

# 吾平町と金峰町で見いだされたアカホヤ噴火時の液状化跡

成尾 英 仁

Paleoliquefaction triggered by Akahoya Eruption Found out at Archaeological Sites of Aira Town and Kinpo Town, Kagoshima Prefecture

Hideto NARUO

## 1 はじめに

南九州の南方海中にある鬼界カルデラでは、約6,300年前に一連の大規模な活動があったことが知られ、降下軽石・火砕流堆積物の噴出があり、それとともに co-ignimbrite ash が降下堆積したが、それら一連の噴出物は鬼界アカホヤテフラと総称されている（町田・新井1978）。

降下軽石および火砕流堆積物については宇井（1973）により幸屋降下軽石（K-KyP）、幸屋火砕流堆積物（K-Ky）と命名され、その分布範囲や性状が詳細に調べられ、厚さに比べて分布域が広い特異な火砕流であることが明らかにされた。幸屋火砕流堆積物の co-ignimbrite ash は鬼界

アカホヤ火山灰（K-Ah）と呼ばれ、鹿児島県奄美諸島から韓半島、東北地方南部に至る広い範囲に分布し、縄文時代の広域指標テフラとして重要な位置を占めている（町田・新井1983）。

ところで、地震の際には沖積平野を中心とする軟弱地盤地帯で、一般に震度5程度から砂が噴き出す液状化現象が起こることが知られ（吉見1991，岡2001），それが明確に認識され始めた1964年6月の新潟地震以降、数多くの地震で実例が観察されている。このような液状化の跡は当然のことながら地層中に砂脈として残される。例えば1993年7月に起こった北海道南西沖

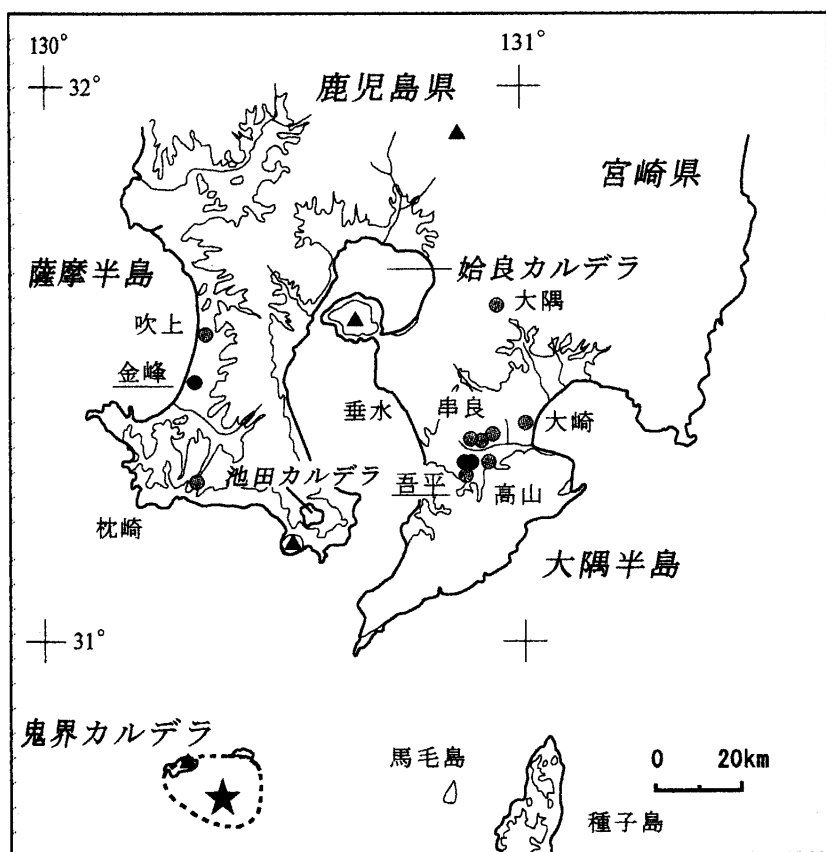


図1 鹿児島県本土における噴砂の分布

本報告の噴砂位置は●印 噴砂は大隅半島の中部と薩摩半島中～南部で顕著である

地震では、北海道渡島半島後志利別川沿いで顕著な液状化現象が発生したが、その後に行われた液状化跡の発掘で、トレンチ断面に最大で幅30cm、高さ1.5mにおよぶ砂脈をはじめ多数の砂脈が確認されている（石綿しげ子他1998）。また、このような液状化は歴史時代における大地震の際にも発生したはずであり、寒川（1990、1999）は各地の遺跡の断面および平面で見られる砂脈・円筒形の砂の噴き出し・地層の食い違いは、過去に地震が発生し地盤の液状化があった証拠であることを明らかにした。

南九州は鬼界カルデラに近い鬼界アカホヤテフラが明瞭に堆積し、それに関係した様々な地質現象が報告されている（成尾・小林1996、成尾1999、成尾2001）が、とりわけ噴砂脈・噴礫脈・地割れは広範囲に分布する（図1）ことから大規模な地震が発生したと考えられ、噴火に伴う現象として注目することができる。

本報告ではそれに関して、鹿児島県大隅半島中部と薩摩半島中部での噴砂脈の特徴と分布を明らかにし、その形成過程について若干の考察を行う。

## II 大隅半島における噴砂

### 1. 吾平町原口岡の噴砂の形態

鹿児島県大隅半島と薩摩半島では、基盤をつくる四万十累層群に刻まれた谷を埋めるように、始良カルデラ起源の入戸火砕流堆積物が厚く堆積し、いわゆるシラス台地と呼ばれる火砕流台地を形成している（横山1985）。一般にシラス台地では入戸火砕流堆積物の上部に、軽石混じりシルト・砂・礫からなる再堆積物層（以下、二次シラス層と呼ぶ）が認められるが、これは入戸火砕流堆積物の噴出直後の短期間に形成されたとされている（横山2000）。

