

## 全南 高興半島에 分布하는 火山岩類의 火山層序 및 岩石學的 研究

尹 成孝\* · 黃 仁浩\*\*

Volcano-Stratigraphy and Petrology of the Volcanic Mass in the Koheung Peninsula, South Cheolla Province, Korea

Sung Hyo Yun · In Ho, Hwang

**Abstract :** The author aimed to describe the volcano-stratigraphy and petrology of the volcanic mass in the Koheung peninsula, South Cheolla province. The volcanic mass is composed of the volcanics and intrusives of late Cretaceous which extruded the Pre-cambrian metamorphic(Jirisan gneiss complex) and the early Cretaceous sedimentary(Duwon Formation) basement. The volcanic pile consists of, in ascending order, Bibongsan andesite, Koheung tuff and breccia, and Palyeongsan welded tuff, and are intruded by ring intrusives(intrusive breccia, andesite porphyry, intrusive rhyolite and fine-grained quartz-diorite) and central pluton(diorite, quartz monzodiorite, biotite granite and micrographic granite). Bibongsan andesite mainly consists of andesite tuff and lava. Koheung tuff consists of alternation of fine tuff, coarse tuff and lapilli tuff, and Palyeongsan welded tuff which overlies Koheung tuff, comprises K-feldspar and quartz phenocrysts, elongated brown fiamme, lithic fragments in matrix of devitrified brown glass shards, and mainly consists of rhyodacite to rhyolite vitric ash-flow tuff. The results of petrochemical studies of the igneous rocks suggest that the rocks were a serial differentiatinal products of fractional crystallization of calc-alkaline magma series. This study reveals that the volcanic mass in this area is inferred to the remnant of the resurgent cauldron, measuring 30 by 25 km in diameter. The cauldron block was lowered at least 1,000 m by ring fault displacement.

### 序 論

韓半島의 南海岸 一帶는 白堊紀末의 巨大한 火山-深成活動의 場의 하나였으며, 이때 形成된 火山岩類들이 慶尙火山帶(Kyeongsang volcanic zone; Kim, 1971)를 이루며 分布한다. 全南 高興半島 一圓에는 先캄브리아紀의 變成岩類와 白堊紀의 堆積岩類를 基盤으로하여, 白堊紀 後期의 火山岩類와 深成貫入岩類가 分布하는데, 火山-深成活動의 樣相을 밝히는 데 좋은 地域이다.

本域에 對한 1/25萬 木浦圖幅(1973)이 發刊되어 있으며, 金相旭(1972)은 全南 南海岸地域의 白堊紀 火成活動에 關한 研究에서 本域의 火成活動을 高興相으로 分類하고 간단히 言及한 바 있으며, 資源開發研究所(1979)의 高興銅鑛床의 地質, 地化學 및 地球物理探査에 關한 報告서가 있다. 車文星외(1986)는 本域의 火山岩類와 深成岩類의 分布樣相으로부터 이들이 콜드론(cauldron)構造를 나타낼을 파악하고, 高興콜드론으로 命名하였다. 그러나, 이에 關한 火山層序 및 岩石學의 研究는 아직 이루어지지 않았고, 1/5萬 地質圖도 未刊行이다. 인접地域의 火山岩類에 關한 연구로는 李明煥(1970), 정경희(1986), 車文星과 尹成孝(1987), Shin(1987) 등이 있다.

本 研究에서는 高興半島 一帶의 白堊紀 火山岩類와

\*釜山大學校 地球科學科(Dept. of Earth Sciences, Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea

\*\*釜山中央高等學校

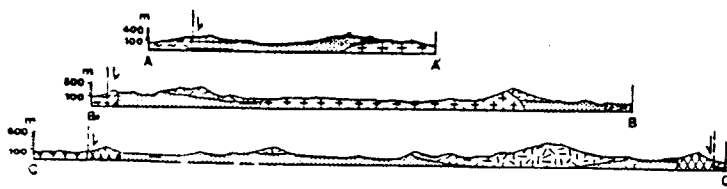
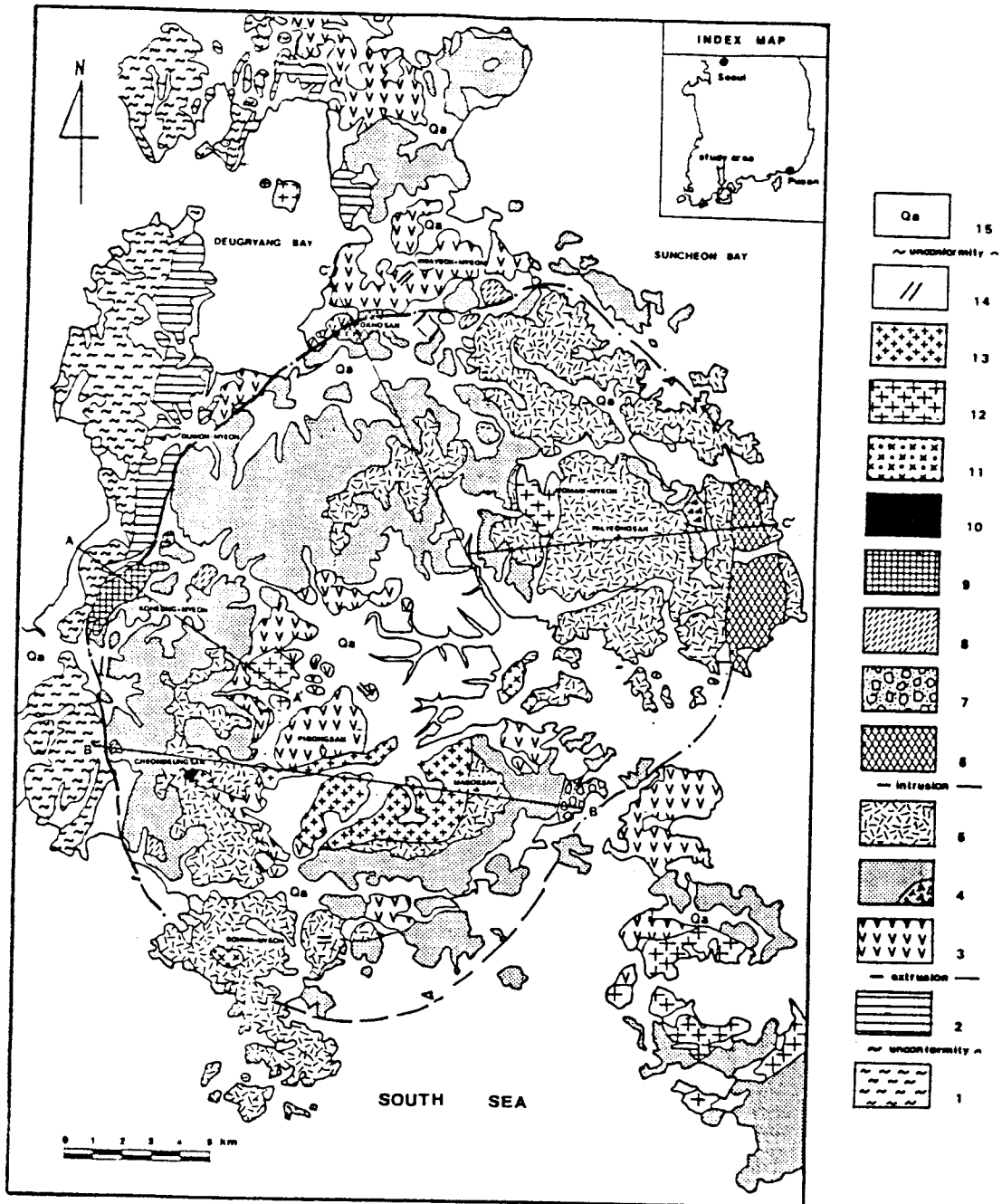


Fig. 1. Geological map of the Koheung area.

1. Jirisan gneiss complex. 2. Duwon formation 3. Bibongsan andesite. 4. Koheung tuff and breccia. 5. Palyeongsan welded tuff. 6 Andesite porphyry. 7. Intrusive breccia.
8. Rhyolite. 9. Fime grained quartz diorite. 10. Diorite. 11. Quartz-monzo-diorite.
12. Biotite granite. 13. Micrographic granite. 14. Acidic dike. 15. Alluvium.

