

佐賀県上峰町で巨木をなぎ倒したAso-4火砕流

熊本大・教育 渡辺 一徳

1. はじめに

1993年（平成5年）2月、佐賀県上峰町の八藤丘陵の圃場整備工事中に、地下約3 mのところから、焼け焦げた倒木群が発見された。これらの倒木群のうち最大のものは根元の直径が約1.5 m、現存の幹の長さ22 mの巨木であった（写真-1）。

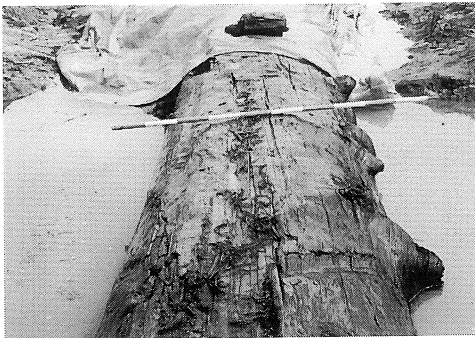


写真-1 Aso-4 火砕流になぎ倒された巨木（佐賀県上峰町）

この発見を受けて、佐賀県および上峰町では、「太古木等調査・保存検討会」を組織し、倒木群の調査・研究を行い、報告書を公表した（上峰町教育委員会，1994）。一方、検討会の地質を中心としたメンバーは、その学術的な予察的結果を、学会誌に報告した（下山ほか，1994）。これらの倒木群とその当時の環境については、上記の文献に詳しくまとめられているので参照されたい。

ここでは、火砕流の実態について、現場で教材として活用して頂くことを願って、特にAso-4火砕流に関する問題について、筆者が関係した部分を要約して紹介する。なお、現場は本格的な調査再開まで保存のため埋め戻され、現在は観察することができない。資料については、上峰町教育委員会または私まで問い合わせて頂きたい。

2. 火砕流とは

火山噴火によって火口から噴出される破片物質は、火山砕屑物と総称される。そのような“火山砕屑物の流れ”という意味で「火砕流」の語が生まれた。火砕流とは、通常“火山灰、軽石、火山礫などが火山ガスや空気と混じり合って一団となって高速度で斜面を下る現象”をいう。広い意味での火砕流には、例えば土石流や泥流のような固体と水との乱流も含むが、「高温のガスと粉体の混合物の乱流」を狭義の火砕流と定義し、通常は火砕流という語は狭義のものに限って使われる。

火砕流という火山用語が、多くの人々に知られるようになった契機は、43名の犠牲者を出した雲仙火山普賢岳の1991年6月3日の噴火である。他方、火山の研究者に火砕流の恐ろしさを初めて認識させた噴火は、西インド諸島のマルチニーク島にあるプレー火山の噴火であろう。プレー火山の1902年5月8日の噴火では火砕流に伴う火山灰混りの爆風が山頂から約8 km離れた海岸に達し、人口28,000人のサンピエールの町を一瞬にして壊滅させた。生存者は地下牢などにいた2人だけだったといわれている。わが国でも、浅間山で1783年（天明3年）に起きた火砕流では、鎌原村の570人の住民のうち447人が死亡している。阿蘇カルデラをつくった阿蘇火砕流は、狭義の火砕流のうちの、きわめて大規模なものに属する。

火砕流の規模には大きな幅があり、阿蘇火砕流のように、中部九州全域を数～数10 mの厚さで覆い尽くすような巨大な規模のものもある（図-1）。その様な火砕流の規模は、プレー火山や雲仙普賢岳の火砕流の百万倍以上

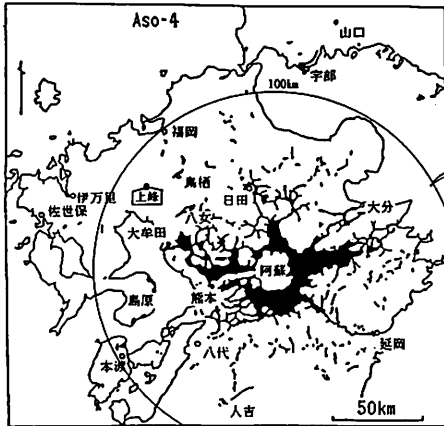


図-1 Aso-4 火砕流堆積物の分布と巨木の産地（上峰）の位置（小野・渡辺，1993の部分）に加筆：渡辺，1994）

上もある巨大なものである。

火砕流は大きく見て3つの部分からなるらしいことが明らかになってきた。すなわち、それらは、比較的重い岩塊や軽石に富み、谷に沿って流下する“火砕流本体”と呼ばれる部分、固体物質が本体より希薄な乱流である“火砕サージ（火山灰混じりの爆風または熱風）”および、流走中の火砕流から立ち昇る巨大な噴煙“火砕流源噴煙（co-ignimbrite ash cloud）”と呼ばれる部分である。

