

## 11 停止堆積時における 土石流フロントの分解について

九州大学農学部 丸谷知己

### 1. はじめに

土石流の氾濫堆積について予測することは、災害防止のうえできわめて重要である。室内実験では、一般に距離の短い直線水路において土石流を発生させて停止堆積を実現する。そのため、相似則を議論する以前に、現象論的に見ても次の様な点で実際の土石流とかけ離れた現象となっている。

- (1) 短い流下距離で均一な材料を用いるため、十分に分級作用を受けていない状態で堆積する。
- (2) 実験水路が三面張りのため、横方向の規制を受けて自由な氾濫を生じることができない。
- (3) 実際の災害のように、扇状地や樹林帯などによる急激な停止堆積を実現できない。

(1)については、長い水路を用いたり<sup>1)</sup>、ベルトコンベアによって河床の方を稼働させること<sup>2)</sup>によって解決できる。(2)と(3)については、下部開放の勾配急変水路を用いること<sup>3)</sup>によってある程度疑似的に実現することができる。

しかし、土石流の氾濫堆積を議論するためには、実際の災害事例を物理的に解釈し、同じ原理を用いて他の現場での予測をおこなうことが最も理想的である。この様な見方から、池谷<sup>4)</sup>は多くの現場での氾濫堆積の事例を共通の物理変量で説明することを試みている。また、石川ら<sup>5)</sup>は広島災害の事例を流体力を説明変数として、現場の解釈をおこなっている。

筆者はこれまで荒廃渓流の堆積地形を調査したきた。その結果、長い区間にわたって堆積土砂量の変化を見ると、侵食作用の卓越する区間と堆積作用の卓越する区間とが、一定の規則性をともなって交互に発生することが見いだされた<sup>6)</sup>。このうち堆積作用の卓越する区間には、全区間がひとつなり広い堆積面で覆われているのではなく、多数の「うろこ状」の小さな堆積面が重なりあって形成されている。しかし、その成因については不明のままであった。

最近、筆者は土石流の堆積直後のいくつかの荒廃渓流を調査することができた。そこでは、土石流フロントがいったん停止堆積した後に、いくつもの小フロントが形成され、それがさらに下流へと流出して堆積した痕跡が観察された。このことから筆者は、土石流フロントの分解の仕組みから「うろこ状」小堆積面の形成プロセス、言い換えれば土砂の氾濫堆積プロセスを明らかにできるのではないかと考えた。

本報告では、恵那山の温川、久住山の玖珠川、阿蘇山の古惠川での調査事例をもとに、土石流フロントの停止堆積プロセスを推定することを目的としている。本研究は文部省科学研究費「樹林帯での土砂の氾濫堆積に関する研究」と砂防学会阿蘇一宮災害調査費の一部を利用し、熊本県砂防課から資料提供等の便宜をはかっていただいた。

## 2. 土石流フロントの分解の実態

図1は、恵那山温川（花崗岩）での堆積直後の土石流フロント<sup>7)</sup>である。それぞれのフロントは、堆積地縦断形に落差があり、表面礫 径の粒度組成が急激に変化するところで区分できる。1m×1mの方形面に存在するすべての礫 を拾い上げて礫 径-相対頻度グラフを描くと、ひとつながらと見なした堆積面内ではどの地点で方形面をとっても分布形が類似する。つまり、表面礫 について見れば、ひとつのフロントでは一定の礫 径の組合せで構成されていることになる。ただし、フロント前面部分には直径2~4m の巨大な礫 が数個から数十個かたまっている。

