

宇都宮大学農学部 ○鈴木 勇二
兵庫県農林水産部 太田雄一郎

1. はじめに

土石流は流下に伴い溪床から多量の土砂を侵食し、定常段波に近づいていくと考えられている。本研究では、ほぼ同一の平均粒径をもち粒度組成の異なる2種類の砂を用いて、流動開始直後における土砂濃度の差違および供給水量と土砂濃度、土石流の発生限界等の検討を行ったものである。

2. 実験方法

実験に用いた2種類の砂は表-1および図-1に示す通りである。 $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の値に大きな差があり、材料Aでは細粒を多く含んでいる。実験装置は、長さ1.8m、幅10cmの両面アクリル板の水路で、水路床には実験に用いたものと同じ砂粒子が貼り付けられている。上流端には、供給水量を一定に保つように工夫された給水装置とこれを水路に流下させるための整流装置がある。水路に厚さ2cmまたは4cmに砂を敷き、上流から単位幅流量で約10~150 cm³/sの範囲の23種類の一定流量を流して土砂を流動させ、土石流の段波高、速度、土砂濃度を測定し、流動開始直後の発達過程の土石流の粒度組成による差違を検討した。表面流の水深と供給水量の関係は高橋の方法を予備実験で確かめ適用した。水路勾配は給水装置等との関係で10°、15°、20°の3種類とした。水路床の砂は実験開始前に十分に湿らせてから給水を行った。

表-1 実験に用いた砂

材 料	A	B
C*	0.72	0.64
$\tan \phi$	0.955	0.909
σ	2.48	2.34
平均粒径	2.9mm	3.1mm
$\sqrt{d_{84}/d_{16}}$	5.82	1.89

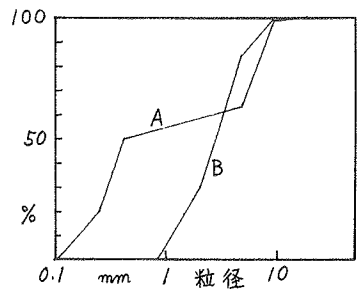


図-1 各砂の粒径分布

3. 実験結果および考察

3.1 流動形態について

材料AおよびBのいずれも、10°の勾配では明瞭な段波は確認できなかった。材料Aでは供給水量によっては水と砂の流動層の分離が明瞭でないものがあった。段波の形成が明瞭なものは15°または20°の場合であり、材料Aでは判定の難しいものもあったが、材料Bでは段波の形成と粗粒の前方への集中が明瞭であった。供給水量が多くなると十分な段波が形成される前に下流端に達した。段波高は15~45mm、フロントの速度は10~140 cm/sであった。

3.2 土石流発生限界式の検討

表面流の水深 h_0 と代表粒径(平均粒径) d との関係は供給水量 q_0 で次のようにあらわされる。

$$\left(\frac{h_0}{d}\right)^3 = \alpha \frac{q_0^2}{g d^3} \quad (1)$$

ただし、 g は重力加速度、 α は定数で0.14~0.125程度の値である。水路勾配 $\tan \theta$ と q_0^2/gd^3 を両軸とする平面上に、土砂濃度で区分して実験結果をプロットしたものが図-2である。図中の実

線は次式であらわされる。

$$\tan \theta = \frac{C_s(\sigma - \rho)}{C_s(\sigma - \rho) + \rho(1 + h_0/d)} \tan \phi \quad (2)$$

C_s は堆積の砂の濃度, σ は砂の比重, ρ は水の比重, ϕ は砂の内部摩擦角である。(2)式により土石流の発生と非発生が分けられる。3本の実線は水の比重を1.2, 1.1, 1.0としたものである。材料Bでは $\rho = 1.0$ とした限界条件であらわせるが, 材料Aでは $\rho = 1.0$ とした定常土石流よりも高濃度の流れが発生している。 $\rho > 1.0$ とした限界条件を与えた方が妥当であり, 高橋の泥水による実験結果と同じ傾向にある。この場合, 泥水成分の細粒をどのように分離するか問題が残る。

3.3 供給水量と土砂濃度

図-3は流動土砂濃度 C_d と供給水量 Q_0/gd^3 を両軸とした平面上に実験結果をプロットしたものである。いずれの場合も, 供給水量の減少とともに土砂濃度は増加し, ある限界土砂濃度になると供給水量に無関係になる。濃度の減少は(1)式と(2)式に土砂濃度式

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (3)$$

を加え, $\tan \theta$ および $\tan \phi$ を消去した式

$$\frac{Q_0}{gd^3} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{C_r}{C_d} - 1 \right)^3 \quad (4)$$

の形で変化している。図中の実線は $\alpha = 0.14$ としたものである。材料Aではかなり大きな流量で限界土砂濃度に達し, その限界値は $\rho = 1.0$ とした定常土石流の土砂濃度よりも 10° および 15° の勾配では大きくなった。 $\rho = 1.2 \sim 1.3$ とした土砂濃度に近い値である。材料Bと比較して, 全水浆にわたり砂粒子の分散がすみやかに行われているものと考えられる。

4. あとがき

C_d , C_r , $\tan \phi$ などの測定精度には多少問題があるが, 広い粒径分布をもつ砂の方が大きい流量が流下してきたときにはすみやかに高濃度流を発生させることが実験により明らかになった。この高濃度流が土石流か掃流状集合塵搬であるかは実験方法の精度もあり判定は困難であった。さらに流下したときの発達過程や細粒成分の扱い方については今後検討したい。

(参考文献)

高橋保: 土石流の発生と流動に関する研究, 京大防災研年報, 20号B-2, 1977

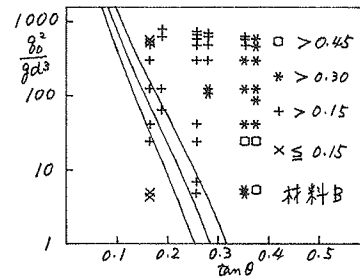
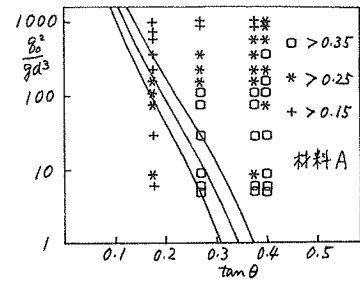


図-2 発生限界と土砂濃度

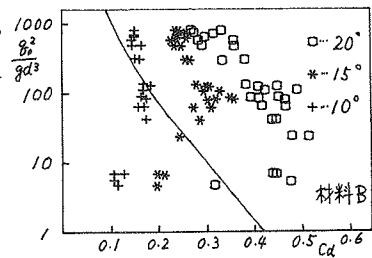
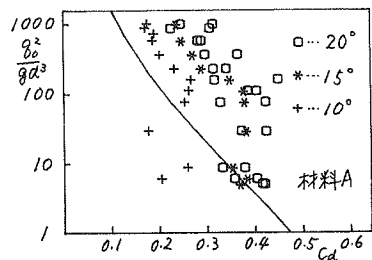


図-3 供給水量と土砂濃度