

富士山における溶岩洞穴の形成過程

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤村, 郁雄 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.14945/00025609 |

富士山における溶岩洞穴の形成過程

藤村 郁雄*

は し が き

富士山の山麓には多くの溶岩洞穴があり、名前のついているものだけでも60を越える。このうち筆者が入洞したのは17洞穴で、あとは諸調査報告によって教えられたものである。この洞穴の成因については、溶岩流が流下しつつ冷却し、外殻が出来ても中身(なかみ)はまだ熔融状態を保っていて、何かの機会にそれが二次流出した跡の空洞と、この中身で発生したガスの貯溜による空洞の二種あって、後者については、その噴出口が見られるものもあるといわれている。然し乍ら実際には洞穴の孔口付近に二次流出の形跡が見当たらないし、熱源のある噴火口からの噴出と違い、既に外殻の出来ている溶岩から発生するガスの量、そのガスの集結する機巧、外殻を破って噴出するガス圧、またその噴出に当たってガスだけが選出するものかどうか等について説明がされていないので従来解説には難点がある。

ここでは新たな見地に立って、大方の洞穴(富士山の溶岩洞穴)の形成過程を述べる。

I. 溶岩洞穴の実態

§ 1. 洞穴の分布

図1に富士山の溶岩洞穴の分布を示す。洞穴は富士山の北西側に多く、東側は特に少ない。その理由をよく判らない、溶岩流の物理的、化学的性質によることは勿論であるが、地表の被覆により、人目につかずに埋もれていることも原因の一つであろう。高度では東側の須走り口登山道六合目(2,750 m)のお胎内が最も高所で、南方三島市の三島溶岩洞穴(35 m)が最も低所である。図1によると洞穴が線状に並んでいる様子がわかる、これはそれぞれの溶岩流に沿っていることを物語っている。

§ 2. 洞穴の孔道の延伸方向

洞穴は溶岩流に出来ているので、その規模や延伸方向が溶岩流の流態の制約を受けるのは当然である。然しながら図2 御殿場市の駒門風穴のスケッチに見られるように孔口の下(しも)手(山麓側)の孔道は大略斜面の傾斜の方向に向かうが上(かみ)手(山頂側)は必ずしも斜面の方向(溶岩流の方向)とは一致せず、そのズレが直角ほどになることも珍らしくはない、大方の洞穴の延伸方向はこの傾向をもっている。

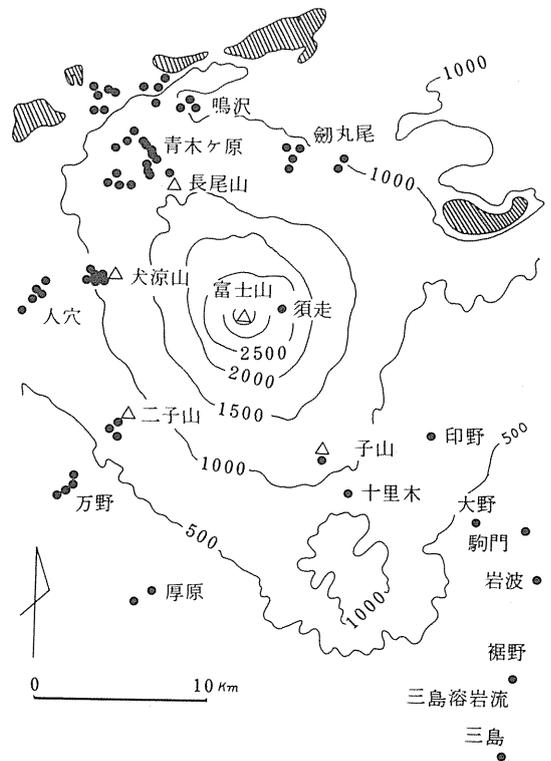


図1. 富士山の溶岩洞穴分布図

*元富士山測候所長

§ 3. 洞穴の孔口周辺の地形

1) 陥凹型 一例として図3に裾野市大野第2風穴の縦断面のスケッチを示す。ここも駒門と同様富士山は北西に当たり、図の左方は上手で右方は下手になる。孔口付近は陥凹地形となっている。北側山梨県鳴沢村の鳴沢氷穴や同じく北側精進口登山道一合目付近の富士風穴も同様で全体の洞穴(富士山の)の90%はこの陥凹地形である。図2の駒門風穴の孔口に見える

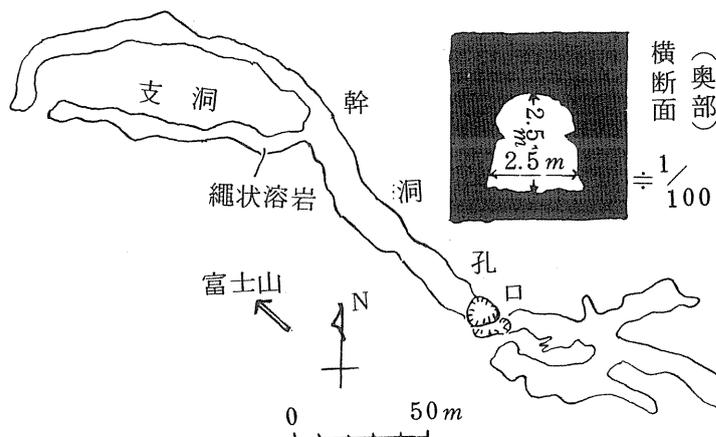


図2. 駒門風穴

ように孔口の形は一般に円形に近い。上手の孔道は暫時にして水平、下手は次第に下降し孔口は孔道勾配の折点に当たっている。

2) 横穴型 須走りお胎内のスケッチを一例として図4に掲げる。勾配22°の斜面がL型に削りとられたような壁面の下部に洞穴の孔口がある。孔口から孔道へ、水平に対して17~18°の伏角で下降する。入口は狭く頭もつかえるのでしゃがみながら山頂に向かって進み約10mで洞床は水平となり立って歩ける、そのまま山頂に向かい約10mで洞奥に達し床は稍上り勾配となって端末となり小洞が置かれている。御殿場市印野お胎内も同様に山頂に向かって入る洞穴であるが、こちらはU字管状の洞穴で入口と出口が洞前の広場に向かって並ぶ。入口の方は約20°の勾配で下降し、出口も奥へ向かって稍急に30°位ぐらいの勾配で下降する、Uターン部まで45m、入口の方は緩傾斜で奥に行くが出口の方は急傾斜で10mぐらい進み水平床となる。奥部には山頂方向よりも稍東方に向かう小孔があるが狭く潜れない。西側富士宮市人穴もこの部類に属するがこの孔道は孔口から山に向かって伏角10°足らずの緩傾斜で孔道に入る。人穴及び須走りお胎内の孔口の形は円形に近い稍縦長の横穴で印野は入口が円形に近く、出口は瓜ざね形である。

