

地域に貢献する洞窟模型の製作

-ミニ洞窟・洞窟写真・洞窟模型の製作・4ヶ国語（日英韓中）用語-

沢 勲・肥塚義明

Contributes to Area and Society by Model Manufacture of Cave

-Mini Cave/Cave Photograph/Cave Model/Multilingual
Translation (Japanese, English, Korean and Chinese) -

Isao SAWA, Yoshiaki KOEZUKA

要旨

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。成因別の洞窟は、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。今日では、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。人工洞窟は、世界遺産にも認定され研究対象に挙げられる。

社会貢献として洞窟の知識を普及するため、『洞窟科学入門』の内容を別宅の1階と階段に「洞窟ハウス」として完成。洞窟ハウス内の模型は手づくりである。洞窟は、鍾乳石模型、洞窟滝模型、間欠泉の模型、洞窟プール模型等である。石筍は黄金石筍、石灰石筍、岩塩石筍、針状石灰岩等の模型である。

これらは、洞窟の光景が連想できるように製作した。これらは、沢勲ウェブサイト「洞窟科学の世界（<http://www.sawaisao.com/cavescience.html>）」に掲載している。

これらは、多くの市民、特に未来を担う方の課外授業の一環として利用してほしいと願う次第である。洞窟は地球史の謎を解く鍵を潜めるだけでなく、人類の歴史、生活との関わりも深い。洞窟は、多くの方に無限の夢と知的好奇心を掻き立てることと確信する。地域の新名所になるであろうことを希望する。

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。「洞窟」という洞窟関連用語には、化石洞窟、活動洞窟、侵食洞窟、水平洞窟、石膏洞、層理洞窟、多層洞窟、断層洞窟、地熱洞窟、洞窟遺跡、洞窟絵画、溶食洞窟、流出洞窟および礫岩洞窟などの用語がある。

今日では、鉱山坑道・トンネル・地下施設なども人工洞窟として研究対象に挙げられる。

社会貢献と洞窟知識の普及のため、既刊の『洞窟学4ヶ国語（英日韓中）用語集』（2004,大阪経済法科大学出版会）を骨子としながら補足・再編集したのが『洞窟科学入門—写真と図解』（2006,大阪経済法科大学出版会）である。新たに発刊した中には「洞窟用語解説」を追加し、「文献目録」を拡充することにより一層の理解が促進されることを期待した。2002年に洞窟講座を担当して7年半の歳月が流れて、受講生は約4000名にも達している。

同時に、住宅の地下にミニ洞窟を完成した。2008年4月には、別宅の1階と階段に再現した。2009年4月には、2階にも展示を充実させた。洞窟ハウスの入口には、暗い雰囲気を出すために暗幕を設置した。

洞窟の原材料と岩石、洞窟の写真、洞窟の模型、石筍の模型について記述する。洞窟の原材料と岩石は石灰岩と溶岩である。洞窟の写真は石灰岩と溶岩の他に風化洞窟写真と間欠泉写真である。洞窟の模型は「ミニ洞窟」、鍾乳石模型、洞窟淹模型、間欠泉の模型、洞窟プール模型等である。石筍は黄金石筍、石灰石筍、岩塩石筍模型、針状石灰岩模型である。これらは、洞窟の光景が連想できるように製作した。これらは、沢勲ウェブサイト「洞窟科学の世界（<http://www.sawaisao.com/cavescience.html>）」に掲載している。

2. 洞窟の原材料と岩石

2.1. 石灰岩洞窟の原材料と岩石

石灰岩とは、化学的沈澱或いは貝殻片などの集積によってできる堆積岩である。この堆積岩における主な成分の原材料としては、炭酸カルシウム、炭酸カリウム、硫酸カリウムカルミニウム、リン酸カリウム、硝酸カリウムの5成分を展示している。石灰岩は生物遺骸やその碎屑片（石灰質の殻や骨格）の集積によってできる堆積岩。一部に科学的に沈殿によってできるものもある（Fig.1.）。



