

1984年御岳山岩屑なだれ堆積物の諸特性

諏訪 浩・奥西 一夫・奥田 節夫・高橋 秀樹
長谷川博幸・高田 衛・高谷 精二

DEPOSITIONAL CHARACTERISTICS OF THE DEBRIS AVALANCHE AT MT. ONTAKE IN 1984

By *Hiroshi SUWA, Kazuo OKUNISHI, Setsuo OKUDA,*
Hideki TAKAHASHI, Hiroyuki HASEGAWA,
Mamoru TAKADA and Seiji TAKAYA

Synopsis

A large-scale land slide, with a total volume of $3.6 \times 10^7 \text{ m}^3$, was brought about near the top of the southern flank of Mt. Ontake by the Western Nagano Prefecture Earthquake in Sept. 14, 1984. It was instantly transformed into a huge debris avalanche and ran down about 12 km, with a mean frontal velocity of 20–26 m/sec, filling the valley and partly overflowing at some places.

We divided the whole affected area of the debris avalanche into the seven kinds of different zones through the evaluation of ten depositional factors according to the aerophotographic analysis. Among the ten factors, the presence and the properties of stripe, wrinkle and drift-wood on the surface of the deposits were most significant for the estimation of the motion and the material composition of the debris avalanche. Analysis of the debris materials which were sampled from the debris-avalanche deposits told us firstly that the minerals of the debris avalanche were composed of a large portion of feldspar, of a very small portion of quartz, and of no clay minerals, and secondly that the debris matrix of the dry type deposits did not contain wooden pieces and the median particle size of the wet type deposits was smaller than that of the dry deposits.

Then we inferred a structure model consisting of four layers for this debris avalanche from the synthetic study on the distribution of deposits zones, the depositional sequences of these zones, and the granometric and the mineralogical compositions of the debris matrix. In this model, the top layer and the medium layer are supported by the bottom layer of the wet debris flow. The top and medium layers are the dry and the semi-wet clastic debris mixtures respectively, and they contain many dry blocks. The main part of the debris avalanche composed of the above three layers is followed by the debris flows with large water content.

ま え が き

1984年9月14日8時48分50秒発震の長野県西部地震の強震によって¹⁾, 御岳火山の山体の一角が崩壊した。崩壊の位置は王滝川の支流濁川の上流伝上川の源頭部であり, 崩壊土石の総量は $3.6 \times 10^7 \text{ m}^3$ と見積られている²⁾。この崩壊土石は直ちに岩屑なだれ (debris avalanche) となって伝上川に沿って流動しはじめるとともに, この谷の谷底や谷壁を激しく剝削・侵食しながら流動し, 岩屑のはぐれの効果も加わって岩屑なだれの総体積はさらに増大しつつ流下したと推定される。流下途中において, 主流路に関して攻撃斜面にあたる小三笠山北側の台地, 伝上川西側の台地および伝上川東側の台地の上へ大量の土石が溢流したことが特筆される。そして岩屑なだれはさらに流下して王滝川氷ヶ瀬に到るあいだに, 濁沢の下流部, 濁川および王滝川

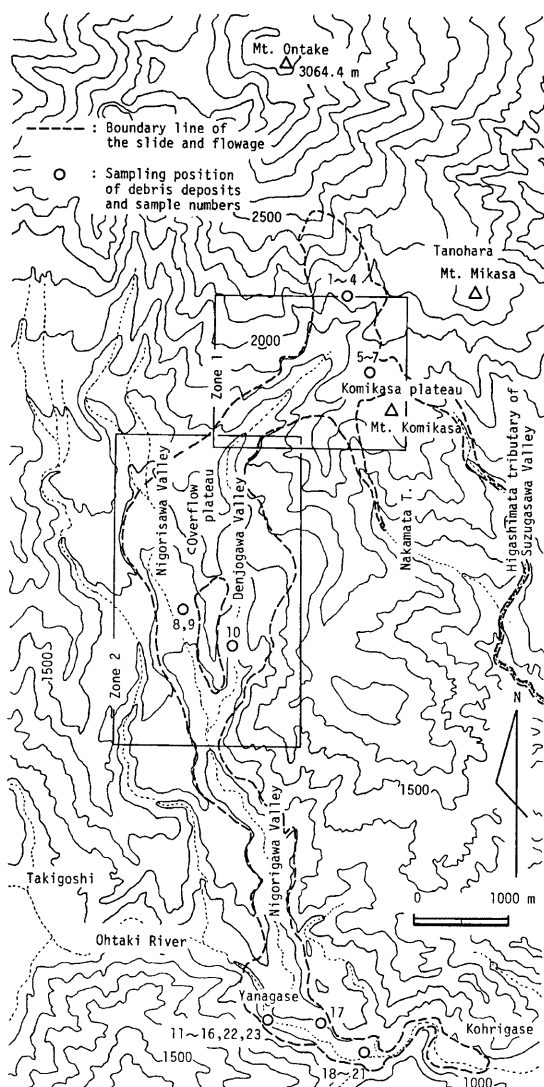


Fig. 1 Survey map of the debris avalanche of the southern flank of Mt. Ontake in 1984. Rectangular areas No. 1 and 2 correspond to Fig. 2 and Fig. 3 respectively.