深成岩類의 分布狀況 및 火山層序를 決定하고, 각 岩層에 대한 岩石學的 및 岩石化學的 性質을 糾明하여, 火山活動의 特性을 파악코저 한다.

地質概要

本域의 地質은 Fig. 1에서와 같이 先캄브리아紀의 智異山片麻岩復合体, 白堊紀의 豆原層과 火山岩類 및 이를 貫入한 半深成·深成貫入岩으로 構成된다.

本域 西部에서 南北으로 길게 帶狀으로 分布하는 先캄브리아紀의 智異山片麻岩復合体는 花崗岩質片麻岩과 黑雲母鎊狀片麻岩으로 構成되며, 兩者의 境界는 점이 적이다. 이들 片麻岩은 石英, 微斜長石, 斜長石, 黑雲母, 白雲母와 少量의 珪代石, 鉀雲母와 不透明鑛物로 構成된다. 石英과 長石 粒子는 片麻岩의 葉理에 平行하게 排列되어 있으며, 黑雲母는 일부 綠泥石으로 變질되어 있다. 本域 北西部에서 黑雲母鎊狀片麻岩을 不整合으로 覆被하는 白堊紀의 豆原層은 綠灰色, 赫色세일,

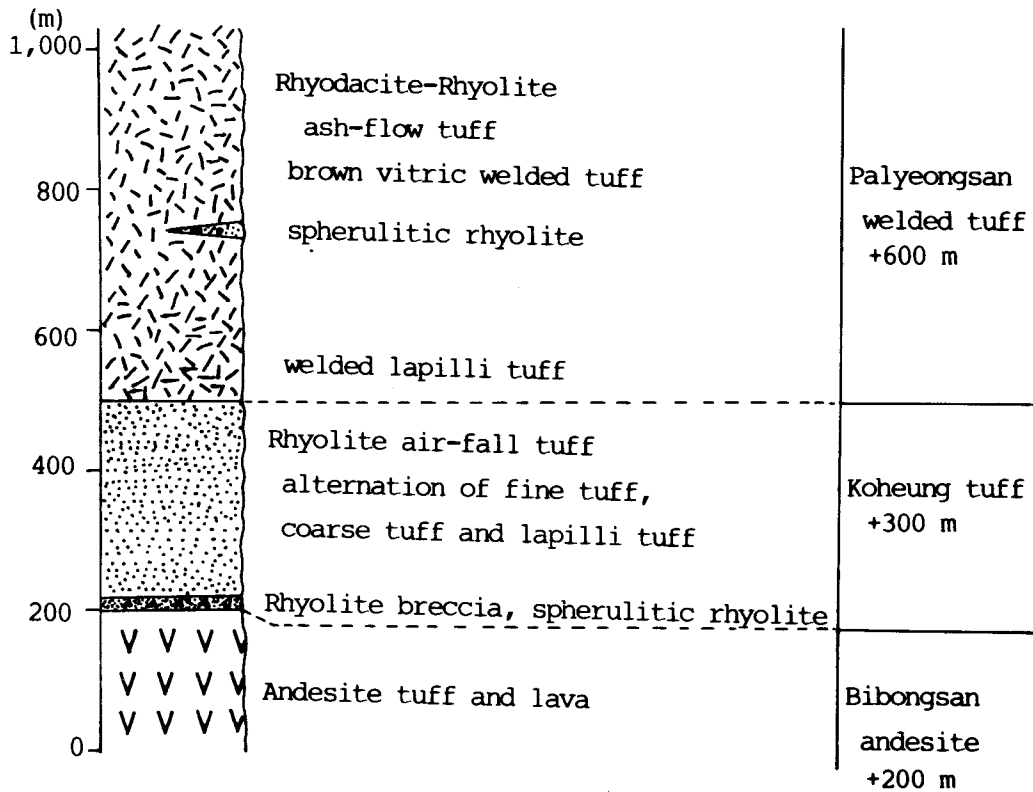


Fig. 2. Generalized columnar section for the volcanic rocks in the Koheung area.

灰色~綠色砂岩과 礫岩의 互層으로 構成되며, 部分的으로 上部에 凝灰質岩을 挾在한다. 礫岩을 構成하는 礫의 種類는 주로 圓形 또는 亞圓形의 硅岩과 片麻岩으로 構成된다. 上部로 갈수록 赫色세일이 우세하며, 일반적인 走向과 傾斜는 N10°W~N60°E, 10°~30°NE 또는 SE이다.

白堊紀의 火山岩類는 長徑 30km, 短徑 25km인 橢圓狀에 가까운 分布形態를 하며, 安山岩質岩과 流紋岩質岩의 熔岩과 凝灰岩으로 構成되며, 이들은 岩相과 化學組成에 따라, 各 岩層의 主要 產出地名을 붙여, 下位에서 上位로 감에 따라 飛鳳山安山岩, 高興凝灰岩 및 角礫岩, 八影山熔結凝灰岩으로 區分된다(Fig. 2). 半深成·深成貫入岩은 그 分布狀 크게 火山岩體의 外廓에서 環狀의 分布를 하며 貫入해 있는 環狀線上的 貫入岩(ring intrusives)과 火山岩體의 中心部에 貫入해 있는 中心深成岩(central pluton)으로 區分할 수 있다.

本域과 주변지역과의 層序對比는 Table 1과 같다.

地質各論

飛鳳山安山岩

本岩은 本域에서 第1期 火山活動의 產物로서, 中央部 飛鳳山(440m)일원과 北部 過驛面과 東部 羅老島 일원에 分布한다. 本岩은 주로 安山岩質(SiO<sub>2</sub> wt% 52.10~55.00) 凝灰岩과 熔岩으로 構成되며, 後期의 高興凝灰岩에 依해 피부되며, 黑雲母花崗岩에 依해 貫入 당한다. 本岩의 最大層厚는 約 200m이다.

飛鳳山 山頂의 本岩은 암청색의 凝灰岩으로 安山岩岩片과 斜長石, 角閃石, 輝石의 斑晶을 含有한다. 長石은 半自形 내지 自形이며, 알바이트雙晶, 칼스반드-알바이트雙晶을 나타낸다. 輝石은 대부분 augite이며, 半自形 내지 自形으로 벽개가 잘 발달한다. 角閃石은 일

Table 1 . Geologic sequences and stratigraphic correlation.

	Jindo area (Kim and Yun, 1971)	Haenam area		Koheung area (in this study)
		(Kinosaki, 1929)	(Lee and Lee, 1986)	
Quaternary	Alluvium ~ Unconformity ~ Acid dike Basic dike Acid porphyry Granite Diorite Diabase Andesitic rocks	Alluvium ~ Unconformity ~ Quartz monzonite porphyry Quartz porphyrite Porphyrite Granophyre Quartz diorite Biotite granite	Alluvium ~ Unconformity ~    Porphyritic granite Biotite granite	Alluvium ~ Unconformity ~ Acid dike Micrographic granite Biotite granite quartz monzodiorite Diorite Fine grained Quartz diorite Intrusive rhyolite Intrusive breccia Andesite porphyry
Cretaceous	— Intrusion — Ogdo rhyolite Gasa tuff Yeoguisan tuff Mangilli Formation Jindo rhyolite Samdo Formation Andesitic tuff	— Intrusion —  Quartz porphyry Feldspar porphyry Acid porphyrite Tuff of acidic effusive rocks Unconformity Porphyrite	— Intrusion —  Jugwangri andesite Yeonguisan tuff  Jindo rhyolite Hwangsan tuff Uhangri Formation Jiryongsan andesite	— Intrusion —  Palyeongsan welded tuff  Koheung tuff and breccia Bibongsan andesite Duwon Formation
Pre-Cretaceous	~ Unconformity ~ Gneissose granite	~ Unconformity ~ Schist and gneiss	~ Unconformity ~ Schist and gneiss	~ Unconformity ~ Jirisan gneiss complex

부 녹염석으로 變質되어 있다. 유리질석기는 부분적으로 녹리석, 견운모 및 점토광물로 변질되어 있다. 過驛北쪽의 本岩은 輝石安山岩으로 0.5cm이하의 輝石 斑晶을 含有한다.