3) 水平型 図5は裾野市岩波風穴の縦断面スケッチである。測量図は裾野市広報「すその」No. 388、'77、6、1号に掲載されている。この風穴は径1m余りの丸井戸に似た縦(たて)孔が図のように畑地に開口しその深さは2m余りで、富士山は矢張り北西に聳え、図の左側が上手、右側は下手である。ここでも孔口は図3と同様に孔道に対して上手と下手の折点を占めている。

4) 小丘型 図6は北西側山梨県南九一色村本栖第1風穴のスケッチである。堅孔の孔口付近が低い小円錐丘となり、二本ともその基部の径30cmぐらい、その高さは10m内外である。左側が上手で右側が下手となる。堅孔の孔口は略円形で口径は上手が4~5m、下手は径10mに達する。図のR点付近は堆石が多く、もとは別々の堅孔をもった洞穴がR点で接合されたのではないと思われる。

尚この型でもう一つの例を図示する。図7は北々東斜面富士吉田市雁ノ穴の棍棒山⁽²⁾(筆者未踏)のスケッチである。小円錐丘の高さ6m、基部の径4~5m、中心軸に丸井戸形の堅孔、径が数10cmで深さ7~8cmが立っている。図は石原初太郎氏の報告に掲載されている写真に基づいて筆者が描いたのでスケッチの不当の責は筆者が負うものである。この図6・7が小丘をみせているだけで他には筆者

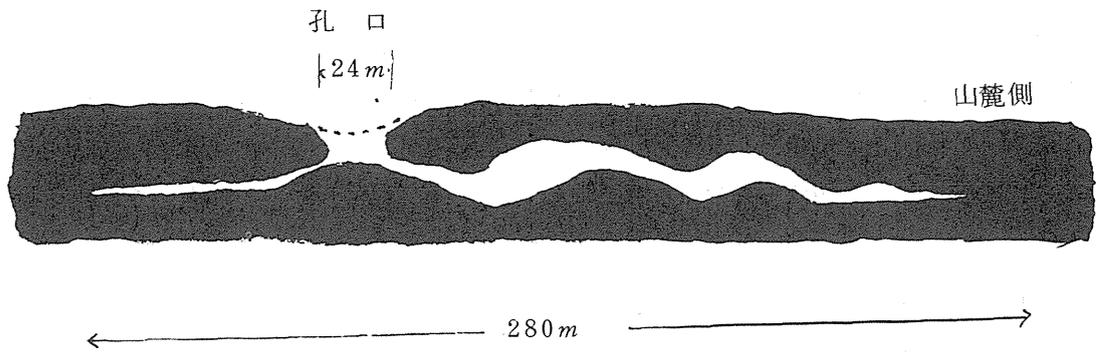


図3 大野第2風穴(1陥凹型)

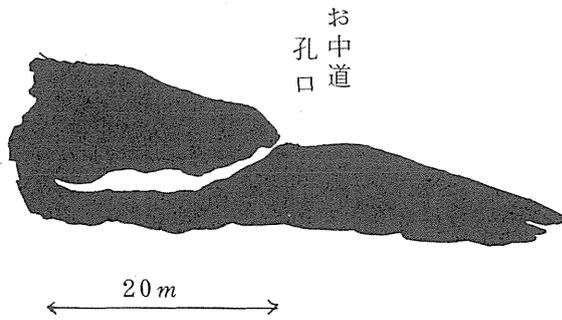


図4 須走りお胎内

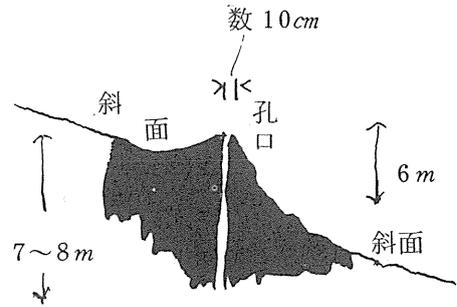


図7 棍棒山にみる孔口

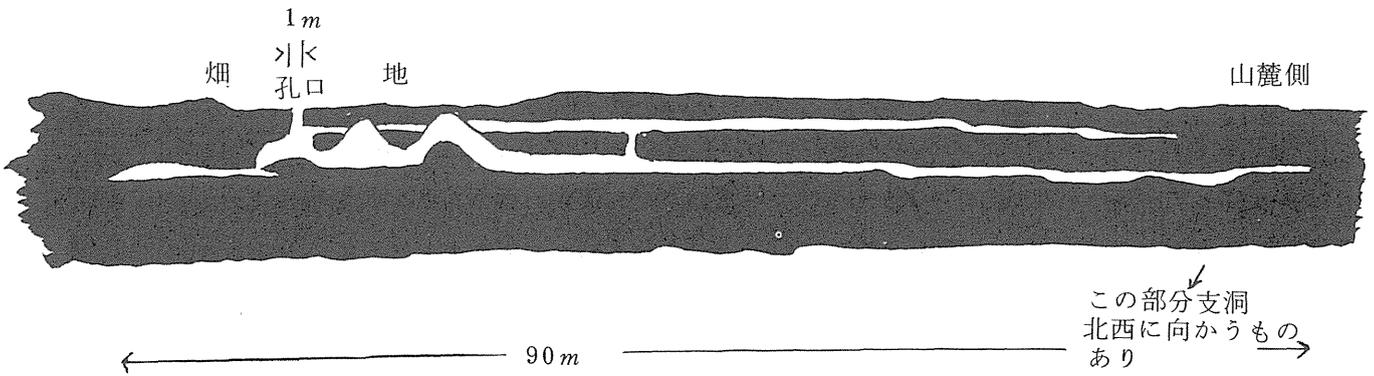


図5 岩波風穴(3水平型)

