

博士學位請求論文

濟州島の形成過程과 火山活動에 관한 研究

建國大學校 大學院

元 鍾 寬

1975

元鍾寬의

理學博士學位 請求論文을 認准함

審 查 委 員

主審 \_\_\_\_\_

副審 \_\_\_\_\_

委員 \_\_\_\_\_

委員 \_\_\_\_\_

委員 \_\_\_\_\_

1975 年      月      日

建國大學校 大學院

454  
원 75 2

# 濟州島의 形成過程과 火山活動에 관한 研究

## Study of Geologic Development and the Volcanic Activity of the Jeju Island

Department of Geography, Kon-Kuk University,  
Seoul, Korea

元 鍾 寬\*  
Chong Kwan Won

### 目 次

- |               |                          |
|---------------|--------------------------|
| 1. 緒 論        | 4) 化學成分으로 본 濟州島 火山岩類의 特性 |
| 2. 研究 範圍 및 方法 | 5) 岩石化學의 考察              |
| 3. 地 形        | 6. 火山活動과 地質構造            |
| 1) 概 觀        | 1) 概 要                   |
| 2) 地形的 特性     | 2) 火山活動相                 |
| 4. 地 質        | 3) 火山活動과 構造              |
| 1) 概 要        | 4) 火山體의 構造               |
| 2) 火山岩類의 噴出順序 | 7. 濟州島의 形成史              |
| 3) 地質各論       | 1) 形成過程                  |
| 5. 岩石學의 研究    | 2) 地盤運動史의 考察             |
| 1) 概說         | 8. 結 論                   |
| 2) 火山岩類의 鑛物組成 | 參考文獻                     |
| 3) 火山岩類의 化學成分 |                          |

### Abstract

Jeju Island is situated in Korea Strait to the south of the main Peninsula at the geographical coordinate between longitude E 126°10' to 126°58' and latitude N 33°12' to N 33°34'.

Also the Island covers an area of approximately 1,792.06 km<sup>2</sup>, i.e., 32 km, northsoutherly and 74 km eastwesterly in the short and long axial distances respectively, and the perimeter being about 263 km.

Haraguchi, a Japanese geologist mapped the island geology on the scale of 1:50000 in 1931. The Geological Survey of Korea is carrying out, since 1962, geological mapping in the selected areas mainly along south and west coasts of the Island. Members of Department of Geology, Seoul National University, had undertaken also geological mapping around Mt. Hanla as a part of their academic works in 1957.

The main aim of this paper is in describing the geologic evolution and in discussing mainly problems of volcanisms in Jeju Island.

The shape of Jeju Island, a volcanic island, is of an ellipse with the long axis trending north  $70^{\circ}$  eastwardly. Mt. Hanla, rising 1950m above sea level and being situated at the center of the island, has a gentle slope toward the long axis ( $N70^{\circ}E$ ), of the island whereas a more or less steep slope toward the short axis ( $N20^{\circ}W$ ). As far as the shape of the island is concerned, it resembles to a Aspite type.

The crater of the Mt. Hanla is called as Baegrogdam which acted as the center of the eruption throughout the history of the volcanic actions. Most of the lavas, except parasitic cones, were poured out from this crater, resulting in a symmetrical form of the volcano.

Geology of Jeju Island is mainly composed of trachyte, trachy-andesite, andesite and basalt with some sedimentary rocks, exactly tuffaceous. The basalt is most widely distributed, the trachyte and trachy-andesite are in the next order, and the sedimentary rocks are least abundant. These volcanic flows were erupted over more than 79 times. The sequence of the volcanic and sedimentary rocks in the island was determined by field evidences and by the study of boring core samples. The field evidences taken into accounts are the presence of glassy materials produced due to rapid cooling at the base and the upper parts of lava flow, and the presences of clay, rounded pebbles and pyroclastic materials between two different lava flows.

The sequences of the volcanic eruptions and some sedimentary rocks in Jeju Island, in order from young to old, is listed as follows:

Shell-sand Formation	~~~~~unconformity~~~~~	
~~~~~unconformity~~~~~	Jeju Basalt	
Parasitic volcanic ejectas	~~~~~unconformity~~~~~	
~~~~~unconformity~~~~~	Sinyangri Formation	
Baegrogdam Basalt	~~~~~unconformity~~~~~	Seongsanpo Formation,
~~~~~unconformity~~~~~	Jungmun Trachyte	Hwasun Formation
Hanla san. Trachy-andesite	Seoqwipo Trachyte	
~~~~~unconformity~~~~~	~~~~~unconformity~~~~~	
Hanlasan. Basalt	Pyoseonri Basalt	
~~~~~unconformity~~~~~	~~~~~unconformity~~~~~	
Seongpanak Basalt	Seoqwipo Formation	
~~~~~unconformity~~~~~	~~~~~unconformity~~~~~	
Sihungri Basalt	Basal Basalt	
~~~~~unconformity~~~~~		
Beobjeongri Trachyte		
Hahyori Basalt		

The Island has begun to exist from Pliocene to Quaternary in geologic age. There is a couple of old manuscripts which date the volcanic activities of the island. They say there were several eruptions in 1002 and 1007 A.D..

The external conditions of lava eruption were different from place to place. For example, some basalts can not be found in the south side of Mt. Hanla but in the north side. Therefore the order of eruption and the geologic structure are different locally.

The eruption cycles of 5 stages determined by probably from eruption of basalt to trachyte or trachy-andesite. The volcanic rocks erupted during 1st and 2nd stage are distributed in the coastal areas, forming lava plateau. It might be the areal eruption. Whereas the lava flows

erupted after 2nd stage had come out from the Baegrodam, the present crater lake of Mt. Hanla, and it's neighboring craters, acted as a site of centural eruption. Baegrodam Basalt is the last of all in order of eruptions. After eruption of Baegrodam Basalt, the eruptions transformed to prasitic volcanic activities.

According to the geological field survey, the eruption conditions of basalts erupted before Pyoseonri Basalt are not known exactly, but Basal Basalt (olivine-pyroxene basalt) is found by boring core samples under the Seoqwipo Formation

Judging from the rock phases and petrographic provinces, the volcanic rocks of Jeju Island are situated in the inner zone of Japanese Island Arc. But they are epuivalent to those found on the volcanic islands scattered in the Pacific Ocean Basin, so called "Intra-Pacific Province". The volcanic rocks of the island lie within the Oceanic Type which is characterized by rick in olivine and alkali composition. But feldsparthoid minerals are not found in the rocks of the island and rich in sanidine. As far as the composition of olivine contained in the rocks of the island is concerned, Fe content is higher compared with the Hawaiian Type in which the olivine is rich in Mg content. These evidences suggest that the lavas of the island derived from a olivine-basaltic magma of alkali rich phase. It can be suggested from these facts that Jeju Island is seemed to situate at the continental arc which is lied above the Benioff zone near Japanese Island Arc.

The volcanisms of the island is differentiated into 5 stages in the cycle of volcanic eruptions. They have closely to relate with the formation of the island. The processes of it's evolution can be ordered as follow:

1. the formation of basements.
2. the formation of lava platue.
3. the formation of schield volcano.
4. the formation of parasitic volcano.
5. the dissection of initial form.

## 1. 緒 論

濟州島는 韓半島의 最南端에 位置하고(표 1) 環太平洋造山帶 即, 弧狀列島에서 벗어난 大陸 쪽에 있는 하나의 큰 火山島로서 白頭山, 울릉島와 함께 地質學的으로 매우 興味있는 對象이다.

[표 1] 濟州島의 方位

方	位	位	東	北
東	端	南濟州郡 城山面 城山里	126°57'06"	33°27'15"
西	端	北濟州郡 翰京面 古山里	126°09'40"	33°17'20"
南	端	南濟州郡 大靜邑 하모리	126°17' 33"	33°11' 28"
北	端	北濟州郡 舊佐面 金寧里	126°46'30"	33°33'45"

本島는 第三期末 플라이오세에서부터 第四期에 이르는 동안의 火山活動의 產物로서 形成되었으며 火山地形으로서의 地形的 特徵을 잘 나타내고 있다. 이러한 火山活動은 有史時代에 들어와

서도 그餘韻이 있었던 것으로 알려져 있다. 그러나 現在는 後火山活動의 樣相을 전연 볼 수 없는 하나의 休火山이다.

本島에 대한 學術的인 調查·研究는 극히 최근에 실시되었다. 金鳳均教授(1969, 1970)는 西歸浦層과 新陽里層에 對한 古生物學的인 研究를 實施하여 이들의 層序를 처음으로 確立시켰다. 이에 앞서 本島에 對한 一般地質調查를 처음 實施한 것은 原口九萬(1929, 1931)이다. 1965년에는 韓國地下資源調查所에서 地下水探索을 爲한 基本資料를 提供해 주기 爲하여 地質調查를 하였다. 이와 때를 같이하여 天然保護區域選定을 爲한 學術調查의 一環으로서 서울大學校를 中心으로 하여 地質調查를 實施, 1968년에 調查·研究報告書를 出刊하였다. 그리고 同調査에 참여하였던 李商萬教授(1966)는 濟州島의 火山岩類에 對한 岩石記載的인 研究를 하였다. 金相昊教授(1959)는 本島에 對한 地形學的인 考察을 하였다.

1970~1974년에는 本島 全域에 對한 地下水賦存狀態와 開發可能性調查를 實施함으로써 精密地表地質調查, 地球物理探查와 150餘孔에 達하는 試錐를 實施하였다. (農業振興公社)孫致武教授(1973)는 大韓地質學會 學術發表會에서 「濟州島의 形成過程」에 對한 論文을 發表한 바 있다.

## 2. 研究 範圍와 方法

本研究는 第三紀末에서 第四紀에 걸쳐 있었던 濟州島 全域에서의 火山活動을 中心으로 現在에 이르기까지의 濟州島의 形成·發達過程을 究明하는 데 있다.

火山岩類의 噴出順序는 野外에서의 觀察과 150餘個孔에 達하는 試錐資料에 의하여 樹立되었다. 火山岩類에 對한 岩石學的인 考察은 主로 50個의 標品에 對한 化學成分의 分析和 同一 標品에 對한 偏光顯微鏡의 觀察 結果에 의거하였다.

이러한 資料를 울릉島, 白頭山, 하와이와 日本列島의 內側에 자리잡고 있는 壹岐島 및 隱岐島의 火山岩類와 比較 考察하였다.

前述한 外에 堆積層 및 火山岩類의 關係와 火山噴出型을 考察하였고 火山原地形에서 次地形으로의 變形에 對해서는 地形學的으로 檢討하였다.

本論文을 作成하는 데 있어서의 地質圖는 濟州島地下水報告書(1971)에 添附된 1/100,000 濟州島 地質圖를 參考하였다.

## 3. 地 形

### 1) 概 觀

本島는 火山島로서 火山地形의 特色을 잘 보여 주고 있으며 原地形을 많이 保存하고 있어 侵

蝕輪廻로 보아 幼年期에 屬한다.

本島의 平面上的 모양은 長軸이  $N70^{\circ}E$ 인 橢圓形이다. 이는 韓半島의 南海岸線과 나란하며 遼東方向과 一致한다. 長軸의 길이는 73 km이고 南北方向의 短軸의 길이는 31 km이다. 따라서 漢拏山을 中心으로 하여 東西 斜面은 매우 완만한 傾斜( $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ )를 이루고 있으나 南北方向에서는 若干 急한 斜面( $5^{\circ}$ 内外)을 갖는다. 全體的으로 보아 쉘드火山에서 흔히 볼 수 있는 아스피테型火山이라고 할 수 있다. 이러한 모양은 本島를 形成하는 火山噴出이 前半期에는 廣域噴出이었으나 적어도 後半期에 들어와서는 白鹿潭을 火口로 한 中心噴出에 基因되는 것이다.

本島의 地形은 開析의 程度가 얼마되지 않으므로 侵蝕의 影響보다 火山噴出型과 그에 隨伴하거나 그 後에 있는 地盤의 隆起와 密接한 關係를 갖는다. 本島의 南海岸一帶에서는 海蝕과 隆起가 地形構成에 큰 要因이 된다. 開析의 程度는 時間的인 要因과도 密接한 關係를 갖는다. 오래된 熔岩流의 表面일수록 開析의 程度가 높으며 後期의 噴出인 漢拏山玄武岩과 白鹿潭玄武岩의 表面은 原地形을 거의 그대로 保存하고 있다. 이러한 現象은 本島에 있어서 地形의 特色을 이루고 있는 360餘個의 寄生火山에서도 觀察된다. 後火山活動의 產物로서 形成된 大部分의 噴出丘들은 火山段階에 있으나 城山層 및 和順層의 堆積期에 形成되었으리라고 믿어지는 火山丘들은 플라네즈段階로 開析되었다.

## 2) 地形의 特性

本島의 水系는 地勢가 漢拏山을 頂上으로 하여 圓錐狀을 이루고 있어 放射狀水系를 나타낸다. 그러나 南北兩側 斜面에 比하여 傾斜가 완만하고 긴 斜面과 넓은 熔岩臺地가 發達하는 東·西쪽에서는 水系의 發達이 훨씬 貧弱하다. 따라서 많은 河川들은 南流하거나 北流한다. 이의 分水界는 漢拏山을 中心으로 하여 城板岳과 土赤岳의 中間과 漢大岳을 연결하는 線이다.

漢拏山을 中心으로 한 頭部侵蝕의 先端은 標고 1,600m에 까지 이루고 있으며 河川의 水源은 1,400~1,600m 地點에서 發源한다. 그들의 流路는 單斜面上에서 直線的이고 V字型 溪谷을 이루고 있으며 海岸地帶에 이르기까지 下刻作用이 매우 活潑하여 幼年期地形의 特色을 잘 나타낸다. 이러한 地形上的 특징과 流路上에 있는 透水層과 河床에 發達하는 柱狀節理에 의하여 河水는 伏流하여 흔히 乾川을 이룬다. 이들의 水源을 이루는 湧泉은 御乘生泉, 靈室泉, 九九谷泉, 城板岳泉等이 有名하며 이들은 두 熔岩流사이의 不整合面에서 湧出된다. 이들은 모두 標고 1,300 m 상에 位置한다.

本島의 南斜面과 北斜面上에서의 河川發達의 樣相은 若干의 差異를 나타낸다. 南斜面의 河川들은 下流에서 깊이 20餘m에 達하는 狹谷을 形成하고 있는데 반하여 北流하는 河川들은 下流에서의 河幅이 20~30m에 까지 達하나 谷深은 3~4m에 不過하다. 南流하는 天池川, 天帝川, 安德川 等の 下流部에서는 깊이 40~50m의 深谷을 形成하며 懸壁에서의 粗面岩의 柱狀節理는

一大 壯觀을 이룬다.

이러한 南·北 兩斜面에서의 河川發達의 差異는 첫째, 北岸에 比하여 南海岸이 隆起의 速度가 빠르므로 活潑한 下刻作用이 進行되었고 둘째, 南斜面下流部の 河床 및 谷壁은 柱狀節理가 發達한 粗面岩이어서 그에 따르는 blocking에 基因되는 점이다. 그러나 北流하는 河川들은 上流部에서 深谷을 이루는 傾向이 있다.

本島의 山系는 크게 보아 漢拏山을 頂上으로 하는 쉘드火山體를 이루고 있다. 이 쉘드火山體 上에 360餘個에 達하는 寄生火山들이 散在되어 있다. 따라서 山系의 特性은 漢拏山을 除外하고는 모두가 寄生火山丘로서 특징지을 수 있다.

쉘드火山體는 原地形의 모양을 잘 保存하고 있어 幼年期地形의 특징을 잘 나타내며 野外에서 噴出時期를 달리하는 火山岩類를 區分하는 데 큰 도움이 된다.

寄生火山은 軍山과 같은 複合火山과 城山層 및 和順層 堆積期에 形成된 것들을 除外하고는 大體로 圓錐形 또는 頂上部가 파괴된 圓錐形을 이룬다. 圓錐의 모양은 各火山丘의 噴出型에 따라서 다르며 斜面의 傾斜는 大體로  $25^{\circ}$  内外이다. 圓錐形이 아니고 도움모양을 이루고 있는 山房山이나 森島는 火山丘라고 하기에는 困難하다. 이들은 火道에 充填 固結되었던 熔岩이 下部에서의 壓力에 의하여 上昇하였으리라 생각된다. 이런 경우 斜面의 傾斜는 大體로  $50^{\circ}$  内外이며 粗面岩質安山岩으로 되어있다. 메오름(梅峰, 表善里 西쪽 2km)에서와 같이 玄武岩으로 되어있는 火山丘의 傾斜는 매우 완만하며 不規則적인 모양을 이루기도 한다.

海岸低地帶에 따라서 分布하는 火山丘들 中에는 城山과 같이 火山碎屑物로된 堆積岩層으로 構成되어 있는 것들도 있다. 이들 火山丘 周邊에는 固化된 和順層이 發達되어 있어 和順層의 堆積期에 있는 火山噴出의 產物로 생각된다. 그리고 이들은 水中堆積에 의한 것으로서 隆起하는 동안 甚한 海蝕을 받아 火山의 原地形이 많이 파괴되었다. 이들은 開析의 程度가 大體로 플라에즈段階에 있으나 簞山과 같이 骨格段階에 들어선 것도 있다.

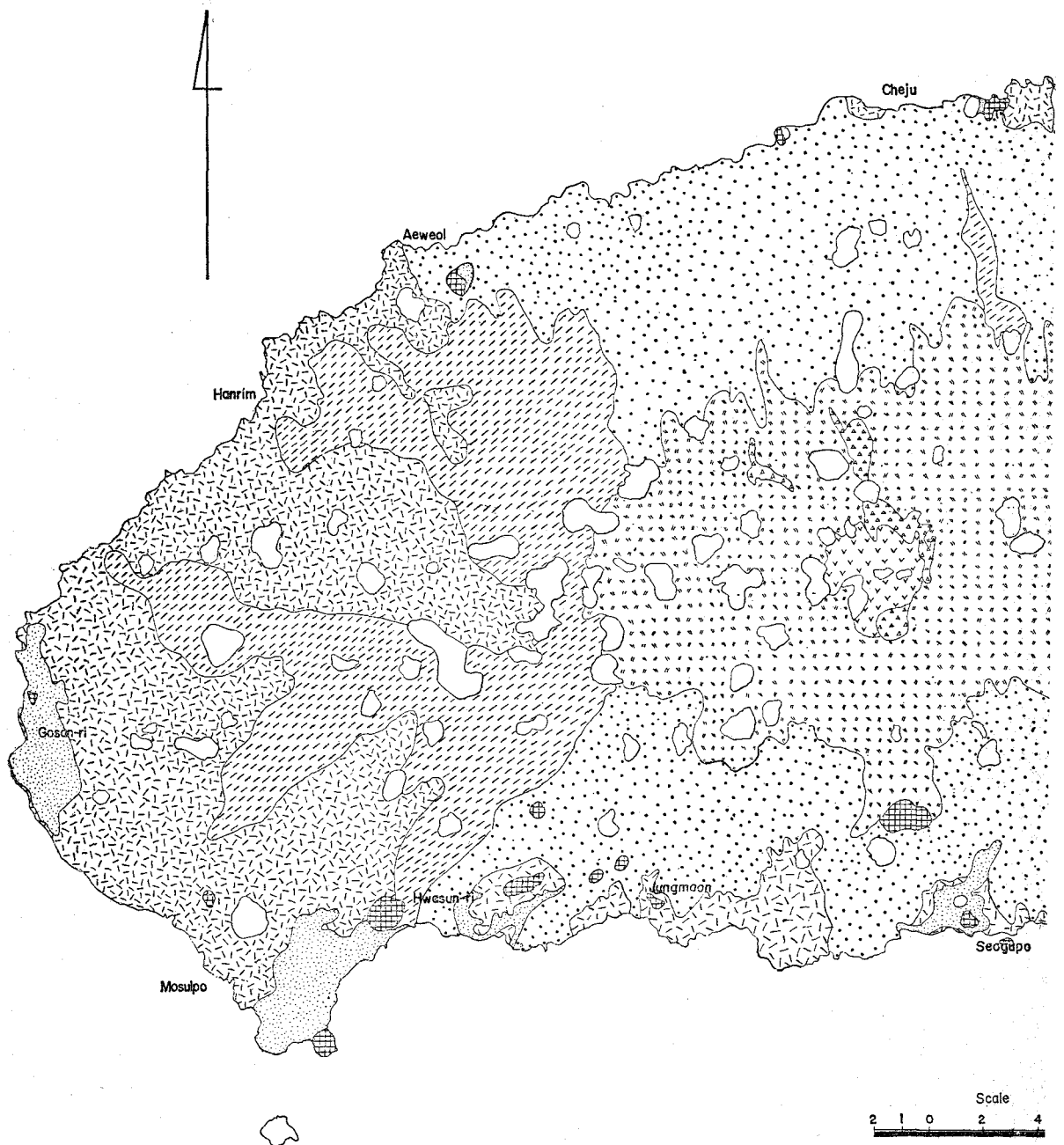
火山丘의 높이는 山房山, 御乘生岳, 城板岳과 같이 310m, 250m, 145m에 達하는 것들이 있는가 하면 弓山과 같이 不過 34m의 것들도 있어 王陵과 같은 外觀을 보여 주기도 한다. 살금부리오름은 丘의 높이가 10m를 넘지 못하나 火口의 깊이는 130m에까지 達한다.

## 4. 地 質

### 1) 概 要

本島의 地質은 第三紀의 플라이오세의 西歸浦層과 第四紀 플라이스토세에 屬하는 城山層, 和順層 및 新陽里層等の 堆積岩層과 玄武岩, 粗面岩質安山岩, 粗面岩等の 火山岩類, 寄生火山에

FIG.1 GEOLOICAL MAP OF JEJU ISLAND



서 噴出된 火山碎屑物等으로 構成되어 있다.

本島에서의 火山活動은 크게 5回の 噴出輪週로 區分되며 總79回 以上에 達하는 熔岩噴出이 관찰된다. 이들 火山岩類의 噴出順序와 地質系統은 表 2와 같다.

〔表 2〕 火山岩類의 噴出順序 및 地質系統

		介 砂 層	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
第 5 噴出期	{	噴 石 丘 堆 積 物	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		白 鹿 潭 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
第 4 噴出期	{	漢 拏 山 粗 面 岩 質 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		漢 拏 山 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		城 板 岳 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		始 興 里 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
第 3 噴出期	{	法 井 里 粗 面 岩	
		下 孝 里 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		濟 州 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
第 2 噴出期	{	新 陽 里 層	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		中 文 浦 粗 面 岩	城山層 및 和順層
		西 歸 浦 粗 面 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		表 善 里 玄 武 岩	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
第 1 噴出期	{	西 歸 浦 層	
		~~~~~不 整 合~~~~~	
		基 底 玄 武 岩	

