

不安定な溪床堆積物を起因とする石礫型土石流の流動過程

静岡大学農学部 ○土屋 智

筑波大学生命環境科学研究科 今泉文寿

1. はじめに

中部地方を流下する東海型河川の上流部に位置する溪流源頭域は、概して急勾配斜面で植生被覆は貧相であり露岩する場が多い。岩盤性状は亀裂に富み岩片化が進み、溪床には恒常的に多量の石礫が堆積している。このため台風や前線の活発化による豪雨時には、溪床に堆積した不安定石礫が流動化し、土石流となって流下することも少なくない。筆者らは、このような石礫型土石流が発生する大谷崩地内の「一の沢」を対象に、土石流の発生と流動実態を把握するため現地観測を継続しており、観測結果から多量の石礫を含む段波部に後続して高濃度の泥流が続くこと、段波と泥流は複数回にわたり生ずることなどを報告してきた（今泉ほか、2003）。ここでは、2006年7月19日と2007年9月6日に記録した観測結果をもとに、石礫型土石流の流動過程を考察したので報告する。

2. 観測方法概要

土石流の流動観測には、自作のワイヤーセンサーと連動作動するビデオカメラ撮影システムを用いた（今泉ほか、2007）。このシステムはワイヤーセンサーをビデオカメラから約80m上流の溪床上に置き、一端を固定、他端を送信機に接続し切断信号をトリガーとしてビデオカメラをオンする仕組みである（図-1）。また、土石流の表面位置と流下時の流体水位を計測するため、ビデオ設置位置では兩岸の岩盤から張られたワイヤーに超音波センサーを吊し、岸側脚部の岩盤には水圧センサーを固定し（図-1）、計測値を20秒間隔でデータロガーに記録した（今泉ほか、2007）。

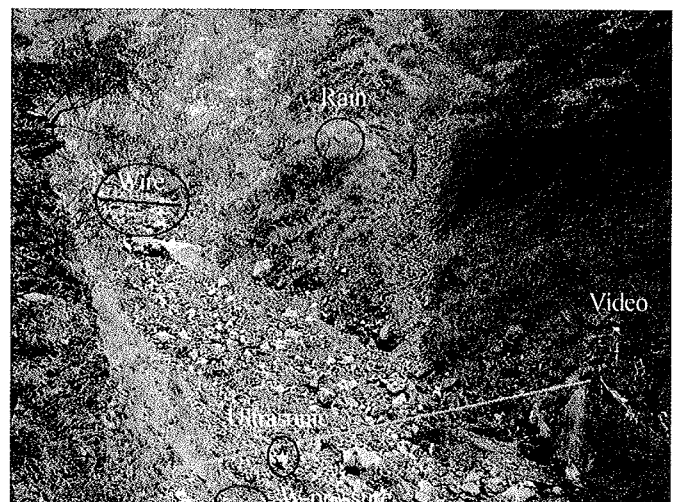


図-1 観測機器の配置

Wire: ワイヤーセンサー, Rain: 雨量計, Video: ビデオカメラ,
Ultrasonic: 超音波センサー, W-pressure: 水圧センサー

3. 観測結果

3.1 2006年7月19日発生 of 土石流

観測地では、2006年7月18日から19日にかけて梅雨前線の活発化に伴い連続雨量178mmの降雨があった。土石流はこの降雨が終了する直前で累積174.5mm、降雨強度20.5mm/hを記録した時に発生した。ワイヤー切断信号により10:22にビデオカメラ録画がスタートし、10:27に流水が黒く濁り始め、その後、10:42:50に石礫を主体とする段波（第1波）の流下が約20秒間通過した。段波表面の石礫は回転を伴わず滑るように流下しているが、段波の先端部では石礫が本体部の下に潜り込み、その上を石礫群が乗り上げるように流下した。その後には石礫を含む高濃度の泥水を主体とする流れが続き、11:01:54に再び段波（第2波）が23秒間流下した。この段波の後には、第1波の流下後と同様、泥水を主体とする流れが続いた。図-2の左図には、超音波水位計、水位計による計測値とビデオ画像により得た土石流の水深、平均流下速度、流量の時間変化を示す。第1波の平均流速は約3m/s、流量は約40m³/sであり、第2波ではそれぞれ3.5~4 m/s、約45m³/sで、流出量は約2600m³であった（若井、2006）。

3.2 2006年9月6日発生 of 土石流

2007年9月6日、台風9号の伊豆半島接近から通過時にかけて連続雨量501.5mm、最大時間雨量42.5mmの豪雨があった。観測地では、降り始めから累積で232.5mm、降雨強度37mm/hを記録した17:17頃にビデオカメラ録画がスタートし、土石流の段波（第1波）を撮影した。この段波は2006年7月19日発生のものとは比べ、多くの石礫を含むものの流動性は高い。段波の開始時刻は17:17:07で約25秒後には、多くの石礫を含む高濃度の泥水を主体とする流れに変わり、その後は小刻みに流量を減じた。第1段波から約19分後の17:36:58に、再び多くの石礫を含み流動性の高い第2波（15秒後の17:37:13には、より大きな段波が流下）が26秒ほど流下した。その後は、飛沫を伴った黒色の泥流に変化し、小規模な段波状の流れと泥水流れを繰り返した。その18:30頃にビデオカメラを除き観測機器は流

失した。ビデオカメラの撮影は19時頃まで続いているが、日没により18時以降の判読は不可能である。図-2の右図には、左図と同様に土石流の水深、平均流下速度、流量の時間変化を示す。第1波の平均流速は約6m/s、流量は約60m³/sであり、第2波ではそれぞれ6m/s、約40m³/s、解析期間の流出量は約7500m³であった（山本，2007）。

