

白頭山 火山群 環境斗 洞窟 岩石의 年代測定 및 成分分析

日本 大阪 經法大 工學博士 金 景勳

韓國洞窟學會長 地理學博士 洪 始煥

中國 延邊大學校 地理學科 教授 劉 忠傑

ABSTRACT

The Paektu-san mountains are geographically situated in the Korea strait to the north of the main peninsula, coordinated between the longitudes of W(127° 15'~128° 00') and E(128°15'~129°00'), and between the latitudes of S(41° 15'~42° 00') and N(42° 10'~42° 40').

The volcanic group of the Paektu-san mountains can be divided into 2 main kinds of volcanos by the method investigation. The ashes are mainly made of tremolite, trachte, basalt and pumice, or, a little quartz, labradorite and volcanic glass. These sorts, ratios and forms of the rocks are respectively similar.

The Haeven lake is surrounded by 19 peaks. The central volcanic cone is a secant cone in shape, with an altitude of the 1800m to 2749.2m (Chang-kun-bong), an average diameter of 10km, and a shape of an ellipse seen high from the plane. They say there were several eruptions in 1668, 1700 and 1702 A.D.

The crystal structure of the rock sample collected at the cave of Mt. Paektu-san is monoclinic. The quantitative analysis of the rock samples in the cave is done by using XRF this time. The chemical compositions by XRF fundamental parameter analysis is : $\text{SiO}_2 = 50.72 \text{ W}_t\%$, $\text{TiO} = 2.422 \text{ W}_t\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17.65 \text{ W}_t\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 9.371 \text{ W}_t\%$, $\text{CaO} = 8.711 \text{ W}_t\%$, $\text{MgO} = 4.119 \text{ W}_t\%$, $\text{MnO} = 0.115 \text{ W}_t\%$, $\text{K}_2\text{O} = 1.369 \text{ W}_t\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 3.028 \text{ W}_t\%$ and $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.365 \text{ W}_t\%$. The K-Ar age of the rock sample is also determined to be 0.16Ma.

This paper describes some problems experienced in dating young volcanic rocks, and then discusses chemical compositions, X-ray fluorescence analyses and the age of the formation of a lava tunnel such as in Mt. Paektu-san.

1. 서 론

이 논문은 1993. 8. 12.에 사단법인 한국과학기술단체 총연합회에서 주관한 전세계 한민족과학 학술발표에서 발표된 합동발표 논문의 일부이다.

白頭山은 우리나라에서 제일 높은 산이다. 白頭山의 위치는 북위 『42°10′-42°40′』(북계)~『41° 15′~42° 00′』(남계), 동위 『127° 15′~128° 00′』(동계)~『128° 15′~129° 00′』(서계)로 이루어져 있다. 白頭山의 火山錐體는 해발 1700m이다. 그의 위치는 북위(42° 28′~41° 31′)및 동경(128° 55′~127° 09′)의 범위에 있다. 이 범위 지역에는 산, 저산, 구릉, 熔岩高原 그리고 대지로 형성되어 있다. 白頭山은 동아시아의 최대·최고의 규모와 다종 다양한 특징을 가진 산으로 유명하다. 白頭山의 명칭은 불멸산, 주백산, 태백산, 수현산, 백산 그리고 장백산등을 합하여 90여종의 명칭이 있다. 특히 「白」과 「長」이 있다는 것은 눈이 덮히고 크다는 의미에서 부르고 있다. 白頭山의 天池로 부터 시작되고 있는 하류는 동측으로 豆滿江, 서측으로 鴨綠江 그리고 북측으로는 송화강의 삼강의 원류가 되고 있다. 白頭山은 색채의 화려하고 아름다운 경치, 그리고 신비적이고 감동적인 장관성은 일평생 잊을 수 없는 곳이다. 白頭山은 遠方부터 보아도 아름답고, 등산중예의 경관도 수려하고 산정에 올라가도 더욱더 아름다운 산이다. 세계중에도 특이한 산이기 때문에 지구과학적으로 크나큰 자료가 되며 역사적인 의미가 있다고 하겠다.