大隅半島中部では二次シラス層の上位に、桜島火山起源の薩摩（町田1977）や鬼界カルデラ起源のテフラ、池田カルデラ起源の池田湖降下軽石（Ik-p；成尾・小林1980）などのテフラが堆積し、それらの間には風化土壌や黒色腐植土が挟まっている。薩摩は桜島から約11,000年前に噴出したもので、この付近では径1～2cmの風化黄橙色軽石のみからなる。窪地や低地では明瞭な層をなして堆積するが、一般には黒色腐植土層中に点在している。アカホヤ層は火砕流堆積物を欠き、降下軽石層と鬼界アカホヤ火山灰層からなる。鬼界アカホヤ火山灰層の最下部には径5mm程度の火山豆石がある。池田降下軽石層は径3～5cmの白黄色軽石からなり、内部に安山岩質の岩片が点在している。また、最下部に黒色のスコリアが薄く層をなすこともある。

ところで図1に示すように、大隅半島中部および薩摩半島中南部にあるシラス台地上では、テフラ層や風化土壌、黒色腐植土層を切る多数の噴砂脈が存在する（枕崎市教育委員会1987、吹上町教育委員会1988、串良町教育委員会1990）が、大隅半島中部ではとくに良く発達している。

図2は大隅半島中部における噴砂脈の位置を示したものである。ここでは肝属川とその支流が開析したシラス台地が散在し、一部は島状に取り残されている。入戸火砕流堆積物の厚さは約20mで、その直下には厚さ3～4mの大隅降下軽石層が堆積する。噴砂脈の分布はシラス台地の末端近くに集中しているように見えるが、南側から北へのびる台地上では、広牧・坂元・