火砕サージの堆積物は火山灰や角礫からなる薄い堆積物であり、火砕流本体の基底部、前方および側方に堆積し、火砕流源噴煙からは、風下に多量の火山灰が降下堆積する。

火砕流の本体は、火山灰、軽石、火山礫、火山岩塊などの火山砕屑物がガスと混濁して高速で流下するもので、あたかも液体のように振舞う。従って、その堆積物は地形の凹所を忠実に埋めて堆積するため、分布は山間部では谷沿いに限られ、その上面はほぼ水平になる。広い盆地に大量の火砕流堆積物が堆積すると、火砕流台地と呼ばれる広大な台地を形成する。谷を埋めた堆積物は、圧密と溶結のために谷の側方に比べて中央部の沈下量が大きいいため中央部が侵食される場合が多い。

そのため、しばしば河川の両岸に段丘状の地形を残す。

火砕流堆積物は堆積時に低温であれば軽石、火山灰、石質岩片の混じった一般にシラスとよばれる未固結の堆積物をつくる。堆積した後もガラスが変形する程の高温を保っている部分は溶結凝灰岩と呼ばれる特徴のある岩石をつくる。火砕流堆積物中の軽石、スコリア、ガラス火山灰は液状のマグマの破片であり、石質岩片は噴火当時火口付近や地下ですでに固結していた岩石片である。それらを区別するために、前者をとくに本質物質と呼ぶ。ガラス火山灰は、良く発泡して生じたバブルウォール（気泡の壁）型ガラスと呼ばれる特徴あるガラスの破片からなる（図-2）。

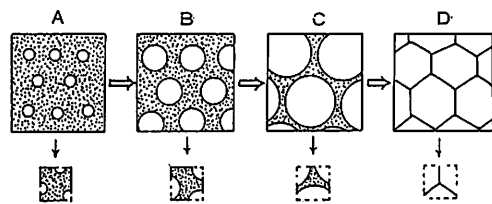


図-2 バブルウォール型火山灰の生成説明図（渡辺，1994）。AからDに向かってマグマの発泡が進行し、CまたはDの状態では細粉化して生じる。

火砕流堆積物の本質物質は、その噴火を引き起こしたマグマそのものの性質を示し、石質岩片は、噴出地点およびその地下にあった岩石の情報を与える。ただし、石質岩片には火砕流が流走中に地表から取り込んだ岩石が含まれることがある。

3. 阿蘇火砕流

阿蘇カルデラを生じさせた火砕流は、阿蘇火砕流と呼ばれ、その堆積物はカルデラ周辺に広く分布している。

阿蘇火砕流噴火の堆積物は、九州中北部はおろか山口県に及び、その平均の厚さは約50mに達する。堆積物の量は侵食をまねがれて現在残っているだけでも、175km以上に及ぶ。

約30万年前、現在のカルデラの内側の地域で阿蘇火砕流の噴出が始まった。その後およそ9万年前までの間に、現在のカルデラの内側の地域から、4回の大規模な火砕流の噴出があり、その結果として現在のカルデラが生じた。大規模な火砕流の噴出を含む噴火サイクルは4回ある。各サイクルとその火砕流堆積物は、古いほうから順に、Aso-1, Aso-2, Aso-3, Aso-4とし、火砕流または火砕流堆積物を表す固有の記号として広く使用されている。

阿蘇火砕流のうち、最大の規模をもつAso-4火砕流の分布を図-1に示した。火砕流はカルデラの周囲に分布し、さらに河谷に沿って細く延びている。Aso-4火砕流は、北・北東・東・南東・西・北西の各方向で九州島の海岸に達しており、さらに、海を隔てた島原

