

# 濟州火山島における金寧蛇窟内の 砂質の化学分析と電子顕微鏡写真

沢 勲、洪 始 煥\*  
高 文 玉\*\*、金 景 植\*\*\*

## ABSTRACT

The *Kimnyong Sa Gul Cave* (126° 46' 38'' east longitude: 33° 32' 26'' north latitude) is located in Kimnyong-ri, the northern extremity of Cheju province of Korea. On the south of the cave, there is a lava cave museum exhibiting the materials of *Manjang Cave* which is well-known as the longest and one of the most unique lava caves in the world. It can be accounted for on the basis of analysis of the rock formation of the Pyoseonri Basalt that the *Kimnyong Sa Gul Cave* was formed at the 1st stage of the 2nd eruption period of Cheju volcanic island. The length and the height of the *Kimnyong Sa Gul Cave* are 705m and 60m, respectively.

Lava caves usually consist of rocks and water. However, it is characteristic that the *Kimnyong Sa Gul Cave* contains sand in addition to rocks and water. At the entrance of the cave, a monument is built admiring the distinguished service rendered by *So-Lin*, a government official, in early 16th. There must have been a disaster which has something to do with the cave, snakes and food. *So-Lin* is considered to have fulfilled an important role to overcome the disaster.

The data obtained from the analysis of the sand composition of the *Kimnyong Sa Gul Cave* is significant to the study of geological features of Cheju volcanic island in its 2nd eruption period and geology.

The data is also interesting from the viewpoint of natural preservation and tourist development. Besides, an assumption can be made that the sand may be composed of residuum of the bones of ancient people. To the north of the cave is the seashore. This seashore is a nice sandy bathing resort. The sand on this seashore does not contain any residuum of ancient people. The reason why the sand here has a quality different from that in the cave is that the original sand was carried away by the north wind and the sand was brought from abroad.

A chemical analysis of the sand composition of the *Kimnyong Sa Gul Cave* shows that 87.13% of it is  $\text{CaCO}_3$  and the rest is composed of 11 other elements.

---

\* 洪 始 煥：韓国、建国大学校 理科大学教授

\*\* 高 文 玉：濟州道、我羅国民学校教師

\*\*\* 金 景 植：濟州道、金寧国民学校教師

## 1 はじめに

金寧蛇窟の位置は、濟州道北濟州郡旧左邑東金寧里にあり、東経  $126^{\circ} 46' 38''$ 、および北緯  $33^{\circ} 32' 26''$  にあり、濟州島の最東北端に存在している。

金寧蛇窟の付近には、世界第1位と認定し、熔岩洞窟博物館と言われる萬丈窟<sup>(1)~(3)</sup>がある。金寧蛇窟の形成は、濟州火山島の第2噴出期の第1段階であることは、表善里玄武岩層から説明できる<sup>(4)~(7)</sup>。金寧蛇窟の長さ<sup>(4)</sup>と高さ<sup>(7)</sup>は、それぞれ 705 m および 60 m からなっている。自然洞窟には、岩石と水質からなっている所が多いけれども、金寧蛇窟には、岩石と水質の他に砂場が存在している特徴がある。一方、金寧蛇窟の入口には、16世紀初頭、判官、徐隣の功績を称賛した記事の記念碑が 186 年後に建立している。当時では蛇・洞窟および食糧が人間の幸せに相互作用によって影響があったことと推測できる。この事柄について、徐隣判官は何らかの役割を果たしたと考えられる。

金寧蛇窟の砂質を分析したデータは、濟州火山島の第2噴出期の地質形態および地球科学的な意義がある。なお、この研究には洞窟の自然保護や観光開発の新しい側面と古代人の骨の集合ではないかという考え方からも興味がある。金寧蛇窟の北方に沿って行くと海岸がある。この海岸は砂浜場になっている。この砂浜の砂質は古代の砂質と異なっている。それは北風によって流されたため、外国から運んで来た砂であるから、全く異質の成分になっている。

この金寧蛇窟の砂質を化学分析すると、炭酸カルシウムが 87.13% になり、他の 11 元素は、その残りの含有率になっている。これは蛍光 X 線分析からも確認<sup>(8)</sup>することができた。以下、ここに報告する。

