

洞窟情報サロンの火山洞窟模型と社会貢献  
—洞窟写真・火山模型の製作・4ヶ国語(日英韓中)用語—  
沢 熱\*・肥塚義明\*\*

**Vulcanospeleology Model and Philanthropy on Cave information Salon**  
— Cave photograph / Vulcanospeleology model /  
**Multilingual Translation (Japanese, English, Korea and China) —**  
Isao SAWA\*, Yoshiaki KOEZUKA\*\*

## ABSTRACT

A cave is defined as "space of the underground into which man can go." An origin exception can be classified into a natural cave, an artificial cave, and a hybrid cave. A natural caves has 30 kinds including a volcano cave, an erosion cave, a corrosion cave, a tectonic cave, a weathering cave, etc.

The model reminded of a volcanic crater is five points, the crater of extinct volcano, the crater of active volcano, the crater of flank volcano, the crater of switch-type volcano, and the crater of fissure eruption. The model reminded of volcanic activity is three points, a two-step type crater, a reciprocate-type lava flow and a circulation-type lava flow. The pictures of a crater are two points, the two dimension crater picture, and the three dimension crater picture. The model of a volcanic bomb is three points of Original Volcanic Bomb and sphere-shaped volcanic bomb, and a spindle-formed volcanic bomb. The model of lava is two points, a Ropy Lava and a lava tree-mold.

The cave model elaborated lighting etc. so that it could be reminded of the spectacle of an actual cave, and it has also taken in the animation. These are published to the sawaisao website.

**Key Words:** *Cave Model Production, Cave Languages, Cave Photograph, Mini Cave*

[洞窟環境NET学会紀要創刊号] [Cave Environmental NET Society(CENS) , Vol.1(2010), 30-37pp]

### 1. はじめに

洞窟とは、「人間の入ることの出来る地下の空間」と定義される。成因別には自然洞窟、人工洞窟および混成洞窟に分類できる。自然洞窟には、火山洞窟・侵食洞窟・溶食洞窟・構造洞窟・風化洞窟などを含め 30 種類がある。人工洞窟には、鉱山坑道・トンネル・地下施設などを含め 50 種類がある。これら人工洞窟の中には、世界遺産に認定されているものもあり、研究対象に挙げられる。社会貢献として洞窟知識の普及に資するため、『洞窟科学入門』を内容とする展示品を集めた資料室を別宅に作り、「洞窟ハウス」として一般に開放している。洞窟ハウス内の模型はすべて手づくりである。

火山の噴火口を連想する模型としては、死火山の噴火口・活火山の噴火口・側火山の噴火口・点滅式の噴火口・割れ目の噴火口の 5 点である。火山活動を連想する模型としては、二段式噴火口・噴火口と往復式溶岩流・噴火口と循環式溶岩流の 3 点である。噴火口の絵画としては、2 次元噴火口の絵画と 3 次元噴火口の絵画の 2 点である。火山弾の模型としては、実物の火山弾・球形状火山弾・紡錘形の火山弾の 3 点である。溶岩の模型としては、繩状溶岩・溶岩樹型の 3 点である。その他としては、鍾乳石と岩塩・洞窟映像室・トロッコ光センサー列車模型・噴火口の絵画の 4 点である。合計すれば 19 点である。

実際の洞窟の光景が連想できるよう照明等に工夫を凝らし、動きも取り入れている。これらは、沢熱ウェブサイトの「洞窟科学の世界」(<http://www.sawaisao.com/cavescience.html>) に掲載している。

洞窟には地球の成り立ちを解く鍵が潜んでいるだけでなく、人類の歴史、生活とも深い関わりを持っている。また、洞窟には無限の夢が詰まっている、知的好奇心を掻き立てずにはおかしい人類共通の遺産でもある。ささやかな「洞窟ハウスの模型」が、多くの市民、特に