본 논문 자료는 白頭山頂에의 록명봉 부근에 있는 熔岩洞窟의 岩石이다. 이 熔岩洞窟의 岩石 形成年代는 K-Ar법에 의하면 16만년전이란 것을 알게 되었다. 또 성분분석은 Fundamental Parametar法에 의한 형광 X선 분석에 의하여 결정되었다. : SiO₂(49.79~51.84Wt%), TiO₂(2.309~2.57Wt%), Al₂O₃(17.23~18.41Wt%), Fe₂O₃(8.548~10.14Wt%), CaO(7.648~9.159Wt%), MgO(3.222~4.63SWt%), 그리고 Na₂O(2.823~3.562Wt%) 등이다. 끝으로 結晶構造는 삼사정계와 단사정계에 의한 혼합 결정구조이다.

2. 白頭山 周邊의 景觀 概要

白頭山 일대는 인삼·소피·특용각의 산지로 너무나 유명하다. 고산원시림에는 특유한 맹수인 白頭山 호랑이·꽃사슴·흑곰등이 있다. 진기한 식물로는 특유한 향화·밀원식물 그리고 관상식물 등이 한없이 무성하고 있다.

화산적인 경관에는 1)대지 2)화산호 3)화산추체 4)폭포 5)강천 등이 있다.

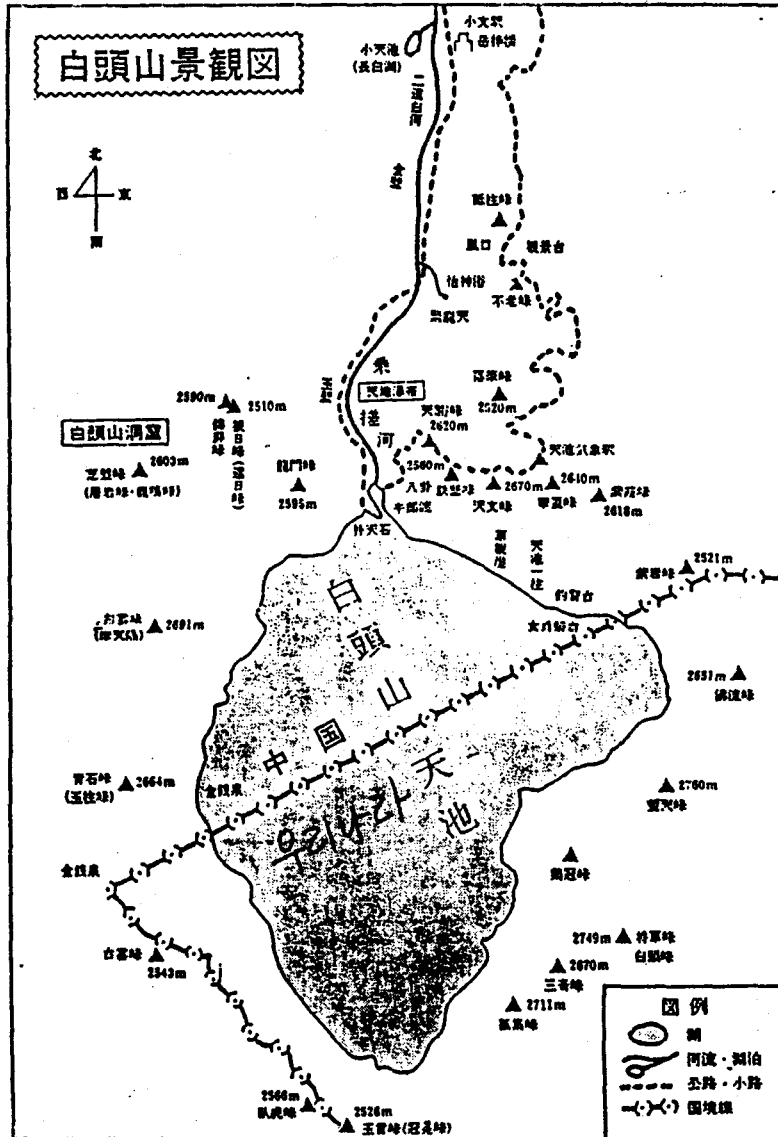


Fig. 1 白頭山 火山口 周邊 景觀圖

수직적인 경관에는 1)천지 2)소천지 3)장백매립 4)풍구 5)장백냉천 6)금선천 7)방하유적 8)장백운무 9)천녀욕신지 10)천하 11)장백비폭 12)고산화원 13)왕지 14)우랑도 15)난천파기 16)왕지 17)16기봉 18)백운기관 19)무송 그리고 20)백수세담도 등이 있다.