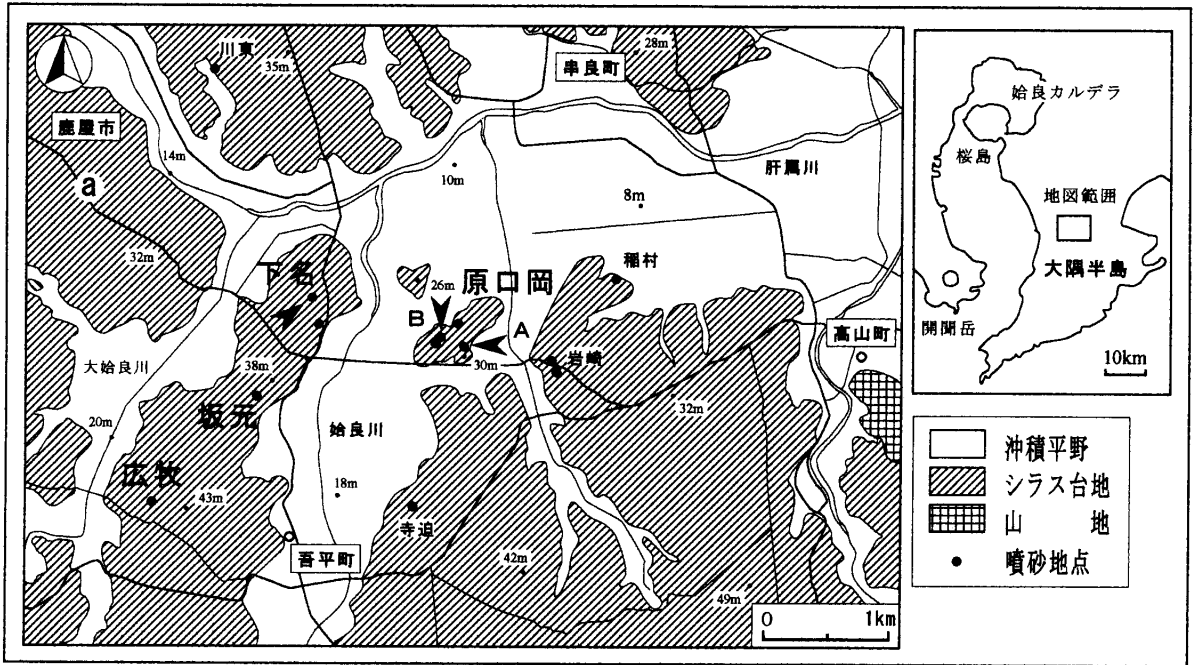


図2 大隅半島中部における噴砂脈の分布

肝属川が開析してできた沖積平野を取り巻くシラス台地上の各地点で認められるとくに吾平町の北端部には多く存在する

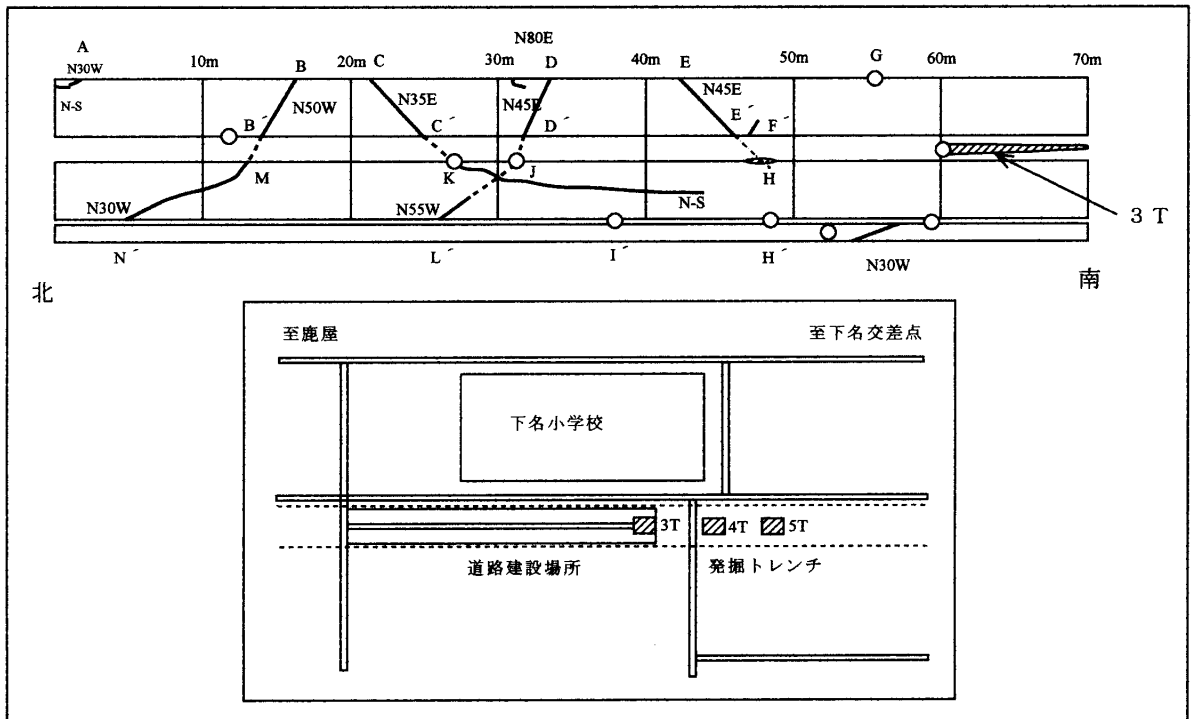


図3 吾平町下名小学校横での噴砂脈の平面分布

おおよそ北西-南東、北東-南西の方向にのびる途中で交差するものもある遺跡の発掘でも各トレンチごとに噴砂脈が診られた

名主の各地点のように、台地末端からやや離れた内部にも多数の噴砂脈がある。ここでの噴砂脈は他地点のものと同規模であり、著しく小さいといった傾向は無い。

写真1, 2は噴砂脈の具体例を示したもので、写真1は断面、写真2は平面である。写真1は二次シラス層から派生し、ほぼ垂直に約2mの高さで上昇している。噴砂脈の幅は中～上部では20cm程度であるが、下部ではやや狭くなっている。内部を充填するものは二次シラス層起源の軽石・粗～中粒砂・礫で、下部ではそれらが雑然と入り混じっているが、上部では砂の割合が多くなり、最上部では砂のみとなっている。

写真2は鬼界アカホヤ火山灰を取り去った状況での、噴砂脈の平面形態である。ここでは幅約10cmで細長く直線状に伸び、断面の場合と同じく二次シラス起源の軽石・粗～中粒砂・礫が内部を充填している。内部は比較的均質であり、噴砂脈に平行な級化構造や葉理などは認められない。

写真3, 4は同じく原口岡における噴砂脈の例で、露頭の遠景と噴砂脈部分を示したものである。ここでは二次シラス層の上位に、黒色腐植土層を挟んでローム層と鬼界アカホヤテフラ層が堆積し、さらに薄い黒色腐植土層を挟んで池田降下軽石層が堆積している。露頭から明らかなように、噴砂脈付近での鬼界アカホヤテフラ層はロート状に下方へ落ち込んでいる。噴砂脈内部を詳細に観察すると、下部では軽石・粗粒砂と黒色腐植土層・ローム層の破片が雑然と混じり合っており、中部では黒色腐植土層・ローム層の破片の量が多くなり、上部では鬼界アカホヤテフラ層直下のローム層と同じものが充填している。上部ではその中に鬼界アカホヤ火山灰層の破片が混在している。ロート状に落ち込む鬼界アカホヤ火山灰層は火山豆石を含んでおらず、また、降下軽石層も存在しない。

写真5は写真3の露頭から約10m離れた地点のもので、ここでは鬼界アカホヤ火山灰層の直下に比較的大きな(径2～3cm)軽石が集中し、それより下側には粗粒の砂や軽石細片が集積している。鬼界アカホヤ火山灰層にはこのように大きな軽石はないことから、明らかに下位にある二次シラス層起源のものである。

以上のようにこの地点での噴砂脈は、①噴砂脈の上部に破碎された黒色腐植土・ロームを含むもの ②鬼界アカホヤ火山灰層直下まで砂が詰まっているものの2タイプが認められる。

## 2 吾平町名主における噴砂

図3は同じく吾平町の名主における噴砂脈の平面形態を示したものである。この地点では道路建設に先立って発掘調査が行われたが、一部のトレンチ(3T, 4T, 5T)では明瞭な噴砂脈が認められた。3Tでは写真6に示すように、鬼界アカホヤ火山灰層直下に粗～中粒砂からなる層がある。断面では砂が北端から噴き出し、そこから南側へ広がっている。噴き出した砂の厚さは噴き出し口付近で50cm、トレンチ南端で20cm程度である。4Tでは噴砂脈の平面と断面の両方が見られる。平面で見ると、二次シラス層上面付近での幅は約20cmあるが、上部になるにつれ徐々に広くなり、鬼界アカホヤ火山灰層直下ではロート状に開いている。平面での全体の長さは不明であるが、噴砂脈はN60°Eの方向に直線的にのびている。内部を充填するものは粗粒砂と軽石・礫であり、軽石は最大で10cmに達するものがある。平面ではこれらの物

質は塊状に入っており、内部で流動したことを示すようなはっきりとした葉理構造などは認められない。しかし、詳細に観察すると中心部付近で軽石が目立つようになり、それらの径もやや大きくなっている。一方、断面では地表面に平行する葉理構造が明瞭であり、とくに上部になるにつれそれが顕著になる。上部では砂や軽石・礫のみならず、黒色腐植土層・ローム層の破片が混在している。5 Tでは鬼界アカホヤテフラ層の落ち込みと、鬼界アカホヤテフラ層直下に達する軽石混じり砂の噴き出しが見られるが、ここでは掘削面が浅く詳細は不明である。

遺跡発掘によるトレンチの北側では道路の建設が行われており、ここでも多数の噴砂脈が認められる。ここでの噴砂脈は幅10cm程度であり、多少屈曲したり途中で切れたりしながら、細長くのびている（写真7）。噴砂脈は黄色硬質火山灰質シルトからなる二次シラス層の上部も切っているが、その部分での平面形態をみると、境界付近は1～3cm幅で複雑に出入りしている。内部を充填するものは、二次シラス層付近では粗粒砂・軽石・礫であるが、鬼界アカホヤテフラ層直下付近になると黒色腐植土層の破片とローム層の破片が混じるようになる。ここでも噴砂脈上部では、地表面と平行する葉理が目立ってくる。

図に示すように、噴砂脈ののびる方向はおおよそ北西～南東と北東から南西の2方向があり、見えている範囲では交差するようである。この地点は台地のほぼ中央部付近で、しかも露出面積が狭いため、地形と噴砂脈がどのような関係にあるのかよく分からない。