**高興凝灰岩 및 角礫岩**

本岩은 火山岩體의 大部分을 占하여 分布하며, 飛鳳山安山岩을 피복하고, 八影山熔結凝灰岩에 依해 덮힌다. 本岩의 最大層厚는 約 300m이다.

角礫岩은 주로 流紋岩의 角礫으로 構成되며, 本域 西部와 東部일원에서 高興凝灰岩의 基底部에 소규모로 分布하며, 角礫의 크기는 平均 5~10cm이며, 最大 30cm에 이르며, 大部分 亞角狀 또는 角狀이다. 流紋岩 角礫은 流狀構造를 가지며, 部分的으로는 球顆狀構造를 나타낸다.

高興凝灰岩은 대부분이 流紋岩質(SiO<sub>2</sub> wt% 71.50) 降下灰凝灰岩으로 構成되며, 細粒凝灰岩, 粗粒凝灰岩과 火山礫凝灰岩의 互層으로 構成된다. 本域의 北部 過驛北쪽에서는 淡紅色의 K-長石과 石英의 斑晶을 含有하는 結晶凝灰岩의 産狀을 보인다. 細粒凝灰岩은 0.5cm 以下の 岩片을 含有, 部分的으로 層理의 發達이 양호하며, 層理面의 走向과 傾斜는 北西部 豆原面일원에서는 N30°E, 10°SE이며, 南部 道化面附近에서는 N40°E, 10°NW로서, 全般的으로 볼 때, 火山岩體의 中心을 向해 傾斜져 있다. 火山礫凝灰岩은 0.5cm~5cm의 變成岩, 적색세일, 流紋岩과 安山岩의 岩片을 含有한다. 結晶凝灰岩은 鏡下에서 斑狀組織을 나타내며, 石英, K-長石과 少量의 斜長石 斑晶을 含有하며, 石基는 유리질 내지 은미정질이며, 石基內의 유리질물질은 弱하게 伸長되어 있다.

天燈山(565m) 南西部에서는 高興凝灰岩이 基盤岩인 變成岩과 斷層接觸을 한다. 斷層面의 走向과 傾斜는 N25°W, 70°NE로써, 火山岩體쪽으로 傾斜져 있다.

**八影山熔結凝灰岩**

本岩은 高興凝灰岩을 皮복하며, 八影山(608.6m), 雲嵐山(486.9m), 天燈山(565m), 馬伏山(538.5m)等의 高地를 占하여 分布하며 環狀의 地形을 이룬다. 本岩의 最大層厚는 八影山 附近에서 約 600m에 이른다.

本岩은 갈색의 脫琉璃化된 유리샤아드로 構成된 石基

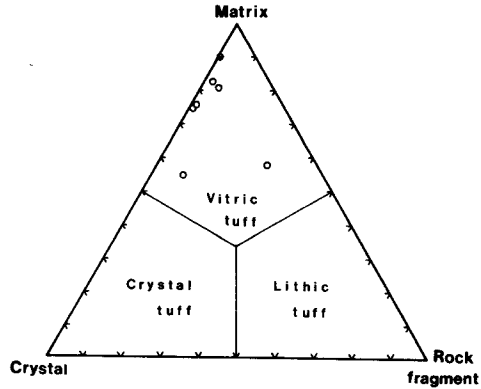


Fig. 3. Triangular diagram of crystals, rock fragments, and matrix of tuff(Palyeongsan welded tuff)

에 K-長石과 石英의 斑晶과 壓縮 伸長된 갈색의 피아메(fiamme), 少量의 岩片을 含有하는 流紋石英安山岩質~流紋岩質(SiO<sub>2</sub> wt% 68.30~73.20) 灰流凝灰岩(ash-flow tuff)이다. 八影山 南쪽의 本岩은 下位에서는 綠色의 壓縮 伸長된 피아메와 少量의 岩片을 含有하는 火山礫凝灰岩이나, 그 上位는 대부분이 갈색의 유리질 石基에 壓縮 伸長된 피아메가 유택시틱(eutaxitic)組織을 나타내는 유리질熔結凝灰岩이다. 本岩의 모우드分析 결과(Table 2), 대부분이 유리질응회암에 속한다(Fig.3). 鏡下에서 本岩은 石英, K-長石, 斜長石 斑晶과 直徑 1~5mm정도의 세일, 안산암의 岩片, 그리고 이들 사이에서 壓縮 伸長된 浮石片과 유리샤아드 등으로 構成된다. 石英은 심하게 용식되어 있으며, K-長石은 칼스반드쌍정을 나타낸다. 斜長石은 일부 알마이트쌍정을 나타내며, 그 성분은 알마이트(An<sub>0.92</sub>~An<sub>2.22</sub>)이다(Table 3). 유리샤아드는 脫琉璃化되어 있으며, 硅長質의 球顆를 含有하기도 한다. 石基는 현저한 유택시틱 또는 파라택시틱(parataxitic)組織을 나타내며, 유리샤아드와 浮石片, 그리고 유리질물질로서 구성된다(Figs. 4 and 5).

八影山 南쪽 3km地點의 本岩은 壓縮 伸長된 斑狀의 피아메(porphyrific fiamme)를 含有하며, 이 피아메의 内部에는 石英과 長石으로 構成된 球顆와 石英, 長石의

Table 2 . Ratio of the crystal phenocrysts, rock fragments and matrix of Palyeongsan welded tuff in the study area.

	NY-11	NY-17	J-2	G-42	H-2	G-3	G-16
Matrix	82.16	80.35	89.59	75.36	57.60	54.61	74.52
Crystal	15.56	14.82	10.32	22.91	13.50	37.04	24.34
Lithic	2.25	4.83	0.10	1.72	28.90	8.36	1.09

Table 3. Selected analytical results of plagioclase in the Palyeongsan welded tuff.

SiO <sub>2</sub>	67.45	65.69	66.79	67.33	67.34
TiO <sub>2</sub>	...	...	...	...	...
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.11	21.20	20.93	20.25	19.95
FeO	0.05	0.07	0.05	0.08	0.01
MnO	0.05	...	...	...	...
MgO	0.01	...	0.01	0.01	...
CaO	0.47	0.43	0.38	0.28	0.20
Na <sub>2</sub> O	11.36	11.09	11.70	11.57	11.32
K <sub>2</sub> O	0.04	0.01	0.01	0.11	0.04
Total	99.54	98.49	99.87	99.63	98.86
Numbers of Ions on the Basis of 8 Oxygen					
Si	2.964	2.917	2.930	2.957	2.974
Al	1.041	1.110	1.082	1.048	1.038
Ti	...	...	...	...	...
Fe	0.002	0.003	0.002	0.003	...
Mn	0.002	...	...	...	...
Mg	...	...	0.001	0.001	...
Ca	0.022	0.020	0.018	0.013	0.009
Na	0.967	0.955	0.995	0.985	0.969
Or	0.20	0.10	0.10	0.60	0.20
Ab	97.58	97.85	98.13	98.11	98.88
An	2.22	2.05	1.78	1.29	0.29

斑晶을 함유한다. 또한 本域 南部 道化面 南東部 修德山 附近에서는 球顆狀流紋岩을 挾在한다.

本岩에 나타난 熔結葉理의 走向과 傾斜는 本域 南部 道化面 附近에서는 N80°W, 15°SW, 北東部 八影山 東쪽에서는 N30°W, 30°NE, 八影山 北部에서는 N30°W, 18°SW 등으로 地域에 따라 불규칙하게 攪란되어 있으며, 雲嵐山頂 附近에는 柱狀절리가 잘 發達한다.

