.73	3.16	1.84	3.88	1.53	1.22
Hy	En	0.20	0.40	—	0.20	0.20
	Fs	0.75	0.79	1.19	—	1.85
Hm	—	—	—	0.32	—	—
Mt	0.46	0.70	1.39	1.86	0.93	2.09
Il	0.15	0.15	—	0.15	0.15	0.15
Ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Ac	—	—	—	—	—	0.46
Salic	95.74	93.70	94.85	92.73	96.15	94.86
Femie	4.26	6.30	5.15	7.27	3.85	5.14
D.I	91.01	89.52	94.85	92.17	94.76	94.86

相當한 差異가 있다. 特히 SiO₂增加에 따라 알카리는 減少하는 傾向을, 鐵은 增加하는 傾向을 보이며 이는 Daly傾向과는 反對에 該當한다.

本岩의 normative An함량은 0에서 4.73으로 이는 Barker(1983)가 5%이상의 normative anorthite를 갖는 마그마는 모든 값의 P_{H₂O}에서 feldspar solvus가 solidus와 교차할 수 있으므로 hypersolvus rock의 경우는 반드시 보다 낮은 an값을 가져야 한다는 설명과 일치된다.

#### 鑛物의 化學成分

알카리花崗岩의 構成鑛物 中 페다이트와 알카리角閃石 및 黑雲母에 대해 EPMA分析을 實施하였다.

**Table 4** Representative electronprobe microanalyses of biotite from the alkali granite.

	71		71		71		75
SiO ₂	38.51		38.79		38.20		37.45
TiO ₂	3.31		3.37		3.39		3.43
Al ₂ O ₃	6.24		6.37		6.20		6.24
FeO*	37.43		37.43		38.32		38.34
MnO	0.43		0.33		0.43		0.35
MgO	0.11		0.13		0.10		0.11
CaO	0.01		0.02		—		—
Na ₂ O	0.21		0.19		0.23		0.23
K ₂ O	8.78		8.73		8.53		8.52
Total	95.03		95.36		95.40		94.67

Numbers of ions on the basis of 22(O)

Si	6.484	} 8.000	6.492	} 8.000	6.431	} 8.000	6.373	} 8.000
Al	1.238		1.256		1.229		1.252	
Ti	0.278		0.252		0.340		0.375	
Ti	0.140	} 5.449	0.172	} 5.489	0.089	} 5.571	0.064	} 5.599
Fe*	5.270		5.239		5.395		5.457	
Mn	0.061		0.046		0.061		0.051	
Mg	0.028		0.032		0.026		0.027	
Ca	0.002		0.004		—		—	
Na	0.069	} 1.957	0.063	} 1.930	0.075	} 1.907	0.075	} 1.925
K	1.886		1.863		1.832		1.850	
Mg/(Mg+Fe(t))	0.005		0.006		0.005		0.005	

	75		260		20		260
SiO ₂	38.27		38.17		38.66		38.67
TiO ₂	3.74		3.54		3.02		3.47
Al ₂ O ₃	6.13		6.29		6.25		6.10
FeO*	37.99		38.41		37.39		37.38
MnO	0.38		0.46		0.44		0.38
MgO	0.09		0.09		0.11		0.11
CaO	0.01		0.07		0.03		—
Na ₂ O	0.22		0.25		0.21		0.19
K ₂ O	7.97		8.52		8.67		8.78
Total	94.80		95.80		94.78		95.08

Numbers of ions on the basis of 22(O)

Si	6.450	} 8.000	6.402	} 8.000	6.520	} 8.000	6.500	} 8.000
Al	1.217		1.243		1.242		1.208	
Ti	0.333		0.355		0.238		0.292	
Ti	0.141	} 5.573	0.112	} 5.587	0.145	} 5.506	0.167	} 5.506
Fe*	5.355		5.388		5.272		5.255	
Mn	0.054		0.065		0.063		0.055	
Mg	0.023		0.022		0.026		0.029	
Ca	0.002		0.012		0.005		—	
Na	0.072	} 1.988	0.079	} 1.913	0.067	} 1.936	0.063	} 1.945
K	1.714		1.822		1.864		1.882	
Mg/(Mg+Fe(t))	0.004		0.004		0.005		0.005	

Table 5 Representative electronprobe microanalyses of arfvedsonite from the alkali granite.