## 2 実験方法と結果

### 2.1 けい酸 ( $\text{SiO}_2$ ) の分析方法

けい酸の分析は、JIS M 8850<sup>(10)</sup> の過塩素酸脱水重量法によって行われた (FIG. 1)。

分析としては、まず、試料を塩酸と過塩素酸で分解させて、加熱し白煙を發

生させ、けい酸をこし分ける。沈殿を強熱して重量を計ったものを  $W_1$  とする。  
次に、ふっ化水素酸を加え、加熱して二酸化けい素を揮発させた後、再び、

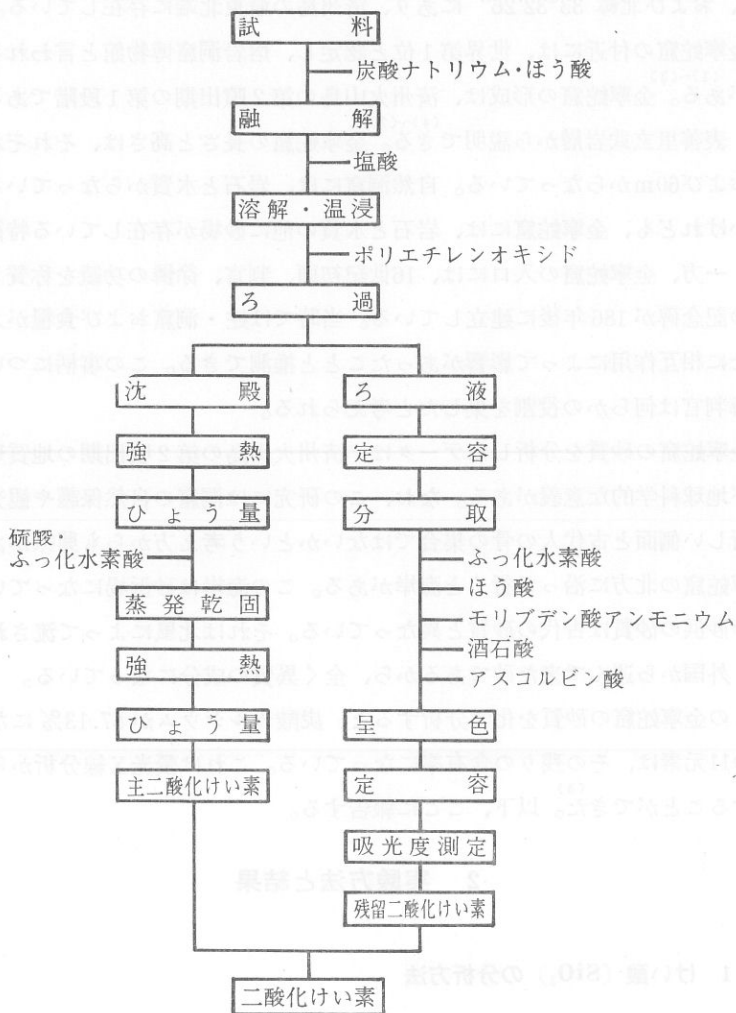


FIG. 1 二酸化けい素 (SiO<sub>2</sub>) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for SiO<sub>2</sub>

強熱して質量を計ったものを  $W_2$  とする。ここで、この  $W_1$  と  $W_2$  の差を求めることができる。

$W_1$  の測定方法としては、不溶解物はろ紙と共に白銀るつぼに入れて乾燥し、徐々に加熱して炎の出ないようにろ紙を灰化した後に、 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$  で 1 時間強熱し、デシケーター中で放冷後に質量を測定した (FIG. 1)。

$W_2$  の測定方法としては、不溶解物を 2、3 滴の過塩素酸で湿し、ふっ化水素酸 5 ml を加え、砂浴上で、加熱して蒸発乾固を行った。そして、 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$  で 10 分間も強熱して、デシケーター中で放熱後、質量を測定した。

この  $W_1$  と  $W_2$  の関係から試料中のけい酸の含有量は、次の式によって計算することができる。

$$\text{けい酸(\%)} = \frac{W_1(\text{g}) - W_2(\text{g})}{W(\text{g})} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $W$  は試料はかり取り量 (g) である。その結果、けい酸の含有量は、2.93% となった。

## 2.2 酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の分析方法

酸化アルミニウムの分析は、JIS M 8850<sup>(10)</sup> の水酸化物分離 EDTA-亜鉛逆滴定法によって行われた (FIG. 2)。分析の要旨としては、まず、試料溶液の一部に塩化アンモニウムを加え、アルミニウムを鉄などと共に沈殿させてこし分けた。

この沈殿物を塩酸に溶解した後、エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム (EDTA) を加えて、pH を調節し、煮沸してアルミニウム-EDTA キレート を完成させた。次に、緩衝溶液および指示薬としてキシレノールオレンジを加え、亜鉛標準溶液で過剰の EDTA を逆滴定した。

亜鉛標準溶液とは、亜鉛 (0.66g) を 0.1mg まで正しくビーカー (300 ml) にはかり取り、水約 10ml および硝酸 (1+1) 10 ml を加え、時計皿で覆って水約 100ml および酢酸アンモニウム溶液を加え、pH 5.5 とした後、1000 ml のメスフラスコに移し、水で標線までうすめる。この M/100 亜鉛標準溶液

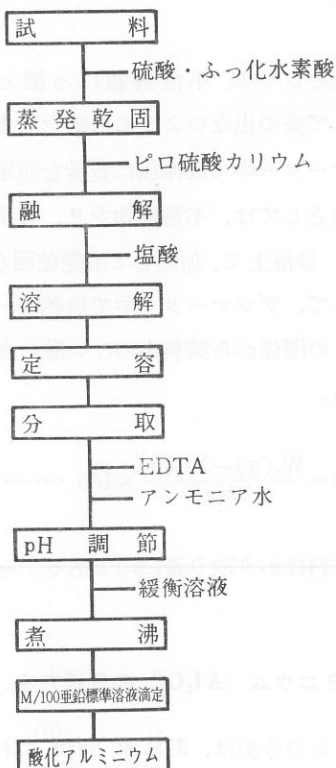


FIG. 2 酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition  
Analysis for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

1 ml に相当する酸化アルミニウム量を  $f$  とし、亜鉛の純度を  $P$  とし、亜鉛はかり取り量を  $G$  とすれば、次の計算式が成立する。

$$f(g) = \frac{G(g) \times P(\%)}{0.6538 \times 100} \times 0.0005098 \dots\dots\dots(2)$$

次に、亜鉛標準溶液使用量は、 $V_1$  と  $V_2$  に分けられる。

$V_1$  は、定量操作に従って、5分間煮沸し、冷却後、緩衝溶液 (pH 5.5) 10ml および指示薬としてキシレノールオレンジ溶液 3、4滴を加え、M/100