噴出順序에 의하여 區分된 玄武岩類는 鑛物組成과 化學成分으로 보아 針狀長石 橄欖石玄武岩, 斑狀輝石玄武岩, 斑狀長石玄武岩, 非顯晶質玄武岩, 長石玄武岩, 피크라이트質玄武岩 等이다. 이들은 本島 全面積의 90% 以上을 차지한다. 360餘個에 達하는 火山丘는 城山層 및 和順層 堆積期에 形成된 것과 最後의 後火山活動의 產物인 第5噴出期에 屬하는 것으로 區分된다. 前者는 粗面岩 또는 粗面岩質安山岩의 熔岩과 火山碎屑物로 構成되어 있으며 10餘座에 不過하다. 後者는 主로 玄武岩質 火山碎屑物로 되어 있다.

本島의 火山活動은 第三紀末에서부터 第四紀에 걸쳐 이루어졌다. 「東國輿地勝覽」 第38卷에

의하면 高麗 中葉인 西紀 1002年과 1007年 2회에 걸쳐 濟州島에는 火山爆發이 있었던 것으로 記錄되어 있다. 李朝烈聖實錄에는 朝鮮 端宗王 甲戌年 12月 甲辰(西紀 1455年 1月 24日)과 顯宗王 庚戌年 10月 丁亥(西紀 1570年 11月 15日)에 火山爆發과 地震이 일어나 人畜에 많은 被害가 있었던 것으로 記錄되어 있다.

## 2) 火山岩類의 噴出順序

火山岩類의 噴出順序는 野外에서의 觀察과 150餘孔에 達하는 試錐資料에 의하여 確立되었다. <Fig. 2>는 그들 中 重要的 試錐코아의 柱狀圖이다.

地質圖上에서의 觀察에 의하면 火山岩의 噴出順序는 地形과 密接한 關係를 갖는다. 露出되어 있는 火山岩類中 가장 初期의 것으로 믿어지는 表善里玄武岩은 本島의 東·西 兩海岸低地帶에 넓게 分布하나 後期の 漢拏山 및 白麓潭玄武岩 등은 漢拏山 頂上을 中心으로 하여 高山地帶에만 分布한다. 大體로 從斷面과 橫斷面上에서의 觀察에 의하면 가장 오랜 火山岩이 낮은 곳에 分布하고 새로운 것일 수록 높은 地域에 分布한다.

그러나 第4 噴出期初의 始興里玄武岩은 後期에 屬하는 것이라도 表善里玄武岩과 거의 分布를 같이 하고 있는데 이는 하나의 噴出輪廻內에서의 初期 現象과 關聯된 것이다.

噴出輪廻를 5期로 區分한 것은 다음과 같은 理由에서이다. 첫째, 各噴出期에 있어서의 最下部의 不整合은 火山岩類의 分布와 密接한 關係를 갖는 地形上의 特徵에 있어서 잘 나타난다. 둘째, 各噴出期에 있어서의 初期의 玄武岩은 넓은 分布를 이루는 데 반하여 後期로 갈수록 좁은 分布를 한다. 셋째, 마그마分化로 볼 때 初期의 玄武岩에서 粗面岩으로 移化한다. 특히 第1 噴出期과 第2 噴出期 사이, 第2 噴出期과 第3 噴出期 사이에는 두터운 凝灰質堆積岩層 即 西歸浦層, 和順層 및 城山層과 新陽里層을 挾在하고 있어 이는 各噴出期의 終末을 뜻하는 것이다. 다음은 試錐 結果와 野外觀察에 의하여 判定된 噴出의 先後關係를 밝힌 것이다. (Fig. 2 참조)

### 1. 最下部의 基底玄武岩

本岩은 露出되어 있는 곳은 없으나 試錐孔 B-94, 95, 96, 68에 의하면 西歸浦層의 下位에 玄武岩이 있음이 確認되었다. 이들은 各各 海水準面下 -13m, -3.5m, -26.5m, -31m, -73m 地點에서 發見되었다. 그리고 西歸浦層이 分布하는 西歸浦 附近 海岸에서는 썰물 때 海水面上에 本岩이 露出되기도 한다.

그러나 試錐에 의하여 基底玄武岩의 모든 두께를 確認하지 못하였고 最高 17m 까지 밖에 뚫지 못하였으므로 그 下位에서도 堆積岩層과 互層을 이루며 火山岩이 發達되어 있으리라는 可能性도 있다. 이는 이 玄武岩이 濟州島의 基盤岩으로 취급하여도 될는지 의문점을 남기는 것이다

### 2. 西歸浦層과 表善里玄武岩과의 關係

表善里玄武岩은 地表에 露出된 火山岩中 最下部에 屬하며 東·西 海岸低地帶에 넓게 分布한

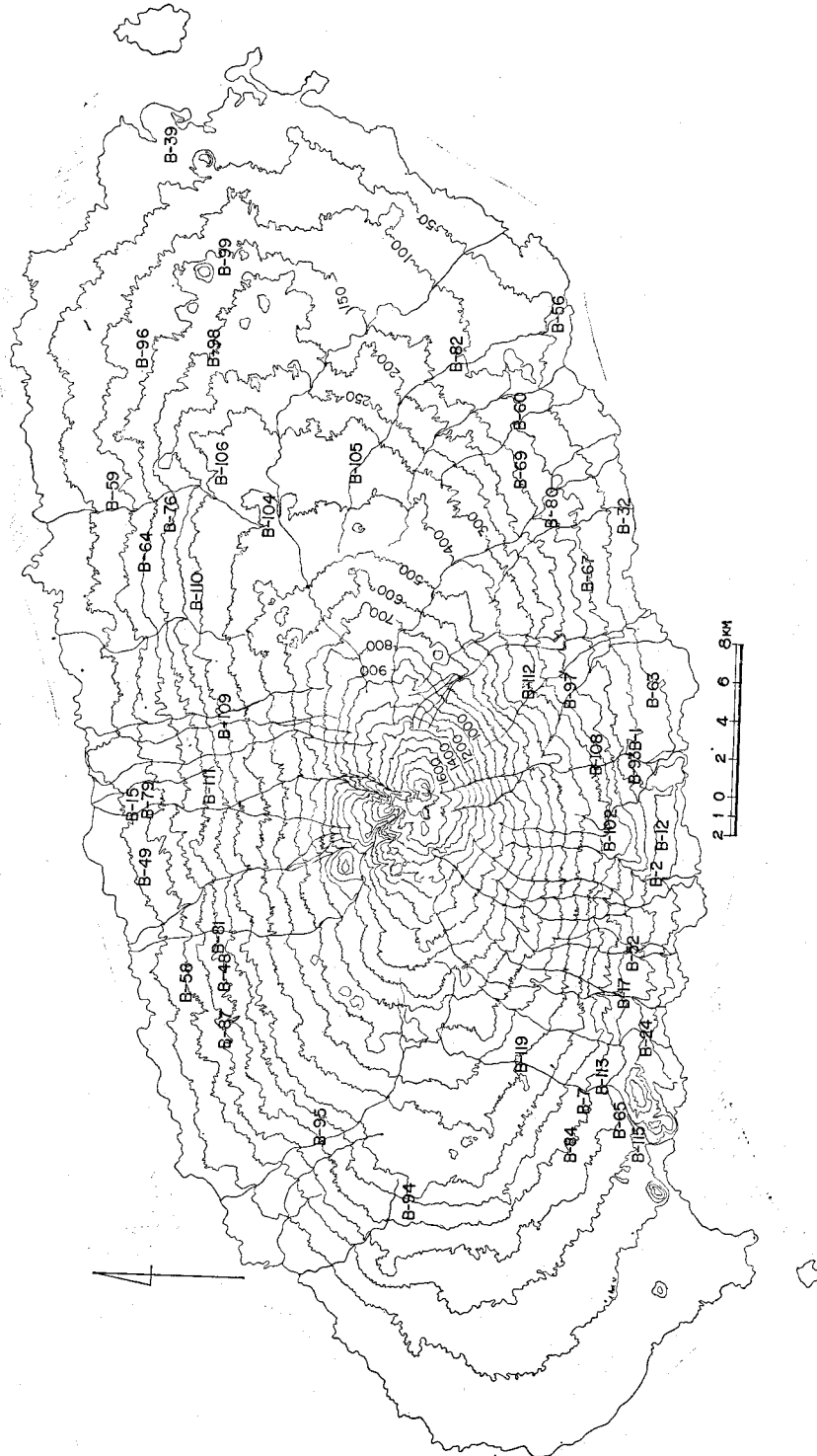


Fig. 3 Distribution Map of Boring site and River System in Jeju Island.

다. 地表面上에서 西歸浦層과 直接 接하고 있는 곳은 없으나 試錐孔 B—64(—50m), B—69(+25.8m), B—70(+91.7m), B—81(—12.3m), B—84(+11m), B—94(+70.8m), B—95(+92.4m), B—96(—20.2m), B—98(0m) 등에서 表善里玄武岩 下位에서 西歸浦層의 存在를 確認하였다.

### 3. 表善里玄武岩과 西歸浦粗面岩과의 關係

表善里玄武岩은 漢拏山—僞美里—和順의 三角地帶(本島 南斜面の 中央部)에서는 地表上에서 뿐만 아니라 試錐結果에 의해서도 發見되지 않아 그 地域에는 分布하지 않음이 確認되었다. 그러나 西歸浦粗面岩은 中文粗面岩과 함께 表善里玄武岩이 分布하지 않는 上記한 三角地帶內에만 分布한다. 따라서 地表上 뿐만 아니라 試錐結果에 의해서도 兩者의 直接的인 關係를 알 수 없다.

同域에서 西歸浦粗面岩은 西歸浦層을 不整合으로 덮고 있음이 觀察되고 試錐孔 B—1(+29.2m), B—2(+20m), B—65(+24.2m), B—93(+10.2m), B—102(+138.8m)에서도 確認되었다.

### 4. 城山層과 和順層과의 關係와 層序의 位置

著者は 城山層의 分布와 層序의 由로 西歸浦粗面岩과 中文粗面岩 사이에 있다는 既調査者들의 見解와 意見을 달리한다.

城山에서 由來된 標式地의 城山層이 海岸低地帶에 散在하여 있는 貝殼을 含有하지 않고 粗粒質인 모든 凝灰岩을 代表할 수 있는가 하는 점은 의문이다. 著者は 漢拏山—僞美里—和順의 三角地帶와 沙羅峰—別刀峰 附近, 平山峰, 梅峰 等地에서 粗面岩流와 함께 分布하는 粗粒質凝灰岩層을 和順層이라고 命名한다.

城山層과 和順層은 서로 떨어져 分布하여 있고 그들 下位에 있는 火山岩類의 種類를 달리하므로 兩者의 關係를 알 수 없다.

城山層은 東·西 兩海岸低地帶에서 表善里玄武岩을 不整合으로 덮고 있으나 和順層은 上記한 三角地帶의 海岸低地帶에서 西歸浦粗面岩의 上部에서부터 中文粗面岩의 上部에 이르기까지 그들 粗面岩層과 함께 互層을 이루며 分布한다. 西歸浦邑 西쪽 2km 地點에서는 同凝灰岩層이 中文粗面岩을 덮고 있음이 觀察된다.

### 6. 新陽里層과 그 下位 및 上位와의 關係

本層은 城山浦—新陽里一帶에서 表善里玄武岩과 城山層을 不整合으로 덮는다. 착정공 W—14(涯月面東貴里)에서는 濟州玄武岩 下位(—3.5m~—15.4m)에서 新陽里層과 對比되는 凝灰岩層이 發見되었다. 따라서 本層의 上限도 어느 程度 밝혀졌다고 할 수 있다.

### 7. 濟州玄武岩과 그 下位岩層과의 關係

本岩은 本島의 東南海岸地帶에서 表善里玄武岩을, 濟州를 中心으로 한 北쪽 海岸地帶에서는 表善里玄武岩과 和順層을 덮고 있다. 試錐孔B—3(+57.2m), B—9(+4.9m), B—27(+66m),

B—32(+24.2m), B—60(+88m), B—80(+69m), B—82(+39.8m), B—105(+308.5m), B—110(+174m)에서는 下位の 表善里玄武岩, B—56(0m)에서는 和順層, B—72(+31m)에서는 西歸浦層과 接하고 있음이 確認되었다.

#### 8. 下孝里玄武岩과 下位層과의 關係

本岩은 漢拏山을 사이에 두고 南·北 兩斜面에서 西歸浦 및 中文粗面岩, 濟州玄武岩, 和順層 등을 덮고 있다. 試錐孔 B—1(+50.4m), B—2(+59m)에서는 下位에 西歸浦粗面岩, B—7(+174m), B—12(+60.5m), B—17(+125.5m), B—24(+55.2m), B—52(+100.4m), B—113(+157.37m), B—116(+131.5m), B—119(+55.2m)에서는 中文粗面岩, B—48(+235.8m), B—58(+51.5m), B—72(+91m), B—111(+168.3m)에서는 濟州玄武岩, B—49(+435m), B—87(+19.5m), B—115(+36.6m)에서는 表善里玄武岩, B—63(+9.6m), B—97(+191.5m), B—108(+151.3m)에서는 西歸浦層, B—65(+8.7m), B—102(+267.5m)에서는 下位에서 和順層이 發見되었다.

#### 9. 法井里粒面岩과 그 下位岩層과의 關係

本岩은 西歸浦와 中文 사이에서 中文粗面岩과 下孝里玄武岩을 덮으며 그들 보다 地形上으로 높은 곳에 分布한다.

#### 10. 始興里玄武岩과 그 下位 岩層과의 關係

本岩은 本島의 東·西 中山間地帶—海岸低地帶에서 表善里玄武岩을 비롯하여 城山層, 下孝里玄武岩, 濟州玄武岩 등을 덮고 있다. 試錐孔 B—3(+64.9m), B—56(+17.5m)에서는 下位에 濟州玄武岩, B—39(+8.7m), B—64(+139.5m), B—70(+184.8m), B—76(+156m), B—83(+47m), B—98(+184.7m), B—99(+79.5m), B—106(+304.9m)에서는 表善里玄武岩, 그리고 B—58(+91.2m), B—119(+157.5m)에서는 下孝里玄武岩을 덮고 있음이 관찰된다.

#### 11. 城板岳玄武岩과 그 下位岩層과의 關係

本岩은 本島의 東南部에서 表善里玄武岩, 濟州玄武岩, 下孝里玄武岩, 始興里玄武岩 등을 덮고 있다. 試錐孔 B—32(+34.6m)와 B—80(+123.5m)에서는 濟州玄武岩, B—104(+191.8m)에서는 表善里玄武岩이 本岩의 下位에 나타난다.

#### 12. 漢拏山玄武岩과 그 下位 岩層과의 關係

本岩은 漢拏山을 中心으로 하는 中山間地帶와 山岳地帶에서 濟州玄武岩, 下孝里玄武岩, 法井里粗面岩, 始興里玄武岩, 城板岳玄武岩 등을 덮고 있다. 試錐孔 B—125(+522m), B—126(+514m)에서는 本岩의 下位에 濟州玄武岩, B—128(+1107m)에서는 城板岳玄武岩이 發見되었다.

