

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と 濟州火山島の万丈窟の定量分析

沢 勲 Isao SAWA
劉 忠 傑 Zhong-Jie LIU
林 哲 浩 Zhe-Hao LIN
河 野 久 征 Hisayuki KOHNO

「Quantitative Analysis of the Volcanic Rock Cave for Manjang-gul in Cheju Island the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group」

ABSTRACT

Mt. Peakdu-san is situated in north of the main peninsula, commanding, geographically coordinated between longitude W ($127^{\circ} 15' - 128^{\circ} 00'$) and E ($128^{\circ} 15' - 129^{\circ} 00'$), and between latitude S ($41^{\circ} 15' - 42^{\circ} 00'$) and N ($42^{\circ} 0' - 42^{\circ} 40'$).

The quantitative analysis using XRF of volcanic rock cave samples for the north of volcanic rock cave in Mt. Peakdu-san was performed.

The major chemical components by group analysis are as follows;

- (1)Na₂O (3.29 Wt%) (2)MgO (3.948Wt%) (3)Al₂O₃ (17.643Wt%)
(4)SiO₂ (50.620Wt%) (5)P₂O₅ (0.360Wt%) (6)K₂O (1.372Wt%)
(7)CaO (8.564Wt%) (8)TiO₂ (2.373Wt%) (9)MnO (0.110Wt%)
(10)Fe₂O₃ (9.115Wt%)

The order analysis and the group analysis data were compared in the relation within the age of the formation (middle position : 0.16 ± 0.08 Ma for K-Ar age) and the crystal structure (mixed crystal of monoclinic and triclinic system) in volcanic rock cave.

(The Review of Osaka University of Economics and Law, 58 (1994) p.7-38)

1 はじめに

白頭山は、約6億年前には広い大海であった。その時から地殻の変動が起こり、割れ目が生じ、地上に火山が噴出したのである。今、白頭山群における最高の白頭峰(將軍峰)の高さは、約2950mであり、天池の東南地点にある。白頭峰より天池の中心から対称的に位置するのが鹿鳴峰である。鹿鳴峰は天池中心より西北方向であり、中国の東北地方の第1高峰である白雲峰(海拔2,691m)の北側にある。鹿鳴峰の由来は、冬になると雪が少なく、夏になると鹿が好む植物が繁るため喜び鳴きながら集まる場所であるからである。鹿鳴峰は、芝盤峰とも言われている。芝盤峰という名称は、温度が低く、土質の環境によって靈芝が多い台地になっている場所の意味でもある。これは、鹿鳴峰の真北側に洞窟があるからである。この洞窟の平面図はFig. 1のとおりであり、長さは47.4mであり、洞窟内における最高の高さは2.65mである。この洞窟は、最初、溶岩が流れ始めながら、それからガス状態の表面から長い歳月にわたって硬化されて内部が空白状態になったところである。このような洞窟は、白頭山群には沢山あると考えられる。洞窟は、普通海拔の低いところにあるのだが、このような海拔2000m以上の高所にあることは、世界的に見ると非常に珍しい現象である¹⁻³⁾。

白頭山の地理的位置は北緯はS(41° 15' - 42° 00')からN(42° 10' ~ 42° 40')までであり、また、東経はW(127° 15' - 128° 00')からE(128° 15' ~ 129° 00')までである。白頭山の中心に天池がある。天池の中心は北緯(42° 00')および東経(128° 03')である。

鹿鳴峰洞窟の年代測定値は、板谷徹丸らによるとK-Ar法によって、約16万年前であることが認められた⁴⁾。また、結晶構造は単斜晶系と三斜晶系の混晶システムである。鹿鳴峰の北側にある溶岩分析用の試料は、それぞれ南側の地域・中央の地域および北側の地域についての3箇所ですべて採取した。中央の地域は、洞窟の入口である。洞窟の入口は洞窟の形成後、天井部分が最も弱いので地上からの振動や衝撃によって崩壊され、落石が激しくなったため穴が生じるよう

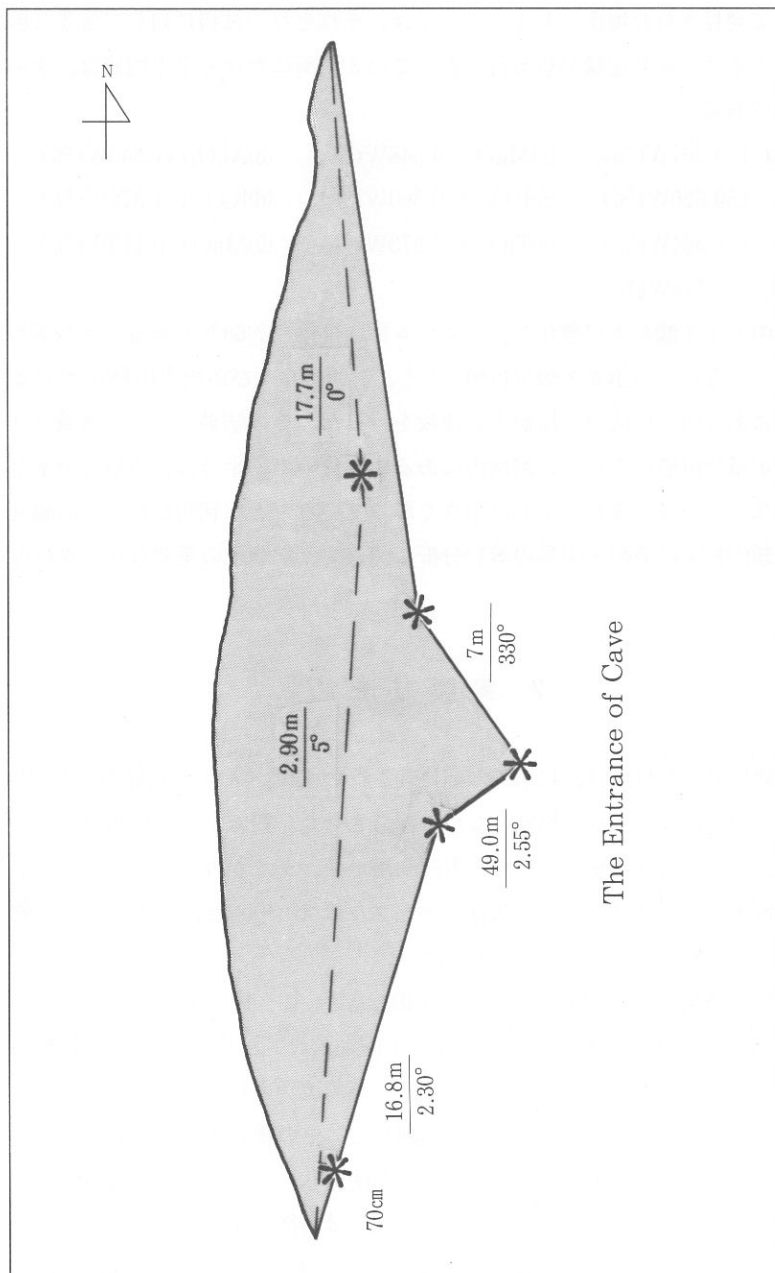


Fig. 1 The Map of cave on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)になって発見された場所である。ここでは、それぞれの試料に対して蛍光X線分析によるグループ定量分析を行った。この3箇所における全平均値は、次のとおりである。

- | | | |
|--|--|---|
| (1)Na ₂ O (3.291Wt%) | (2)MgO (3.948Wt%) | (3)Al ₂ O ₃ (17.643Wt%) |
| (4)SiO ₂ (50.620Wt%) | (5)P ₂ O ₅ (0.360Wt%) | (6)K ₂ O (1.372Wt%) |
| (7)CaO (8.564Wt%) | (8)TiO ₂ (2.373Wt%) | (9)MnO (0.110Wt%) |
| (10)Fe ₂ O ₃ (9.115Wt%) | | |

この中でケイ酸および酸化アルミニウムは、全体の約68%であることが認められた。一方、この蛍光X線分析値⁴⁻⁶⁾と、白頭山および濟州火山島における洞窟内にある溶岩の成分分析値との比較を行った。その結果、この3地域のグループ定量分析値において、洞窟内にある10成分中の約半分は、重量百分率が大きくなっている。また、半分は小さくなっていることが判明した。この論文は、白頭山および濟州火山島の溶岩分析に関して、学問上の重要なデータになる。

2 実験方法⁵⁻⁶⁾

本実験に用いた材料は、化学的な前処理を行わずに、メノウ乳鉢を用い200メッシュ以下になるように粉碎しながら混合させた。粉末では分析誤差が大きいため、その分析誤差を小さくする方法を用いた。それがガラスビート法である。希釈率としてガラスビート法は、サンプルには0.400gとLiB₄O₇(4ホウ酸リチウム)を融剤として4.000gを加えた。