半島、天草下島や、西中国（山口県宇部、秋吉台など）にも分布している。なお、Aso-4火砕流堆積物は、各地で新しい上位の堆積物で覆われており、実際の分布は、地表分布のみを示している分布図の塗色範囲よりはるかに広い。今回の上峰町の巨木の発見地は上位層に覆われている好例である（図-3）。

Aso-4火砕流は、4回の火砕流の中で最も新しく、しかも、規模が最大である（前述）。そのため堆積物の保存がよく、露出がよいので調査が比較的好くなされている。その結果、Aso-4火砕流堆積物は、実際には多くサブユニット（sub-unit）からなることが明らかになっている。サブユニットの語は1回もしくは複数回の火砕流噴煙から生じた堆積物で、野外で一定の安定した岩相を示す堆積物として識別できる堆積物の単位を意味しており、

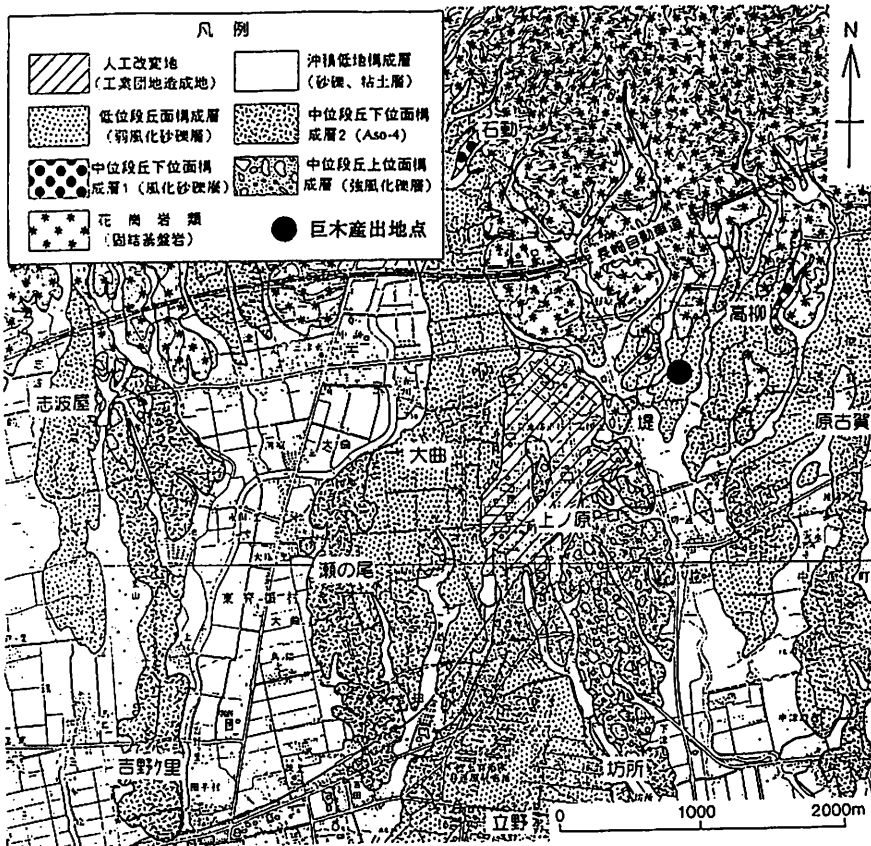


図-3 佐賀県上峰町付近の地質図（下山ほか，1994）

必ずしも1回の火砕流噴火を意味するわけではない。Aso-4火砕流堆積物は、主にカルデラ東方では下部のAso-4Aと、上部の-4Bとに大別された(小野ほか, 1977)。その後、Watanabe(1978, 1979)は、主にカルデラ西方で8つのサブユニットを識別した(表-1)。これらの結果は、Aso-4火砕流がすべて同時に噴火したものではないことを示しているが、地質学的には短時間の一連の堆積物と考えて差し支えない。

表-1 Aso-4火砕流のサブユニット区分
(Watanabe, 1978)

サブユニット名	本質岩塊
九ノ峰スコリア流	スコリア+軽石
鳥栖オレンジ軽石流	軽石
弁利スコリア流	スコリア+軽石
用木灰色軽石流	軽石
八女軽石流	軽石
鳩平軽石流	軽石
肥猪火山灰流	軽石
小谷白色軽石流	軽石

