

# 鹿児島県上屋久町楠川における噴礫跡

成尾 英 仁\*

A Report on Clastic Dykes as a Result of a Liquefied Conglomerate Layer in Yakushima, Kagoshima prefecture

Hideto NARUO

## 1 はじめに

鬼界カルデラ（図-1）では約6,300年前に巨大火砕流を伴う大規模な噴火があったが、それに伴って広範囲で液状化が発生したことが知られている（成尾・小林1996）。液状化の様相はカルデラに近い熊毛地方と遠方の鹿児島県本土では異なっており、熊毛地方では礫が噴き出す噴礫が、鹿児島県本土では砂やシルトが噴き出す噴砂が顕著である。

鬼界カルデラの南東に位置する屋久島では、北東海岸沿いを中心に多数の噴礫跡が脈として残され（以下、礫脈と呼ぶ）、そのうち楠川付近に分布するもの（図-2；Loc. 3）についてはすでに成尾（1998 a）の報告がある。今回の報告では考古遺跡の発掘、農地開発で新たに出現した露頭での噴礫跡の記載を行い、その成因について若干の考察を行う。

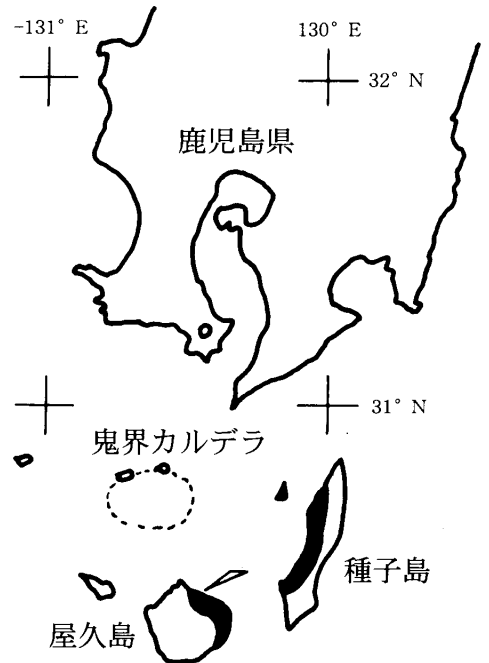


図-1 鬼界カルデラと屋久島の位置  
黒色部分は礫脈の認められる地域

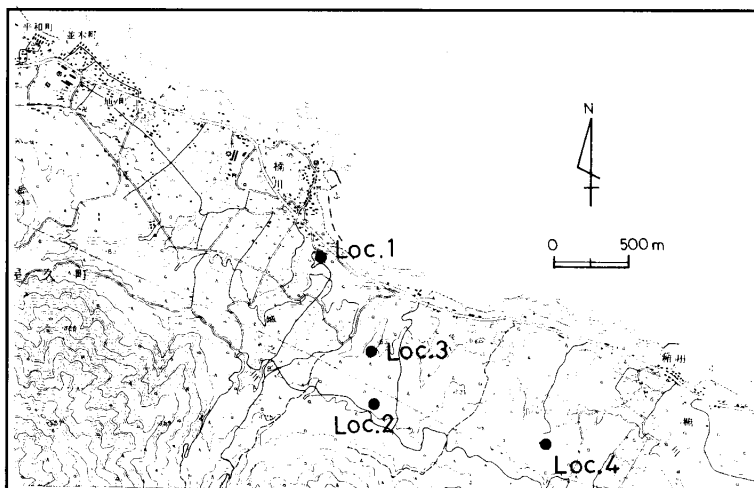
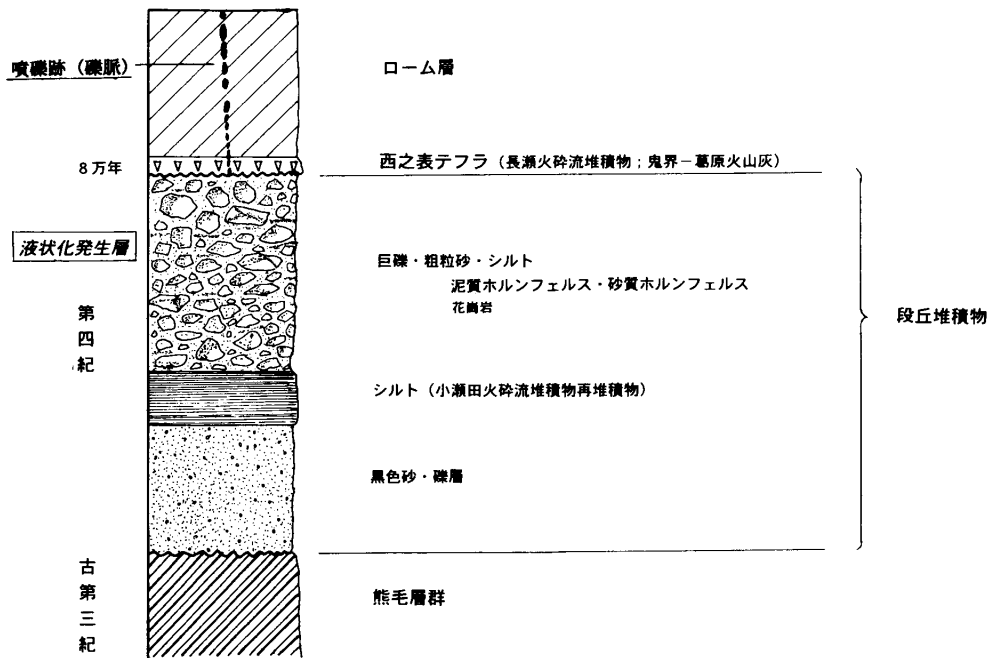