\*大阪経済法科大学名誉教授 \*\*NPO法人洞窟環境NET学会理事

未来を担う子供たちの課外授業の一環として利用され、地域の憩いの場としても利用されんことを切に願っている。

## 2. 火山の噴火口を連想する模型

### 2.1. 死火山の噴火口

休火山とは、現在は活動していないが、人間の歴史に活動の記録の残っている火山である。休火山としては、日本の富士山、濟州火山島の漢拏山等がある。死火山とは、人間の歴史に活動の記録の残っていない火山、将来も活動する可能性がない火山である。珍しい死火山として残っているのは、近畿地方では兵庫県豊岡市に神鍋山がある。死噴火口模型の背景にある絵は、死火山以前の噴火模様を連想できるラッカースプレーによるもので吉村明信と共に製作した。設置した模型の材料は、交通案内の「カラー・コーン」、紙粘土と金網である。死火山噴火口の後方にある絵画のサイズは、高さ92cm×横90cm×厚さ0.5cm=4140平方cmである(Fig.1.)。サイズは、高さ26~60cm×厚さ0.2cm×内径1~8cmである。

### 2.2. 活火山の噴火口

活火山とは、現在活動している火山である。常に噴気活動が頻繁に噴火する火山がある。たとえば、日本での例は、阿蘇山、桜島、浅間山など、ロシアのカムチャツカにも、ハワイのキラウェアにも見られる。それらを参考にして模型を製作した。設置した模型の材料は、交通案内の「カラー・コーン」、ラッカースプレー、紙粘土と赤ランプである(Fig.2.左側)。サイズは、高さ26~65cm×厚さ0.2cm×内径2~5.5cm・重量1500gである。

### 2.3. 側火山の噴火口

壁と舌状溶岩の間の溝のような長いくぼみ。その底は平均的な床面より低いことも高いこともある。設置した模型の材料は、球状発砲スチロール、ラッカースプレー、PC周辺機器の換気扇と赤ランプである(Fig.2.右側)。

### 2.4. 点滅式の噴火口

マグマの上昇に伴って物質(溶岩、火山灰、軽石など)が地表に供給される現象を点滅状に噴出される状態を表現できる模型を作成したシステムである。模型の材料は、交通案内の「カラー・コーン」と信号灯カラー・コーン、フロックボール、紙粘土、ラッカースプレー、赤ランプ、LEDスリムガードマンライトである(Fig.3.)。サイズは、高さ95cm×厚さ0.2cm×内径4cm・重量900gである。



Fig.1.死火山の噴火口の模型

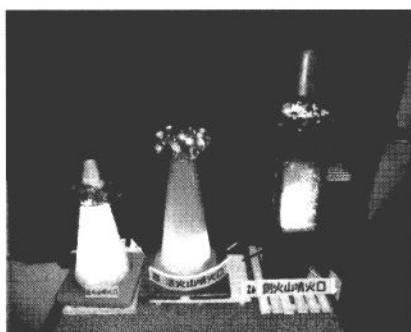


Fig.2.活火山と側火山噴火口の模型

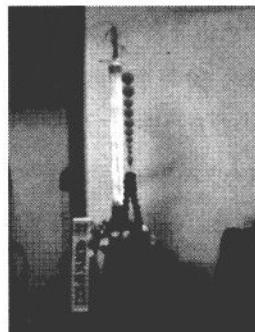


Fig.3.点滅式噴火口の模型

### 2.5. 割れ目の噴火口

玄武岩質の火山噴火で多く見られる噴火口。溶岩が冷えるときの圧縮によりできた幅の狭い割れ目。ある直線上あるいは曲線上に開口して噴火する噴火口。この模型は、二つの火山噴火によってできた縄状溶岩を上部層に表現している。地表付近の応力場が引張の場合、火山の噴火口が数点に連なることがある。この時、地底が引き裂かれるようにマグマが噴出する現象を割れ目噴火という。設置し

た模型の材料は、雨どいの継手、金網、紙粘土、ラッカースプレー、PVC 箱、PC 周辺機器の換気扇 2 台、赤ランプと LED である (Fig.4.)。サイズは、高さ 20cm×幅 42cm×内径 6cm である。