### III 薩摩半島中部における噴砂

薩摩半島中部では二次シラス層の上部に桜島火山起源の薩摩や鬼界アカホヤテフラ層が堆積し、その上に開聞岳起源の灰コラ（藤野・小林1997）などのテフラが堆積し、それらの中には

風化土壌や黒色腐植土が挟まっている。ここでは鬼界アカホヤテフラ層が30～40cmの厚さで堆積し、鬼界アカホヤ火山灰は火砕流堆積物と混在するように堆積し、ほとんど区分することができない。また、降下軽石は分布していない。

図4は金峰町北部にある鎮守尾遺跡の位置と地形を示したものである。この遺跡では幅約8m、長さ約100m範囲の十数ヶ所で噴砂脈が確認された。図5から分かるように、遺跡の立地する地形は標高15m程度の平坦なシラス台地であり、これから西側には新旧2つの砂丘列からなる吹上砂丘がある。地形断面図に示

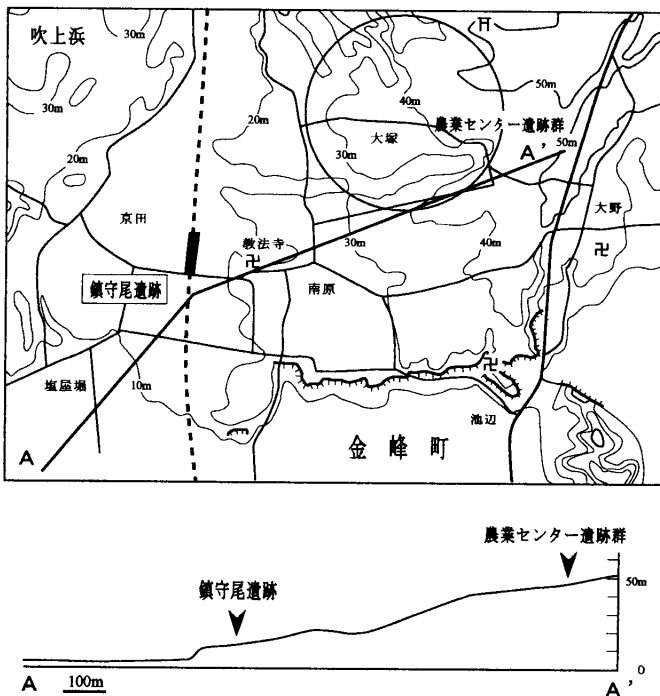


図4 金峰町鎮守尾遺跡の位置と地形  
高さ15m前後のシラス台地上で多くの噴砂が見られる

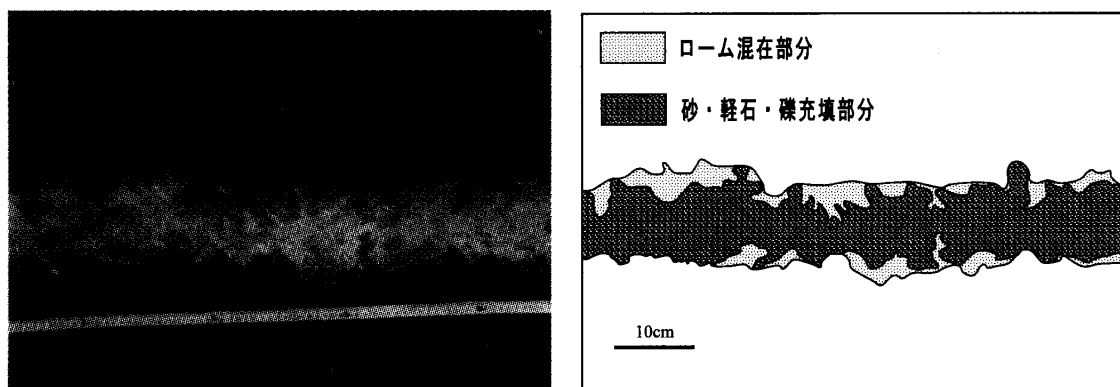


図5 噴砂脈の平面形態 詳細に見ると数cmの幅で入り組む

ように、噴砂脈のある地点から東側へはシラス台地の標高が徐々に高くなり、農業センター遺跡群付近は40～50mとなっている。同じシラス台地でもこのように標高が異なる理由については不明であるが、鎮守尾遺跡付近は標高が低いことから、地下水位は地表に近い位置にあると推定される。

写真8、9に噴砂脈の具体的な例を示す。写真8では噴砂脈は地表面に対し垂直であり、火砕流堆積物および鬼界アカホヤ火山灰の直下ないしは内部まで達しているように見える。噴砂脈下部の幅は約15cmであるが、上部では約20cmとなり若干ロート状に開いている。内部を充填するのはルーズな粗粒砂・軽石で、これに少量の黒色腐植土層・ローム層の破片が混じっている。軽石は最大3cm程度で、比較的大きなものは地表面と平行に並ぶ傾向がある。黒色腐植土層・ローム層の破片は径2～3cm程度で、円摩され丸くなっている。一部の噴砂脈の中には火砕流堆積物と混じっているように見えるものもあり、さらにそれを貫いて上面に噴き出しているものもある。また、この噴砂脈の右側では、火砕流堆積物の直下に径7cmの白色軽石が認められる。

写真9は噴砂脈の平面形態を示したものである。桜島起源の薩摩の堆積する深さでの噴砂脈は幅約10cmで、若干屈曲しながらもほとんど直線的にのびている。周囲のローム層との境界ははわりと明瞭であるが、図5に示すように幅1～3cmの範囲で噴砂部分とローム部分が不規則に入り混じっている。しかし、ローム層内部に砂や軽石が入り込み、両者が一体になったような構造は見られない。

ところで写真10に示すように、噴砂脈が途中で円形に膨らんでいるものがある。周囲のローム層との境界は凹凸があり複雑であるが、遠方から見ると明瞭で周囲とははっきり区分できる。ここでは直径が約2mあり、内部では中～粗粒砂や軽石、礫、黒色腐植土層・ローム層の破片が混在している。詳細に見るとそれぞれの物質が特に濃集する部分があり、砂に限ると周囲のローム層との境界付近に集中している。黒色腐植土層・ローム層の破片は最大で径10cm程度で、いずれも円摩され丸くなっている。また、部分的には褐鉄鉱の鉱染と思われる赤褐色のシミが見られる。このような円形の噴き出しは大隅半島側の吾平町原口岡でも見られ、規模や内部を充填する物質の状況も似通っている。