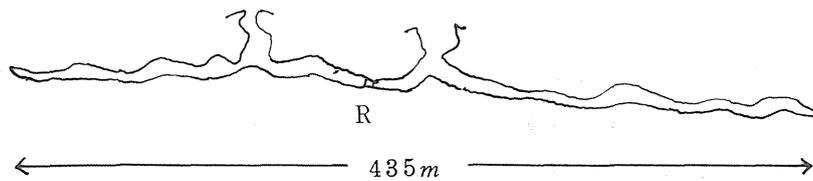


図6 本栖第1風穴

寡聞その例を知らない。

§ 4. 孔 口 の 縁 辺

洞穴の孔口は横穴形の場合は稍縦長であるがその他の殆どが円形に近い(図2)。岩貌は素掘りの隧道に似た荒岩(あらいわ)であるが余り角(かど)ばってはいない。孔口の縁辺は概して鈍角的で、岩盤を折割した場合のような鋭角的裂け目は見られない。孔口から孔道に入るに随って岩角は丸味を増している。

§ 5. 孔 道 の 勾 配

大野第2風穴(図3)に見られるように、大方の洞穴は陥凹地に開口し、孔道へ降り立つと、孔道は上手と下手に分かれる。上手の方は暫時下降してから水平となり、先端部で稍立ち上がりとなって端末となる。それは須走りお胎内や本栖第1風穴の図にも示してある。下手の方も先ず下降してからまもなくして水平床となるが、こちらはそのまま端末となったり、更にこのような降り勾配と水平床との階段状を繰り返し次第に高度を下げて端末となる。奥部では上手の場合は少し立ち上がって、時には溶岩流の下にある山の地肌をみせている(本栖第1風穴)こともある。下手の奥は盲管(底のある管)のこともあり(北西側精進口登山道一合目富士風穴等)、又平(ひら)たく潜れなくなりその辺に美しい流砂が敷かれていることもある(大野第2風穴等)。孔道は孔口に対して上手だけのもの(須走りお胎内)や山梨県鳴沢村の西湖蝙蝠穴のように下手だけのものもあるが全体の90%以上は大野第2風穴のように上下両手に分れている。ただし上手と下手の洞穴の長さは区々で何れが長く何れが短いということはない。

§ 6. 規 模

洞穴の長さは種々あるが須走りお胎内は20m前後でこれは短い方、西側富士宮市人穴地域の三ツ池穴(筆者末踏)⁽⁶⁾は1Km余といわれこれは長い方である。

洞穴の巾も天井の高さも、一つの洞穴で例えば人の小腸のようにくびれたり膨らんだりしているので一概にいられない、ただ駒門風穴の場合孔口から孔道を40mぐらい進むと巾が急に広く15m、天井も10m余となりそれが奥の方へ40mも伸びているのでこれは広い方である。西湖蝙蝠穴の中央ホールと呼ばれる部分は天井は数mの高さであるが20m×20mぐらいの広さでこれも広い方である。

§ 7. 内 部 構 造

洞穴の横断面は大局的に見れば天井はドーム状に丸味をもって膨らみ、側壁も、鉛直よりも稍外側へ膨らんでいる。これは基本的な形で、実際にはこれに床を平(たい)らな底辺にもつ三角形の部分があったり、平(ひら)たい長方形であったりというように不規則な形の混在が常である。その中で特徴的事項を挙げると次のようになる。

1) 洞床 洞床が例えば石炭殻の捨場のように溶岩屑が堆積していたり、岩塊が小山となっている所を上下して進むこともある(駒門風穴・本栖第1風穴等)が、一方では頗る平坦で僅かに牛糞状又は漣(さざ波)状の模様がついているとか縄状の褶(ひだ)が出来たりして、その局部的の澱(よど)みの流動模様をみせている所もある(駒門風穴等)。

天井の崩壊部分がそれと略同様な形の床上堆石丘としてその由来の判る場合もある。このような時、天井と床の両者が鉛直線よりも稍下方に堆石丘がズレているので床の流動が知られることもある(大野

第2風穴)。

2) 溶岩棚 洞穴の横断面が図8のように頭丸鋸(びょう)(リベット)の縦断面若しくはトランプのスペード形をしていることがあり(駒門風穴奥部等)この側壁に段がついているのを溶岩棚(たな)と称する。この段の上面は水平で左右が同一水平面上にある。この上面だけが残っている場合もあり(その小さいのは図2の添図に示してある)それが左右から伸びて連結すれば洞穴の二階構造となる(本栖第1風穴等)。

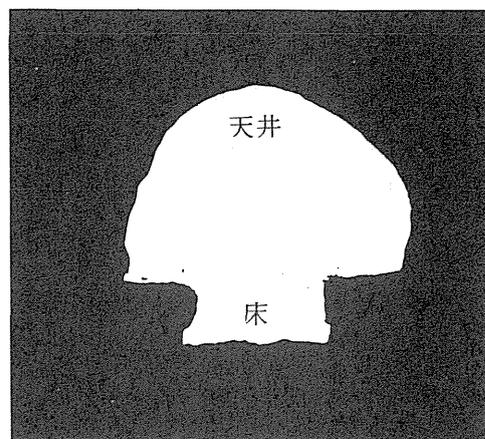


図8. 溶岩棚の形

§ 8. 内装(内部塗装)

洞穴の孔口付近は角(かど)が稍丸味をもった荒岩が通例で、洞床が水平になる辺りから次第に厚い内装が展開する。この内装は滑らかで光沢があり、色彩は黒(三島溶岩洞穴、鳴沢氷穴等)、茶褐(印野お胎内等)、青緑(犬涼み第1洞)など種々ある、内装の特徴の二、三を次に記す。

1) 溶岩鐘乳・石筍 洞穴の奥部では天井から垂下する鐘乳、床に立つ石筍をよく見掛ける。鐘乳はせいぜい10cmくらい、石筍は稍長く数10cmに達することもある。鐘乳や石筍の色は内装の色と余り変わらない。

2) 滑肌 釉(うわぐすり)を使った陶器のような内装でその側壁にはロープを埋めたように縦に筋の盛り上がっているのが目につく、また或は肋骨状の縞目になっていることもある(印野お胎内等)。