#### 環狀貫入岩類(ring intrusives)

本岩類는 火山岩體의 外廓에서 소규모의 岩柱 또는 岩脈狀으로 貫入하여 있으며, 全體的으로 볼 때, 環狀의 線上에 分布한다. 이들을 構成하는 岩石은 安山斑岩, 細粒石英閃綠岩, 貫入流紋岩, 그리고, 貫入角礫岩이다. 貫入角礫岩은 火山岩體의 南東部와 北東部에 소규모로 分布한다. megabreccia를 이루는 岩塊는 最大

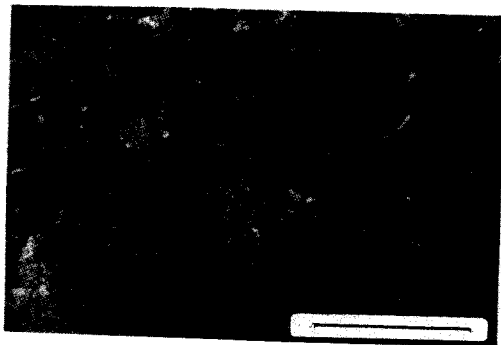


Fig. 4. Photomicrograph of Palyeongsan Welded tuff in the Koheung volcanic mass, showing elongated pumice fragments, devitrified glass shard, and parataxitic texture. Open nicol. Scale bar=1cm.

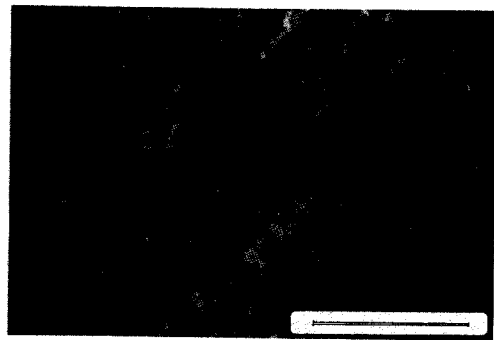


Fig. 5. Photomicrograph of Palyeongsan welded tuff (rhyolite welded vitric ash-flow tuff). Showing eutaxitic texture and devitrified glass shard. Open nicol. Scale bar=1mm.

Table 4 . Selected analytical results plagioclase in andesite porphyry.

SiO <sub>2</sub>	47.05	47.94	47.28	47.34	47.79	47.84	48.31	47.42	47.61	48.63
TiO <sub>2</sub>	...	0.02	0.01	0.04	...	...	0.01	0.01	...	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.72	32.77	32.31	32.54	32.79	32.35	31.95	32.81	32.64	32.37
FeO	0.62	0.67	0.61	0.58	0.56	0.64	0.63	0.75	0.73	0.73
MnO	...	0.02	0.04	...	...	...	...	0.03	...	0.04
MgO	0.05	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07	0.33	0.06	0.07	0.09
CaO	16.43	15.78	16.38	16.26	16.00	15.83	15.76	16.48	16.25	15.90
Na <sub>2</sub> O	1.86	1.98	2.06	0.09	2.24	2.36	2.41	2.12	2.28	2.34
K <sub>2</sub> O	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.05
Total	98.80	99.30	98.82	97.01	99.53	99.17	99.19	99.76	99.65	100.19
Number of Ions on the Basis of 8 Oxygen										
Si	2.188	2.212	2.200	2.197	2.204	2.215	2.234	2.188	2.198	2.228
Al	1.794	1.782	1.772	1.780	1.982	1.765	1.742	1.784	1.776	1.747
Ti	...	0.001	...	0.001	...	...	...	...	...	0.001
Fe	0.024	0.026	0.024	0.023	0.022	0.025	0.024	0.029	0.028	0.028
Mn	...	0.001	0.001	...	...	...	...	0.001	...	0.002
Mg	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.002	0.004	0.005	0.006
Ca	0.819	0.780	0.817	0.808	0.790	0.785	0.781	0.814	0.804	0.780
Na	0.168	0.178	0.186	0.189	0.200	0.211	0.216	0.190	0.204	0.208
K	0.004	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003
Or	0.40	0.31	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.30
Ab	16.95	18.32	13.47	18.86	20.10	21.08	21.56	18.85	20.16	20.99
An	82.64	81.17	81.13	80.64	79.40	73.42	77.94	80.75	79.45	78.71

Table 5 . Selected analytical results of pyroxene in andesite porphyry.

SiO <sub>2</sub>	51.43	51.19	50.33	50.73	50.92	50.93	50.87
TiO <sub>2</sub>	0.56	0.62	0.67	0.56	0.59	0.53	0.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40	2.40	2.85	2.16	2.19	2.18	2.00
FeO	8.86	9.40	9.50	9.05	8.95	9.60	9.81
MnO	0.33	0.29	0.25	0.27	0.30	0.31	0.41
MgO	14.84	14.80	14.60	14.91	14.79	14.59	15.48
CaO	19.63	20.75	19.77	20.70	20.39	20.72	19.91
Na <sub>2</sub> O	0.29	0.33	0.27	0.25	0.27	0.30	0.35
K <sub>2</sub> O	...	...	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Total	98.34	99.78	98.25	98.65	98.42	99.18	99.40
Numbers of Ions on the Basis of 6 Oxygen							
Si	1.940	1.916	1.911	1.919	1.927	1.921	1.915
Al IV	0.060	0.084	0.089	0.081	0.073	0.079	0.085
Al V	0.047	0.022	0.038	0.015	0.025	0.018	0.004
Ti	0.016	0.017	0.019	0.016	0.017	0.015	0.016
Fe	0.280	0.294	0.301	0.286	0.283	0.303	0.309
Mn	0.011	0.009	0.008	0.009	0.010	0.010	0.013
Mg	0.834	0.826	0.826	0.826	0.841	0.820	0.868
Ca	0.793	0.832	0.804	0.839	0.827	0.837	0.803
Na	0.021	0.024	0.020	0.018	0.020	0.022	0.026
K	...	...	...	0.001	0.001	0.001	...
Ca	41.58	42.62	41.64	42.68	42.52	42.70	40.56
Mg	43.73	42.32	42.78	42.78	42.52	42.70	43.84
Fe	14.68	15.06	15.59	14.55	14.55	15.46	15.61

Table 6 . Selected analytical results of plagioclase in quartz monzodiorite.

SiO <sub>2</sub>	18.50	52.89	51.97	54.04	54.85	54.151	55.46	55.61
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06	0.02	0.07	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.66	29.16	30.08	28.73	27.77	28.00	27.19	28.12
FeO	0.62	0.75	0.59	0.61	0.44	0.61	0.42	0.43
MnO	0.02	...	0.02	...	...	...	0.03	...
MgO	0.04	0.06	0.03	0.07	0.01	0.06	0.04	...
CaO	14.52	12.16	11.81	11.72	10.18	10.761	9.72	9.31
Na <sub>2</sub> O	2.98	4.50	4.54	4.92	5.60	5.38	5.62	6.05
K <sub>2</sub> O	0.13	0.11	0.15	0.26	0.20	0.31	0.33	0.32
Total	98.51	99.66	99.23	100.38	99.11	99.05	98.88	99.89
Numbers of Ions on the Basis of 8 Oxygen								
Si	2.254	2.409	2.337	2.442	2.497	2.486	2.527	2.508
Al	1.734	1.566	1.622	1.530	1.490	1.505	1.460	1.505
Ti	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002
Fe	0.024	0.029	0.023	0.023	0.017	0.023	0.016	0.016
Mn	0.001	...	0.001	...	...	...	0.001	...
Mg	0.003	0.004	0.002	0.005	0.001	0.004	0.003	...
Ca	6.723	0.594	0.579	0.568	0.497	0.496	0.475	0.450
Na	0.269	0.397	0.403	0.431	0.495	0.476	0.496	0.529
K	0.007	0.011	0.009	0.015	0.012	0.018	0.016	0.018
Or	0.70	1.10	1.91	1.48	1.20	1.82	1.62	1.81
Ab	26.93	39.62	40.67	42.50	49.30	48.08	50.25	53.06
An	72.37	59.28	58.43	56.02	49.50	50.10	48.13	45.14

Table 7 . Selected analytical results of plagioclase in biotite granite.