	71	71	71	75	75	260	260
SiO ₂	49.94	49.26	49.12	48.54	49.45	48.78	49.63
TiO ₂	0.81	0.91	0.84	0.77	0.59	0.60	0.62
Al ₂ O ₃	1.07	0.97	1.15	1.04	1.11	1.11	1.18
FeO*	34.88	34.45	35.37	34.83	35.28	34.82	35.34
MnO	0.62	0.61	0.57	0.66	0.61	0.60	0.65
MgO	0.08	0.09	0.09	0.09	0.12	0.13	0.15
CaO	0.25	0.18	0.18	1.17	0.55	0.72	0.27
Na ₂ O	9.18	8.83	9.14	8.10	8.98	8.87	8.60
K ₂ O	0.91	0.85	0.77	1.13	0.71	0.66	0.74
Total	97.74	96.15	97.23	96.33	97.4	96.29	97.18

## Numbers of ions on the basis of 23(O)

Si	8.058	8.072	7.997	7.990	8.027	8.012	8.056
Al ^{IV}	—	—	0.003	0.010	—	—	—
M1-3 Al ^{IV}	0.203	0.187	0.217	0.191	0.213	0.215	0.225
Ti	0.098	0.112	0.103	0.096	0.072	0.074	0.075
Fe ⁺²	4.707	4.721	4.816	4.796	4.788	4.782	4.797
Mn	0.085	0.084	0.079	0.091	0.083	0.084	0.089
Mg	0.020	0.022	0.021	0.023	0.029	0.033	0.037
M4 XMI-3	0.113	0.126	0.236	0.197	0.185	0.188	0.223
Ca	0.043	0.031	0.032	0.020	0.095	0.126	0.047
Na	1.844	1.843	1.732	1.783	1.720	1.686	1.730
A Na	1.026	0.962	1.152	0.903	1.107	1.137	0.977
K	0.186	0.179	0.161	0.163	0.147	0.138	0.153
T	8.058	8.072	8.000	8.000	8.023	8.012	8.056
C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A	1.212	1.141	1.313	1.066	1.254	1.275	1.130
*Fe ⁺²	3.766	3.777	3.853	3.837	3.830	3.826	3.838
**Fe ⁺³	0.941	0.944	0.963	0.959	0.958	0.956	0.959
Mg/(Mg+Fe ⁺² )	0.005	0.006	0.005	0.006	0.008	0.009	0.010
Fe ⁺³ /(Fe ⁺² +Al ^{IV} )	0.82	0.83	0.82	0.83	0.82	0.82	0.81

FeO* as total Fe

** ***; assumed that Fe⁺³ are 20% of total Fe(Staut, 1972)

分析은 연세대학교 지질학과에 설치되어 있는 日本電子의 JXA-733기종을 使用하였다. 분석조건은 가속전압 15kV, probe current  $1 \times 10^{-8}$ A, beam diameter 5 $\mu$ m이며 표준 물질로는 자연산광물을 使用하였으며 Bence & Albee 보정법에 의해 보정이 행하여졌다.

시료의 위치는 Fig. 1에 표시되어 있으며 그 결과는 Fig. 4, Table 4, 5이다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 페다이트의 host orthoclase 성분은 심한 성분상 누대구조를 보이며(Or 0.73~0.38) 용리된 albite 성분은 Ab 1.00~0.86사이이다.

이는 페다이트에서 알카리長石과 용리된 사장석이 온도의 하강에 따라 평형을 이루며 성분이 계속 변하지 못했음을 지시한다.

또한 이들 사이의 X_{Na}, X_K 분배에 근거한 용리의 종결온도(Powell & Powell, 1977)는 본암의 結晶化作用이 1kbar의 압력에서 이루어 졌다고 가정할 때 280~340°C사이로서 매우 낮은 온도를 나타내는데 이는 結晶化作用후의 albitization에 의한 영향으로 사료된다.