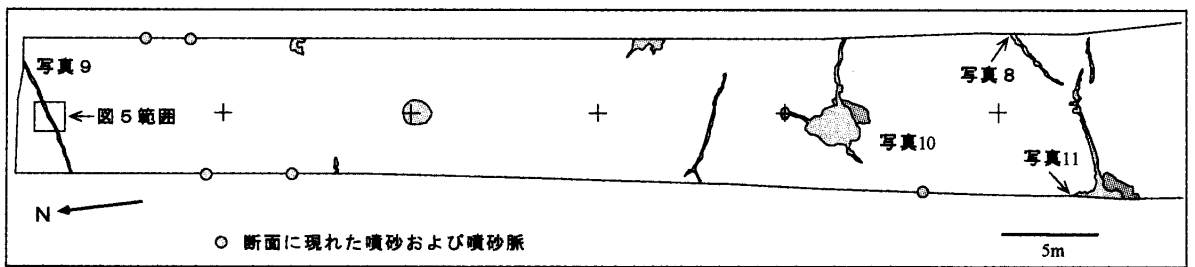


図6 噴砂脈の平面形態

脈状の噴き出しと円形の噴き出しが混在する（実測は金峰町教育委員会による）

図6は噴砂脈の平面での分布状態を示したものである。ここではほぼ東西性の噴砂脈が多いが、これと斜交する噴砂脈もある。噴砂脈の形態は多様であり、少し屈曲するもの、途中で枝分かれするもの、円形の膨らみを持つものなどがある。また、平面では噴砂脈は形成していないが、壁面に噴砂脈が現れているものもあり、独立した円筒形の噴き出しを持つと思われる。中央右側の円形の噴き出しからは3方向に噴砂脈がのびている。一般に噴砂脈の連続性は良好であるが、なかには途中で欠けながら続くものもある。露頭の範囲が狭いため噴砂脈全体の長さは不明であるが、円形の噴き出しからのびる例では4～5mあり、大半はこれ以上の長さ続くものと思われる。

#### IV 噴砂脈の形成過程

前章では大隅半島中部と薩摩半島中部での噴砂脈の形態について述べたが、ここではその形成過程について議論する。

大半の噴砂脈は下部が狭く上部で広いロート状になるが、これは実際の地震の発掘例でも多数認められており（Nirei et al 1990, 成尾1997など）、噴砂脈の一般的な形態と言える。

地震が発生すると二次シラス層中の地下水に飽和した部分で液状化が起こり、そこから上部にある層を突き破って砂・軽石・礫が噴き出すが、その際、地表から深い所では土の圧力が高く、噴砂の通り道はそれほど広がらない。しかし、噴砂が地表面に近づくと周囲の土の圧力が減少することから、上部では相対的に噴砂が土を押し広げる力が大きくなり、ロート状に広がるものと考えられる。

ところで写真1に示すように、多くの噴砂脈で中部に黒色腐植土層・ローム層の破片が入り込んでいるが、これらは激しく動いたことを示すように角が取れ円摩されていること、噴砂脈下部ではあまり見られないことなどから、砂や軽石が上昇してくる過程で周囲にある黒色腐植土層やローム層をはぎ取ってきたものと考えられる。それを示すように原口岡の遺跡では、下位のローム層中にあった縄文時代早期の石器が噴砂脈最上部にのっている例がある（成尾ほか1995）。一方、写真4に示すような、上部で多量の黒色腐植土層・ローム層破片が混入するものについては、次のような形成過程が考えられる。図7に示すように、①地震によって噴砂脈が形成される ②噴砂脈の形成と同時に地下にあった水が上側および側方へ移動する ③液状化発生層の砂・軽石・礫が水とともに噴き出したため、地下で物質不足が生じ、噴砂脈周辺の土地が陥没する ④噴砂脈周辺の黒色腐植土層やローム層が、噴砂脈上部に崩れ落ちる ⑤その後以降下堆積した鬼

界アカホヤ火山灰層も内部へ垂れ下がる、という過程を経て形成されたものと思われる。

つまり、地表に砂が噴き出したため地下内部の圧力が減少し、砂脈内部を充填していた物質が逆流し、その隙間を埋めるように周囲の風化土壌・黒色腐植土が崩れて落ち込んだものであろう。②の水の移動に伴い、地表面と平行する葉理構造が形成されたと思われる。このことを示すようにいくつかの地点で、噴砂脈の発生層である二次シラス層に数十cmの食い違いが生じている。

このような地震後の陥没現象は、1983年日本海中部地震の際に発生した液状化による直径7mおよび4mの巨大噴砂孔（陶野1986）、1987年千葉県東方地震の際に発生した液状化跡の発掘でも確認されている（Nirei et al 1990）。