試料：融剤(四ホウ酸リチウム)(LiB₄O₇) = 1 : 10 = 0.4g : 4.0g

これらを十分に混合させてから白金ルツボに入れて、白金ルツボの蓋をかぶせ、高周波炉の溶融温度を1200℃とした。高周波炉内の加熱時間は7分である。すなわち、最初は2分間1200℃に加熱して、その後、加熱したまま5分間、内揺動させた。隔離剤としてはハロンガスを使用した。これを分析用の試料として用いた。測定にはステンレスマスクの測定試料径(30mmφ)を用いた。

分析に用いた装置は、理学電機工業(株)製/全自動蛍光X線分析装置(RIX

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野2000)である。この装置には、ファンダメンタル・パラメーター (F P) 法のコンピュータのプログラムを組み込んだものを使用した。このF P法のプログラムでは、オーダー分析と主成分定量分析を行った。

自動定性オーダー分析における19成分の測定条件は **Table 1** のとおりである。スペクトル ($k\alpha$ 線)、X線管 (Rh-End)、X線管内の印加電圧 (50KV) と管内電流 (50mA)、分光結晶としては、T A P (フッソ～マグネシウム)、P E T (アルミニウムとケイ素)、ゲルマニウム (隣、カリウムとカルシウム) およびLiF (チタン、マンガンと鉄)、検出器 (F - P CあるいはS C)、通路は真空中、P H A (微分法)、フィルター (Out)、スリット (CoarseあるいはFine)、アッテネータ (Out)、測定試料径 (30mm ϕ) などである。

主成分定量分析である**グループ定量分析**における10成分の測定条件は **Table 2** のとおりである。スペクトル ($k\alpha$ 線)、X線管 (Rh-End)、X線管内の印加電圧 (40KV) と管内電流 (70mA)、分光結晶としては、T A P (ナトリウムとマグネシウム)、P E T (ケイ素とアルミニウム)、ゲルマニウム (隣、カリウムとカルシウム) およびLiF (チタン、鉄とマンガン)、検出器 (F - P CあるいはS C)、通路 (真空中)、P H A (微分法)、フィルター (Out)、スリット (Coarse)、アッテネータ (Out)、測定試料径 (30mm ϕ) などである。この分析に関する各元素の一覧表は、**Table 3** のとおりである。この実験方法によって得られた10成分のスペクトル線は、それぞれ南側の地域 (南側) を**Fig. 2**、中央部の地域 (中央) を**Fig. 3** および北側地域 (北側) を**Fig. 4** で表示した。

3 実験結果⁵⁻⁶⁾

3.1 酸化ナトリウム (Na₂O) の分析

酸化ナトリウムの実験条件としては、**Table 2** にしたがって結晶 (T A P)、P H A (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 55.20\text{deg}$ と FT=100sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 53.50\text{deg}$ と FT=50sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 56.88\text{deg}$ と FT=50sec) がある。

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

Table 1 Relation between Peak Point and Back Ground (BG.1 and BG.2) on Spectrum Measurement for the Automatic Order Analysis on the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group

Element Name	元素	F~Mg	Al, Si	P, S	Cl	K, Ca	Ti~U	
Spectrum	スペクトル	K α or K β					Kx or Lx	
X-ray Tube	X線管	Rh-End						
Voltage Current	kV-mA	50-50						
Crystal	分光結晶	TAP	PET	Ge			LiF	
Detector	検出器	F-PC					SC	
Path	通路	Vac.						
PHA	P. H. A.	Diff.						
Filter	フィルター	out						
Slit	スリット	Coarse			Fine			
Attenuator	アッテネータ	out						
Diaphragm	測定試料径	30mm ϕ						

Table 2 Relation between Peak Point and Back Ground (BG.1 and BG.2) on Spectrum Measurement for the Group Qualitative Analysis on the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group

Element Name	元素	Na	Mg	Si	Al	P	K	Ca	Ti	Fe	Mn	
Spectrum	スペクトル	K α										
X-ray Tube	X線管	Rh-End										
Voltage Current	kV-mA	40-70										
Crystal	分光結晶	TAP	PET		Ge			LiF				
Detector	検出器	F-PC							SC			
Path	通路	Vac.										
PHA	P. H. A.	Diff.										
Filter	フィルター	out										
Slit	スリット	Coarse										
Attenuator	アッテネータ	out										
Diaphragm	測定試料径	30mm ϕ										

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と済州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

Table 3 The Periodic Table of Elements for the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group

族 周期	軽金属		重 金 属								半金属 半導体		非金属	
	I a	II a	III a	IV a	V a	VI a	VII a	VIII	I b	II b	III b	IV b	V b	VI b
1	1 H 1.008													
2														8 O 32.999
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305									13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.064
4	19 K 39.098	20 Ca 40.080		22 Ti 47.88			25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37		
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62		40 Zr 91.22										
6						74 W 183.85								典型金属元素 (水素包含)
			環移金属元素											
			典型金属元素											

この実験方法によって得られたスペクトル線は、Fig. 2~4 の⑨である。このピーク角度 $2\theta = 55,20\text{deg}$ のとき、 $\text{NaK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光 X 線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 0.5392kcps と $3.562\text{Wt}\%$ 、中央では 0.5278kcps と $3.488\text{Wt}\%$ および北側では 0.4307kcps と $2.823\text{Wt}\%$ である。

3.2 酸化マグネシウム (MgO) の分析

酸化マグネシウムの実験条件としては、Table 2 にしたがって PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 45.28\text{deg}$ と FT=100sec)、バックグラウンド 1 の角度 ($2\theta = 43.35\text{deg}$ と FT=50sec) およびバックグラウンド 2 の角度

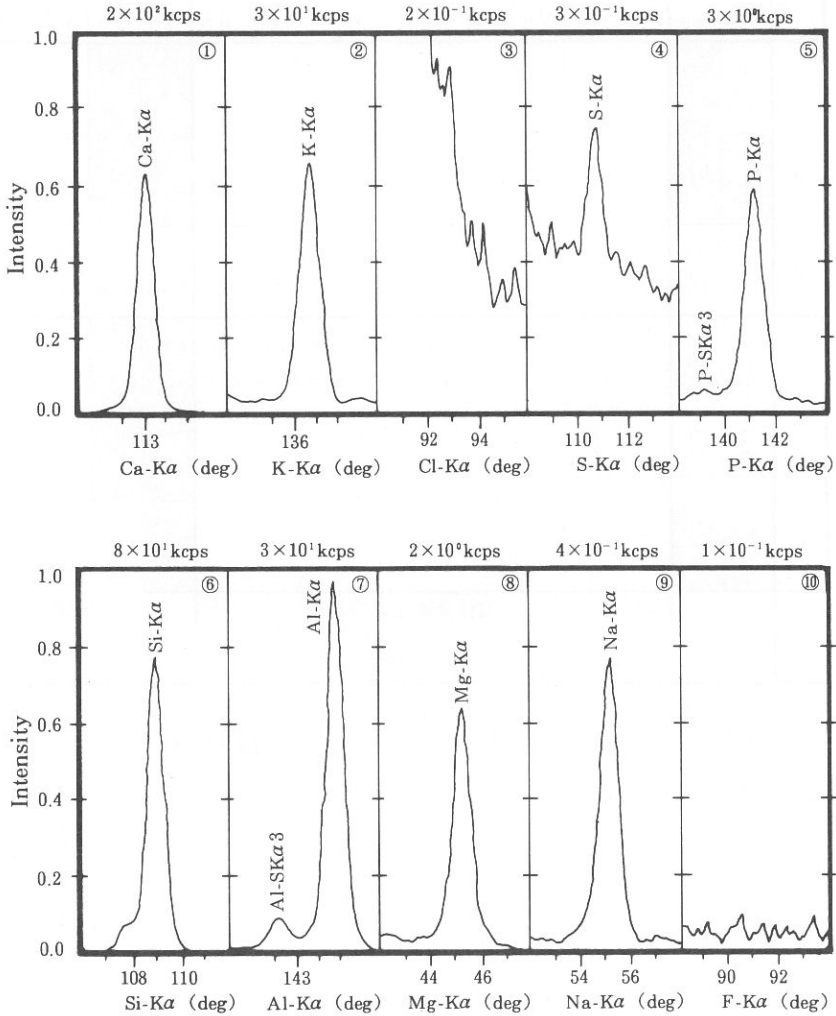


Fig. 2 The Qualitative Analysis Plotter Chart Recording of X-Ray Fluorescent Lines by South Position in Cave on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