분석된 거의 모든 host orthoclase 및 용리된 albite 성분에서 Ca성분(anorthite component)이 거의 나타나

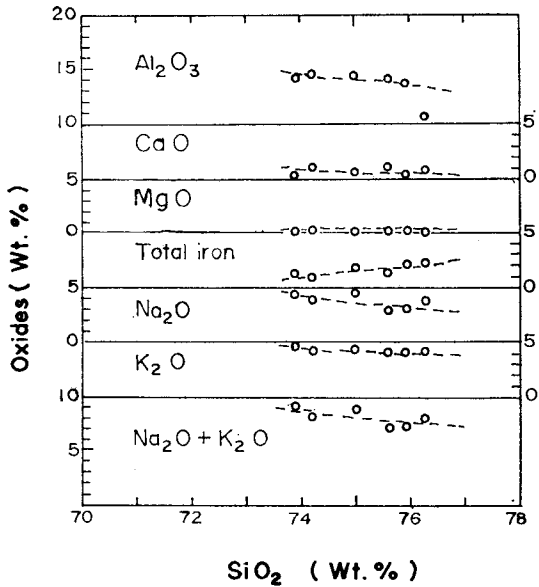


Fig. 3 Variation diagram of silica vs. oxides for alkali granite in northern area of the Uljin mine.

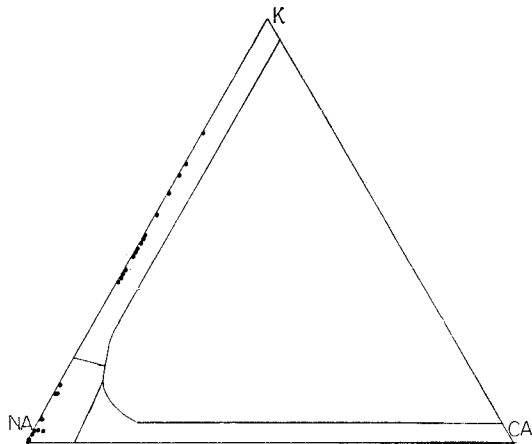


Fig. 4. Solid solution in medium-temperature feldspars of alkali granite in northern area of the Uljin mine.

지 않은 것도 결정화 작용 후의 이차적인 변질이 있었음을 뒷받침한다.

알카리花崗岩의 黑雲母는 현미경 下에서 黑赤色을 띠며  $Mg/(Mg+Fe_{total})$ 의 비율은 0.004~0.006으로서 거의 이상적인 annite 단성분  $[K_2Fe_6(Si_8Al_2)O_{20}(OH)_4]$ 에 가깝다.

또한 알카리角閃石은 현미경 下에서 대부분 暗靑色에서 不透明礦物에 가까운 暗黑色의 다색성을 보이고 일부는 黑綠色을 나타내기도 한다. 이와 같은 진한 色을

나타내는 硅酸鹽礦物은 소위 black silicate로서 결정 구조內에  $Fe^{+2}$ 와  $Fe^{+3}$ 의 electron-jumping 혹은 electron hopping에 의해 그러한 어두운 色을 띠는 것으로 알려져 있다.

本 礦物의 分析值를 살펴보면 Na양이온이 角閃石의  $M_4$  site를 거의 채우고 A site의 대부분을 차지하며  $Mg/(Mg+Fe_{total})$ 의 비가 0.005~0.01로 알카리角閃石 中에서 이상적인 arfvedsonite의 화학식  $[NaN_2Fe_4^{+2}Fe^{+3}Si_8O_{22}(OH)_2]$ 에 가깝다. 이는 알카리深成岩에서 특징적으로 산출되며 알카리角閃石계열 중 가장 sodic한 단성분이다.

### 알카리花崗岩의 成因

Shand(1922)에 의하면 알카리花崗岩은 花崗岩質마그마가 定置되는(emplacment)동안에 다음 몇 가지 과정으로 만들어진다고 한다.

(1) 마그마內에 포함되어 있던 水蒸氣가 알카리원소를 마그마챔버 上部에 농집시켜 알카리암을 생성시킨다.

(2) 마그마의 定置시 石灰岩과 접촉하게 되면 石灰岩이 마그마내로 混和되어 들어오면서 마그마 內에  $SiO_2$ 와 결합하여 석회규산염 광물을 만들게 되는데 이는 脫珪化作用이 일어난 것과 같은 결과가 되어 alkali가 농집된다.

(3) 初期에 晶出된 黑雲母, 角閃石등이 마그마내로 재흡수되어 보다 많은 silica를 필요로 하는 silica 포화 광물을 多量만들어 알카리를 농집시킨다.