の柳ヶ瀬から水ヶ瀬にかけての区間に大量の土石を堆積させた。王滝川本川での堆積土石の総量は $1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$ と見積られている。崩壊源から王滝川との合流である柳ヶ瀬までの約 8 km における岩屑なだれ先端の平均流速は $20 \sim 26 \text{ m/sec}$ であったことが推定されているが、流走経路の上流から下流へかけての地形条件および侵食と堆積の状態から考えると、下流の濁川の区間ではこの値より小さな流速であったと推定され、崩壊源直下や伝土川の土流においてはこの値よりかなり大きな流速であったことが推定される。

この岩屑なだれの流動過程については、目撃記録はそのごく一部についてしかないので、現地に残された地形変化の状況や堆積物の検討および目撃者の証言などをもとに分析・推定を行なうほかない。ここでは、主として空中写真の判読と採取土砂の分析によって、岩屑なだれの堆積物の分布とその種類を整理し、その結果にもとづいてこの岩屑なだれの構造と流動過程の推定を試みた。

1. 空中写真の判読による流動・堆積域の分類

崩壊発生後に撮影された空中写真（1984年9月16日、10月22日ハスコ；9月14日、9月21日日本航空）を用いて岩屑なだれの流動・堆積域の地表状態を判読し、Table 1 に示すように分類した。最上段に記す「色調」から「水分状態」までの分類基準要素のうち、「厚み」と「水分状態」については9月29日～10月2日と10月30日～11月2日に行った地上踏査の結果を考慮に入れて推定した。この堆積物分類にもとづいて、Fig. 1 に示す岩屑なだれの流走全域について堆積域の区分を行なったが、それらの一部を Fig. 2 と Fig. 3 に示す。Fig. 2 に示す区域は崩壊直後の岩屑なだれが、その土石の一部を崩壊源の対岸の小笠山台地の土へ溢流させて広大な堆積裸地を出現させたところである（Photo 1 参照）。Fig. 3 に示す区域は、伝土川を流下してきた岩屑なだれが、その谷の断面に収まりきらず、まず西側の台地へ溢流し、つづいて東側の台地へ溢流したところである。はじめの西側の台地（表中では中流部溢流台地とも記す）を溢流したものはさらに濁沢へ流入して濁沢に広大な土石の堆積地を形成している。



Photo. 1 A veil with stripes covering the dry deposits of the debris avalanche on the Komikasa plateau

Table 1 Classification of the deposits area of the debris avalanche on the slope of Mt. Ontake in 1984 with 10 depositional factors

Type	Color	Roughness	Stripe	Wrinkle	Drift-wood	Large * boulders	Flow mound	Thickness	Ponding	Water content	Location	Flow material
A	brown gray white red	rough	strong & long	absent, poor ~rich	absent, poor	rich	absent	thin ~ slightly thick	absent	dry	Komikasa overflow plateau, Western overflow plateau of Denjogawa valley	Layer I (top) of the debris avalanche
B	brown white	rough	absent, present (thin)	poor ~rich	absent	poor	absent	slightly thick	absent ~poor	slightly wet	Nigorisawa depositional area, Eastern overflow plateau of Denjogawa valley	Layer I, Layer II (medium)
C	brown	slightly rough	absent	absent	rich	poor	absent	thin ~ slightly thick	absent ~poor (lower margin)	slightly wet ~ wet	Marginal zones of the whole depositional area	Layer III (bottom)
D	brown	rough	absent, poor (short)	poor ~rich	poor	poor	rich	slightly thick ~ thick	rich ~poor	wet (saturated)	Between the lower end of Nigorisawa valley and Kohrigase	Layer II, III
E	light brown	smooth	absent	absent	rich	absent	absent	thin	poor	liquid (over saturation)	Central zones of the valley bottom around the stream	Layer IV (following debris flow)
F	grayish white	slightly rough	absent	absent	absent	absent	absent	thin	absent	liquid	Narrow zones along the central stream	Transport by traction
H	grayish brown	smooth	absent	absent	absent	absent	absent	thin	absent	liquid	East side on the Nigorisawa depositional area	Local mud flow

* --- larger than 1 m in diameter

堆積域の分類を行なう上でとくに重要な要素は「縞」や「しわ」あるいは「流木」の有無とその状態であった。

(1) 縞模様

「縞」は薄い堆積層の表面が線状に削られたものではなく、同種の堆積物が連続したものであり、その有無、濃淡、長短（数 m の短いものから 500 m に達するような長いものまであり）および色調の組み合わせ（白、灰、褐、赤、黄など）にちがいが見られた（**Photo. 1** 参照）。縞模様の形成機構の詳細は不明であるが、色調の異なる多数の崩壊ブロックが、その区域で一樣に破砕しながら流走したためにできたと推定される。したがって縞の存在はその堆積物がかなり水分の少ない材料でできており、攪乱混合の程度が低かったことを示す。水分の低いことは表面の「きめ」の粗いこととも対応する。また、攪乱混合の程度が高ければ、色調の異なる堆積物の長い帯がこのようなに混じり合わずに独立して残されることは無かったであろう。さらに縞を形成する個々の帯の向きはその地点における流動の最終時点での流向を示すものと見なしてよい。ただし、縞が馬蹄型を呈する場合には、馬蹄型の模様の両翼の伸びる向きが最終時点の流向を示すと解釈してよい場合が多い。この場合、両翼が原地形の尾根を挟む状態で、その両側へ伸びるようにして形成されたと見られる場合がある（小三笠山台地、伝上川西側溢流台地）。これに対し、もっと平らな斜面に形成されている馬蹄型の縞模様や波状の縞模様は岩屑なだれの表面に一旦形成された直線状の縞模様が、その地点における流動の末期にさらにその縞模様と交叉する向きの流速分布が一樣でなかったために、縞模様が曲がりくねって形成されたものと推定される（伝上川東岸台地、濁沢下流部）。