#### 13. 漢拏山粗面岩質安山岩과 그 下位 岩層과의 關係

本岩은 漢拏山 西北쪽 山岳地帶에 있는 御乘生岳의 兩쪽 溪谷에서 漢拏山玄武岩을 덮고 있다. 同溪谷에 따라 分布하는 本岩은 侵蝕에 의하여 溪谷이 形成된 後 그 侵蝕面上에 流出된 것

으로 思料된다.

#### 14. 白鹿潭玄武岩과 그 下位岩層과의 關係

本岩은 最後의 熔岩流出로서 漢拏山 西側 高山地帶에서 漢拏山玄武岩, 漢拏山粗面岩質安山岩을 덮고 있다.

#### 15. 寄生火山 噴出物과 基盤岩層과의 關係

後火山活動의 產物인 360餘座의 寄生火山은 本島 全域에 걸쳐 前記한 모든 火山岩類上에 놓여 있다.

### 3) 地質各論

#### 1. 堆積岩類

##### ① 西歸浦層

西歸浦層의 露出은 西歸浦 附近 海岸을 따라 延長 1km의 小規模의 分布를 이루고 있으나 試錐孔 B—64를 비롯하여 數個孔에서 確認되어 本島 全域에 걸쳐 基底玄武岩과 함께 本島의 基盤을 이루고 있으리라 생각된다.

그의 層厚는 西歸浦 附近 露出部에서의 觀察에 의하면 52m에 達한다. 試錐孔 B—94, B—95에서는 本層의 下位에서 基底玄武岩이 나타나 同試錐地點(本島의 北西部)에서 確認된 本層의 두께는 各各 83.8m와 93.9m이다. 試錐孔 B—72(西歸浦邑 東北方)에서는 73m의 두께까지 確認되었으며 그의 下部가 계속될 可能性이 있다.

本層은 淡黃—淡褐色凝灰質砂岩, 砂質세일과 세일로 되어 있다. 이들은 서로 互層을 이루고 있으며 3枚의 貝類化石帶와 3회의 다이아스탐이 存在한다(Fig. 4 참조). 金鳳均教授(1972)는 本層中에서 底棲性有孔虫 41屬 73種과 浮遊性有孔虫化石 8屬 18種을 檢出하여 本層이 플라이오世에 屬함을 確認하였다. 有孔虫外에도 많은 軟體動物化石 27屬 37種, 腕足類 4屬 7種, 掘足類 1屬 4種, 海膽類 1屬 1種, 其他 珊瑚, 상어의 이빨 등이 過去 調査者들에 의하여 發見되었다.

本層을 構成하는 凝灰質砂岩中에는 玄武岩의 亞角 礫 또는 圓礫이 含有되어 있는데 이는 本層의 堆積期에 火山活動이 있었고 그 以前에 玄武岩의 流出이 있었음을 意味한다. 本層은 本島의 基底部를 이룰 뿐만 아니라 그의 地質時代가 確認되어 本島의 火山活動의 時期를 記述하는 데 決定的인 역할을 한다.

##### ② 城山層

本層은 城山 日出峰을 비롯하여 東西海岸低地帶에서 도움狀 또는 완만한 傾斜를 이루며 散在한다. 이러한 現象은 主로 火山碎屑物로 構成되어 있는 本層이 그의 堆積期에 있었던 局地火山活動에 의하여 形成되었음을 뜻한다.

本層은 灰色, 黃褐色, 淡灰色 또는 暗灰色을 띠우는 中粒乃至粗粒質凝灰岩으로 되어 있다.

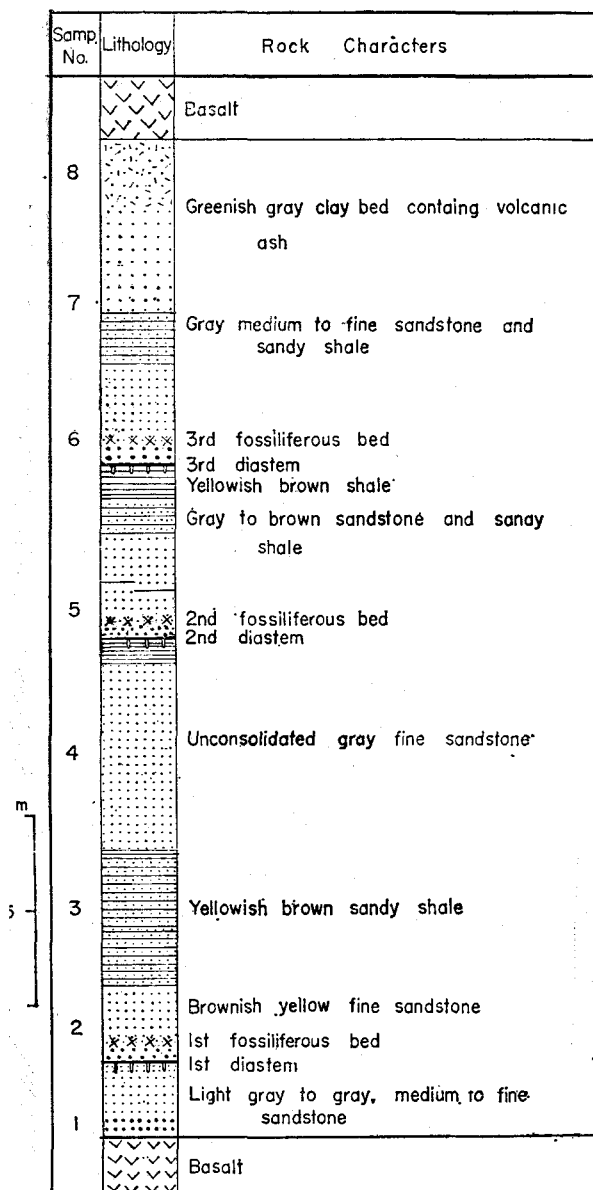


Fig. 4 Columnar section of Seoqwipo Formation, after Kim, Bong Kyun, 1972.

本層은 火山灰, 砂 및 礫과 介砂 等으로 構成되어 있는 凝灰質岩으로 되어 있다. 金鳳均教授 (1969)는 凝灰質細粒砂岩에서 26屬 48種에 達하는 底棲型 有孔虫 化石을 檢出·分類하였다. 그

固結度는 낮은 편이나 侵蝕에 對한 抵抗力이 強해 城山에서와 같이 奇岩絶壁을 이루기도 한다. 粗粒質 凝灰岩內에서는 주먹 크기의 玄武岩質火山塊와 드물게 閃長斑岩片도 發見된다. 本層의 두께는 200餘m에 까지 達하는 곳도 있다.

### ③ 和順層

本層은 過去 調査者들에 의하여 城山層의 一部와 別刀峰層이라고 稱급되었던 것들을 말한다. 그들은 東·西海岸低地帶를 除外한 南·北海岸低地帶에 分布한다. 本層은 西歸浦粗面岩과 中文粗面岩의 分布地域에서는 그들과 互層을 이루기도 하고 中文粗面岩을 덮기도 한다. 部分的으로 粗面岩質岩으로 되어 있는 火山丘의 周圍에서도 本層은 局地的인 分布를 이루기도 한다. 이는 그 火山口에서 噴出된 것임을 뜻한다. 岩相은 城山層과 類似하나 比較的 큰 粗面岩과 玄武岩의 岩片을 含有하고 있는 것이 특징이다.

### ④ 新陽里層

本層은 1963年 以來 數名の 學者에 의하여 觀察되었으나 西歸浦層에 對比시켰을 뿐 그 以上の 記載은 無었다. 그 後 金鳳均教授(1969)는 本層에 對한 古生物學的인 研究를 實施하여 그의 層序와 地質時代를 確立하고 그를 新陽里層이라고 命名하였다. 本層은 南濟州郡 城山面 新陽里에서 城山에 이르는 半島狀의 海岸地帶에 따라 分布한다.

中 Pyrgo Cheongi KIM, n, sp는 新種임을 밝혔다. 本層中에서는 有孔虫 以外에 軟體動物의 破片, 介殼類, 放散虫과 棘皮動物의 針骨들이 發見되었다. 金鳳均教授는 有孔虫 化石에 對한 古生物學的 研究에 의하여 本層의 地質時代가 플라이스토세임을 밝혔다. 本層은 表善里玄武岩과 城山層을 不整合으로 덮는다.

## 2. 火山岩類

### ① 基底玄武岩

西歸浦層의 下位에서 發見되는 本岩은 매우 緻密하고 橄欖石과 輝石의 斑晶들이 集合體를 이루어 聚斑狀組織을 나타낸다. 本岩은 橄欖石을 많이 含有하고 있어 橄欖石玄武岩으로 特徵지을 수 있다. 本岩의 鑛物組成은 細粒乃至 中粒質의 橄欖石 20%, 中粒乃至 粗粒質의 輝石 5%, 斜長石 70%, 其他 磁鐵石, 이팅사이트 等이다. 이들은 흔히 seriate 組織을 보여준다. 斜長石은 最大 消光角의 測定에 의하면 라브라도라이트에 屬하는 것들이다.

本岩의 두께는 아직 確實치 않으나 西歸浦層과의 關係로 보아 플라이오세에 屬하는 火山岩임이 確實하다.

### ② 表善里玄武岩

本岩은 本島의 東西海岸低地帶에서 臺地狀이 넓은 分布를 이루고 있다. 西歸浦를 中心으로 한 南쪽 海岸低地帶(山房山—爲美里間)에는 地表面上에서 뿐만 아니라 同地域內에서의 試錐 結果에 의해도 그 下部에 本岩이 分布하고 있지 않음이 確認되었다. 그러나 濟州를 中心으로 한 北쪽 海岸地帶에는 局部的인 分布를 보여주나 同域에서의 試錐結果에 의하면 下部에서는 넓게 分布하는 것으로 생각된다.

本岩은 針狀의 長石과 橄欖石의 斑晶을 含有하는 緻密한 岩石이다. 熔岩流의 表面에서는 로피構造가 잘 發達하여 파호우에이 호우에이熔岩의 特徵을 잘 나타낸다. 그리고 本岩에는 구갑상 柱狀節理가 發達되어 있으며 매우 多孔質이고 氣孔이 크기가 큰 것이 特徵이다. 어떤 것들은 長徑이 5cm에 達하는 것도 있다.

岩質은 곳에 따라 매우 多樣한 變化를 나타낸다. 表善面三達里 附近에서는 細粒의 橄欖石이 集合體를 이루어 橄欖石團塊로 산출된다. 本島의 西端 高山里와 造水里 附近, 東部 新陽里 附近에서는 中粒의 橄欖石과 輝石의 量이 增加되고 長石은 少量 含有한다. 이들은 橄欖石의 含量으로 보아 피크라이트의 特徵을 나타낸다.

試錐 結果 本岩內에서는 5乃至 16層의 熔岩流가 發見되며 各火山岩流 사이에는 火山碎屑物을 挾在한다. 하나의 火山岩流內에서의 表面部는 多孔質이고 長石의 量이 많으나 下部로 갈수록 長石의 量은 감소하고 非顯晶質의 緻密한 岩相을 나타낸다.

顯微鏡下에서의 觀察에 의하면 파크라이트質玄武岩은 橄欖石 20% 以上을 차지하여 다른 種類의 斑晶은 거의 볼 수 없다. 橄欖石은 鐵分이 많은 hyalosiderite이다. 斜長石은 Andesine-

Labradorite이다. 輝石類는 透輝石 또는 普通輝石이다. 本岩의 鑛物組成은 大體로 斜長石 55%, 橄欖石 10%, 輝石 10%, 磁鐵石 5%, 새니딘 5%, 이딩사이트 5%, 유리질 5%이다.

橄欖石團塊는 淡綠色이며 그의 長徑이 7cm에 達하는 것도 있다. 屈折率測定에 의하면  $N_\alpha = 1.654$ ,  $N_\gamma = 1.694$ 로서 Chrysolite  $[(Mg \cdot Fe)_2 SiO_4]$ 이다.

### ③ 西歸浦粗面岩

本岩은 南쪽 海岸低地帶에서 海岸을 따라 中文面 大坪里에 이르기까지 斷續的으로 分布한다. 매우 緻密하고 中粒의 輝石과 細粒의 橄欖石의 斑晶을 微量 含有한다.

鑛物組成은 正長石 30%, 새니딘 5%, 斜長石 20%, 輝石 15%, 磁鐵石 10%, 유리질 15%이다. 透輝石과 새니딘은 흔히 微斑晶을 이루며 透輝石의 柱面角은  $Z \wedge C = 38^\circ$ 이다. 이들은 흔히 雙晶을 이루고 hour-glass 構造를 보여준다. 石基는 올리고클레이스와 새니딘의 微晶이고 그 間隙에 輝石이 充填하고 있어 粗面岩質構造를 이룬다.

### ④ 中文粗面岩

本岩은 西歸浦粗面岩과 함께 거의 같은 分布를 하고 있으며 緻密하고 長石, 輝石, 橄欖石의 斑晶을 含有한다. 軍山附近에서는 直徑 70cm에 達하는 破塊構造를 나타내기도 한다.

鑛物組成은 大體로 正長石 35%, 斜長石 20%, 輝石 15%, 磁鐵石 10%, 유리질 15%이다. 月坪里 附近의 本岩은 非顯晶質이며 正長石 55%, 輝石 10%, 鐵鑛物 20%, 유리질 10%로서 斜長石을 거의 含有하지 않는다.

### ⑤ 濟州玄武岩

本岩은 漢拏山을 中心으로 하여 本島의 南·北海低地帶와 中山間地帶에 分布한다. 이들은 輝石과 長石斑晶의 有無에 의하여 區分되며 前者는 斑狀輝石玄武岩이고 後者는 斑狀長石玄武岩이라 할 수 있다. 斑狀輝石玄武岩은 本岩層의 下部에서 우세하고 上部에서는 輝石斑晶이 적은 斑狀長石玄武岩이 우세하다. 이들은 다른 玄武岩類들에 比하여 氣孔이 貧弱하며 2~3%에 不過한 細孔이 있을 뿐이다.

斑狀輝石玄武岩: 本岩은 細粒質이며 微弱한 斑狀構造를 이룬다. 斑晶을 이루는 輝石과 橄欖石은 約 5%이다. 鑛物組成은 斜長石 55%, 輝石 20%, 橄欖石 10%, 磁鐵石 5%, 유리질 및 其他 10%이며 이들은 微斑狀構造를 보인다. 이들의 組織은 intersertal 또는 pilotaxitic 하다. 斜長石은 앤메신-라브라도라이트( $Ab_{50} An_{50}$ )이다. 이들 斜長石의 斑晶은 累帶構造를 이루기도 한다. 石基를 이루고 있는 斜長石은  $Ab_{55} An_{45}$ 이다. 橄欖石은 大部分 이딩사이트로 變質되었다. 石基中の 유리질 物質은 部分的으로 球顆狀構造를 보여준다.

斑狀長石玄武岩: 本岩은 뚜렷한 斑狀構造를 갖는 것이 특징이다. 斑晶은 輝石 約 10%, 斜長石 約 7%, 橄欖石 約 3%를 차지한다. 뚜렷한 斜長石 斑晶의 크기는 普通 數 mm 이나 1cm에 達하는 것도 있다. 이들은 라브라도라이트( $Ab_{45} An_{55}$ )이나 微斑晶은  $Ab_{55} An_{45}$ 이다. 輝石斑晶의

柱面角은  $Z\wedge C=70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 이고 橄欖石은 그 周緣部와 裂隙에 따라 이딩사이트로 變質되었다. 石基中에는 少量의 磷灰石과 磁鐵石이 含有되어 있다.

#### ⑥ 下孝里玄武岩

本岩은 漢拏山을 사이에 두고 南·北海岸 및 山間地帶에 分布한다. 多孔質이며 粗粒의 長石 斑晶을 多量 含有하고 있어 현저한 斑狀構造를 갖는 것이 특징이다. 斜長石 斑晶은 岩石의 12~20%이고 橄欖石 斑晶은 5% 内外이다. 斜長石 斑晶은 長軸이 普通 5mm 内外이나 1cm 以上에 達하는 것도 있다. 이들의 모양은 흔히 柱狀이나 斑點狀인 것도 있다. 橄欖石 斑晶은 2mm 以下이다.

顯微鏡下에서도 本岩은 뚜렷한 斑狀構造를 나타낸다. 그들의 鑛物組成은 斜長石 70%, 橄欖石 5%, 輝石 5%, 鐵鑛物과 유리질물이 各各 10% 内外이다. 래브라도라이트와 橄欖石斑晶의 間隙에는 斜長石의 微晶과 間粒의 輝石 및 橄欖石이 充填되어 間粒狀組織을 이룬다. 래브라도라이트斑晶은 自形 또는 半自形을 이루며 흔히 鮮명한 엘바이트雙晶을 보여주거나 드물게 糸帶構造를 나타낸다. 斜長石의 成分은  $Ab_{50} An_{50}\sim Ab_{45} An_{55}$  이다. 橄欖石은 比較的 新鮮하나 部分的으로 이딩사이트로 變質된 것도 있다.

#### ⑦ 法井里粗面岩

本岩은 西歸浦와 中文사이 中山間地帶에 分布한다.

本岩의 鑛物組成은 正長石 30%, 斜長石 20%, 輝石類 15%, 鐵鑛物 10%, 유리질 15%, 새니딘 5%이다. 斜長石은 올리고클레이스이며 큰 斑晶을 이루기도 한다. 새니딘은 흔히 微斑晶이다. 少量(1% 以下)의 黑雲母는 褐色을 띤다. 輝石類中 微斑晶의 애지라이트는 柱面角  $Z\wedge C=10^{\circ}$ 이고 岩石의 約 3%를 차지한다. 石基는 主로 微粒의 새니딘과 間粒의 애지라이트이고 유리질물이 間隙을 메운다.

#### ⑧ 始興里玄武岩

本岩은 表善里玄武岩과 함께 東·西海岸低地帶에 넓게 分布한다. 熔岩流의 表面上에서는 로피構造가 잘 發達되어 파호우에이 호우에이熔岩의 특징을 잘 나타낸다. 非顯晶質이고 多孔質(30~40%)이다. 氣孔은 길쭉한 막대모양을 이루고 있어 熔岩流의 流動方向을 잘 알려준다. 岩體의 흘러내린 末端에서는 흔히 安山岩으로 移化한다.

本岩의 鑛物組成은 斜長石 55%, 橄欖石 10~15%, 輝石 5~15%, 유리질 5%, 이딩사이트 5%이다. 微斑晶의 輝石과 래브라도라이트들이 密集하여 pilotaxitic 構造를 나타낸다. 微斑晶의 輝石은 柱面角  $Z\wedge C=10^{\circ}$ 인 애지라이트이고 斜長石은 普通  $Ab_{50} An_{50}$  이다. 安山岩으로 移化되는 곳의 斜長石은  $Ab_{55} An_{45}$  이다. 石基는 앤디신의 微晶과 微粒의 애지라이트로 되어 있으며 그들의 間隙은 유리질물로 充填되어 있다. 極히 少量의 磷灰石을 含有한다.