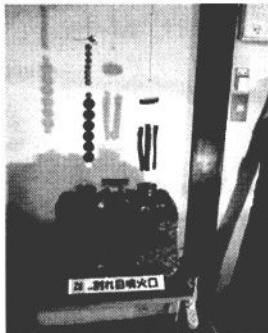


Fig.4. 割れ目噴火口の模型

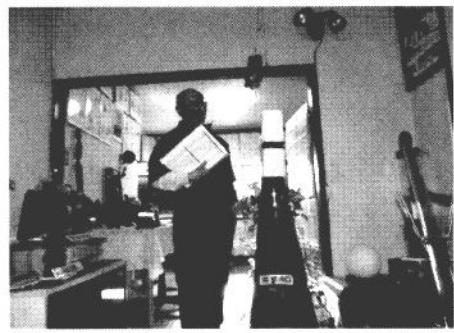


Fig.5. 二段式噴火口の模型



Fig.6. 往復式溶岩流の模型

### 3. 火山活動を連想する模型

#### 3.1. 二段式噴火口

噴火口のガス(気体)のみを噴出する穴を噴気口と呼び、ガスのみであっても直径数メートルともなると火口と呼ばれることが多い。噴火は、噴火口から噴出する量によって異なっていることを試みた。すなわち、噴火口の模型は、上下の 2 段階に組み立て、上段ある換気扇を回転させるシステムである。この模型(高さ 160cm)の上部に風鈴と風船を設置して振る舞いの違いを表す実験をしている。設置した模型の材料は、交通案内の「カラー・コーン」、PVC シート、ペンキ、コントローラ付き換気扇、赤電球、赤リボン、風鈴と風船である。その横には 65 点の火山洞窟の写真を展示している(Fig.5.)。サイズは高さ 160cm×厚さ 0.2cm×内径 6cm(最小)・重量 5500g である。

#### 3.2. 噴火口と往復式溶岩流

地底のマグマが主洞から離れて流れている溶岩が往復するメカニズムをモデル化した。主洞と溶岩の流路を合わせると、階段に設置している溶岩流模型の上下の両方から吹き揚げと降ろすシステムである。設置した模型の材料は、ピンク色アクリルパイプ(野口宇司社長より寄贈)と箱、球状発砲スチロール、雨どいの継手、コントローラ付き換気扇、ハロゲン投光器、赤ランプと LED である。往復式 溶岩流: 階段に設置した溶岩流模型は、主洞と溶岩の流路を合わせた(Fig.6.)。ここで、光輝く物は、低電圧 LED 連結タイプチェーンライトを設置しているからである。サイズは長さ 565cm×厚さ 0.2cm×外径 5.5cm である。

#### 3.3. 噴火口と循環式溶岩流

溶岩洞の表面にある流動性溶岩の層。通常流動性溶岩は、洞内の溶岩の流れがゆるくなった場合に残される。流動性の溶岩は再溶融あるいは溶岩の飛びはねが積もってできることもある。これは、溶岩の流れを表す一般的な用語である。設置した模型の材料は、ピンク色アクリルパイプと箱、球状発砲スチロール、雨どいの継手、コントローラ付き換気扇、赤ランプである(Fig.7.)。ここでは、光輝く低電圧 LED 連結タイプチェーンライトも増設している。サイズは長さ 600cm×外径 5.5cm×厚さ 0.2cm である。



Fig.7. 循環式溶岩流の模型



Fig.8. 2 次元噴火口の絵画



Fig.9. 3 次元噴火口の絵画

## 4. 噴火口の絵画

### 4.1. 2次元噴火口の絵画

絵画は、日本では富士山を中心に溶岩流の地図と写真が 16 点。韓国では、济州火山島にある巨文丘洞窟システム中心にした鳥瞰図と写真の他に油絵を含める 17 点。アメリカでは、ハワイ島にある火山を中心に地図と写真が 22 点。ロシアでは、カムチャッカ半島を中心に写真が 10 点。これらの写真に、スプレ式ラッカーを使って描いた大型イラスト 2 点を加えると全部で 67 点になる。ここで、光輝く物は、低電圧 LED 連結タイプチェーンライトである。