図-2 調査地点位置

\* 〒 892-0853 : 鹿児島市城山町1-1 鹿児島県立博物館



図一三 楠川城跡付近の模式地質柱状図

## 2 楠川城跡における噴礫跡

### 2-1 地形と地質の概要

楠川城跡（図一2；Loc. 1）は戦国時代の1524年に築かれた山城の跡（上屋久町郷土誌編集委員会1977）であり、海岸から約100m離れた標高50mの台地上にある。台地は背後にある山地の斜面から海岸へと続くもので、北側を流れる城之川と南側を流れる無名の小河川により削られ、北東-南西方向へのびる細長い形状になっている。

台地は、1) 基盤の熊毛層群 2) それを覆う段丘堆積物 3) 最上位のローム層およびテフラ群からなる。熊毛層群は泥質および砂質のホルンフェルスで、それらは城川の河床や海岸付近にわずかに現れているのみであり、台地の主体となっているものは段丘堆積物である（図一3）。

この付近の段丘堆積物は、下位から①黒色中～粗粒砂および細礫層 ②成層構造の明瞭な黄白色凝灰岩質シルト層 ③巨礫を含む乱雑な礫層に区分される。

①は成層構造や級化構造などは認められず、淘汰が良く無層理で塊状の堆積物である。礫種は泥質および砂質ホルンフェルスである。下限が見えないため不明であるが、厚さは少なくとも5mはある。

②のシルト層は厚さ5mm～1cmの薄層が繰り返し堆積している。全体の厚さは2m程度でほぼ水平に堆積している。内部には軽石や岩片などは認められない。層位や含まれる鉱物の特徴などから、上屋久町小瀬田付近に厚く堆積する小瀬田火砕流堆積物（町田1977）の再堆積相と考えられる。

③は最大1 mに達する泥質および砂質ホルンフェルスや花崗岩の礫からなるが、泥質および砂質ホルンフェルスが卓越し花崗岩の礫は少ない。礫は角が取れた亜円～円礫であるが、泥質ホルンフェルスの中には角張ったものもある。全体として乱雑な堆積相を示しており、成層構造や覆瓦構造などは認められない(写真1)。また、礫間は粗粒砂およびベージュ色の粘土が埋めており、それらはやや硬く締まっている。これら充填物の量は礫の量に比べ極端に少ないが、場所によっては砂がレンズ状に薄く入り込んでいることもある。礫層は厚い場所では10 m程度であるが、通常は7～8 mである。

以上の段丘堆積物中には顕著な不整合面が認められないことから、これらは一連の堆積物であり、その形成年代は小瀬田火砕流堆積物に近いものと判断される。しかし、小瀬田火砕流堆積物の年代が不明であることから、堆積年代についてもよくわからない。

段丘堆積物の上には、厚さ約2 mで全体に赤紫色を帯びたローム層がのるが、その最下部には厚さ約30 cmで鮮やかな黄褐色を帯びた火砕流堆積物がある。この火砕流堆積物中には高温型石英が入っており、これより西之表テフラ(長岡1988)に対比することができる。このテフラの火山灰部分は関東地方に達しており、そこでの層位関係から約8万年前のものとされている(町田・新井1992)。

また、屋久島の他の地点ではローム層の中位に始良カルデラ起源のAT火山灰が挟まるが、ここでは確認することができない。

## 2-2 噴礫跡の記載

### a. 礫脈断面

楠川城跡の露頭面は植生の被覆が激しく、2本の礫脈が認められるのみである。1本は東側壁面にある比較的小規模なもので、高さ50～60 cmでほぼ垂直に立っている。礫脈内部には十数個の礫があり、その最大長は3 cm程度で大半は1～2 cmである。これらの礫はローム層中を1本の直線状になって、断続的につながり上昇している。

他の1本も東側壁面に現れており、高さ約1 mでほぼ垂直に立っている。礫の最大長は10 cm程度で、その他の礫も5～6 cmと比較的大きなものが多く、ローム層中を1本の直線状になって、断続的につながり上昇している(写真2)。礫はいずれも泥質および砂質ホルンフェルスからなるが、そのうちの約80%が泥質ホルンフェルスである。砂質ホルンフェルスの礫は円摩されたものが多く、泥質ホルンフェルスは角張ったものが多い。この礫脈は下位にある礫層につながっているが、もう1本の礫脈はつながっておらずローム層中から派生している。しかし、これは見かけ上の現象で、ローム層内部では礫層につながっていると判断される。すなわち、礫脈が斜めに上昇しているため、その切断面がローム層中に見えていると考えられる(図-4)。