#### ⑨ 城板岳玄武岩

本岩은 本島의 東南部의 高山地帶에서 海岸底地帶에 이르기까지 길게 分布한다. 城板岳 火口에서 噴出된 흔적이 있어 城板岳玄武岩이라 命名하였다. 다른 玄武岩에 比하여 緻密·堅固하고 斜長石과 輝石의 斑晶을 함께 含有하는 것이 特長이다. 斑晶의 크기는 中粒~細粒이다. 孤根山 附近에서는 이들 斑晶이 帶狀配列을 하고있어 流動構造를 나타내기도 한다. 곳에 따라서 長石 斑晶의 量에 있어서 甚한 差를 나타내어 橄欖石斑晶이 현저한 곳에서는 斑狀橄欖石玄武岩이라 할 수 있다. 斑晶을 含有하지 않는 곳도 있어 緻密·堅固한 非顯晶質玄武岩으로 나타나기도 한다. 그리고 多孔質이며 氣孔의 크기는 普通 2~3mm 이고 5mm 에 達하는 것도 있다.

本岩의 鑛物組成은 斜長石 55%, 유리질 10~20%, 輝石 5~10%, 橄欖石 8%, 이딩사이트 5%, 其他 磁鐵石, 燐灰石 等이다. 이들은 微弱한 斑狀構造를 보여주기도 한다. 微斑晶은 앤더신과 애지린輝石이다. 石基는 애지라이트와 微晶의 板狀結晶들이 部分的으로 粗面岩質構造를 나타내기도 한다. 그러나 大體로 間粒되어 있는 애지라이트와 板狀의 앤더신을 充填하고 있는 유리질물 에 의하여 填間構造(intersertal structure)를 나타냄이 普通이다. 橄欖石은 때로는 그 周緣이 애지린輝石으로 에워싸여 코로나構造(corona structure)를 나타내기도 한다. 그리고 드물게 雙晶을 이루기도 한다. 石基中の 애지라이트는 部分的으로 粘土鑛物로 變質하고 이들은 흔히 二次的인 變質鑛物인 微細한 磁鐵石과 함께 隨伴한다.

#### ⑩ 漢拏山玄武岩

本岩은 漢拏山을 中心으로하여 高山地帶와 山岳地帶에 分布한다.

本岩은 多孔質(10% 内外의 細孔)이고 현저한 斑狀構造를 갖고 있음이 特徵이다. 그리고 다른 玄武岩類들에 比하여 鮮명한 黑色을 띠는 것도 特徵의 하나이다. 斑晶으로서의 斜長石이 우세하며 岩石의 12~20%를 차지하고 橄欖石의 斑晶은 5% 内外이다. 斜長石斑晶의 크기는 普通 5mm 이고 長軸이 1cm 에 達하는 것도 있다.

本岩의 鑛物組成은 斜長石 55~65%, 輝石類 5~15%, 橄欖石 10%, 새니딘 5%, 이딩사이트 3%, 유리질 10%이고 곳에 따라 輝石을 거의 含有하지 않는 곳도 있다. 이들은 현저한 斑狀構造를 나타내나 石基는 間粒組織을 보인다. 斑晶을 이루는 斜長石은  $Ab_{45} An_{55} \sim Ab_{50} An_{50}$ 이다. 이들은 흔히 엘바이트 또는 칼스바드-알바이트雙晶을 보여주나 累帶構造를 나타내는 것도 있다. 橄欖石은 比較的 新鮮하나 部分的으로 이딩사이트로 變質된 것도 있다. 石基中の 애지린輝石은 酸化되어 黃褐色을 띠우며 二次的인 少量의 磁鐵石을 隨伴한다. 輝石은 柱面角  $Z\wedge C = 47^\circ \sim 53^\circ$ 을 나타낸다.

#### ⑪ 漢拏山粗面岩質安山岩

本岩은 漢拏山 頂上 가까이에서 小規模의 分布를 이루고 있다. 白鹿潭 西쪽 外輪에서는 火口壁을 形成하거나 五百羅漢과 같이 絶壁을 이루기도 한다. 漢拏山 南西쪽 1,000~1,600m 地域에서와 같이 局部的으로 火山角礫을 含有하기도 한다. 다른 粗亞岩質安山岩 또는 粗面岩들에 比

하여 뚜렷한 斑狀構造를 나타내며 그들의 斑晶은 斜長石(5%)과 輝石(2%)이다.

本岩의 鑛物組成은 斜長石 35~40%, 正長石 35%, 輝石 10%, 유리질 10%이나 곳에 따라 새니딘 25%, 鐵鑛物 10%를 含有하는 것도 있다. 斑晶을 이루는 앤디신, 透輝石, 새니딘은 石基를 構成하고 있는 板狀微晶의 올리고클레이스와 새니딘 등에 둘러싸여 뚜렷한 粗面岩質構造를 나타낸다. 斜長石 斑晶의 成分은  $Ab_{65}An_{35}$ 이고 엘바이트-칼스바트雙晶을 하는 것도 있다. 透輝石은 甚히 變質을 받아 몬모릴로나이트와 磁鐵石으로 나타난다. 斑晶으로서의 새니딘의 量은 앤디신보다 적으나 石基에서는 새니딘이 올리고클레이스보다 많다. 石基中에는 少量의 間粒狀의 피지오나이트와 微粒의 小斑點狀인 磁鐵石도 含有되어 있다.

#### ⑫ 白鹿潭玄武岩

本岩은 白鹿潭 西쪽 高山地帶에 小規模로 分布한다. 噴出時期에 있어서 漢拏山玄武岩과 달리 하나 岩質에 있어서는 그와 大同小異하다. 그러나 前者에 比하여 多孔質이고 流狀構造가 發達되어 있다.

本岩의 鑛物組成은 斜長石 50%, 輝石類 12%, 橄欖石 7%, 새니딘 5%, 鐵鑛物 10%, 유리질 5%이다.

#### ⑬ 寄生火山 噴出物

本島에는 後火山活動의 產物로서 全域에 걸쳐 360餘個에 達하는 寄生火山이 散在되어 있다. 이들의 大部分은 噴石으로 되어있어 噴石丘라고 할 수 있으나 상당量의 火山塊를 含有하고 있다. 이들 噴石과 火山塊의 大部分은 玄武岩質이다. 火山塊들 中에는 스코리아, 火山彈, 火山餅 등을 隨伴한다.

## 5. 岩石學的 研究

### 1) 概 說

本島는 環太平洋 火山帶 內側에 자리잡고 있으면서도 그의 火山岩은 岩相이나 同源岩石區(petrographic province)로 보아 環太平洋區와는 달리 橄欖石玄武岩—粗面岩帶인 內太平洋區(Intra-Pacific Province)에 對比되는 것으로 알려져 왔다.

富田(1935, 1936)는 日本島弧의 內側인 東海內와 그 周邊部(日本の 隱岐島를 비롯하여 울릉島, 吉州—明川地方, 白頭山, 秋哥嶺地溝帶)의 알칼리 火山岩類의 分布地域에 對하여 「環日本海新生代알칼리岩區」라고 命名하였다.

本島의 火山岩은 하와이諸島를 비롯하여 內太平洋地域에 散在되어 있는 火山島에서 產出되는 岩石과 鑛物組成이나 化學成分에 있어서 類似하다. 따라서 本島의 火山岩은 大洋型에 해당되고 橄欖石이 豊富한 不飽和鑛物로 構成되어 있음이 特徵이나 准長石類를 含有하고 있지 않은 것이

그와 다른 點이다.

本島의 玄武岩은 太平洋型에 比하여 알칼리의 量이 많다. 그리고 鑛物組成으로 보아 本島의 玄武岩中에는 多量의 소딕輝石인 애지딘輝石을 含有하고 粗面岩質岩이 많이 產出됨이 특징이다. 그리고 橄欖石의 含量이 많은 것으로 특징지어 지는 內太平洋區인 하와이產의 玄武岩은 橄欖石에 있어서 Mg 成分이 많은 苦土質인데 반하여 本島의 玄武岩中の 橄欖石은 鐵分이 보다 많은 chrysolite 또는 hyalosiderite 이다.

上記한 事實들로 미루어 보아 本島의 火山岩은 橄欖石을 多量 含有하고 알칼리成分이 많은 마그마에서 導來된 것으로 思料된다. Barth 는 알칼리岩의 起源에 對하여 첫째 初生橄欖石-玄武岩質마그마의 單純한 分別晶出作用, 둘째 氣體의 移動과 熱擴散, 세째 石灰岩의 同化作用에 起因되는 것으로 說明하였다. 本島의 火山岩은 初生橄欖石玄武岩質마그마에서 導來된 것이다.

Kuno(1963)는 이러한 橄欖石玄武岩質마그마가 Benioff zone 의 深部帶에서 發生함을 提唱하였다.

## 2) 火山岩類의 鑛物組成

本島의 火山岩類는 橄欖石이 豊富하고 准長石을 含有하지 않는 것으로 特徵지을 수 있다. 5-2에서 觀察된 鑛物組成에 對한 內容을 綜合하여 보면 <표 3>과 같다.

玄武岩에서의 斜長石의 量은 大體로 55% 内外이나 基底玄武岩과 下孝里玄武岩에서는 70%까지 차지한다. 그들의 成分은  $Ab_{35}An_{65}$ 乃至  $Ab_{55}An_{45}$ 로서 噴出輪廻의 第1期에서 後期로 갈수록 소딕하여진다. 卽 第1期에서는  $Ab_{35}An_{65}$ 의 칼크한 斜長石이나 第2期에서는  $Ab_{40}An_{60}$ , 第3期에서는  $Ab_{50}An_{50}$ 이고 第4期和 第5期에서는  $Ab_{55}An_{45}$  内外이다.

玄武岩中에는 普通 5% 혹은 그 以上の 새니딘을 含有하고 있어 粗面岩質玄武岩으로 특징지을 수 있다. 橄欖石은 5乃至 20%로서 後期の 噴出輪廻에 屬하는 것일수록 含量이 감소된다. 特히 基底玄武岩과 表善面玄武岩中에는 多量의 橄欖石을 含有하고 있어 피크라이트質玄武岩이라고 할 수 있는 것도 있다. 表善里玄武岩內에서 發見되는 橄欖石團塊는 이러한 特徵을 잘 말해주며 그들의 마그마根源이 맨들속 깊은 곳에서 導來된 初生橄欖石玄武岩質마그마에 起源을 두었음을 意味한다.

玄武岩에서는 後期の 것일수록 橄欖石이 감소하는 데 반하여 輝石의 量은 增加한다. 輝石의 量은 5乃至 20%이다. 이닝사이트는 橄欖石의 周緣에서 變質되어 形成된 二次的인 것이다.

本島의 玄武岩은 鑛物組成에 있어서 粗面岩質玄武岩이라고 할 수 있어 日本島弧의 內側帶에 자리잡고 있는 隱岐島와 壹岐島의 玄武岩과 恰似하다.

Table. 3 Mineral Constituents of Volcanic Rocks in Jeju Island

Eruption cycles	Rock Name	Plagioclase						Orthoclase	Sanidine	Olivine	Pyroxene	Magnetite	Iddingsite	Glass	Trace Mineral	
		Ab	30	40	50	60	70	80								
1st	Basal Basalt	70%	*							20	5					
2nd	Pyoseonri Basalt		*													Olivine nodule n <sub>a</sub> =1,654 n <sub>r</sub> =1,694
	Seoqwipo Trachyte						*		30	5	10	5	5	5		
	Jungmoon Trachyte							20	35		15	10		15		
3rd	Jeju Basalt										10	20	5			Apatite
	Hahyori Basalt						*			5	5	10		10		
	Beopjeongri Trachyte						07		30	5	15	10		15		
4th	Siheungri Basalt									10—15	5—15		5	5		Apatite, Clay mineral
	Seongpanag Basalt									8	5—15	trace	5	10—20		
	Hanlasan Basalt								5	10	15		3	10		
	Hanlasan Trachy-andesite								35	5	10	5		10		
5th	Baegrogdam Basalt						*			5	7	12	10	5		

## 9. 火山岩類의 化學成分

### 1) 試料의 採取와 分析

系統的으로 採取된 總 250餘個의 標品中 各噴出期와 岩種에 따라서 50個의 標品을 골라 이를 完全分析하는 것과 同時에 同一 標品에 對한 岩石薄片을 製作하였다. 選擇된 試料의 內容은 表 4와 같다.

玄武岩中 6個는 피크라이트質玄武岩이다.

選擇된 標品의 採取場所는 表 5와 같다.

### 2) 火山岩類의 化學成分

50個 試料에 의한 火山岩類의 化學成分은 表 5와 같다. 그림 5는 SiO<sub>2</sub>의 量的 變化에 따르는 主된 酸化物的 變化를 圖示한 것이다.

SiO<sub>2</sub> 成分의 含量은 41.1%에서 66.3%에 까지 이른다. 即 이는 本島의 火山岩이 玄武岩에서 安山岩 또는 粗面岩으로 移化되나 流紋岩이나 테사이트와 같은 酸性岩까지에는 達하지 않음을 뜻

Table 4 Samples Selected for Analyze in Volcanic Rocks

Eruption stage	Total Quantity	Rock name	Unit quantity
2nd	16	Pyoseonri Basalt	10
		Seoqwipo Trachyte	3
		Jungmun Trachyte	3
3rd	12	Jeju Basalt	5
		Hahyori Basalt	5
		Beopjeongri Trachyte	2
4th	21	Sihungri Basalt	7
		Seongpanak Basalt	4
		Hanlasan Basalt	6
		Hanlasan Trachy-andesite	4
5th	1	Baegrogdam Basalt	1
Total:50			Total:50

Table 5 Sampling site of volcanic rocks in Jeju Island.

Serial No.	Sample No.	Latitude	Longitude	Serial No.	Sample No.	Latitude	Longitude
1	68	33°13'30"	126°35'00"	26	112	33°30'40"	126°31'10"
2	79	33°14'05"	126°18'50"	27	36	33°16'05"	126°38'55"
3	71	33°14'20"	126°19'05"	28	40	33°17'35"	126°45'54"
4	73	33°30'55"	126°33'05"	29	97		
5	84	33°14'50"	126°13'40"	30	G8	33°18'48"	126°48'07"
6	89			31	102		
7	85	33°14'40"	126°33'20"	32	18	33°20'45"	126°36'07"
8	33	33°14'20"	126°33'14"	33	19	33°22'40"	126°37'26"
9	99	33°14'55"	126°25'05"	34	5	33°24'30"	126°24'00"
10	32	33°14'38"	126°33'22"	35	38	33°16'14"	126°42'28"
11	108			36	G5	33°18'40"	126°40'00"
12	G1	33°19'00"	126°50'00"	37	7	33°22'10"	126°22'20"
13	43	33°19'45"	126°50'30"	38	59	33°21'45"	126°31'50"
14	11	33°15'00"	126°25'15"	39	63	33°21'50"	126°31'50"
15	115	33°19'10"	126°52'10"	40	64	33°21'45"	126°31'50"
16	8	33°20'30"	126°21'30"	41	G4	33°22'53"	126°30'30"
17	81	33°27'00"	126°27'15"	42	83		
18	82	33°31'05"	126°33'03"	43	24	33°24'06"	126°29'52"
19	30	33°17'20"	126°28'00"	44	G2	33°20'00"	126°28'40"
20	G7	33°28'23"	126°32'55"	45	23	33°24'50"	126°29'20"
21	G6	33°15'20"	126°31'10"	46	105	33°21'25"	126°32'00"
22	G3	33°18'50"	126°45'00"	47	26	33°21'45"	126°32'06"
23	17	33°20'04"	126°36'45"	48	20	33°25'20"	126°36'25"
24	1	33°28'15"	126°28'00"	49	15	33°19'05"	126°36'05"
25	3	33°26'05"	126°24'35"	50	92	33°21'30"	126°32'05"

**Table 6** Chemical compositions of volcanic rocks in Jeju Island  
2nd stage

Serial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sample No.	68	79	71	73	84	89	85	33	99	32	108	G1	43	11	115	8
SiO <sub>2</sub>	61.36	60.65	59.51	58.75	54.87	54.72	54.28	51.10	49.61	47.70	46.86	44.61	44.60	44.30	43.41	41.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.12	18.20	18.52	23.65	17.91	23.50	17.82	18.80	15.20	22.50	16.37	18.55	25.20	20.50	15.52	24.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.08	4.00	2.84	4.51	4.68	2.20	2.66	5.33	6.81	4.95	6.01	13.36	3.32	7.67	3.99	9.77
FeO	2.14	0.62	2.68	0.23	3.51	4.87	6.95	2.10	6.66	3.89	6.04	1.86	7.63	4.42	8.15	2.54
MgO	0.06	0.86	0.78	tr.	1.21	1.17	1.57	1.54	5.04	2.09	4.25	7.06	2.52	4.00	6.78	2.74
CaO	3.21	6.81	4.19	4.02	7.38	4.85	6.49	6.43	6.37	6.09	6.81	9.21	8.24	8.35	10.77	9.24
Na <sub>2</sub> O	6.08	4.54	5.02	2.42	4.58	3.19	3.91	7.41	4.42	6.34	5.28	2.89	4.53	5.39	4.28	5.25
K <sub>2</sub> O	4.95	3.08	3.16	4.73	3.20	2.99	3.40	4.94	2.85	3.98	2.41	0.53	1.20	1.67	1.30	1.87
H <sub>2</sub> O (+)	—	0.21	1.37	1.02	0.77	0.61	0.37	—	0.40	—	1.01	0.60	—	—	0.64	—
H <sub>2</sub> O (-)	1.75	0.12	—	—	—	—	—	—	0.06	—	—	1.08	—	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.37	0.44	1.13	1.00	1.33	1.33	1.23	0.53	2.12	1.07	2.69	0.56	0.95	1.85	2.58	1.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.98	0.14	0.07	1.02	0.15	0.29	0.01	—	0.02	1.71	0.08	0.01	0.02	1.29	0.01
MnO	0.12	—	0.22	0.19	—	0.16	0.18	0.01	0.24	0.01	1.23	0.35	0.01	0.02	1.38	0.01

## 3rd stage

Serial No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Sample No.	81	82	30	G7	G6	G3	17	1	3	112	36	40
SiO <sub>2</sub>	56.34	56.19	49.80	49.56	47.26	45.74	45.50	45.40	44.60	44.54	44.50	43.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.43	16.12	19.00	21.17	18.07	21.06	22.80	22.80	24.00	23.53	21.50	22.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.52	2.44	5.88	8.52	13.04	13.82	8.02	8.81	7.68	0.67	5.31	7.71
FeO	6.46	5.50	5.24	4.06	2.72	0.31	3.22	2.69	4.79	10.01	6.29	4.04
MgO	0.84	3.70	1.31	2.79	4.31	4.41	1.64	2.16	2.64	4.35	3.17	3.71
CaO	3.80	7.63	5.76	6.09	8.22	8.14	7.39	8.13	5.81	7.46	8.69	8.92
Na <sub>2</sub> O	5.13	4.39	6.74	4.42	4.13	3.81	5.93	5.12	5.12	1.41	5.05	5.53
K <sub>2</sub> O	3.32	2.30	3.23	2.27	1.33	1.25	2.29	2.17	1.87	1.49	2.05	1.75
H <sub>2</sub> O (+)	1.02	0.47	—	0.53	0.18	0.46	—	—	—	1.29	—	—
H <sub>2</sub> O (-)	—	—	—	0.81	0.20	1.12	—	—	—	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.94	2.14	0.98	0.31	0.53	0.31	1.51	1.59	1.39	2.97	1.28	1.23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.24	0.55	0.01	0.17	0.20	0.09	0.20	0.09	0.02	0.02	0.59	0.01
MnO	0.25	0.30	0.01	0.23	0.10	0.19	0.01	0.02	0.02	1.53	0.01	0.01