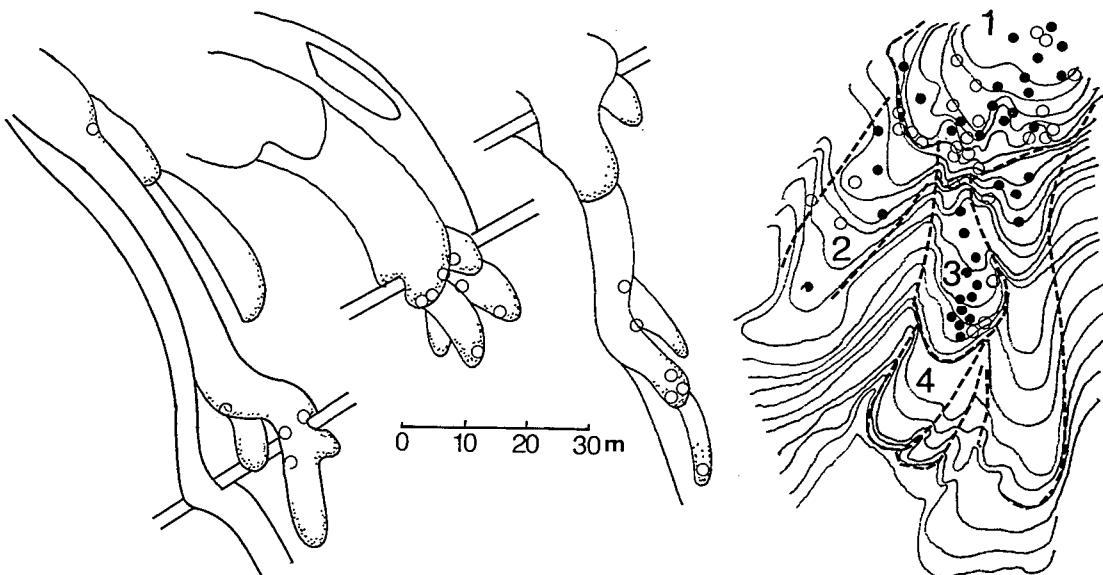


図2は、久住山玖珠川上流で樹林帯の中に突入して停止堆積した土石流フロントである。それぞれのフロントは、堆積地縦断形に落差があり、巨大礫 が数十個かたまっているところで区分できる。便宜的に、これらを I ~ VIII と名付ける。

I は最初に樹林に突入したフロントで、2m以上の巨大礫 (○) が多数散在している。フロント前面は数本のナラ (D.B.H.>30cm) に接して停止しているが、それ以外の樹木はすべて倒壊し流出している。II では巨大礫 は少なくなるが、すべての樹木は倒壊し流出していた。III, IV ではフロント前面部分に1m以上の巨大礫 (●) が多数集まり、堆積面の中に数本のナラ (D.B.H.>20cm) が埋積されたまま生存している。V, VI, VII では1m以上の巨大礫 は少なく、最大数十cmの礫 からなる堆積面を形成している。D.B.H.>10cm 程度のリョウブやナラは倒壊せずに生存し、疎林となっている。VIII は数十cmの礫 は全くなく、礫 (pebble) ~粗砂 (sand) ばかりからなる。D.B.H.> 5cm 程度のリョウブやアセビが埋積したまま生存している。これらの植生の残存状態は、フロントの流体力の変化を指標しているものと考えられる。

