島根県出雲市、「神話の国」成立期、猪目洞窟(海食洞窟)の形態と溶岩

沢　勲*・梶谷 実**・肥塚 義明***
（大阪経済法科大学*・出雲古代史家**・洞窟環境 NET 学会***）

Form of the Inome Cave (Sea Cave) and its Lava, "Mythical Country" Establishment Period, Izumo-City, SHIMANE

Isao SAWA*・Makoto KAJITANI**・Yoshiaki KOEZUKA***

ABSTRACT

The ancient people expressed the world of the dead as "Erebus（Yomi）". In "Izumo country topographical record（the Izumo-no-kuni Fudoki）, "I die by all means if I reach the side of the cave of this beach in a dream". Inome Cave is since olden times called “the slope of Yomi”, and “ the hole of Yomi. If you dream of entering this cave you will surely meet with death. I believed that this cave led to "the other world" in the ancient times.

Inome Cave was located at the west end of the Gulf of 16 islands and was formed by erosion from a rhyolite to tufa. In Inome Cave, the precious remains which showed life between until Burial Mound age were discovered in Yayoi period. The excavated article of remains is a bracelet, grave goods, shellfish, the birds and beasts, a fish bone, the nut of a human bone, the shellfish and charcoal. As a result, it is appointed Inome Cave on the historic spot of the country in 1982.

The Inome Cave layer of relics is designation for designated historic spot 1,957 years of the country. Furthermore, I appoint it in Shimane designated cultural assets 1974.

The scales of the cave are more than 30m in width, 10m in height, 30m in depth or 50m in an entrance part.

Cave environment includes "Ebisu-Bridge" on the front of the cave. On the other hand, the door in the cave uses it as a fishing boat place.

There is the cave life time between (before 2300 through 1400) until last part of Burial Mound age after the Yayoi period. Meanwhile, the many remains which showed a burial and the life that there was were discovered.

The writers studied the chemical characteristic of the rock about Inome Cave which they investigated as follows. In other words, at first it is alkali rhyolite (AH) from SiO_2 and (Na_2O+K_2O). Next, It is potassium during from SiO_2 and K_2O relations. Finally I was proved to be tholeiite from relations with SiO_2 and Fe_2O_3/Mg.

キーワード：猪目洞窟の由来、猪目洞窟の形態、猪目洞窟の成分、海食洞窟
Keywords: Origin of Inome Cave,Form of Inome Cave,Ingredient of Inome Cave, Sea Cave
［洞窟環境 NET 学会紀要 4 号］［Cave Environmental NET Society(CENS) , Vol.4(2013), - pp］

目次

1.はじめに
2.出雲市の地理的環境と洞窟写真
3.猪目洞窟の由来と現在
3-1.猪目洞窟遺物包含層、猪目洞窟遺跡出土遺物　3-2.猪目洞窟（出雲市）
3-3.国の史跡猪目洞窟案内　3-4.猪目洞窟の由来
3-5.猪目洞窟 a　3-6.猪目洞窟 b
4.猪目洞窟の地形と環境
4-1.猪目地形の特徴　4-2.猪目洞窟に関連した岩石
4-3.猪目洞窟、天井面にある流紋岩について　4-4.目洞窟、天井面にある凝灰岩について
4-5.猪目洞窟、ケイ酸とアルカリ(Na_2O+K_2O)との関係　4-6.猪目洞窟、ケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係

5.おわりに
5-1.島根県、調査を行った洞窟と神社の位置と標高との関係　　5-2.島根県、調査を行った洞窟の測量値について
5-3.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸とアルカリとの関係について
5-4.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸とカリウムとの関係について
5-5.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸と Fe_2O_3/MgO との関係について
謝辞　参考文献

1.はじめに

本研究の目的は、国の文化遺産学として、地域に貢献する資料を後世に残す参考文献として作成したいからである。本稿は、「神話の国」である島根県出雲市、猪目洞窟で行った洞窟環境 NET 学会と「鷺銅山を訪ねる会」の総合学術調査(2012)報告の一部である。猪目洞窟は、流紋岩から凝灰岩へ海食により形成した海食洞窟である。島根県出雲市の十六島湾からみた猪目洞窟遺跡遠景遺跡の所在地は、〒691-0024 島根県出雲市猪目町 1338 番地で、緯度 35° 26′ 23″ N；経度 132° 42′ 39″ S、標高 13m にある。

猪目地形の特徴は、新生代新第三紀の牛切層（1450 万年前～1400 万年前）の流紋岩溶岩から形成した。当時の海底では、海底火山が多く噴出。噴出した火山砕屑物（火山灰、火山礫）は、熱水の働きを受け変質し、緑色凝灰岩と呼ばれた。また、噴出した火山角礫が堆積した層も見られるのが、牛切層の緑色凝灰岩と礫岩の層である。一連の火成活動で形成されたと考えられている。

猪目洞窟は、弥生時代以降から古墳時代後期まで（2300～1400 年前）の間、生活や埋葬の場で、『出雲国風土記』にも多くの資料がみられる。さらに、猪目洞窟遺跡にある火山洞窟の岩石（流紋岩、花崗斑岩および凝灰岩の酸性岩類主岩体）を構成する岩石の組成と比較し類似性について検討する。

既存の洞窟関連資料情報を収集して、調査との規模と形態、成因等についての概要を把握し、構成要素の現象を示す事実を明らかにしたい。単に火山活動史だけでなく、堆積流とその沿岸地域の海岸地形発達史や環境変遷史との関わりで、洞窟がどのような位置づけや問題点を有しているかという検討が重要である。

古代の人々は、死者の世界を「黄泉」と表現していた。『出雲国風土記』には、「夢にこの磯の窟の辺に至れば、必ず死ぬ。故、俗人古より今に至るまで、”黄泉の坂”、”黄泉の穴”と名づくるなり」と書かれた。夢の中でこの洞窟に行くのを見たならば、必ず死んでしまう。古代には、この洞窟は「あの世」につながると信じられていた。

この”黄泉の穴”と言われる猪目洞窟は、流紋岩から凝灰岩へ海食により形成した海食洞窟である。猪目洞窟には、弥生時代から古墳時代まで間に生活を物語る貴重な遺物が発見された。遺物の出土品は、人骨・貝の腕輪・副葬品・貝類・鳥獣・魚骨・木の実および木炭等である。その結果、猪目洞窟は、昭和 57 年に国の史跡に指定されている。

猪目洞窟の岩石の化学的特性は、まず初めに、SiO_2 と(Na_2O+K_2O)からはアルカリ流紋岩(AH)であることである。次に、SiO_2 と K_2O 関係から中カリウムである。最後に、SiO_2 と Fe_2O_3/Mg との関係からソレアイトであることが判明した。これを中間報告とする。今後の研究課題としては、洞窟の保全と環境問題などがある。調査は短時間であったため、未解明の事項が少なくない。今後も研究を継続する予定であるが、とりあえずこれまでの成果の所見を整理した。測量した値は、回帰方程式の多項式によって解析を行った。さらに、観察を行った結果について報告する。