## 4th stage

Serial No.	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Sample No.	97	G8	102	18	83	24	G2	97	G8	102	23
SiO <sub>2</sub>	66.31	64.62	64.61	57.42	54.98	54.60	51.04	50.20	49.38	48.33	48.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.85	17.90	17.53	17.44	21.13	16.80	16.82	15.08	17.09	16.13	16.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.29	1.86	1.46	9.32	3.49	5.52	11.32	6.42	10.01	4.60	8.22
FeO	1.11	1.84	1.48	1.14	2.66	2.54	2.57	7.11	5.29	7.39	3.22
MgO	tr.	0.16	tr.	1.33	1.15	1.70	4.71	5.08	4.88	4.13	4.06
CaO	2.03	2.31	4.22	4.71	3.27	3.84	8.65	6.40	7.65	10.67	7.22
Na <sub>2</sub> O	3.35	5.19	5.33	5.32	5.94	8.09	3.31	4.33	3.88	3.74	6.07
K <sub>2</sub> O	5.14	5.25	4.95	3.02	3.40	4.94	1.05	2.97	1.01	1.07	3.01
H <sub>2</sub> O (+)	—	0.32	0.26	0.30	1.47	—	0.10	0.64	0.44	0.56	—
H <sub>2</sub> O (-)	0.46	—	0.12	0.02	—	—	0.01	—	0.01	—	—
TiO <sub>2</sub>	tr.	0.27	0.43	0.32	0.93	0.83	0.71	2.25	0.73	2.31	1.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	tr.	0.02	—	0.08	0.97	—	0.11	—	0.05	1.46	0.01
MnO	0.09	0.08	0.19	0.12	0.21	—	0.11	0.20	0.13	0.12	0.01

Serial No.	4th stage										5th stage
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Sample No.	105	18	26	20	19	15	5	38	G5	7	92
SiO <sub>2</sub>	47.60	47.40	47.00	46.90	45.90	45.50	44.60	44.50	43.36	42.80	51.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.77	16.50	20.50	20.10	17.50	17.20	17.60	20.80	16.14	17.40	15.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.78	7.77	4.34	7.24	8.87	8.16	7.71	8.11	14.24	5.91	1.82
FeO	8.58	3.89	4.34	3.29	3.44	3.82	4.04	4.04	2.14	6.74	8.17
MgO	4.64	5.49	3.20	3.12	4.95	4.92	7.21	7.58	7.87	8.68	4.93
CaO	12.76	8.01	8.92	7.22	8.13	8.75	9.03	4.63	9.28	8.80	9.19
Na <sub>2</sub> O	3.76	5.39	6.34	6.20	5.93	5.66	4.72	4.72	2.89	4.04	4.09
K <sub>2</sub> O	1.03	2.53	1.93	2.77	2.41	2.41	1.75	1.93	1.21	1.45	3.52
H <sub>2</sub> O(+)	0.45	—	—	—	—	—	—	—	0.80	—	0.04
H <sub>2</sub> O(-)	—	—	—	—	—	—	—	—	1.30	—	1.89
TiO <sub>2</sub>	1.72	1.85	1.75	1.33	1.55	1.62	1.80	1.62	0.32	1.59	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.40	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.01	0.01	0.08	0.01	—
MnO	0.61	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.35	0.01	—

하는 것이다. 그의 幅이 넓은 것은 第2期和 第4期에 屬하는 것들이고 그의 分布面積도 比較的 넓다.

玄武岩의 경우 平均成分値로 보아 SiO<sub>2</sub>의 量은 前期에서 後期로 갈수록 增加하는 경향을 보여준다.

알칼리成分에 있어서 K<sub>2</sub>O 成分의 含量은 0.5~5.3%이며 SiO<sub>2</sub>의 量이 많아짐에 따라 增加된다. 그러나 Na<sub>2</sub>O 成分은 SiO<sub>2</sub> 含量에 따르는 變化를 나타내지 않아 그의 變化曲線은 거의 水平이다. Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 含量은 最高 12.3%로서 後期の 火山岩일수록 增加한다.

CaO 成分은 2.1~12.7%로서 各期에 따르는 變化曲線은 거의 同一線에 놓여 있다.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分은 14.8%에서 25.2%에 이르는 넓은 範圍의 變化를 나타냄과 同時に 大體로 不規則한 變化相을 보인다. 第2期和 第3期の 斜長石을 多量 含有하는 玄武岩에서 20%를 上廻하는 높은 含量을 나타내나 第4期の 것들은 比較的 낮은 값을 보여준다. 全般的으로 볼 때 不規則하나 後期の 것일수록 그 含量이 적어진다.

MgO 成分은 SiO<sub>2</sub> 含量이 減少됨에 따라 增加하는 경향을 나타낸다. 大體로 後期에 갈수록 含量比가 增加된다. 그들의 範圍는 흔적의 程度에서 8.7%에까지 達한다.

FeO와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分은 各各 0.2~8.1%와 0.7~14.5% 範圍內에서 不規則한 變化를 이룬다. 特別히 第2期에 있어서는 後期の 것들에 比하여 不規則한 變化를 보여준다. 第3期에서 FeO 成分은 SiO<sub>2</sub> 量에 比例하여 增加하나 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分은 그와 反對로 급격한 減少率을 나타낸다. 第4期和 第5期에서는 共に SiO<sub>2</sub> 含量의 增加에 따라서 減少한다.

TiO<sub>2</sub> 成分은 흔적値에서 4.9%에 이른다. SiO<sub>2</sub> 含量이 적을수록 量的 比는 增加된다.

**Table 7**      **Chemical Compositions of Volcanic Rocks in Japanese Arc and Hawaii**

Korean Peninsula					
	Baegdu Mt.		Ulrun do		Chugaryeong
	Trachyte	Basalt	Trachyte	Basalt	Basalt
SiO <sub>2</sub>	65.80	47.40	61.04	50.00	49.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.60	18.90	18.47	17.09	16.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.58	4.11	1.88	3.02	2.32
FeO	3.04	6.15	2.58	5.22	7.63
MgO	0.39	5.11	0.41	3.01	4.80
CaO	1.09	9.15	1.49	6.70	9.82
Na <sub>2</sub> O	6.08	2.98	6.71	4.50	1.44
K <sub>2</sub> O	4.78	1.37	5.70	4.03	3.51
TiO <sub>2</sub>	0.40	2.89	0.65	2.59	3.95
MnO	0.26	0.27	0.40	0.71	0.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.45	0.15	0.13	—
H <sub>2</sub> O	0.54	0.86	0.95	2.08	0.18

Japanese Island Arc								
	Oki Island				Iki Island			
	Trachyte	Trachy-Andesite	Basalt	Basanite	Trachyte	Trachy-Andesite	Basalt	Picritic Basalt
SiO <sub>2</sub>	62.63	57.52	47.77	41.97	61.98	49.45	47.00	46.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.25	18.79	16.41	14.94	17.15	18.19	17.23	12.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.13	2.63	3.29	4.79	2.79	4.56	2.26	2.85
FeO	2.34	3.18	7.20	7.56	2.38	6.17	8.51	8.06
MgO	0.40	1.38	5.94	8.43	0.53	3.97	6.09	12.00
CaO	2.21	4.00	9.34	11.34	2.17	6.32	8.96	10.29
Na <sub>2</sub> O	5.34	5.02	3.44	3.02	5.15	4.41	3.90	1.94
K <sub>2</sub> O	5.19	4.65	2.08	1.50	4.65	2.28	1.46	1.27
TiO <sub>2</sub>	0.55	1.11	2.19	2.10	0.57	2.41	2.24	1.31
MnO	0.21	0.15	0.20	0.48	0.15	0.18	0.16	0.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.40	0.69	1.10	0.22	0.60	0.40	0.30
H <sub>2</sub> O	155	1.18	1.45	2.83	1.99	1.22	1.60	2.52

Hawaii					
	Ankaramite type				
	Trachyte	Mugearite	Hawaiite	Alkali Basalt	Picrite Basalt
SiO <sub>2</sub>	61.73	51.90	48.60	46.46	44.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.03	16.65	16.49	14.64	11.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.33	4.25	4.19	3.27	2.84
FeO	1.49	6.17	7.40	9.11	9.91
MgO	0.41	3.56	4.70	8.19	15.13
CaO	1.17	6.30	7.79	10.33	10.69
Na <sub>2</sub> O	7.42	5.22	4.43	2.92	1.66
K <sub>2</sub> O	4.19	2.01	1.60	0.84	0.54
TiO <sub>2</sub>	0.50	2.57	3.16	3.01	2.74
MnO	0.24	0.21	0.18	0.14	0.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.93	0.69	0.37	0.30
H <sub>2</sub> O					

After R. A. Daly

	Trachyte	Trachy-Andesite	Basalt	Trachy-Basalt
SiO <sub>2</sub>	60.68	57.84	49.06	49.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.74	17.24	15.70	16.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.64	3.97	5.38	4.76
FeO	2.62	3.18	6.37	5.36
MgO	1.12	1.25	6.17	4.43
CaO	3.09	4.20	8.95	7.74
Na <sub>2</sub> O	4.43	5.67	3.11	4.54
K <sub>2</sub> O	5.74	3.62	1.52	3.19
TiO <sub>2</sub>	0.38	1.11	1.36	1.68
MnO	0.06	0.05	0.31	0.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.57	0.45	0.60
H <sub>2</sub> O	1.26	1.30	1.62	1.30

#### 4. 化學成分으로 본 濟州島 火山岩의 特性

표 7 은 濟州島의 火山岩과 類似한 性質을 갖거나 그와 關聯된 各地域의 火山岩類의 化學成分 平均値이다. 표 6와 표 7에 提示된 化學成分表를 바탕으로 하여 여러 가지 成分變化에 對한 相關關係를 本島의 火山岩과 日本島弧 및 環日本海新生代알칼리岩區와 内太平洋(하와이)에 分布하는 火山岩과 比較·檢討하여 岩石學인 特性을 究明해 보려고 한다.

##### 1. 알칼리의 含量 (alkalinity)

K<sub>2</sub>O 含量 : 岩種別로 본 本島 火山岩의 K<sub>2</sub>O 平均 含量은 粗面岩 4.48%, 粗面岩質安山岩 3.33%, 玄武岩 1.92%이다. 이는 울릉島, 白頭山, 吉川—明川地域인 것들과 類似하나 日本의 隱岐島後와 壹岐島의 것들에 比하여 많은 값을 나타낸다. 即 弧狀列島(Kurile Arc, NE Japan Arc, Izu-Bonin Arc, Ryuku Arc)에서 產出되는 칼크—알칼리岩과 솔레아이트에서 보다 높은 含量을 이루고 있으나 SiO<sub>2</sub>의 增加에 따르는 K<sub>2</sub>O의 量的變化의 相關關係는 上記한 島弧內側에 分布하는 火山帶의 것들과 類似하다. 이러한 現象은 島弧에서 大陸周緣으로 갈수록 K<sub>2</sub>O의 含量이 많아지고 베니오프帶(Benioff zone)에서 發生하는 橄欖石玄武岩質마그마의 生成深度에 對한 資料를 提供하는지도 모른다.

알칼리·칼크 指數(Alkali-lime index) : 그림 6은 SiO<sub>2</sub>의 重量 百分率에 對한 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O와 CaO 含量의 變化圖이다. 玄武岩의 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 含量은 울릉島를 비롯하여 壹岐島와 隱岐島에서 보다 많은 量을 차지하나 CaO 含量은 적다. 그러나 粗面岩과 粗面岩質安山岩에 있어서는 玄武岩에 서와는 逆現象을 나타낸다. 이는 玄武岩質마그마에서 分化하여 粗面岩을 形成하는 分別晶出作用을 하는 동안 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O와 CaO의 含量이 그들에 比하여 크게 變化하지 않았음을 뜻하는 것이다. 알칼리·칼크指數는 51보다 작은 49.5로서 本島의 火山岩이 알칼리岩系에 屬함을 指示한다. 울릉島 火山岩의 알칼리·칼크指數는 50이다.

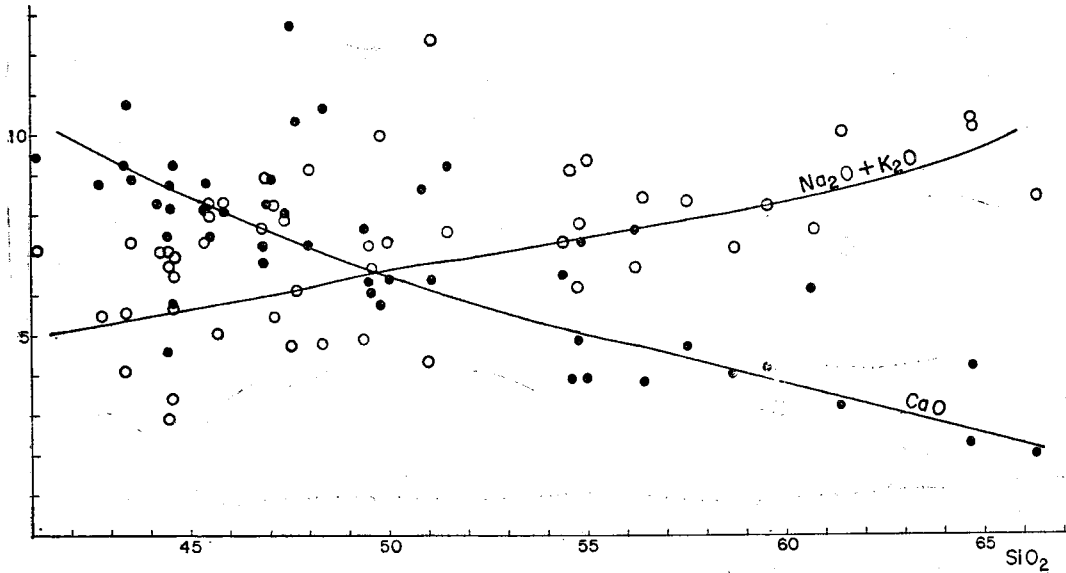


Fig. 6 Variation diagram in  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{CaO}$  versus silica and Alkali-lime index.

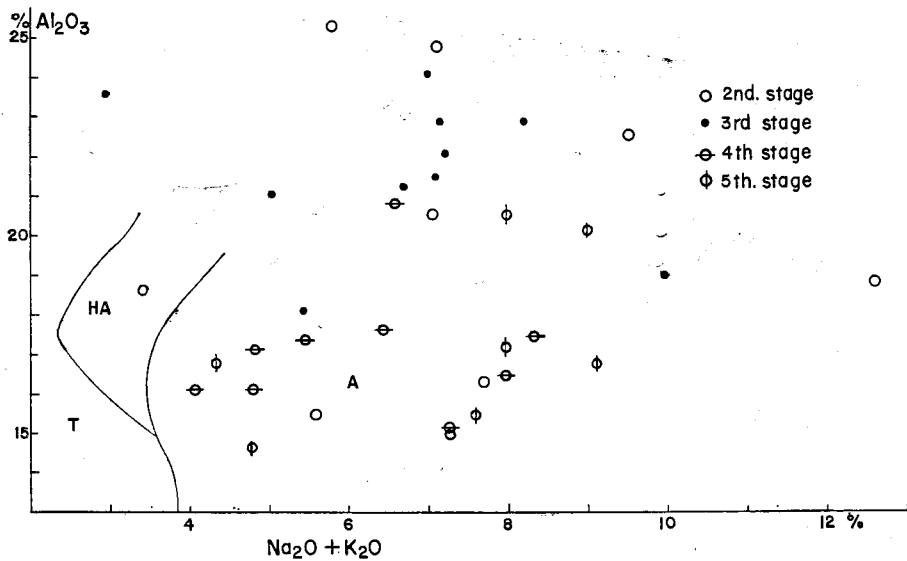


Fig. 7  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -total  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ - $\text{SiO}_2$  (41.2-53.0%) diagram. Field boundary are quoted from Kuno (1960), T: tholeiite field, HA: high-alumina basalt field, A: alkali basalt field.

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 비: 島弧에서 大陸 쪽으로 갈수록 알칼리成分의 含量이 增加함을 증명하는 또 하나의 說明으로서 杉村(1960, 1968)는 다음과 같은 方程式에 의하여 얻어진  $\theta$  값을 使用하였다.

$$\theta = \text{SiO}_2(\text{wt}\%) - 47(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3(\text{mole ratio})$$

日本弧島의 火山帶 外側에 자리잡고 있는 火山들에서의  $\theta$ 의 값은 41~44이고 같은 火山帶의 內側에 있는 火山에서는 35~38이다.

本島에서 產出되는 火山岩의 岩種別로 본  $\theta$  값은 粗面岩이 平均 25.26, 粗面岩質安山岩이 24.04, 玄武岩이 22.63이다. 即 그들 보다 작은 값을 보여 주어 大陸쪽으로 갈수록  $\theta$ 指數는 작아짐을 뜻하는 것이다.

그림 7은  $\text{SiO}_2$  含量 41.2~53.0% 範圍內에 있는  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 와  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 量的 變化를 圖示한 것이다. 實線의 範圍는 Kuno(1960)에 의하여 슬레아이트, 高알루미나玄武岩과 알칼리玄武岩을 區分한 것이다. 한 두個의 試料를 除外하고는 本島의 火山岩이 알칼리玄武岩의 範圍內에 있다. 이는 울릉島의 것과 恰似하다.