이와 같은 경관을 Fig.1과 같이 표시하였다. 白頭山 天池는 中國과의 국경선으로 되어 있지만 면적으로는 우리나라가 약 3분의 1정도로 된다. 熔岩 洞窟이 있는 장소는 天池를 중심으로 한다면 북서지방이다. 현재 상태로는 天池는 양분되어 있으나 이 국경계선은 아직 국제문제로 미결상태에 있다.

3. 白頭山의 形成過程과 熔岩洞窟의 年代測定

白頭山은 古代華夏大陸의 일부분이었다. 약 6억년전에는 광대무한한 바다로 있었던 것으로 알려져 있다. 이 지구에는 지각변동이 강화되어 가면서 일부에 단열이 형성되었음을 뜻한다. 그 후에 단열된 부분에서 대량의 분출이 일어나 화산분화가 생겨서 많은 봉이 형성되었다. 분화에 관한 년대는 다음과 같다.

태고계 용강군(3200만년전), 주피구군(3000만년전)

원고계 집안군(2500만년전), 色洛하계(1650만년전), 진단계(650만년전)

고생계 한무계(570만년전), 석회계(350만년전)

중생계 주라계(195만년전), 백악계(137~70만년전)

신생계 제 3계(30~10만년전), 제 4계(3~0.01만년전)

白頭山群의 각명산들은 원고계시대(약 3000만년전)부터 형성되어 있다. Table. 1에 의하면 421만년전부터 2840만년전의 시기를 신제3기로 칭하고 있다. 신제3기에는 중신세 및 상신세가 있다. 중신세는 2840~1507만년전의 기간에 마안산, 장백산 등이 형성되어 있다. 상신세에는 평정촌이 이루었다.

제 4기에는 갱신세(16~260만년전) 및 전신세(200~1400년전)으로 구분하

Table 1 白頭山의 關社 火山 噴出 時期

| 紀 | 世 | 期 | 次 | 時 期 | 岩 石 | 類 型 | |
|------------------|-------------|--------|--------|-----------------------|------------|-------------|-------|
| 新 第 三 紀 | 中 新 世 | 馬鞍山 | 1 | 2840 萬年前 | 橄欖玄武岩 | 裂 隙 式 | |
| | | 飯峰山 | 2 | 1990(2000)萬年前 | 橄欖玄武岩 | | |
| | | 長白山 | 3 | 1640 萬年前 | 橄欖玄武岩 | | |
| | | 燭斗山 | 4 | 1507 萬年前 | 橄欖玄武岩 | | |
| | 上新世 | 平頂村 | 5 | 421—440 萬年前 | 橄欖玄武岩 | | |
| 第 四 紀 | 更 新 世 | 軍盤山 | 6 | 260 | 橄欖玄武岩 | 裂隙式 | |
| | | 広坪 | 7 | 148(13) 萬年前 | 橄欖玄武岩 | 中心式 | |
| | 新 世 | 白頭山 | 8 | 87.6 ~ 61.1 " (61-55) | 알카리 岩·粗面岩 | 中 心 式 | |
| | | 長白瀑布 | | 42—21 | 玄武岩 | | |
| | | 洞窟 | | 16 " | 玄武岩火山彈 | | |
| | | 双目峰 | 9 | | 玄武岩火山彈 | | |
| | 全 新 世 | 老虎洞 | 10 | | 玄武岩火山渣 | 中 心 式 | |
| | | 白雲峰 | 11 | 1400~1200 年前 | 알카리 質浮岩 | | |
| | | 八卦廟 | 12 | 1000 年前 | 알카리 質熔結凝灰岩 | | |
| | | 南溝 | 13 | 300 年前 | 粗面岩·알카리 岩 | | |
| | | 四 海 | 四 海 | 14 | 1597 年 | | 火山灰及氣 |
| | | | | | 1668 年 | | " |
| | | | | | 1702 年 | | " |
| | | | | 1700 年 | 玄武岩·火山渣 | | |