2. 出雲市の地理的環境と洞窟写真

出雲市は、島根県の中東部に位置する。県内では 2 番目、山陰地方では松江市・鳥取市に次いで 3 番目の人口である。出雲市に隣接する都市は、大田市と共に県中部の中心都市となっている。出雲市は「神話のふるさと出雲」と言われ、出雲大社、須佐神社ほか豊富な歴史・文化遺産に恵まれ、古代史文化の地域である（**表 2-1**）。

表 2-1.出雲市の内容

項　目	内　容	項　目	内　容
市役所住所	〒693-8530 島根県出雲市今市町 70 番地	市の花	キク

地　方	中国地方、山陰地方	市の木	クロマツ
隣接自治体	松江市、大田市、雲南市、飯南町	面積	624.12km²
総人口	170,582 人（推計人口、2012 年 7 月 1 日）	人口密度	273 人/km²

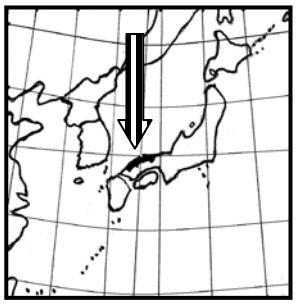


図 2-1. 島根県出雲市の位置

図 2-2. 出雲市の十六島湾にある猪目洞窟付近の地図

出雲市の地理は、2005 年に旧出雲市・平田市・簸川郡大社町・湖陵町・多伎町・佐田町の 2 市 4 町が新設合併し、2011 年に斐川町が編入合併した。旧出雲市は、室町時代以来、物資の集散地となった今市を中心として、周辺の村が合併して成立した市である。地域の大部分は旧・簸川郡だが、出雲市地合町、野郷町、美野町はかつての旧・八束郡、出雲市西谷町、佐田町須佐・大呂・反辺・朝原・原田・宮内はかつての飯石郡、出雲市多伎町神原は昔の石見国（旧・安濃郡）にあたる。出雲平野を中心として、北部は出雲神話でも知られる島根半島と日本海、南部は中国山地に接する。市の東部には斐伊川が流れ、宍道湖に注いでおり、海、山、川、湖、平野、温泉と多彩な地勢を有する（**図 2-1**）。猪目洞窟は、十六島湾の西に位置し、猪目海水浴場のそばにある（**図 2-2**）。

出雲神話の舞台となる出雲市の古代は、肥沃な出雲平野を背景として古代から発展したと考えられる。それは、豊富な神話、大量の出土品、古墳が根拠となり、古くから栄えた勢力であった。記紀神話においては出雲が舞台とされ、出雲大社の創建が語られるなど、朝廷から重視された地域である。

近世後期以降、出雲平野は「雲州木綿」の集散地となり、特に旧平田市にあたる楯縫郡では、明治初期の記録において木綿の生産高が米の生産高を上回るほどであった。また大正時代から昭和 30 年代にかけては、出雲製織（のち大和紡績）、郡是製糸、鐘淵紡績などの工場がつくられ、繊維工業の町となった。

写真 2-1.猪目洞窟前の十六島湾

写真 2-2.猪目洞窟前の高架道路

写真 2-3.猪目洞窟前は小型船着場

猪目洞窟の前にある高架道路からは十六島湾を眺めることができる（**写真 2-1**）。洞窟の調査のため、入口の前にある高架道路から洞窟内へ向った（**写真 2-2**）。洞窟の入口前からは、高架道路と船着場が見える（**写真 2-3**）。

海食洞窟とは、波浪による侵食で海食崖に形成された洞窟である。洞窟には、海崖に断層や割れ目などの弱い部分が存在すると、侵食の度合いによって海食洞が形成される。海面の形成は、干満の具合により、隆起と満潮時の水位より上に洞窟が持ち上るものがある。波が来るたびに海水を中の空気と一緒に吹き出すので、潮吹き穴と呼ぶ。海岸が沈降した場合、海底洞窟となる。海食洞の中には岩を貫通し、トンネル状になったもの（洞門）も見られる。海食洞には人が居住できるほどの空間

が形成される例もあり、猪目洞窟のように古代の生活跡が残されている場合もある。猪目洞窟の主要岩相は、主として凝灰岩・安山岩・デイサイト溶岩・流紋岩溶岩である。

写真 2-4. 猪目洞窟、傾斜状の洞窟天井部分、右は小舟が停泊中	写真 2-5. 猪目洞窟、緑色凝灰岩の天井部分	写真 2-6. 猪目洞窟内部から洞口を撮影・右側には小さい祠の神社

猪目洞窟は、傾斜状の洞窟天井部分で、◿タイプ(直角三角形)の洞窟形態である(**写真 2-4**)。入口付近には、小舟が停泊している。天井部分は、緑色凝灰岩である(**写真 2-5**)。洞口付近は広く、内部に行くほど狭くなっている(**写真 2-6**)。また、小さい祠の神社がある。

凝灰岩とは、火山から噴出された火山灰が地上や水中に堆積した岩石である。成分が火山由来であるが、生成条件から堆積岩(火山砕屑岩)に分類できる。数ミリ以下の微細火山灰が堆積した岩石、石質は軟らかい、割れ方は無方向、風化しやすい、比重は花崗岩に比べて低く、吸水率も高い、耐火性の建築石材になる。緑色凝灰岩(Green tuff、グリーンタフ)は、中国地方の日本海側から中部・関東・東北地方に広く分布した。新生代第三紀の大規模な海底火山活動に由来すると考えられる緑色凝灰岩である。洞口付近には、小さな祠の神社があり、規模は縦 1.20m・横 0.70m・奥行き 0.70m である(**写真 2-7**)。斜面上の天井下の床面には、石筍が見られ火山岩華の郡である(**写真 2-8**)。**写真 2-9** は斜面上の天井下、溶岩棚にある石筍の火山岩華の郡である。

写真 2-7.猪目洞窟の神社。規模は縦 1.20m・横 0.70m・奥行き 0.70m	写真 2-8.斜面上の天井下、床面に石筍が見られる火山岩華の郡	写真 2-9.斜面上の天井下、溶岩棚にある石筍の火山岩華の郡

写真 2-10. 狭い斜面天井の下部に多数の石筍が生成	写真 2-11. 狭い斜面天井の下部に岩間には蟹(赤色)が生息	写真 2-12. 傾斜天井の石筍と石花が混在

洞窟内の狭い斜面天井の下部に多数の石筍が生成している(**写真 2-10**)。また、狭い斜面天井の岩間には、蟹の生息が確認された(**写真 2-11**)。傾斜天井には、石筍と石花が混在している箇所も見られた(**写真 2-12**)。

3. 猪目洞窟の由来と現在

3-1.猪目洞窟遺物包含層、猪目洞窟遺跡出土遺物(出雲市・出雲市教育委員会 2008(平成 20)年 3 月)

この洞窟遺跡は、一九四八(昭和二三)年に、漁船の船置場として利用するため入口の堆積土を取り除いた時に発見されたものです。凝灰岩の絶崖にできたこの洞窟は、東に向かって開口しており、幅約三〇m、奥行き三〇m あります。