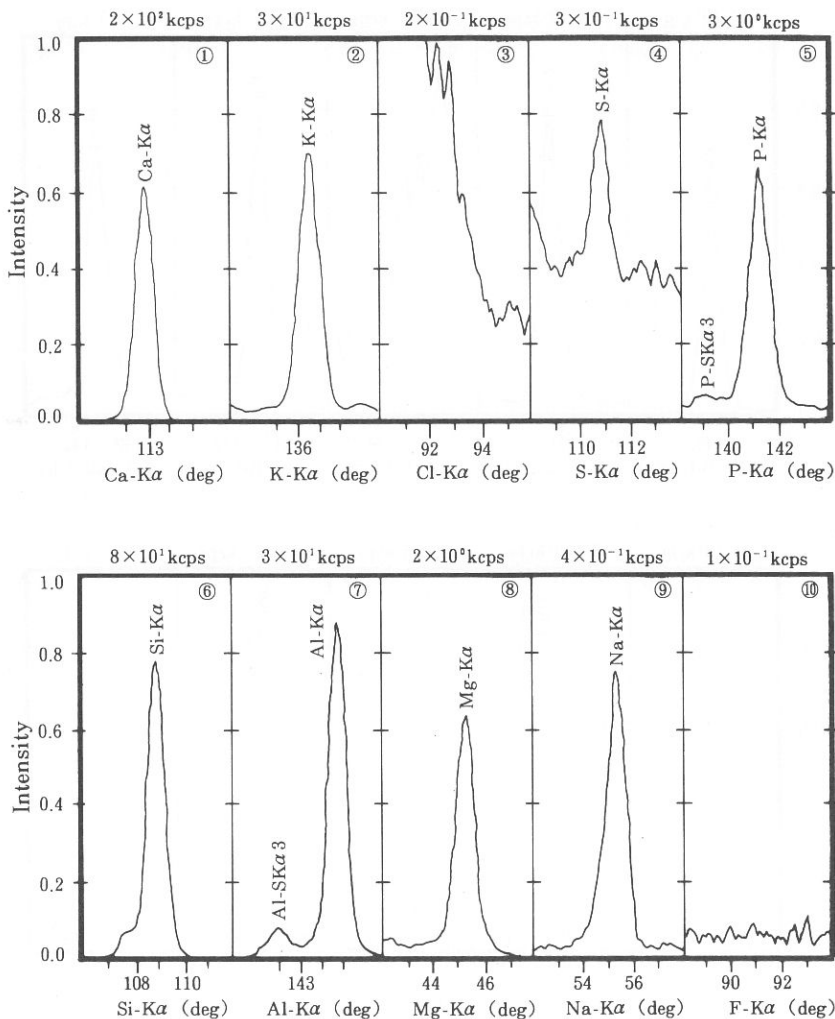


Fig. 3 The Qualitative Analysis Plotter Chart Recording of X-Ray Fluorescent Lines by Middle Position on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

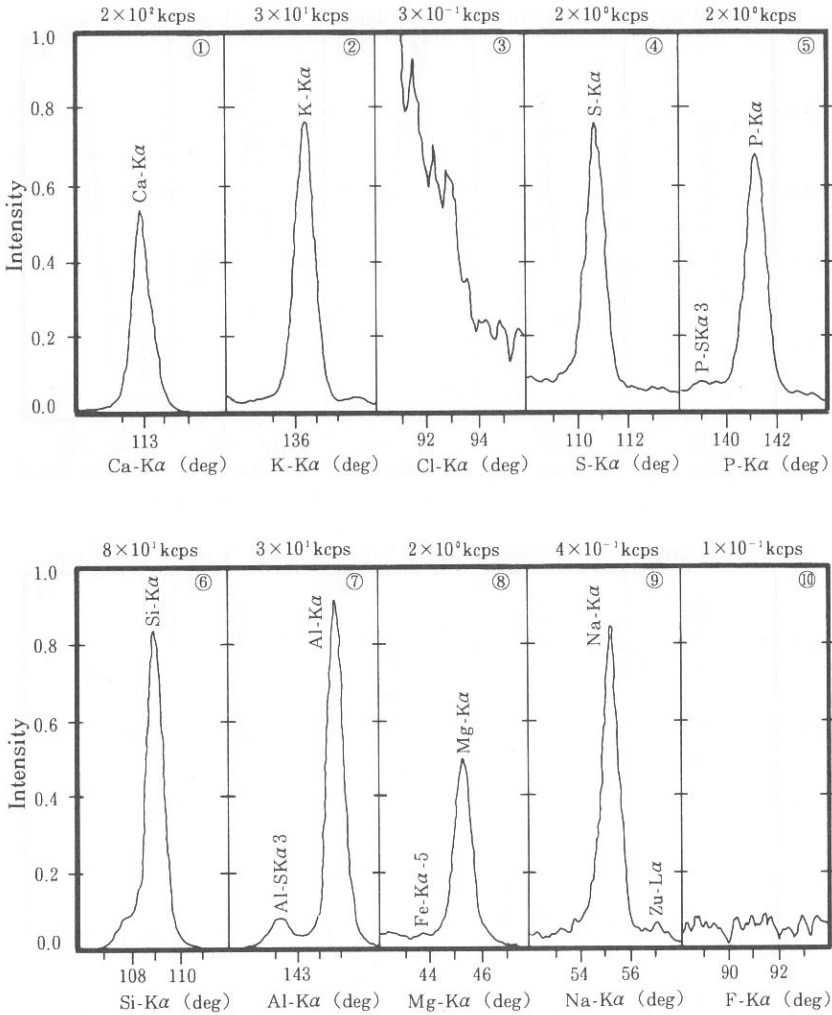


Fig. 4 The Qualitative Analysis Plotter Chart Recording of X-Ray Fluorescent Lines by North Position on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

($2\theta = 47.23\text{deg}$ と $\text{FT} = 50\text{sec}$) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4** の⑧である。このピーク角度 $2\theta = 45.28\text{deg}$ のとき、 $\text{MgK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光 X 線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 1.7094kcps と $4.121\text{Wt}\%$ 、中央では 1.8682kcps と $4.501\text{Wt}\%$ および北側では 1.3453kcps と $3.222\text{Wt}\%$ である。

3. 3 酸化アルミニウム (Al_2O_3) の分析

酸化アルミニウムの実験条件としては、**Table 2** にしたがって結晶 (PET)、PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 144.78\text{deg}$ と $\text{FT} = 40\text{sec}$)、バックグラウンド 1 の角度 ($2\theta = 141.00\text{deg}$ と $\text{FT} = 20\text{sec}$) およびバックグラウンド 2 の角度 ($2\theta = 147.00\text{deg}$ と $\text{FT} = 20\text{sec}$) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4** の⑦である。このピーク角度 $2\theta = 144.78\text{deg}$ のとき、 $\text{AlK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光 X 線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 25.0070kcps と $18.410\text{Wt}\%$ 、中央では 23.4670kcps と $17.290\text{Wt}\%$ および北側では 23.6490kcps と $17.230\text{Wt}\%$ である。

3. 4 ケイ酸 (SiO_2) の分析

ケイ酸の実験条件としては、**Table 2** にしたがって結晶 (PET)、PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 109.10\text{deg}$ と $\text{FT} = 40\text{sec}$)、バックグラウンド 1 の角度 ($2\theta = 106.50\text{deg}$ と $\text{FT} = 20\text{sec}$) およびバックグラウンド 2 の角度 ($2\theta = 111.10\text{deg}$ と $\text{FT} = 20\text{sec}$) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4** の⑥である。このピーク角度 $2\theta = 109.10\text{deg}$ のとき、 $\text{SiK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光 X 線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 61.6380kcps と $50.230\text{Wt}\%$ 、中央では 61.1600kcps と $49.790\text{Wt}\%$ および北側では 64.3620kcps と $51.840\text{Wt}\%$ である。

3.5 五酸化燐 (P_2O_5) の分析

五酸化燐の実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (Ge)、PHA (LL=150 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 141.00\text{deg}$ と FT=40sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 139.35\text{deg}$ と FT=20sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 142.55\text{deg}$ と FT=20sec) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4**の⑤である。このピーク角度 $2\theta = 141.00\text{deg}$ のとき、PK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では1.1697kcpsと0.380Wt%、中央では1.2716kcpsと0.413Wt%および北側では0.8946kcpsと0.288Wt%である。

3.6 酸化カリウム (K_2O) の分析

酸化カリウムの実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (LiF)、PHA (LL=150 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 69.95\text{deg}$ と FT=100sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 67.50\text{deg}$ と FT=50sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 71.93\text{deg}$ と FT=50sec) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4**の②である。このピーク角度 $2\theta = 69.95\text{deg}$ のとき、KK α 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では4.4937kcpsと1.280Wt%、中央では4.7600kcpsと1.354Wt%および北側では5.2505kcpsと1.483Wt%である。

3.7 酸化カルシウム (CaO) の分析

酸化カルシウムの実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (LiF)、PHA (LL=150 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 61.93\text{deg}$ と FT=60sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 60.35\text{deg}$ と FT=30sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 63.38\text{deg}$ と FT=30sec) である。

この実験方法によって得られたスペクトル線は、**Fig. 2~4**の①である。こ

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)のピーク角度 $2\theta = 61.93\text{deg}$ のとき、 $\text{NaK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 44.6100kcps と $9.159\text{Wt}\%$ 、中央では 43.4370kcps と $8.886\text{Wt}\%$ および北側では 37.9380kcps と $7.648\text{Wt}\%$ である。

