

46 土石流堆積物の表面粒径の位置的变化

丸谷 知己 (九大農学部)

1. 研究目的

急勾配溪流における土石流堆積地の形状や粒径特性は、次の2つのことを示唆する。ひとつは、その溪流における地形変化の規則性と方向性とであり、もうひとつは、1回ごとの堆積地形や粒径特性に変化をもたらした土石流の運動の特徴である。本報では、土石流堆積地の地形区分、表面れき径の縦断变化、堆積断面での層序区分から、ひとつの特徴的な土石流の運動が推定されたので報告する。

調査地は、岐阜県恵那山の花崗岩の荒廃溪流、温川(ぬるまがわ)の標高約1000mの天狗沢との合流部付近である(図-1)。ここで1988年夏に発生した土石流のうち、3例についての調査をおこなった。河床勾配は平均 14° 、河床幅は平均50mであり、調査区間には落差1~2mの4基のダムがある。現地では、他にもいくつかの土石流堆積地が観察されたが、このうちから、特に堆積地の形状が明瞭な3例について測定した。

2. 堆積地の地形区分

図-2に、それぞれ地形測量からもとめた土石流堆積地の地形区分を平面図で示したが、いずれも土石流先端部から小さな落差を伴って、舌状の堆積地が延びている。図-2(a)では、ダム越流後に先端部が停止し、そこから約40mの堆積地が延び、さらにその先端部付近から15m程度の堆積地が延びている。図-2(b)では、ダム越流後に先端部が停止し、そこから3~4方向に同時に堆積地が延びている。No.16より上流の堆積物は、その後に流出した土石流によるものである。図-2(c)では、No.23付近で一度先端部が停止した後、さらにダム付近まで流下し、越流後に停止している。いずれの堆積地でも、先端部に直径100cm以上の巨れきが散在しており、フロントが分解したことが推定される。

3. 表面れき径と層序区分

図-3は、図-2(a)の土石流堆積地での表面れき径の測定例である。図は、堆積地の縦断方向の20~30地点で横100cm、縦80cmの矩形を設け、この中に含まれるすべてのれきについて階級別出現頻度を示したものである。5cm以下については、5cmから2.5cmまでと2.5cm以下とにさらに区分した。No.4からNo.6までは10cm以下のれきが大部分占めているが、No.6から上流では30cm以上のれきが混入し、10cm以下のれきが減少している。同様に、No.11からNo.14と、No.14からNo.16とはれき径が相違している。いずれも、先端部から延びた舌状の堆積地の方が粒径が小さい。No.17からNo.21の間では、これと逆の現象が見られる。

図-4は、同じく図-2(a)の土石流堆積地での■地点における層序区分で、大きく4層に区分される。第1層は表面にれきだけの層をのせ、下層ほど Matrix の割合が多くなる(堆積勾配 12°)。第2層は大れきの層が小れきの層にはさまれ、Matrix をふくまない(8°)。第3層はちょうど土石流先端部付近と思われる、巨れきをふくむ Matrix 混入層である(11°)。第4層はれきと Matrix とからなる層である(12°)。No.1からNo.4とNo.11からNo.13とでは、堆積表面に Matrix が見られず、れき径からみて第1層ではなく第2層のれき層と同種類のものと推定される。(b)、(c)の土石流堆積地についても、これと同様の分析をおこなった。

4. 考察／突出型二次堆積地

これまで、この様なタイプの堆積地形は、いくつか報告されているが、規模はそれぞれ相違する。諏訪らは、焼岳上々掘沢の扇状地で中高の小規模な堆積地形を観察し、これらを Lobe と呼んだ(長さ30m~150m:図上計測)。さらに、Lobe を石れき組成から、Swallen Type(盛り上がり型)と Flat Type(平坦型)とに区分し、上流側の Swallen から下流側の Flat に移行するとした。また、その成因は、Naylor にならって、Inverse Grading によるとした。今村は、これらよりも規模の小さい盛り上がり状堆積地 Sub-unitを観察している(長さ5m~20m)。水山は、琵琶湖西岸山地の扇状地で、奥田らの Lobe の数倍から数十倍の規模のウロコ状微高地を観察したが、その成因は不明であるとしている。高橋は、これと類似した扇状地の二次浸食現象を提流状集合流動として水理実験をおこなっており、池谷も河道閉塞とそれによる第二波以降の土石流の Side Step現象を再現しているが、先端部から延びた二次堆積地は見られない。