この遺跡は、縄文時代中期の土器片も少量採集されていますが、弥生時代以降、古墳時代後期まで(二三〇〇～一四〇〇年前)の埋葬と生活の遺跡といえます。埋葬の遺跡としては、人骨が一三体以上見つかっており、特に注目されるものとしては、南海産のゴホウラ製貝輪をはめた弥生時代の人骨や、舟材を使った木棺墓に葬られた古墳時代の人骨、稲籾入りの須恵器を副葬した人骨などがあります。生活の遺跡としては、各種木製品、土器、骨角器などの道具や、食料の残滓と思われる貝類、獣骨、鳥骨、魚骨、木の実など、また多量の灰などがあります。発見当時、大社考古学会により調査が行われた関係から、出土品は現在、大社町の史跡猪目洞窟遺物包含層出土品収蔵庫で保管されています。(**写真 3-1**)。

3-2.猪目洞窟(出雲市)

古代の人々は、死者の世界を「黄泉」と表現していました。『出雲国風土記』には、「夢にこの磯の窟の辺に至れば、必ず死ぬ。故、俗人古より今に至るまで、黄泉の坂、黄泉の穴と名づくるなり」と書かれ、「夢の中でこの洞窟に行くのを見たならば、必ず死んでしまう。ここは昔から黄泉の坂、黄泉の穴と呼んでいる。」と記されています。古代には、この洞窟は「あの世」につながると信じられていたようです(**写真 3-2**)。

3-3.国の史跡猪目洞窟案内

この大洞窟は猪目湾に西端位置し、凝灰岩の海食により出来たのだ。東方に開口している。古く出雲風土記の「黄泉の穴」に当たると推定され数々の怪談が伝えられていた。去る昭和二十三年に船揚げ場の拡張工事をした際、凝灰岩の微砂、石片、石塊などの堆積層から多数の人骨や遺物が出した。出土物は弥生時代から古墳時代にかけてのもので、人骨は数十体あり屈葬と伸展葬の両式が見られ、腕にはめた貝輪やたかつき、大小のつぼ等の副葬品が多数あった。 又多くの木器、貝類、鳥獣、魚骨、その他稲もみ、木の実、海草類、更に炉の跡、木炭、木灰等住時の生活を物語る貴重な遺物が発見された。昭和三十二年国の史跡に指定されている(**写真 3-3**)。

写真 3-1. 猪目洞窟看板

写真 3-2. 猪目洞窟看板

写真 3-3. 猪目洞窟看板

3-4.猪目洞窟の由来(出雲市の広報課 http://www.city.izumo.shimane.jp/)

猪目洞窟遺物包含層は、国指定史跡 昭和 32 年(1957)指定。猪目町にあるこの洞窟遺跡は、今年、発見 60 年を迎えます。洞窟は、猪目海水浴場の西側にあり、高さ約 30m の断崖絶壁の裾に、海側の東を向いて開口しています。洞窟の大きさは、入口部で幅 30m、高さ 10m、奥行き 30m 以上あります。洞窟の前面には恵美須橋がかかり、洞窟内の一部は漁船置き場として利用されています。

3-5. 猪目洞窟(http://www.japanmystery.com/simane/inome.html)

現在地は、島根県出雲市猪目町である。昭和 23 年に漁港の改修工事をおこなった際に、堆積物を取り除いて発見されたのがこの猪目洞窟である。考古学的には弥生時代の人骨や交易に使われていた装飾品などが発掘され、文化財としても貴重なものである。だが、伝承の世界においてもこの洞窟は特筆されるべき存在なのである。

『出雲国風土記』:この洞窟は“磯より西の方に窟戸あり。高さ広さ各六尺許なり。窟の内に穴あり。人入ることを得ず。深き浅きを知らず。夢にこの磯の窟の辺りに至る者は必ず死ぬ。故、俗人、古より今に至るまで、黄泉の坂、黄泉の穴と号くるなり”と記されている。つまりこの世とあの世を結ぶ境界、 そして“死”を意味する場所なのである。

洞窟は、はっきり言って相当な大きさである。入り口は縦横 30 メートルとあるが、実際に当初の目的通り漁船や 漁具を置く場所になっている。しかしその奥は、子供がようやく入れるかどうかというほど狭く、そして漆黒の闇が支配している。まさに“死の世界への入り口”としての圧倒的な存在感である。(黄泉の国への入口として「黄泉比良坂」があるが、この猪目洞窟の方が断然恐怖感がある)。洞窟の奥は約 50m の奥行きになっているらしい。だが、ある噂ではさらに奥へ入っていくことができ、とある場所へ出ることができるという。

3-6.猪目洞窟(http://www.yuyuyu.jp/ancient/yomi_ana.htm)

古事記・日本書紀で，この世とあの世の境のことを意味するのでしょうか。伊邪那美尊(いざなみのみこと)が火の神を産んで死んだ。伊邪那岐尊(いざなきのみこと)が伊邪那美尊に逢いに行った所が黄泉(よみ)の国であり，その境界を黄泉比良坂(よもつひらさか)といわれている。

『出雲国風土記』では，磯の西にある岩窟に穴があり，人は入ることが出来ない。夢でこの岩窟辺りに行くと必ず死ぬと言われていて，土地の人らは昔から，黄泉の坂とか黄泉の穴とか呼んでいる。

宇賀郷。郡家正北 17 里 25 歩。所造天下大神命，誂坐神魂命御子，綾門日女命。尓時，女神，不肯，逃隠之時，大神伺求給所，此則是郷。故云宇加。即北海浜有磯。名脳磯。高一丈許。上生松，芸至磯。邑人之朝夕如往来，又，木枝人之如攀引。自磯西方窟戸，高広各六尺許。窟内在穴。人不得入。不知深浅也。夢至此磯窟之辺者必死。故俗人，自古至今，号黄泉之坂・黄泉之穴也。『出雲国風土記』より引用

これらの内容が猪目洞窟の由来と現在であり、**表 3-1** はその内容を表としてまとめたものである。

表 3-1.猪目洞窟遺物包含層

	項　目	内　　容
1	所在地	島根県出雲市猪目町 1338
2	交通アクセス	交通アクセス、JR 出雲駅より一畑電鉄で雲州平田駅下車、バスで 20 分
3	猪目洞窟遺物包含層	国指定史跡 昭和 32(1957)年指定。島根県指定文化財 昭和 49(1974)年指定。
4	洞窟の発見	60 年前
5	洞窟の位置	猪目海水浴場の西側で、高さ約 30～50m の断崖絶壁の裾に、海側の東を向いて開口
6	洞窟の地形	緑色の凝灰岩の層が海に向かって傾斜。猪目洞窟の上の壁にはグリーンタフの緑が見られる。グリーンタフとは、緑色の凝灰岩である。これは、海底火山の噴火による火山灰が、火山活動による熱水で変質した。熱水とは、地殻内にある高温水溶液である。熱水源は天水(あまみず)、海水、マグマ水等である。洞窟の天井には、礫岩の層で、濃緑色の層を境にして礫が層を形成。角礫は、岩石が水の作用を受けない海底堆積物。