## 2. 알칼리岩의 分別晶出作用에서의 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 比

殘溜마그마의  $\text{Fe}/\text{Mg}$  比는 分別晶出作用의 初期와 中期에서 增加한다. 따라서  $\text{Fe}/\text{Mg}$  比와 다른 成分과의 相關關係는 分別晶出作用의 程度를 나타내는 데 使用된다. Kuno(1974)는 分別晶出作用이 進行됨에 따라  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{FeO}^*$  含量의 變化에 따르는  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比와의 相關關係를 圖示하여 島弧에서의 칼크·알칼리岩系와 슬레아이트岩系(비알칼리火山岩系에 對한 比較)에 對한 區分을 시도하였다. 그에 의하면 칼크·알칼리岩系와 슬레아이트岩系에 있어서의 分別晶出作用의 方向에 따르는 境界는  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=0.5$ ,  $\text{SiO}_2=46\%$ 와  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=3.0$ ,  $\text{SiO}_2=62\%$ 인 두 點을 연결한 線이다(그림 8 참조). ( $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0.9 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ )

그림 8에 의하면 本島의 火山岩에 있어서도  $\text{SiO}_2$  含量이 많아짐에 따라서  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比도

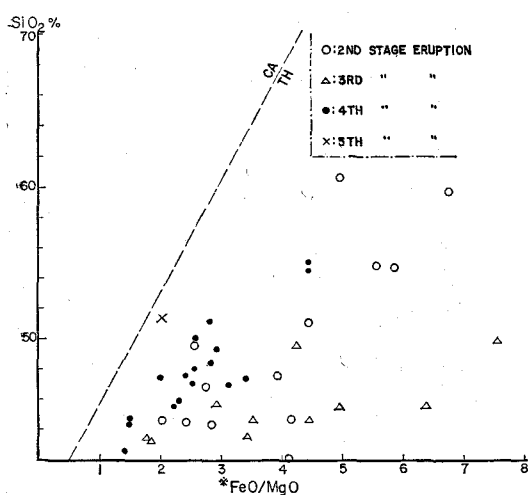


Fig. 8 Changes in  $\text{SiO}_2$  contents with increasing  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  ratio.

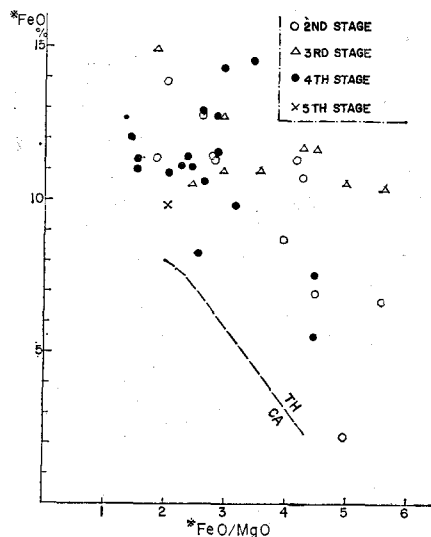


Fig. 9 Changes in  $\text{FeO}$  contents with increasing  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  ratio.

增加되며 그의 增加率은 칼크·알칼리岩系와 솔제아이트岩系에서 보다 크다. 그의 主된 方向은  $\text{FeO}^*/\text{Mg}=1.5$ ,  $\text{SiO}_2=44\%$ 와  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=60$ ,  $\text{SiO}_2=58\%$ 의 두 點을 연결한 線이다. 即 알칼리 橄欖石玄武岩質마그마로 부터 導來된 本島의 알칼리岩의 分別晶出作用의 方向은 非알칼리岩系에서 보다 완만한 傾斜를 이룬다. 特히 第2期和 第3期の 것들이 완만한 傾斜의 直線上에 있으며 第4期和 第5期の 것들은 보다 急한 傾斜線상에 있다. 이러한 事實은 本島의 火山岩을 만든 마그마 分別晶出作用이 後期에 갈수록  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比가 작아짐을 뜻하는 것이다.

$\text{FeO}^*$  含量의 增加에 따르는  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比의 變化에 있어서도 前者에서와 같이 一定한 分布를 나타낸다. 그림 9는 이를 圖示한 것이다. Kuno(1974)에 의하면 솔제아이트岩系와 칼크·알칼리岩系의 境界는  $\text{FeO}^*=2$ ,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=4.3$ 과  $\text{FeO}^*=7$ ,  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=2.5$ 의 두 點을 연결한 線이다. 本島의 火山岩들은  $\text{FeO}^*$  含量이 많고  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比가 크므로 그 보다에 上位에 놓인다. 噴出輪廻의 第2期和 第3期에 있어서는  $\text{FeO}^*$  含量의 範圍가 넓고 급한 傾斜를 이루나 第4期の 것들은 含量範圍가 좁고  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  比의 變化幅이 넓고 완만한 傾斜線상에 놓인다.

이러한 現象들은 本島의 玄武岩에는 多量의 鐵鑛物을 含有하여 있거나 橄欖石에 있어서 Fe가 풍부한 것임을 뜻하는 것이다.

分別晶出作用의 方向성은 그림 10의  $\text{MgO}-\text{FeO}^*-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  三成分 圖表에서도 잘 나타난다. 噴出輪廻의 初期와 後期の 것들은 처음에는  $\text{FeO}^*-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  側에 나란히 分布하고 末期에 가서는  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}$  側에 나란한 方向性を 나타낸다. 第4期에서는  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}$  側에 나란한 方向性を 이루다가  $\text{FeO}^*-\text{MgO}$  側으로 치진다.

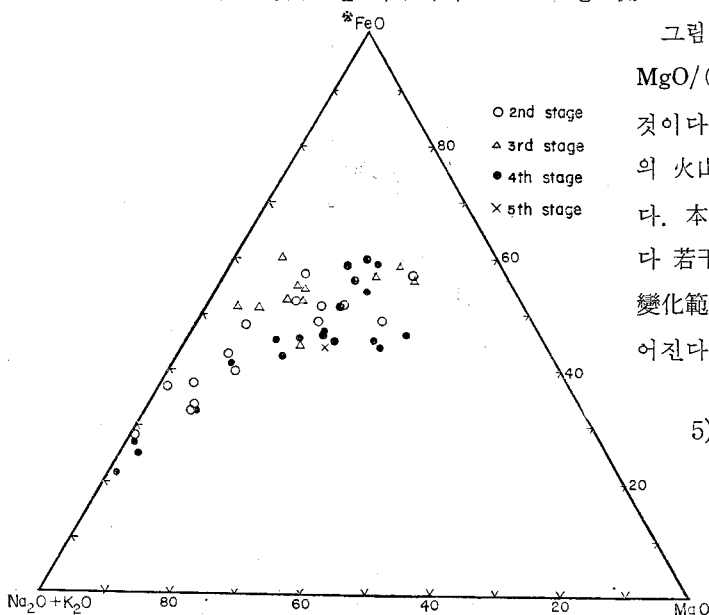


Fig. 10  $\text{MgO}-\text{FeO}^*-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  Diagram.

그림 11은  $\text{SiO}_2$  含量의 變化에 따르는  $\text{MgO}/(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 의 量的變化를 圖示한 것이다. 点線과 實線은 울릉島와 壹岐島의 火山類들에서 얻어진 平均 變化曲線이다. 本島의 火山岩들은 울릉島의 것들 보다 若干 낮은 位置에 놓여 있다. 그들의 變化範圍는 鹽基性岩으로 갈수록 幅이 넓어진다.

## 5) 岩石化學的 考察

本島에서 產出되는 火山岩은 알칼리·칼크指數,  $\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$  (41.2~53.0%)와  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ 의 成分變

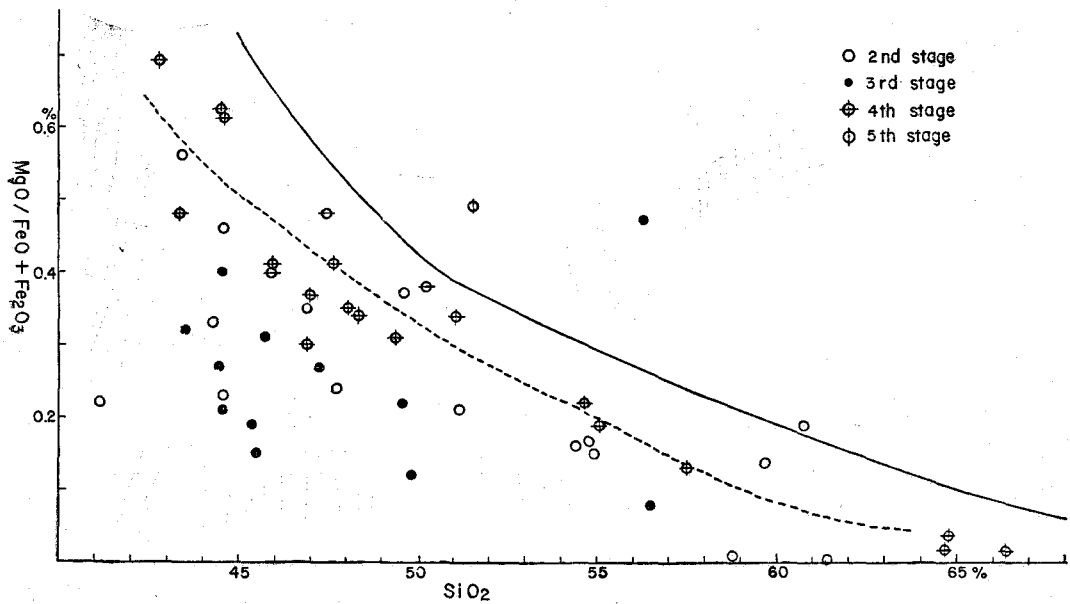


Fig. 11 Variation diagram in  $\text{MgO}/\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  and versus silica of volcanic rocks in Jeju Island.

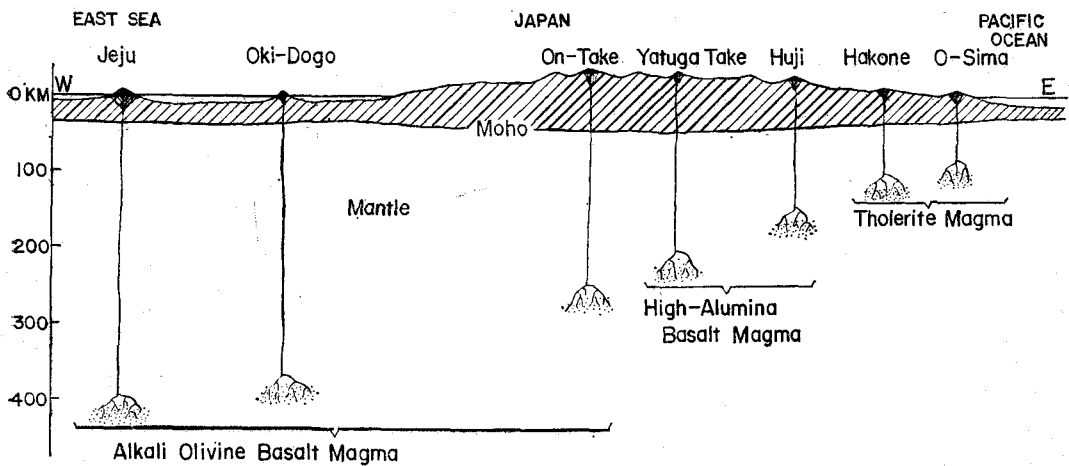


Fig. 12 Model of genesis of basaltic magma types beneath Japanese Islands (after Kuno's model, 1966)

化로 보아 알칼리岩系에 屬한다. 이러한 岩石化學的 性質은 島弧와 外側帶에 分布하는 슐레아이트岩系과 칼크·알칼리岩系에 屬하는 火山岩들과 差異를 갖는 것이다 (그림 7, 8, 9, 10 참조).

即 本島의 火山岩은 岩石化學的 性質에 있어서 硫球弧와 西南日本弧의 內側帶에 있는 울릉島 및 日本의 壹岐島와 隱岐島의 火山岩과 類似하다.

이러한 알칼리岩의 成因에 對한 Barth, T. F. W.의 理論에 맞추어 本島의 알칼리岩의 成因을 究明하면 다음과 같다.

첫째, 石灰岩과의 同化에 基因된다는 데 對해서는 火山角礫들의 性質로 보아 本島의 地殼下部에 石灰質岩이 存在하리라는 可能性이 전혀 없으므로 이에 의한 解釋은 困難하다.

둘째, 氣體의 移動과 熱擴散에 基因된다는 데 對해서는 本島에서와 같이 火山作用의 全期를 通하여 그리고 大部分의 火山岩들이 알칼리岩임은 그와 같은 局部的인 現象이 아님을 뜻하는 것이다.

따라서 本島의 火山岩은 세계의 경우인 初生橄欖石-玄武岩質마그마에 起源을 두었다고 볼 때 本島를 形成한 火山作用은 베니오프帶의 深部에서 發生한 것이며 一連의 地殼變動(板構造論에 의하여 說明된다)과 關聯된 것이다.

이러한 新生代의 上部 맨틀에서의 마그마의 發生과 變化過程에 對한 解釋은 Yoder 및 Tilley (1962)와 Kuno(1966)의 主張에 根本的인 차이가 있다. Yoder-Tilley는 上部맨틀 內에서 時期에 따라서 水平方向으로 漸進하여 生成되는 橄欖石玄武岩質마그마에 基因되는 것이라고 說明한 데 반하여 Kuno는 大洋底地殼이 소멸되는 베니오프帶에서 生成됨을 主張하였다.

著者は 베니오프帶에 따라서 玄武岩質 마그마가 發生한다는 Kuno의 學說에 바탕을 두었다(그림 12 참조). 濟州島 地域에서 發生하는 震源의 깊이가 400km 內外라고 하면 本島의 火山岩은 마그마 發生過程으로 보아 울릉島 및 日本의 隱岐島와 壹岐島의 火山岩과 比較하여 보면 앞에서 말한 바와 같이 地化學的 性質과도 一致되는 것이다.

## 6. 火山活動과 地質構造

### 1) 概 說

火山島인 本島의 形式過程을 파악하기 爲해서는 火山活動相, 火山構造分析和 昇降運動에 對한 諸問題를 究明하여야만 된다. 本島의 基盤과 現露出部의 一部는 海底에서 生成된 것이다. 이들 基盤은 西歸浦層의 一部를 除外하고는 露頭上에서 쉽게 觀察할 수 없으나 試錐孔 B-1을 비롯한 10餘個孔의 試錐 結果에 의하면 基盤岩의 一部만이라도 把握할 수 있다.

本島의 火山活動은 白頭山, 울릉島와 함께 島弧上에서의 火山活動과 關聯된 것이다. 이들을 新第3紀의 造構運動, 火成過程과 現在 볼 수 있는 島弧의 形成과 密接한 關係를 갖는 것으로서 周太平洋型變動 또는 島弧-陸弧變動으로 알려져 있다.

本島의 火山噴出은 크게 보아 5회의 噴出輪廻로 생각할 수 있는데 前半期의 活動은 하와이相과 같은 噴出型으로 特徵지을 수 있다. 火山活動이 進展됨에 따라서 스트롬볼리相으로 漸移된 것으로 보인다.

本島의 形成을 支配한 하와이相의 火山活動은 처음에는 廣域狀噴出에 의한 熔岩臺地를 形成하고 火山活動이 얼마 동안 進展한 後 白鹿潭의 火道를 中心으로 한 中心噴出이 일어나 現在와 같이 높이 1,950m에 達하는 火山體를 形成하였다.

360餘座에 達하는 寄生火山들은 漢拏山 火山體上에서 局地的인 地形의 特色을 나타내고 이들의 大部分은 하나의 後火山活動의 產物이다. 그러므로 濟州道는 一連의 過程을 따라 일어난 火山活動에 의하여 形成된 火山體로 볼 수 있다.

## 2) 火山噴出 形式

第3紀末에서 第4紀에 이르기까지의 火山活動에 의하여 形成된 本島는 環太平洋火山帶에서 大陸쪽으로 벗어난 位置에 있으므로 弧狀列島上에서 觀察되는 火山噴出形式과는 判이한 樣相을 나타내고 있다.

즉 本島에서의 火山噴出形式은 內太平洋型의 典型的인 하와이相에 屬한다. 그러나 島弧—陸弧帶의 形成過程에 關聯된 火山作用과 결부시켜 볼 때 環太平洋火山帶의 一員이라고 할 수 있다. 島弧의 外側帶에서는 솔레아이트質마그마와 高알루미나玄武岩質 마그마로부터 由來된 火山活動이나 本島는 알칼리橄欖石玄武岩質 마그마에 起因된 陸弧帶內에서의 火山作用의 一環으로서 火山活動의 形式에 있어서도 그들과 樣相을 달리한다.

5期로 區分한 本島의 火山活動形式을 各噴出期로 나누어 說明하면 다음과 같다.

### 1. 第1噴出期

第1期 火山噴出은 地表에 露出되어 있지 않는 基底玄武岩의 噴出期를 뜻하며 그를 被覆하고 있는 西歸浦層이 凝灰質이고 火山岩片을 含有하고 있는 것으로 보아 火山碎屑物의 噴出도 隨伴하였던 것으로 思料된다.

試錐孔 B-94를 비롯하여 數個所에서 西歸浦層의 下位에서 基底玄武岩이 發見되어 西歸浦層과 함께 本島의 基盤을 이루며 本島 全域(海水準面下)에서 台地狀의 分布를 이루고 있으리라는 可能性을 보여준다. 따라서 그의 噴出形式에 對하여 說明하기에는 매우 困難하나 台地狀의 產出狀態를 이루었으리라는 可能性과 보다 後期의 火山噴出樣相으로 보아 하와이相이었으리라 思料된다.

第1期의 熔岩噴出은 93.9m에까지 達하는 西歸浦層이 基底玄武岩 위에 堆積되어 있는 것으로 보아 熔岩流出은 일단 終息되었다. 그러나 西歸浦層이 凝灰質인 것으로 보아 火山碎屑物의 噴出은 계속하였던 것으로 믿어진다.

## 2. 第2噴出期

第2期 噴出은 表善里玄武岩의 噴出로부터 始作하여 西歸浦 및 中文粗面岩의 噴出에 이르기까지의 分化過程을 뜻한다.

表善里玄武岩은 西歸浦附近을 除外하고는 本島 全域에 걸쳐 台地狀으로 分布한다. 試錐孔 B-107을 비롯한 10餘個所에서의 코아에 對한 觀察에 의하면 表善里玄武岩中에는 火成碎屑層을 挾在하고 있어 16回 以上에 達하는 熔岩流이 있었음을 確認하였다. 火成碎屑層中에는 두께가 11m에 達하는 것도 있다(試錐孔 B-77). 熔岩流의 表面에서는 파호우에이 호우에이熔岩에서 볼 수 있는 硃皮 構造를 잘 나타내어 하와이形式에 屬함을 暗示해 준다.

西歸浦粗面岩과 中文粗面岩 사이에는 火成碎屑物로 되어 있는 두께 56m 以上の 和順層과 그와 同時期의 것으로 믿어지는 城山層이 挾在되어 있다. 이는 第2期末에 火山碎屑物을 噴出하는 맹렬한 火山活動이 있었음을 시사하는 것이다. 和順層 및 城山層과 火山碎屑層의 分布로 보아 이들의 噴火口는 城山, 軍山, 梅峰, 三梅峰, 別雙峰, 斗山峰, 松岳山, 簞山 등이었으리라는 생각을 갖게 한다.

이러한 事實로 미루어 보아 第2期 火山作用은 大體로 廣域噴出에 의한 하와이形式으로서 熔岩臺地 내지 쉘드火山을 形成하였으나 末期에는 많은 火山碎屑物을 噴出케한 스트롬볼리내지 팔칸形式으로 漸移하였으며 수개의 火山丘를 殘存케하였다.

