

# 土石流の停止・堆積場に関する一考察

京府大農<sup>○</sup> 水原邦夫 京大農 武居有恒 塩野裕司

## 1. はじめに

土石流の停止・堆積・氾濫に関する研究は僅かであり、未だ不十分である。土石流による危険渓流数が数万といわれている現在、その危険区域の判定基準に科学的根拠を与える研究を早急に充実する必要がある。本報では、上記の目的をもつ研究の第1段階として既往災害資料を整理し、砂礫の氾濫堆積区域とそれに関する地形条件について、若干の解析を行った結果について報告する。

## 2. 既往災害資料と計測法

資料として、昭和50年仁淀川災害・昭和51年吉野川上流災害・同年小豆島災害に関する資料および砂防便覧を用い、前二者に対しては空中写真を基にした図面より地形因子の計測を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 土石流発生渓流の流域面積と危険区域の大きさ

図-1は、全国資料を基に土石流発生渓流の流域面積Aの分布を示したものである。図より、その過半数が $0.5\text{km}^2$ 以下の小面積の渓流から発生しており、危険渓流がかなりの数になることがわかる。次に、同じ資料より危険区域としての土石流氾濫堆積面積の

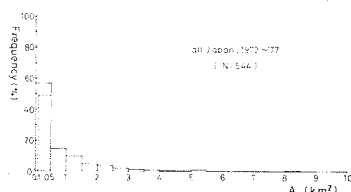


図-1. 流域面積の頻度分布

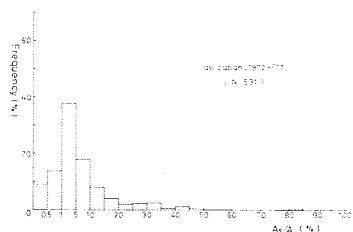


図-2. (a). 氾濫堆積面積比の分布

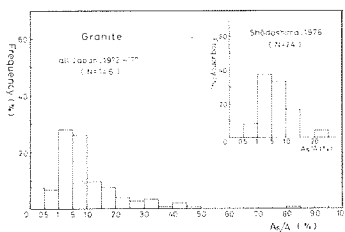


図-2. (b). 花崗岩での分布

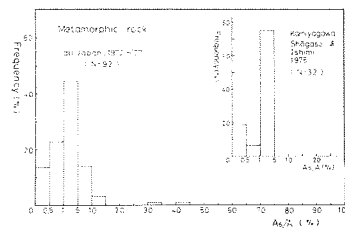


図-2. (c). 変成岩での分布

流域面積に対する比 $A_s/A$ について整理したものが図-2であり、 $A_s/A$ は1~5%の範囲で最頻値をとることがわかる。また、土石流発生件数の多い花崗岩と変成岩についてみると、全国的にも個々の地域についても同じ傾向を示している（なお、他の地質についても全く同じであった）。図中、花崗岩は5~10%の範囲にも大きな割合を占めているが、これは花崗岩が形成する谷の出口の地形、土石流の性質の違いなどに原因するものと思われる。これらの結果は、土石流による危険区域の大きさを決定する際に、一つの平均的な目安となるものと考えられる。

### 3.2 土石流の停止勾配と元溪床勾配変化比

図-3は、仁淀川と吉野川上流の土石流発生渓流の堆積部における下流側元溪床勾配 $\theta_d$ と上流側のそれ $\theta_u$ の関係を示したものである。図より、土石流は谷の出口では $\tan \theta_d \leq 0.244$ 、中流部では $\tan \theta_d \leq 0.250$ で停止、堆積しており、これは小豆島の結果とほぼ同様である。ところで、勾配変化点下流側での停止勾配は、上流側勾配との比に関係するものと考えられるから、土石流停止の勾配比にフ

いて図をみると、 $\tan \theta_d / \tan \theta_u < 0.825$ となる。これは高橋<sup>2)</sup>の停止勾配条件式  $\tan \theta_d / \tan \theta_u < \tan \delta / \tan \phi$  に相当したものである。この結果から、谷の出口での土石流停止の勾配条件として、 $\tan \theta_d < 0.244$  と  $\tan \theta_d / \tan \theta_u < 0.825$  が考えられる。