3.8 酸化チタン (TiO_2) の分析

酸化チタンの実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (LiF)、PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 86.16\text{deg}$ と FT=100sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 85.56\text{deg}$ と FT=50sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 86.84\text{deg}$ と FT=50sec) である。このスペクトラムのピーク角度 $2\theta = 86.16\text{deg}$ のとき、 $\text{TiK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 3.6211kcps と $2.309\text{Wt}\%$ 、中央では 3.8336kcps と $2.435\text{Wt}\%$ および北側では 3.7924kcps と $2.374\text{Wt}\%$ である。

3.9 酸化マンガン (MnO) の分析

酸化マンガンの実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (LiF)、PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 63.01\text{deg}$ と FT=40sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 62.12\text{deg}$ と FT=20sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 63.99\text{deg}$ と FT=20sec) である。このスペクトラムのピーク角度 $2\theta = 62.97\text{deg}$ のとき、 $\text{MnK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有率は、次のとおりである。すなわち、南側では 1.0988kcps と $0.117\text{Wt}\%$ 、中央では 1.1451kcps と $0.122\text{Wt}\%$ および北側では 0.8682kcps と $0.091\text{Wt}\%$ である。

3.10 酸化第二鉄 (Fe_2O_3) の分析

酸化第二鉄の実験条件としては、**Table 2**にしたがって結晶 (LiF)、PHA (LL=100 と UL=300)、ピーク角度 ($2\theta = 57.55\text{deg}$ と FT=40sec)、バックグラウンド1の角度 ($2\theta = 56.68\text{deg}$ と FT=20sec) およびバックグラウンド2の角度 ($2\theta = 58.41\text{deg}$ と FT=20sec) である。このスペクトラムのピーク角度 $2\theta = 57.55\text{deg}$ のとき、 $\text{FeK}\alpha$ 線のスペクトラムの蛍光X線強度と含有

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)率は、次のとおりである。すなわち、南側では117.7200kcpsと9.048Wt%、中央では126.8400kcpsと9.749Wt%および北側では113.4800kcpsと8.548Wt%である。

4 検 討

4.1 自動定性オーダーの分析の検討⁵⁻⁶⁾

白頭山、天池の東側にある溶岩成分を自動定性オーダー分析で行った。この自動定性オーダー分析に関する各元素は、Table 3 のとおりである。Table 3 に表示している各元素のグループは、次のとおりである。すなわち、第Ia族の軽金属では、原子番号11のナトリウム、19のカリウムおよび37のルビジウムの3元素があり、第IIa族の軽金属では、原子番号12のマグネシウム、20のカルシウムおよび38のストロンチウムの3元素がある。また、第IVa族の重金属では、原子番号22のチタンおよび40のジルコニウムの2元素である。その他は、各族に対してそれぞれ1元素しか含まれていない。

一方、第3周期には、原子番号11のナトリウム、12のマグネシウム、13のアルミニウム、14のケイ素、15のリンおよび16のイオウの6元素が含まれている。同様に、第4周期には、原子番号19のカリウム、20のカルシウム、22のチタン、25のマンガン、26の鉄、27のコバルト、28のニッケル、29の銅および30の亜鉛の9元素が含まれている。さらに、第5周期には、原子番号37のルビジウム、38のストロンチウムおよび40のジルコニウムの3元素が含まれている。

これらの各成分に対して、自動定性オーダー分析を行った結果をFig. 5 およびTable 4 で表示した。Fig. 5 およびTable 4 と5 において、10Wt%以上の重量百分率は次のとおりである。酸化アルミニウムは、南側では19.00Wt%、中央と北側では共に18.00Wt%であり、平均値は18.333Wt%である。ケイ酸は、南側と中央では共に49.00Wt%、北側では53.00Wt%であり、平均値は50.333Wt%である。この2成分の重量百分率を合わせると、それぞれ南側では68.00Wt%、中央では67.00Wt%、北側では72.00Wt%であり、平均合計は68.666

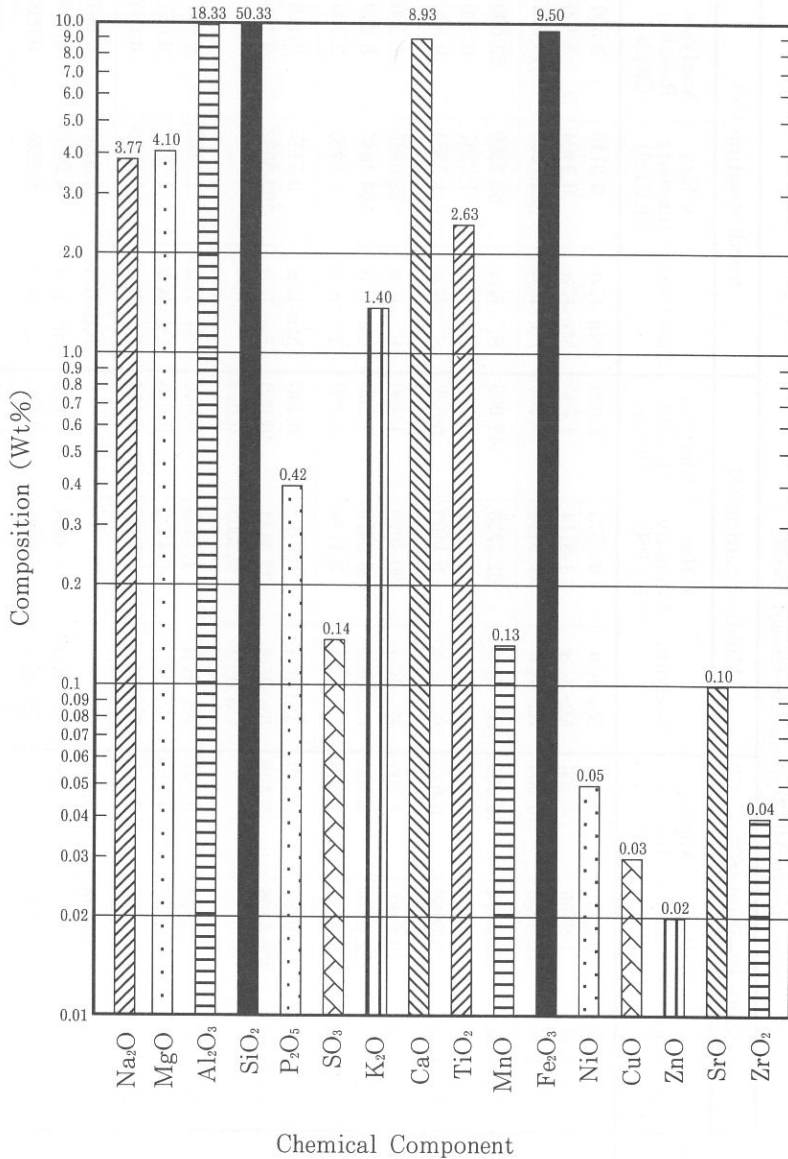


Fig. 5 Relation between the X-Ray Fluorescent Composition Data and Chemical Components for the Automatic Order Analysis on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

Table 4 Results of the Automatic Order Estimation for the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

Components	South Position (S)			Middle Position (M)			North Position (N)		
	Spectrum	X-Ray Intensity (KCPS)	Analysis Results (Wt%)	Spectrum	X-Ray Intensity (KCPS)	Analysis Results (Wt%)	Spectrum	X-Ray Intensity (KCPS)	Analysis Results (Wt%)
Na ₂ O	Na-K α	0.3551	3.900	Na-K α	0.3573	3.900	Na-K α	0.3110	3.500
MgO	Mg-K α	1.2106	4.300	Mg-K α	1.3114	4.600	Mg-K α	0.9494	3.400
Al ₂ O ₃	Al-K α	28.4005	19.000	Al-K α	26.5131	18.000	Al-K α	26.7309	18.000
SiO ₂	Si-K α	62.0114	49.000	Si-K α	62.0236	49.000	Si-K α	65.2359	53.000
P ₂ O ₅	P-K α	1.6384	0.440	P-K α	1.7931	0.480	P-K α	1.2287	0.330
SO ₃	S-K α	0.0966	0.026	S-K α	0.1193	0.032	S-K α	1.3584	0.370
K ₂ O	K-K α	19.2281	1.300	K-K α	20.4022	1.400	K-K α	22.0845	1.500
CaO	Ca-K α	122.0474	9.400	Ca-K α	118.5478	9.200	Ca-K α	104.1843	8.200
TiO ₂	Ti-K α	2.8321	2.500	Ti-K α	3.1118	2.700	Ti-K α	3.0465	2.700
MnO	Mn-K α	0.9397	0.140	Mn-K α	0.9462	0.140	Mn-K α	0.7175	0.110
Fe ₂ O ₃	Fe-K α	106.6605	9.400	Fe-K β_1	23.1441	10.000	Fe-K α	102.3692	9.100
CO ₂ O ₃				Co-K α	0.2365	0.014			
NiO	Ni-K α	1.2253	0.051	Ni-K α	1.1313	0.048	Ni-K α	1.1162	0.047
CuO	Cu-K α	0.4535	0.015	Cu-K α	0.4522	0.015	Cu-K α	1.7331	0.057
ZnO	Zn-K α	0.6025	0.015	Zn-K α	0.5893	0.014	Zn-K α	1.4279	0.035
Rb ₂ O	Rb ₂ -K α	0.6378	0.004				Rb-K α	0.9700	0.007
SrO	Sr-K α	15.8338	0.100	Sr-K α	14.4844	0.096	Sr-K α	14.9131	0.099
ZrO ₂	Zr-K α	5.9542	0.035	Zr-K α	5.8080	0.035	Zr-K α	6.3666	0.038
TOTAL			99.626			99.722			100.493