이들 과정 중 (2)는 마그마가 石灰岩과 반응하여 有色礦物을 만들고 이들이 重力分化作用に 의해 가라앉으므로 잔액에 알카리와 알루미늄이 농집되어 알카리암을 만드는 과정으로 많은 학자들에 의하여 받아들여지고 있다. 本 域에서도 알카리花崗岩과 인접하여 朝鮮累層群의 石灰岩이 分布하는 점과 arfvedsonite가 岩體中央部와 石灰岩 分布地 附近에 局限됨은 마그마 定置 中 同化작용을 준 石灰岩의 위치를 예측케 하여 가장 유력한 가설로 생각되나 本알카리 花崗岩에 대해 앞으로 미량원소 및 안정동위원소 분석을 통한 철저한 연구가 수행되어야 할 것이다.

Bowen(1958, p. 128)은 "모든 sodium feldspar가 perthite의 component로써만 존재하는 花崗岩質 岩石은 마그마의 냉각기간 중의 불혼화에 의해 형성된 것이며 이는  $NaAlSi_3O_8-KAlSi_3O_8$ 이 성분계내의 solvus 이상의 온도에서 결정된 암석임을 지시한다"라고 한바 本岩은 Tuttle과 Bowen의 花崗岩분류 중 hypersolvus granite에 속하며 그들은 실험적 연구를 통해 hyperso-

lvus granite은 마그마로부터 고온에서 결정작용에 의해 형성되며 metasomatic origin이 될 수 없음을 밝혔다.

### 結 論

本 研究地域에 分布하는 알카리 花崗岩은 마그마 기원의 hypersolvus granite으로서 다음에 열거한 특징을 갖는다.

첫째, 모드분석 결과는 알카리장석 花崗岩 및 alkali-quartz syenite에 속한다.

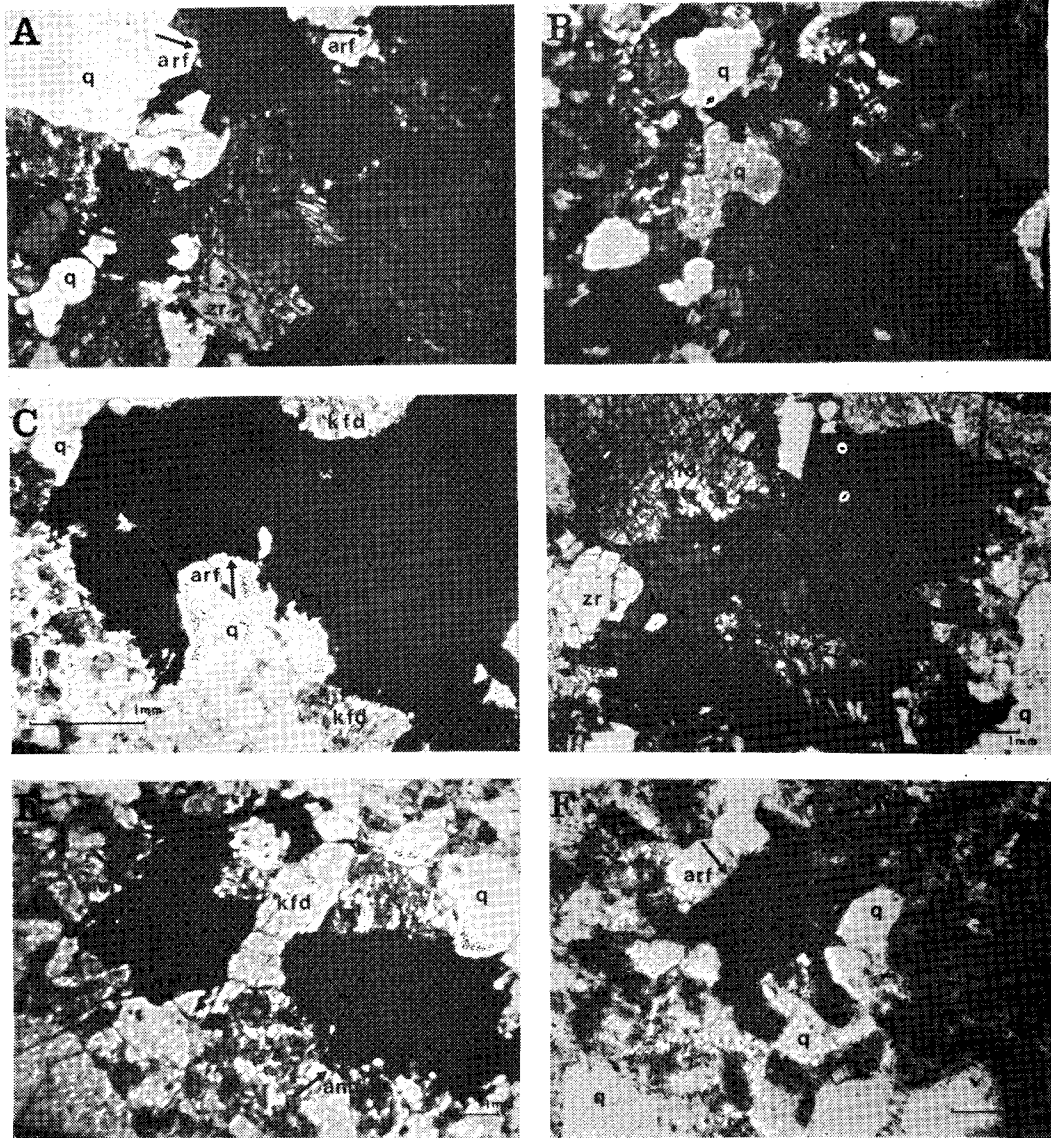
둘째, 알카리角閃石 중 가장 sodic한 arfvedsonite가 함유되어 있다.

