

フランス南部風化泥灰岩斜面において降雨時に発生するミニ土石流

○山越隆雄 (独立行政法人土木研究所)

Nicolle Mathys, Sébastien Klotz (Cemagref)

1. はじめに

フランス南部のアルプス山地には、“Terres Noires” と呼ばれる黒泥灰岩層が広く分布している。この層は、大変風化や侵食を受け易い。南部に位置するとは言え、山地であるため冬季には凍結融解による風化が進み、また地中海性気候でもあることから、夏季には時折強い雨が降り、裸地斜面では著しく侵食が進む。そのため、この周辺の山地は、Badland (バッドランド) 地形を呈している。共同研究者のグループは、フランス南東部の街ディーニュ近郊の黒泥灰岩山地において、1981年以來、モニタリング流域を設定し、土砂流出等の現地観測を行っている。これまで、流域出口における水と土砂の流出特性については多くの知見を得ているが、斜面における侵食過程についてはまだ観測事例が少なく、その詳細は明らかになっていない。そこで、発表者らは、フランス南部風化泥灰岩山地のバッドランドにおける侵食過程を明らかにするため、同地域の斜面を降雨出水イベントの間タイムラプスビデオカメラによって連続撮影し、降雨イベント中に生じた現象を観察したので、以下、その結果を報告する。

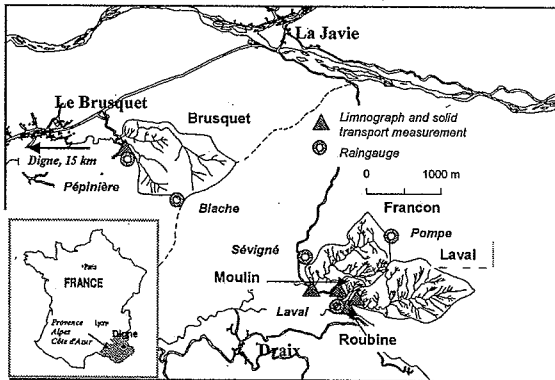


図1 観測地位置図

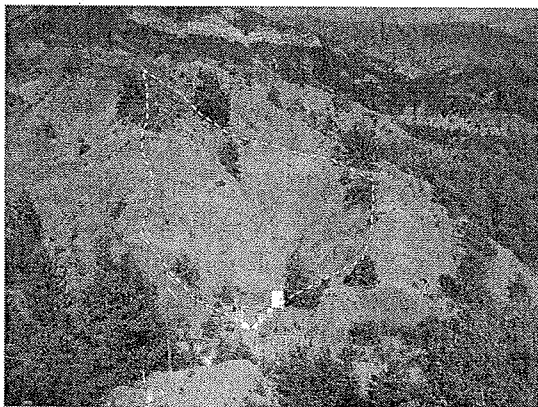


図2 モニタリング流域

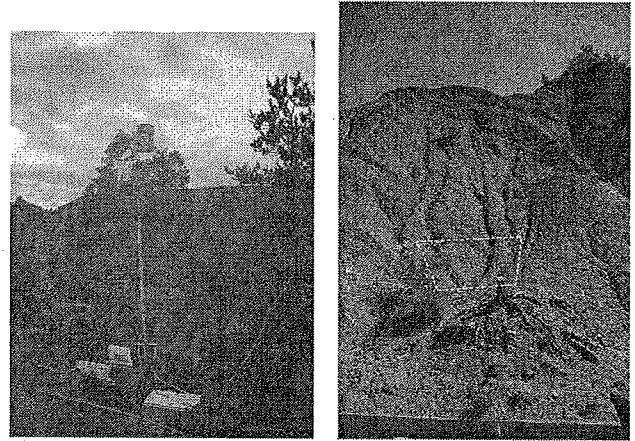


図3 タイムラプスビデオカメラ (左) とその視野 (右)

2. 研究方法

上述のモニタリング流域 (集水面積 1330m², 図1~2) 内に観察斜面を設定し、そこにタイムラプスビデオカメラを設置し、降雨期間中の斜面上における流出、侵食の進行状況を観察した (図3)。斜面は、黒泥灰岩の裸地斜面で、勾配は30度である。観測は2006年9月4日~12月8日まで実施した。カメラは、併設した雨量計が降雨を検知すると作動し、10秒間につき1秒間撮影する設定とした。なおモニタリング流域では、その下流端で流量と浮遊砂量が計測されている。