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

Table 5 Relation between Results of the Automatic Order Estimation for the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

Component	S	M	N	A	SA	MA	NA	Atomic Number
	South Position	Middle Position	North Position	Average	S-A	M-A	N-A	
Na ₂ O	3.900	3.900	3.500	3.767	0.133	0.133	-0.267	③ 11
MgO	4.300	4.600	3.400	4.100	0.200	0.500	-0.700	③ 12
Al ₂ O ₃	19.000	18.000	18.000	18.333	0.667	-0.333	-0.333	③ 13
SiO ₂	49.000	49.000	53.000	50.333	-1.333	-1.333	2.667	③ 14
P ₂ O ₅	0.440	0.480	0.330	0.417	0.023	0.063	-0.087	③ 15
SO ₃	0.026	0.032	0.370	0.143	-0.117	-0.111	0.227	③ 16
K ₂ O	1.300	1.400	1.500	1.400	-0.100	0.000	0.100	④ 19
CaO	9.400	9.200	8.200	8.933	0.467	0.267	-0.733	④ 20
TiO ₂	2.500	2.700	2.700	2.633	-0.133	0.067	0.067	④ 22
MnO	0.140	0.140	0.110	0.130	0.010	0.010	-0.020	④ 25
Fe ₂ O ₃	9.400	10.000	9.100	9.500	-0.100	0.500	-0.400	④ 26
CO ₂ O ₃	0.000	0.014	0.000	0.005	-0.005	0.009	-0.005	④ 27
NiO	0.051	0.048	0.047	0.049	0.002	-0.001	-0.002	④ 28
CuO	0.015	0.015	0.057	0.029	-0.014	-0.014	0.028	④ 29
ZnO	0.015	0.014	0.035	0.021	-0.006	-0.007	0.014	④ 30
Rb ₂ O	0.004	0.000	0.007	0.004	0.000	-0.004	0.003	⑤ 37
SrO	0.100	0.096	0.099	0.098	0.002	-0.002	0.001	⑤ 38
ZrO ₂	0.035	0.035	0.038	0.036	-0.001	-0.001	0.002	⑤ 40
WO ₃	0.000	0.048	0.000	0.048	-0.016	0.000	-0.016	⑥ 74
TOTAL	99.626	99.722	100.493	99.947	-0.321	-0.225	0.546	

Wt%である。したがって、19成分の中でケイ酸および酸化アルミニウムの合計は全体の約7割も含まれていることが認められた。

一方、5 Wt%と10Wt%間の重量百分率は次のとおりである。酸化カルシウムでは、南側 (9.400Wt%)、中央 (9.200Wt%) および北側 (8.200Wt%) であり、平均値は8.933Wt%である。酸化第二鉄では、南側 (9.400Wt%)、中央 (10.000Wt%) および北側 (9.100Wt%) であり、平均値は9.500Wt%である。この2成分の合計は、それぞれ南側 (18.800Wt%)、中央 (19.200Wt%) および北側 (17.300Wt%) であり、その平均合計は18.433Wt%である。すなわち、約2割程度である。その他の各成分に対しては5 Wt%以下である。こ

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)の5 Wt%以上の4成分の合計は、それぞれ南側(86.800 Wt%)、中央(86.200 Wt%) および 北側(88.300 Wt%) であり、その平均合計は87.000 Wt%である。すなわち、全体の約9割である。

次に、この南側(South Position)、中央(Middle Position) および北側(North Position)の地域におけるそれぞれの成分を表示したのがTable 5である。すなわち、

(1) **南側と中央**の重量百分率について比較を行った。南側が中央よりも大きい成分は、 Al_2O_3 、 CaO 、 NiO 、 ZnO 、 Rb_2O および SrO の6成分であり、同様な成分は、 Na_2O 、 SiO_2 、 MnO 、 CuO および SrO の5成分である。その他の成分は小さいのである。

(2) **南側と北側**の重量百分率について比較を行った。南側が北側よりも大きい成分は、 Na_2O 、 Al_2O_3 、 P_2O_5 、 CaO 、 MnO 、 Fe_2O_3 、 NiO および SrO の8成分であり、同様な重量百分率の成分は、 CO_2O_3 と WO_3 の2成分である。その他の成分は小さいのである。

(3) **北側と中央**の重量百分率について比較を行った。北側が中央よりも大きい成分は、 SiO_2 、 SO_3 、 K_2O 、 CuO 、 ZnO 、 Rb_2O 、 SrO および ZrO_2 の8成分であり、同様な成分は、 Al_2O_3 および TiO_2 の2成分である。その他の9成分は小さいのである。

また、Table 5の右側について説明する。南側(South)重量百分率は、平均値よりも大きいのは9成分であり、他の10成分は $-0.321\text{Wt}\%$ 小さい値である。小さいのは第4族を中心にした元素が沢山含まれている。中央(Middle)の重量百分率は、平均値よりも大きいのは10成分であり、他の9成分は $-0.225\text{Wt}\%$ 小さいのである。小さくなっているのは、第5族を中心、原子番号が大きくなるにつれ顕著に現れている。北側(North)の重量百分率は、平均値よりも小さいのは10成分であり、他の9成分は $0.546\text{Wt}\%$ 大きいのである。大きくなっているのは第3族を中心にし、原子番号が小さいところで多く現れている。

4.2 グループ定量分析の検討⁴⁻⁸⁾

グループ定量分析を行うため、まずコンピュータのプログラムに測定条件を設定した。グループ定量分析には、19個のコンポネントを用いた。ここでは、小さい含有率は省略して10個を選んだ。この10個のファンダメンタル・パラメーター法によって測定を行った。測定条件をTable 2のとおりに表示した。

各コンポネントに対して、スペクトラムはK α 線を用い、分光結晶はそれぞれTAP、PET、Ge、LiFを用いた。PHAの下限は100と150であり、上限は300である。ピークの角度、バックグラウンド1の角度およびバックグラウンド2の角度2 θ に対して、それぞれ設定の測定時間(ET)は20、40、50、60および100secに設定したのがピークポジションである。バックグラウンド1と2のピークポジションの前と後ろのベースラインを、それぞれBG.1とBG.2とした。

各スペクトルのX線強度に対して、Peak、BG.1およびBG.2の値から正味の蛍光X線強度(Net Intensity = I_{net})を算出した。すなわち、正味の蛍光X線強度は、次のとおりである。

$$I_{net} = I_{peak} - (I_{BG.1} \sim I_{BG.2}) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、I_{net}は正味の蛍光X線強度で、I_{Peak}はピークポジションでの蛍光X線強度で、I_{BG.1}はバックグラウンド1の蛍光X線強度およびI_{BG.2}はバックグラウンド2の蛍光X線強度である。

式(1)のような条件にしたがって、各成分のスペクトラムに対して、Peak、BG.1およびBG.2の蛍光X線強度を測定した。この測定値が、すなわち生の蛍光X線強度(Raw Intensity)である。この生の蛍光X線強度(Raw Intensity)を式(1)に代入して計算処理を行うと、正味の蛍光X線強度(Net-Intensity)の値になる。この正味の蛍光X線強度(Net-Intensity)の値を用いて、規格化前の分析値(Unnormalized)の含有率を算出した。この規格化前の分析値は、収束条件を満たした最終の値である。この規格化前の分析値か

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と済州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

ら全体を100Wt%になるように換算すれば、規格化された分析値 (Normalized) という含有率になる。このような条件から情報処理を行った最終的な値が、分析結果 (Results) のデータである。この分析結果 (Results) のデータは、化学分析の結果と同様に信頼性のある処理方法である。

これらの各成分に対して、グループ定量分析を行った結果を、**Fig. 6** および **Table 6** と **7** に表示した。ここで、10Wt%以上の重量百分率は次のとおりである。酸化アルミニウムは、南側 (18.410Wt%)、中央 (17.290Wt%) と北側 (17.230Wt%) であり、平均値は17.643Wt%である。ケイ酸は、南側 (50.230 Wt%)、中央 (49.790Wt%)、北側 (51.840Wt%) であり、平均値は50.620Wt%である。この2成分の重量百分率を合わせると、それぞれ南側では68.640 Wt%、中央では67.080Wt%、北側では69.070Wt%であり、平均合計は68.263 Wt%である。したがって、19成分の中で SiO₂ および Al₂O₃ 合計は全体の約 7 割も含まれていることが認められた。