縞そのものを形成する堆積物の厚みは数 cm から数十 cm しかなく、その下に同種の堆積物のある場合で

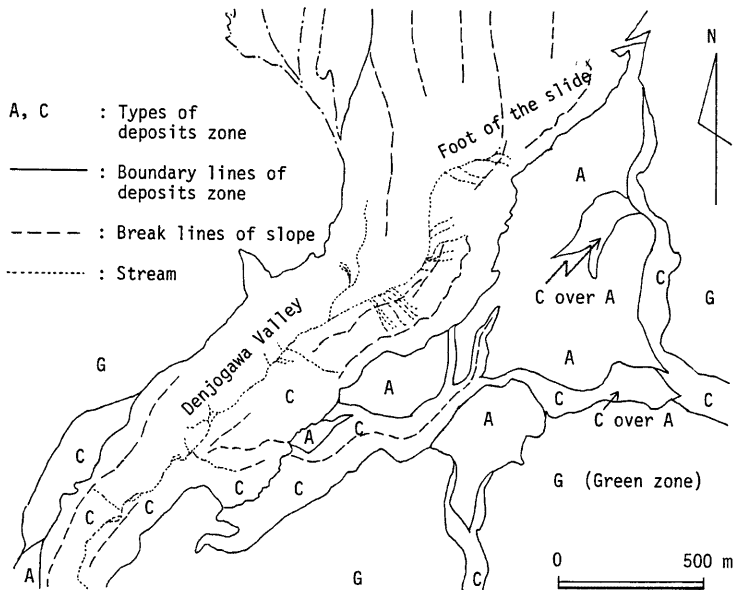


Fig. 2 Distribution of the depositional features of the debris avalanche around the head water of Denjogawa Valley

も、縞の色調は連続していないようであった。したがって、下層の堆積物が表層の堆積物と必ずしも同じ向きの運動をしたものであるとは言えない。縞模様は上流の小笠山台地から下流の柳ヶ瀬にまで分布したが、とくに伝上川と濁沢の合流点より上流域の台地上の斜面に多く分布していた。また、縞の分布ゾーンには flow mound (流れ山) が全く存在しないという特徴が見られた。これは、flow mound の材料となる大

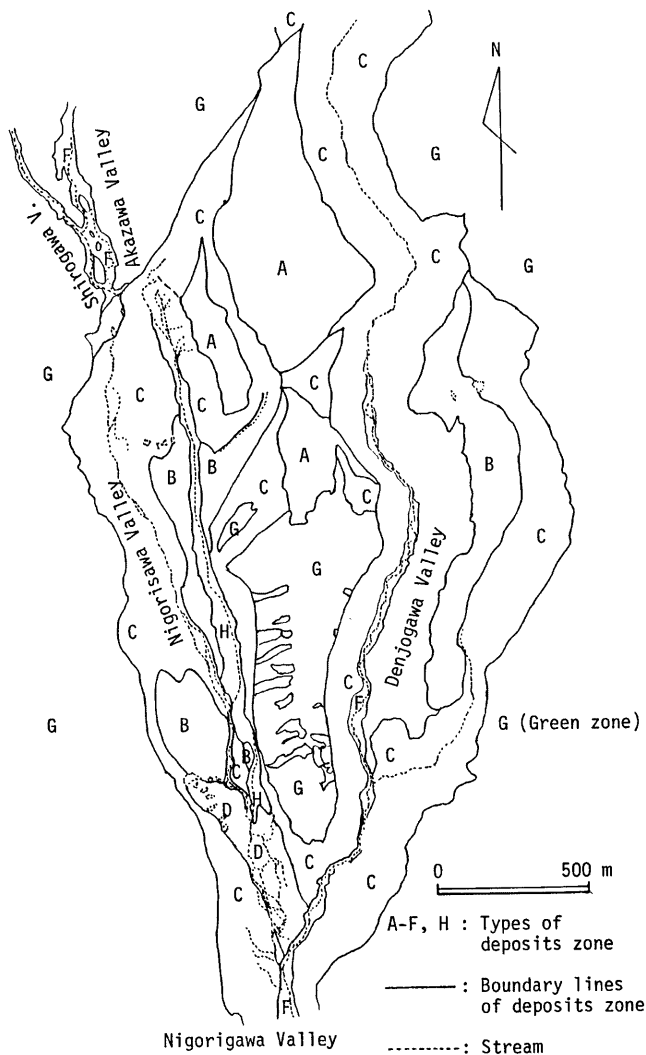


Fig. 3 Distribution of the depositional features around the lower reaches of Denjogawa Valley

きな崩壊ブロックが岩屑なだれの主流によって輸送されたことを示している。しかし、縞が形成された領域においては、このような大きな崩壊ブロックが流入してこなかったのか、あるいは流入してきてもことごとく破碎してしまったのかは不明である。ただし、伝土川西側台地を横切って涇流した流れが濁沢に形成した堆積物の中では flow mound は存在しない。濁沢下流部の多数の flow mound は合流点からの逆流によって遡上してきて堆積したものである。このような点から、台地上へは flow mound のもとになるような大きな崩壊ブロックは流入しなかったとすると、台地上へ逆流した側方流（主流に対して区別してこのように称する）の流れの厚みは比較的小さかった（数 m 以下か）と推定することもできる。