Fig.1.石灰岩洞窟の原材料

2.2. 溶岩洞窟の原材料と岩石

溶岩とは、溶けた噴出岩に対する一般用語で、火山の噴火口からの地表上の流れ、あるいはその固結した火山岩に用いられる。火山岩である溶岩の主な成分の原材料としての二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化鉄（Ⅲ）の4成分を展示している。岩石を構成する物質の熔融状態にあるものをさす一般用語で、火山の噴火口からの地表上の流れ、あるいはその固結した火山岩に用いられる（Fig.2.）。



Fig.2. 溶岩洞窟の原材料

3. 洞窟の写真

3.1. 石灰岩洞窟の写真

石灰岩洞窟写真とは、溶食作用—降水・地下水に溶解し易い石灰岩・苦灰岩から形成された石灰岩洞窟・苦灰岩洞窟が形成された写真である。石灰岩洞窟には、畦石、地底湖、溶解管およびリムストーンなどの用語がある。世界的にユニークな写真77枚、岩石20数点を展示している。石灰岩洞窟等の写真の下には、石灰岩等を陳列している箱がある。この箱の規模は高さ30cm×幅181cm×奥38cmである（Fig.3.）。



Fig.3.石灰岩洞窟の写真

3.2. 溶岩洞窟の写真

溶岩洞窟には、火山溶岩流の形成過程において生成されながら構成する内張り層、棺桶、溶岩殻、溶岩棚、溶岩橋および溶岩滝等がある。洞窟形態には、エプロン、凹地、管状路、陥没、支洞、洞床、丸天井、溶岩瀑布などの用語がある。世界的にユニークな写真180枚、岩石20数点を展示している。世界的にユニークな写真77枚、岩石20数点を展示している。石灰岩洞窟等の写真の下には、石灰岩等を陳列している箱がある。この箱の規模は高さ30cm×幅181cm×奥38cmである（Fig.4.）。



Fig.4.溶岩洞窟の写真

3.3. 風化洞窟の写真

風化作用は、岩石の表層部が、温度変化や水の作用により多様に劣化する現象である。岩石が温度変化による乾湿風化(スレーキング)と水の凍結膨張により碎片する場合(凍結破碎作用)一などの他、塩類風化、岩石が水と反応して変質し粘土を生ずる場合(化学的風化作用)あるいは生物の破壊活動による場合がある。風化洞窟の写真は5枚モデルの37枚の写真が含まれている (Fig.5.)。



Fig.5.風化洞窟の写真

3.4 間欠泉の写真

間欠泉とは、地下深部から上昇する熱水と浅部の地下水との混合で、この混合温水は、周期的に蒸気や熱水を吹き上げる温泉とも言う。一般的には、噴水と同様な現象である。この写真は、ロシア・カムチャッカのゲーゼル溪谷の中央部にある。溪谷の中央は、多くの間欠泉があり、ガスと水蒸気および温泉(熱水)が噴出している。場所によって噴出する度合いが変化している (Fig.6.)。



Fig.6.間欠泉の写真

4. 洞窟模型の製作

4.1. ミニ洞窟の製作について

ミニ洞窟の模型の製作は、住宅の床下を27平方m (= 3 m × 3 m × 3 m) 空間の5面に幅50cmコンクリートで硬化させた。その5面中の2面壁に棚を設置した。設置した棚上に世界各国の石灰岩、溶岩、花崗岩、水晶(日本・韓国・中国・ロシア・米国・オーストラリア・ケニアの数ヶ国)等の岩石を陳列している。岩石はミニ洞窟以外のものを合わせる100個以上である。とくに目を引くのは、いろいろな鍾乳石で、それぞれの独特の風情と色彩を漂わせている。ミニ洞窟の規模は高さ102cm×幅150cm×奥行き136cmである (Fig.7.)。