また、2本の礫脈とも上端面が削平されており、アカホヤ噴火に伴う幸屋火砕流堆積物との関係は不明である。城跡周辺でも幸屋火砕流堆積物はほとんど見られないことから、築城に伴う土塁形成のための削平よりは、屋久島特有の多雨による浸食作用の方が大きく影響していると考えられる。

## b. 礫脈平面形態

城跡の内側平坦面で発掘に伴い表土を削剥した際に数本の礫脈の平面形態が見られたが、それには①礫が直線状ないしはゆるやかな曲線状にのびるものと、②円形の噴き出しを形成しているものがある。

図-5に平面形態の一例を示す。ここでは断面で観察された礫脈の場合と同様に礫が断続的に続いており、径5~6cm以上の比較的大きなものが点々とつながっている(写真3)。礫脈中の扁平な礫は長軸方向を水平にして立っているが、円摩された礫の場合はその傾向は弱い。礫脈は全体としてN30°Eの方向へのびるが、内部の礫の方向はまちまちである。礫長の大きなものは礫脈の方向とほぼ同じになる傾向があるが、小さなものには礫脈の方向と大きく斜交するものもある。礫脈の長さは観察されうる限りでは5.5m程度であるが、表土に覆われ両端は見えないことから、それよりさらにのびていると考えられる。礫脈の内部には砂質のものはほとんど認められず、礫間は周囲と同質のロームで充填されており、礫が単独でローム層中に貫入したような様相を示している。同様の平面形態を示す礫脈は他にも数本存在する。

円形状の噴き出しは直径1m程度であり、内部は多量の礫と少量の砂、シルトなどが混じり合っている。場所によってはつぶれ

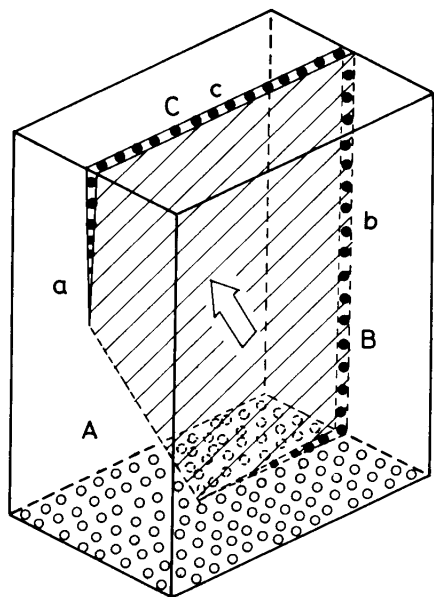


図-4 礫脈形成の模式図

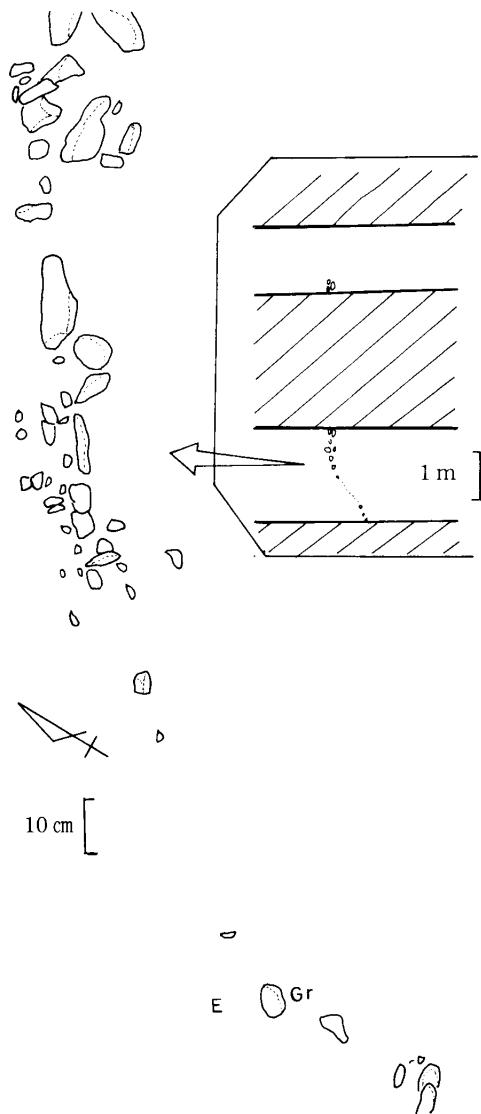


図-5 礫脈の平面形態 斜線部分は表土

た楕円形や不規則な形状をしたものもある。これら円形状の噴き出しは細長くのびる礫脈の途中に形成されているものと、それが明瞭でなく単独で存在するように見えるものがある。内部にある礫は細礫から巨礫までであるが、最大の礫は長径 20 cm 程度で、全体に大きなものが多く細礫は少ない。礫塊と周囲のロームとは画然と区別されている。礫種は泥質と砂質のホルンフェルスが大半で、花崗岩はほとんど入っていない。円形状の礫噴き出しの断面形態については不明であるが、付近一帯の他の事例からロート状の形態を呈するものと推測される。