SiO <sub>2</sub>	60.63	60.99	60.91	59.88	59.58	59.62
TiO <sub>2</sub>	...	...	...	...	0.03	...
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.83	24.72	23.20	24.34	24.81	24.75
FeO	0.25	0.20	0.23	0.19	0.21	0.25
MnO	...	0.05	0.02	...	0.02	...
MgO	0.01	0.04	...	...	0.03	0.02
CaO	6.66	5.99	5.53	6.40	6.62	6.53
Na <sub>2</sub> O	7.63	7.80	7.80	7.43	7.47	7.66
K <sub>2</sub> O	0.55	0.9959	0.64	0.52	0.42	0.55
Total	98.96	100.39	98.33	98.76	99.19	99.38
Numbers of Ions on the Basis of 8 Oxygen						
Si	2.709	2.706	2.754	2.701	2.679	2.608
Al	1.267	1.236	1.293	1.294	1.315	1.311
Ti	...	...	...	...	0.001	...
Fe	0.009	0.008	0.009	0.007	0.008	0.009
Mn	...	0.002	0.001	...	0.001	...
Mg	...	0.002	...	...	0.002	0.001
Ca	0.322	0.285	0.268	0.309	0.319	0.314
Na	0.668	0.671	0.684	0.650	0.652	0.667
K	0.032	0.034	0.037	0.030	0.024	0.032
Or	3.19	3.43	3.74	3.03	2.41	3.16
Ab	65.36	67.78	69.16	65.72	65.53	65.84
An	31.51	28.79	27.10	31.24	32.00	31.00



3.2×1.5m에 이르며, 安山岩, 流紋岩과 流紋岩質凝灰岩으로 構成된다. 그리고, 全般的으로 集塊岩相을 띤다. 凝灰質 石基는 주로 流紋岩質이며, 岩片의 주위에서는 피아메가 垂直으로 排列한 유택시틱構造를 보여주기도 하며, 파쇄된 岩片 사이에 凝灰質物質이 注入되어 있는 세맥상을 나타낸다. 또한, 일부 岩片의 주위에는 反心림(rim)이 관찰된다. 이들은 地下深部에서 열극을 따라 上昇한 高溫의 氣와 水蒸氣가 流動化作用(fluidization)에 의해 이들 角礫岩을 形成한 것으로 알려져 있다(Reynolds, 1954, 1956). 安山斑岩은(SiO<sub>2</sub> wt% 60.30)은 火山岩體의 東쪽 緣邊에서 八影山熔結凝灰岩을 貫入하여 分布한다. 鏡下에서 斑狀組織이 뚜렷하며, 斜長石, 輝石 및 少量의 正長石, 黑雲母, 磁鐵石 및 石英으로 構成된다. 斜長石은 칼스발드-알바이트쌍정을 나타내며, 그 성분은 bytownite(An<sub>78</sub>-An<sub>83</sub>)이다(Table 4). 휘석은 대부분 augite이며(Table 5), 일부 부분적으로 녹염석으로 변질되어 있다. 石基는 유리질-은미정질이며, 長石의 微粒과 불투명礦物이 석기내에 散在한다. 細粒石英閃綠岩은 火山岩體의 西쪽 高興面 서부에서 高興凝灰岩과 基盤岩인 變成岩과의 境界를 따라 貫入해 있다. 本岩은 半自形粒狀組織을 하며, 斜長石(50~55%), 石英(8~11%), K-長石(4~5%), 그리고, 少量의 角閃石, 黑雲母, 단사휘석과 사방휘석 등으로 構成된다. 斜長石은 半自形이며, 칼스발드-알바이트쌍정을 나타내고 累帶構造를 보인다. 성분은 andesine에 해당한다. 石英은 直徑 2mm 以下の 他形이며, 石英의 작은 집합체들이 종종 長石들 사이의 간극을 충전하고 있다. 黑雲母는 일부 녹염석으로 변질되어 있다. 貫入流紋岩은 火山岩體의 北部 過驛面 附近에서 高興凝灰岩을 貫入하여 分布하며, 그 延長은 約 3km에 이른다. 本岩에 나타난 流狀構造는 火山岩體의 中心을 向해 約 55°~90°의 角으로 傾斜져 있다. 本岩은 유리질석기에 주로 石英과 長石의 微粒의 집합체로 構成된다.

#### 中心深成岩類(central pluton)

本岩類는 火山岩體의 中央部에서 高興凝灰岩과 八影山熔結凝灰岩을 貫入하여 分布하며, 直徑은 約 7km×8km이다. 이들은 組織과 礦物成分에 따라 閃綠岩, 石英閃綠岩, 黑雲母花崗岩 및 微文象花崗岩으로 細分되며, 이들이 境界는 점이적이다.

閃綠岩은 天巖山 일원에서 소규모로 分布하며, 微文象花崗岩에 의해 貫入당한다. 本岩은 斜長石(44~59%), 角閃石(23~35%), 휘석(hypersthene; 1~5%), K-長石(2~5%), 石英(2~4%), 黑雲母(1~2%) 및 少量의 不透明礦物로서 構成된다. 石英閃綠岩은

馬伏山 北쪽에서 八影山熔結凝灰岩을 貫入하며 分布한다. 本岩은 SiO<sub>2</sub> 含量이 57.8~59.1%이며, 半自形粒狀組織을 하고, 斜長石(40~44%), K-長石(11~17%), 石英(9~19%)과 少量의 角閃石, 黑雲母, 휘석 및 불투명광물로서 構成된다. 斜長石은 알바이트쌍정, 累帶構造를 나타내며, 그 성분은 andesine~labradorite (An<sub>48</sub>~An<sub>72</sub>)에 해당한다(Table 6).

黑雲母花崗岩은 飛鳳山 北部에서 安山岩을 貫入하고, 八影山 西쪽에서는 八影山熔結凝灰岩을 貫入하여 分布한다. 本岩은 石英(30~37%), K-長石(29~35%), 斜長石(27~41%), 黑雲母(2~3%), 그리고, 少量의 角閃石, 녹염석과 불투명광물로 構成된다. 石英은 他形으로, 종종 斜長石의 결정 사이에서 warm-like radial quartz myrmekite를 形成하고 있다. 또한 正長石과 交生하여 미문상조직을 나타낸다. 斜長石은 알바이트쌍정, 칼스발드-알바이트쌍정을 나타내며, 그 성분은 oligoclase~andesine(An<sub>27.1</sub>~An<sub>32.0</sub>)이다(Table 7). 微文象花崗岩은 火山岩體의 中心部에 關聯해 있으며, 晶洞構造(miarolitic texture)를 나타내며, 또는, 세립의 石英, K-長石과 유색광물로 構成된 石基에 斜長石의 斑晶을 含有하는 斑狀組織을 한다. 本岩은 石英(40~48%), K-長石(43~52%), 斜長石(4~15%), 그리고, 黑雲母(1~2%)와 소량의 角閃石을 含有한다. 鏡下에서 微文象組織이 특징적이다.

本域에서 中心深成岩體를 構成하고 있는 花崗岩質岩類는 外緣部에서는 閃綠岩, 또는 石英閃綠岩의 岩相을 나타내며, 中心部로 갈수록 黑雲母花崗岩, 微文象花崗岩으로 構成되는 累帶深成岩體(zoned pluton; 田結壓과 野澤, 1985)의 樣狀을 띤다.

#### 火山岩體 構成岩의 化學的 性質

本域에 分布하는 火成岩類에 대한 化學的 性質을 알아보기 위하여 飛鳳山安山岩 2個, 安山斑岩 1個, 高興凝灰岩 2個, 八影山熔結凝灰岩 8個, 그리고, 半深成·深成貫入岩類 7個 등 20個의 岩石試料에 대해 完全化學分析을 行하였고, 이들의 分析值 및 CIPW norm值는 Table 8과 같다.

SiO<sub>2</sub>含量에 대한 各酸化物的 變化圖(Fig. 6)에서처럼, SiO<sub>2</sub>가 增加함에 따라 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, MnO는 減少하나, K<sub>2</sub>O는 현저히 增加하고 Na<sub>2</sub>O는 거의 水平的인 變化만 있을 뿐이다. 또한, 火山層序의 下位에서 上位로 갈수록 SiO<sub>2</sub>含量이 52.1%~73.2%範圍에서 中性岩으로부터 酸性岩에로의 分化傾向을 보이거나, 60~65%사이에서 gap을 나타낸다.