2 次元噴火口の絵画である Fig.8. は、世界各国に見られる火山の噴火状態を連想しながら 2 次元噴火口を製作した。噴火口を製作には、板上の下地を固めて、数色のスプレ式ラッカーによって製作した。地底のプレート作用により噴火の状態を作成した。下方には緑豊かな台地を表現した。その上には茶色の火山帯を現わしている。火山帯の中央から赤い溶岩が噴出し、その周辺は白色の煙が舞い上がる状態を描いている。2 次元噴火口の絵画のサイズは、高さ 100cm × 横 90cm × 厚さ 0.5cm = 4500 立方 cm である。

### 4.2. 3次元噴火口の絵画

3 次元噴火口の絵画である Fig.8. は、世界各国に見られる火山の噴火状態を連想しながら 3 次元噴火口を製作した。噴火口を製作には、硬質の発砲材に「半田コテ」によって、噴火口の下方に河川状の溝を作った。一方、その上方には、溶岩噴出筋を作った。主噴火口の左右には「半田コテ」によって、球状の溝を製作した。上空にある赤い球状は噴出して落下する瞬間に見られる溶岩球の状態である。一方、その下方にある黒い球状は噴出してから後に見られる溶岩球の状態を表現している。それから硬質の発砲材の表面に、数色のスプレ式ラッカーによって製作した。3 次元噴火口の絵画のサイズは、高さ 180cm × 横 90cm × 厚さ 5cm = 81000 立方 cm である。

## 5. 火山弾の模型

### 5.1. 実物の火山弾

マグマとは、地底にある高温状態で存在する高密度の溶融体である。火山弾とは、火口から放出されたマグマの破片が可塑性を保ったまま、空中に飛行する間に回転しながら固化しながら落下した弾状の岩塊である。岩塊である火山弾の形態は、気孔状・紡錘状・リボン状・割れ目状・球形状・多孔質層状構造等である。ここで、展示している火山弾の重さは、22kg である (Fig.10.)。サイズは、高さ 21cm × 外径 15cm × 重量 22kg である。

### 5.2. 球形状火山弾

球形状火山弾とは、高密度の溶融体が上昇活動中に球形状になり、地表に落下している弾状の岩塊である。一方、マグマだまりの中で、上昇活動中に球形状になり、地表に回転しながら落下している弾状岩塊である。設置した模型の材料は、球形状の PVC 硬質容器、紙粘土とのり付ラッカースプレーである (Fig.11.)。サイズは、高さ 16~26cm × 外径 8cm × 重量 180~300g である。

溶岩球とは、ラバボールとも呼び、傾斜のある巣穴に流れ込んだ溶岩が流れながら回転し、そして磨耗されながら球状になった溶岩の模型である。球形状火山弾と溶岩球は、球状によって異なる。サイズは、高さ 4~28cm × 外径 4~28cm × 重量 180~860g である。

### 5.3. 紡錘形の火山弾

紡錘形の火山弾とは、紡錘状の外形をもった岩塊である。細まった両端にねじれた部分のついているものが多い。爆発するマグマの表面部分がちぎれて放出されるときに、回転運動などによって特徴的な外形をとるものとされている。紡錘形の終点ではなく、その上層部で紡錘形のようなり、地表に落下している紡錘形火山弾である。設置した模型の材料には、紡錘状の硬質容器、紙粘土とのり付ラッカースプレーである (Fig.12.)。サイズは、高さ 9~26cm × 外径 8~13cm × 40~85g × 重量 20~50g である。