3. 結果と解析

観測期間中に顕著な土砂流出を伴う出水は、2006年9月8日に発生し、その撮影に成功した。以下、9月8日の観測結果について述べる。

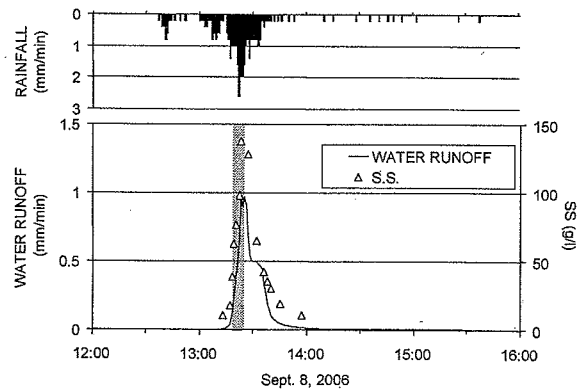


図4 2006年9月8日のハイドログラフ

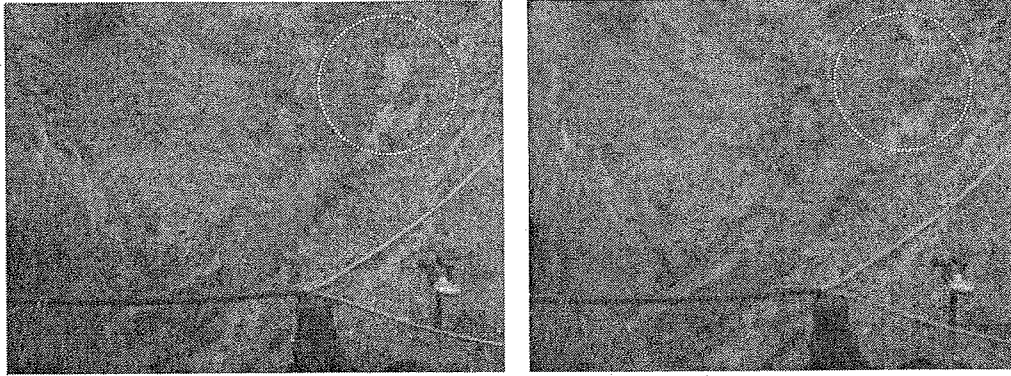


図4 観測された“ミニ土石流” (右写真白円内にミニ土石流の先端部, 右の画像は左の画像の1秒後)

表1 ミニ土石流による流出土砂量の推定

Terms	Values	Remarks
The area of the Roubine experimental basin (A)	1330 m ²	Measured in the field
The drainage area of the observed three rills (A')	45 m ²	Measured in the field
The length of a MDF (L)	100 cm	Observed in the image
The height of a MDF (H)	5-10 cm	Observed in the image
The width of the tip of a MDF (B)	30-40 cm	Measured in the field
The volume of one MDF (V)	2.5 - 6.7 l	Calculated (= 1/2 * H * B * L * 1/3)
The sediment concentration of a MDF (Cs)	550-1440 g/l	Estimated from the literature
The weight of the sediment of one MDF (W)	1.4-9.6 kg	Calculated (= V * Cs)
The number of MDFs in the rills observed. (N')	7	Observed in the image
The number of MDFs in the whole basin (N)	207	Calculated (= N' * A' / A)
The total weight of the discharged sediment	290 - 1990 kg	Calculated (= W * N)

*: Oostwoud Wijdenes and Ergenzinger, 1998

2006年9月8日13:45から約1時間の間比較的強い雨が降った。この総雨量37.8mm、最大10分間雨量15.2mmの雨に伴って、モニタリング流域から流出が発生し、最終的には下流端に約4,700kgの土砂が流出した(図4)。この降雨イベントの間に得られたビデオ画像を分析したところ、降雨強度が強まるとともに、画像内のリルを表面流が流下している様子が観察された。そして、さらに降雨強度が強まると、リル内には、間欠的に段波をもって流下する土石流のような流れが発生した。これを仮に「ミニ土石流」と呼ぶとすると、このミニ土石流はハイドログラフのピーク直前の約6分間(図4中の網掛け部分)に8回流下したことが確認された。しかし、ピーク後は、同様に強い雨がしばらくの間降り続けたものの、ミニ土石流は発生しなかった。斜面上の不安定土砂の準備量が足りなくなったのではないかと考えられるが、ミニ土石流の発生メカニズムは未解明であり、さらに検討を要する。

観測によって確認したミニ土石流によって土砂流出全体に占める割合を推定した。ここで観測したようなミニ土石流が、モニタリング流域内全体で均等に発生していたと仮定し、この土石流の流速、水深等を画像から読み取り、他の文献から土砂濃度を推定すること等により、流域からミニ土石流として流出した土砂量の総量を見積もった。その結果、表1に示すとおり、流域からの総流出土砂量(4,700kg)の7~50%を占めることが分かった。

粗い推定ではあるが、今回の観測の結果は、1出水事例中にミニ土石流の形態で流下する土砂の量が、小

規模流域からの土砂流出全体において無視できない割合を占めていることを示していると言える。ミニ土石流の土砂濃度は、通常のリル内の流れの土砂濃度よりも高いと考えられることから、このような裸地急斜面からの生産土砂量の推定に際して、ミニ土石流形態での土砂生産過程も考慮する必要があると考えられる。

4. まとめ

フランス南部風化泥灰岩山地の急勾配斜面における侵食過程を明らかにするため、降雨中の斜面の状態をビデオ映像によって視覚的に観測した。その結果、ある降雨流出イベントの際に、ミニ土石流の発生が確認された。ミニ土石流として運ばれる土砂量は、ビデオ画像判読結果によると、全流出土砂量の内の無視できない割合を占めていたことが明らかになった。

このようなミニ土石流は、地中海地方のバッドランドだけでなく、風化花崗岩山地の恒常的裸地斜面(木本ほか, 2003)、山火事跡地(Gabet, 2003)、火山灰堆積地等における30度以上の裸地急斜面においても報告例があり、ここで得られた知見は、当該エリア以外であっても、受食性の高い30度以上の裸地急斜面における侵食過程を検討する際には有用であると考えられる。

【参考文献】

- Oostwoud Wijdenes D J, Ergenzinger P. 1998. Erosion and sediment transport on steep marly hillslopes, Draix, Haute-Provence, France. An experimental field study: *Catena*. 33: 179-200.
- 木本秋津・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・堤大三(2003) 田上山地の裸地斜面における表面流の発生と土砂移動に関する原位置人工降雨実験, 砂防学会誌, Vol.55, No.6, pp.52-58
- Gabet E J. 2003. Post-fire thin debris flows: Sediment transport and numerical modelling. *Earth Surface Processes and Landforms*. 28: 1341-1348.