4. 巨木をなぎ倒したAso-4火砕流堆積物

上峰町で巨木の発見された地域は、阿蘇カルデラの中心からおよそ80kmの距離にある。巨木出土地点の近傍のAso-4火砕流堆積物は、灰～黄白色の堆積物で、厚さはおよそ2mである。その堆積物の最上部にはオレンジ色の軽石を含む薄い部分か認められる。堆積物の岩相の特徴から判断して、これらの堆積物は、Aso-4火砕流堆積物のうちの八女軽石流と鳥栖オレンジ軽石流の2つのサブユニットの堆積物と考えられる。埋没している巨木をはじめとする埋没木の全てが八女軽石流堆積物中に認められていることから、巨木をなぎ倒した火砕流は、上記8つのサブユニットのうち、八女軽石流によると判断される。しかし、雲仙普賢岳の火砕流の例で明らかなように、火砕流堆積物の周辺では、堆積物が全く分布しない範囲の樹木が火砕サージのダメージで枯死または枯死寸前に追い込まれている。

大規模な阿蘇火砕流には、大規模な火砕サージが伴ったことは容易に推定されるので、八女軽石流以前のサブユニットが巨木に影響を与えた可能性が十分ある。巨木の年輪の調査からそれらが明らかになることが期待されている。

1) Aso-4火砕流堆積物の特徴と同定

巨木をとりまく火砕流堆積物は、粘土化が著しい。軽石は粘土化してレンズ状構造を示しているが、淘汰の悪い堆積物の構造から、堆積物が火砕流によるものであることは明かである。このように強く粘土化した軽石がレンズ状に潰れ溶結凝灰岩様の岩相を示す堆積物は“擬溶結凝灰岩”と呼ばれ(写真-7参照)、北部九州のAso-4火砕流堆積物にはしばしば認められるものである。これらの堆積物は、古くから八女粘土層と呼ばれたが、火山灰と軽石を主とする大規模な軽石流の堆積物であることが明かであるので、八女粘土の“八女”の名称を生かし、しかも、火砕流堆積物であることを表わすために、Watanabe(1978)は八女軽石流堆積物と呼んだ。

粘土化していない堆積物は、多量の火山灰の中に径数cmの軽石と、2cm以下(希に10cm)の石質岩片とが散在する堆積物で、北九州の各地に分布するAso-4火砕流堆積物の噴出中心から非常に離れた場所に到達したいわゆる遠方型の堆積物の一般的な岩相を示す(写真-2)。粘土化の激しい部分ではガラス



写真-2 巨木の周辺のAso-4火砕流堆積物のうち、比較的新鮮な部分(渡辺, 1994)

火山灰は殆ど残っていないが、水洗して鉱物組合せを確認することができる。

堆積物全体を水洗した試料中に含まれる鉱物は、斜長石、角閃石、斜方輝石、単斜輝石、鉄鉱物および少量の石英と黒雲母である。石英と黒雲母は、Aso-4 火砕流堆積物の斑晶鉱物としては含まれていない鉱物であるが、後述するように、火砕流は相当強い侵食力を持ち、しばしば火砕流の通路に露出する岩石を取り込むことが知られていることから、石英と黒雲母は花崗岩地帯の表土から火砕流中に取り込まれたものと考えられる。従って、鉱物組み合わせは、石英と黒雲母を除いて、Aso-4 火砕流堆積物のそれと矛盾しない。また、比較的新鮮な部分から得られた火山灰は Aso-4 火砕流に特徴的な褐色を帯びたバブルウォール型の火山ガラスからなる（写真-3）。

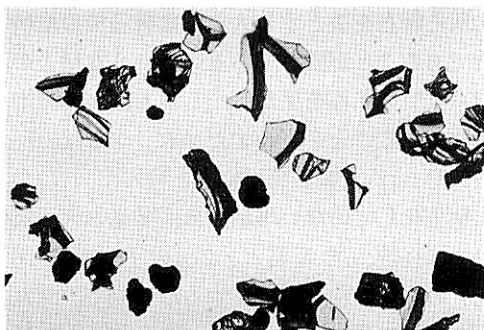


写真-3 Aso-4 火砕流（八女軽石流）堆積物のバブルウォール型ガラス火山灰（渡辺，1994）。透過光で撮影しているため、厚い部分は黒く見える。画面の横幅=2mm