(2) しわ状の起伏

縞の分布の他に、停止直前の土石の運動を示唆するものとして、**Photo. 2** に示すような「しわ」の分布状態があげられる。「しわ」には二種類のものか認められた。一つは伝土川と濁沢の合流点より上流の堆積域 A と B にみられるもので、縞の遡る領域と部分的に重なって分布している。縞と重なっている場合にはしわが縞の方向とほぼ一致していることが多いが、縞のように長くはなく、個々のしわの長さは数 m から数十 m 程度である。このタイプのしわは堆積物が停止直前にしわと直角な方向に収縮運動をしたことを示唆する。この平面的な収縮運動は堆積地の原地形が凹地を形成していたことによる場合（二つの溢流台地上に多くみられる）と二方向からの流動のぶつかりによる場合（濁沢下流部など）とがあった。比高や幅が 1~3 m の起伏からなるこのようなしわの存在は、含水量の多かったと推定される堆積物においても、飽和より低い含水状態であったことを示唆する。

もう一つのタイプの「しわ」は上記の合流点より下流のとくに柳ヶ瀬から氷ヶ瀬へかけて分布している堆積物 D に認められるもので、個々のしわのくぼみには堆積直後に既に泥水が溜っており（9月14日撮影の空中写真による）、堆積物の水分量が相当高かったことがわかる。したがって、このタイプのしわは堆積物の平面的な収縮運動によってできたものではなく、飽和をやや上回る含水状態の材料のやや弾性的な流動の最終的な停止状態を示すものと考えられる。

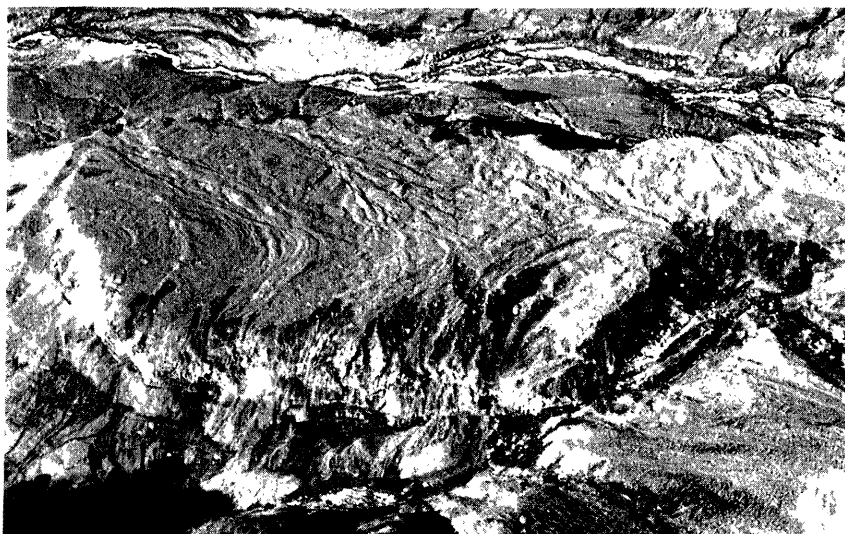


Photo. 2 An example of the wrinkles created on the dry deposits of the debris avalanche at the lower part of the eastern overflow plateau of the Denjogawa Valley

水溜り状の「池」はしわによる凹地や堆積ユニットの境界あるいは堆積ユニットの中の凹地などの随所に分布していた。池の水は、岩屑なだれに含まれていた水がにじみ出て凹地に溜ったものと、堆積後に地下からの湧水が湛水したものとがあり、9月21日撮影の写真によれば褐色の泥水と静澄な水として区別が容易である。堆積直後に池を出現させた堆積物は、すでに流動中に飽和を上まわる含水状態になっていたと考えられる。

(3) 流木

多くの堆積物の内部や表面にはおびただしい量の樹木片が含まれていたが、樹木片はここでは倒木、流木および木屑に大別する。倒木は原位置の近くに残留しているものを指し、樹幹に加え多少の枝葉を残しており、岩屑なだれの流走域の外縁にはほとんど切れ目なく分布しているので、Table 1 ではあえて取り上げなかった。しかし、樹幹の折れ方や泥の付着状態および配列の形態には場所ごとにある程度の系統性があり、樹木に直接的な衝撃を及ぼした流動物の種類や流動方向の判定に役立つ。

これに対し、流木は原位置から遠くまで流送され、樹幹だけになっているものを指し、ほとんどの場合、樹皮が完全に剥がれていた。多量の流木を含む堆積物は岩屑なだれの底層や縁辺部の屑として流動してきたものであることを示す。さらに流木については、粒径が1~4 cmの小石があたかも射ち込まれた弾丸のように樹幹に深く貫入しているものを、王滝川本川の堆積地において多数見つけることができた。これは林立していた樹幹に岩屑なだれの岩屑が大きな速度で衝突したことを示しており、さらに樹幹が下流へ流れ着くまでに樹皮が完全に剥がれてしまっても、なお残るほどに深く小石がめり込んでいたものである。このときの岩屑粒子の速度は、崩壊源〜柳ヶ瀬間におけるこの岩屑なだれの平均流速 $20 \sim 26 \text{ m/sec}^{1)}$ よりもはるかに大きな値であったと推定され、崩壊源直下や伝土川の上流部ではそのような高速流動が出現していたものと推定される。