3) 鮫肌 天井も側壁も鮫肌のようにちりばめられてライトに美しく輝いている(三島溶岩洞、西湖蝙蝠穴等)ことがある。

4) 剝離 天井の剝落は別として、側壁では内装面がそのまま自重でズリ下がったように床へ喰い込み、壁に沿う細い溝をつくり、その外側(壁と反対側)はに小さい土堤(どて)のような盛り上がりを見せていることがある(駒門風穴等)。

壁に立てかけた絨毯(じゅうたん)を上から巻いて下ろすときのように内装が上から順に剝がれ丸められて砲身を横たえたように壁に沿い床に置かれているのも見られる(山梨県鳴沢村富岳風穴等)。以上述べたことは内装が外殻の裏面と物理的不均質になっているため剝落する可能性が多いことを示す。

§ 9. 溶岩洞穴の支洞

図2(駒門風穴)で見られるように上手の支洞は山の上方に向かって分岐し、下手の支洞は山の下方に向かって分岐する傾向がみられ、支洞に関して孔口は要(かなめ)となっている。下手ではまた分岐した支洞が再び合流することがよく見掛けられる(鳴沢氷穴、岩波風穴等)。

§ 10. 孔道と孔口

須走りお胎内のように孔口に対して孔道が上手だけのものや下手だけのもの(西湖蝙蝠穴)もあるが大半は図2・3(駒門・大野第2)のように上手と下手の二手に分かれている。何れにしても堅穴の場合を除けば孔口が一個あり、それが孔道の要の位置を占め、且つ孔道の勾配曲線の折点を占める。

§ 11. 堅穴

洞穴に豎孔を通じて入るようになっていたのは珍しいことではない。豎孔は何れも略々円形の丸穴でその口径は数10 cm（雁ノ穴の棍棒山）のものから10 m前後のもの（本栖第1風穴の下方豎孔）まであり、深さも2 m（岩波風穴）から20 m前後（本栖第1風穴）のものまでである。

婆々穴（西南側富士宮市）⁽⁶⁾（筆者未踏）は洞穴のドーム状になった天井の薄い岩盤の中央に口径2 mの丸窓のように開口している。婆々穴の南方弘法穴では通例の陥凹地形にある孔口のほかに孔口から数10 m下方の孔道の天井が剝落して薄くなった板状岩に径1 mの円孔が丸窓のようにあいている。本栖第1風穴には豎孔が90 mの間隔で2本ついているが下方のものは孔口が崩壊したとみられるように口径が異常に大きく、その中段は棚が出て径4～5 cmに絞られている。他の一本は口径が4～5 mである。北西側青木ヶ原の眼鏡穴⁽²⁾（筆者未踏）にも口径8 mの同じ太さの丸豎孔が同一洞穴に20 mの間隔で2本立っている。

岩波風穴の豎孔は短いがフューム管を立てたように珍らしく真直である。この洞穴の内部では上下に数m隔てて並ぶ支洞と幹洞とが太さが径1 m足らずの豎孔で連結されている、これは地表に姿を表さない鉛直の豎孔である。

§ 12. 氷 穴 群

精進口登山道二合目付近には20個ほどの氷穴と呼ばれる豎孔があるという⁽²⁾、筆者が見たのはその中の一つ（昭・10）、二合目小屋の前にある氷穴で6月であったがザラメ雪が一杯に詰まっていた。水平型の地形に径1 mぐらいの丸穴があった。深さは判らないが小屋の若者の話によると数mの深さのようであった。石原初太郎氏はこれらの氷穴は個々別々のようであるが、同一横洞に連なる可能性もあると述べ、これを噴気口と考えられたようである。尚これらの氷穴の孔口周辺の地形には陥凹型、水平型、小丘型の何れにも見られる由である。

II. 溶岩溝・溶岩樹型・溶岩丸尾

§ 1. 溶 岩 溝

溶岩流の表面が帯状に陥凹して、斜面に沿い溝のようになっていたものを溶岩溝と称ぶ。精進口登山道二合目付近に見られ、雁ノ穴ではこの陥凹が溶岩流に沿うて或いは現れ或いは消えて続いているという⁽²⁾（筆者未踏）。万野風穴の上手では地表に溶岩溝があり、丁度田植えのときであったが、足下で洞穴の中を流れる水音と、その上部の溶岩溝を流れる水音とが相和していた。

§ 2. 溶 岩 樹 型

樹林地域を通過した溶岩流が樹木を包容して冷固し、樹木は焼尽しその樹幹部が空洞となった溶岩を溶岩樹型と称ぶ。溶岩樹型は富士の山麓では諸所に観られる（裾野市十里木、御殿場市印野、富士吉田市雁ノ穴、お胎内、青木ヶ原等）。そのほかに溶岩流の中には特に印野、青木ヶ原において、消し炭にみられるような木理に似た楼閣状の溶岩構造体がありこれも溶岩樹型と呼ぶ。更にまた、溶岩流の採石場では溶岩層の中に細身の立木の姿が空洞となり、その内部は黒燻し、所々横縞（ひだ）の赤色岩が入っているものも溶岩樹型と称ばれる（鳴沢村採石場）。

§ 3. 溶岩流の丸尾（まるび）

溶岩流の末端部が丘陵状に盛り上がっているときこれを丸尾と称し、山梨県側でも静岡県側でもその

地域の名を添えて同じ呼名としている。急速に流下した溶岩流が急速に冷固した場合に形成されるものと考えられる。丸尾は溶岩流の流線を観察する場合の指針となる。そればかりではない、洞穴の成因については何れ後述するが筆者は丸尾を見るとこれが何処かで洞穴をつくって来たのではないかと、ふと思うことがある。

III. 溶岩洞穴の成因に関する従来の説とその不充分性

§ 1. 従 来 の 説

1) 横山又治郎：(大9)⁽¹⁾(地質学概要)

外殻が出来、それを破って中身が二次溶岩流として脱出したあとに出来た空洞。

2) 石原初太郎：(昭4)⁽²⁾(昭6)⁽²⁾(史蹟名勝天然記念物調査報告、第4輯、山梨県。)

