

名城大学理工学部	正会員	新井 宗之
京都大学防災研究所	正会員	高橋 保
名城大学大学院	学生員	山谷 浩司

1.はじめに：土石流の流動形態には種々のタイプのあることが観測され、研究分類されている。この違いの基礎的な事項は流動における応力構造の違いからもたらされていると思われる。しかし、その構造が必ずしも十分明らかにされているとは言えない。写真-1は中国雲南省東川市で観測された土石流（粘性泥石流）であるが容積濃度が70%以上であり、間欠的に100波以上のサージとして流下する土石流の1コマである。流下している河道勾配は約 5° であり、このような高濃度の流れを維持するには非常に緩勾配であると言える。このためこの流れの流動機構は必ずしも明らかであるとは言えず、現地の泥石流の構成材料を用いて流動実験を行いその流動特性を明らかにすることを目的とした。



写真-1 粘性土石流

2.実験の概要実験は1995年8月と'96年8月に行った。'95年に行った実験は観測流域の山腹斜面を利用した現地実験であり、'96年のそれは実験水路を用いて行ったものである。この実験の特徴はいずれも実際に発生している土石流とはほぼ同じ土砂構成材料を用いて実験を行い、その流動特性、機構を明らかにしようとするものである。

(1)現地土石流実験(1995.8):フィールド実験は図-1に示すように東川観測所(土石流観測所 No.2)より直線距離で約2km上流のJiang-jia右岸側のガリを用いて行った。Jiang-jiaはしばしば泥石流が発生する。図-2(a), (b)にその流路の縦断、横断形状を示す。勾配は約 $\theta = 13.4^\circ$ で水路幅は約2m、深さ約0.5mのU字型もガリである。土石流はガリ上流で堰を設け湛水させてそれを一気に流下させるとともに人為的に側岸より土砂を供給し高濃度にして流下させた。土石流先端部を採泥して濃度、粒径を測定した。写真-2に流下状況の例を示す。



写真-2 現地実験

(2)水路実験(1996.8):'96年はJiang-jiaで発生した土石流の堆積土砂を用いて水路実験を行った。実験水路は水路長2.16m、幅16.0cm、深さ17.0cm、水路勾配 $\theta = 21.8^\circ$ であり、木製で表面をペンキ塗布仕上りである。流下方法は、容器の中に土砂と水を入れあらかじめ攪拌してそれを水路の上流端より供給し流下させた。実験土砂は60mmを除いたものを用いて図-3に示すように $d_{50} = 5\text{mm}$ 程度である。

3.考察:フィールドで行った土石流実験は3回行い、平均水深(流動深)が0.141~0.194mであるのに対し先端流速は0.085~0.426m/sであり非常に遅い。また'96年に行った水路実験では、平均流



図-1 Jiang-Jia 流域

キーワード：粘性土石流、土石流、実験、中国

連絡先：〒468 愛知県名古屋市中白区塩釜口1-501 Tel 052-832-1151 Fax 052-833-5850

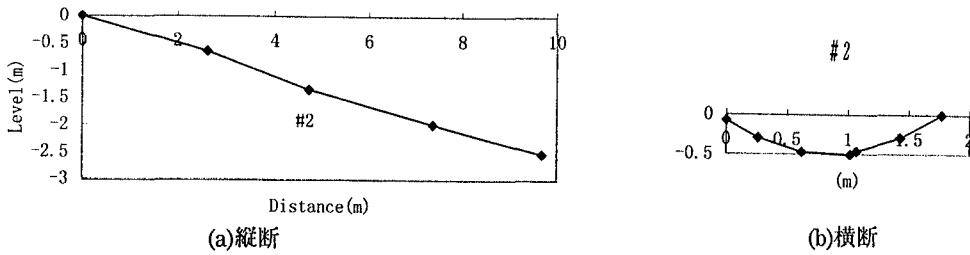


図-2 流路縦横断面図

速が $0.65 \sim 2.00 \text{ m/s}$ 、平均水深は $0.02 \sim 0.037 \text{ m}$ である。図-4 に $V/u_* - h/d$ と d_{50} の関係を示す。+は Jiang-jia で観測された泥石流の先端流下特性を示しているものである。また△は上上堀沢の流下特性を示している。上上堀沢の土石流は水深粒径比 h/d が小さく粒子相互の衝突、接触の効果が大きく、Jiang-jia での土石流の先端部の流れは混合の効果があることがうかがわれる。

一方、水路を用いて行った実験結果は上上堀沢の土石流と同じような関係にあるが、フィールドで行った実験もかなり V/u_* が小さな値を示した。流下方向のせん断力 τ の主要な要素として項を形式的に記せば

$$\tau = c_p + p' \tan \theta + \tau_B + \mu_f' \frac{du}{dz} + K \sigma d^2 \left(\frac{du}{dz} \right)^2 + \rho_a l^2 \left(\frac{du}{dz} \right)^2$$

ここに、 c_p ：粘着力、 $p' \tan \phi$ ：骨格子応力、 τ_B ：せん断降伏応力、 μ_f ：間隙流体の見かけ粘性係数、 K ：粒子衝突における係数、 σ ：粒子密度、 d ：粒径、 ρ_a ：見かけ密度、 l ：混合距離、 u ：高さ z における流速

フィールドで行った実験の場合、代表流速 U と代表長さ（水深） L の積は実際の土石流と約 10^3 程度小さく、粘性項が支配的な流れであり上式で言えば右辺第1項から第4項が支配的であることがうかがわれる。また、水路実験では $V/u_* - h/d$ の関係は上上堀沢のそれと同程度の関係を示しているが実験の観察から栓流のようなビンガム流体としての流れを呈し、ペンキ仕上げの水路近傍で水路勾配の大きい流れであり、その内部では粘性の項が支配的であることがうかがわれた。

4.おわりに：中国現地でフィールド及び水路を用いて、実際に発生した土石流とはほぼ同じ材料で実験を行った。実験によると流れは粘性の項が支配的な流れであることがうかがわれた。またフィールドでの実験結果は実際の土石流と $V/u_* - h/d$ の関係などは大きく異なることを示した。これは実際の土石流に比べ代表流速 U と代表長さ L スケールの積が 10^3 程度以上小さいことによるものと考えられる。

参考文献

- 1) 高橋 保；土石流・泥流の流動機構、土砂移動現象に関するシンポジウム論文集、pp.39-55、1992.5
- 1) Hiroshi Suwa, Toyoaki Sawada；Proc. of JAPAN-CHINA JOINT RESEARCH ON THE PREVENTION FROM DEBURIS FLOW HAZARDS、pp.63、1994.3

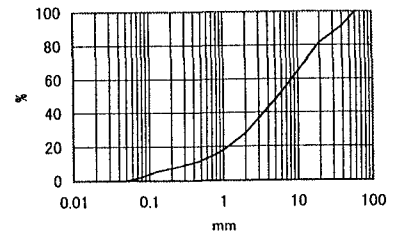
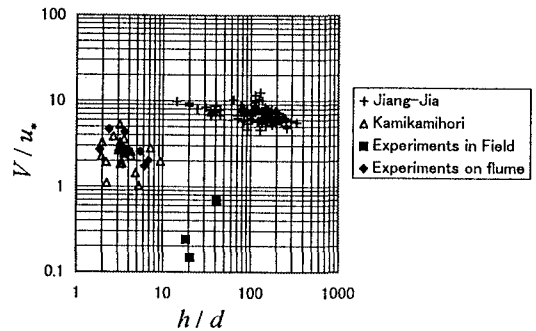


図-3 粒度分布


 図-4 $V/u_* - h/d$