Fig.10. 紡錐状に近い実物の火山弾

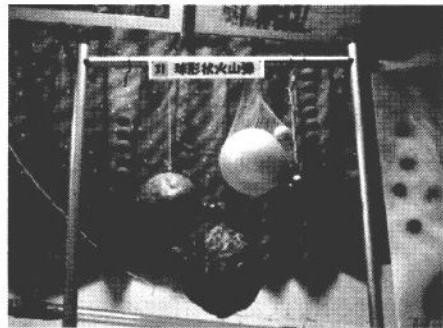


Fig.11. 球形状火山弾の模型

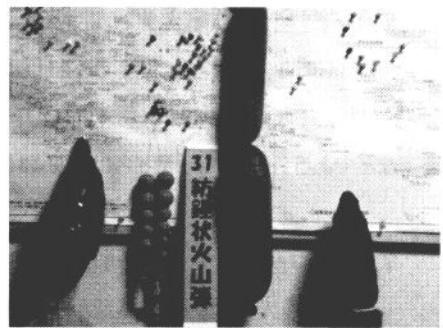


Fig.12. 紡錐形火山弾の模型

## 6. 溶岩の模型

### 6.1. 繩状溶岩

繩状溶岩とは、渦巻きあるいはロープのように見える波形の表面をもった溶岩流の岩塊である。波の形あるいは繩状は様々な滑らか面が変形したものである。内部と外部の動きの差は識別できる。繩の紋は互いに接近すると曲がって、下部の溶岩の流れの方向にでつぱっている現象である。設置した模型の材料は、スプレーケース、紙粘土とラッカースプレーである(Fig.13.)。サイズは、高さ 30cm×外径 11cm・重量 1300g である。

### 6.2. 溶岩樹型

火山の噴火時に、流出した火山噴出物が樹林帯を流動する際、樹幹に接した部分が急冷して溶岩が固結する。後に、樹木が燃焼あるいは朽ちて鋳型として残された空洞ならびに樹木が関連して形成された地中空間の総称である。溶岩樹型の基本形態は、堅樹型、横臥樹型および複合樹型に大別される。それ以外に、洞窟樹型、二次生成樹型などがあり、生成の環境や条件が異なると、多様なタイプが生成される。設置した模型の材料は、円筒形状とパイプの PVC 硬質容器、紙粘土とのり付ラッカースプレーである(Fig.14.)。サイズは、高さ 14~45cm×外径 4~10cm・重量 200~1050g である。



Fig.13. 繩状溶岩の模型



Fig.14. 溶岩樹型の模型



Fig.15. 三億年前の鍾乳石

## 7. その他

### 7.1. 鍾乳石と岩塩

鍾乳石とは、天井部あるいはオーバーハングした面からさがっている、一般的には細長くとがっているかテーパーがかかっていて、重力の影響を受けた堆積物質である。さらに、鍾乳石とは、洞窟の天井から下がっている方解石から成る洞窟生成物であり、割れ目から滴となって落ちる地下水から沈積する生成物もある。ここで、展示している鍾乳石は、年輪が識別できるもの、板状のもの、瘤みのある物である(Fig.15.)。

岩塩とは、地球が汚染されない太古の海が隆起して結晶したものである。ここでの岩塩展示は、南米ボリビアのアンデス山脈(ウユニ湖)にて、三億年もかけて水が蒸発して紅色(鉄分酸化)に結晶化したものである。

## 7.2. 洞窟映像室

洞窟に関する内容を鑑賞できる仕組みを設置している。パソコンと接続したプロジェクターからスクリーンに映写ができる仕組みである。今、活用しているものは、①洞窟 CD、②写真、③音楽、④洞窟図書(調査記録の論文)、⑤DVD(国内外で出演したラジオ・TV 記録)などである(Fig.16.)。サイズは、縦 115cm×横 115cm=13225 平方 cm である。

## 7.3. トロッコ光センサ列車模型

トロッコの光センサ列車模型から洞窟を連想させる目的である。右側の中央にあるトロッコの光センサ列車レールは、溝上に走るような構造で制作した。右側の周辺にあるトロッコの光センサ列車レールは、黒色の線上に走るような構造で制作した。右側の後方にあるトロッコの光センサ列車レールは、溝上に走るような構造で制作した。右側の前方にあるトロッコの光センサ列車レールは、黒色の線上に走るような構造で制作した(Fig.17.)。