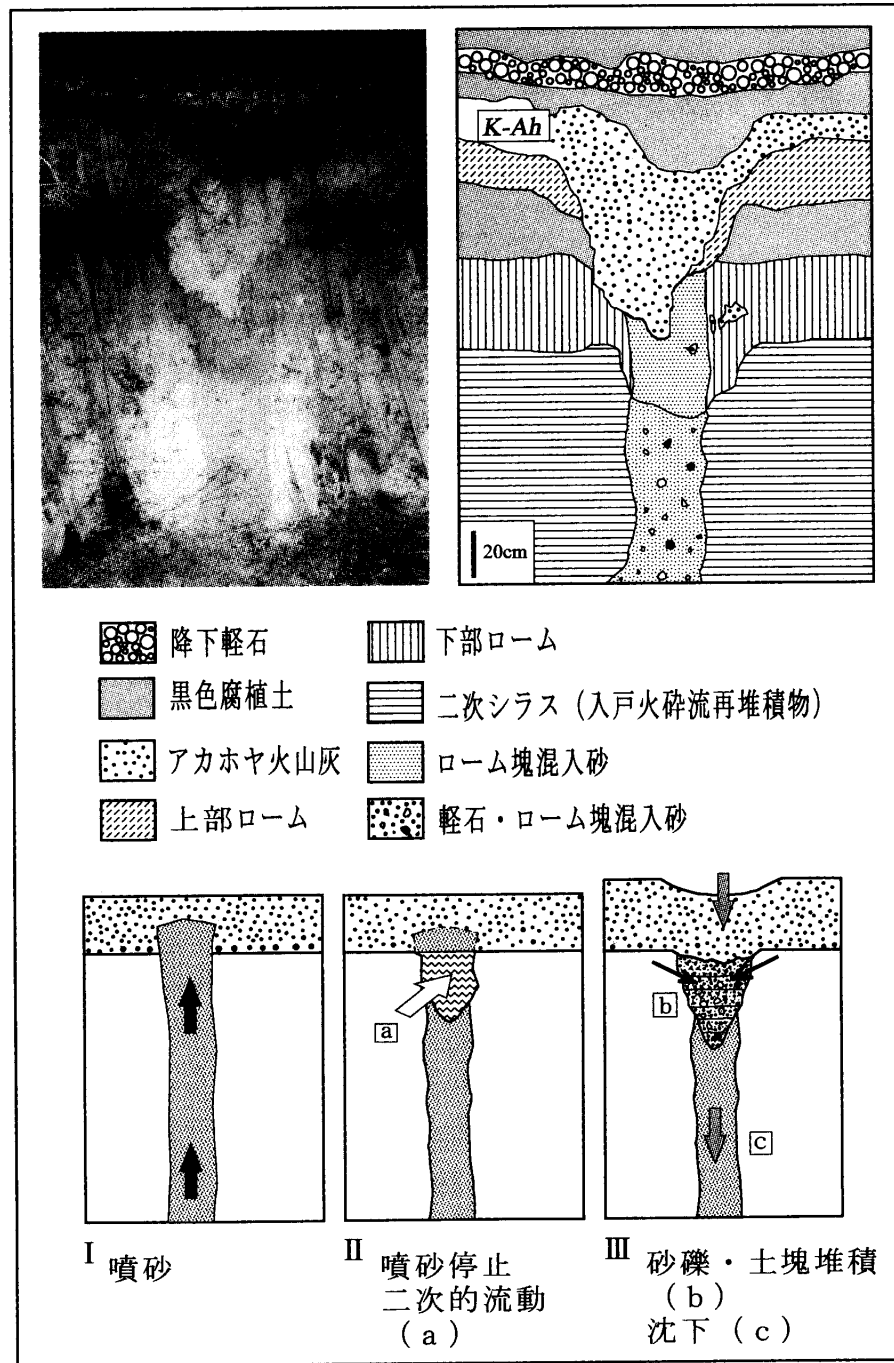


図7 噴砂脈への落ち込みのメカニズム

- I : 地震により液状化が起こり噴砂が発生
- II 噴砂が終わり上部では噴き出した水が側方へ移動する
- III : 噴砂脈の部分で引き込みが起こり、周囲の土塊が内部に入り込む

過去における地震に伴う噴砂脈での逆流については、大塚ほか（1997）が群馬県烏川流域での例を示している。

噴砂脈の近くで鬼界アカホヤテフラ層が下側へ窪む現象は各所で観察されるが、写真11はその例を示したものである。これも液状化現象が起こった後に土地が陥没し、それを覆うように上位の堆積物がのったもので、これを横から観察するとたわんだようになる。噴砂脈の途中で円形に



なっているものは、次のように解釈される。成尾（1998）は鹿児島県北西部地震の際に、阿久根市の埋め立て地で発生した噴砂跡について報告しているが、それによると地表面では砂からなるマウンドのつながりに見えるが、砂を除去してみると細長い割れ目から砂が噴き出しており、割れ目の所々に円形の膨らみがあった。また、交差する噴砂脈の交点付近でも円形の膨らみがあった。このような円形の膨らみは、噴砂脈の途中にあった弱点や交点に形成され、多量の物質が噴き出した跡と考えられる。

## V 噴砂脈の形成時期

大隅半島中部では多数の噴砂脈が認められるが、それらがどの層まで達しているかを調べると、おおよそ、1) 黒色腐植土層ないしはローム層中 2) 鬼界アカホヤ火山灰層直下 3) 鬼界アカホヤ火山灰層中の3つのパターンに分かれる。これらのうち1) は地下水と一緒に砂・軽石・礫の噴き出しの勢いが弱く、途中で力つき停止したものである。3) は明らかにアカホヤ火山灰の降下途中に噴砂脈が形成されたことを示している。2) のパターンはアカホヤ火山灰の降下前に噴砂脈の形成があったことになり、これについては今後検討する余地があるが、最終的には鬼界アカホヤ火山灰層の間に噴砂が挟まることから、大隅半島中部では噴砂脈の形成時期は鬼界アカホヤ火山灰層の降下途中であったと結論づけることができる（図8A）

一方、薩摩半島中部では火砕流堆積物が薄く、ほとんど鬼界アカホヤ火山灰のみが覆っている。火砕流堆積物と噴砂脈との関係を見ると、金峰町鎮守尾遺跡の例（写真11）では噴き出した物質の上に火砕流堆積物がのっており、噴砂脈の形成時期は火砕流の直前と推定される。これについて