一方、5 Wt%から10Wt%までの重量百分率は次のとおりである。酸化カルシウムでは、南側 (9.159Wt%)、中央 (8.886Wt%) および北側 (7.648Wt%) であり、平均値は8.564Wt%である。酸化第二鉄では、南側 (9.048Wt%)、中央 (9.749Wt%) および北側 (8.548Wt%) であり、平均値は9.115Wt%である。この2成分の合計は、それぞれ南側 (18.207Wt%)、中央 (18.635Wt%) および北側 (16.196Wt%) であり、その平均合計は17.679Wt%である。すなわち、約 2 割程度である。その他の各成分に対しては 5 Wt%以下である。この4成分の合計は、それぞれ南側 (86.847Wt%)、中央 (85.715Wt%) および北側 (86.266Wt%) であり、その平均合計は85.942Wt%である。すなわち、全体の約 9 割程度である。

次に、この南側 (South Position)、中央 (Middle Position) および北側 (South Position) の地域における、それぞれの成分と平均値は**Table 7** のとおりである。すなわち、

(1) 南側と中央の重量百分率について比較を行った。南側が中央よりも大きい成分は、Na₂O、Al₂O₃、SiO₂ および CaO の 4 成分であり、その他の小さい

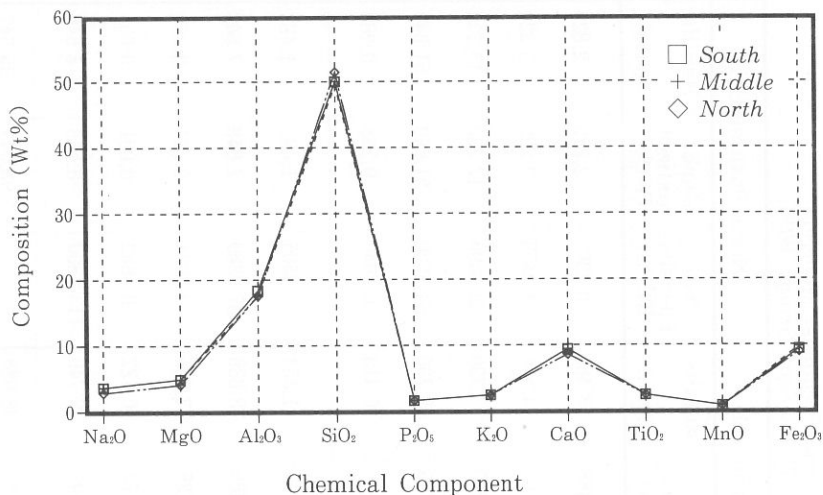


Fig. 6 Relation between the X-Ray Fluorescent Composition Data and Chemical Components for the Group Analysis on the North of Lu-Ming-Feng in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

成分はMgO、P₂O₅、K₂O、TiO₂、MnOおよびFe₂O₃の6成分である。

(2) 南側と北側の重量百分率について比較を行った。南側が北側よりも大きい成分は、Na₂O、MgO、Al₂O₃、P₂O₅、CaO、MnOおよびFe₂O₃の7成分であり、小さい重量百分率の成分は、SiO₂、K₂OおよびTiO₂の3成分である。

(3) 北側と中央の重量百分率について比較を行った。中央が北側よりも小さい成分は、SiO₂およびK₂Oの2成分であり、大きい成分は、Na₂O、MgO、Al₂O₃、P₂O₅、CaO、TiO₂、MnOおよびFe₂O₃の8成分である。

Table 7の右側を説明する。南側(South)の重量百分率は、平均重量百分率よりも小さいのが4成分であり、他の6成分は平均0.122Wt%程大きい値である。中央(Middle)の重量百分率は、平均重量百分率よりも小さいのが3成分であり、他の7成分は平均0.063Wt%程大きい値である。北側(North)の重量百分率は、平均重量百分率よりも大きいのは3成分であり、他の7成分は平均-0.185Wt%程小さい値である。

Table 6 The Group Analytical Results by Fundamental Parameter Model on the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

Component	Spectrum	South Position (S)			Middle Position (M)			North Position (N)		
		Net-Intensity (KCPS)	Unnormalized (Wt%)	Results (Wt%)	Net-Intensity (KCPS)	Unnormalized (Wt%)	Results (Wt%)	Net-Intensity (KCPS)	Unnormalized (Wt%)	Results (Wt%)
Na ₂ O	Na-K α	0.5392	3.562	3.562	0.5278	3.488	3.488	0.4307	2.823	2.823
MgO	Mg-K α	1.7094	4.121	4.121	1.8682	4.501	4.501	1.3453	3.222	3.222
Al ₂ O ₃	Al-K α	25.0070	18.410	18.410	23.4670	17.290	17.290	23.6490	17.230	17.230
SiO ₂	Si-K α	61.6380	50.230	50.230	61.1600	49.790	49.790	64.3620	51.840	51.840
P ₂ O ₅	P-K α	1.1697	0.380	0.380	1.2716	0.413	0.413	0.8946	0.288	0.288
K ₂ O	K-K α	4.4937	1.280	1.280	4.7600	1.354	1.354	5.2505	1.483	1.483
CaO	Ca-K α	44.6100	9.159	9.159	43.4370	8.886	8.886	37.9380	7.648	7.648
TiO ₂	Ti-K α	3.6211	2.309	2.309	3.8336	2.435	2.435	3.7924	2.374	2.374
MnO	Mn-K α	1.0988	0.117	0.117	1.1451	0.122	0.122	0.8682	0.091	0.091
Fe ₂ O ₃	Fe-K α	117.7200	9.048	9.048	126.8400	9.749	9.749	113.4800	8.548	8.548
TOTAL			98.616	98.616		98.028	98.028		95.547	95.547

Table 7 Relation between the Group Analytical Results by Fundamental Parameter Model on the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group (Wt%)

Component	S	M	N	A	SA	MA	NA	Atomic Number
	South Position	Middle Position	North Position	Average	S-A	M-A	N-A	
Na ₂ O	3.562	3.488	2.823	3.291	0.271	0.197	-0.468	③ 11
MgO	4.121	4.501	3.222	3.948	0.173	0.553	-0.726	③ 12
Al ₂ O ₃	18.410	17.290	17.230	17.643	0.767	-0.353	0.413	③ 13
SiO ₂	50.230	49.790	51.840	50.620	-0.390	-0.830	1.220	③ 14
P ₂ O ₅	0.380	0.413	0.288	0.360	0.020	0.053	-0.072	③ 15
K ₂ O	1.280	1.354	1.483	1.372	-0.092	-0.018	0.111	④ 19
CaO	9.159	8.886	7.648	8.564	0.595	0.322	-0.916	④ 20
TiO ₂	2.309	2.435	2.374	2.373	-0.064	0.062	0.001	④ 22
MnO	0.117	0.122	0.091	0.110	0.007	0.012	-0.019	④ 25
Fe ₂ O ₃	9.048	9.749	8.548	9.115	-0.067	0.634	-0.567	④ 26
TOTAL	98.616	98.028	95.547	97.397	1.219	0.631	-1.850	

4.3 自動定性オーダーとグループ定量分析の比較・検討⁵⁻⁶⁾

自動定性オーダーとグループ定量分析の結果を比較するために、南側 (South Position)、中央 (Middle Position) および北側 (North Position) の地域における、それぞれの成分を分析したのが **Table 5** と **Table 7** である。ここでは、OとGはそれぞれ自動オーダー分析値とグループ定量分析値である。

(1) 南側 (S) に対する中央 (M) と北側 (N) の重量百分率について比較を行った。南側の重量百分率が中央と北側よりも大きい成分は、第3周期の酸化ナトリウム (G) と酸化アルミニウム (O+G)、第4周期の酸化カルシウム (O+G) と酸化ニッケル (O) および第5周期の酸化ストロンチウム (O) の5成分であり、小さい成分は、第3周期の三酸化硫黄 (O) および第4周期の酸化カリウム (O+G) と酸化チタニウム (O+G) の3成分である。

(2) 中央 (M) に対する南側 (S) と北側 (N) の重量百分率について比較を行った。中央が南側と北側よりも大きい成分は、第3周期の酸化マグネシウム (O+G) と五酸化燐 (O+G)、第4周期の酸化チタン (G)、酸化マンガ (G)、酸化第二鉄 (O+G) および三酸化コバルト (O) また第6周期の

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)三酸化タングステンの7成分であり、小さい成分は、第3周期のケイ酸(G)、第4周期の酸化亜鉛(O)および第5周期の酸化ルビジウム(O)の3成分である。

(3) 北側(N)に対すると中央(M)と南側(S)の重量百分率について比較を行った。北側が中央と南側よりも大きい成分は、第3周期のケイ酸(O+G)と三酸化硫黄(O)、第4周期の酸化カリウム(O+G)、酸化銅(O)、酸化亜鉛(O)、第5周期の酸化ルビジウム(O)および酸化ジルコニウム(O)の7成分であり、小さい成分は、第3周期の酸化ナトリウム(O+G)、酸化マグネシウム(G)、酸化アルミニウム(G)および五酸化燐(O+G)、第4周期の酸化カルシウム(O+G)と酸化マンガン(O+G)また酸化第二鉄(O+G)の7成分である。