堆積ユニット内の流木の配列は必ずしも流動の方向を示さず、極端な場合には流木が堆積物の表面に直立したり倒立したりしているものさえあった。しかし、堆積域内については流木の樹幹の横臥方向が流れ

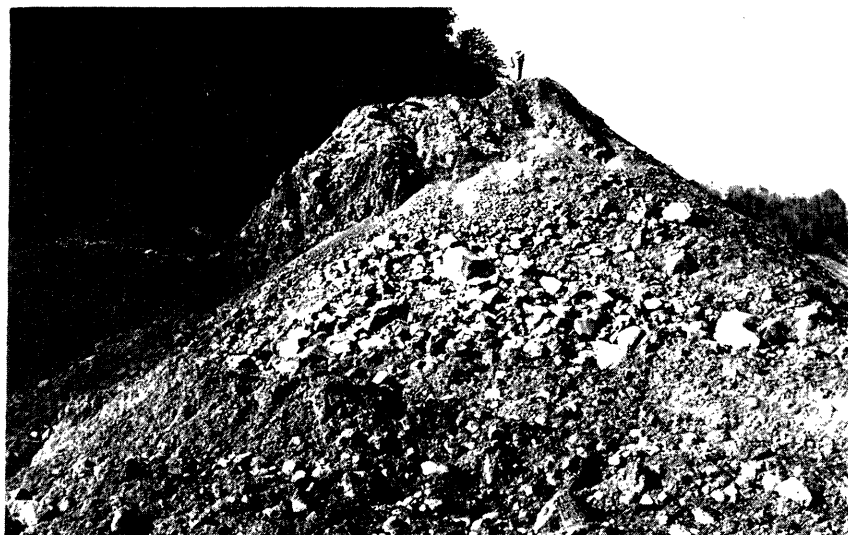


Photo. 3 A large flow mound deposited at the lower end of the Nigorisawa Valley.
A man is standing on the top.

の向きにはほぼ一致しているものが多かった。

(4) Flow mound

Flow mound (流れ山) は堆積域Dの堆積物とともに形成されたと考えられる。堆積域Eにも認められるが、Eの堆積物の厚みはせいぜい数 cm ないし数十 cm であり、この場合の flow mound はEの下位に堆積しているDの堆積物と一体のものである。Flow mound は **Photo. 3** に示す例のようにほとんどが円錐状を呈し、その直径や高さは数 m から十数 m であったが、濁川温泉跡には差し渡しが 100 m をこえる台形状の巨大な flow mound が残されていた。これらの flow mound は、岩屑なだれの表層や内部に浮流していた比較的ドライな崩壊ブロックの断片が、破砕が十分進行しないまま残留停止したものと考えられる。Flow mound は伝上川と濁沢の合流点のやや上流の濁沢下流部から王滝川堆積地下流端の水ヶ瀬トンネル付近まで広く分布していた。個々の flow mound は単一の岩相でできていることは少なく、ほとんどのものが複数の岩相から構成されていた。さらに、とくに大きな堆積ブロックや堆積段丘においては、比較的乾いたブロックの間に湿った流動相の材料が注入充填されていたり、乾いた材料と湿った流動相とがかなり混合して堆積しているものが見られた。

2. 堆積土砂の材料特性と粒度特性

岩屑なだれの発生・流下・堆積域について **Fig. 1** に示す地点で合計23個の土砂サンプル(攪乱試料)を採取したが、その分析結果の一部を **Table 2** と **Fig. 4** に示す。ここでは岩屑なだれの堆積物を dry なもの、semi-wet なものおよび wet などのなどに分類して比較する。

(1) 構成材料と鉱物組成

Table 2 に示す試料中の木屑の有無は、その試料を採取した堆積ゾーンの流木の有無とほぼ一致するが、中には流木の発見されないうちで木屑のみつかる場合もあった。また、崩壊源中央部に見られる土石流堆積物(試料番号1)は木屑を含んでいなかったが、これは滑落面から直接供給された土石による二次流動物なので当然である。結局、dry な堆積物は木屑を含まず、semi-wet または wet な堆積物は木屑を含んでいたと言え、岩屑なだれの流動物がこの点でも明瞭に区分される。

さらに、個々の試料の岩屑は数多くの異なる色調の粒子の混合物として構成されているのが特徴的であった。それらの中から試料の種類毎に代表的な色調を **Table 2** に記すが、個々の粒子の岩種と色調をさらに詳しく整理すれば、試料毎に生産源別の構成比を推定することが可能である。

いっぽう、これらの土砂サンプルについて、 62μ 以下と 2μ 以下の試料を用意し、X線回析法で鉱物の組成を調べたところ、(1)全ての試料が長石類からできていること、(2)軽石堆積物を除く試料には微量の石英が混入していること、(3)粘土鉱物は全く検出できないこと、などが明らかになった。結局、このような大規模な崩壊によって生産された岩屑は山体そのものの鉱物がほとんどであり、山体表面に薄く分布していたような粘土鉱物は、流下中にこのような方法では検出できないほどの低濃度状態にまで分散してしまったものと考えられる。