## 7.4. 噴火口の絵画

白頭山(中国名:長白山)は中華人民共和国(中国)吉林省と朝鮮民主主義人民共和国(北朝鮮)両江道の国境地帯にある標高2,744mは、東西の長さ3.35~4.14、南北の長さ4.40~4.85、水面の周囲は13.11~14.00、平均水深0.204~0.213である。面積(平方 km)は、集水面の面積21.4、水面の面積9.17~9.82である。白頭山群の峰の中心にある火山口が天池である。天池の形は、橢円形に似た蓮の葉に見える。この蓮の葉状に発する白雲の五色の輝きと水蒸気は、人々の心に無限の「やすらぎ」と「あこがれ」を与える。これは、神秘的な現象を連想するため制作した噴火口の油絵である。2次元噴火口の油絵のサイズは、縦118cm×横57cm=6726 平方 cm である(Fig.18.)。

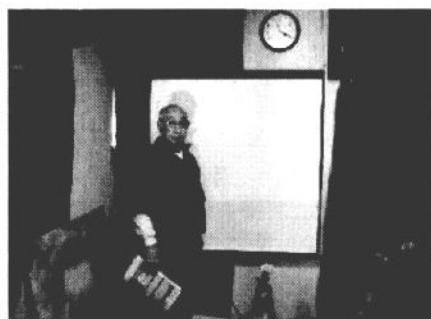


Fig.16. 洞窟映像室

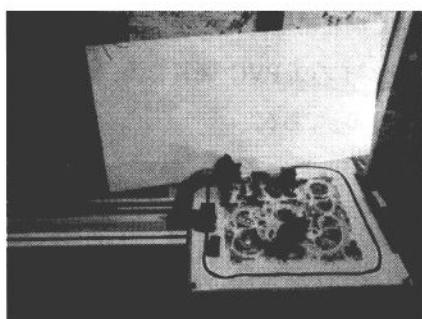


Fig.17. トロッコの光センサ列車

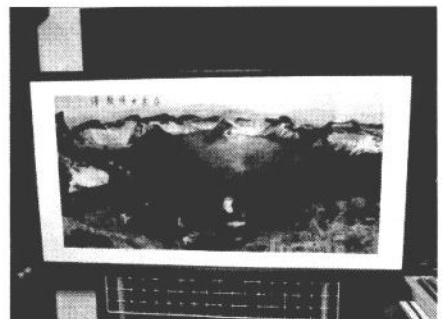


Fig.18. 白頭山(中国名:長白山)の天池

## 8. おわりに

洞窟情報サロンの火山洞窟模型と社会貢献に貢献するため、洞窟写真・火山模型の製作・四ヶ国語(日英韓中)用語を次のように要約することができる。

1. 火山の噴火口を連想する模型としては、死火山の噴火口・活火山の噴火口・側火山の噴火口・点滅式の噴火口・割れ目の噴火口の5点である。これらは、火山の噴火口を連想と説明する基本になる。
2. 火山活動を連想する模型としては、二段式噴火口・噴火口と往復式溶岩流・噴火口と循環式溶岩流の3点である。火山活動を連想するには、困難であるが創造品としては理解できる。
3. 噴火口の絵画としては、2次元噴火口の絵画と3次元噴火口の絵画の2点である。模型ではなく、絵画によって噴火口の表面上の理解できる基礎になる。
4. 火山弾の模型としては、実物の火山弾・球形状火山弾・紡錘形の火山弾の3点である。これは、実物の火山弾を展示は、火山弾の模型と比較できる。
5. 溶岩の模型としては、繩状溶岩・溶岩樹型の3点である。溶岩は、地上や地中にあるから理解を深めるため制作した。

6. その他としては、鍾乳石と岩塩・洞窟映像室・トロッコ光センサ列車模型・噴火口の絵画の4点である。洞窟情報サロンには、洞窟の知識を深めるため、関連した作品も制作した。以上のことを合計すれば 19 点である。実際の洞窟の光景が連想できるよう照明等に工夫を凝らし、動きを取り入れている。最後に、これらの用語をまとめると、Table1.のようになる。