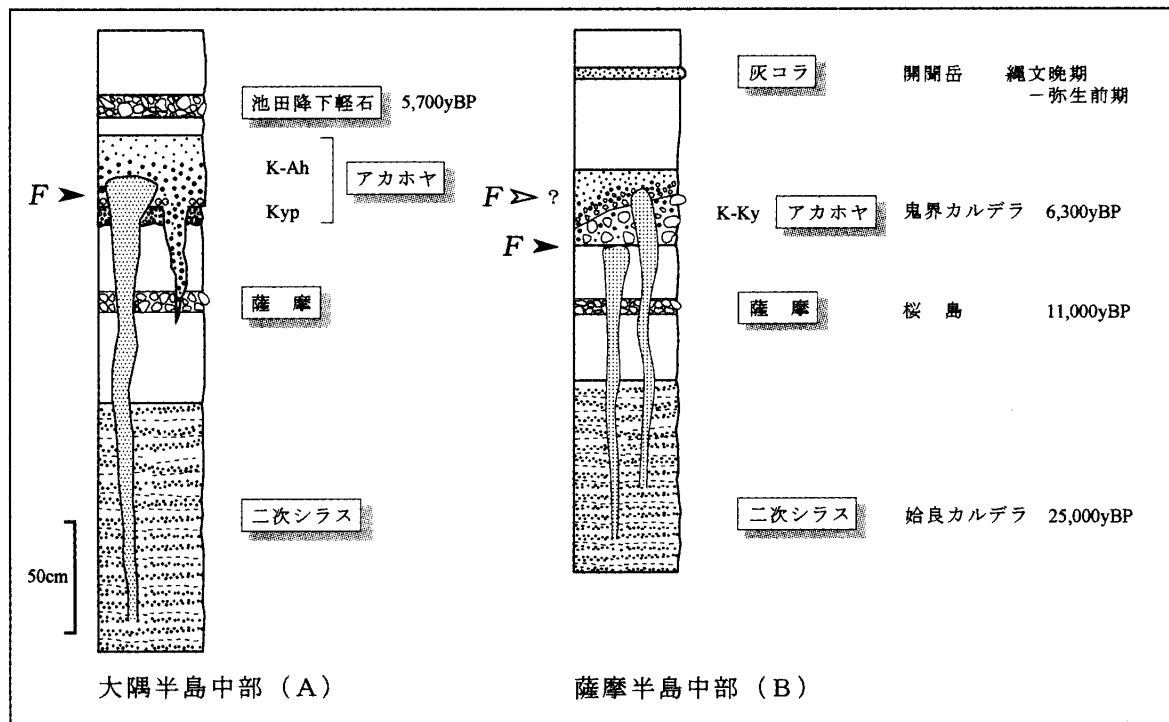


図8 噴砂のタイミング

大隅半島中部ではアカホヤ火山灰の時期、薩摩半島中部では火砕流堆積物の時期の可能性がある

ては、噴き出した物質の勢いが弱く火砕流堆積物を貫くことができず、その直下で停止した見かけの現象の可能性もある。しかし、写真11の噴砂脈は規模が大きく噴き出した時の勢いは強かったと推定されること、火砕流堆積物は柔らかく噴き出した物質がこれを貫くのは容易であることなどを考慮すると、火砕流の前であったと判断してもおかしくない。

成尾・小林（1996）および成尾（2001）は、アカホヤ噴火に伴って2回の地震が発生し液状化現象が起こり、最初の地震では種子島・屋久島で礫が噴き出す噴礫現象があったことを報告しているが、薩摩半島中部での事例は最初の地震による現象と考えてよいのかもしれない。ただ、この遺跡では火砕流堆積物を切るような噴砂脈も多数存在し、あるいは二つの異なる時期のものが混在している可能性がある（図8B）。

## VI まとめと課題

以上、大隅半島中部と薩摩半島中部での噴砂脈の例を示したが、これらをまとめると次のようになる。

- 1) アカホヤ噴火に関連して地震が発生し、液状化現象が起こった。
- 2) 通常は液状化が起こりにくい台地上で発生した。
- 3) 液状化の発生層は二次シラス層であり、そこからローム層および黒色腐植土層を切り数 m 上昇した。
- 4) 噴砂脈の内部にはローム層および黒色腐植土層の破片が入っているが、上昇途中ではぎ取ってきたものである。
- 5) 噴砂脈の上端部付近には、周囲から崩落してきたローム層および黒色腐植土層の破片があるが、液状化後の逆流現象により形成されたものである。
- 6) 大隅半島中部での噴砂脈の形成時期は、鬼界アカホヤ火山灰の降下途中であった。薩摩半島中部では火砕流の到達前であった可能性がある。

以上、アカホヤ噴火に伴って発生した地震による液状化現象について報告したが、残された課題としては、液状化現象が通常は起こりにくい台地上で発生していることから、液状化現象がどのようなメカニズムで発生したかを考える必要がある。また、発生の時期についても薩摩半島側では不明な点があり、今後、明確にしていかなばならない。さらに、震源がどこであったかは最も重要な課題であり、それを明らかにすることがアカホヤ噴火の過程を解明することにつながると思われる。

謝辞：本研究を行うにあたり、鹿児島大学理学部の小林哲夫助教授には終始ご指導いただいた。また、吾平町教育委員会の山下博文氏、金峰町教育委員会の宮下貴浩氏には遺跡での液状化跡を調査する機会を与えて頂いた。福岡大学理学部奥野 充博士には現地での討論を始め、多くの示唆に富む助言を頂いた。産業総合研究所地質調査センターの寒川 旭氏には液状化現象全般についてご教示頂いた。以上のお世話になった方々に心よりお礼申し上げます。