火山噴出物に含まれる火山ガラスの屈折率と斜方輝石の最大屈折率特性は、離れた地域に分布する火山砕屑物（テフラ）の同定法として広く用いられている。

巨木をとりまく火砕流堆積物から採取した火山ガラスと斜方輝石の屈折率特性を測定し、従来公表されている値と比較した（表-2）。その結果、両者はほとんど一致した。

以上のことから巨木の周辺の火砕流堆積物が Aso-4 火砕流堆積物であることは確実に

表-2 Aso-4 火砕流の軽石流の火山ガラスと斜方輝石の屈折率（渡辺，1994）

	ガラス (n)	斜方輝石 (r)
本調査	1.506-1.510	1.697-1.701
Watanabe (1979)	1.506-1.510	1.696-1.701
町田・新井 (1992)		1.699-1.701

ある。

今回行われたトレンチ調査で、八女軽石流堆積物の中にフローユニット（1回ごとの火砕流に対応する堆積物）の境界を示すと考えられる石質岩片の濃集帯が認められた（写真-4）。

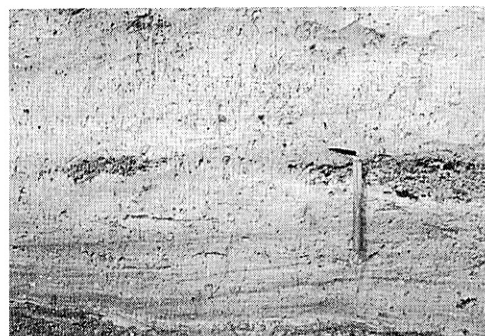


写真-4 Aso-4 火砕流（八女軽石流）堆積物中のフローユニットの境界を示す石質岩片の濃集帯（渡辺，1994）

図に示すように火砕流堆積物の基底から 50~60cm の一定の高さの層準に、石質岩片がレンズ状に濃集した部分が断続的に追跡される。

このような石質岩片の濃集は一回の火砕流堆積物の基底に認められることが多い。従って、八女軽石流サブユニットの堆積物はこの場所では少なくとも 2 波の火砕流でできたことを示すものと考えられる。

火砕流堆積物の最下部の数 cm から数 10 cm は、火山灰の少ない砂質堆積物やそれらと火山灰層が斜交した堆積物が発達する。これらの堆積物は先にのべた火砕サージの堆積物である（写真-5）。

このような堆積物を作る火砕サージは、非常に大きな破壊力を持つので、巨木のなぎ倒しにはたした役割が解明されることがのぞまれる。

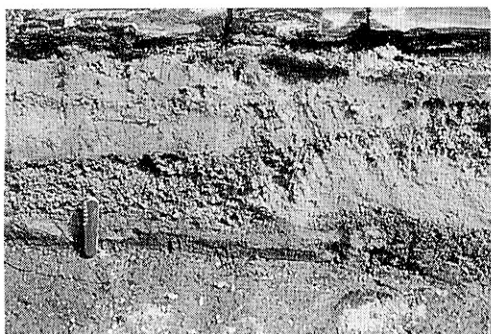


写真-5 火砕サージ堆積物（下位の黒い土壌の上位約20cm）（渡辺, 1994）

2) “煙の化石”

火砕流は、噴火地点からかなりの遠方まで雪崩のように流下するため、流走中に当時の植生を取り込み、高温のために炭化させることがある。そのようにして炭化した木片からはしばしば上方の火砕流堆積物中へ立ち昇る“煙の化石”（三村ほか, 1975）とよばれる構造が観察される（写真-6）。



写真-6 埋没炭化木から立ち昇る“煙の化石”（渡辺, 1994）

この煙の化石と呼ばれる部分は、粗粒な石質岩片や結晶片に富み、細粒の火山灰に乏しい。そのような部分があたかも炎の様に周囲の火砕流堆積物の中にたち昇っている構造で、煙の化石の部分はしばしば炭の粉や酸化物で黒～褐色に着色している。このような構造は、火砕流堆積物に取り込まれた木片が燃焼する事によって生じたガス（煙）が上方へ吹き抜けたために細粒の火山灰が運び去られた結果生じる構造とされている。表面が炭化してい