## 3. 第3噴出期

第3噴出期는 濟州玄武岩의 噴出로부터 始作하여 下孝里玄武岩과 法井里粗面岩의 噴出에까지 이른다. 廣域噴出을 하였던 火山活動은 第3期에 들어와서 白鹿潭을 火道로 하는 下位의 噴火口에서 流出한 中心噴出이 始作되었다. 그러나 本島의 東南部に 分布하는 濟州玄武岩은 白鹿潭 周圍에 分布하는 거문오름, 구두岳, 붉은오름 등의 噴火口에서 噴出하여 部分的인 廣域噴出도 이루어졌다. 이들 噴火口에서의 熔岩流出은 各火山岩層들 사이의 關係로 보아 北쪽에서부터 始作하여 南쪽으로 移動하였다. 本期 最後의 熔岩流인 法井里粗面岩은 南斜面에만 流出하였다. 漢拏山을 中心으로 한 쉘드火山體의 大體의인 모양은 이때부터 形成되었다.

熔岩流出은 第2期에서 처럼 台地狀의 넓은 分布를 이루지 못하고 若干의 傾斜(3~5°)를 갖고 放射狀의 流出을 하였다.

試錐 結果에 의하면 各火山岩流 사이에 火成碎屑物을 挾在하고 있어 21回 以上の 熔岩流이 있었음이 確認되었다. 即 濟州玄武岩에서는 13回 以上, 下孝里玄武岩에서는 5回 以上, 法井里粗面岩에서는 3回 以上の 熔岩流이 있었다. 이들 各火山사이에 挾在하는 火山碎屑層의 두께는 普通 3m 内外이고 10m에 達하는 곳도 있다.

이러한 事實들로 보아 本期의 火山噴出形式은 하와이相보다 스톨름볼리相이 더욱 우세하였던 것으로 생각된다. 本期末의 漢拏山의 높이는 約 950m였으리라 추정된다.

#### 4. 第4噴出期

本期의 火山作用은 始興里玄武岩의 流出로부터 始作하여 城板岳玄武岩 및 粗面岩質安山岩의 流出에까지 이른다. 初期에는 本島의 東·西海岸低地帶에까지 넓게 流出하였으나 漸次로 그 規模가 작아져 後期에는 白鹿潭을 中心으로 한 山岳地帶 및 高山地帶에 국한된다. 이러한 現象은 熔岩의 流出量에도 關係되나 이의 成分과 溫度의 差異에 의한 粘性이 支配的인 역할을 한 것으로 思料된다. 漢拏山 火山體의 모양은 本期末에 거의 完成되었다. 御乘生岳을 가운데 두고 兩側에 開析된 九九谷과 御乘生溪谷을 流路로 하여 本期 最後의 粗面岩質安山岩이 流出하였다. 始興里玄武岩의 流出은 6回 以上 있었으며 하나의 火山噴出이 42m에까지 達하는 곳도 있다. 그리고 신장된 큰 氣孔들이 많이 發達되어 있어 流動性이 매우 큰 熔岩이었던 것으로 생각된다. 이들 熔岩流의 表面에서는 로피構造와 같은 파호우에이·호우에이熔岩의 特徵을 잘 나타내 表善里玄武岩에서와 유사한 性質을 갖는다.

城板岳玄武岩은 그의 分布와 地形上으로 보아 성널오름, 여후오름, 물장울 등의 噴火口에서 溢出되었으리라 믿어지며 그들을 頂點으로 하여 東·西斜面上에 流出하였다. 이들에서는 5回 以上の 熔岩流出과 火山碎屑物의 噴出이 觀察된다

漢拏山玄武岩은 白鹿潭火口를 中心으로 山岳 및 高山地帶에서 同心圓狀의 分布를 이룬다. 이들에서는 적어도 5回以上の 熔岩流出이 확인되었다.

#### 5. 第5噴出期

最後期の 火山活動은 白鹿潭을 形成케 한 火山爆發을 隨伴하여 白鹿潭玄武岩의 噴出이 있었던 것으로 思料된다. 이러한 火山爆發에 隨伴하여 白鹿潭가이에는 局地的으로 火山角礫들이 堆積되었다.

#### 6. 後火山作用

後火山作用의 흔적으로서 본島 內에 散在되어 있는 360餘座의 寄生火山을 들 수 있다. 앞에서 說明한 바와 같이 城山層 및 和順層의 堆積期에 形成된 10餘個의 火山丘를 除外하고는 모두가 最後期에 形成된 噴石丘이다.

噴石丘에는 곳에 따라 수많은 火山塊를 含有하기도 한다. 이들 火山塊는 스크리아, 火山彈, 火山餅 등으로 되어 있어 噴出時의 溫度 火山爆發의 세기를 推定할 수 있다.

噴石과 火山塊는 玄武岩質이다.

### 3) 火山活動과 構造

#### 1. 構造 線

本島는 N70°E의 長軸을 갖는 고구마 모양의 形態를 이루고 있다. 이는 遼東方向과 一致하며 韓半島의 南海岸線의 方向과 흡사하다.

火山構造를 解釋하는 데 있어서 무엇보다 重要的 것은 火山活動의 主軸을 이루었던 漢拏山이다. 이를 中心으로하여 360餘個의 寄生火山이 複雜多樣하게 分布하여 있어 構造 解釋을 하는 데 매우 곤란하다. 그러나 本島의 火山構造를 解釋하기 爲하여 이들 寄生火山들의 配列狀態를 分析하여 그림 13에서 볼 수 있는 바와 같은 構造線을 設定하였다.

① 中央線 : 中央線은 本島의 頂點을 이루고 있는 漢拏山을 中心으로 하여 東은 牛島, 西는 遮歸島에 이르기까지의 本島 長軸에 해당되는 線이다. 白鹿潭, 城板岳, 御乘生岳 等の 큰 火山을 비롯하여 寄生火山의 2/3 以上이 中央線 附近에 密集되어 있다.

② 軍三線 : 軍三線은 軍山과 三梅峰을 연결한 構造線으로서 本線上에는 두 火山丘를 비롯하여 山房山, 모슬峰, 簞山, 月羅峰, 弓山, 사岳 等이 있다. 이들의 大部分은 和順層의 堆積期에 噴火된 것으로서 粗面岩 및 粗面岩質安山岩을 隨伴한다. 이들은 大體로 火山體의 모양이 많이 破壞되어 플라네즈乃至 殘溜山地段階에 있다. 本島의 西南海岸에서 현저한 隆起를 이루어 海岸段丘를 이루는 海岸線의 方向도 이와 一致한다.

③ 牛梅線 : 本線은 牛島에 있는 소머리오름과 梅峰을 연결하는 構造線이다. 本線上에는 城山峰과 食山峰이 자리잡고 있다. 이들은 모두가 城山層 혹은 和順層을 隨伴하고 火山體의 모양은 前者와 같이 플라네즈乃至 殘溜山地段階에 있다. 本線의 方向은 北東方向으로서 同域의 海岸線의 方向과 一致한다.

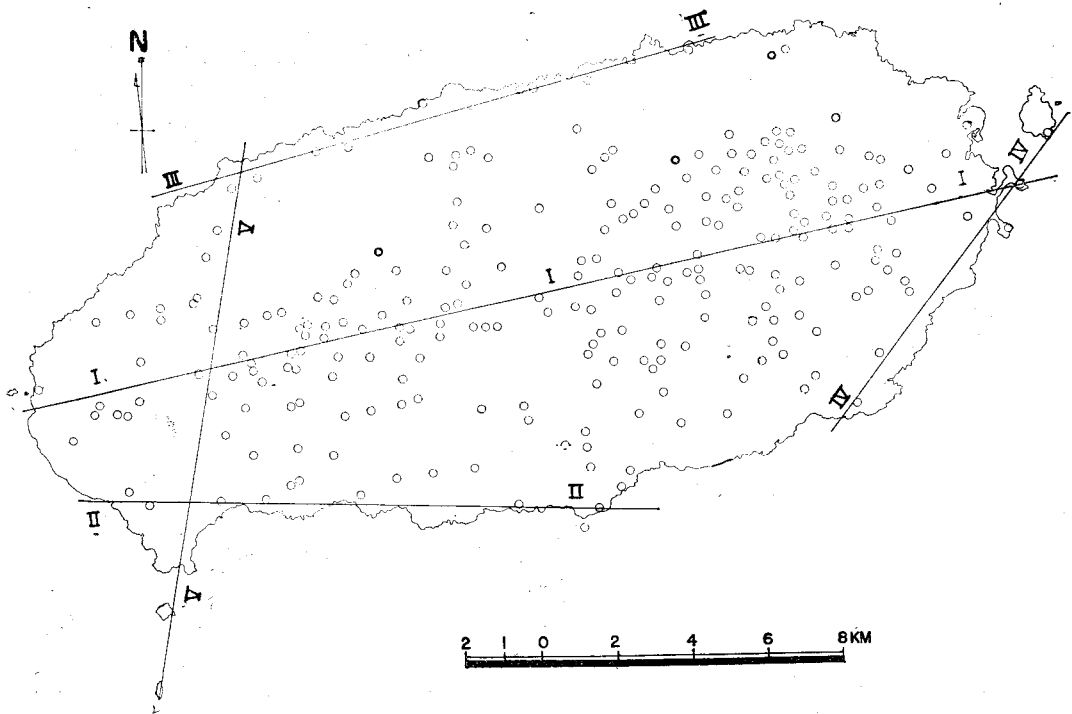


Fig. 13 Distribution Map of parasitic Volcano and Structural line

④ 高別線: 本線은 本島의 北쪽 海岸西部에서 高內峰과 別刃峰을 연결하는 線이다. 同線上에 是 別刃峰을 비롯하여 飛陽島, 峽岳, 수산峰, 波軍峰, 道頭峰, 沙羅峰 等이 있다. 이들의 大部分은 和順層을 隨伴하고 있으며 粗面岩質安山岩으로 되어 있는 것도 있다. 本線의 方向은 西北 海岸線의 方向과 一致한다.

#### 4) 火山體의 構造

濟州島 火山體는 白鹿潭을 頂上으로 하는 漢拏山의 主火山體와 漢拏山 火山體上에 散在하여 있는 寄生火山으로 크게 區分된다.

##### 1. 漢拏山 火山體

漢拏山 火山體는 廣域噴出로부터 漸次 白鹿潭을 中心으로 하는 中心噴出에 의하여 만들어진 典型的인 쉘드火山이다. 即 火山活動의 初期에는 熔岩臺地를 形成하였으나 中心噴出로 漸移하면서 쉘드火山을 形成하였다.

初期의 熔岩流出은 넓은 地域에 이르기까지 흘러내렸으나 後期로 갈수록 그 流出 範圍는 좁아져 噴火口인 中心部로 갈수록 急한 傾斜面을 이룬다. 本島의 從斷面에서의 傾斜는 大體로 4° 内外이나 橫斷面에서는 7° 内外이다.

漢拏山 火山體는 98回 以上에 達하는 熔岩流出과 그들 各 熔岩流 사이에 挾在되어 있는 火山 碎屑物로 構成되어 있다. 火山碎屑物의 挾在는 後期로 갈수록 많아져 噴出形成이 하와이相에서 스톱롬볼리相으로 移化되었음을 뜻하는 것이다.

##### 2. 寄生火山

寄生火山은 大部分 圓錐狀을 이루고 있으나 城山層 및 和順層 堆積期에 形成된 것들은 開析되어 그들의 原形態를 잃은 것도 있다. 그리고 山房山이나 森島와 같이 도움構造를 보여주는 것도 있다. 어떤 곳에서는 複合火山體를 이루어 매우 不規則한 形態를 보여 주기도 한다. 城山과 같이 堆積層만으로 되어 있어 特異한 形態를 이루는 경우도 있다. 圓錐狀火山丘들은 大部分이 噴石으로 되어 있어 噴石丘(cinder cone)라 할 수 있다. 이들 噴火丘는 完全한 圓錐狀을 이루는 것, 頂上이 圓錐의 모양으로 파인 것, 噴石丘 自體가 말굽모양을 이루고 있는 것들로 區分된다. 噴石丘의 頂上部가 圓錐모양의 火口를 갖는 것은 同噴石丘에서의 火山活動의 最終期에 爆發이 있었음을 뜻한다. 이러한 噴石丘에는 城板岳 附近에 있는 물장오름에서와 같이 奉天水가 고여 있는 것도 있다. 말굽형噴石丘는 噴火時 한 方向으로 불어오는 季節風에 의하여 砂丘에서와 같이 바르한의 形態를 갖거나 二次的인 侵蝕에 의하여 形成된 것이다.

거린사슴오름과 같은 噴石丘는 圓錐狀의 火山丘가 形成된 後 噴火의 最終期에 큰 爆發이 일어나 元來의 火山體의 모양을 잃은 것이다. 朝天面 橋來里 附近에 있는 산금부리는 火山碎屑物의 噴出 없이 큰 爆發만이 있었던 代表的인 火口이다. 山금부리의 火口는 깊이가 180m에 까지 達

한다.

本島의 東端에 있는 城山과 소머리오름은 堆積層으로 되어있으며 外形上 칼데라와 類似한 形態를 보여준다. 城山에서는 外輪山물이 奇岩絶壁을 이루는 데 이는 放射狀節理에 따라 海蝕에 의하여 小谷들이 發達하는 데 基因되는 것이다.

## 7. 濟州島의 形成史

### 1) 形成過程의 解釋

濟州島는 火山島로서 그의 形成過程은 火山活動의 樣相, 地盤의 隆起와 密接한 關係를 갖는다. 그림 14는 火山活動과 關聯시켜 本島의 形成過程을 圖示한 것이다.

本島의 形成過程을 다음과 같이 區分할 수 있다.

- 첫째, 基盤의 形成
- 둘째, 熔岩臺地의 形成
- 세째, 열드火山의 形成
- 네째, 寄生火山의 形成
- 다섯째, 隆起와 次地形에로의 變化

#### 1. 基盤의 形成

本島의 基盤은 現在까지 알려진 바에 의하면 西歸浦層, 基底玄武岩, 時代未詳의 堆積岩層과 花崗岩으로 構成되어 있다. 時代未詳의 花崗岩과 호온펠스화된 堆積岩은 露出되어 있는 곳은 없다. 그러나 別刀峰을 構成하는 火山角礫中에서 發見되어 深度는 알 수 없으나 本島의 下部에서 基盤을 이루고 있으리라는 생각을 갖게 한다. 原口九萬(1931)에 의하면 火山角礫中の 花崗岩은 巨文島에 分布하는 것에 對比시켜 白堊紀末에 屬하는 佛國寺花崗岩임을 시사한 바 있다.

基底玄武岩과 西歸浦層은 西歸浦 附近에만 小規模로 露出되어 있으나 試錐結果 本島 곳곳에서 發見되어 基盤의 一部를 이루었으리라는 데 疑心할 바 없다. 따라서 이들의 熔岩流와 堆積面은 臺地狀으로 平坦하였으리라는 생각을 갖게 한다.

西歸浦層은 金鳳均教授(1972)의 古生物學的인 研究 結果 第三紀 플라이오세에 屬하는 것으로 判明되어 이들 基盤의 形成은 第三紀末이었으리라는 생각을 갖게 한다. 西歸浦層의 上部에서 發見되는 火山源 堆積物中에는 陸成인 것들을 많이 含有하고 있어 西歸浦層 堆積期末에 一部 噴火口가 이미 陸上에 露出하여 火山活動이 있었음을 말해 준다.

#### 2. 熔岩臺地의 形成

西歸浦層內에서도 3회의 다이아스탤이 發見되어 本島의 地盤이 매우 不安定한 狀態였음을 알 수 있다. 이러한 地盤運動과 함께 撓曲된 堆積面上에 大規模의 熔岩流出이 있어 熔岩臺地를 形成

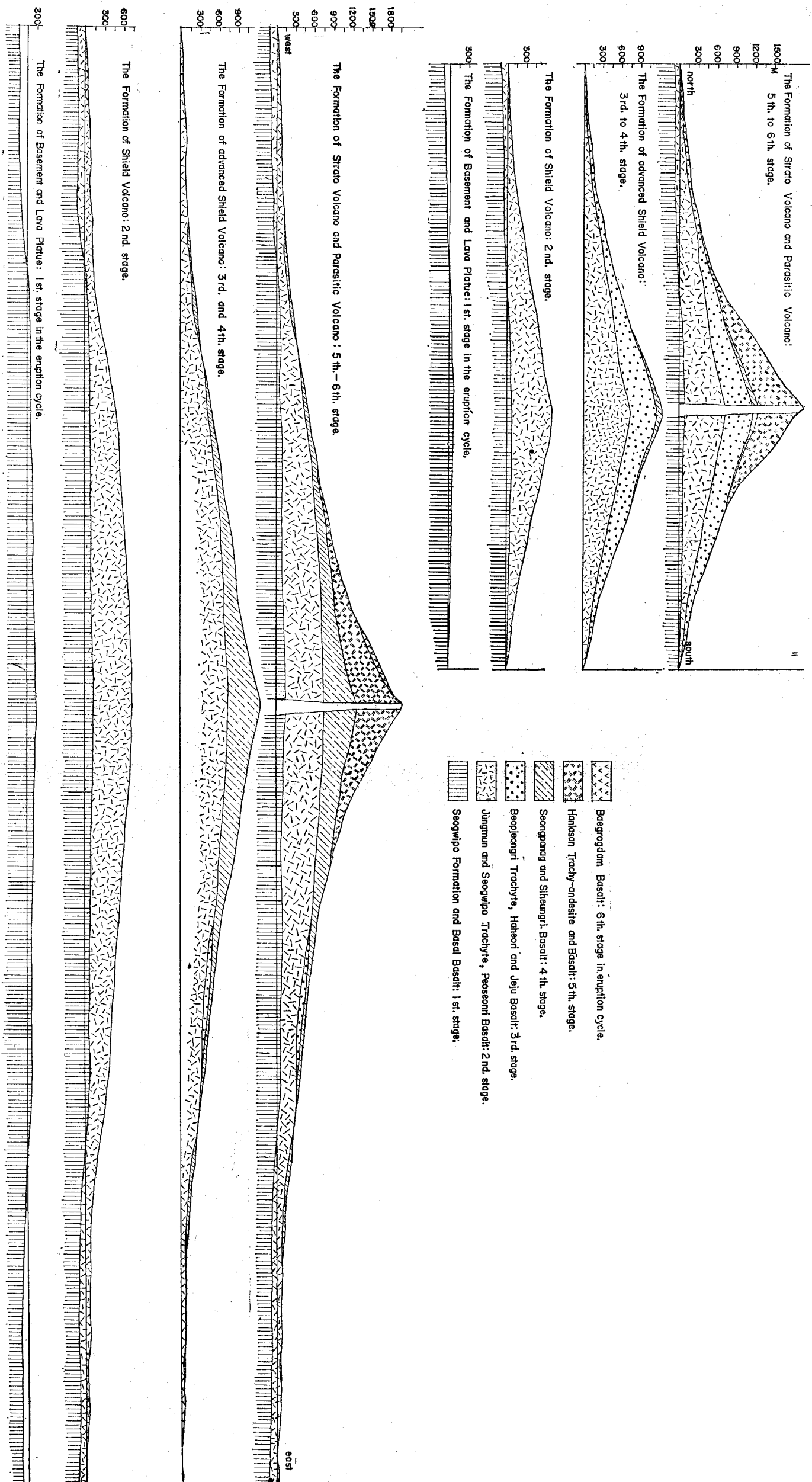


Fig. 14 Section on the Processes of Formation of Jeju Island.