この様に、規模は違いが形状の類似する堆積地の形成は、土石流の入れ子構造を想定することによって、同じ連続した運動の結果として考えることができる。すなわち、土石流体の中で巨れきとそれ以外の砂れきとが分離していれば、なんらかの理由で土石流先端部が停止しても、その内部の砂れきは先端部を突き破ってさらに前方へ流下しようとする。この運動を繰り返せば、堆積地の規模は段階的に小さくなるであろう。この様に考えれば、図-3における上部堆積面との境界付近での粒径の急激な粗大化現象や、図-4におけるれき層の不連続現象が解釈できるので、ここではこのような堆積地を突出型の二次堆積地と呼ぶ。

5. 突出型二次堆積地の形成

図-5上に、突出型の二次堆積過程を、時刻 $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3$ のステージごとに表現した。 t_1 時では、土石流はまだ等速度運動をおこなっており、土石流先端部および表面への巨大れきの集中化が生じている。 t_2 時では、ダムへの衝突や勾配変化や潤いの粗度の増大などにより、土石流にブレーキがかかっている。ブレーキが短時間に強くかかると、土石流先端部は急激に減速して盛り上がるが、土石流内部の比較的小さな砂れきは、減速に耐えきれず内部にせんだん面を形成して、土石流先端部の前方へ突出し始める。 t_3 時では、土石流は完全に停止し、内部から突出した砂れきは、新たな土石流を形作って流出する。砂れきの抜けた分だけ土石流堆積物はしばみ、停止直前の堆積厚 h_1 より停止後の堆積厚 h_2 の方が小さくなる。

突出型の二次堆積過程を正確に記述することは難しいので、第一近似として、図-5下の様な簡単なモデルに基づいて運動量保存則を適用した。 $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3$ はそれぞれ、図上のステージの時刻に対応している。 t_1 時では、質量 $M=m$ 、速度 $V=v_1$ の物体のまま移動しており、 t_3 時では、下部は停止し、上部だけが質量 $M=m-m_0$ 、速度 $V=v_2$ で前方へ突出する。ここで、 α : 河床底面と土石流との動摩擦係数、 β : 土石流本体と突出部との静止摩擦係数、土石流の流れの方向を正とし、簡単のため、河床勾配 0 で、土石流の体積 $h_d(\sigma-\rho)C_d \cdot S$ は単に m (h_d : 土石流の水深、 σ : れきの密度、 ρ : 濁水の密度、 C_d : 土砂濃度、 S : 土石流の長さ) と記述すると、運動量保存則より、

$$(m-m_0)\left(\frac{dv_2}{dt} + g \cdot \tan \beta\right) = m\left(\frac{dv_1}{dt} + g \cdot \tan \alpha\right)$$

となるので、両辺積分して整理すると、

$$v_2 = \left(\frac{m}{m-m_0}\right)v_1 + \left(\frac{m}{m-m_0} \tan \alpha - \tan \beta\right)g \cdot t$$

突出型の二次堆積が生じないのは $v_2 = 0$ ということであるから、

$$v_1 = \left(\frac{m-m_0}{m} \tan \beta - \tan \alpha\right)g \cdot t$$

もし、 $\alpha = \beta$ ならば、

$$v_1 \leq -\frac{m_0}{m} \tan \alpha \cdot g \cdot t \rightarrow \frac{dv_1}{dt} \leq -\frac{m_0}{m} g \cdot \tan \alpha$$

のときには、二次堆積は生じないといえる。

今後は、 m の中身である、土砂濃度や水深、流下幅などを具体的に決めて実験的に、この様な突出型の二次堆積過程を再現することが必要であろう。流量は小さいが、流速が土石流本体よりも大きな突出型の二次移動は、思いもかけない方向への土石流の氾濫につながる。この様な運動が普遍的なもので、土石流の流量や河床勾配と線形関係にあるならば、地形変化の予測と直撃型の土石流被害の軽減とに有効であろう。