(4) 3つの場所のうち2場所で同じ重量百分率の成分が認められる。すなわち、多く含まれている重量百分率の成分は、酸化ナトリウム(南側と中央)、酸化チタン(中央と北側)および酸化マンガン(南側と中央)の3成分である。少なく含まれている重量百分率の成分は、酸化アルミニウム(中央と北側)、ケイ酸(南側と中央)および三酸化コバルト(南側と北側)、酸化銅(南側と中央)、酸化ジルコニウム(南側と中央)および三酸化タングステン(南側と北側)の4成分である。

(5) 3つの場所の重量百分率を比較すれば、原子番号が大きくなるにつれ、重量百分率が小さいのは中央の部分であり、大きいのは北側の場所である。北側の重量百分率は3場所の平均値よりも多く(0.546Wt%)存在し、他の南側(-0.321Wt%)と中央(-0.225Wt%)は少なく存在している。すなわち、**Table 5**におけるTOTALの項目によれば、北側の値は、南側と中央の合計に等しい値である。

4.4 白頭山群と鹿鳴峰洞窟の溶岩分析に対する検討⁽⁴⁻⁹⁾

白頭山群における溶岩層に対する定量分析などの結果を**Table 8**で表示した。

a) 白頭山群における天池瀑布東側にある玄武岩である上層部(粗面岩で約21万年前^{8,9)})、中層部(粗面岩で約44万年前^{8,9)})および下層部(約55万年

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

Table 8 Relation between the Lava Twinpillar in Manjang-Gul Cave and the North of Lu-Ming-Feng Samples in Mt. Peakdu-san Group for the Group Analysis by Fundamental Parameter (Wt%)

成分	鹿鳴峰洞窟	天池瀑布	天池氣象台	鹿鳴峰洞窟入口	Q ₁ 玄武岩	万丈窟	濟州火山島
Component	Lu-Ming-Feng Cave	Heaven Waterfall	Weather Station	Lu-Ming-Feng Cave Inrance	Q ₁ Basalt	Manjang Cave	Cheju Volcanic Rock Average
Na ₂ O	3.29	5.86	5.15	2.96	4.17	3.07	2.1~ 6.4
MgO	3.95	0.10	0.04	4.63	3.78	6.48	0.1~10.6
Al ₂ O ₃	17.64	13.55	11.12	17.67	15.67	14.70	13.8~19.2
SiO ₂	50.62	66.08	71.85	51.01	47.52	53.07	45.1~65.5
P ₂ O ₅	0.36	0.03	0.01	0.38	0.76	0.31	0.1~ 1.0
K ₂ O	1.37	5.18	4.68	1.36	2.22	1.05	0.8~ 5.6
CaO	8.56	0.25	0.25	9.15	8.18	7.82	1.1~10.1
TiO ₂	2.37	0.40	0.23	2.57	4.16	2.02	0.3~ 3.6
MnO	0.11	0.16	0.08	0.13	0.21	0.14	0.1~ 0.3
Fe ₂ O ₃	9.12	5.83	4.17	10.14	7.81	11.34	1.1~ 9.1
TOTAL	97.40	97.43	97.58	100.00	94.48	100.00	
Reference		(5)	(6)	(7)	(10)	(11~13)	(14)

前、約58万年前⁸⁾、約61万年前あるいは中国東北師範大学での約204万年前)の結晶構造は共に六方晶系と単斜晶系の混晶状態である。

b) 天池氣象駅側の上層部(アルカリ岩で約8万7千年前^{8,9)})と下層部(アルカリ岩で約8万7千年前^{8,9)})の結晶構造は共に六方晶系と単斜晶系の混晶状態である。

c) 鹿鳴峰洞窟における入口側の上層部(玄武岩火山弾で約16万年前⁷⁾)の結晶構造は共に三斜晶系と単斜晶系の混晶状態である。

鹿鳴峰洞窟の溶岩分析データは、天池瀑布側のデータ、天池氣象駅側のデータ、鹿鳴峰洞窟における入口側の上層部のデータおよび中国科学院長春地理研究所の富徳義などによる玄武岩(Q₁)の報告データ¹⁰⁾との比較を行ったものである。

① 酸化ナトリウムでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、鹿鳴峰入口より多く、Q₁玄武岩、天池瀑布および天池氣象台より小さい値である。これは、

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

酸化カリウムと同様な傾向である。なお、鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとはほぼ近い値である。

② 酸化マグネシウムでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布、天池气象台およびQ₁玄武岩より多く、鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは酸化アルミニウム、酸化カルシウムおよび酸化第二鉄と同様な傾向である。なお、鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとはほぼ近い値である。

③ 酸化アルミニウムでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布、天池气象台およびQ₁玄武岩より多く、鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは酸化マグネシウム、酸化カルシウムおよび酸化第二鉄と同様な傾向である。一方、鹿鳴峰洞窟入口のデータとはほぼ近い値である。

④ ケイ酸では、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、Q₁玄武岩より多く、鹿鳴峰入口、天池瀑布および天池气象台よりは小さい値である。一方、鹿鳴峰洞窟入口のデータとはほぼ近い値である。

⑤ 五酸化磷では、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布および天池气象台より多く、Q₁玄武岩および鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは酸化チタンと同様な傾向である。なお、鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとはほぼ近い値である。

⑥ 酸化カリウムでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、鹿鳴峰入口より多く、Q₁玄武岩、天池瀑布および天池气象台よりは小さい値である。これは酸化ナトリウムと同様な傾向である。なお、鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとはほぼ近い値である。

⑦ 酸化カルシウムでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布、天池气象台およびQ₁玄武岩より多く、鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは酸化マグネシウム、酸化カルシウムおよび酸化第二鉄と同様な傾向である。なお、鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとはほぼ近い値である。

⑧ 酸化チタンでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布および天池气象台より多く、Q₁玄武岩および鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは、五酸化磷と同様な傾向である。なお、鹿鳴峰洞窟入口のデータとはほぼ近い値である。

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

⑨ 酸化マンガンでは、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池気象台より多く、鹿鳴峰入口、天池瀑布およびQ₁玄武岩よりは小さい値である。なお、天池瀑布と鹿鳴峰洞窟入口のデータとはほぼ近い値である。

⑩ 酸化第二鉄では、鹿鳴峰洞窟の平均重量百分率は、天池瀑布、天池気象台およびQ₁玄武岩より多く、鹿鳴峰入口よりは小さい値である。これは酸化マグネシウム、酸化アルミニウムおよび酸化カルシウムと同様な傾向である。なお、鹿鳴峰洞窟入口のデータとはほぼ近い値である。

4.5 鹿鳴峰洞窟と濟州火山島・万丈窟の溶岩分析に対する検討¹¹⁻¹⁴⁾

白頭山群における鹿鳴峰洞窟の分析データと濟州火山島とその万丈窟の溶岩に対する定量分析などの結果をTable 8の右側に表示した。Table 8において、鹿鳴峰洞窟の溶岩の重量百分率と万丈窟の成分を比較した。鹿鳴峰洞窟の溶岩の重量百分率が、万丈窟よりも多い成分は第3周期の酸化ナトリウム、酸化アルミニウムおよび五酸化燐、また、第4周期の酸化カリウム、酸化カルシウムおよび酸化チタンの6成分であり、少ない成分は第3周期の酸化マグネシウムとケイ酸、また、第4周期の酸化マンガンおよび酸化第二鉄の4成分である。したがって、この分析値は、洞窟の値に比べて約半分は多く、約半分は少なくなっていることが認められた。

鹿鳴峰洞窟の溶岩の重量百分率と濟州火山島全体との比較を行った。濟州火山島全体の最小重量百分率の近くに存在する鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第3周期の酸化ナトリウム、酸化マグネシウム、ケイ酸および五酸化燐、また、第4周期の酸化カリウムおよび酸化マンガンの6成分である。濟州火山島全体の間接値にある重量百分率の鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第3周期の酸化アルミニウム、また、第4周期の酸化カルシウム、酸化チタンの3成分である。一方、濟州火山島全体の最大重量百分率以上になる鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第4周期の酸化第二鉄である。

5 おわりに

白頭山における鹿鳴峰の北側にある洞窟の溶岩の成分分析の結果を次のようにまとめることができる。

(A) 化学周期律表から分類すれば、第3周期ではナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、珪素、燐およびイオウの6元素であり、第4周期ではカリウム、カルシウム、チタン、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅および亜鉛の9元素であり、そして、第5周期では、ルビジウム、ストロンチウムおよびジルコニウムの3元素である。これらの元素は、合わせると19元素である。

(B) この2元素以上含まれている**典型金属元素**は、軽金属では第Ia族の水素、ナトリウム、カリウムおよびルビジウムの4元素であり、第IIa族のマグネシウム、カルシウムおよびストロンチウムの3元素であり、または、**重金属**では第IVa族のチタンおよびジルコニウムの2元素である。そして、**半金属・半導体**では第VIA族の酸素とイオウの2元素が含まれている。