고 있다. 갱신세는 다음과 같다. 군반산은 260만년전이고 광평은 148만년전이다. 알칼리암, 조면암으로 구성되어 있는 白頭山은 (86.1~61.1만년전) 또는 (61~55만년전)이란 시대측정이 발표되고 있다. 그리고 현무암으로 되어 있는 장백폭포는 (42~21만년전) 형성된 보고가 있다. 여기서 주목되고 있는 룡명봉부근에 있는 洞窟은 현무암화산탄으로 되어 있으며 세계에서 매우 높은 장소에 있다는 것을 확인하였다. 이와 때를 같이 하며 장백폭포와 룡명봉洞窟은 시대의 차이가 적다는 것을 확인하였다. 中國측의 최고봉인 백운봉(1400~1200년전)은 전신세에 형성되고 있다. 백운봉은 알칼리질부석으로 되어 있다. 최근에는 1702년 및 1700년에 분출되고 있다. 역시 白頭山은 사화산이 아니고 휴화산이다. 그러므로 한, 일, 중국 학자들이 조직적으로 연구할 필요성을 느낀다.

4. 白頭山의 岩石에 관한 化學 分析值

白頭山에 신제3기, 제4기갱신세 및 제4기전신세에 관한 화학성분을 표시한 것이 Table. 2이다. Table. 2에 있어서는 약 3000만년간의 장시간에 걸쳐서 형성된 암석의 성분들을 표시하였다.

① 규산(SiO_2)의 함유물은(45.36~72.19wt%)의 범위에 있다. 평균치는 57.83wt%이다. 전체로 본다면 약 6할 정도이다. 약 300~3000만년전전의 신제3기에는 51wt%의 이하로 적은 함유물이다. 그러나 지금부터 약 1000년전 부터는 많아지고 있다.

② 산화알루미늄(Al_2O_3)의 함유량은 (4.76~19.88wt%)의 범위에 있다. 평균치는 14.35wt%이다. 지금부터 300~3000만년전에는 Al_2O_3 가 많이 있었다. 그러나 1000년전 부터는 많아지고 있다. 규산과 산화알루미늄을 합하면 약 72wt%이다. 白頭山에는 SiO_2 와 Al_2O_3 가 많다는 것을 확인하게 되었다.

③ 산화제2철(Fe_2O_3)및 산화철(FeO)의 함유물은 (4.75~13.16wt%)의 범위에 있다. 평균치는 8.22wt%이다. $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ 는 시대와 시기의 차이는 찾을 수 없다. 白頭山은 철 성분이 적다는 것을 알게 되었다.

Table 2 白頭山 火山岩의 含有量 (W t %)

| 紀世 | 岩石名称 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ + FeO | MgO | CaO | Na ₂ O + K ₂ O | TiO ₂ |
|----------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|--|-------|-------|--|------------------|
| 新 第 三 紀 | 馬鞍山玄武岩 | 48.98 | 19.88 | 8.4 | 4.82 | 10.43 | 4.03 | 1.09 |
| | 甌峰山玄武岩 | 45.36 | 17.07 | 13.16 | 4.83 | 7.03 | 5.20 | 2.21 |
| | 爛斗山玄武岩 | 49.54 | 13.89 | 8.81 | 10.75 | 7.10 | 6.70 | 1.38 |
| | 平頂村玄武岩 | 51.01 | 16.45 | 11.29 | 5.87 | 7.79 | 4.71 | 1.39 |
| 第 四 紀 更 新 世 | 軍艦山玄武岩 | 50.96 | 15.42 | 11.20 | 4.98 | 7.55 | 5.42 | |
| | 広坪玄武岩 | 50.73 | 16.33 | 11.22 | 4.99 | 8.86 | 4.63 | |
| | 白頭山 알카리粗面岩 | 64.98 | 16.06 | 5.32 | 0.48 | 1.14 | 10.10 | |
| | | 66.38 | 4.76 | 5.63 | 0.24 | 0.93 | 10.70 | |
| | | 70.58 | 11.35 | 5.59 | 0.22 | 0.60 | 10.06 | |
| | 双目峰玄武岩 | 51.92 | 17.75 | 8.82 | 5.36 | 7.70 | 2.12 | |
| 第 四 紀 全 新 世 | 老虎洞玄武岩 | 50.57 | 15.30 | 10.85 | 4.50 | 8.80 | 5.50 | |
| | 白雲峰玄武岩 | 70.17 | 11.12 | 4.79 | 0.39 | 0.55 | 9.69 | |
| | 八掛廟塔 結凝灰岩 | 72.19 | 10.47 | 4.75 | 0.21 | 0.52 | 10.85 | |
| | 南溝粗面岩 알카리 | 66.18 | 15.05 | 5.18 | 0.55 | 1.17 | 10.86 | |
| 平均值 | | 57.83 | 14.35 | 8.22 | 3.44 | 5.01 | 7.18 | 1.52 |