亜鉛標準溶液で滴定し、終点付近になると、十分かき混ぜ、ゆっくりと滴定し、黄色がわずかに赤みを帯びた点を終点とする。

$V_2$  は、空試験溶液から、溶液の色が黄色に変わるまでアンモニア水を加えた試料溶液と同一容量をビーカー（300 ml）に正確に分取する。そして、M/100 亜鉛標準溶液で滴定する。

ここで、 $W$ を試料はかり取り量とし、 $V$ を試料溶液の分取量とすれば、酸化アルミニウムの含有率は、次の式によって計算することができる。

$$\begin{aligned} \text{酸化アルミニウム}(\%) = & \frac{[V_2(\text{ml}) - V_1(\text{ml})] \times f(\text{g})}{W(\text{g})} \times \frac{250}{V(\text{ml})} \\ & \times 100 - [\text{Fe}_2\text{O}_3(\%) \times 0.638] \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

ここで、 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\%)$  は、酸化鉄(III)の含有量である。その結果、酸化アルミニウムの含有率は0.89%である。

### 2.3 酸化第二鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) の分析方法

酸化第二鉄は、JIS M 8812<sup>(9)</sup> の塩化すず(II)還元二クロム酸カリウム滴定法によって行われた (FIG. 3)。分析に対しては、試料を酸で分解し、ろ過する。このろ液を主液とする。不溶解残さをふっ化水素酸処理して二硫酸カリウムで融解する。融成物を塩酸を含む温水に溶解した後、アンモニア水で水酸化鉄などを沈殿させてこし分け、塩酸に溶解して主液に合わせる。または、試料を炭酸ナトリウムと過酸化ナトリウムで融解し、融成物を温水に溶解して沈殿をこし分ける。沈殿は塩酸に溶解する。次に、塩化すず(II)で鉄(III)を鉄(II)に還元し、過剰の塩化すず(II)を塩化水銀(II)で酸化する。この溶液の酸の濃度を硫酸とリン酸の混酸で調節し、ジフェニルアミスルホン酸ナトリウムを指示薬として、二クロム酸カリウム標準溶液で滴定する。

N/10 二クロム酸カリウム標準溶液 (4.903 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{l}$ ) とは、二クロム酸カリウム ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 4.903 g を正しくはかり取ってビーカー (300 ml) に入れ、水約 100 ml に溶解し、1000 ml のメスフラスコに移し入れ、水で標線までうすめる。この場合は、標準試薬に表示されている純度をそのまま N/10 に

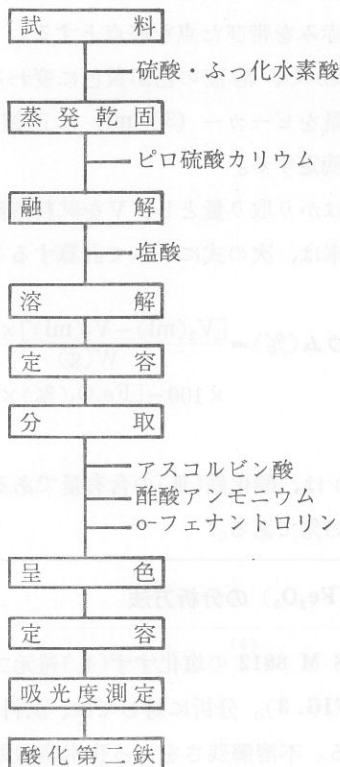


FIG. 3 酸化第二鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

対するファクターとして用い、標定は行わない。

試料中の全鉄含有率は、次の式によって計算する。

$$\text{全鉄(\%)} = \frac{[V_1(\text{ml}) - V_2(\text{ml})] \times 0.005585}{W(\text{g})} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、V<sub>1</sub> : 本試験における N/10 ニクロム酸標準溶液の使用量 (ml)

V<sub>2</sub> : 空試験における N/10 ニクロム酸標準溶液の使用量 (ml)

W : 試料はかり取り量 (g)



済州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

酸化第一鉄 (FeO) と酸化第二鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の含有率は、それぞれ前処理によって異なっているが、0.26%と0.24%になっている。

#### 2.4 酸化マグネシウム (MgO) の分析方法

酸化マグネシウムの分析は、JIS M 8850<sup>(10)</sup> の原子吸光法によって行われた (FIG. 4)。分析としては、試料溶液を分取して、マトリックス溶液-IIを加えた後、塩酸で一定量にうすめ、原子吸光度計を用いて、マグネシウムの吸光度を測定した。

検量線の作成としては、標準酸化マグネシウム溶液を水で20倍にうすめ、その 0~10.0ml を 100ml のメスフラスコに段階的に取った。そこに、マトリックス溶液-II 20 ml をそれぞれ加え、塩酸 (1+100) で標線までうすめた。原

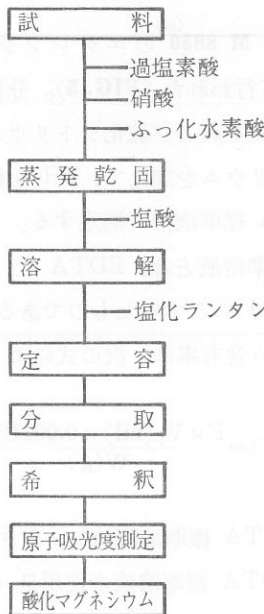


FIG. 4 酸化マグネシウム (MgO) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition  
Analysis for MgO