(富士山の地理と地質—富士の研究V、浅間神社) 溶岩隧道の實際を測量し観察して、隧道内の末端部が盲管となっていること、また孔口付近に溶岩脱出の形跡が見られないことから脱出説は当たらないとし、外殻の底部に帯状亀裂が生じ中身はこの亀裂に注入して空洞が出来たと推論した。豎孔はガス噴出口である。

3) 脇水鉄五郎：(昭11)⁽³⁾(天然記念物調査報告、地質鉱物の部第五輯・文部省、「富士山麓の溶岩洞穴及溶岩樹型概説」) 図9に示すように溶岩流の外殻A、A'の中に中身Bがあり、Aの割れ目PからBFのようにBが流出しCの空洞が出来た。Cの床は水平で、末端部は尖鋭的になる。孔口はCの天井が1乃至数ヶ所陥落によって出来たものでそれが人々に発見された。豎孔はガス噴出口、ガスは水蒸気為主で樹木の燃焼による炭酸ガスもこれに加わる。石原氏の述べる亀裂の導入は必要ない。

4) 久野 久：(1960)⁽⁴⁾(火山及び火山岩、岩波全書、岩波書店) 主旨は1)と略々同様。

5) 小川孝徳：(1969)⁽⁵⁾(青木ヶ原の溶岩洞穴、科学朝日、朝日新聞社、「富士山についての証言特集」) 溶岩中のガス発生で基本空洞が出来、その床が流動沈下して空洞が拡大していった。別に出来たガス空洞も床の流動により次々に合併され空洞は長大となる、同時にガス圧も増し外殻を破って噴出する。本栖第1風穴の豎孔はガス噴出孔である。空洞の内壁にガス発泡の痕跡が見られることや、内壁の異常凹入部があったこと、葡萄状鐘乳が出来ていること等でガス圧の強大さが判る。

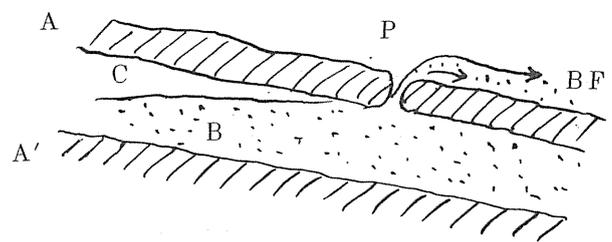


図9 脇水氏の説

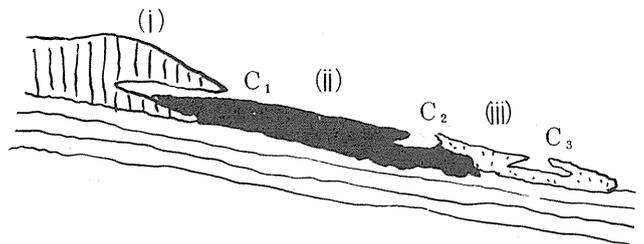


図10 津屋氏の説

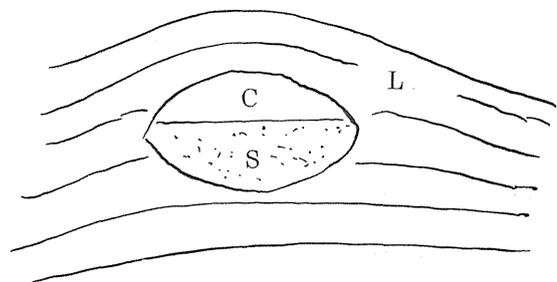


図11 鮫島氏の説

6) 津屋弘達：(1970)⁽⁶⁾(富士山の地形地質、富士山、総合学術調査報告書、富士急行KK、尚この中に小川徳一「溶岩洞穴の測量と観察結果」。) 図10⁽⁶⁾において、溶岩流(i)が外殻をつくって停止し、次いで(i)の中から(ii)が、(ii)の中から(iii)が脱け出して停止したとする。そのとき洞穴C₁、C₂、C₃が出来た。C₃は中身で発生する火山ガスが外殻で抑えられて圧力が増大し、遂に外殻を打破って噴出したときの噴気口である。

7) 鮫島輝彦：(1971)⁽⁷⁾(富士山の地学案内、静岡地学会) 図11に示すように、溶岩流Lの中にガス泡Cが出来、それに別の溶岩流Sが流入してCの中に水平床をつくった。このときLの上面が盛り上がる。

8) 黒田直：(昭53)⁽⁸⁾(溶岩トンネル、静岡大百科事典、静岡新聞社) 溶岩流に外殻が出来ても中身はまだ流動する、中身の供給が絶えると空洞が出来ると。また中身が外殻を破って流動しても空洞が出来ると。この空洞が溶岩トンネルである。

以上これを要するに、溶岩洞穴は、①二次溶岩流の脱出によって出来るものと、②ガス貯溜によるものの二種あること、その中で①の場合にはまた、a)二次溶岩流の脱出口が洞穴の孔口になるものと、b)二次溶岩流の後部、即ち上方に空洞が出来、孔口はその空洞の天井が陥落して出来たものの二様があること、②においてもまた孔口はc)天井が陥落して発見されるものと、d)竪孔によるガス噴出、の二様があるということが述べられている。

§ 2. 従来の説の不充分性

1) 二次溶岩流の脱出によって空洞が出来るとしても、a)その脱出口が孔口となることについては孔口付近にそれらしい地形が見当たらないこと石原氏の述べる通りである。然しながら外殻の底に亀裂がよじ出来たとしても中身がそれに注入していけば二次溶岩流の流出であることに変わりなく、亀裂を導入する必要ないことを脇水氏の論ずる通りである。

2) 洞穴は二次溶岩流の後部に出来た空洞で、b)孔口はその空洞の天井陥落によって出現し、それが人々に発見されているということは空洞は孔口に関わりなく形成されているとしているように思われる。この場合、どの洞穴にも共通している次の諸項を充たすような陥落が起こることについての説明が必要と思われる、即ち

- i) 陥凹地形の中央部に孔口がある。
- ii) 孔口が円形で、その縁に直線状の亀裂が少ない。
- iii) 孔口が平面図の場合、要の点にあり、縦断面の図では孔道の勾配曲線の折点にあっている。
- iv) 人穴の場合、緩傾斜で孔道を下降しながら進むとき、孔口陥落による破砕片の堆積が見られない。これは須走りお胎内の場合も同様である。