なお、ここでは城の築造に関係して人為的に持ち込まれた礫が多数点在しており、それらと噴き出した礫とを明確に区別するのは難しだが、削平した面に長径が 50 cm 以上もある花崗岩が点々とするものについては、円形の噴き出しから離れて存在するため人為的なものと判断される。

### 3 春ウコン栽培場における噴礫跡

#### 3-1 地形と地質の概要

楠川城跡から約 500 m 南西側の山裾にある露頭で (図-2 ; Loc. 2), 春ウコン栽培のため開墾され出現している (写真 4)。露頭付近は急傾斜の山地から平坦な台地に変化する地形であり、台地はゆるやかに北東側へ傾斜している。

ここの地質は楠川城跡付近と同様で、基盤となっている熊毛層群、およびそれを覆う段丘堆積物、ローム層である。露頭では熊毛層群は現れておらず、周囲の河川沿いの低所などに見られる。段丘堆積物も最上位部分のみが見えているだけで、主に中礫~巨礫が主体となっている。内部には成層構造は認められず塊状であり、砂層やシルト層の挟みは見られない。この礫層を覆って長瀬火砕流堆積物がのり、さらにその上に厚さ 3 m 程度のローム層が堆積している。ローム層中には AT 火山灰は認められなかった。一部の露頭ではローム層最上部に、鬼界カルデラ起源の噴出物である幸屋火砕流堆積物が堆積している。

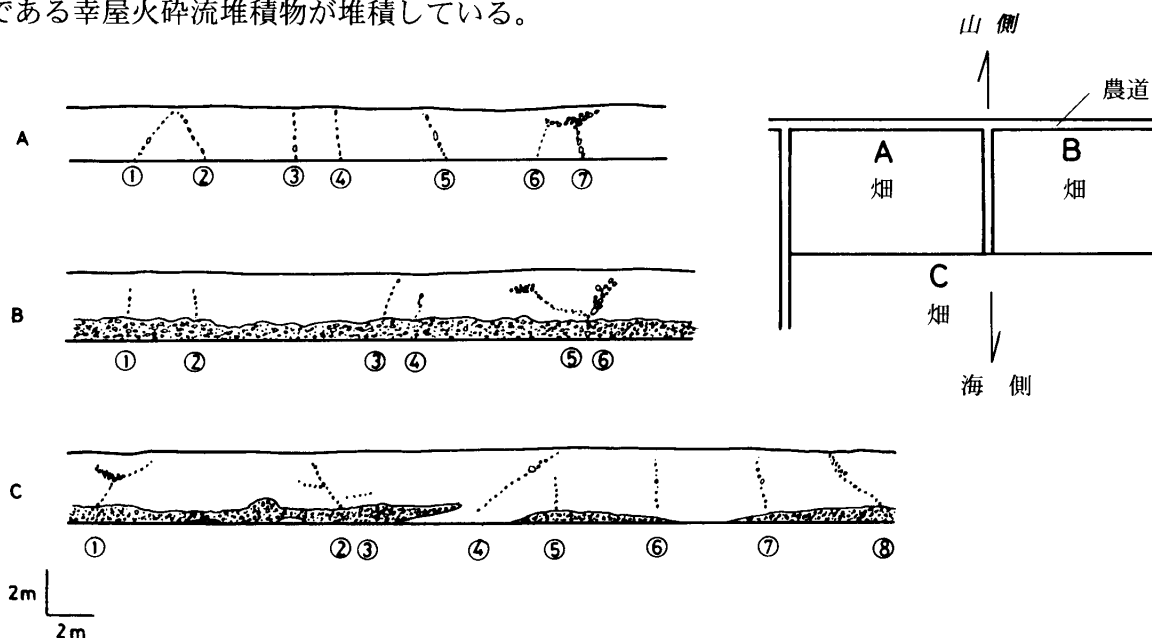


図-6 春ウコン栽培場における露頭の区分と噴礫地点

### 3-2 礫脈の記載

図-6に示すように道路に近い露頭面のうち南側部分をA地点、北側部分をB地点、海側部分をC地点として三カ所に分けた。A地点とB地点はC地点に至る道路を挟んでわかれており、標高は同じである。これに対しC地点はA地点、B地点と畑を挟んで約30m離れており、高さは約3m低くなっている。

三地点とも多くの礫脈が存在するが、それらの上端は畑地開墾の際に削平されており、テフラとの関係は明瞭に把握できない。ただ、A地点では幸屋火砕流堆積物の二次堆積物に覆われているものがある。

#### a A地点

図-6Aに示すように露頭面の長さは約20m、高さは約1mであり、この面に7本の礫脈が認められる。ほとんどの礫脈で礫が直線状に1列で並んでいるが、1本だけは礫脈の規模が大きく礫がその中に多数詰まっている。また、共役系の礫脈が1組存在している。礫脈と礫脈の間は3~6m程度で、比較的接近している。全体を通した礫の最大長は約25cmである。上昇している礫は泥質と砂質のホルンフェルスおよび花崗岩であり、全体に亜円~円礫が主体であるが、泥質ホルンフェルスの中には角張ったものもある。