(2) マトリックスの粒度特性

土砂サンプルの粒度特性に関しては、第一に **Fig. 4(b)** の三角座標分類によって岩屑なだれの材料は 2 mm 以下の細粒分に着目する限り、全て砂の領域に属することがわかる。第二に **Fig. 4(a)** の三角座標分類によれば、dry な流動材料ほど礫質の傾向が強いことがわかる。第三に、dry な流動材料ほど粒度分布の標準偏差が大きかったが、これはいわゆる sorting がわるいことに相当し、その結果、**Table 2** に示されるように嵩密度がやや大きい傾向が認められた。また dry な材料ほど中央粒径などの粒度特性値が大きくなる傾向を示すが、これはいっぽうで wet な部分が岩屑なだれの境界・縁辺部に位置するため、より大きな剪断力を受けて岩屑が細粒化し易いと推定されることや、wet な部分ほど谷底や山腹斜面の表層土壌を大量に混入しているため、結果的に dry な材料が相対的に粗粒として評価されたものと考えられる。

Table 2 Characteristics of the debris materials sampled from the debris-avalanche deposits

Type of deposits	Symbol	Sample number	Wooden pieces	Drift-wood	Large boulders (>1m)	Stripe	Color of the deposits in the field	Color of samples in dry condition	Particle density g/cm ³	Dry bulk density g/cm ³	Dry samples of debris finer than 2 mm			Flow material
											Porosity %	Median diameter mm	Content <74 μ %	
Colluvial deposits at the headwater, Flow mound		2 18, 19	absent	absent	poor	absent	brown, brown, red, gray	brown, brown, reddish purple	2.66	1.6	38	0.45	11	Layer I (top) and II (medium) of the debris avalanche
									2.73	1.8	33	0.35	20	
Dry deposits of debris avalanche		5, 7 11, 12 15, 16 23	absent except for No. 7	absent	rich	rich	white, yellow, red, brown	reddish purple, grayish brown	2.72	1.7	38	0.45	15	Layer I, II
Semi-wet deposits of debris avalanche		8, 10 13, 14 17, 20 22	present, rich	rich, absent	poor	absent	brown, brown	brownish gray, grayish brown	2.69	1.7	38	0.3	14	Layer III (bottom)
Wet deposits of debris avalanche		1, 9 21	present except for No. 1	present, rich	absent	absent	brown, dark brown	grayish brown, gray	2.65	1.5	42	0.25	18	Layer IV (following debris flow)
Pyroclastic flow deposits		4	absent	absent	poor	—	gray, brown	gray	2.6	1.7	35	0.2	14	—
Pumice		3, 6	absent	absent	absent	—	white, yellow, brown	yellow, brown	2.7	0.8	69	0.15	29	—

mean values

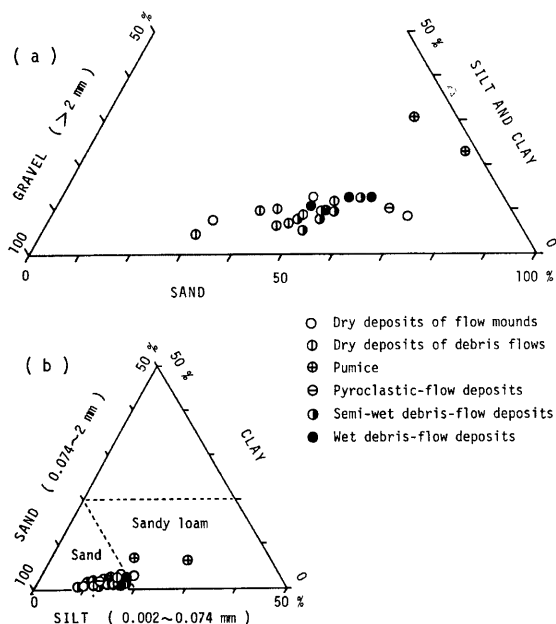


Fig. 4 Triangular diagrams representing the size distribution of the debris materials sampled from the debris-avalanche deposit. Same circular symbols are used as those in Table 2.

Table 2 に示す間隙率は攪乱試料の再充填試料についての値であるが、別途に採取した不攪乱試料についての値を調べたところ、wet な流動堆積物ほど間隙率が小さくなる傾向が見られた。これは水分量の多い層ほど流動時の速度シアが大きくて間隙率が減少したと解釈することもできるが、堆積直後の水締め効果で間隙率が減少したに過ぎないとも考えられる。

3. 岩屑なだれの構造と流動の特徴

(1) 堆積物の分布

堆積域の分類AからHの詳細は **Table 1** に記したが、要点をまとめると以下のようになる。堆積域Aは表面全域が綿に覆われ、基本的には流木が存在しないが、一部の区域ではCの堆積物がその上に散らばって、流木が散乱しているものもある（小三笠山台地など）。堆積域Bの堆積物はAの堆積物とほぼ同一の材料でできているが、水分量がAより多いと思われる堆積物であって、岩屑の混合がAより進行している。堆積域Cの堆積物は流木や木屑を多量に含んでいるのが特徴的で、綿は全く見られないが、AやBの堆積の縁辺部に存在するとともに、伝上川中流部から下流域の谷壁のほとんどの部分に付着していた。谷壁や斜面上のCの堆積物には擦痕に似た筋状の流痕の観察できるものもあった（柳ヶ瀬の濁川出口東岸斜面など）。