3) 従来の洞穴の解説では、どの洞穴も折点をもって上手と下手とに分かれる状況に触れていない。

4) ガス空洞の場合、溶岩流が熱源から離れて外殻が出来、上下四方から冷却が進む孤立系ではガス発生は先ず、中身の中央部から小気泡群として生まれるであろう。この小気泡群の併合が容易でないことは採石場の溶岩層にみられる細身の樹型からも想像される、それは気化した立木がそのままの姿で空洞となり、高圧の下で発散もせず併合も起らず遂に完全冷固に達しているのである。小気泡群は所詮溶岩層の中の鬆(す)として冷固するのではなかろうか。若し発泡が旺盛ならば多孔質(ポーラス)体として冷固するのではなかろうか。中身が充分流動性を持ち、発生ガスの多量、従ってガス圧の増大が

あるとすればそれは中身全容積に亘っての昇圧であり、外殻を破ればガス諸共に中身も噴出するであろう、その時外殻の破砕片も含めて考えると、本栖第1風穴の孔口周辺に見られる高さ10 mの小丘は余りに小さい。

5) 本栖第1風穴は口径5 mと9 mの2本の堅穴が共に深さ20 m前後で約90 m離れて立っている。これはもと別々の洞穴であったのが上方洞穴の下手洞と下方洞穴の上手洞とが伸展してR点接合したと思われるが、それにしても同じ外殻下の同じ中身の軟弱層中の洞穴であるから先ず1本の堅孔が噴出すれば他の1本は同じような20 m厚の外殻を打ち破るよりも軟弱層を通じて先の噴出口を利用して噴出しそうなものである。堅孔2本は要らないものではなからうか。

6) 眼鏡穴⁽²⁾(精進口登山道二合目付近西方)(筆者未踏)は一つの洞穴に20 m隔てて同じ太さの口径8 mの堅孔2本が立っている。堅孔を噴気孔とするときこれをどのように説明されるであろうか。

IV. 富士山における溶岩洞穴の形成過程

§ 1. 洞穴の形成 その1

1) 流下溶岩流

溶岩流は流下とともに、ガスを発散しつつ冷却していく。先ず下底、次いで上面側面と外殻が出来ていく。

2) 溶岩流の停止

噴出口からの熔融溶岩の供給が絶え、溶岩流は温度が低下し粘性も増し外殻の強度も増して図12に示すように山の斜面上に停止した場合を考える。この時中身Vに働く重力の斜面に沿う上向き成分を[W]とし外殻SPOQの保持力をCとすれば[W]=C、が成立し、Vは釣合い、静止していることになる。ここで外殻SPOQと中身Vとの間に出来ている圧力分布を考えてみる、互に押し合う力を正[+]圧、互に引き合っている力を負[-]圧とすればその圧力の分布状態は図13のようになるであろう、即ち外殻の上面のO点を境として上方P方面では負圧[-]、下下方Q方面では正圧[+]のそれぞれ最も高い部分である。この圧力分布に外殻の強度が対抗し釣合いが成立している。

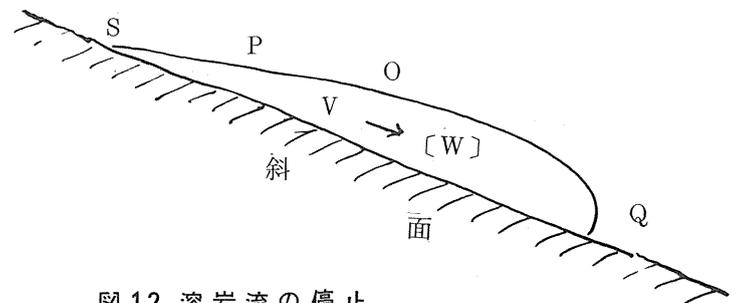


図12 溶岩流の停止

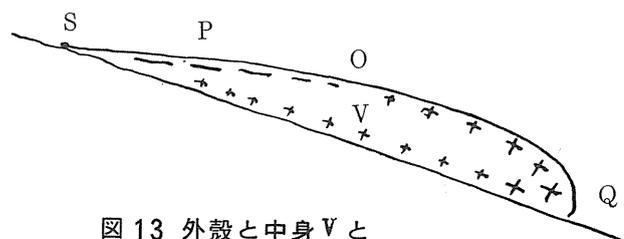


図13 外殻と中身Vとの間の圧力分布

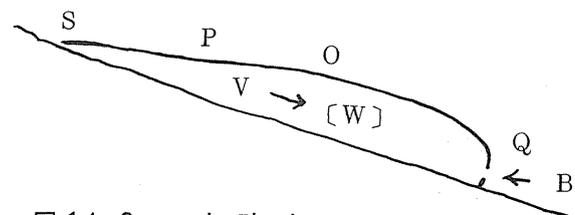


図14 Qの小破砕

3) 外殻の破砕
若しもQ部に大きな破砕が起これば C→O、となりVは[W]によって流下し外殻POQ(図13)は地に伏し通常の溶岩流表面となる。次にQ部に小破砕が起ったとしよう。このときは図14に示すよ

うに破碎孔Q点では大気の圧力Bが外方からQへ働いているのでVはQから流出しないことになる、その状況は我々が日常硯（すずり）の水差しで見ているところである。水差しは上面（背）に小穴があり、また上面の片隅にも小穴があいて、この小容器を傾けるときに、小容器に盛られた水が上面片隅の小穴から滴下して硯へ注がれるのである。この際、指で背の小孔を抑えると、いくら傾けても小容器の水は出ないのと同じである。即ち $[W] = C' + B$ 、($C' < C$ 、Bは気圧)。

今度は外殻の上面P部に小破碎が出来た場合を考える。中身Vには大気圧Bが加わるので $[W] + B > C$ 、ここで釣り合いは破れ $[W]$ による正圧の最も高いQ部では破碎が生じ、水差しの抑え指を離れたのと同じことでQの破碎口からVは流出することになる。この場合破碎したPからはVが出ないこと水差しの背からは水が出ないのと同じである。斯くして、同様の破碎がQ部の場合はVの流出にならないで、P部ではそれがVの流出を招来するようになる、即ち中身Vの全部を流出させるのにPの小破碎で充分なのである。以上のことは図13のP～Oの間、即ち負圧域に起こる破碎はVの流出を生ずるが、O～Qの破碎即ち正地域での破碎は、たとえ起ってもそれが大きくなければその傷はBによって抑えられている間に自ら冷固して塞がれることを、我々の皮膚の小傷の自然治癒と同様である。本文では以後P破碎、Q流出の語をそれぞれ図13のP～O部の破碎、O～Q部の流出の意味に使用する。