### 3.3 土石流の堆積勾配

堆積勾配には土石流量・濃度・地形条件などが影響するものと思われるが、ここでは試みに堆積勾配 $\delta$ の上・下流深床勾配の平均値に対する比  $2\delta / (\theta_d + \theta_u)$  と勾配変化比  $\theta_d / \theta_u$  の関係について整理すると図-6 のようになる。図では、谷の中流部での堆積勾配比は谷の出口のそれに比べて多少大きな値を示しているが、これは谷壁による拘束力の影響によるものと考えられる。また、横断方向の地形条件・土石流量などの差に原因してか、プロットは散らばり両者の関係は明確でないが、堆積勾配は平均的には、谷の出口： $\delta = 0.80 \{ (\theta_d + \theta_u) / 2 \}$ 、谷の中流部： $\delta = 0.95 \{ (\theta_d + \theta_u) / 2 \}$  となる。

### 3.4 土石流の分散の程度

谷の出口での土石流の分散は勾配変化比・河幅比・土石流量などに関係するものと考えられる。図-7 は、分散の程度を表す因子として分散角に相当する  $(B_d - B_u) / L$  ( $B_d, B_u$ : 下流、上流の堆積幅、 $L$ : 堆積長) と  $\theta_d / \theta_u$  の関係について整理したものである。両者の間には有意な関係は認められないが、上八川、早明峠ダム上流では  $(B_d - B_u) / L = 0.01 \sim 0.294$  (平均 0.157)、小豆島では  $0.033 \sim 0.40$  (0.204) となる。

### 3.5 土石流の堆積長

今、土石流の停止、堆積をモデル化して、図-8 のように分散して停止、堆積したものとする。高橋<sup>2)</sup>の研究を参考に、図より砂礫の保存則を導くと、

$$\frac{1}{6} X^2 B_u \{ (2+X)M + 3N \} C_* = B_u \cdot f_t \cdot t \cdot C_u \dots (1)$$

$$M = \tan(\gamma - \theta_d) / \{ \tan(\gamma - \theta_d) \cdot \tan(\theta_u - \theta_d) + 1 \}$$

$$N = M^2 / \{ \tan \delta \cdot \cos^2(\theta_u - \theta_d) \}, \quad X = B_d / B_u \text{ となる。}$$

次に、堆積長  $L$  は、 $L = X \cdot D \dots (2)$ 、 $D = \cos \theta_d + M / \{ \tan \delta \cdot \cos(\theta_u - \theta_d) \}$  となる。ただし、記号は図に示すとおりである。(1)、(2)式より、

$$L = D \sqrt{6 C_u \cdot f_t \cdot t / C_* \{ (2+X)M + 3N \}} \dots (3) \text{ になる。}$$

この式を小豆島の土石流調査結果(建設省土木研究所資料を参考)を基に検討すると図-9 のようになる。なお、堆積勾配は上記の  $\gamma = 0.80 / \{ (\theta_d + \theta_u) / 2 \}$  から求め、 $\delta = 25^\circ$  とし、 $X$  は実測値を用いている。図より、実測値と計算値はほぼ一致しているが、他の例についても検討する必要がある。

<謝辞> 資料提供を受けたK・K国際航業中山政一氏、吉野川工事事務所の関係各位に感謝します。

<参考文献> (1) 池谷・米沢谷: 土石流危険区域設定に関する考察, 土木技術資料, Vol. 19, 1977.

(2) 高橋・若田: 土石流の停止・堆積機構に関する研究(1), 京大防災研究所年報, 第22号, 1979.

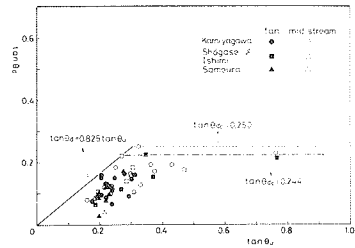


図-5. 停止勾配と勾配変化比

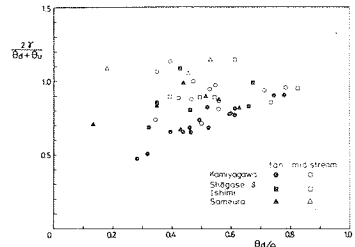


図-6. 堆積勾配比と勾配変化比

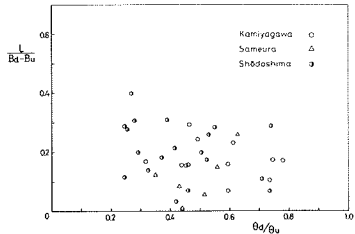


図-7. 分散角と勾配変化比

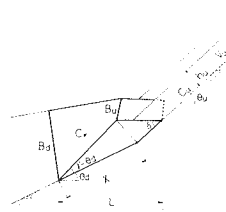


図-8. 堆積モデル

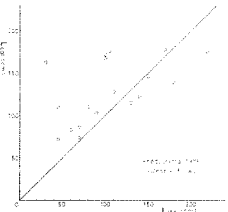


図-9. 実測値と計算値の比較