A地点では下位にある礫層は畑土に隠れて見るできない。この付近での礫脈の立ち上がりの高さは約2mであることから、礫層は畑表面より約1m下側にあると思われる。地表に見られる噴礫から判断して、礫層は泥質ホルンフェルスが主体で、その他に砂質ホルンフェルス、花崗岩礫があると推定される。

礫脈の最上部はアカホヤ噴火に伴う幸屋火砕流堆積物の二次堆積物に覆われ、明確に幸屋火砕流堆積物に覆われるものは認められない。

共役系の噴礫は露頭に向かって左側(図-6Aの①)のものがほぼE-W、右側(②)のものがN10°Wの走向を持っており、それぞれ斜交している。礫はローム層中を断続的に上昇しており、左側の礫脈中央付近には長径25cmの泥質ホルンフェルス礫がある。また、図-7に示すように、露頭右端にある2本の礫脈(図-6Aの⑥、⑦)は、畑表面から約1mの高さで1本につながっている。詳細に見ると⑥は走向がE-Wで、小さな礫が斜めに点々と断続的に上昇し、約1mの高さで真横に約70cmのびて⑦の礫脈とつながっている。⑦は走向がN30°Eで、⑥よりは大

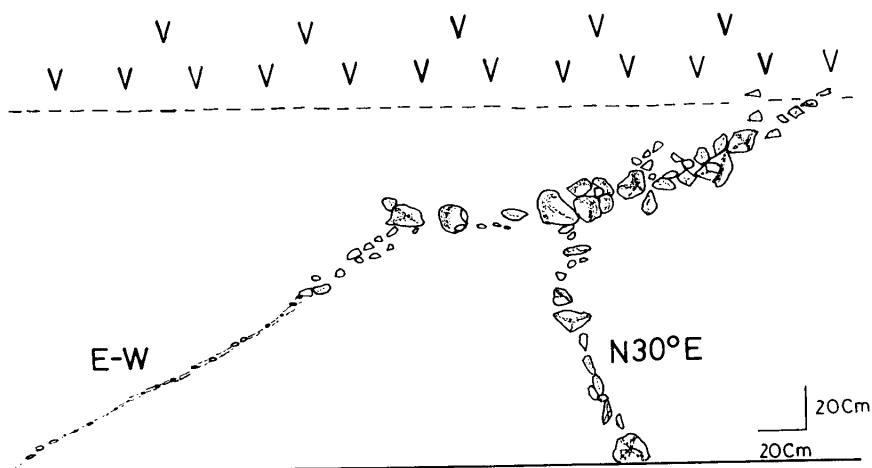


図-7 合流する礫脈の断面形態  
Vの記号は幸屋火砕流堆積物の二次堆積物を示す

きな礫が多く、それらが点々と断続的に上昇している。合流した礫脈はさらに右斜めに向かって上昇している。

### b B地点

露頭面の長さは約10 m、高さは約3 mであり、この面に6本の噴礫が認められるが、全体に小規模な礫脈が多い(図-6 B)。しかし、ローム層中に礫層が水平に挟まり、そこからさらに上方に向け礫が噴出している例があり、ローム層中の礫層は噴出した礫がたまった可能性がある。礫脈の高さは約1 mであり、いずれも長径3~5 cmの礫がローム層中を断続的に上昇している。礫脈中の礫は少しずつ間隔をおきながら上昇していることが多く、かろうじて礫脈として認識できるものもある。礫種は泥質ホルンフェルスが主体で、その他に砂質ホルンフェルスや花崗岩がある。礫は全体に円礫が多いが、泥質ホルンフェルスの中には扁平で角張ったものもある。礫脈の基底部分の間隔は2~8 mである。

ここでは礫が当時の地表まで到達できずに、ローム中にたまっている礫だまりが存在する。断面における礫だまりの直径は1 m程度で、内部では礫が間隔をおいてまばらに入っている。礫と礫の間は周囲と同質のロームであり、砂質のものは認められない。

### c C地点

露頭面の長さは約30 m、高さは約3 mであり、この面に8本の礫脈が認められる(図-6 C)。礫脈の基底部分の間隔は5~9 mである。平均的な礫脈の幅は5~10 cmであるが、一般的には下部が細く上部に向かうほど広がっている。極端な場合には最下部の幅が約1 cmで、内部には礫はほとんど無く、砕かれたローム片の中に粗い砂~結晶粒、細礫が点在している程度である(写真5)が、上部では幅約20 cmに広がり、その中に巨礫が散在していることもある。

礫脈の高さは最大約3 mであるが、斜めに上昇するものもあり、見かけの長さが4~5 mに達するものもある。いずれの礫脈も礫層から立ち上がり、ローム中をゆるやかな曲線を描きながら上昇している(図-8)。他の地点と同じく礫がローム層中を断続的に上昇しており、礫層と明確につながっているものは少ない。

礫は泥質および砂質ホルンフェルスが主体で、花崗岩はまれにしか認められないが、これらは下部の礫層の礫種を反映している。礫はおおむね礫脈ののびる方向と同じ方向に挟まっており、とくに泥質ホルンフェルスではその傾向が強く、ローム層中に立っているもの