Table 8. Chemical composition and CIPW norms of the igneous rocks in the Koheung area.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sample No.	G-2	U-11	B-4	O-1	He	O-2	NY-1	J-22	G-34	NY-17	O-5	G-28	G-42	H-2	G-16	G-3	G-5	NY-16	NY-11	J-3
SiO <sub>2</sub>	52.10	55.00	57.00	57.80	58.60	59.10	60.30	65.20	68.30	69.20	69.50	70.00	70.30	71.50	72.00	72.30	72.40	72.50	72.80	73.20
TiO <sub>2</sub>	1.20	0.57	0.58	0.57	0.62	0.67	0.53	0.62	0.44	0.29	0.39	0.44	0.24	0.29	0.34	0.48	0.34	0.48	0.24	0.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.40	19.00	17.70	17.00	17.20	17.10	16.20	16.60	15.60	16.10	15.10	14.50	13.90	14.00	14.20	13.70	14.10	14.20	14.30	14.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.33	3.41	1.69	3.46	2.70	3.19	2.09	1.35	1.88	1.67	0.98	1.50	0.89	0.81	1.35	1.90	1.42	0.62	1.37	1.62
FeO	1.70	4.70	5.07	3.90	4.39	3.22	3.48	2.69	1.29	1.10	1.78	1.66	1.14	1.40	0.91	0.42	0.91	1.44	1.02	0.35
MnO	0.13	0.15	0.13	0.14	0.16	0.08	0.10	0.11	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.05	0.05	0.09	0.46	0.07	0.05	0.03
MgO	5.79	3.58	4.05	3.93	2.54	3.04	2.52	1.16	0.60	0.40	0.81	0.81	0.32	0.48	0.86	0.80	0.37	0.33	0.33	0.28
CaO	6.98	7.18	6.87	6.24	5.72	5.52	5.24	2.61	1.61	0.90	2.29	1.86	0.84	0.60	0.95	1.23	0.52	0.82	0.70	0.49
Na <sub>2</sub> O	1.57	2.41	3.17	3.21	3.95	4.05	2.68	4.59	4.51	3.59	4.07	4.20	4.83	4.41	4.14	2.71	5.11	4.31	4.16	3.29
K <sub>2</sub> O	2.00	1.48	1.62	2.32	2.19	2.25	2.86	2.61	4.60	4.35	3.42	3.61	4.69	4.57	3.70	4.85	3.60	4.04	4.00	4.65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.11	0.07	0.10	0.27	0.28	0.60	0.13	0.06	0.02	0.07	0.12	0.01	0.28	0.05	0.05	0.02	0.04	0.04	0.08
H <sub>2</sub> O(+)	4.52	1.90	1.23	0.38	0.95	1.00	2.82	1.77	0.62	0.47	1.01	0.78	0.38	0.81	0.87	1.11	0.40	0.62	0.73	1.37
H <sub>2</sub> O(-)	0.95	0.50	0.36	0.32	0.23	0.60	0.58	0.29	0.46	0.24	0.44	0.27	0.22	0.57	0.52	0.47	0.40	0.28	0.27	0.73
Total	97.68	100.02	99.54	99.37	99.52	100.10	100.00	99.73	100.05	98.40	99.94	99.83	97.83	99.77	99.89	100.04	99.93	99.74	100.47	99.80
qz	12.97	12.44	9.48	10.72	10.50	11.24	18.67	20.18	20.17	29.06	25.98	26.32	21.80	26.47	30.56	34.32	26.94	29.19	31.22	35.03
or	11.80	8.91	9.57	13.69	12.91	13.36	16.92	15.42	27.16	25.72	20.21	21.32	27.72	27.00	21.88	28.67	21.26	23.88	23.66	27.50
ab	13.27	20.45	26.80	27.17	23.41	34.09	22.65	38.86	38.18	30.36	3.45	35.56	10.85	30.44	35.03	22.92	43.21	36.45	35.19	27.85
an	29.07	34.78	29.29	25.12	22.76	21.98	22.09	12.01	7.62	4.37	10.88	8.49	2.39	1.11	4.34	5.73	2.50	3.78	3.20	1.86
c	...	0.61	...	...	...	...	0.60	1.78	0.41	3.88	0.71	0.57	...	1.39	1.78	1.89	0.89	1.35	1.95	3.06
hy	12.44	14.08	0.14	11.30	9.87	0.08	10.25	5.89	1.73	1.28	3.86	3.24	1.18	2.71	2.22	1.99	1.71	2.29	1.26	1.69
di	4.27	...	3.53	4.40	3.18	2.67	...	...	...	...	...	...	1.42	...	...	...	...	...	...	...
hm	3.66	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1.72	...	...	...	0.01
mt	2.43	4.36	2.45	5.02	3.91	4.63	3.03	1.97	2.73	2.43	1.41	2.18	1.30	1.18	1.97	0.25	2.06	0.90	1.99	0.44
il	2.28	1.06	1.11	1.08	1.18	1.21	1.00	1.18	0.83	0.55	0.74	0.83	0.46	0.55	0.65	0.91	0.65	0.91	0.46	0.46
ap	0.03	0.34	0.17	0.24	0.64	0.67	1.14	0.30	0.13	0.0	0.17	0.27	0.03	0.67	0.13	0.13	0.04	0.10	0.10	0.20
D.I.	38.04	41.34	45.85	51.58	58.62	58.69	58.24	74.46	85.51	85.14	80.64	83.20	90.46	90.81	87.47	85.90	94.1	89.52	90.07	90.38

1: Bibongsan andesite, 3: quartz diorite, 4, 5, 6: quartz monzo-diorite, 2, 7: andesite porphyry, 8, 11, 17: biotite granite, 14: Koheung tuff (fine tuff), 16: Koheung tuff (crystal tuff), 9, 10, 12, 13, 15, 18, 19, 20: Palyeongsan welded tuff.

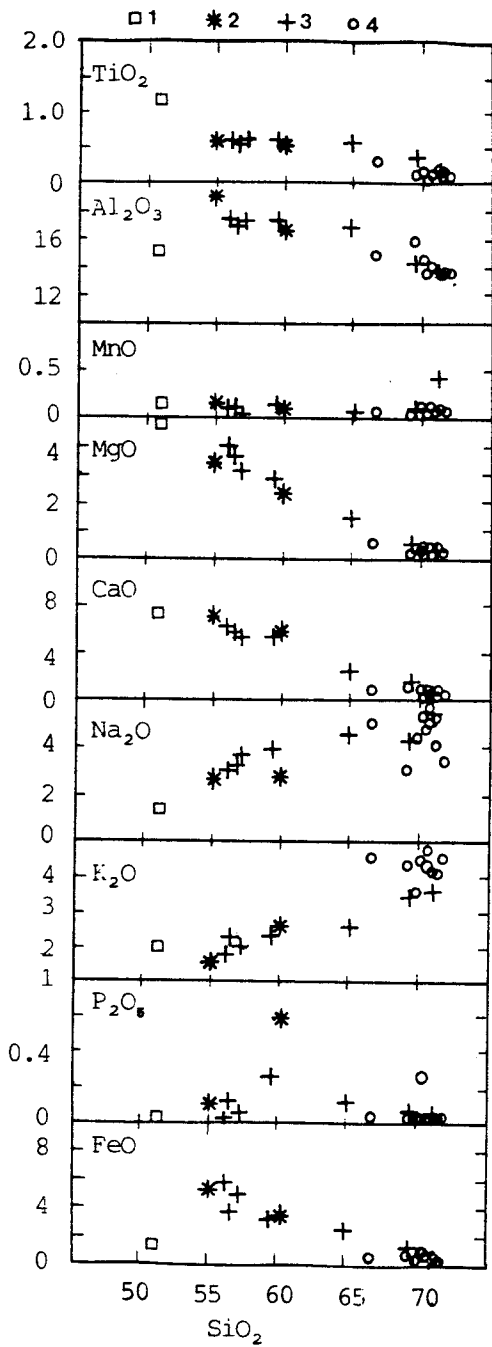


Fig. 6. Major oxides versus silica diagram of igneous rocks in the Koheung area. (symbol)1; Bibongsan andesite. 2; Andesite Porphyry. 3; Granitoids. 4; Palaeongsan

이는 分析資料의 不充分에 起因하는지 域은 火成活動機構의 特性에 그 原因이 있는지 確實치 않다. 이와 類似한 傾向은 楡川盆地 北東部の 白堊紀 火山岩類(金相旭과 李永吉, 1981)에서도 나타난다. SiO<sub>2</sub>에 대한 total alkali의 關係圖(Fig. 7)에서와 같이 本域의 火成岩類는 SiO<sub>2</sub>含量이 52~73%로 增加함에 따라 알카리 含量이 增加하며 全體的인 組成上 subalkaline 領域에 屬한다. 또한 normative斜長石成分(An×100/(Ab+An))에 대한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分의 關係圖(Fig. 8)에서도 本域의 火成岩類는 calc-alkaline岩類의 特徵을 갖는다. 또한, SiO<sub>2</sub>에 대한 alkalinity ratio의 關係圖(Fig. 9)에서도 SiO<sub>2</sub>含量의 增加함에 따라 alkalinity ratio가 增加하면서 칼크-알카리岩의 成分變化樣狀을 나타낸다. 그리고, SiO<sub>2</sub>含量에 대한 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O와 CaO含量의 變化圖(Fig. 10)에서 Peacock's 알카리-라임지수가 58로서 칼크-알카리암에 속한다.