済州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

子吸光度計を用いて、空気-アセチレンフレーム中に噴霧し、波長 285.2nm における吸光度を測定した。その結果、得られた吸光度と酸化マグネシウム濃度との関係線を作成して検量線とする。

この作成した検量線から希釈試料溶液中の酸化マグネシウム濃度 (mg/100 ml) をCとし、試料溶液の分取量 (ml) をVとし、そして、試料はかり取り量 (g) をWとする。したがって、酸化マグネシウムの含有率は、次式によって計算できる。

$$\text{酸化マグネシウム}(\%) = \frac{C \times 10^{-3}}{W} \times \frac{250}{V} \times 100 \dots\dots(5)$$

この計算の結果、酸化マグネシウムの含有率は、2.20%となっている。

## 2.5 酸化カルシウム (CaO) の分析方法

酸化カルシウムは JIS M 8850<sup>(10)</sup> のエチレンジアミン四酢酸二ナトリウム (EDTA) 滴定法によって行われた (FIG. 5)。分析に対しては、試料溶液を分取し、トリエタノールアミンおよび硫化ナトリウムを加えて、妨害イオンをマスクングし、水酸化ナトリウムを加えて、pH を約13に調節した後、カルセインを指示薬として EDTA 標準液で滴定する。

この M/50 EDTA 標準溶液とは、EDTA (2水和物) 7.5 g を適量の水に溶かした後、水で 1000 ml にうすめたものである。

試料中の酸化カルシウム含有率は、次の式によって計算する。

$$\text{酸化カルシウム}(\%) = \frac{F \times V_1(\text{ml}) \times 0.0011216}{W(\text{g})} \times \frac{25}{10} \times 100 \dots\dots(6)$$

ここで、F : M/50 EDTA 標準溶液のファクター

$V_1$  : M/50 EDTA 標準溶液の使用量 (ml)

W : 試料はかり取り量 (g)

この計算の結果、酸化カルシウムの含有量は 48.82% である。

この値を求めるためには、M/50 EDTA 標準溶液で滴定し、終点付近にな

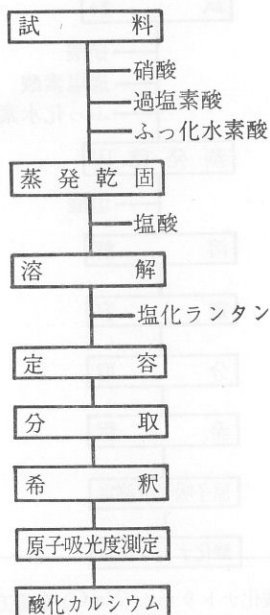


FIG. 5 酸化カルシウム (CaO) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for CaO

ったらよくかき混ぜながらゆっくりと滴定する。その時、蛍光性緑色が消え、だいたい色になった点を終点とする。終点を判別しやすくするためには、黒色紙を用いた。

## 2.6 酸化ナトリウム (Na<sub>2</sub>O) の分析方法

酸化ナトリウムの分析は JIS M 8853<sup>(11)</sup> の原子吸光法によって行われた (FIG. 6)。分析に対しては、試料溶液の一部を分取り、原子吸光分析装置を用いてナトリウムの吸光度を測定した。この装置のナトリウム用光源ランプは、波長 330.2nm における吸光度である。検量線の作成に対しては、標準混合アルカリ溶液系列の波長 330.2nm における吸光度をそれぞれ測定し、得られた吸光度と酸化ナトリウム濃度との関係線を用いて検量線とした。



FIG. 6 酸化ナトリウム (Na<sub>2</sub>O) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis of Na<sub>2</sub>O

試料中の酸化ナトリウムの含有率は、次のとおりである。

$$\text{酸化ナトリウム}(\%) = \frac{C \times 10^{-3}}{W} \times \frac{250}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここで、C：試料溶液中の酸化ナトリウム濃度 (mg/100ml)

V：試料溶液の分取量 (ml)

W：試料はかり取り量 (g)

この結果、酸化ナトリウムの含有量は0.86%である。

## 2.7 酸化カリウム (K<sub>2</sub>O) の分析方法

酸化カリウムの分析は、JIS M 8853<sup>(11)</sup> の原子吸光法によって行われた (FIG. 7)。分析に対しては、試料溶液の一部を分取り、原子吸光分析装置を

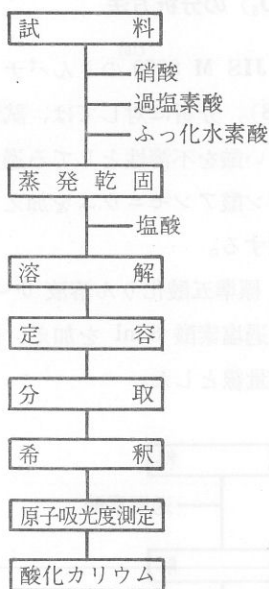


FIG. 7 酸化カリウム (K<sub>2</sub>O) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for K<sub>2</sub>O

用いてカリウムの吸光度を測定した。この装置のカリウム用光源ランプは、波長 404.4nm における吸光度である。検量線の作成に対しては、標準混合アルカリ溶液系列の波長 404.4nm における吸光度をそれぞれ測定し、得られた吸光度と酸化カリウム濃度との関係線を用いて検量線とした。

試料中の酸化カリウムの含有量は、次のとおりである。

$$\text{酸化カリウム}(\%) = \frac{C \times 10^{-3}}{W} \times \frac{250}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここで、C：試料溶液中の酸化カリウム濃度 (mg/100ml)

V：試料溶液の分取量 (ml)

W：試料はかり取り量 (g)