7	洞窟の特徴	新生代新第三紀の牛切層（1450万年前～1400万年前）の流紋岩溶岩である。緑色凝灰岩（Green Tuff、グリーンタフ）。中国地方の日本海側から中部・関東・東北地方に広く分布している。新生代第三紀の大規模な海底火山活動に由来すると考えられており、日本列島の根幹をなす岩石のひとつ。また、噴出した火山角礫が堆積した層もある。
8	洞窟の規模	入口部で幅 30m、高さ 10m、奥行き 30m あるいは 50m 以上
9	洞窟の環境	洞窟の前面には恵美須橋がかかり、洞窟内の一部は漁船置き場として利用
10	洞窟の生活時期	弥生時代以降、古墳時代後期まで（2300～1400 年前）の間、埋葬や生活を物語る数々の遺物が発見された
11	出雲国風土記	洞窟遺跡は奈良時代（天平 5 年（733））に出雲郡宇賀郷に記述された黄泉之坂、黄泉之穴と考えられる。
12	出土品	13 体の人骨、弥生人骨の1体にはめられていた腕輪は、南方の海にしか生息しないゴホウラ貝で作られた。

4.猪目洞窟の地形と環境

4-1.猪目地形の特徴（http://homepage2.nifty.com/izumonotisitu/inome2.html）

猪目地形の特徴は、新生代新第三紀の牛切層（1450 万年前～1400 万年前）の流紋岩溶岩から形成。当時の海底では、海底火山が多く噴出。噴出した火山砕屑物（火山灰、火山礫）は、熱水の働きを受け変質し、緑色凝灰岩と呼ばれた。また、噴出した火山角礫が堆積した層も見られるのが、牛切層の緑色凝灰岩と礫岩の層である。

猪目洞窟には、緑色凝灰岩層が海に向かって傾斜している緑色凝灰岩は緑色の凝灰岩(グリーンタフ: green tuff)である。すなわち、海底火山の噴火時の火山灰は、熱水変質作用を受けて熱水で変質したのである。この熱水変質作用によりの有色鉱物（黒雲母・カクセン石・輝石等）が、緑泥石という緑色に変化した鉱物である。熱水とは地殻内にある高温水溶液である。熱水源は、雨水、海水とマグマ水である。牛切層の流紋岩は熱水で変質した緑泥石である。

一方、変質うけなかった火山礫などは、火山角礫岩層として堆積する。火山礫（Lapilli）とは、火山噴火により生じた火山岩片である。火山礫は「小さな石」と言われ、粒子のサイズによって定義し、直径 2-64 mm のものである。火山岩塊（直径 64 mm 以上）、火山灰（直径 2 mm 未満）と呼ばれる。流紋岩の火山角礫岩（水の影響を受けていない礫岩）が見られます。緑色の濃い部分は緑泥石が集合体である。洞内から洞外の海へ出る側崖は、洞窟に見られるのと同じ礫岩層である。角礫は、風化作用と海食作用による「跡：空壁」に、丸い穴が多く見られる。洞窟の天井付近にある礫岩の層は、濃い緑色の層を境として礫岩層が見られる。角礫は、岩石が水の作用をあまり受けずに海底に堆積したことを表わす。安山岩ではなく、流紋岩の火山角礫岩です。熱水による変成をあまり受けていない火山礫の層である。

4-2.猪目洞窟に関連した岩石

代表的な岩石には、地殻を構成する岩石とマントルを構成する岩石に区分できる（**表 4-1**）。は地殻を構成する岩石に属し、堆積岩と火成岩に属する。堆積岩には凝灰岩があり、火成岩には火山岩の流紋岩がある。火成岩とはマグマが冷えて固まった岩石である。火成岩を大きく分けると、マグマが墳火口から墳火口時に急激に冷えて固まった火山岩と、ゆっくり時間をかけて冷え固まった深成岩に分けられる。

表 4-1.代表的な岩石の分類

地殻を構成する岩石	堆積岩		砂岩、泥岩、礫岩、チャート石灰岩、凝灰岩
	火成岩	火山岩	流紋岩、安山岩、玄武岩
		深成岩	花崗岩、閃緑岩、ハンレイ岩
	変成岩		片岩、片麻岩、角閃岩、緑色岩
マントルを構成する岩石	カンラン岩		

4-3.猪目洞窟、天井面にある流紋岩について

流紋岩(Ryolite)とは、火山岩の一で、石英粗面岩(流紋岩の旧名で、石英粗面岩(Liparite)とは関係ない流紋岩の旧名である。二酸化ケイ素(重量比約 69wt.%以上)、石英、カリ長石、黒雲母の淡色などを含む。ガラス質の石基には流理が目立つ。溶岩・火砕流・岩脈など、有色鉱物の小班晶をもち、溶岩流時には岩脈として現われる(**表 4-2**)。

表 4-2.流紋岩に関するマグマの種類と火山の形

火山の名称	岩石名	火山の名称	岩石名
火山岩名	デイサイト、流紋岩	溶岩の温度	低い(800℃～1000℃)
代表的な火山	昭和新山、雲仙普賢岳等	溶岩の色彩	白っぽい、淡い色
噴火の様子	大墳火、大爆発(ブルガノ式)	溶岩の特徴	お椀をふせた形
火山の形態	溶岩円頂丘(溶岩ドーム)	溶岩の粘性	高い、粘りが大きく流れにくい
深成岩	花崗岩	半深成岩	石英班岩
産出地域	大陸	性質	班長質、酸性岩
SiO2 含有量	多量・69wt%以上	造岩鉱物	石英、カリ長石、黒雲母

写真 4-1 は 出雲市内の流紋岩の顕微鏡写真である。**写真 4-2** は風化した凝灰岩？赤褐色。火山灰が強く圧縮され岩石、流離構造である。

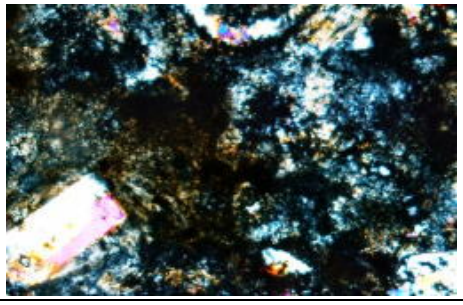


写真 4-1. 出雲市、流紋岩の顕微鏡写真
//homepage2.nifty.com/izumonotisitu/kaseigan.html

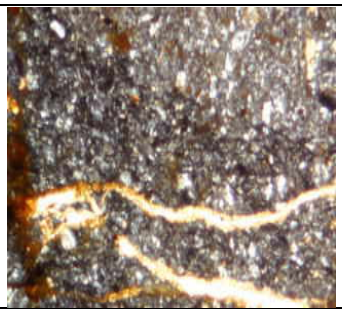


写真 4-2.風化した凝灰岩？赤褐色。火山灰が強く圧縮され岩石、流離構造。//www7b.biglobe.ne.jp/~tiikitisitu/no.25.htm

ここでは、佐津目火山類・志都岩屋神社、大森層(牛切層)の猪目洞窟,大森層(牛切層)の静之窟および久利層(成相寺層)の脳島洞窟に関する地質時代の主要岩相と火山活動と放射年代との関係を表示したのが**表 4-3** である。主要岩相は、花崗岩、流紋岩、デイサイトと流紋岩である。K-Ar 法による年代は 1 億 4000 年前か 1600 万年前である。

表 4-3.地質時代の主要岩相と火山活動と放射年代

地質時代		層　　序	主要岩相	特　性	放射年代(K-Ar)
古生代	後期白亜紀	佐津目火山類・ 志都岩屋神社	花崗岩		1 億 4000 年前
新生代	古第三紀				6500-2400 万年前
新生代	新第三紀				2400-200 万年前
新生代	中新世				2400-500 万年前
新生代	第四紀				200 万年前-現在
新第三紀	中期中新世	大森層(牛切層)・ 猪目洞窟・半島部	流紋岩	ソレアアイト／カルクアルカリ系(安山岩・流紋岩)	14.5-14Ma,14Ma Ago,1450 万年前