る巨木から直接立ち昇る煙の化石は観察されなかったものの、巨木の周辺に埋もれている炭化木片に、煙の化石が発達することは、火砕流にとり込まれた木片が、現地で堆積して燃焼したことを意味する。

3) 火砕流の侵食力

調査地点の火砕流堆積物は、しばしば土壌化した未固結のブロックを古地表面から浮いた状態で含んでいる（写真-7）。



写真-7 Aso-4 火砕流（八女軽石流）堆積物に取り込まれた古土壌のブロック（渡辺, 1994）

このような、機械的強度の低い古土壌が火砕流堆積物の中に取り込まれ、あまりほぐれていないのは、ブロックが、露頭の比較的近い場所で地表からはぎ取られて取り込まれたことを示すものと考えられる。また、調査地内では、火砕流堆積物が下位の地表面をまさに剥ぎとろうとする状態を示す露頭が観察された（写真-8）。このような産状は、火砕流

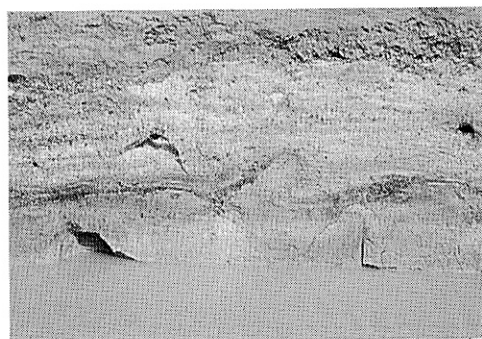


写真-8 八女軽石流にはぎ取られつつある古土壌（No.6 トレンチ）

が流走中に、地表面を相当程度に侵食する能力を持っていることをリアルに物語る証拠である。

他方、埋没した樹幹の一部は“やすり”をかけたように幹の一部が削りとられており、削られた面も炭化している(写真-9)。



写真-9 ヤスリで削り込んだような、侵食痕 (No.3 トレンチ)

そのような樹幹が火砕流堆積物中に完全に取り囲まれて埋没している。これらの産状は、この削り込みが炭化前に受けたものであることを示している。このような削り込みも、火砕流の侵食力を示している可能性がある。

4) 埋没木の産状と Aso-4 火砕流

(i) 埋没木の方向と Aso-4 火砕流の来襲方向

埋没木の樹幹の方向には、ある程度の規則性がある。少なくとも3本の巨木と比較的大きな直径をもつ樹幹は東西方向に揃う傾向がある。3本の巨木は、N80°WからN80°Eで、いずれも根を東、梢を西にして倒れている。しかし、直径の小さい木片(樹幹か枝か区別できない)の長軸の方向は必ずしも一定ではない。特に、巨木の根元付近にはほとんど不規則な向きの大小の樹木片が折り重なって集積しており、巨木に対して火砕流の上流側に吹き寄せられていたような産状を呈している(写真-10)。

今回発見された巨木には根がついており、その倒壊方向がそうなることから、巨木は、現地性であり、火砕流になぎ倒されてほとん



写真-10 巨木の根元付近に集積した樹木片

ど移動していないと考えられる。その意味で少なくとも3本の巨木の方向は火砕流の流動方向とみなすことができる。3本の巨木は揃って梢を西にしていることから、この地点での八女軽石流は、ほぼ東から西に流走したものと推定される。この方向は火砕流の噴出源である阿蘇カルデラの方向とは一致せず、ほぼ真東から巨木の出土した地点へ到達したことを示している。このことは、八女軽石流が筑後川に沿う谷沿いに流下して来襲したことを強く示唆している(図-4)。

(ii) 炭化の程度差

今回発見された埋没木片の炭化温度については、相原(1994)により、最高450℃と推定されている。しかしながら、野外では埋没木片の炭化の程度にはさまざまな差異が認め