この計算の結果、酸化カリウムの含有量は、0.31%である。

## 2.8 五酸化りん ( $P_2O_5$ ) の分析方法

五酸化りんの分析は、JIS M 8850<sup>(10)</sup> のりんバナドモリブデン酸吸光光度法によって行われた (FIG. 8)。分析に対しては、試料を過塩素酸で分解し、加熱して白煙を発生させ、けい酸を不溶性としてろ過する。ろ液にバナジン酸アンモニウムおよびモリブデン酸アンモニウムを加えてりんバナドモリブデン酸を呈色させ、吸光度を測定する。

検量線の作成として、標準五酸化りん溶液 0~50.0 ml を 100 ml のメスフラスコに段階的に取り、過塩素酸 8 ml を加え、得られた吸光度と五酸化りん量との関係線を用いて検量線とした。

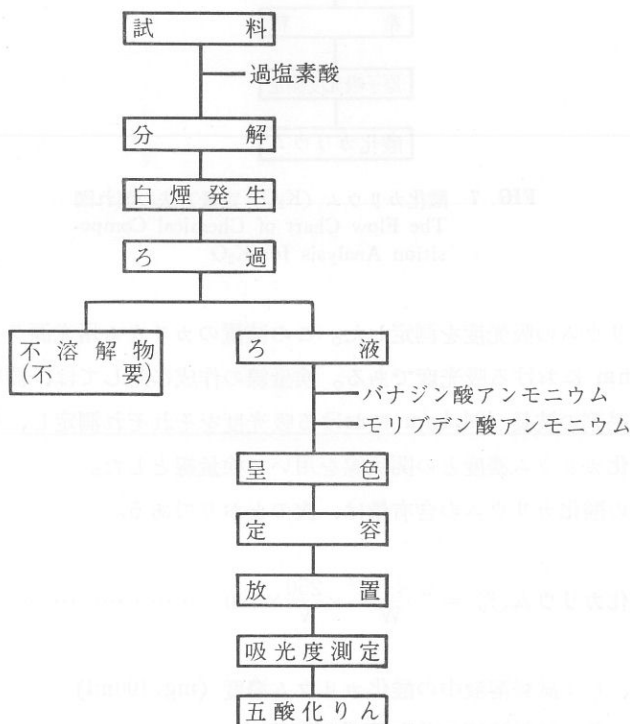


FIG. 8 五酸化りん ( $P_2O_5$ ) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for  $P_2O_5$

試料中の五酸化りん含有量は、次のとおりである。

$$\text{五酸化りん}(\%) = \frac{a \times 10^{-3}}{W} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

ここで、a：試料溶液中の五酸化りんの検出量 (mg)

W：試料はかり取り量 (g)

この計算の結果、五酸化りんの含有量は、0.12%である。

## 2.9 無水硫酸 (SO<sub>3</sub>) の分析方法

無水硫酸の分析は、JIS M 8850<sup>(10)</sup> の硫酸バリウム重量法によって行われた (FIG. 9)。



FIG. 9 無水硫酸 (SO<sub>3</sub>) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition Analysis for SO<sub>3</sub>

分析に対しては、試料を塩素酸カリウムと硝酸を加えて分解し、加熱する。塩酸を加えて蒸発乾固を繰り返す、硫化物硫黄等を硫酸塩硫黄に酸化させる。塩酸に溶解させ、不溶解物をろ過させ、塩酸ヒドロキシルアミンで鉄を還元させた。そして、塩化バリウムを加えて硫酸バリウムの沈殿を生成させた。沈殿をこし分け、強熱後、質量を測定した。

試料中の全硫黄含有率は、次のとおりである。

$$\text{全硫黄}(\%) = \frac{(W_1 - W_2) \times 0.1374}{W} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

ここで、 $W_1$  : 硫酸バリウムの入っている白金るつぼの質量 (g)

$W_2$  : 白金るつぼの質量 (g)

$W$  : 試料はかり取り量 (g)

その計算の結果、無水硫酸の含有率は、0.43%である。

## 2.10 酸化チタニウム ( $TiO_2$ ) の分析方法

酸化チタニウムの分析は、JIS M 8853<sup>(11)</sup> のジアンチピリルメタン吸光光度法

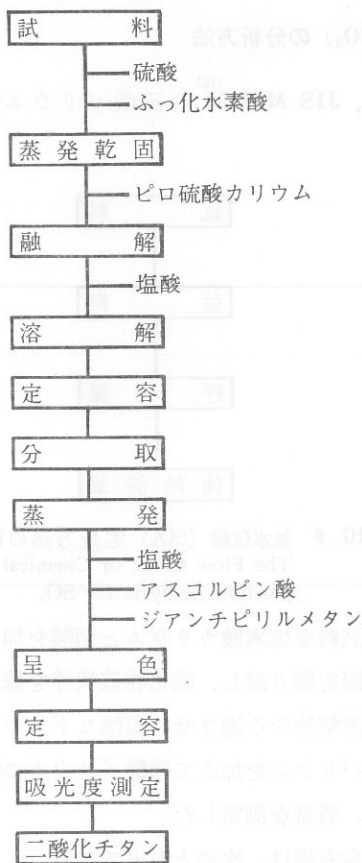


FIG. 10 二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 定量方法の流れ図  
The Flow Chart of Chemical Composition  
Analysis for  $TiO_2$