- 吹上町教育委員会（1988）内門堀遺跡ほか3遺跡発掘報告書．33p，吹上町教育委員会．
- 藤野直樹・小林哲夫（1997）開聞岳火山の噴火史．火山，42，195-211．
- 石綿しげ子・遠藤邦彦・陶野郁雄（1998）垂直断面から見た液状化跡の堆積構造（真栄橋）．液状化による砂層の堆積構造の変化が強度特性に及ぼす影響に関する基礎的研究（課題番号07309016），平成7年度～9年度科学研究補助金（基盤研究（A）(1)）研究成果報告書，18-29．
- 町田洋（1977）テフロクロノロジー（含資料集付2）．日本第四紀学会編「日本の第四紀研究－その発展と現状」，東大出版会，59-68，373-391．
- 串良町教育委員会（1990）後藤迫遺跡．57p，串良町教育委員会．
- 町田洋（1977）テフロクロノロジー（含資料集付2）．日本第四紀学会編「日本の第四紀研究－その発展と現状」：59-68，373-391，東京大学出版会．
- 町田洋・新井房夫（1978）南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ－アカホヤ火山灰．第四紀研究，17，143-163．
- 町田洋・新井房夫（1983）広域テフラと考古学．第四紀研究，22，133-148．
- 枕崎市教育委員会（1987）奥木場遺跡．182p，枕崎市教育委員会．
- 成尾英仁（1998）鹿児島県北西部地震による阿久根市での液状化．鹿博研報，第17号，43-50．
- 成尾英仁（1999）アカホヤ噴火時の火山災害の諸相．南九州縄文通信，No. 13，67-73
- 成尾英仁（2001）アカホヤ噴火に伴って発生した巨大地震．日本第四紀学会講演要旨集，31，168-169．
- 成尾英仁・小林哲夫（1980）池田カルデラの火山活動史（演旨）．火山，25，306．
- 成尾英仁・小林哲夫（1996）アカホヤ噴火時に発生した液状化による噴礫現象．第6回環境地質学シンポジウム論文集，49-54．
- 成尾英仁・弥栄久志・川崎重治（1995）鹿児島県吾平町におけるアカホヤ噴火に関連する液状化跡．日本文化財科学会第12回研究発表要旨集，64-65．
- Nirei H.・Kusuda T.・Suzuki K.・Kamura K.・Furuno K.・Hara Y.・Satoh K. and Kazaoka O. (1990) The 1987 East off Chiba Prefecture Earthquake and its Hazard. Mem. Geol. Soc. Japan, 35, 31-46.
- 岡 二三生（2001）地盤液状化の科学．176 p，近未来社．
- 大塚富男・高浜信行・中里裕臣・野村 哲（1997）群馬県烏川中流域のテフラ層中に見られる液状化現象とその意義．第四紀研究，36，123-136．
- 寒川 旭（1990）遺跡から得られた過去の地震情報．地学雑誌，99，51-62．
- 寒川 旭（1999）遺跡に見られる液状化現象の痕跡．地学雑誌，108，391-398．
- 陶野郁雄（1986）液状化現象からみた砂質堆積物の物理的・堆積学的特徴．地質学論集，27号，15-42．
- 宇井忠英（1973）幸屋火砕流－極めて薄く拡がり堆積した火砕流の発見．火山，18，153-168．
- 横山勝三（1985）大規模火砕流堆積物の地形－その特性と問題点－．地形，6，131-152．

横山勝三（2000）鹿児島県笠野原台地の地形と生成過程．地形，21，277-290

吉見吉昭（1991）砂地盤の液状化（第二版）．182 p，技法堂出版．

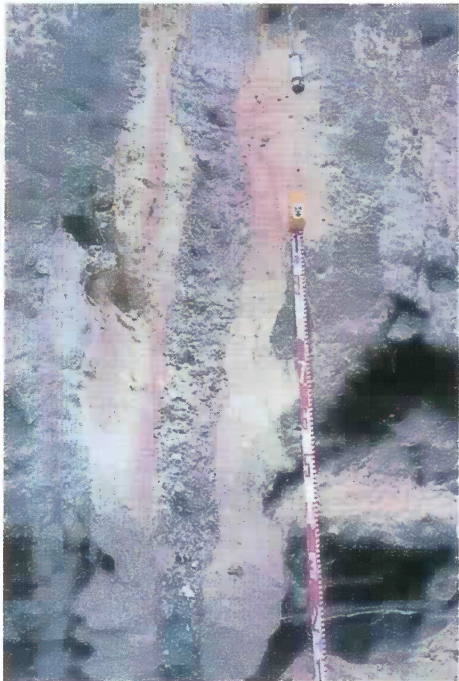


写真1 噴砂脈の断面（原口岡）  
内部にはローム層破片などが  
入る

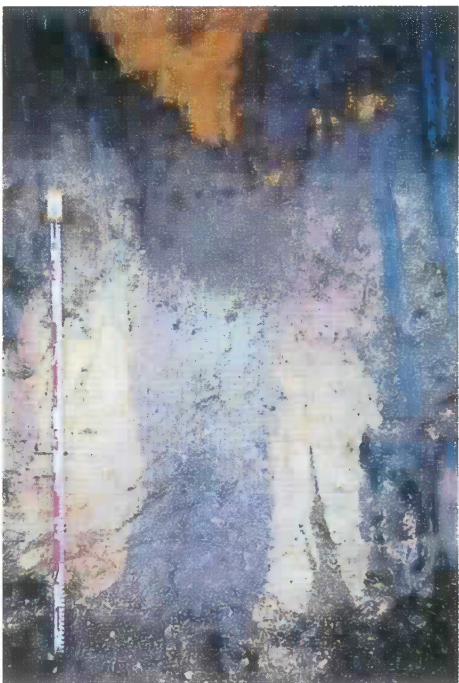


写真4 噴砂脈とアカホヤ層の  
落ち込み（原口岡）



写真2 噴砂脈平面（原口岡遺跡）  
ほぼ直線状にのびる



写真3 アカホヤ層落ち込みの露頭全体状況（原口岡）  
濃いオレンジ色の部分がアカホヤ



写真5 噴砂脈頂部の状況（原口岡）  
最上部に軽石が集中している



写真6 アカホヤ火山灰層下にある噴砂  
(下名小横3丁)  
右側部分(北側)から噴き出し、南側へ広がる



写真7 二次シラス最上部層を切る噴砂脈  
(下名小横道路建設場所)



写真8 幸屋火砕流堆積物に覆われる噴砂脈  
(鎮守尾遺跡)  
内部には二次シラス起源の軽石が詰まる

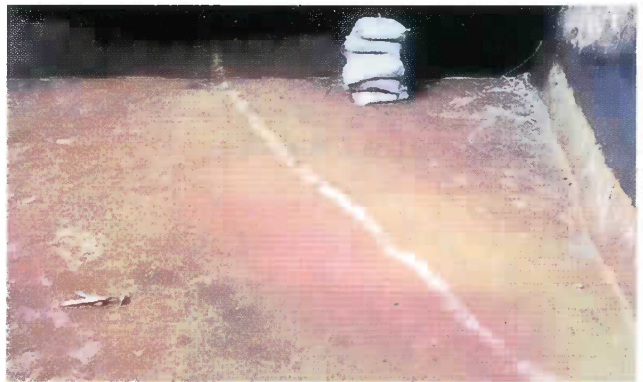


写真9 噴砂脈の平面形態(鎮守尾遺跡)  
約10cmの幅で、ほぼ直線状にのびる内部には二次シラス起源の砂と軽石が混じる



写真10 円形に噴き出した噴砂脈(鎮守尾遺跡)  
内部にはローム層の破片などが詰まっている



写真11 噴砂部分に落ち込んだ幸屋火砕流堆積  
(鎮守尾遺跡)