그리고, AFM成分圖(Fig. 11)에서와 같이 本域의 火成岩類는 calc-alkaline岩系列에 속하며, Kuno(1968)의 Hypersthene rock series에 類似한 分化經路를 나타낸다.

以上에서와 같이 本域의 火成岩類는 化學組成上의 特

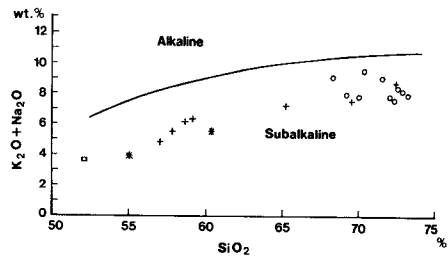


Fig. 7. Alkalis versus silica diagram(Irvine and Baragar, 1971). Symbols are the same as in Fig. 6.

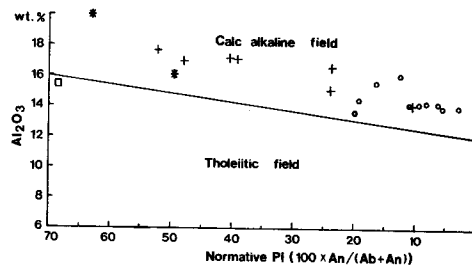


Fig. 8. Alumina versus normative plagioclase diagram (Irvine and Baragar, 1971). Symbols are the same as in Fig. 6.

火山活動史 考察

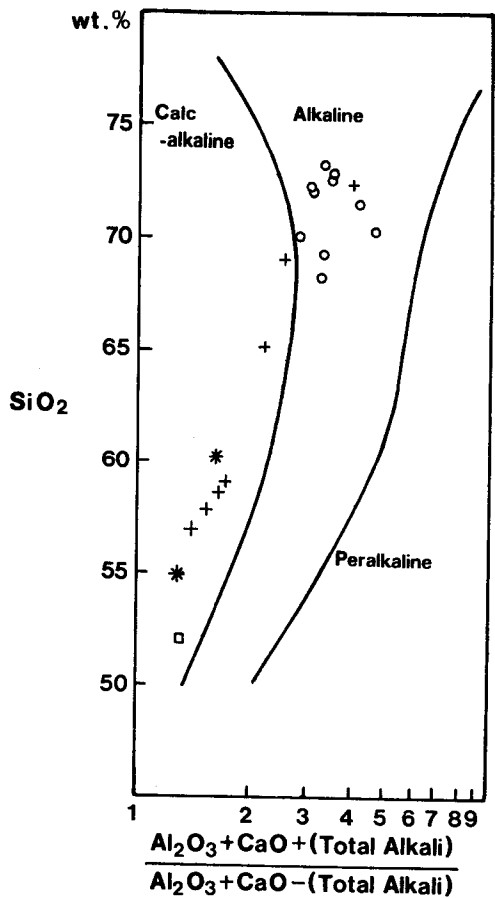


Fig. 9. Silica versus alkalinity ratio diagram (Wright, 1969). Symbols are the same as in Fig. 6.

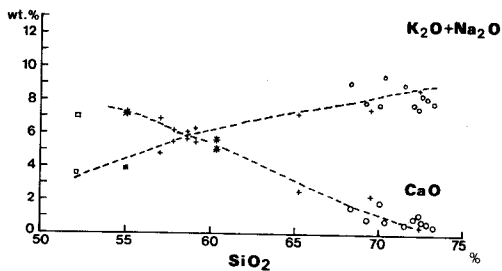


Fig. 10.  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{CaO}$  versus  $\text{SiO}_2$  diagram (peacock, 1931). Symbols are the same as in Fig. 6.

徵으로 볼 때, 非알카리系列에 속하며, calc-alkaline rock series의 마그마를 起源으로 하는 分化産物인 것으로 解釋된다.

本域 高興半島 일원에 分布하는 火山岩 및 深成岩의 相互關係, 分布狀態 및 각 岩石에 대한 資料를 綜合하면, 다음과 같다.

本域은 白堊紀末에 들어서면서 先캄브리아紀의 變成岩類를 基盤岩으로하여 火山活動이 始作되었다. 처음에는 中性의 熔岩流와 凝灰岩이 噴出되어 飛鳳山安山岩을 形成하였다. 그後 酸性噴出作用으로 移化하여 初期에 流紋岩의 噴出이 있었고 그 직후 強力한 噴出作用으로 角礫岩이 形成되고 多量의 降下灰凝灰岩이 噴出·堆積되어 高興凝灰岩을 形成하였고, 뒤이어 多量의 灰流凝灰岩이 噴出하여 八影山熔結凝灰岩을 形成하였다. 이들을 噴出한 火口의 位置는 現在 나타나 있는 角礫岩과 集塊岩이 火山岩體의 緣邊部에 分布하고, 末期에 貫入한 半深成岩들이 環狀의 分布形態를 보임으로써 環狀열극帶에 位置하였음을 알 수 있다. 火山活動의 末期에 環狀열극과 火山岩體의 中心部에서 半深成·深成貫入岩이 관입되었다.

本域의 火山岩體는 中心部에 分布하는 降下灰凝灰岩, 灰流凝灰岩과 이를 둘러싸는 環狀斷層線상의 貫入岩(ring intrusives)과 環狀斷層, 그리고, 火山岩體의 中央部에 貫入해 있는 中心深成岩體(central pluton) 등으로 構成되는 데, 이와 같은 地層單位의 分布패턴은 再生陷沒體(resurgent cauldron)의 下部殘存構造인 環狀複合體(ring complexes)와 잘 일치한다. 그러므로 再生陷沒體의 形成過程(Smith and Bailey, 1969)과 비교

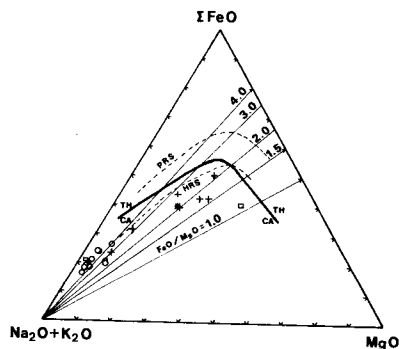


Fig. 11. Total  $\text{FeO}-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}$  triangular diagram. Heavy solid line separates tholeiitic (TH) from calc-alkaline rock series (Irvine and Baragar, 1971). Dashed lines connect Kuno's average compositions of pigeonitic (PRS) and hypersthentic rock series (HRS) in Japan. Symbols are the same as in Fig. 6.

Table 9 . Volcano-plutonism and crustal movement in the Koheung cauldron.

Volcano-plutonism	Tectonic movement
	Hydrothermal alteration and mineralization
Micrographic granite Biotite granite Quartz monzo-diorite Diorite	Emplacement of central pluton
Fine-grained quartz diorite Intrusive rhyolite Andesite porphyry Intrusive breccia	
	Intrusion of ring intrusives
	Resurgence of magma chamber
Rhyolite-rhyodacite ash-flow tuff (Palyeongsan welded tuff) Rhyolite air-fall tuff (Koheung tuff) Rhyolite Andesite tuff and lava (Bibongsan andesite)	Caldera-forming eruption and caldera collapse (30×25km) Early mild eruption Intermediate volcanism
	Magma rise and formation of radial and concentric fracture.