Cの堆積材料は小三笠山台地などの上流域においては泥しぶきを飛ばすほどの水分量を有さなかったが、中流部溢流台地から下流部では飽和状態であったと推定される。また、CはAやBと連続して分布している

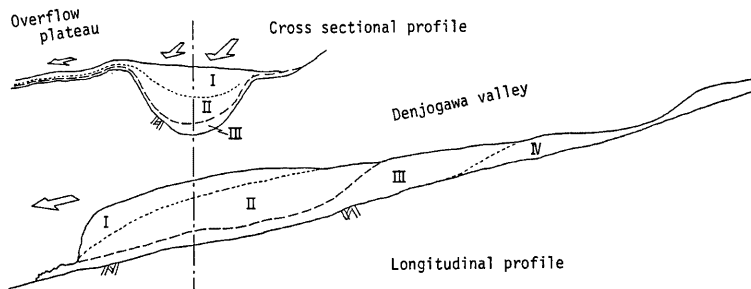


Fig. 5 Schematic profiles for the structure of the debris avalanche running down the Denjogawa Valley

場合や、AやBの上を部分的に覆うように重なって分布しているところもある。Fig. 3 に示す濁沢下流部のDの縁辺部はCに覆われている。いっぽう、堆積域EやHはDやCの上を部分的に切って、あるいは覆って分布している。

(2) 岩屑なだれの構造

以上に述べた判読と分析の結果とから、この岩屑なだれについては Fig. 5 に示すようなモデルを想定することが可能である。すなわち、岩屑なだれの流動層は四層に大別される。第I層は飽和状態よりずっと低い含水状態 (dry と表現する状態) の材料で、大小の崩壊ブロックと細粒の破碎岩屑との混合物で形成され、堆積域AやBの堆積物の材料になったと推定される。第II層は第I層と同様に大小の崩壊ブロックと破碎岩屑から成っており、第I層より水分量が多いものの、不飽和であって、堆積域BやDの堆積物の材料になったと推定される。第III層は崩土の破碎岩屑と谷底や谷壁あるいは溢流台地斜面の表層土壌や樹木片が混合したもので、水分量はほぼ飽和の状態にあったと考えられ、岩屑なだれが下流へ進行するにつれて水分量が増大したと推定される。なお、この第III層は堆積域CやDの堆積物の材料になったと推定される。第IV層は通常の土石流や泥流と同程度の高含水量で岩屑なだれ本体に後続していくつもの段波となって流下しつづけて堆積物Eを形成したと推定される。この泥流は14日11時50分頃の時点になってもなお流下しつづけていたことが中部日本放送の取材ビデオテープの記録から明らかになっている。

すなわち、この岩屑なだれ本体の基本的な構造は Fig. 5 に示すように、上下方向に上から下へ向けて第I, II, III層という順に重なり、第III層が岩屑なだれの流動層を形成して大きな剪断を受けた層で、上部層の流下のための潤滑層となったと推定される。さらに、岩屑なだれは下流へ流下するにつれ、第II, 第III層の厚みと水分量が増大していき、岩屑なだれが王滝川へ流入するあたりでは、上層の dry な流動ブロックは第II, 第III層にとり込まれて第I層はほとんど独立した層を成さない程度になったものと推定される。Table 1 の右端の欄にはそれぞれの堆積物が岩屑なだれのどの層からもたらされたものであるかを記す。

なお、このモデルは、この岩屑なだれを二層構造として解釈する考え方³⁾と基本的には同じである。しかし、空気のとおり込みを想定して粉体流説をとる解釈⁴⁾とは本質的に異なる。

(3) 流動と堆積の特徴

以上のような構造を仮定すれば、岩屑なだれの Fig. 2 や Fig. 3 に示す区域における流動過程のあらましは次のようになる。

まず、崩壊発生直後には岩屑なだれの構造は Fig. 5 に示すものとは大きく異なり、第IV層はまだ形成されておらず、第III層は流動層のごく近傍にだけ形成されはじめていたような文字どおり「なだれ」の状態であったと考えられる。崩壊源直下の伝上川へなだれ込んだ崩壊土石は流路内に収まり切らず、第I層の上層

部は崩壊源の対岸の小三笠山台地へ溢流し、その一部は鈴ヶ沢の二支流である中股と東股へ流入した。東股へ流入した土石は東股の水流の閉塞をくり返すことにより数度の土石流に転化して鈴ヶ沢を下り、王滝川にまで達していた。この土石流の発生は14日12時10分頃になってもなお間欠的に継続していたことが中部日本放送の取材ビデオテープの記録によって明らかになった。

小三笠山台地上に形成された堆積域Aの縁辺部には堆積域Cが形成されているが、その堆積物のマトリックスは周辺の樹林帯に泥しぶきをまき散らすような高い含水状態ではなかった。この辺りの大量の倒木と泥土石礫からなるCの堆積物は、岩屑なだれによって表層土壌と樹木がめくられたり削剥されたりして、これらが第I層のdryな岩屑と混合して形成されたものであろう。なお、伝上川の上流部の谷壁斜面には台地上の堆積域Aの堆積物と同じものが付着していた。

つぎに、岩屑なだれの一部をのぞき、その主流部は小三笠山台地へは溢流せず、Fig. 2の左下に位置する伝上川の谷にとじ込められた形でさらに流動をつづけていく。このあたりでは、既にFig. 5に示すような岩屑なだれの基本構造ができあがっていたと推定され、これより下流の伝上川の谷壁には堆積域Cの堆積物と同じものが付着している。