済州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

によって行われた (FIG. 10)。分析に対しては、試料溶液を分取し、塩酸濃度を調節した後、アスコルビン酸を加えて鉄を還元させ、ジアンチピリルメタンで呈色させ、吸光度を測定した。検量線の作成としては、標準二酸化チタン溶液 0~5.0 ml を 2.5 ml のメスフラスコに段階的に取り、得られた吸光度と二酸化チタン量との関係線を用いて検量線とした。

試料中の酸化チタニウムの含有量は、次のとおりである。

$$\text{酸化チタニウム}(\%) = \frac{a}{W} \times \frac{250}{V} \times 100 \quad \dots\dots\dots(11)$$

ここで、a : 二酸化チタン検出量 (g)

V : 試料溶液の分取量 (ml)

W : 試料はかり取り量 (g)

この計算の結果、酸化チタニウムの含有量は0.03%である。

### 3 検 討

化学分析のために用いられた JIS M 8812 は、酸化第一鉄 (FeO) と酸化第二鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) であり、8850 では、けい酸 (SiO<sub>2</sub>)、酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化カルシウム (CaO) および無水硫酸 (SO<sub>3</sub>) であり、そして、8853 では、酸化ナトリウム (Na<sub>2</sub>O)、酸化カリウム (K<sub>2</sub>O)、五酸化りん (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) および酸化チタニウム (TiO<sub>2</sub>) 等である。

萬丈窟の一部である金寧蛇窟の砂質成分は、水素と酸素を含め12元素である。主として、3価元素には、11のナトリウム、12のマグネシウム、13のアルミニウム、14のけい素、15のりんおよび16のイオウである。一方、4元元素には、19のカリウム、20のカルシウム、22のチタン、および26の鉄からなっている (TABLE 1)。

TABLE 1 によると、遷移金属元素としては、22のチタンおよび26の鉄が存在しているが、他は、典型金属元素からなっている。蛍光X線分析では、ストロンチウムの存在も認められている。

酸化カルシウム (CaO) の含有率は 48.82% である。この値から炭酸カルシ

TABLE 1 金寧蛇窟に含まれている金属元素  
 Periodic Table of Elements in KIMNYONG Sa Gul Cave

	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 15.999	
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												典型金属元素 (水素包含)	
															26 Fe 55.847
															遷移金属元素
															典型金属元素

済州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

ウム (CaCO<sub>3</sub>) を求めることができる。CaO の原子量 (Ca : 40.08 および O : 16) は 56.08 であり、CaCO<sub>3</sub> の原子量 (C : 12.01) は、100.09 である。この関係から炭酸カルシウムの含有率を求めると

$$\text{炭酸カルシウム (\%)} = \frac{48.82 \times 100.09}{56.08} = 87.13\% \dots\dots\dots(12)$$

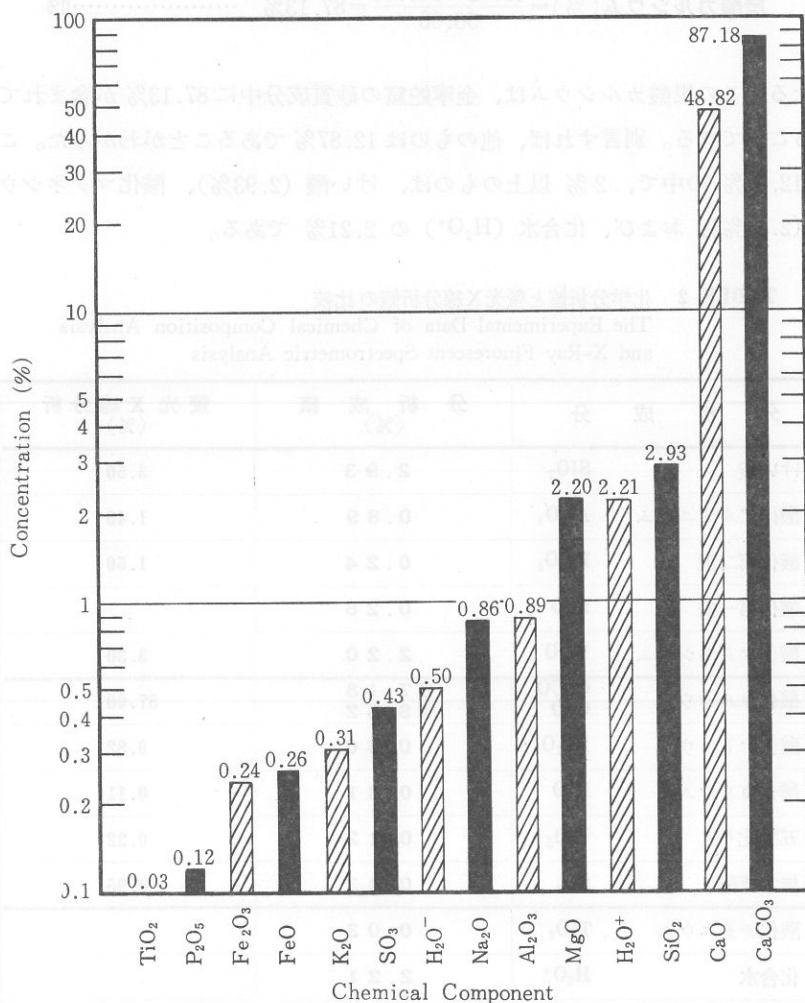
となる。この炭酸カルシウムは、金寧蛇窟の砂質成分中に 87.13% が含まれていることである。別言すれば、他のものは 12.87% であることがわかった。この 12.87% の中で、2% 以上のものは、けい酸 (2.93%)、酸化マグネシウム (2.20%)、および、化合水 (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>) の 2.21% である。