第三紀	中新世	大森層（牛切層）・静之窟・半島部	デイサイト	ソレアアイト／カルクアルカリ系（安山岩・流紋岩）	14.5-14Ma,14Ma Ago,1450 万年前
新第三紀	中期中新世	久利層（成相寺層）・脳島洞窟・半島部	流紋岩	ソレアアイト／カルクアルカリ系（安山岩・流紋岩	16-14.5Ma, 15-19 Ago,1600 万年前

鹿野和彦・松浦浩久・沢田順弘・竹内圭史:『岩見大田及び大浦地域の地質』（地質調査所、1998）

4-4. 猪目洞窟、天井面にある凝灰岩について

凝灰岩は、堆積岩で、火山灰などの火山砕屑物が硬化し固結した岩石である。火山由来は、生成条件から堆積岩（火山砕屑岩）に分類される。主要成分が，火山ガラスか，溶岩片か，結晶片かによって異なり、ガラス質凝灰岩，石質凝灰岩，結晶凝灰岩と呼ぶ、流紋岩～安山岩質である。色彩は、白色・灰色から暗緑色・暗青色・赤色までの色がある。石材の利用は、軽くてやわらかいものに入る。大谷石は、扱いやすさと耐火性から石塀や石蔵としてよく使用される。凝灰岩の分析者は蛍光X線分析法、鹿児島県工業技術センターを参照した。

佐津目火山類・志都岩屋神社、大森層（牛切層）の猪目洞窟、大森層（牛切層）の静之窟および久利層（成相寺層）の脳島洞窟に関する全岩化学組成との関係を表示したのが**表 4-4** である。主要岩相は、花崗岩、流紋岩、デイサイトと流紋岩である。

表 4-4. デイサイト、流紋岩と花崗岩の全岩化学組成（単位：wt%）

化学組成		大森層・牛切層	大森層・牛切層、久利層・成相寺層		無火山活動	標準試料
		デイサイト	流紋岩		花崗岩	凝灰岩
		静之窟	猪目洞窟・脳島洞窟		志都岩屋神社	標準試料
ケイ酸	SiO_2	65.61	70.84	75.32	76.83	70.89
酸化チタン	TiO_2	0.53	0.70	0.40	0.44	0.39
酸化アルミニウム	Al_2O_3	15.45	14.71	12.82	12.47	14.03
酸化第二鉄	Fe_2O_3＊	6.15	3.67	2.61	3.33	3.46
酸化マグネシウム	MgO	2.30	0.22	0.19	0.04	0.33
酸化マンガン	MnO	0.11	0.08	0.04	0.02	0.00
酸化カルシウム	CaO	5.13	3.17	1.63	0.70	3.21
酸化ナトリウム	Na_2O	3.34	4.79	4.08	3.54	4.07
酸化カルウム	K_2O	1.01	1.43	1.79	4.71	2.80
酸化リン	P_2O_5	0.10	0.25	0.10	0.00	0.00

鹿野和彦・松浦浩久・沢田順弘・竹内圭史:『岩見大田及び大浦地域の地質』（地質調査所、1998）

安山岩（Andesite）：火成岩の一種。SiO2 が 53～63wt.% の火山岩と定義される。深成岩の閃緑岩に対応する。ひん岩と呼ばれていた岩石も含まれる。 Andesite は、アンデス山脈に産出する名で、「アン」デス「山」脈の当て字である。安山岩は、殆んどがプレートの沈み込み帯で噴火した非アルカリ質の岩石である。トータルアルカリ量（Na2O+K2Owt.%）が高いアルカリ岩系列のものも存在するが、ごく稀である。FeO*/MgO 比の増加に伴い、SiO2 量の増加するカルクアルカリ系列と、SiO2 量が増加しないソレアイト系列とに分けられる。カルクアルカリ系列は久野久が箱根の岩石の研究で提唱したハイパーシン系列に、ソレアイト系列はピジョナイト系列に対応する。後に柵山雅則は、カルクアルカリ系列には鉱物の化学組成にバイモーダルが認められること、および、かんらん石と角閃石など、非平衡鉱物が共存することから、玄武岩質マグマと珪長質マグマの混合（マグマ混合）がカルクアルカリマグマの主成因であると主張した。産地では石垣や石壁、また砕石（砂利）として使われる。

溶岩：多孔性一般に噴出前のマグマは水を主成分とする揮発成分を大量に含め、減圧作用により発泡する。揮発成分は常時少しずつマグマから分離し火山ガスとして放出され、噴火の際には一気に大量のガスが抜け出て噴火時の爆発や高く上る

噴煙を形成する。火口から流出する溶岩流にも揮発成分が含まれており、地上に出た際の圧力低下によって徐々にガスが分離するため多数の気孔や気泡を含む。

溶岩の粘性：その温度や成分によって異なる。温度が高いほど粘性が小さく、冷えると固化する。また成分的にはマグマ中のケイ酸成分（二酸化ケイ素）の量が多いほど粘性は大きくなる。日本を含む太平洋周辺の火山の溶岩は二酸化ケイ素成分の少ないものから順に、玄武岩→安山岩→デイサイト→流紋岩　であり、後になるほど粘性が高い。

ケイ酸が粘性を左右する理由：純粋なケイ酸は 4 面体の原子配列を持つ。④面体の中心にケイ素原子があり四本の結合手で酸素と結合している。各頂点の酸素は隣の四面体と共有されている。この構造が三次元的に繰り返し連続して網目構造を作る。この三次元網目構造はケイ酸の融点とされる 2,000℃でも有効であり、粘性を極端に大きくしている。このためケイ酸を重量 65%程度含むデイサイト質溶岩は粘性が大きく流動性に乏しい。マグマの中にはケイ素以外に他の金属が含まれる。ケイ酸の網目中にマグネシウム・鉄・カルシウムなどの金属原子が入ると、4 面体の連続性が損なわれ、三次元網目構造が崩れる。玄武岩は金属成分に富みケイ酸の重量が少ない（40～50%）ため、三次元網目構造の影響は非常に小さく、低粘性の溶岩となる。

デイサイト(Dacite)溶岩：比較的珪酸(SiO_2)成分の多い火山岩で、デイサイトが溶けた状態にあるものをデイサイトマグマ。デイサイトマグマは粘性（粘り気）が高いため、ハワイのキラウエア火山の玄武岩マグマのように火山体を流れ下ることはない。力を加えた時の水飴のようにゆっくりと変形しながら、地下の断裂帯などの通過しやすい部分を上昇し、地表近くで地下水と反応すれば水蒸気爆発を引き起す。地下浅いところに至ると地表を押し上げてドームを形成することがよくあります。