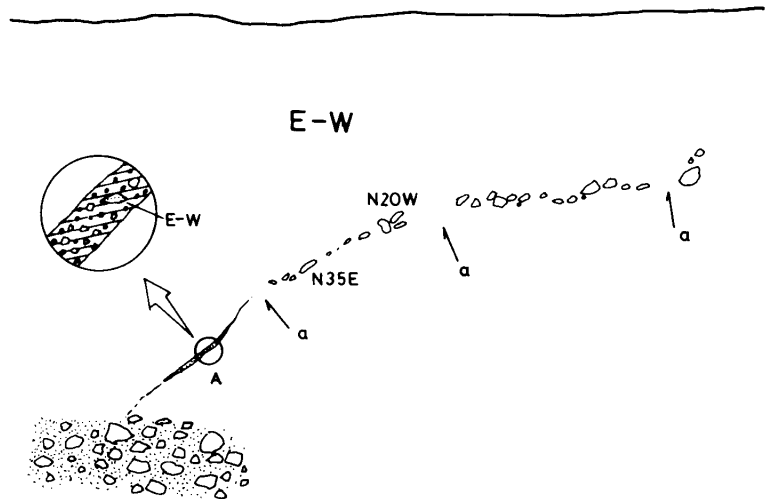


図-8 曲線を描いて上昇する礫脈の模式図  
aの部分では数十cmの間隔で礫が欠失している

が多い。ただ、詳細に見ると図-8に示すように、内部の礫の方向は一定していない。

一般に礫脈は斜めに上昇するが、図-6Cの⑥と⑦はほぼ垂直に上昇している。図-6Cの①と②は斜めに上昇するが、最上部では礫がローム層中に水平に広がっている。①はラッパ状に広がり礫だまり状態となっているが、②の場合は左右に枝分かれした状態で広がっている。枝分かれは礫脈の三分の二程度のところから始まり、それぞれの礫脈の長さは1m程度である。

C地点での礫脈は明瞭に礫層から立ち上がっているが、ここでの礫層はローム層中にレンズ状に挟まるような堆積状況であり、B地点と同じように礫層全体が噴き出した礫がたまってできた層の可能性がある。礫層の上端面では内部の礫が踊るような形で、上位のローム層中に不規則に入り込む傾向が認められる(写真6)。また、場所によっては礫がドーム状に盛り上がっていることがあり、その部分から小さな礫脈が上方へのびている。

### 3 考察

#### 3-1 楠川城跡における噴礫の起源

前述のように断面での観察では礫脈はローム層中に認められ、ひとつの可能性として何らかの原因で生じた割れ目に礫が落ち込み形成されたことも考えられる、しかし、これについては付近一帯ではローム層より上面に礫層が無いこと、礫種が下位にある礫層のものと同質であること、さらには礫層に直接つながるものが存在することなどから、この地点における噴礫の起源はローム層下部にある礫層と判断される。噴礫がローム層から始まっているのは、礫脈が斜めに噴き出しているための見かけの現象である(図-4)。上端については築城の際に削平を受けており、ローム層中のどの部分まで達しているのか不明である。

礫脈の中には砂やシルトはほとんど見られないが、これはもともと礫層中に砂やシルトが少ないためと思われる。また、液状化した砂・礫層内部には、一般的にそれに伴い形成されたピラー構造やディッシュ構造などが見られるが、ここでの礫層中にはそのような構造は認められない。それは、もともと礫層中に砂やシルトおよび細礫が少なかったため、たとえそれらの移動量が大きくても、地層中に残るような微細な堆積構造を形成できなかったためと考えられる。

#### 3-2 楠川城跡における噴礫の平面形態の形成

楠川城跡では礫脈の平面形態が現れているが、前述のように築城に伴う人為的な石の搬入があり、それと噴礫との区別が難しく全体像を把握することはできない。ここでは断片的な資料から平面形態の形成について考察を行う。

1997年3月と5月に発生した鹿児島県北西部地震では、阿久根市の埋め立て地で多数の液状化が生じたが、成尾(1998b)は液状化跡の掘削を行ってその平面形態を調査し、①砂の噴き出しが地割れ線に沿って起こっていること、②途中に円形のスポット状噴き出し口があることなどを明らかにした。楠川城跡における噴礫もこれと同様であり、その規模が大きいものであると判断される。すなわち、地震によりローム層から礫層に達する割れ目が生じ、そこへ礫層から礫が供給され、割れ目に沿って板状に礫が噴き出したり、さらに一部では、途中で円形状に噴き出すこともあったと考えられる。



屋久島の東側に位置する種子島でも、礫脈の平面形態が現れている所があるが、ここでは樹枝状に分かれたり互いに交差したりしており、礫脈が平行するだけの単純な形態ではない。楠川城跡の場合には人為的なものとの区別が難しいが、種子島同様の複雑な平面形態を持つと思われる。

地震時にこのような複雑な割れ目に沿って砂や水が噴き出す例は、新潟地震（1964年；M 7.5）でも観察されており（藤田ほか 1988）、噴礫の場合はこれらより地震の規模が大きかったため、砂ではなく段丘堆積物中の礫が噴き出したものである。