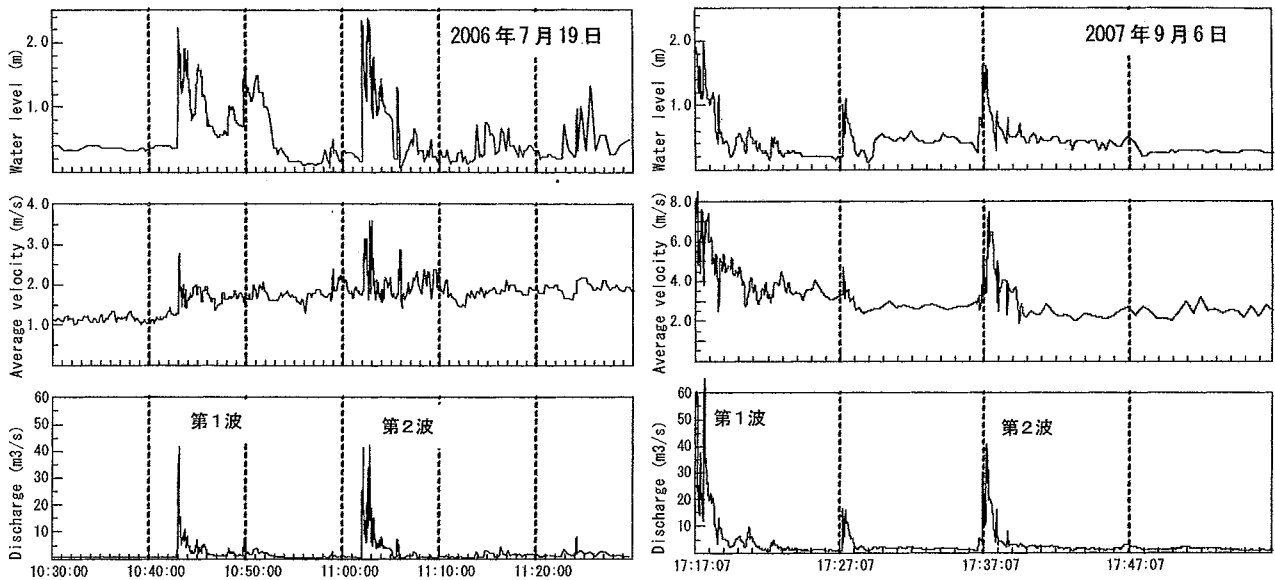


図-2 超音波水位計、水位計による計測値とビデオ画像により得た土石流の水深、平均流下速度、流量の時間変化

3.3 実測とマンニング式による平均流速

観測結果によれば、2つの土石流とも段波の後続には石礫を含む泥水状態の流れを伴っている。一見して区別される石礫主体と泥水主体の流れはどのように異なるかについて平均流速を用い、対比してみる。

図-3には、2つの土石流について段波部である石礫タイプと後続の泥流タイプごとに実測とマンニング式による平均流速を対比した（マンニング流速の評価には流動層厚を流体水深として求めた径深を使用した）。これによれば、2006年7月19日の土石流段波部のマンニング式による流速値は、

実測による流速値がほぼ同じであっても、そのバラツキは大きい。この大きなバラツキの原因としては、段波の流動層厚が実際の流体水深には等しくない状態にあったことが考えられる。つまり、石礫主体の段波表面層に近い部分は、おそらく不飽和な状態（今泉，2003）であり、その下位に飽和した泥流部があったのではないかと推察される。一方で、同じ段波であっても相対的に泥流が多く流動性が高かった2007年9月6日の事例は、マンニング式と実測の平均流速はバラツキが小さくなり、段波とその後続流で流速に大きな差異は認められない。

4. おわりに

今回は、土石流の段波と後続流の流動的な相違を平均流速に関して対比した。一般に土石流は図-2に示すように幾つかの段波を伴うが、これの生成には流動過程と発生過程のいずれかが関与すると考えられる。今後は、段波の形成に関与するものは何か、また溪床上のどの位置で生ずるかなど、現地観測結果を収集しこれをもとに検討したい。

引用文献

今泉文寿・土屋 智・逢坂興宏（2003）：荒廃溪流源頭部の砂礫堆積地で発生する土石流の流動特性，砂防学会誌，56（2），14-22．今泉文寿・土屋 智・逢坂興宏（2007）：大谷崩における土石流観測，砂防学会誌，60（3），54-57．若井謙治（2006）：急勾配溪流で発生する石礫型土石流の流動特性，静岡大学修士論文．山本裕一（2007）：2007年9月6日に大谷崩「一の沢」で発生した石礫型土石流の流動特性，静岡大学卒業論文．

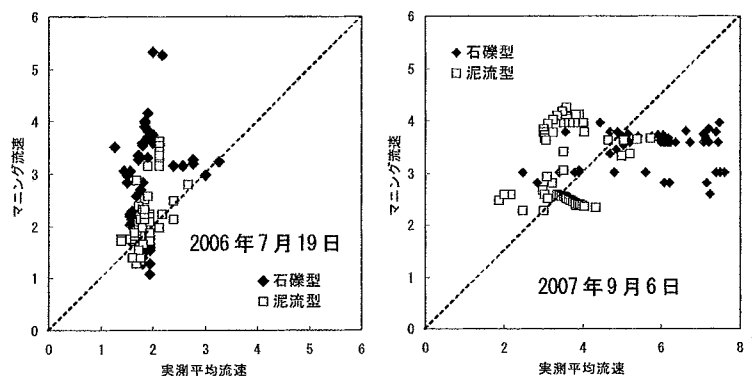


図-3 実測による平均流速とマンニング式による流速の対比（粗度係数は $n=0.15$ を用いた）