④ 산화마그네슘(MgO)의 함유량은 (0.21~10.75Wt%)의 범위에 있다. 평균치는 3.44Wt%이다. 이 함유량은 신제3기에는 4Wt% 이상으로 구성되어 있다.

⑤ 산화칼슘(CaO)의 함유량은 (0.52~10.43Wt%)의 범위에 있다. 평균치는 5.01Wt%이다. 이 함유량은 신제3기에는 7Wt% 이상이다.

⑥ 산화나트륨(Na₂O)+산화칼륨(K₂O)의 함유량은 (2.12~10.86Wt%)의 범위에 있다. 평균치는 7.18Wt%이다. 이 함유량은 신제3기에는 적으나 제4기갱신세 및 제4기전신세에는 많아지고 있다.

5. 白頭山 洞窟내에 있는 熔岩의 형광 X선분석

白頭山 洞窟내에 있는 합성분을 알기 위하여 표시한 화학 성분 분석치는 Table. 3이다. 洞窟내부에 있어서 남쪽과 북쪽을 채집하고 그의 중간에는 자료 A와 B를 채집하였다. 각 성분의 범위와 평균치는 다음과 같다.

① 규산(SiO₂)의 함유량은 47.790~51.840Wt%의 범위에 있다. 평균치는 50.718Wt%이었다. 전체로 규산은 전 함유량의 반을 차지하고 있다. 평정촌 현무암, 군반암현무암, 광평현무암 및 노호동현무암과 비슷한 성분이다.

② 규산티탄(TiO₂)의 함유량은 2.309~2.570Wt%의 범위에 있다. 평균치는 2.422Wt%이다. 白頭山의 산화티탄은 400 3000만년전에는 있었으나 약 300만년전부터는 없어지고 있다. 그러나 洞窟내에는 매우 적다는 것을 확인하였다.

③ 산화알루미늄(Al₂O₃)의 함유량은 17.230~18.410Wt%의 범위에 있다. 평균치는 17.650Wt%이다. 전체로 본다면 약 2할이다. Table. 2.의 평균치보다는 많다. 白頭山洞窟의 함유량은 신제3기와 제4기의 쌍륙봉현무암의 성분과 비슷하다. 여기서 SiO₂와 Al₂O₃를 합하면 68Wt%이다. 이것은 전체의 3분의 1로 되어 있다는 것을 확인하였다.

④ 산화제2철(Fe₂O₃)의 함유량은 8.548~10.140Wt%의 범위에 있다. 평균치는 9.371Wt%이다. 白頭山에 철에 관한 사업은 불가능하다는 것을 알게 되었다.