**TABLE 2** 化学分析値と蛍光 X 線分析値の比較  
The Experimental Data of Chemical Composition Analysis  
and X-Ray Fluorescent Spectrometric Analysis

分 析 成 分	分 析 成 績 (%)	蛍 光 X 線 分 析 (%)
けい酸 <b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>2.93</b>	<b>3.50</b>
酸化アルミニウム <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0.89</b>	<b>1.40</b>
酸化第二鉄 <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0.24</b>	<b>1.50</b>
酸化第一鉄 <b>FeO</b>	<b>0.26</b>	
酸化マグネシウム <b>MgO</b>	<b>2.20</b>	<b>3.30</b>
酸化カルシウム <b>CaCO<sub>3</sub></b> <b>CaO</b>	<b>87.18</b> <b>48.82</b>	<b>87.00</b>
酸化ナトリウム <b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>0.86</b>	<b>0.82</b>
酸化カリウム <b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>0.31</b>	<b>0.11</b>
五酸化りん <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0.12</b>	<b>0.22</b>
無水硫酸 <b>SO<sub>3</sub></b>	<b>0.43</b>	<b>0.95</b>
酸化チタニウム <b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>0.03</b>	
化合水 <b>H<sub>2</sub>O<sup>+</sup></b>	<b>2.21</b>	
吸湿水 <b>H<sub>2</sub>O<sup>-</sup></b>	<b>0.50</b>	
酸化ストロンチウム <b>SrO</b>		<b>1.1</b>

蛍光X線分析装置(理学電機製3370型)を用いて定性分析を行ったものとをまとめると **TABLE 2** のとおりである。化学分析では、酸化チタニウムが分析できたけれども、蛍光X線分析では検出することができなかつた<sup>(8)</sup>。

化合水( $H_2O^+$ )の分析はペンフィールド法により2.21%であった。一方、吸



**FIG. 11** 化学分析値と組成との関係  
Relation between Chemical Composition  
Data and Chemical Component

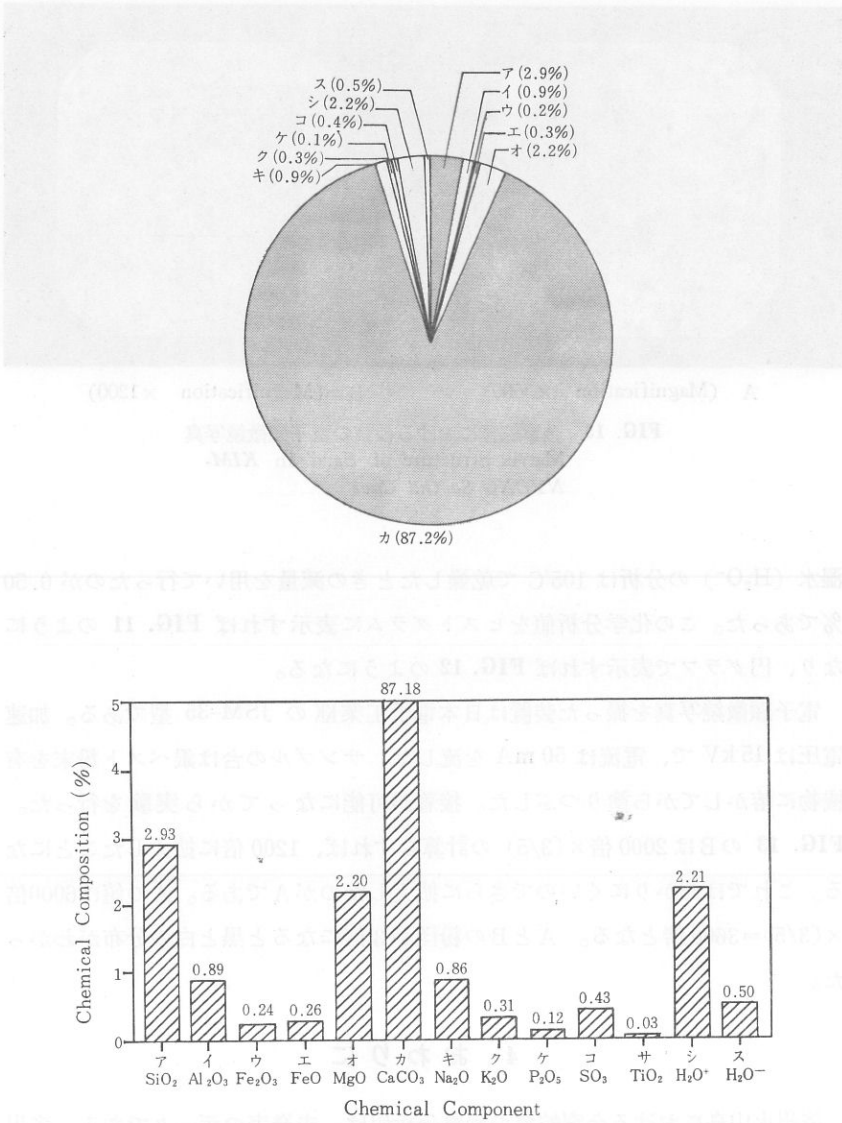
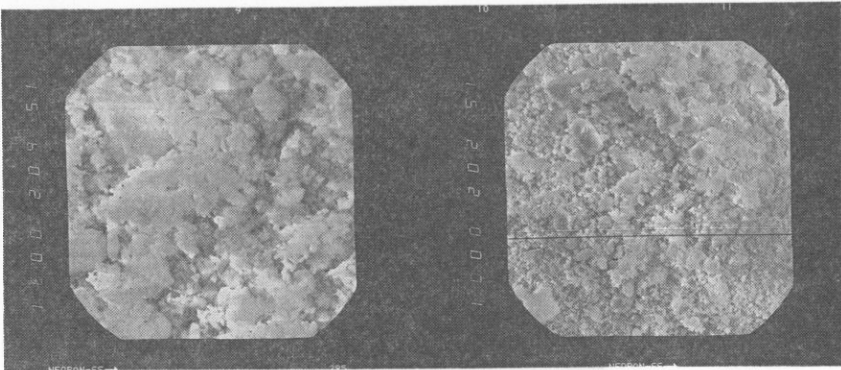