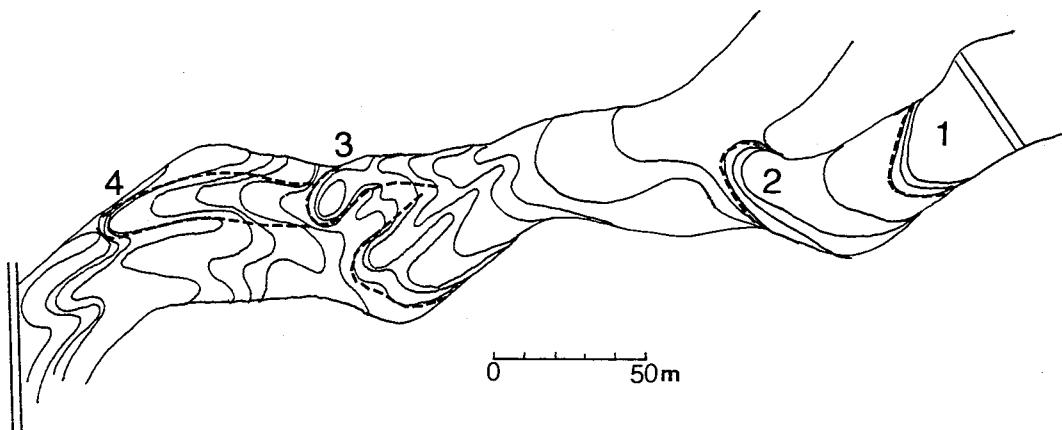


図3は、1990. 6.30に土砂災害が発生した阿蘇山古惠川である。中流部で勾配が急変し、川幅が急激に拡幅した氾濫原の一部である。ここでも、フロント前面は勾配が急になり、時には逆勾配(Ⅲ)になっている。礫径は1mm~数mmの巨大礫が散在している。フロントⅢから分離して下流へ流出したフロントⅣでは等高線間隔が広く礫径は小さくなっている。フロントの堆積後に、水分が抜けることによって形成された排水路は勾配が緩く、フロントを割るように形成されているのでフロント間の谷間と区別がつく。

### 3. フロントの分解に伴う流体力の変化

流体力  $f$  は次式で表される。

$$f = \frac{v^2}{2g} \cdot A \cdot \rho \cdot g \cdot C_d$$

ただし、 $v$ : 流速、 $A$ : 衝突断面積(流下断面積)、 $\rho$ : 流体の密度  
(単位堆積質量)、 $g$ : 重力加速度、 $C_d$ : 衝突断面の形状係数( $C_d=0.8$ )

いま、大きな土石流フロントが分解して小さなフロントになった時、フロントの流速と流体密度すなわちフロントの構成物質とが変化しないとすると、変化するものは流下断面積  $A$ だけである。しかし、これでは流下断面積が  $A_1$  から  $A_2$  に変化する地点でほぼ一瞬のうちに、

$$\Delta f = (A_1 - A_2) \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \rho \cdot g \cdot C_d$$

に相当する運動エネルギー失われることになる。実際、久住山玖珠川と阿蘇山古惠川でのフロントが形状変化するたびにこれを計算すると、表1の様になる。ただし、流速は粗度  $n=0$ 、としたマニング

式で求め、密度はマトリックスのみの値で計算したので $\Delta f$ は小さめにでている。この様に急激な変化は、連続式と運動量保存式を満足する流れの現象としては不自然である。

表1 フロントが分解する時の流体力の変化（玖珠川、古恵川）

河川名	フロントI	フロントII	フロントIII	フロントIV
久住山玖珠川	432	96	96	53
阿蘇山古恵川	77	71	43	34

そこで、流下断面積だけではなく流速と密度も変化すると考えると、流下断面積の急激な減少は密度または流速の変化でカバーされ、 $\Delta f$ はそれほど大きくならなくても済むわけである。流速 $v$ については痕跡が残りにくいのでわからないが、密度 $\rho$ については、温川での堆積地落差部での礫径の変化や玖珠川での巨大礫混入量の変化などから見て、フロント毎に相違することは十分考えられることである。

#### 4. 小フロントの突出プロセス

土石流が停止堆積するときには、そのフロントが分解して小フロントが突出し、これが繰り返されながら土石流は運動エネルギーを減少していくというプロセスが推定される。土石流を均質な流れと仮定すればこのようなプロセスはありえないが、土石流がいくつかの質的に異なった流れの集合体と仮定すれば、急激な外力による停止堆積にともなって生じるひとつの結果であるといえる。小フロントの突出について具体的に述べることはまだできない。しかし、小フロントが数回の突出を繰り返して、最後は砂質あるいは泥質のマトリックスだけの流出成分となって流下していくものと考えれば、氾濫原での土砂処理はいくつかの強度差のある砂防施設で段階的におこなうことが可能であることがある。

#### 引用文献

- 1) 池田 宏 (1982) : 砂礫堆の相似条件に関する研究, 筑波大学水理実験センター報告 6, 3-14
- 2) 岩本 賢・平野宗男 ( ) :
- 3) 高橋 保 ( ) :
- 4) 池谷 浩 (1980) : 土石流調査法, 山海堂
- 5) 石川芳治ほか (1989) : 昭和63年広島県加計町に発生した土石流による家屋の被害, 砂防学会研究発表会概要集, 15-18
- 6) 丸谷知己 (1988) : 渓流の堆積土砂の再移動と地形的均衡, 砂防学会ワークショッピング論文集
- 7) 丸谷知己 (1989) : 土石流堆積物の表面粒径の位置的変化, 砂防学会研究発表会概要集, 169-172