Fig.7.ミニ洞窟の製作品

4.2. 1号鍾乳石の模型の製作について

「鍾乳石」は、2次生成物の総称で、つらら石、石筍やその他がある。「つらら石」は次のように説明できる。①天井部あるいはオーバーハングした壁面から下がっている状態。②一般的には細長く、先端がとがって、重力の影響を受けた堆積物質である情態。③さらに、洞窟の天井から下がっている方解石などから成る洞窟生成物でもある情態。「石筍」は、割れ目から滴となって落ちる地下水から沈積する形態である。今回、鍾乳石の模型は、つらら石、石筍、溶岩球、石柱等やその他を含めると60点である。約60点を展示している。製作した模型の規模は高さ65cm×幅50cm×奥行き30cmである（Fig.8.）。



Fig.8.鍾乳石の製作品（No.1）

4.3. 2号鍾乳石の模型の製作について

2号鍾乳石の模型は、1階と2階にある階段の高さ530cmを利用した鍾乳石群の模型である。上層部である天井には80点のつらら石群、中間部の棚上には50点の石筍、中間部の棚下には70点を合わせて150種の鍾乳石群である。この周辺はレッド（赤色）ルームあるいはオレンジルームに可変できる照明設備を備えている。すなわち、レッドあるいはオレンジの鍾乳石模型コーナーである。模型の材料は、100円ショップから仕入れて製作したものである。2号鍾乳石の模型の規模は、高さ530cm×幅88cm×奥73cmである（Fig.9.）。



Fig.9.鍾乳石の製作品（No.2）

4.4. 3号鍾乳石の模型の製作について

3号鍾乳石の模型箱は、移動できるシステムの構造になっている。側面から見た鍾乳石模型箱の内部には、鍾乳石の他に洞窟生物、洞窟植物や鉄道模型がある。鍾乳石の模型は、つらら石、石筍、氷筍、溶岩球、石柱等の約100種を展示している。鉄道模型は、ブルー色のJRの形（5連）と紫色の阪急の形（3連）である。一部のレールの上には、網を張ってトンネルのような形にしている。周辺には、発光



Fig.10.鍾乳石の製作品（No.3）

ダイオードで6種の点滅ができる長さ20m以上のイルミネーションを設置している。カラー写真によると色彩が明白に区別できる。鍾乳石の模型箱内は、ブルー色の蛍光灯で照明しているからブルー色鍾乳石の模型になっている。すなわち、イルミネーション鍾乳石の模型と言える。模型の規模は、高さ155cm×幅160cm×奥80cmである (Fig.10.)。

4.5. 洞窟滝と間欠泉の模型の製作について

洞窟滝は、溶岩洞中の溶岩が流れ下った急勾配の床面の落差によってできる機構である。「洞窟滝」のシステムは、洞窟プールの水を吸い上げながら天井部から落下させる仕組みである。その周囲には「蛍バエ模型」を設置して点滅させている。一方、「間欠泉」のシステムは、洞窟プールの水を吸い上げながら噴水させる仕組みの模型である。数色に変化するイルミネーションをLEDによって構成している。すなわち、イルミネーション洞窟滝とイルミネーション間欠泉の模型と言える。模型の規模は高さ151cm×幅35cm×奥行き10cmである (Fig.11.)。



Fig.11.洞窟滝と間欠泉の製作品

4.6. 洞窟プール模型の製作について

溶岩洞窟プールは、玄武岩の流動性でよどんでいる溶岩のある火山の噴火口あるいは窪地を溶岩洞窟プールと言い、流動性の溶岩ばかりではなく、凝固かあるいは一部凝固している状態にも用いられる。石灰岩とは、化学的沈澱あるいは貝殻片などの集積によってできる堆積岩の窪地のである。石灰岩洞窟プールは、堆積岩における主な成分の原材料（炭酸カルシウム、炭酸カリウム、硫酸カリウムカルミニウム、燐酸カリウム、硝酸カリウムの5成分等）を水との化学反応によって形成している。一方、石灰岩洞窟プールは生物遺骸やその碎屑片（石灰質の殻や骨格）の集積によってできる堆積岩の窪地もある。石灰洞窟には、畦石、地底湖、溶解管およびリムストーンなどの用語がある。洞窟プールの上には、数色に変化するイルミネーションによって構成している上にコウモリが飛び、水中には魚を泳がせるシステムを備えた模型である。すなわち、イルミネーション洞窟プールの模型と言える。模型の規模は高さ35cm×幅80cm×奥行き60cmである (Fig.12.)。