하여 보면, 本域에서는 初期에 安山岩質岩(飛鳳山安山岩)의 噴出이 있는 後, 미약한 流紋岩의 噴出 직 후, 격렬한 流紋岩質降下灰凝灰岩과 灰流凝灰岩이 噴出이 있었고, 이에 수반하여 同時 或은 직후에 (Lipman, 1976), 直徑 30×25km의 칼데라가 形成되었다. 이때의 陷沒量은, 火山陷沒에 수반되어 形成된 칼데라內的 凝灰岩의 層厚(thickness of caldera-fill facies)로부터 陷沒量을 推定(Elston, 1984)할 수 있으므로 高興凝灰岩과 八影山熔結凝灰岩의 層厚 즉, +300m와 +600m로부터, 約 1km정도일 것으로 推定된다. 陷沒 後, 마그마의 再上昇에 따른 火成活動으로 環狀斷層線上에 環狀貫入岩들이 貫入하였고, 中心部에서는 中心深成岩이 貫入하였다.

現在에는 環狀貫入岩의 일부와 中心深成岩體가 露出되어 있는 상태에 까지 浸蝕이 進行되어 있다.

本域의 火成活動史는 車文星과 尹成孝(1988)에 의한 韓半島의 火山陷沒構造와 環狀複合岩體의 研究에서 밝힌 火山岩體의 形成史, 즉 ① 칼데라 形成 前의 火山活動, ② 칼데라 形成에 수반된 火山噴出과 칼데라 陷沒, ③ 陷沒 後의 火成活動의 단계에 잘 일치된다.

本域의 火山活動史를 도해하면, Table 9와 같다.

### 結 論

高興半島 일원에 分布하는 火山岩類는 先캄브리아紀의 智異山片麻岩複合體와 白堊紀의 豆原層을 基盤으로

하여, 下位에서 上位로 감에 따라, 岩相과 化學組成에 의해, 飛鳳山安山岩, 高興凝灰岩 및 角礫岩, 八影山熔結凝灰岩으로 構成되며, 後期の 環狀貫入岩과 中心深成岩에 依해 貫入 당한다.

高興凝灰岩은 下位에 角礫岩相을 보이며, 細粒凝灰岩, 粗粒凝灰岩, 그리고 火山礫凝灰岩의 互層으로 構成되는 流紋岩質降下灰凝灰岩層(ash-fall tuff deposits)이다. 八影山 熔結凝灰岩은 下位에는 熔結火山礫凝灰岩이나, 그 大部分은 유리질熔結凝灰岩으로 構成되는 流紋石英安山岩質~流紋岩質灰流凝灰岩層(ash-flow tuff deposits)이다.

環狀貫入岩은 火山岩體 緣邊部의 環狀斷層線上에 位置하며, 貫入角礫岩, 安山斑岩, 貫入流紋岩 및 細粒石英閃綠岩으로 構成된다. 中心深成岩은 火山岩體의 中央部에 貫入해 있으며, 直徑은 7km×8km이며, 組織과 鑛物成分에 따라 外側에서 內側으로 감에 따라 閃綠岩, 石英閃綠岩, 黑雲母花崗岩, 微文象花崗岩으로 構成되는 累帶深成岩體(zoned pluton)의 樣狀을 띤다.

本域의 火山岩類 및 貫入岩들은 化學組成上의 特徵으로 볼 때, 非알카리암系列에 속하며, calc-alkaline 岩系列의 마그마를 起源으로 하는 分化產物이다.

本域의 火山岩體는 中心部의 降下灰凝灰岩과 灰流凝灰岩의 累層과, 이를 緣邊에서 둘러싸는 環狀斷層 및 그 線上的 貫入岩과, 火山岩體의 中央部에 貫入한 中心深成岩體로 構成되는 環狀複合體로서 再生콘드론(resurgent cauldron)의 下部構造를 나타낸다. 高興콘

드른은 長徑 30km, 短徑 25km의 橢圓狀의 輪廓을 한다. 콜르른의 陷沒量은 約 1km以上으로 추정된다.

### 謝 辭

本 研究를 위해 指導와 激勵을 아낌없이 하여 주신 釜山大學校 地球科學科의 車文星教授님께 깊은 感謝를 드리며 本 論文을 읽고 많은 조언을 주신 江原大學校 元鍾寬 教授님께 感謝드립니다. 또한 野外 조사時 많은 도움을 준 신국성석사와 지구과학과 지질학교실학생들에게 감사드립니다.

### 參考文獻

- 國立地質鑛物研究所(1973) 木浦圖幅(1:250,000)
- 金相旭(1972) 全羅南道 南海岸 一帶의 白堊紀 火山活動에 關하여, 손치무교수 송수기념논문집, p. 113-118.
- 金相旭 · 尹允英(1971) 진도 · 지산圖幅(1:50,000) 및 설명서.
- 金相旭 · 李永吉(1981) 榆川盆地 北東部 白堊紀 火山岩類의 火山岩石學 및 地質構造, 鑛山地質, 14, p. 35-49.
- 이대성 · 이하영(1976) 韓國 西南海岸地域에 分布하는 含油質物層에 關하여, 地質學會誌, 9, p. 45-74.
- 李明煥(1970) 보성군 득량면 일대의 流紋岩과 凝灰岩에 關한 岩石學的 연구, 서울대학교 석사학위논문, p. 1-59
- 자원개발연구소(1979) 高興地域 銅鑛床에 대한 研究, KIGAM Bulletin-04, p. 1-51
- 정경희(1986) 진도 동부의 화산암류 및 심성암류에 대한 암석학적 연구, 연세대학교 석사논문, p. 1-51.
- 車文星 · 尹成孝 · 愼國星(1986) 韓半島 西南部 永洞-光州陷沒帶內의 火山陷沒體(Ⅰ), 釜山大學校 自然科學論文集, 42, p. 305-315.
- 車文星 · 尹成孝(1987) 韓半島 西南部 永洞-光州陷沒帶內의 火山陷沒體(Ⅱ), -康津콜르른의 地質과 形成過程-, 釜山大學校 師大論文集, 15, p. 215-226
- 車文星 · 尹成孝(1988) 韓半島의 火山陷沒構造 및 環狀複合岩體에 關한 研究, 地質學會誌, 24. 특별호, p. 67-86.
- 田結庄良昭 · 野澤保(1985) 日本 累帶深成岩體 카타로그, MAGMA, 73. p. 1-17
- Elston, W.E. (1984) Mid-Tertiary ash-flow tuff cauldrons, southwestern New Mexico, Jour. Geoph. Res., 89(B10), p. 8733-8750.
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Can. Jour. Earth Sci., 8, p. 528-548.
- Kim, O.J. (1971) Metallogenic epochs and provinces of south Korea, Jour. Geol. Soc. Korea, 7, p. 37-59.
- Kinosaki, Y. (1929) Geological map of the Haenam and Usuyeong sheet(1:50,000),
- Kuno, H. (1968) Differentiation of basalt magmas(*in* Hess, H.H., Poldervaart, A., ed. Basalts, II, Wiley Interscience Publ., New York), p. 624-688.
- Lipman, P.W. (1976) Caldera-collapse breccias in the western San Juan Mountains, Colorado, Geol. Soc. Am. Bull., 87, p. 1397-1410.
- Peacock, M.A. (1931) Classification of igneous rock series, Jour. Geol., 39, p. 54-67.
- Reynolds, D.L. (1954) Fluidization as a geological process and its bearing on the problem of intrusive granites, Am. Jour. Sci., 252, p. 577-614.
- Reynolds, D.L. (1956) Calderas and ring-complexes, Verh. Ned. Geol. Mijnbouw. Geneet., 16, p. 355-379.
- Shin, K.S. (1987) Geology and structure of Wando cauldron, Wando-gun, Cheollanam-do, M.S. thesis, Pusan National University, p. 1-34.
- Smith, R.L., and Bailey, R.A. (1969) Resurgent cauldrons, Mem. Geol. Soc. Am., 116, p. 613-663.
- Wright, J.B. (1969) A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite gneiss, Geol. Mag., 106, p. 370-384.