玄武岩（Basalt）：苦鉄質火山岩の一種。深成岩の斑れい岩に対応する。火成岩は全岩化学組成（特に SiO_2 の重量%）で分類、SiO_2 が 45～52%で斑状組織を有する。斑晶は肉眼で見えないほど小さい場合もある。色は肉眼で黒色か灰色、鉄分の酸化によって赤～紫色に見える。斑晶および石基として、有色鉱物である輝石・カンラン石、無色鉱物である斜長石等を含む。アルカリ玄武岩にはケルスート閃石や金雲母を含むこともある。玄武岩マグマを生じる上部マントルの部分溶融度が大きければソレアイト玄武岩（Tholeiitic basalt）、部分溶融度が小さければアルカリ玄武岩（Alkali basalt）となる。

流紋岩（Rhyolite）：火山岩の一種。花崗岩に対応する成分の火山岩。名称は、マグマの流動時に形成される斑晶の配列などによる流れ模様（流理構造）がしばしば見られる以前は、流理構造の見られないものを「石英粗面岩（Liparite）」と呼び、現在は使用しない。現在では流紋岩に統一している。火山岩は岩石全体の成分（特に SiO_2 の比率）で分類され、流紋岩は SiO_2 が 70%以上のもの。通常は斑状組織を持つ。色は白く、噴出条件や結晶度などにより多様である（黒い流紋岩もある）。斑晶および石基として、無色鉱物である石英・長石（カリ長石・斜長石）、有色鉱物である黒雲母・角閃石（まれに輝石）等を含む。流紋岩とデイサイトの中間的な性質の火山岩を流紋デイサイト（Rhyodacite）と呼ぶ。

4-5.猪目洞窟、ケイ酸とアルカリ(Na_2O+K_2O)との関係

噴火によってもたらす物質の岩質を示すことができる。岩石名は、公表されている主成分全岩化学組成の分析値を用い国際地学連合（IUGS）の分類案（Le Bas et al.,1986; Le Bas & Streckeisen, 1991）に従って記載できる。この分類案ではノルム計算を行わないと玄武岩と流紋岩のアルカリ系列・非アルカリ系列の区分を示すことができない。本データでは、簡便化のため、玄武岩と流紋岩については Kuno（1966）によるアルカリ系列・非アルカリ系列の区分線を用いた。アルカリ系列のものは「アルカリ玄武岩」「アルカリ流紋岩」，非アルカリ系列のものは「玄武岩」「流紋岩」と記載した。火成岩で構成される火成岩体の特徴を表現する場合には、アルカリ岩と非アルカリ岩に区分することが基本的な分類方法である。アルカリ岩と非アルカリ岩に比べるときに、横軸に SiO_2（wt.%)対縦軸に(Na_2O+K_2O)(wt.%)をプロットすると、アルカリ(Na_2O+K_2O)の含有量が高いのがアルカリ岩である。その中で、ケイ酸の含有率とアルカリ性の関係として、(Na_2O+K_2O）が多くなるとそれぞれの成分が異なることが分かる。アルカリ(Na_2O+K_2O)の含有量が低いのが非アルカリ岩である。非アルカリ岩の中にマグマ分化が進行すると鉄含有量が富むとそれはソレアイト系列で、少なくなるとカルクソレアイト系列と呼ばれる。すなわち、45～52(wt.%)ケイ酸の特性は、極小噴火で、玄武岩質で、高い温度（1200℃）および低い粘性である。57～67(wt.%)ケイ酸の特性は、小噴火で、安山岩質で、中間温度（1000～1200℃）および中間粘性である。69 以上の(wt.%)ケイ酸の特性は、大噴火で、流紋岩質（ディサイト）で、低い温度(800～1000℃)および高い粘性を有している。火山岩体のケイ酸とアルカリ成分（**表 4-4**）との関係を究明するために、**図** 4-1 の横軸に SiO_2（wt.%)、縦軸に(Na_2O+K_2O)(wt.%)をとり、それぞれの溶岩の化学組成(Miyashiro,1978 ; R.W.Le Maitre, 1938)をプロットした。

図 4-1 におけるアルカリ岩と非アルカリ岩との境界線は、KUNO(1966)によるものである。図中 2 本の境界線はアルカリ岩（A 線）と非アルカリ岩（AH 線）である。上部境界線より上の領域がアルカリ玄武岩、下の領域が非アルカリ玄武岩、この 2 本の境界線に挟まれる部分が高アルミナ質岩である。

流紋岩のアルカリ成分(Na_2O+K_2O)は、それぞれ 6.22 と 5.87 wt.%で、**図** 4-1 は上▲と■のように表示した。流紋岩のアルカリ成分より小さいアルカリ性は静之窟(4.4wt.%)の○表示の成分で、大きいアルカリ性は志都岩屋神社(8.3 wt.%)の◆表示の成分である。したがって、その中間に流紋岩がある。

図 4-1 から解釈すれば、流紋岩は、AH 線より少ないためアルカリ流紋岩であることが確認できる。ゆえに、玄武岩であるカムチャッカ、済州火山島および富士山の溶岩は、流紋岩と花崗岩と凝灰岩よりはるかに大きいことが確認できたのである。これらの特性から考察すれば、これらの岩石遺跡は、69(wt.%)以上のケイ酸の特性に該当することがほぼ判明できる。形態は斜平洞窟に相当する酸性岩である。ここで、流紋岩の領域で、アルカリ流紋岩(AH)であることが確認できる。猪目海食洞窟のアルカリ流紋岩(AH)は、静之窟海食洞窟より多く、志都岩屋神社岩より少ない。一方、脳島海食洞窟とほぼ同じである。

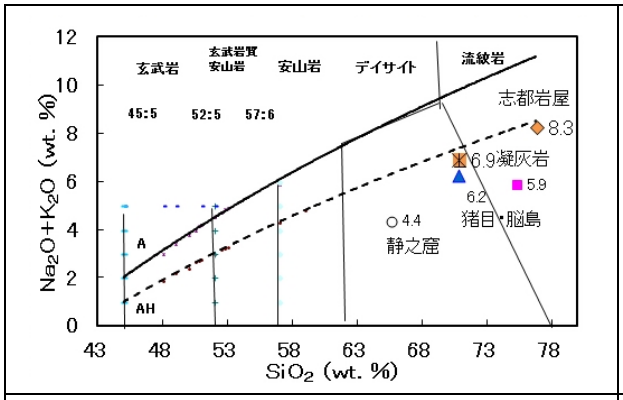


図 4-1.ケイ酸とアルカリ(Na_2O+K_2O)との関係

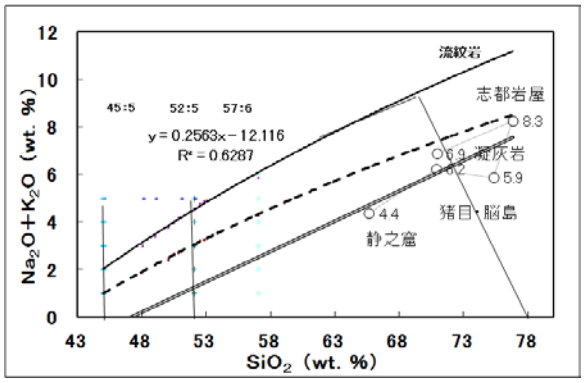


図 4-2.ケイ酸とアルカリ(Na_2O+K_2O)との関係

図 4-2 のケイ酸とアルカリ(Na_2O+K_2O)との関係では、ケイ酸とアルカリの回帰方程式は、(Na_2O+K_2O)＝0.256（SiO_2）−2.12・・・(R^2=0.629)である。高い決定係数であることが確認できる。