§ 2. 洞穴の形成 その2

1) 負圧域へ空気の流入

外殻と中身との間へ空気は図15に示すように流入する、(i) 溶岩流のP部に小破碎が生じ、その負圧域へ外気が吸い込まれQ部では外殻の膨出が出来る。(ii) 進入空気は忽ちに溶岩の加熱を受け膨脹して爆発的に破碎口から外気へ弾き出される。(iii) 破碎部は拡大し、流入空気は一層勢いを増し、それはQからの流出に拍車をかける。(iv) 外殻は流入空気の下向き圧によって緩やかな搗（すり）鉢のように陥凹しその中央に空気の円形の流入口が出来る。

2) 進入空気の流路と孔道

図15 (iv) に示すように、P破碎によって、はじめは小破碎であっても、それはQ流出を惹（ひ）き起こし、それがまたPからの空気流入に拍車をかけるためVの上部の空洞は進展拡大していく。

進入空気は、負圧を解消するために一旦外殻の内側へ落下体となって迸入し、次いで形成された空洞の天井裏へ上手と下手に分かれて這い上る。その流路に随って洞穴は形成されていく。

流入空気は空洞部へ来て昇温膨脹し床を押し下げるが粘性流体ではQへの圧力伝達が速かにはいかないので、上部で起こる空気の押し合いへし合いの波状攻撃があっても床はそのための動揺は少なく緩徐に沈下していく。Pの破碎口よりも上手では負圧が大きく、下手は小さいので、勢い上手へ向かう空気量は下手よりも多く、先ず上手の空洞の方が下手よりも速かに形成される。図12・13で、P破碎がSに近いか又はOに近いかによって上手の孔道の長さが制約される、Sに近い場合は上手の孔道が短い。下手の洞穴はPもQも開放されているので専ら重力 $[W]$ によるVの下降で形成されていき、従ってQ流出が多量のとき洞穴の階段状下降が急（全体的にみて）となり、Q流出が停止して洞穴は端末となる、その状況を図16に示す。

V. 洞穴の完成

§ 1. 孔口周辺

1) 陥凹地形

次第に増勢される流入空気によって、P 破碎の近傍は播鉢形の陥凹となりその中央部に洞穴は開口する。

2) 孔口・孔口縁

粘性流体へ空気が流入するので破碎口は次第に円形に拡大され、その縁辺は鈍角的となる。

§ 2. 孔道

はじめ空気は負圧域へ直下し、次いで上手と下手に分かれる、上手の孔道の形成が優先する。斜面の外殻がズリ落ちた小破碎では須走りお胎内のように孔口は稍縦長となり孔道は上手だけで終る。P 破碎が S の近傍に起これば上手は痕跡程度となり下手だけの洞穴となる。(西湖蝙蝠穴)

1) 上手の洞穴

中身の軟弱域を、その負圧域解消に向かう空気の流路は必ずしも溶岩流の方向に沿うことな

く、孔口から上方に向け掌状に分岐する支洞がつき易い。床は水平を保ちながら孔口部の直下の高さまで沈下し下手の洞穴へ通ずる。

2) 下手の洞穴

床は暫時下降、次いで水平となり、この階段状を繰り返しつつ Q 流出が停止するまで洞穴は続く。P 破碎から流入する空気は V の軟弱層を辿って山麓に向かう掌状の分岐洞をつくりつつも幹洞と同じ根の Q 流出に誘引されるように再び幹洞へ合流することも起こり易い。この支洞のつき方に対して孔口 (P 破碎口) は要となる。洞穴の延伸方向も溶岩流の方向に沿う傾向をもつ。

溶岩流が停滞する地帯では、上手の洞穴は痕跡の程度で専ら下手が掌状の支洞をつけて流動沈下することもある (西湖蝙蝠穴)。

最奥部は平 (ひら) たい隙間となり、床には流砂の堆積が敷かれているのも珍らしくはない。

§ 3. 洞穴の内部構造

1) 天井・側壁

空気の流入は、空気泡の行列で V の中へ進み、それが昇温膨脹によって押し返され、勢い波状に起こるのであろう。その状況は次々に空気の団塊を V の奥に向けて叩き込むことに例えられよう。それは天井をドーム状に、側壁も外方へ膨らませた形に固定していくことになる。

2) 床

床は、上手では水平に、下手では階段状にその段の上面は水平に保たれるとはいっても、粘液体であ

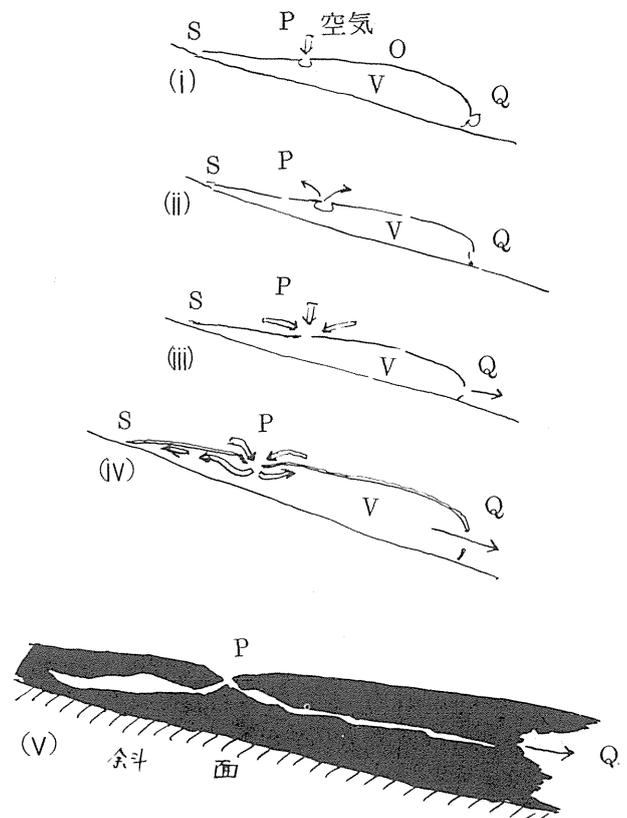


図 15 P 破碎と空気の流入・中身の脱出・洞穴の形成

るから或いは牛糞状に或いは小波（さざ波）状に局部的な盛り上がりを見せてはそれが崩れ流れの紋様をつけることになる。Q流出が波状的に起こって床が階段状になる。富士風穴は僅かに階段を見せるだけでひたすら下降を続けている珍しい例である。6月に富士山頂から下山して入洞し、アイゼンを穿（は）いてゆっくり見物することが出来たのを思い出している。傾斜の急な地帯ではQ流出も円滑に進められたのであろう。