Fig.12. 洞窟プール製作品

5. 石筍の模型

5.1. 黄金石筍と白金石筍の製作について

黄金石筍の形状は、高さ110cm・上層部直径8cm・底辺直径25cm、円周28～80cmである。上部は100円ショップより購入した「網状のペン立て」を利用し、下部の台には砂を入れその中央に棒（駐車禁止の表示棒）を立てている。その中間には、硬質塩化ビニールを円筒状にした。円筒状の周囲には、金網をまいた。金網の外部には、紙粘土を20個粘着させて硬化させた。硬化した表面には、黄金色ラッカーで着色した。



Fig.13.黄金石筍(左)と白金石筍(右)の製作品

白金石筍の形状は、高さ150cm・上層部直径10cm・底辺直径25cm・円周25～65cmである。上部は100円ショップより購入した「流しの金網」を利用し、下部の台にはパリのエッフェル塔のような形にした。その中央には、T字の棒を立てた。その中間には、硬質塩化ビニールを円筒状にした。円筒状の周囲には、金網をまいた。金網の外部には、紙粘土の20個を使用して粘着させて硬化させた。硬化した表面は白銀色にしている（Fig.13.の左は黄金石筍・右は白金石筍）。

5.2. 連立石筍の製作について

連立石筍は、5本の円筒状の硬質塩化ビニールを連立させた。これは、5本のつらら石より落下させた連立石筍の集合模型を製作した。集合体模型の周囲には、紙粘土を粘着・硬化させた。その表面には、濃茶色のスプレーで被覆した。連立石筍模型の規模としては、高さは(22～40)cmの範囲で、5本連立石筍の幅は41cmで、1本の円周は26cmである（Fig.14.）。



Fig.14.連立石筍の製作品

5.3. 岩塩石筍と針状石灰花の展示について

岩塩石筍は、ヒマラヤ産の岩塩内にランプを挿入した。塩筍の形状は、高さ30cm・上層部円周44cm・底辺円周53cmである。七色に変化し輝きながら回転するLEDの石灰花を連想できるように展示している。形状は、高さ35cm・針状の放射形（紡錘状）円周44～50cmである（Fig.15.）。

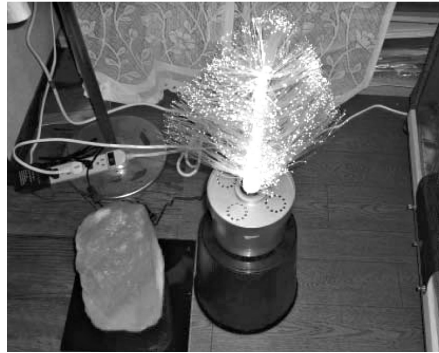


Fig.15.岩塩石筍と針状石灰花

5.4. 鍾乳石の展示について

2004年11月20日岐阜県中津川市にある阿木（アギ）鍾乳洞（鍾乳石）は西尾氏の寄贈によるものである。受取人は、故大橋健教授である。氏の死後により沢敷が保管している。阿木（アギ）鍾乳石の上層部には、A貝殻（楕円形の形状：横7cm／奥行き3cm）とB貝殻（楕円形の形状：横7cm／奥行き6cm）が付着している。この貝殻は、過去に洞窟が形成していた時期に、付着したと考えられる。ゆえに、洞窟は、海底にあったことを物語っている。この鍾乳石は



Fig.16.阿木（アギ）鍾乳洞の鍾乳石

「つらら鍾乳石」ともいえる。鍾乳石上面の規模として、大きいのは、（横の最大距離は27cmで、奥行きの最大距離は22cmである。鍾乳石上面からつらら状になっている「つらら鍾乳石」の形状は、最大部分は21cmである。（Fig.16.）。