4-6.猪目洞窟、ケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係

志都岩屋神社、大森層（牛切層）の猪目洞窟,大森層（牛切層）の静之窟および久利層（成相寺層）の脳島洞窟に関する全岩化学組成との関係表（**表 4-4**）からケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係を解析する。横軸に SiO_2 (wt.%)対縦軸に(K_2O)(wt.%)の関係をプロットすると、非アルカリ岩は中カリウム岩系列と低カリウム岩系列に相当する。中カリウム岩系列は高カリウム岩系列と低カリウム岩系列の中間にある。

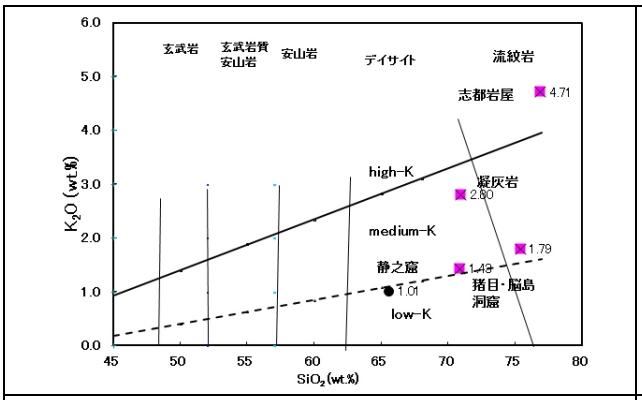


図 4-3.ケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係

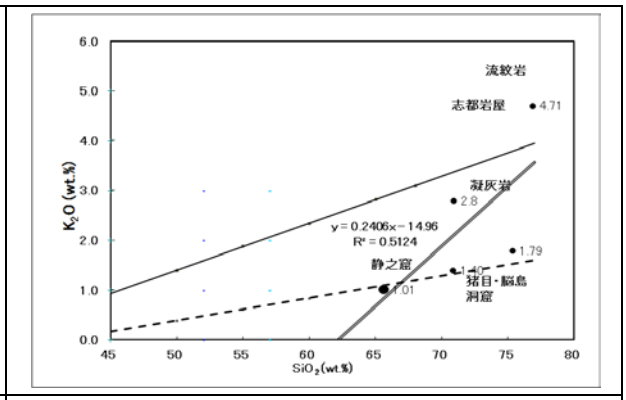


図 4-4.ケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係

ケイ酸と酸化カリウム成分との関係を究明するため、SiO_2-K_2O 図に、それぞれの溶岩の化学組成をプロットした(**図 4-3**)。境界線は、Miyashiro(1978); R.W.Le Maitre(1938)に基づいている。

ケイ酸と酸化カリウム成分との関係を究明するため横軸を SiO_2(X:wt.%)、縦軸に KO(Y:wt.%)をとり、それぞれの溶岩の化学組成をプロットした。**図 4-3** は、猪目洞窟の流紋岩における右側にある■表示した。猪目洞窟の酸化カリウム成分(K_2O)は 1.49 と 1.79wt.%で、静之窟(1.01wt.%)より多く、志都岩屋神社(1.01wt.%)より少ない値である。ゆえに、medium-K の中カリウム系列流紋岩であることが確認できる。

図 4-4 のケイ酸と酸化カリウム(K_2O)との関係では、ケイ酸とアルカリの回帰方程式は、(K_2O)＝0.241 (SiO_2) －14.96 (R^2=0.512)である。

4-7. 猪目洞窟、ケイ酸と Fe_2O_3/MgO との関係

横軸に SiO_2 対縦軸に Fe_2O_3/MgO の関係をプロットすると、点線の下はカルクアルカリ岩であり、点線の上はソレアイト岩系列に相当する。安山岩(58～60)(wt.%)では Fe_2O_3/MgO の比が 37～52 の範囲である。流紋岩(71～75)(wt.%)では Fe_2O_3/MgO の比が 46～65 の範囲である。ゆえに、Fe_2O_3/MgO の比では、安山岩より流紋岩の方が大きいソレアイト岩は、猪目洞窟・脳島洞窟・志都岩屋神社の値である。一方、カルクアルカリ岩は静之窟である(**図 4-5**)。

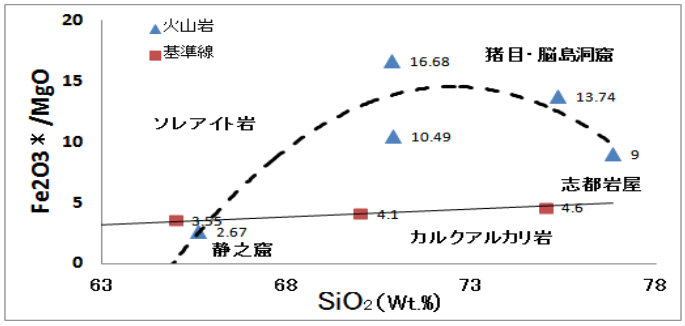


図 4-5. ケイ酸と Fe_2O_3/MgO との関係

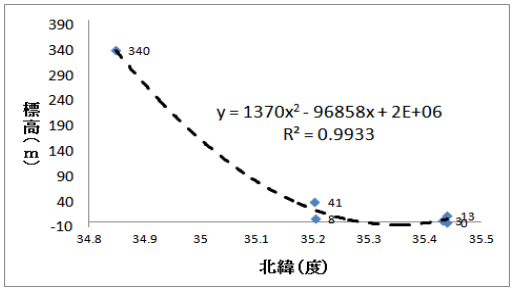
5.おわりに

5-1.島根県、調査を行った洞窟と神社の位置と標高との関係

島根県、調査を行った洞窟と神社の位置と標高との関係を区別するため、猪目洞窟・揖屋神社・静之窟・脳島洞窟・静間神社・志都岩屋神社を**表 5-1** のように表示した。北緯は 34 度 50 分 54 秒～35 度 26 分 23 秒 N 間、東経は 132 度 27 分 25 秒～132 度 42 分 39 秒 S 間で、標高は 8～340m である。

表 5-1. 島根県、調査を行った洞窟と神社の位置と標高

洞窟と神社名	郵便番号	住　　所	北　緯(°′″N)	東　経(°′″S)	標高(m)
脳島洞窟	699-0761	島根県出雲市大社町鷺浦 1079-9	35.26.23	132.41.10	13
猪目洞窟	691-0024	島根県出雲市猪目町 1338	35.26.23	132.42.39	13
静之窟	694-0031	島根県大田市静間町魚津	35.12.15	132.27.24	8
静間神社	694-0031	島根県大田市静間町垂水 1765	35.12.09	132.27.25	41
揖夜神社	699-0101	島根県松江市東出雲町揖屋 2229	35.25.51	133.09.05	3
志都岩屋神社	696-0314	島根県邑智郡邑南町岩屋	34.50.54	132.32.55	340