伝上川を流下してきた岩屑なだれの第I、第II層の一部はFig. 3の上端の下流を向いて左まわりの屈曲部において攻撃斜面側から伝上川西側の溢流台地斜面を横切って濁沢に入り、Fig. 3に示すようなBやCの堆積域を形成する。このとき、既に伝上川を流下した岩屑なだれの主流は合流点のすぐ下流の濁川上端の狭窄部で流れがよどみ、一部が濁沢へ一時的に遡上（逆流）して、濁沢下流部にDと記す堆積ユニットを形成した。この現象は、濁沢出口の両谷壁にCの堆積物として残る泥の付着痕跡の上端線の逆勾配と、この堆積域Dに見られるきわだったしわの方向が濁沢における主流方向と直交している事実とによって明らかになった。すなわち、濁沢下流部の堆積域Dにのこる多数のflow moundは溢流台地を経て上流側から運ばれたものではなく、合流点からこの逆流によって遡上してきたものである。

いっぽう、伝上川においては、流れの一部が伝上川西側台地への溢流をはじめ間もなく、次の（すぐ下流の）右まわりの屈曲部において攻撃斜面側から伝上川東側台地上へ土石が溢流している。これらの側方流や主流のどれに注目しても、堆積域Cは必ずそれらの流走経路の縁辺部に分布している。これは、岩屑なだれの境界部において、流動層第III層が流動塊全体に対して潤滑層の役割を果たしていたことを示唆するものである。

ま と め

1984年9月14日の長野県西部地震によって御岳火山の一角に大規模な崩壊が発生し、総量 $3.6 \times 10^7 \text{ m}^3$ の土石が岩屑なだれとなって流下した。岩屑なだれの流走経路となった伝上川、濁沢、濁川、王滝川の谷の中といくつかの隣接斜面にはこの岩屑なだれの流動物が付着したり、広大な堆積地を形成したりした。そこでこれらの堆積地を空中写真を用いて分類・区分するとともに、採取した堆積土砂の分析を行った。

その結果、堆積物の表面については、縞模様やしわ状の起伏あるいは流木の分布などの合計10種の堆積要素について、それらの状態を判読し、全堆積域を7種類の堆積地に区分したところ、堆積材料の水分状態や流木の混入状態に著しい差異がみとめられるとともに、流動方向や運動の概要を推定することができた。

堆積物のマトリックスについては、wetな堆積物ほど木片を多く混入するとともに、粒度が小さくなる傾向が見られたが、いずれの試料も土の三角座標分類に従うと砂の領域に属することがわかった。また、堆積岩屑の組成は、山体そのものの鉱物（少量の石英と大量の長石類）がほとんどを占め、山体表面に薄く分布しているような粘土鉱物は検出できないほどの低濃度に分散してしまっていた。

このような堆積物の材料特性や堆積域の分布と堆積順序を総合的に検討すると、この岩屑なだれに対して4層構造のモデルを想定することが適当である。このモデルでは、最下位の層が水で飽和した土石流となっ

て速度シアーを受けもつ流動層を形成し、ややドライな層やかなりドライな層がその上に載った状態で滑動するような構造を想定し、岩屑なだれの実際の流動過程の特徴を説明した。しかし、個々の堆積ユニットの詳しい成因や形成過程については、実際の流動についてのデータが存在しないため実証するのはかなり困難である。この点については実験的な研究が必要であろう。さらに、この岩屑なだれが形成した堆積物や堆積地形が今後どのような変化を経るかを見とどけることは、緊急の防災対策の見地からも、今後の土地利用の検討の見地からも非常に重要であると考ええる。

謝 辞

現地調査に際して、富山大学 小林武彦氏に多くのご教示を受けるとともに、王滝村 佐口守登氏夫妻には被災直後の困難な時期に宿泊のお世話をいただくと同時に調査に関わる情報収集でお世話になった。また大阪市大 平野昌繁、大阪教育大 石井孝行、大阪工業大 藤田 崇の各氏から貴重な助言をいただいた。さらに NHK 産業科学部ならびに中部日本放送テレビニュース部から取材資料の提供を受けた。ここにこれらを記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 奥田節夫・奥西一夫・諏訪 浩・横山康二・吉岡龍馬：1984年御岳山岩屑なだれの流動状況の復元と流動形態に関する考察，京大防災研年報，28号 B-1，1985，pp. 491-504.
- 2) 長岡正利：長野県西部地震による災害状況，測量，34，No. 12，1984，pp. 22-28.
- 3) 酒井潤一：伝上川土石流のメカニズム，昭和59年長野県西部地震による災害，信州大学自然災害研究会，1985，pp. 111-114.
- 4) 栗田泰夫・原山 智・遠藤秀典：1984年長野県西部地震の緊急調査報告，地質ニュース，364，1984，pp. 20-31.
- 5) 平野昌繁・石井孝行・藤田 崇・奥田節夫：1984年王滝村崩壊災害にみられる地形・地質特性，京大防災研年報，28号 B-1，1985，pp. 519-532.
- 6) Plafker, G. and Ericksen, G.E.: Nevados Huascarán Avalanches, Peru, Rockslides and Avalanches, 1, Elsevier, 1978, pp. 277-314.
- 7) 山口伊佐夫：長野県西部地震にともなう山地災害の概況解析とその緊急対応策，治山，29，No. 11，1985，pp. 4-19.