Table1. 火山洞窟の模型に関する 4 カ国(日英韓中国語)用語

Fig.	日本語	英語	韓国語	中国語
1	死火山噴火口	Crater of Extinct Volcano	사화산 분화구	死火山噴火口
2 左	活火山噴火口	Crater of Active Volcano	활화산 분화구	活火山噴火口
2 右	側火山噴火口	Crater of Flank Volcano	측화산 분화구	山側火山噴火口
3	点滅式噴火口	Crater of Switch-type Volcano	점멸식 분화구	闪光式噴火口
4	割れ目噴火口	Crater of Fissure Eruption	균열 분화구	裂隙噴火口
5	二段式噴火口	Two Steps Type Crater	2 단식 분화구	2 段式噴火口
6	往復式溶岩流	Reciprocate-type Lava Flow	왕복식 용암류	往返式熔岩流
7	循環式溶岩流	Circulation-type Lava Flow	순환식 용암류	循环式熔岩流
8	二次元噴火口絵画	Two Dimension Crater Picture	이차원 분화구 사진	2 维的喷火口照片
9	三次元噴火口絵画	Three Dimension Crater Picture	삼차원 분화구 사진	三维的喷火口照片
10	実物火山弾	Original Volcanic Bomb	실물의 화산탄	实物的火山弾
11	球形状火山弾	Sphere-shaped Volcanic Bomb	구형장 화산탄	球形状火山弾
11	溶岩球	Lava Ball	용암구	熔岩球
12	紡錘形火山弾	Spindle-shaped Volcanic Bomb	방추형화산탄	纺锤形火山弾
13	繩状溶岩	Ropy Lava	줄장 용암	绳状熔岩
14	溶岩樹型	Lava Tree-mold	용암수형	熔岩树型
15	鍾乳石	Stalactite	종유석	钟乳石
16	トロッコ模型	Model of Truck	트럭 모형	土车模型
17	洞窟映像室	Cave Theater	동굴 영상실	洞窟图室

(2010 年 1 月 15 日受稿、2010 年 1 月 25 日掲載決定)

## 参考文献

- 1) 沢歎:『白頭山への道』、113p.大阪経済法科大学出版部、1992。
- 2) Sawa,I.,&H.Inoue:「X-ray Fluorescence Analysis and K-Ar Age Determination of a Lava Bridge in Manjang-gul Cave, Korea」、J.Speleol.Soc.Japan, 24, 57-63, 1999.
- 3) 下中直人:『新版 地学事典』、1143p.平凡社、1999。
- 4) Sawa, I.-H. Inoue·H.Kohno:「X-ray Analysis and K-Ar Age Determination on Lava Bridge in Manjang-gul Cave」, Review OUEL, 76, 37-56, 2000.
- 5) 川村一之:「萬丈窟と富士山の溶岩に関する成分の比較」、愛媛大学鹿島愛彦教授退官記念論集、153-157、2000。
- 6) 沢歎・鹿島愛彦・庫本正・藤井厚志・金炳宇・金周煥・大橋健・勝間田明男:『洞窟学4ヶ国語(英日韓中)用語集』、203p.大阪経済法科大学出版部、2004。

- 7) 沢勲・大橋健・井上央・金炳宇・金周煥・皇甫相源・裴斗安・洪忠烈・金源振・吳映宙:「濟州道西帰浦市西北、ケンセンイ窟の形態と蛍光X線分析」、大阪経済法科大学論集、86、1-35、2005。
- 8) 沢勲・古山勝彦・大橋健・藤本和貴夫・鹿島愛彦・桑原武志:「ロシア、カムチャッカ半島の自然と洞窟—ゴレーリ火山の溶岩洞窟について」、大阪経済法科大学論集、90、1-24、2006。
- 9) 沢勲・鹿島愛彦・大橋健 :『洞窟科学入門—写真と図解—』、171p. 大阪経済法科大学出版部、2006。
- 10) 沢勲・仲野義文:「島根県大田市、世界遺産、石見銀山の洞窟観察と鍾乳石」、大阪経済法科大学科学技術研究所紀要、12、15-29、2008。
- 11) 沢勲ウェブサイト「洞窟科学の世界」:<http://www.sawaisao.com/cavescience.html>