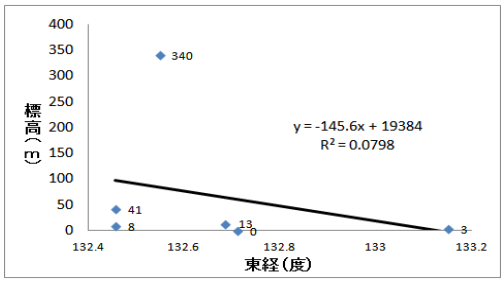


図 5-1. 北緯と標高との関係	図 5-2. 東経と標高との関係

図 5-1 は北緯と標高との関係を図示した。北緯が増大すると標高は低くなっているが判明した。回帰方程式によると、標高＝1370（北緯）^{2}－96858（北緯）+2E+06・・・・（R^2=0.993）のようになる。決定係数が 0.993 であるから一定の傾向が見られる。**図** 5-2 は東経と標高との関係を図示した。東経が増大すると標高は低くなっているが判明した回帰方程式によると、標高＝-145.6（東経）+19384・・・・（R^2=0.080）のようになる。決定係数が 0.080 であるから一定の傾向が見られない。

5-2.島根県、調査を行った洞窟の測量値について

猪目海食洞窟の規模は、高さ 9.9or10.0m、奥行き 30.0or50.0m、横幅 30.0or33.0m である。ここで、右側の値が調査データである。測量はレーザー距離計で行った。高さでは脳島洞窟（9.1or11.4m）と静之窟（15.1or11.3 or 16.1m）より低い値である。猪目海食洞窟の奥行き（30.0or50.0m）は脳島洞窟（27.8or28.2m）と静之窟（30.6 左側、20.6 右側 m）長い洞窟である。猪目海食洞窟の横幅（30.0or33.0m）は、脳島洞窟（6.7or6.8m）と静之窟（18.0or19.5or30.0m）より広い洞窟である。猪目海食洞窟の特徴は、洞窟入口の断崖絶壁の高さ 50m、洞窟内に祠があり、斜面洞窟と緑色凝灰岩である**(表 5-2)**。

表 5-2. 島根県、猪目洞窟・脳島洞窟・静之窟の測量値（m）

洞窟町名	洞窟名	高 さ	奥行き	横 幅	備 考
出雲市 猪目町	猪目洞窟	9.9or **10.0**	30.0or **50.0**	30.0or **33.0**	洞窟入口の断崖絶壁 50m。高さは祠の所で測量。 斜面洞窟。緑色凝灰岩。
出雲市 大社町	脳島洞窟	9.1or **11.4**	27.8or **28.2**	6.7or**6.8**	窟口部：海抜 11.0m,高さ 2.2m、横幅 4.1m。 窟内部：高さ 9.1m・奥行き 27.8m・横幅 6.8m。
大田市 静間町	静の窟 （左洞口と 右洞口）	15.1or11.3 or **16.1**	**30.6 左側、** 20.6 右側	18.0or19.5 or**30.0**	眼鏡洞口で穴が左右に2ヶ所。洞内には鳥居と万葉集の碑文がある。緑色凝灰岩。海水が洞口に流れる。祭を行う。 4.1（右洞横幅）。4.0(左洞横幅)

5-3.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸とアルカリとの関係について

表 5-3 によると猪目洞窟は、ケイ酸とアルカリ関係からアルカリ流紋岩(AH)で、静之窟より多く、志都岩屋神社より小さい値であるが、脳島洞窟杜は同じである。ケイ酸と Na_2O+K_2O 関係で、流紋岩と凝灰岩は、非アルカリ岩の線より僅かに小さいアルカリ流紋岩である。

表 5-3.島根県、調査を行った洞窟と岩石の化学的特性

洞窟と岩石名	ケイ酸とアルカリ関係	アルカリ性	ケイ酸と K_2O	ケイ酸と Fe_2O_3/Mg
猪目洞窟	**アルカリ流紋岩（AH）**	**中**	**中カリウム**	**ソレアイト**
脳島洞窟	アルカリ流紋岩（AH）	中	中カリウム	ソレアイト
静之窟	アルカリ流紋岩（AH）	小	低カリウム	カルクアルカリ
志都岩屋神社	アルカリ流紋岩（AH）	大	高カリウム	ソレアイト

5-4.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸とカリウムとの関係について

表 5-3 によると猪目海食洞窟は、ケイ酸と酸化カリウム関係からアルカリ流紋岩（AH）であることが確認できる。猪目海食洞窟のカリウムは静之窟より多く、志都岩屋神社より小さい値であるが、脳島洞窟杜は同じである。ケイ酸と K_2O では流紋岩は高いカリウム系列流紋岩。凝灰岩は、中カリウム系列流紋岩である。

5-5.島根県、調査を行った洞窟のケイ酸と Fe_2O_3/MgO との関係について

Fe_2O_3/MgO の比では、安山岩(58～60)(wt.%)では 37～52 の範囲である。流紋岩(71～75)(wt.%)では 46～65 の範囲である。

ゆえに、Fe_2O_3/MgO の比では、安山岩より流紋岩の方が大きいソレアイト岩は、猪目洞窟・脳島洞窟・志都岩屋神社の値である。一方、カルクアルカリ岩は静之窟である。

謝 辞

出雲市の洞窟と神社調査時には多大の便宜を図ってもらった由良薫（大阪経済法科大学地域総合研究所客員教授・洞窟環境 NET 学会副会長）には洞窟全般について教え受けました。論文作成時には、島根県立三瓶自然館の中村唯史主幹、日本ツバキ協会しまね花椿同好会支部の金築一郎事務局幹事長様および嘉田不二夫氏の方に感謝申し上げます。

(2012 年 12 月 1 日受稿、2013 年 2 月 2 日掲載決定)

参 考 文 献

1)加藤義成編:『校本出雲国風土記』、報光社、1968 年。

2) A. Miyashiro:「Nature of Alkali Volcanic Rock Series」, Contrib. Mineral. Petrol, 66/94-104, 1978 年。

3)黒田吉益・諏訪兼位:『偏光顕微鏡と岩石鉱物 第 2 版』、共立出版、1983 年。

4) 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/、17-56、1990 年。

5)沢勲他:「インド、祇園精舎に構築していたレンガのX線回折分析」、大阪経済法科大学論集、39、1990 年。

6)加藤義成:『出雲国風土記』改版 9 刷、今井書店、1992 年。

7)京都大学文学部国語学国文学研究室編:『新撰字鏡』増訂版、臨川書店、1992 年。

8)沢勲他:「中国、山東省の孔子廟にある煉瓦の蛍光X線分析」、大阪経済法科大学論集、51、1993 年。

9)沢勲他:「中国の孔子廟とインドの祇園精舎にある土質の蛍光X線分析」、大阪経済法科大学論集、53、1993 年。

10)豊遙秋・青木正博:『検索入門 鉱物・岩石』、保育社、1996 年。

11)山口佳起・神野志隆光:新編日本古典文学全集 1 『古事記』第 1 刷、小学館 1998 年。

12)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 年。

13)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』、大阪経済法科大学出版部、2004。

14)網干善教:「別冊太陽 飛鳥 古代への旅」、平凡社、2005 年。

15)張英聘・范蔚:『中国の歴史と文明』、中央文献出版社、2006 年。

16)沢 勲・鹿島愛彦・大橋 健:『洞窟科学入門-写真と図解』、大阪経済法科大学出版部、2006。

17)由良 薫:「葉集と洞窟―「三穂の石室」(和歌山・美浜町)を検分」、洞窟環境 NET 学会 3/199-208、2012 年。

18)竹田恒泰:『現代語 古事記』、学研、2012 年。