3) 溶岩棚

一時的に固定された床が再び流下すると、側方に比べ中央部の方が流動度が大きいので側壁沿いに段状、棚状の側縁が残り勝ちである。溶岩棚の出来ることは自然である。

4) 二階構造

溶岩流の噴出が間歇（けつ）的に起こって次々に重なっていけば、その都度それなりの外殻が出来るので溶岩層の断面は外殻の硬と中身Vの軟とがサンドウィッチ状になった層序をもつことになる。この中でQ流出が起こり硬層を挟む上下の両軟層に空洞が出来ればこれは二階構造となる、その硬層の端末では仕切りとなった中段をみせる。

§ 4. 洞穴の内装

1) 孔口付近

P 破碎は外殻の断面を見せるので孔口の縁は荒岩であるが孔道へ進むに随って熔融溶岩による内装が厚くなっていく。

2) 孔道

高熱の熔融溶岩Vの中へ空気塊が叩き込まれ空洞が出来ていく、それは我々が硝子細工で壘（びん）をつくる工程と同じである。洞穴の内部は魔法壘の内側のように滑らかで光沢をもつ。洞穴の奥部になると流入空気は昇温して内装は厚くなり、熔融溶岩は天井から滴り、鐘乳や石筍をつくる。壁面に沿う滴垂もその筋をみせる。このような内装の凸凹は外殻の内側の地肌構造上関係し細かい粒子状の地肌は鮫肌となる。

溶岩鐘乳は石灰岩洞穴と異なり、溶岩の供給に現度があるので長大にはならない、石筍も鐘乳から飴のような滴下の勢いがつくので大きくはならないが一般に鐘乳よりは大き目となる。

3) 剝離

内装は、外殻地肌と物理的不均質となっているので勢い剝離し易く、その剝離は内装開始と同時に止まるといってよいであろう。従って天井剝落は床面の流動が起こる以前から開始されることもある。

VI. 堅孔の形成

溶岩樹型とP破碎

溶岩流が樹林地帯を通過し、立木Aを包容して流動が停止し、外殻が出来たとする。Aの幹が初期樹型を形成して、その位置が丁度溶岩流のP部になっている場合を考えよう。このときAが焼尽すれば、外殻に弱点をつくったことになり、P破碎が出現する。A樹型はAの燃焼で煙突となり、最初燃焼ガスとともに中身Vの一部も噴出するであろう、然し乍ら中身と外殻との間の負圧は直にA樹型を逆煙突としてこれを外気の取り入れ孔とする。それはQ流出を促し空洞は次第に拡大する、ここでは強力な圧力

で20 mの厚さの冷固岩外殻を打ち抜くことを要せずに、円滑な孔口拡大が展開される。

斯くして豎孔洞穴は次のように形成されていく、

i) 溶岩樹型AがP破砕となり、豎孔Aをもつ洞穴(A)が出来、それに上手洞A'、下手洞A"が延伸する(岩波風穴)。

ii) 溶岩樹型A₁、A₂、……がそれぞれ豎孔となった洞穴(A₁)、(A₂)、……が同じ溶岩流の中に出て来る。たまたまA₁とA₂又はA₁'とA₂'とが接合して洞穴(A₁・A₂)となる(本栖第1風穴)。

iii) 溶岩樹型A₁、A₂……が同じ溶岩流の中身Vの中に出て居り同じQ流出に与(あずか)つているとする。このときA₁、A₂……は何れもVの中で弱柱体になっている。A₁、A₂……の中の1個例えばA₁がP破砕となれば、Q流出を生じV全体のレベルが下がる。それに伴ってA₂、A₃……は柱体のレベルが下がるだけでそれぞれ丸井戸が出来ていく、これは連通管様式で出来る丸井戸で、何れもA₁のように空気流入による孔道づくりや支洞づくりを働かずに済むものである、氷穴群の中には上記i)、ii)のものもあるであろうがこの部類に属するものもあるであろう、眼鏡穴はこのようにして出来ていたのではなかろうか。万野風穴の孔道の天井の丸窓もii)か又はこの様式の何れかに属すると考える。

iv) 一旦豎孔洞穴が形成されたあとで崩壊(剝落)により豎孔が異常に拡大したものに本栖第1風穴及び婆々穴が数えられ、万野風穴の丸窓も内側が剝落したと思われる堆石が洞底に小丘を築いている。本栖第1風穴の豎孔は崩壊以前でも相当の大木であったであろうことは中段の棚の絞りが径4~5 mになっていることから想像される。

v) 岩波風穴では上段の支洞と下底の幹洞とが径1 m足らずの細身の豎孔(高2 m)によって連結されている。地下で面白い役割りを演じている豎孔であった。

結 び

ここでは少い観察例に基づいて富士山の溶岩洞穴の形成過程を述べたが、動もすれば井蛙の見に墮している点も少なくないと思う。読者諸賢にはご忌憚なくご指摘、ご教示下さいますよう御願ひ致します。

稿を了えるにあたり、数々の洞穴に筆者をご招引下さってご教導を賜った津屋弘達・小川孝徳両先生のご好意に深く感謝申し上げます。また渡辺徳逸・渡辺吉見両先生には態々大野第2風穴にご案内下さって種々ご教導頂きましたことを厚く御礼申し上げます。



写真1 岩波風穴(裾野市)

平坦な畑地に豎孔として開孔している。



写真2 溶岩層中の立木燃焼空管
鳴沢石切場(山梨県)
空管の周壁溶岩の鉄分が酸化赤変している。