Table 3. 白頭山 洞窟에 關한 熔岩의 含有量(Wt%)

| 이름 | 南側 | 北側 | 中側 A | 中側 B | 平均 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO ₂ | 50.23 | 51.84 | 49.79 | 51.01 | 50.718 |
| TiO ₂ | 2.309 | 2.374 | 2.435 | 2.57 | 2.422 |
| Al ₂ O ₃ | 18.41 | 17.23 | 17.29 | 17.67 | 17.65 |
| Fe ₂ O ₃ | 9.048 | 8.548 | 9.749 | 10.14 | 9.371 |
| CaO | 9.159 | 7.648 | 8.886 | 9.15 | 8.711 |
| MgO | 4.121 | 3.222 | 4.501 | 4.63 | 4.119 |
| MnO | 0.117 | 0.091 | 0.122 | 0.13 | 0.115 |
| K ₂ O | 1.280 | 1.483 | 1.354 | 1.36 | 1.369 |
| Na ₂ O | 3.562 | 2.823 | 3.488 | 2.96 | 3.208 |
| P ₂ O ₅ | 0.38 | 0.288 | 0.413 | 0.38 | 0.365 |
| 結晶 構造 | 三斜晶系 單斜晶系 | 單斜晶系 三斜晶系 | 三斜晶系 單斜晶系 | 三斜晶系 單斜晶系 | 三斜晶系 單斜晶系 |

⑤ 산화칼슘(CaO)의 함유량은 7.648 9.159Wt%의 범위에 있다. 평균치는 8.711Wt%이다. CaO의 8.711Wt%의 평균치는 광평현무암 및 노호동현무암과 비슷하다.

⑥ 산화마그네슘(MgO)의 함유량은 3.222~4.630Wt%의 범위에 있다. 평균치는 4.119Wt%이다. 이 평균치는 마안산현무암, 군반산현무암, 광평현무암 및 노호동현무암과 비슷하다.

⑦ 산화나트륨(Na₂O)의 함유량은 2.823~3.562Wt%의 범위에 있다. 평균치는 3.028Wt%이다.

6. 결 론

본 연구에 있어서는 아름다운 白頭山과 洞窟이 연구에 있다. 白頭山の 洞窟 해발 2000m이고 제주화산도의 洞窟은 해발 마이너스m이다. 이 양극단이 가지고 있는 특징을 알기 위한 것이다. 여기서 白頭山 洞窟에 관한 내용은 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 熔岩洞窟은 약 10만년전에 형성되어 있다는 것을 K-Ar 법에 의하여 확인하게 되었다.

(2) 熔岩성분은 화학주기율표로 본다면 3가 및 4가의 원소가 많이 포함되어 있다.

(3) Order 성분에 나타난 성분명은 Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , K_2O , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , ZnO , Rb_2O , Y_2O_3 및 ZrO_2 이다.

(4) Group 정량분석에의 평균치는 다음과 같다. (Wt%) N_2O (3.208), Al_2O_3 (17.650), SiO_2 (50.718), P_2O_5 (0.365), K_2O (1.369), TiO_2 (2.422), MgO (4.119), MnO (4.119), Fe_2O_3 (9.371), CaO (8.711)이다.

(5) 결정구조는 단사정계 및 삼사정계로 되어 혼합된 결정 구조임을 확인하게 되었다.

<謝 辭>

이 논문의 작성에는 白頭山頂에의 룽명봉 부근에 있는 熔岩洞窟의 암석을 채집하였다. 채집에는 중국 연변대학 지리학부 교수들의 덕택으로 이루어졌다. 이 洞窟내의 중앙부분에 있는 熔岩石의 년대측정에는 강산 이과대학 교수의 덕택으로 K-Ar 법에 의하여 측정되었다. 성분분석에 있어서는 Fundamental Parameter 법에 의한 형광 X선 분석법을 이학전기공학 KK의 河野久征氏 그리고 秋田大學의 林信太郎 조교수의 많은 협력에 의하여 이루어졌다. 끝으로 이 논문의 성과는 대륙경제법과대학 국제공동연구소의 협력에 의한 것임을 밝혀둔다.

〈참 고 문 헌〉

- 王季平主編 『장백산지』 길림문사출판사(1989. 6)
澤 勳 監修 『白頭山への道』 대륙경제법과대학출판부(1992. 7)
洪 永 國 『白頭山の地質』 Tour. Geol. Soc. Korea 26, pp. 119-126(1990)
町 田 洋 『はるかなる白頭山』 과학 56, pp. 712-716(1986. 11)
張 國 仰 『白頭山 奇觀』 길림문사출판사 (1986. 6)
金 昌 順 『北韓總覽』 북한연구소 (1983. 4)