5. おわりに

地域に貢献する洞窟模型の製作について、次のように要約することができる。

1. 洞窟に関する原材料としては、石灰岩と溶岩の原材料を用意した。それに関連する岩石をケースの中に陳列した。
2. 写真に関しては、主として石灰岩洞窟、溶岩洞窟、風化洞窟、間欠泉の写真について考察することができた。
3. 洞窟に関する模型の製作については、ミニ洞窟、鍾乳石（No.1～3）について製作工程を論じることができた。すなわち、イルミネーション鍾乳石2と3を設置することができた。
4. 洞窟内の流動については、洞窟滝と間欠泉、洞窟プールについて考察することが可能になった。すなわち、イルミネーション洞窟滝と間欠泉、洞窟プールとも言える。
5. 石筍の模型製作については、黄金石筍、白金石筍と連立石筍を製作した。それぞれは洞窟

を連想できるような設計を行った。さらに、岩塩石筍は3億年前の材料で光り輝く物であり、その中央からは赤く点灯した。

最後に、針状石灰花は七色に変化し輝きながら回転するLEDの石灰花を連想できるように展示した。これらの用語をまとめると、Table1.のようになる。

Table1. 洞窟原材料、洞窟写真、洞窟模型の4カ国(日・英・韓・中国語)用語

	日本語	英語	韓国語	中国語
1	石灰岩の原材料	Raw Materials of Limestone	석회암의 원재료	石灰岩的原材料
2	溶岩の原材料	Raw Materials of Lava	용암의 원재료	熔岩的原材料
3	石灰岩洞窟写真	Photographs of Limestone Cave	석회암 동굴 사진	石灰岩洞穴照片
4	溶岩洞窟写真	Photographs of Lava Cave	용암 동굴 사진	熔岩洞穴照片
5	風化洞窟写真	Photographs of Tafoni	풍화 동굴 사진	风化洞穴照片
6	間欠泉写真	Photograph of Geyser	간헐천모형 사진	间歇泉照片
7	ミニ洞窟の模型	Model of Minicave	미니 동굴 모형	小(型)洞穴的模型
8	鍾乳石の模型 (No.1)	Model of Speleothems (No.1)	종유석의 모형 (No.1)	钟乳石的模型 (No.1)
9	鍾乳石の模型 (No.2)	Model of Speleothems (No.2)	종유석의 모형 (No.2)	钟乳石的模型 (No.2)
10	鍾乳石の模型 (No.3)	Model of Speleothems (No.3)	종유석의 모형 (No.3)	钟乳石的模型 (No.3)
11	洞窟滝模型	Model of Cave Waterfal	동굴폭포 모형	洞穴瀑布模型
12	間欠泉模型	Model of Geyser	간헐천 모형	间歇泉模型
13	洞窟プール模型	Model of Cave Pool	동굴 풀 모형	洞穴池水模型
14	黄金石筍	Golden Stalagmite	황금 석순	黄金石筍
15	白金石筍	Platinum Stalagmite	백금 석순	白金石筍
16	連立石筍	Alliance Stalagmite	연립 석순	联立石筍
17	岩塩石筍	Rock Salt Stalagmite	암염 석순	石盐石筍
18	針状石灰花	Needlelike Limestone Flower	침상 석회꽃	针状石灰花

これらの洞窟模型の製作に関しては、ウェブサイトで紹介を行っている。洞窟は地球史の謎を解く鍵が潜んでいるだけでなく、人類の歴史や現代の我々の実生活と極め深く関わっている。このささやかな「洞窟模型製作品」が、多くの市民、とりわけ子どもたちの無限の夢と知的好奇心を掻き立てる場となり、洞窟関係者や大阪の新名所として広く愛されていくことを願ってやまない。
(2010年1月15日受稿、2010年1月25日掲載決定)

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 沢勲・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。
- 4) 沢勲・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』、203pp.大阪経済法科大学出版部、2004。
- 5) 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・呉映宙: 「済州道西帰浦市西北、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。
- 6) 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ー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。
- 7) 沢勲・鹿島愛彦・大橋健: 『洞窟科学入門ー写真と図解ー』、171pp. 大阪経済法科大学出版部、2006。
- 8) 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。
- 9) 沢勲: ウェブサイト <http://www.sawaisao.com/cavescience.html>