### 3-3 春ウコン栽培場における噴礫の形成

この地点ではローム層中に礫層が挟まるような堆積構造を示し、さらにそこから礫脈が上昇している。露頭面での観察では個々の礫がローム層中に踊るような状態で入り込んだり、多数の礫がドーム状に盛り上がっている部分があり（図-9）、これらは礫脈の上昇過程を示すものと考えられる。すなわち激しい地震動によりローム層や礫層全体が揺れ、礫層内部の礫は強くかきまぜられたような状態になり、礫層上端面付近の礫はローム層中に食い込んだり、さらに地震動の集中する弱点ではローム層に割れ目が形成され、そこから礫が噴き出したものと考えられる。また、地震動の比較的弱かった点、もしくは強くても礫の重量が大きい点では噴き出しまでに至らず、ドーム状に盛り上がったものと考えられる。

ところで、関東地震（1923年；M 7.9）における千葉県館山での液状化の目撃談から、伏島・平川（1996）は噴砂丘を伴うような噴砂について、地震波に対応して振動した地表層の山形部分に生じた割れ目が谷形になった次の段階で地下の液状化砂層まで達し、さらに再び山形になった段階で液状化砂が噴き出すという過程を示した。また、楡井ほか（1986）は地震時に地盤が波打つ地波現象が起こることを示したが、この地点で礫脈が数mごとに繰り返し現れている現象は、伏島・平川や楡井ほかが指摘するような過程で礫が噴き出したため（図-10）と考えられる。

ところで藤田（1983）は、新潟地震で現れた平行する液状化跡の観察から、液状化層の上にある層に傾斜方向への張力が働き、上層が水平移動することで地割れができ、そこから砂が噴き出したと解釈した。しかし、本地点では礫脈の方向は地形の傾斜方向とは異なっており、前者のような考えが妥当である。