케 하였다.

西歸浦層 堆積面上에 처음으로 熔岩臺地를 形成한 火山岩은 表善里玄武岩이다. 그러나 表善里玄武岩은 試錐 結果에 의해서도 西歸浦를 中心으로한 漢拏山—軍山—南元面爲美里 三角地帶에 分布하지 않는다. 이는 表善里玄武岩臺地가 形成되기 以前 西歸浦層이 漢拏山 地點을 通過하는 南北方向의 軸으로 하여 撓曲되었고 그 撓曲軸이 北쪽으로 撓曲되었으리라는 생각을 갖게 한다.

表善里玄武岩으로 되어 있는 現在의 海岸臺地는 波蝕과 河蝕에 의하여 熔岩臺地の 平坦面이 어느 程度 파괴되었을는지 모르나 熔岩臺地の 原地形이 많이 保存되어 있는 것으로 思料된다. 이러한 事實을 뒷받침하여 주는 것은 現在의 表善里玄武岩의 表面上에서 로피構造를 비롯한 熔岩流의 表面에서 나타나는 流狀構造의 痕跡들이 곳곳에서 發見되는 것이다.

이 때의 噴火口는 지금의 漢拏山 下部에 位置한 中心噴出이 아니라 廣域噴出에 의한 것이다. 이러한 事實을 立證하는 하나의 증거는 萬丈窟內에서의 表善里玄武岩의 流動 方向은 東쪽에서 西流하였음을 보여준다.

이러한 熔岩臺地上에서의 熔岩流出은 城山層과 和順層 堆積期에 이르기까지 西歸浦粗面岩 및 中文粗面岩의 流出이 第2噴出期의 終末에 있었다. 城山을 비롯한 山房山, 高山峰, 別刃峰, 簞山 등은 이때 形成된 寄生火山들이다. 150m 에 까지 達하는 城山 頂上에서 海蝕의 痕跡이 發見되는 것으로 보아 이들은 아직 海水準面上에 露出되지 않았았던 것으로 생각된다.

表善里熔岩臺地の 形成은 西歸浦層 堆積 後, 新陽里層 堆積 前에 이루어졌다.

### 3. 쉴드火山의 形成

火山活動이 進展됨에 따라서 廣域噴出을 하였던 噴火口는 漸次 白鹿潭 火道 가까이 모여져 20餘회에 達하는 熔岩流出이 일어나 쉴드火山을 形成케 하였다. 이러한 火山活動은 第3噴出期에서부터 第4噴出期에 걸쳐 있었다.

第4噴出期初에 流出된 始興里玄武岩은 本島의 東·西 兩海岸低地帶에 이르기까지 表善里玄武岩臺地上에 流出되었으나 그 밖의 모든 熔岩類들은 本島 全域에 걸쳐 있었으리라고 믿어지는 廣域噴出에서부터 漸次 漢拏山 頂上 가까이로 噴火口들이 移動, 마침내 白鹿潭을 頂點으로 하여 中心噴出을 하여 傾斜가 완만한 圓錐火山을 形成하였다.

白鹿潭 火道 가까이에 散在되어 있었던 火口에서 噴出되었던 火山碎屑物은 局限된 地域內에만 堆積되었고 熔岩流出의 範圍에 있어서도 漸次 좁아져 漢拏山의 高度를 急増시켰던 것과 同時에 山斜面的 傾斜를 急하게 만들었다. 特히 頂上 가까이에는 粘性이 높은 粗面岩質安山岩이 流出되어 매우 急한 傾斜面을 이루어 토로이데형을 방불케 한다. 漢拏山玄武岩이 噴出된 後 熔岩流의 表面은 상당히 開析이 進行되었던 것으로 思料된다. 漢拏山粗面岩質安山岩은 그러한 侵蝕谷에 따라 流出하였다.

白鹿潭火口는 最後期の 熔岩流出인 白鹿潭玄武岩과 함께 爆發에 의하여 形成된 것이다.

#### 4. 寄生火山의 形成

城山層 및 和順層 堆積期에 形成된 火山丘를 除外하고는 大部分의 寄生火山은 最終期에 形成된 것이다. 이들의 大部分은 噴石丘로서 30° 内外의 圓錐狀 斜面을 이룬다. 그들의 높이는 多樣하여 35m(弓山)에서부터 250m(御乘生岳)에 까지 이른다.

噴石中에는 火山彈, 火山餅等の 火山塊들을 含有하고 있어 火山丘 生成時의 噴出樣相을 말해 준다. 本島 全域에 걸쳐 散在하고 있는 寄生火山들의 噴火는 매우 활발하였던 것으로 믿어진다.

이러한 火山活動은 有史時代에도 있던 것으로 생각된다. 東國輿地勝覽 第38卷에 의하면 1002年과 1007年 2회의 噴火를 明記하였으며 그中 하나는 「有山湧出干耽羅海中者即此島而飛陽之名取諸此歟」라고 記錄되어 있어 飛陽島일 가능성이 있다. 「李朝烈聖實錄」에 의하면 1455年 1月 24日과 1670年 11月 15日 2회에 걸쳐 強烈한 地震이 있었음이 明示되어 있어 이들은 後火山活動의 一環임을 알 수 있다.

#### 5. 次地形에로의 變化

本島의 地形은 主로 火山噴出形成과 隆起에 支配되므로 侵蝕에 의한 次地形에로의 變化는 本島의 形成을 說明하는 데 附隨의인 것이라 할 수 있다. 本島의 火山 原地形을 파괴시킨 侵蝕은 플라이스토세에 들어와서 新陽里層 堆積後 陸化된 部分에서 始作하였다. 그러나 陸化된 地表面上에서 侵蝕이 進行되었다 하더라도 새로운 熔岩流가 侵蝕表面上을 덮어 새로운 原地形이 形成되므로 실제적인 原地形의 파괴는 그보다 훨씬 後期에 始作되었던 것으로 생각된다.

그리고 本島의 地形構成에 重要的 역할을 한 寄生火山들은 火山活動의 最終期에 形成된 것이므로 時間的으로 보아 火山原地形들이 侵蝕의 영향을 적게 받았음을 뜻하는 것이다.

本島의 地形變化에 重要的 역할을 한 隆起現象은 北쪽에 비하여 南海岸쪽이 현저하여 北쪽으로 기울어져 南海岸에서는 海岸段丘를 비롯한 隆起海岸地形의 特色을 잘 나타내고 있다.

#### 2) 地盤運動史的 考察

本島의 形成·發達過程은 火山噴出形式, 昇降運動과 地形學的인 資料들에 의하여 說明되었다. 이들에 의하여 地盤運動을 考察하면 다음과 같다.

硫球弧 內側帶의 베니오프帶上에 자리잡고 있는 本島는 西歸浦層 및 新陽里層의 堆積期에 이르기까지 海水準面上에 露出되지 않았던 것으로 생각된다. 그 後 第3噴出期에 들어와서 熔岩流의 累積과 지속적인 隆起에 의하여 本島는 비로소 火山島로서의 첫선을 보이게 되었다. 廣域噴出로부터 始作하여 中心噴出에 의한 熔岩流의 累積과 隆起는 그 後에도 持續되어 標고 1,950m에 達하는 설드火山을 形成케 하였다.

西歸浦層과 新陽里層內에서 各各 數回の 다이아스팀이 나타나는 것으로 보아 그들의 堆積期의 地盤은 매우 不安定하였던 것으로 생각된다. 西歸浦層 堆積 後 매우 完만한 撓曲作用을 받아

그의 堆積面은 西歸浦—漢拏山—濟州를 通過하는 撓曲軸에 의하여 완만한 背斜를 이루었다. 그의 撓曲軸은 北쪽으로 若干 기울어(plunging)졌다. 이러한 기울어짐은 南海岸의 현저한 隆起에 關聯된 것으로 생각 된다.

西歸浦層의 撓曲과 기울어짐을 뒷받침하는 증거로서는 첫째, 西歸浦層은 기울어짐의 윗 머리라고 할 수 있는 西歸浦 附近에만 露出되어 있고 試錐 結果에 의하면 同域에서 멀리 갈수록 더욱 深部에서 發見되고, 둘째 撓曲된 堆積面上에 流出되었으리라고 믿어지는 表善里玄武岩이 脊斜軸을 이루고 기울임의 머리部에 해당하는 漢拏山—軍山—爲美里 三角地帶에는 分布하지 않으나 兩翼과 아래 部分에 넓게 分布하는 것은 撓曲과 푸란징에 基因되는 것이다.

隆起의 증거는 海蝕崖, 海蝕丘, 海蝕洞窟 等에서도 觀察할 수 있어 約 200m의 上昇이 立證된다. 이러한 現象은 주로 南海岸에서 觀察된다. 南海岸에 發達하는 높이 40m 内外의 海岸段丘는 北岸에 比하여 南岸이 隆起가 현저하였고 隆起를 하는 동안 本島가 北쪽으로 기울어(tilting)졌음을 말해준다. 觀音寺 附近에서는 琢磨된 圓礫들이 發見되어 600m의 隆起를 暗示해 준다.

이러한 地盤運動의 現象은 韓半島의 南海岸에서의 沈降과는 相反되는 對照를 이루고 있어 第4系에 들어와서 있었던 韓半島의 昇降運動을 說明하는 데 매우 흥미로운 資料를 提供하여 준다.

## 8. 結 論

1. 濟州道는 第3紀末 플라이오세에서 第4紀에 걸쳐 生成된 火山島이다. 初期에는 海底에서 形成되었으리라 믿어지나 地盤의 隆起와 더불어 新陽里層 堆積 以後에는 陸上에서의 火山噴出에 의하여 形成되었다.

2. 本島를 形成케한 火山噴出形式은 주로 하와이相에 屬하며 아스피데型 火山을 이루나 後期로 감에 따라서 스톨롬볼相으로 漸移되어 漢拏山 頂上 가까이에서는 토로이디型 火山을 방불케 한다.

3. 本島의 火山岩의 化學成分은 內太平洋型과 類似하나 알칼리의 含量이 많다. 그리고 日本島弧의 內側帶에서 가장 大陸쪽에 자리잡고 있는 壹岐島와 隱岐島 및 울릉島와 白頭山의 火山岩類와 類似하다. 即 本島의 火山岩類는 알칼리岩系에 屬한다.

4. 本島의 火山作用은 베니오프帶에서 發生한 알칼리 橄欖石-玄武岩質마그마에서 導來된 것이며 베니오프帶에서 本島는 陸弧帶上에 位置하고 그의 깊이는 400km 内外로 推定된다. 따라서 本島의 火山岩이 솔레아이트 및 高알루미나質인 島弧의 火山岩과는 性質을 달리하는 알칼리岩이라는 解釋을 용이하게 한다.

5. 本島에서의 火山作用은 5回の 噴出輪廻로 區分된다. 하나의 噴出輪廻는 玄武岩流의 流出로부터 始作하여 粗面岩 또는 粗面岩質安山岩의 噴出 그리고 火成碎屑物의 噴出으로 끝난다. 本島의 形成過程은 各噴出輪廻에서의 特性에 의하여 基盤의 形成, 熔岩臺地의 形成, 쉘드火山體의 形成,

寄生火山의 形成과 火山原地形의 次地形에 由의 變化過程으로 區分된다.

※ 本論文을 作成하는 데 아낌없는 助言과 資料를 提供하여 준 孫致武교수, 金鳳均 교수와 李大聲 교수에게 심심한 謝意를 표하는 바이다. 그리고 現地調査에 있어서의 편의와 試錐 資料를 分析하는 데 助力하여 준 崔淳學 學兄에게 感謝를 드린다.

## Reference

- Alfred Rittmann 1962: *Volcanoes and their Activity*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Aoki, K. 1967b: *Petrography and petrochemistry of Latest Pliocene olivine-tholeiites of Taos Area*, Northern New Mexico, U.S.A., C.M.P.M., 14, 190~203.
- Aoki, Ken-ichiro & Oji, Yoshio, 1966: Calc-Alkaline Volcanic Rock Series Derived from Alkali-Olivine Basalt Magma, *Journal of Geophysical Research* 71-24.
- 青木謙一郎, 1968: 高アルミナ玄武岩, 地球科學 22卷 6号 pp. 300~304
- “ 1974: 記載岩石學の立場から主として玄武岩類について, 日本岩石鑛物鑛床學會シンポジウム
- “ 1958: 壹岐島及び東松浦半島地域のアルカリ岩の分化, 火山第2集 第3卷 第1號 pp. 1~16
- “ 1962: 男鹿半島のアルカリ粗粒玄武岩, 岩石鑛物鑛床學會誌 第47卷 第4號
- Barth, T. F. W., 1962: *Theoretical Petrology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Bonatti, E. & Fisher, D. E., 1971: Oceanic basalts: Chemistry versus distance from oceanic ridges, *E. P. S. L.*, 11, 30-311.
- Daly, R. A., 1944: Volcanism and petrogenesis as illustrated in the Hawaiian Islands, *B. G. S. A.*, 55.
- Dickinson, W. R., 1962: Petrogenetic significance of geosynclinal andesitic volcanism along the Pacific margin of North America, *B. G. S. A.*, 73, 1241-1256.
- Engel, A. E. J. & Engle, C. G., 1964: Composition of basalt from the Mid-Atlantic Ridge, *Science*, 144, 1330-1333.
- Engel, C. G. & Engel, A. E. J., 1963: Basalts dredged from the northeastern Pacific Ocean, *Science*, 140, 1321-1324.
- Engel, A. E. J., Engel, C. G. & Havens, R. G., 1965: Chemical characteristics of oceanic basalts and the upper mantle, *B. G. S. A.*, 76, 719-734.
- Folinbee, R. E., Raadsgard, H., Cumming, C. L. & Green, D. C., 1968: A very ancient island arc, “The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area” (Knopoff, L. et al. Ed.), *Geophys. Monogr.*, No. 12, 441-448.
- Gast, P. W., 1968: Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types, *G. C. A.*, 32, 1075-1086.
- Gersimovsky, V. I. & Polyakov, A. I., 1972: Alkaline rocks of the East African rift zones, Publ. 24th I. G. C. (Montreal), Sect. 14, 34-40.
- Gill, J. E., 1972: Geochemistry of Viti Levu, Fiji and its evolution as an island arc, *C. M. P.*, 27, 179-203.
- Gorai, M., 1968: Some geological problems in the development of Japan and the neighboring island arcs, “The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area” (Knopoff E. et al. Ed.), *Geophys. Monogr.*,

- No. 12, 481-488.
- Green, D. H. & Ringwood, A. E., 1967: The genesis of basaltic magmas, *C. M. P.*, 15, 103-110.
- Harumoto, Atsuo 1970: *Volcanic Rocks and Associated Rocks of Utsuryoto*, (Japan Sea), Nippon Printing and Publishing Co.
- Hubbard, N. J., 1969: A chemical composition of oceanic ridge, Hawaiian theleitic and alkalic basalts, *E. P. S. L.* 5, 346-352.
- Jacks, P. & White, A. J. R., 1971: Compositions of island arcs and continental growth, *E. P. S. L.*, 12, 224-230.
- Johannsen, A., 1931: *A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks*, Vol. I, II, III, Univ. Chicago Press, Chicago.
- Kim, B. K., 1970: A Stratigraphic and Paleontological Study of the Sinyangri and Gosanri formation in the Vicinity of Sinyangri and Gosanri in the Jeju Island. *Jour. Geol. Sor. Korea*, Vol. 15, No. 2, pp. 103-121.
- Kobayashi, T., 1953: Geology of south Korea, Tokyo Univ., Japan.
- Kuno, H., 1950: Petrology of Hakone Volcano and the adjacent areas, Japan, *B. G. S. A.*, 61, 95-1020.
- 久野久, 1965: アルクアルカリ岩系に関する問題點, 岩石鑛物鑛床會誌 第53卷, 第4號.
- Miyashiro Akio, 1974: Volcanic rock series in island arc and continental margins, *American Journal of Science*, Vol. 274, No. 4
- Macdonald, G., 1949: Hawaiian petrographic province, *B. G. S. A.*, 60, 1541-1596.
- Macdonald, G. & Katsura, T., 1964: Chemical compositions of Hawaiian lavas, *J. P.* 5, 82-133.
- Minato, M., Gorai, M. & Hunahashi, M. (ed.), 1965: *The Geologic Development of the Japanese Islands*, Tsukiji-shokan, Tokyo.
- Nockolds, S. R., 1954: Average chemical compositions of some igneous rocks, *Bulletin of the Geological society of America*, Vol. 65, pp. 1007-1032.
- Powers, H. A., 1935: Differentiation of Hawaiian lavas, *A. J. S.*, 5th. Ser., 30, 57-71.
- Sugisaki, R. & Tanaka, T., 1971: Magma types of volcanic rocks and crustal history in the Japanese Pre-Cenozoic geosynclines, *Tect.*, 12, 393-414.
- Tomita, T., 1935: On the chemical compositions of the Cenozoic alkaline suite of the Circum-Japan Sea Region, *Jour. Shanghai Sci. Inst.*, Sect. 11, 1, 227-306.
- Tomita, T., 1936: Geology of Dogo, Oki Islands in the Japan Sea, *Jour. Shanghai Sci. Inst.*, Sect. 11, 2, 37-146.
- Waters, A. C., 1955: Volcanic rocks and the tectonic cycle, "The Crust of the Earth" *S. P. G. S. A.*, No. 62, 703-722.
- Waters, A. C., 1962: Basalt magma types and their tectonic associations, Pacific Northwest of the United States, *Monogr. Trans. Am. Geophys. Union*, No. 6, 158-170.
- Wetherill, G. W., 1972: The beginning of continental evolution, "The Upper Mantle," (Ritsema, A. R. Ed.), *Tect.*, 13, 31-46.

- 原口九萬, 1931: 濟州島の地質, 朝鮮地質調査要報第十卷の 1.  
" 1930: 濟州島, 火山島, 小川博士還曆記念論文集  
金相昊, 1963: 濟州島の 自然地理, 大韓地理學會誌 第1號  
金鳳均, 1972: 西歸浦層의 層序 및 古生物學的研究, 孫致武博士 頌壽記念論文集.  
牛來正夫, 1973: 火成作用, 日本共立出版株式會社  
李大聲, 1967: Mantle 研究에 있어서 含橄欖石片玄武岩의 意義, 大韓地質學會誌 3~1  
孫致武 外 22名, 1968: 漢拏山學術調査報告書, 文化公報部  
洪萬燮 外 8名, 1965: 濟州島地下水探索地質調査報告書, 建設部  
농업진흥공사, 1971, 1972, 1973, 1974: 제주도지하수보고서