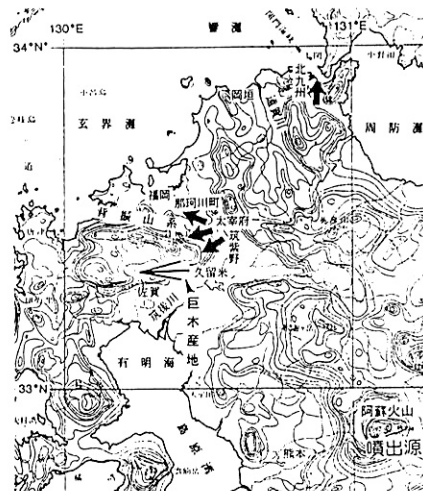


図-4 北部九州におけるAso-4火砕流の流動方向の推定(下山ほか, 1994)

られる。炭化の程度は樹幹や木片の直径の大小には必ずしもよらず、完全に炭化している場合と、表面のみが炭化している場合がある。

このような差異を生じた原因については、さまざまなことが考えられる。例えば何等かの理由で火砕流堆積物そのものの温度が部分的に異なっていた、火砕流堆積物の保有する熱容量に対する樹木量や大きさの反映、火砕流が堆積する直前の地表面の乾・湿の違いの反映、樹木の生・枯死の反映などである。

(iii) 埋没木に残る痕跡

巨木の表面には機械的な強い力が働いた痕跡が残されている。それらは岩片の樹幹への貫入(写真-11)、すり傷、衝突痕などである。谷口(1994)は雲仙での経験とそれらをもとに、火砕流の速度が20m/秒~300m/秒であると推定した。なお、この結果については谷口氏によって今後さらに検討が加えられる予定である。

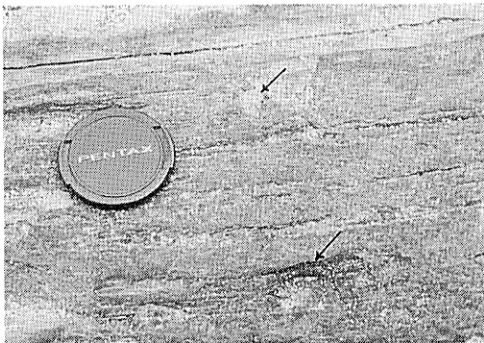


写真-11 巨木に突き刺さった石質岩片(中央上部矢印)と衝突窪み(中央矢印下)

主な参考文献

相原安津夫(1994):炭化樹木片から推定できる火砕流温度。「佐賀平野の阿蘇4火砕流と埋没林」,上峰町教育委員会発行,47-48。
上峰町教育委員会(1994):佐賀平野の阿蘇4火砕流と埋没林。上峰町文化財調査報告書,第11集,81頁。
町田洋・新井房夫(1992):火山灰アトラスー日本列島とその周辺一。東京大学出版会,276頁。

小野晃司・渡辺一徳(1983):阿蘇カルデラ。月刊地球,44,73-82。
小野晃司・渡辺一徳(1985):阿蘇火山地質図。地質調査所発行。
小野晃司・松本徹夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和(1977):竹田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅)。地質調査所,145頁。
下山正一・渡辺一徳・西田民雄・原田大介・鶴田浩二・小松 譲(1994):Aso-4火砕流に焼かれた巨木ー佐賀県上峰町で出土した後期更新世樹木群一。第四紀研究,33,107-112。
谷口宏充(1994):阿蘇4火砕流の破壊力。「佐賀平野の阿蘇4火砕流と埋没林」,上峰町教育委員会発行,47-48。
Watanabe K.(1978):Studies on the Aso pyroclastic flow deposits in the region to the west of Aso caldera, southwest Japan, I:Geology. Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ., No.27, Nat. Sci. 97-120。
Watanabe K.(1979):Studies on the Aso pyroclastic flow deposits in the region to the west of Aso caldera, Southwest Japan, II:Petrology of the Aso-4 pyroclastic flow deposits. Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ., No.28, Nat. Sci., 75-112。
渡辺一徳(1994):阿蘇4火砕流。「佐賀平野の阿蘇4火砕流と埋没林」,上峰町教育委員会発行,31-43。
渡辺一徳・小野晃司(1969):阿蘇カルデラ西側,大峰付近の地質。地質学雑誌,第7号,365-374。
渡辺一徳・相原安津夫・谷口宏充(1994):阿蘇4火砕流についての成果と今後の課題。「佐賀平野の阿蘇4火砕流と埋没林」,上峰町教育委員会発行,49。