礫脈の幅が下部で狭く上部で広がる理由については、たまたま礫脈の末端部分を見ているため、見かけ上狭くなっていることが考えられる

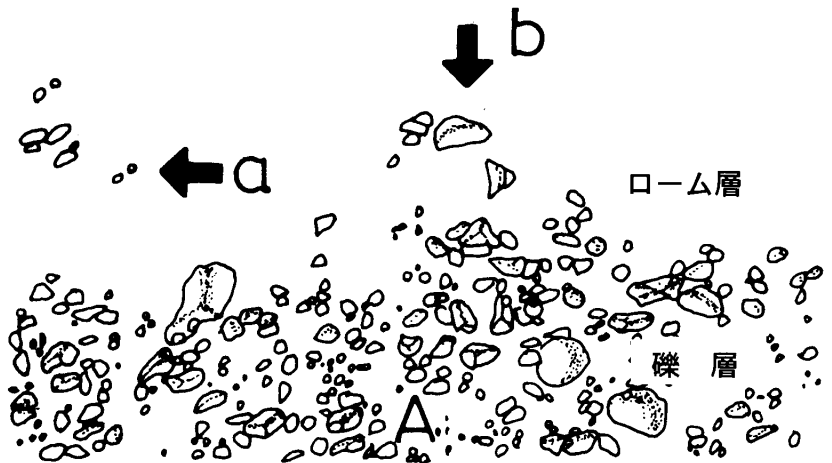


図-9 ローム層中への礫の入り込み

a ; 礫脈への移行 b ; ドーム状の盛り上がり A ; 礫層

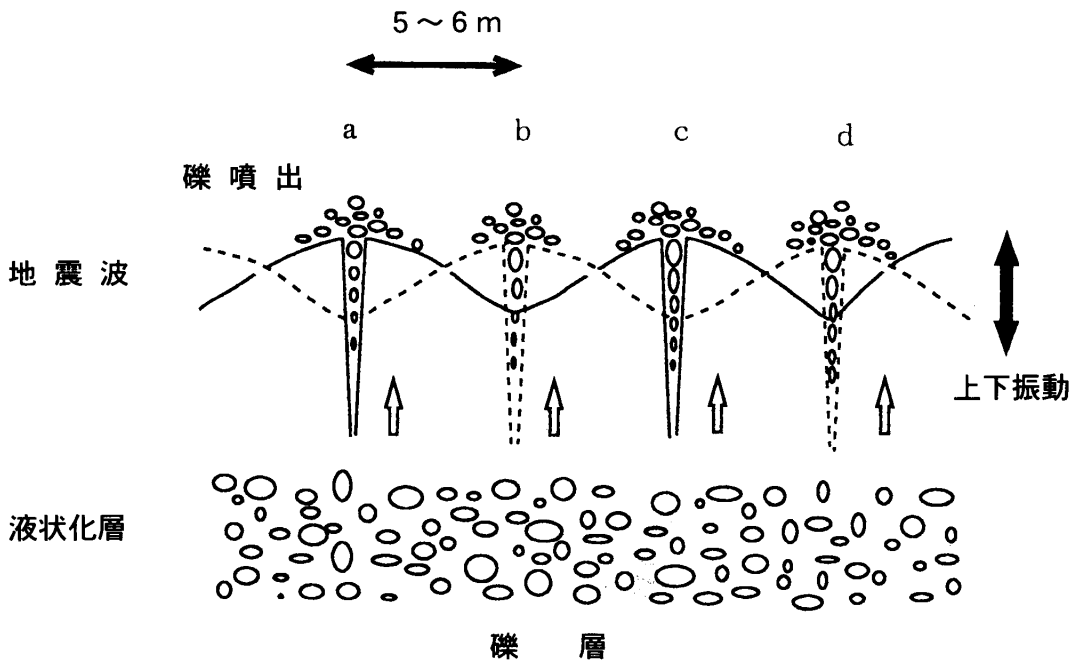


図-10 礫の噴き出しの模式図

### 3-4 噴礫の形成時期

2地点とも礫脈の上端面は削平されており、約6,300年前の鬼界カルデラ噴火に伴う噴出物との直接の関係は把握できなかった。しかし、成尾・小林(1996)が報告したように、すぐ近くの露頭(図-2; Loc 4)では礫脈の上端面はこの時の噴火に伴う幸屋火砕流堆積物に直接覆われたり、内部に噴き出しており、それから判断して2地点の礫脈も同様であると判断され、噴礫現象の発生は約6,300年前の噴火途中であったことは確実である。

## 4 まとめ

屋久島で観察された噴礫について、その断面形態と平面形態について記載を行い、若干の考察を行った。それらをまとめると次のようである。

- 1) 噴礫は少なくとも8万年以前に形成された礫層から派生し、ローム層中を上昇している。
- 2) 形成の時期はアカホヤ噴火途中と推定される。
- 3) 噴礫はローム層中を断続的に上昇し、直線上ないしはゆるやかな曲線状の礫脈となっている。
- 4) 内部には細粒な砂物質はほとんど認められない。
- 5) 場所によっては噴礫がローム層中に停止し、礫だまりを形成している。
- 6) 平面形態でも噴礫は直線ないしはゆるやかな曲線状の礫脈となっており、場所によっては円形の噴き出しが認められる。
- 7) 噴礫が数mごとに存在することは、噴礫が地震波(表面波)の振動により形成されたことを示唆している。

## 謝

## 辞

本報告を書くにあたり、上屋久町教育委員会計屋正人氏および職員の方々には楠川城跡の調査に際し便宜をはかっていたいただいた。また、鹿児島大学理学部助教授小林哲夫氏、鹿児島大学工学部教授北村良介氏、および鹿児島大学理工学研究科福島大輔氏、藤沢康弘氏の各氏には噴礫について議論していただいた。さらに、茨城大学水圏研究教育センター教授の楡井久氏には地波についての指摘をいただいた。これらのお世話になった方々に感謝申し上げます。

## 文

## 献

- 藤田至則 (1983) 噴砂現象の規則性とその成因. 新潟大学災害研年報, 5, 53-69.
- 藤田至則・浜田政則・高浜信行・大草重康・輿水正比古・児玉 悟 (1988) 1964年の新潟地震による市街地における液状化災害の復元. 新潟大学災害研年報, 10, 15-34.
- 伏島祐一郎・平川一臣 (1996) 北海道大学構内で観察された液状化跡. 活断層研究, 14, 9-18.
- 上屋久町郷土誌編纂委員会 (1977) 上屋久町郷土誌. 楠川城, 169-170, 上屋久町.
- 成尾英仁 (1998a) 上屋久町楠川の段丘礫層と噴礫. 鹿児島県地学会誌, 77, 11-15.
- 成尾英仁 (1998b) 鹿児島県北西部地震による阿久根市での液状化. 鹿児島県立博物館研究報告, 17, 43-50.
- 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. 日本地質学会第6回環境地質シンポジウム論文集, 49-54.
- 楡井久・佐藤賢司・古野邦雄・高梨裕司・森 範幸 (1986) 地震時における地波現象と帯水層の液状化. 地質学論集, 27, 109-114.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276 p.
- 長岡信治 (1988) 最終間氷期末に起きた鬼界カルデラの珪長質火砕流噴火と火砕サージの形成. 地学雑誌, 97, 156-168.





写真1 礫層の堆積状況



写真2 楠川城跡の礫脈断面



写真3 楠川城跡の礫脈平面



写真4 春ウコン栽培場の露頭遠景

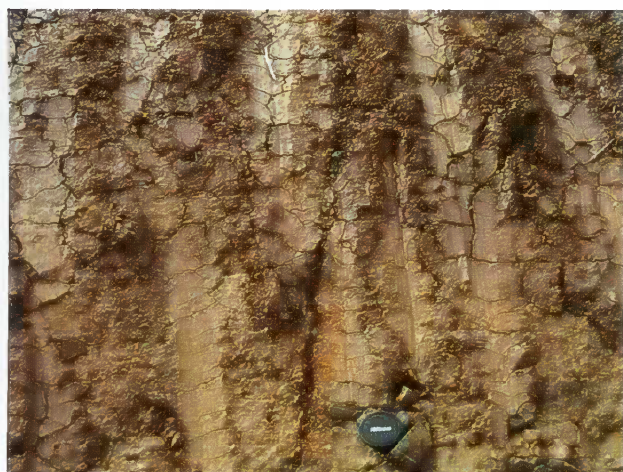


写真5 春ウコン栽培場の礫脈



写真6 ローム層中の礫のはさみ