謝 辞

岐阜大学農学部の木村正信博士からは、現地での共同作業、問題点の指摘、いくつかのデータなど多くの協力を得、九州大学演習林の井倉洋二氏には、現地での測定をお手伝いいただいたので、感謝いたします。

引用文献

池谷 浩(1982):新砂防, 122:1~11

今村 遼平(1978):武居有恒監修 地すべり・崩壊・土石流

:45~48

諏訪 浩・奥田 節夫(1982):京大防災研年報, 25-B-1

:307~371

木村 正信(1988):岐阜大農研報, 53:25~32

高橋 保(1977):京大防災研年報, 20-B-2:405~435

水山高幸(1985):芦田和男編 扇状地の土砂災害:177~179

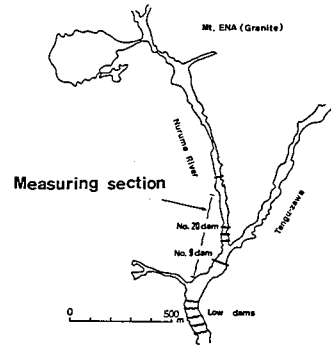


図-1 調査対象地(岐阜県 落合川支流温川)

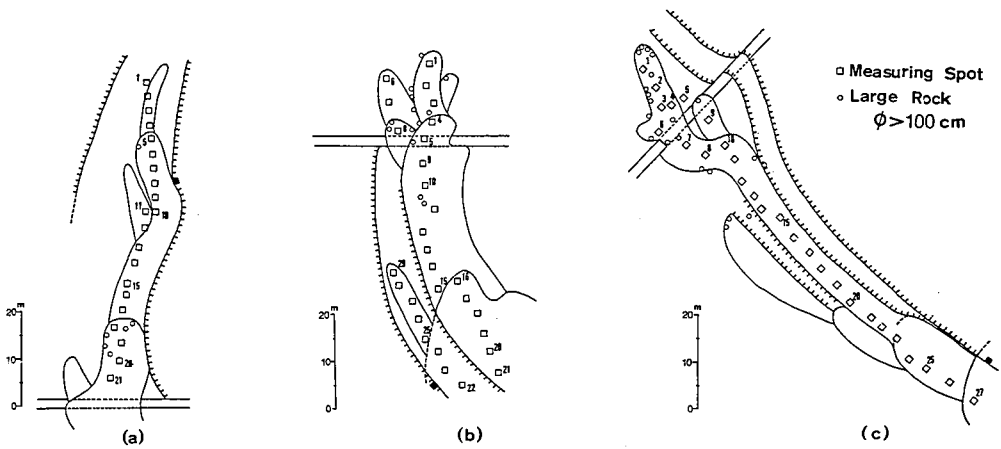


図-2 土石流堆積地の地形区分

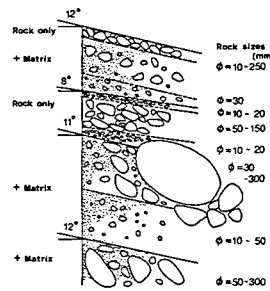
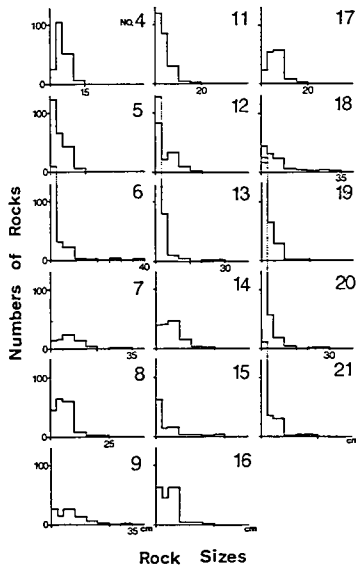


図-4 (a)の堆積断面の層序区分
左は構成物質, 右は
含有れきのれき径

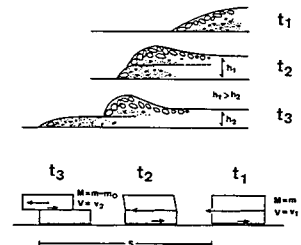


図-5 突出型二次堆積地の形成過程
とその物理モデル

図-3 (a)の堆積地の表面れき径の測定結果
横軸に階級幅 5cmで縦軸にれきの
個数をとった階級別度数分布。