(C) 2元素以上が含まれている**遷移金属元素**では、第Ia族のチタンおよびジルコニウムの2元素である。

(D) **自動オーダー分析**では、これらの各成分に対して、10Wt%以上の成分はケイ酸が(49.00~53.00Wt%の範囲と50.33Wt%の平均値)および酸化アルミニウムが(18.00~19.00Wt%の範囲と18.33Wt%の平均値)である。この2成分の合計は(67.00~72.00Wt%と68.66Wt%の平均値)である。したがって、この19成分の中で、ケイ酸および酸化アルミニウムの合計は全体の約7割も含まれている。

次に、8 Wt%以上10Wt%までの重量百分率は、酸化カルシウム(8.20~9.40Wt%の範囲と8.93Wt%の平均値)および酸化第二鉄が(9.10~10.00Wt%の範囲と9.50Wt%の平均値)である。この2成分の重量百分率を合わせると(17.30~19.40Wt%と18.43Wt%)である。この5 Wt%以上の4成分の合計は、それぞれ南側(86.80Wt%)、中央(86.20Wt%)および北側(88.30Wt%)であり、その平均合計は87.09Wt%である。すなわち、全体の約9割であ

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

る。南側 (South) 重量百分率は、平均値よりも大きいのは9成分であり、他の成分は10成分で $-0.321\text{Wt}\%$ 小さい値である。小さいのは第4族を中心にした元素が沢山含まれている。中央 (Middle) の重量百分率は、平均値よりも大きいのは10成分であり、他は9成分で $-0.225\text{Wt}\%$ 小さいのである。小さくなっているのは、第5族を中心に、原子番号が大きくなるにつれ顕著に現れている。北側 (North) の重量百分率は、平均値よりも小さいのが10成分であり、他は10成分で $0.546\text{Wt}\%$ 大きいのである。大きくなっているのは第3族を中心にし、原子番号が小さいところで多く現れている。

(E) グループ定量分析においては、これらの各成分に対して、 $10\text{Wt}\%$ 以上の成分はケイ酸が($49.79\sim 51.84\text{Wt}\%$ の範囲と $50.62\text{Wt}\%$ の平均値) および酸化アルミニウムが($17.23\sim 18.41\text{Wt}\%$ の範囲と $17.64\text{Wt}\%$ の平均値) である。これらの2成分の合計は($67.02\sim 70.25\text{Wt}\%$ の範囲と 68.26 の平均値) である。この10成分の中で、ケイ酸および酸化アルミニウムの合計は全体の約7割も含まれている。次に、 $8\text{Wt}\%$ 以上 10% までの重量百分率は、酸化カルシウム($7.65\sim 9.16\text{Wt}\%$ の範囲と $8.56\text{Wt}\%$ の平均値) および酸化第二鉄が($8.55\sim 9.75\text{Wt}\%$ の範囲と $9.12\text{Wt}\%$ の平均値) である。この2成分の重量百分率を合わせると($16.20\sim 18.91\text{Wt}\%$ の範囲と $17.67\text{Wt}\%$ の平均値) となる。

南側 (South) の重量百分率は、平均重量百分率よりも小さいのが4成分であり、他は6成分で平均 $0.122\text{Wt}\%$ 程大きい値である。中央 (Middle) の重量百分率は、平均重量百分率よりも小さいのが3成分であり、他は7成分で平均 $0.063\text{Wt}\%$ 程大きい値である。北側 (North) の重量百分率は、平均重量百分率よりも大きいのは3成分であり、他は7成分で平均 $-0.185\text{Wt}\%$ 程小さい値である。

(F) 白頭山群と鹿鳴峰北側にある洞窟の溶岩分析について比較した。鹿鳴峰洞窟の溶岩分析データは、天池瀑布側のデータ、天池気象台側のデータ、鹿鳴峰洞窟における入口側の上層部のデータおよび中国科学院長春地理研究所の富徳義などによる玄武岩(Q_1)の報告データとの比較を行ったものである。要約すれば、次のとおりである。

① 鹿鳴峰の入口の溶岩とほぼ近い値の成分は、酸化アルミニウム、ケイ

白頭山、鹿鳴峰の北側にある溶岩洞窟と濟州火山島の万丈窟の定量分析(沢、劉、林、河野)

酸、酸化チタンおよび酸化第二鉄の4成分である。

② 鹿鳴峰の入口の溶岩とQ₁玄武岩のデータとほぼ近い値の成分は、酸化ナトリウム、酸化マグネシウム、五酸化磷、酸化カリウムおよび酸化カルシウムの5成分である。

③ 天池瀑布の東側にある溶岩と鹿鳴峰の入口の溶岩のデータとほぼ近い値の成分は、酸化マンガンである。

(G) 鹿鳴峰北側にある洞窟と濟州火山島・万丈窟の溶岩分析データを比較した。鹿鳴峰洞窟の溶岩の重量百分率が、万丈窟よりも多い成分は洞窟の値に比べて約半分は多く、約半分は少なくなっていることが認められた。鹿鳴峰洞窟の溶岩の重量百分率と濟州火山島全体との比較を行った。濟州火山島全体の最小重量百分率の近くに存在する鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第3周期の酸化ナトリウム、酸化マグネシウム、ケイ酸および五酸化磷、また、第4周期の酸化カリウムおよび酸化マンガンの6成分である。濟州火山島全体の中間値にある重量百分率の鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第3周期の酸化アルミニウム、また、第4周期の酸化カルシウム、酸化チタンの3成分である。一方、濟州火山島全体の最大重量百分率以上になる鹿鳴峰洞窟の溶岩の成分は、第4周期の酸化第二鉄である。

謝 辞

この試料の採集などには、中國延辺大学地理学部の田景・任英路諸先生および本学学生部の藤田智燮主任に感謝の意を表します。この論文のデータ作成に当たって、ご助言をいただいた関西大学名誉教授の片山佐一博士、理学電機工業kkの閑歳浩平氏ならびにkkリガクの入江成夫主事を始め、また、第1回白頭山国際共同研究調査団員(板谷徹丸博士、洪始煥博士、傍島茂雄氏、鄭大聲博士、中岡愛彦氏、中島保教授ならびに林信太郎博士)関係各位に感謝の意を表します。この論文は、本学の研究助成金と国際共同研究補助金「東アジアにおける文化交流の諸問題」の成果である。

参 考 文 献

- (1) 王季平主編「白頭山誌」吉林文史出版社(1989)
- (2) 浅野五郎「1942-1943年の白頭山探検により発見された諸事執実(1)~(6)」
鉱物と地質 1 (1948) P.23~31…P.267~270
- (3) 洪永國「白頭山の地質」Jour. Geol. Soc. Korea 26 P.119~126
- (4) 板谷徹丸・沢勲・劉忠傑・林哲浩「白頭山鹿鳴峰近くの溶岩洞窟の年代」
白頭山への道(大阪経済法科大学出版部)(1992) P.99~103
- (5) 沢勲・劉忠傑・林哲浩・河野久征「白頭山、天池瀑布の東側にある溶岩の
定量分析」大阪経済法科大学論集 56 (1994) P.45~68
- (6) 沢勲・劉忠傑・林哲浩・河野久征「白頭山、天池気象駅の東側にある溶岩
と濟州火山島の定量分析」大阪経済法科大学論集 57 (1994) p.59~84
- (7) 林信太郎・沢勲・劉忠傑・林哲浩「白頭山、鹿鳴峰付近の洞窟構成岩石なら
びにその周辺の地形観察」白頭山への道(大阪経済法科大学出版部)
(1992) P.104~110
- (8) 劉嘉麟「長白山地区新生代火山活動的研究(修士論文)」北京科学技術出
版社(1981) P.345~355
- (9) 孫広友・富徳義・宋海遠他「長白山火山期玄武岩建造と火山地貌の形成」
長白山火山研究(延辺大学出版部)(1990) P.12~25
- (10) 富徳義・朱顔明他「長白山区岩石化学組成およびその環境意義」長白山火
山研究(延辺大学出版部)(1990) P.62~76
- (11) 沢勲「Fundamental Parameter 法による萬丈窟溶岩石柱の蛍光X線分析」
洞窟 22 (1990) P.17~56
- (12) 沢勲・高文玉・金景植「Fundamental Parameter 法による萬丈窟の溶岩
双子石柱の蛍光X線分析」洞窟 20 (1989) P.29~62
- (13) 沢勲・片山佐一「濟州火山島における萬丈窟双子石柱の化学分析」大阪経
済法科大学論集 36 (1989) P.1~26
- (14) 沢勲・洪始煥「萬丈窟の溶岩双石柱と濟州火山島の溶岩に関する定量分析」

論文目録

目次

1. 序言

2. 研究の目的と意義

3. 研究の範囲と対象

4. 研究方法

5. 結果と考察

6. 結論

7. 参考文献

8. 謝辞

9. 索引

10. 補遺