FIG. 12 化学分析値の円グラフ  
The Circle Diagram of Chemical Composition



A (Magnification  $\times 3600$ )

B (Magnification  $\times 1200$ )

FIG. 13 金寧蛇窟における砂質の電子顕微鏡写真  
Matrix Structure of Sand in KIM-  
NYONG Sa Gul Cave

湿水 ( $H_2O$ ) の分析は  $105^\circ C$  で乾燥したときの減量を用いて行ったのが 0.50 %であった。この化学分析値をヒストグラムに表示すれば FIG. 11 のようになり、円グラフで表示すれば FIG. 12 のようになる。

電子顕微鏡写真を撮った装置は日本電子工業KKの JSM-35 型である。加速電圧は 15 kV で、電流は 50 mA を流した。サンプルの台は銀ペスト粉末を有機物に溶かしてから塗りつぶした。接着が可能になってから実験を行った。FIG. 13 の B は 2000 倍  $\times (3/5)$  の計算をすれば、1200 倍に拡大したことになる。これではわかりにくいのでさらに拡大したのが A である。A の値は 6000 倍  $\times (3/5) = 3600$  倍となる。A と B の粉径が 3 倍になると黒と白の分布がわかった。

#### 4 おわりに

济州火山島における金寧蛇窟の砂質分析値は、未発表のデータである。济州道には、砂浜が少なく、また、熔岩洞窟には狭才窟と、ごく限られた所しか砂質がない現状である。この砂質を工業的に利用することは不可能である。観光資源・自然保護・環境学習の教材としては有利な点がある。この洞窟の中は湿

濟州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

度も高く、80%であり、温度も14~16°Cであるため、洞窟内に適したバイオテックの実験場・洞窟学習・洞窟の一日教室も開くならば新しい世界の環境として、新しいアイデアが生み出すかも知れない。

- ① 炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) の値は、**JIS M 8850** の EDTA 法によって分析すれば、87.18%になり、蛍光X線分析法によれば、87.00%である。その差は0.18%である。この  $\text{CaCO}_3$  は砂全体を占めていると言っても過言ではない。
- ② 炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) が87%もあるのは、濟州島の海底に砂質の層が存在したのか、あるいは、恐竜・魚・人体の骨および貝殻なのかである。
- ③ 酸化チタニウム ( $\text{TiO}_2$ ) は化学分析では検出できるが、蛍光X線分析では検出できなかった。
- ④ 酸化ストロンチウム ( $\text{SrO}$ ) は③の逆になり、化学分析では検出できないが、蛍光X線分析では1.1%の含有率が検出している。
- ⑤ 電子顕微鏡写真によって3600倍に拡大すれば、カルシウムの存在が理解できるようになった。

## 謝 辞

この論文の作成に当たり、化学分析および討論には、大阪通商産業局の分析室の関係各位と関西大学工学部教授の片山佐一博士にご協力をいただきました。一方、電子顕微鏡写真については、関西大学工学部助教授の宮下文彬博士にご協力をいただきました。ここに深謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) 金 景勲 「萬丈窟溶岩石柱付近の水質濃分析 I」1987年度第10次内外韓国科学技術者総合学術大会論文集 地球科学分野, p. 21-29 (1987)
- (2) 沢 勲 「*The Water Pollution Analysis in the Neighborhood of Lava Twin Type Stone Stanchions in Manjang Cave*」*Environmental Science*, 4, p. 31-61 (1988)
- (3) 沢 勲 「濟州火山島の岩石成分に関する統計的な数値解析」洞窟, 14, p. 42-90 (1987)

济州火山島における金寧蛇窟内の砂質の化学分析と電子顕微鏡写真（沢、洪、高、金）

- (4) 沢 勲 「济州火山島の噴出過程と万丈窟年代との比較研究」耽羅, 1, p. 140-163 (1988)
- (5) 李文遠 「韓国, 济州火山島の地質」岩石鉱物鉱床学会誌, 77, p. 55-64 (1982)
- (6) Moon Won Lee 「*Petrology and Geochemistry of Jeju Volcanic Island KOREA*」  
The Science Reports of the TOHOKU University, Series III, XV, p. 177-256  
(1982)
- (7) 元 鐘寛 「济州島の火山岩類に対する岩石化学的な研究」韓国地質学会誌, 12, p. 207-226 (1976)
- (8) 沢 勲 「济州火山島における金寧蛇窟の砂質の蛍光 X 線分析」環境科学, 7,  
(1989) 印刷中
- (9) JIS M 8812 「鉄鉱石中の全鉄定量方法 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )」(1983)
- (10) JIS M 8850 「鉄鉱石中のリン定量方法 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  および  $\text{SO}_3$ )」  
(1983)
- (11) JIS M 8853 「長石分析方法 ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  および  $\text{TiO}_2$ )」(1984)

著 者

著 文 者