셋째, 黑雲母는 Fe의 含量이 가장 많은 annite이며 이로 미루어 보아 分化度가 높다.

### 參 考 文 獻

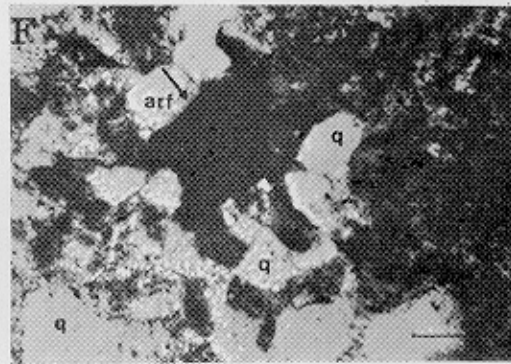
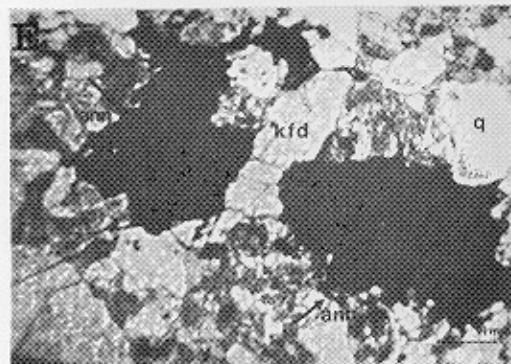
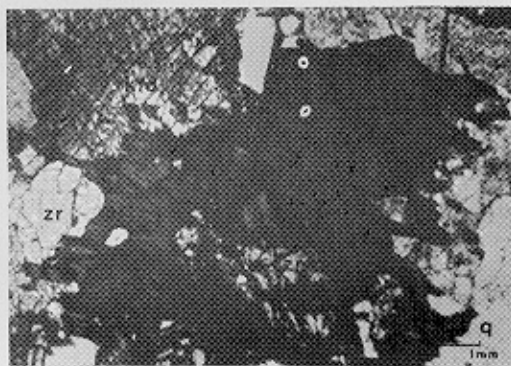
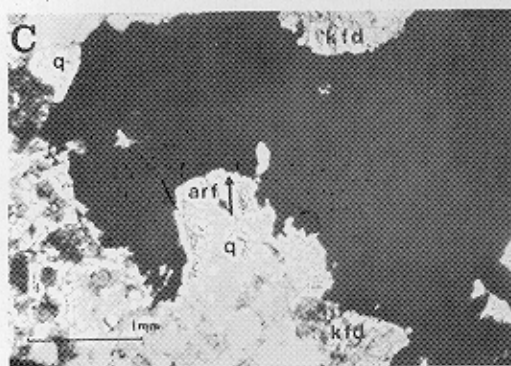
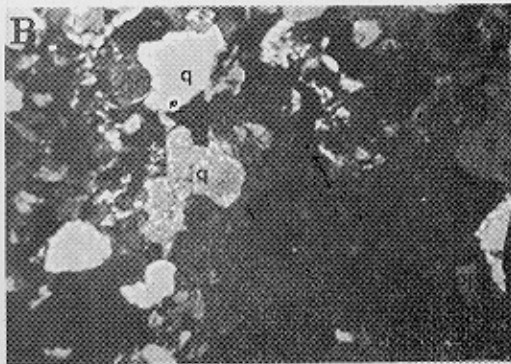
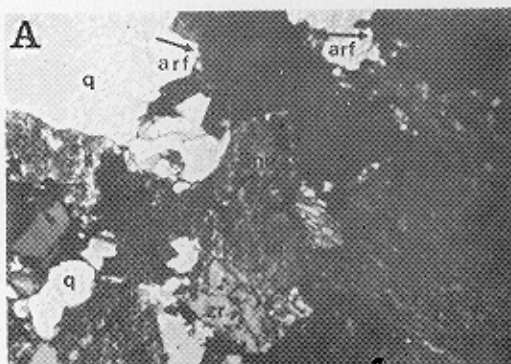
- Barker, D.S. (1983) *Igneous rocks*. Prentice-Hall, p. 1-417.
- Cho, D.L. (1984) *Petrological study of granite and amphibolite in the Imgye area, Kougwon province*. thesis of master of Yonsei Univ.
- Ernst, W.G. (1959) *Alkali amphibolite*. Carnegie Inst. of Washington' Yearbook 58, p. 1921-1926.
- Kim, K.B. and Yoon, Y.D. (1972) *Geology and ore deposits of the Uljin area*. Geol. Surv. Korea. Bull., v. 14, p. 381-420.
- Kim, Y.J. and D.S. Lee (1983) *Geochronology and petrogenesis of the so-called Hongjesa granite in the Seogpo-Deogku area*. J. Korean. Inst. Mining. Geol. v. 16, No. 3, p. 163-221.
- Kim, Y.J., S.H. Joo and Jo, D.R. (1984) *Rb/Sr age of leucogranitic rocks in the Samcheog area*. J. Korean Inst. Mining Geol. v. 17, No. 4, p. 231-236.
- Lee, D.S. and Y.J. Kim (1985) *Igneous activity in Ogcheon Geosynclinal zone, Korea*. J. Korean. Inst. Mining Geol. v. 18, No. 1, p. 23-39.
- Marmo, V. (1958) *Orthoclase and microcline granites*. Am. J. Sci., v. 256, p. 360-364.
- Marmo, V. (1971) *Granite petrology and the granite problem*. Elsevier, p. 1-244.
- Shand, S.J. (1922) *The alkaline rocks of the Transport line, Pretoria District*. Geol. Soc. S. Africa Trans., v. 25, p. 85-95.
- Staut (1972) *Phase petrology and mineral chemistry of coexisting amphiboles from Telemark, Norway*. J. Petrol, v. 13, p. 9-146.
- Yun, S.K. and M.L. Silberman (1979) *K-Ar geochronology of igneous rocks in the Yeonhwa-Ulchin zinc-lead district southern margin of the Taebaegsan Basin, Korea*. J. Geol. Soc. Korea, v. 15, No. 1, p. 89-100.





- A. 알카리 화강암의 유색광물을 포함하는 부분 : 피다이트 및 석영의 반정과 arfvedsonite, annite가 보인다. (cross nicol)
  - B. 알카리 화강암의 입상조직을 나타내는 부분 : 석영과 피다이트가 대부분을 차지하나 극히 드물게 사장석의 작은 입자가 보인다(cross nicol)
  - C. 반상조직을 보이는 알카리 화강암내 거의 불투명 광물처럼 보이는 arfvedsonite. 전체크기는 약 6mm. (open nicol)
  - D. 진한 갈색의 annite와 진녹색의 arfvedsonite: 그들 사이에 저어콘의 입자가 보인다. (open nicol)
  - E. 거의 불투명 광물처럼 보이는 annite. (open nicol)
  - F. 입상조직을 보이는 알카리 화강암내의 arfvedsonite.
- <abbreviation>

ann: annite; arf: arfvedsonite, kfd: K-feldspar pl: plagioclase, q: quartz, zr: zircon.



아르케 외각아에 유해한 부분은 라디오텍트 석영의 매트릭스 arfvedsonite annite가 보인다 (crossed polars)