

九州大学大学院農学研究院 ○久保田哲也、大村 寛、P. Paudel、小川浩一郎、松本祐樹

## 1. はじめに

2003年7月は1日から大分県日田市で崩壊が発生し1名が亡くなるなど初日から大災害を予感させる月だった。その後、19日の福岡県大宰府市災害、20日の熊本県水俣から鹿児島県にかけての大きな土砂災害が生じた。今回の災害の大きな特徴は崩壊が流動化した等価摩擦係数の小さな現象による被害の甚大化であった。また、気象条件も、西方・南方からの下層ジェットの収束などの特徴が見られた。北部九州で発生した土砂災害については、水俣災害などの九州南部のものと素因・誘因がやや異なるので、これらに視点を当て、現地調査、土質試験、地形解析、気象解析などの結果を報告する。

## 2. 平成15年7月1日の日田市三和の農地における流動性崩壊

### 2.1 崩壊の概要

発生日時は、2003年7月1日午前11時50分頃で、発生位置は大分県日田市三和である。現地の測量から、崩壊部は幅56m長さ約30m、最大深さ約7m程度の横長に近い形であるが、流動化の結果200m以上流下している。崩壊頭部はトウモロコシ畑になっており、トウモロコシを乗せた原型を留めた農地残土が73m～100m押し流されている。上記の幅と地形から概算した崩壊土量は、7千 $m^3$ 程度である。崩壊の実測勾配は、崩壊の流動堆積部が4.5度から5.0度、崩壊部は10度であった。等価摩擦係数 $\mu$ （標高差/崩壊流動長）は地形解析から0.170～0.175程度と考えられる。これは、崩壊土量から考えるとかなり小さく、当地の現象は流動性に富んだものと考えられる。地形は、集水地形で、かなり豊富な湧水が見られた。斜面方向はほぼ南向きで $S5^{\circ}W$ 程度となっている。また、GPS測位によると崩壊部下端の緯度は $N33^{\circ}21'18''$ 、経度は $E130^{\circ}56'2''$ 、標高は約154mとなっている。

地質は、周辺地域に基盤岩として安山岩も分布するが、崩壊地は第四紀の阿蘇火砕流堆積物（黒色）とクロボクの上に農地造成に使用された盛土と思われる褐色の土が載っている状況であった。採取したサンプルの透水係数は盛土部が $5.8 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 程度、火砕流堆積物（黒色）が $3.1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度であった。このことから、透水性の高い上層の土層と透水性が小さな下層の境界に地下水が集中して発生原因となった可能性もある。崩壊側方崖の土壌硬度の調査では、上部の盛り土がその下の地山と思われる黒色の堆積物よりも2倍程度硬い。また、下部堆積物は飽和に近い水を含むと泥～粘土状になっており、容易に流動するものと推定された。また、飽和させたサンプルのせん断試験の結果によると、崩壊周辺の下層火砕流堆積物の強度は盛土と思われる上層土層より粘着力 $C$ 、内部摩擦角 $\phi$ ともかなり大きい。上層の盛土と思われる土層は、降雨・地下水により飽和して弱くなった可能性が考えられる。

### 2.2 気象条件

7月1日の九州北部には梅雨前線が停滞しその前線上を東シナ海方面からメソ低気圧が東進して来る状況で、上空700hpa高度や850hpa高度にも西方からの強い風により水蒸気が供給され、強めの降水が継続する状態であった(図1)。日田周辺では、崩壊の生じた7月1日前日も20mm/hを越す強い雨が観測されており、崩壊当日も10mm/h程度の雨が見られた。

## 3. 大宰府の災害

7月19日の太宰府市における土石流など太宰府市及び宇美町周辺には多くの崩壊や土石流が見られる。航空斜め写真から見る限りでは、農地や森林被害も含めると、箇所数は40箇所以上と見られる。その中で人命の損失と住宅被害が大きかったのは、太宰府市三条の太宰府原川であった(死者1名、被害家屋40戸、写真1)。

### 3.1 災害の概要

発生日時は、2003年7月19日午前5時50分頃で、場所は太宰府市三条1丁目(御笠川上流右支川、太宰府原川)であった。流域に崩壊は複数あるが、最大のものは四王子山脈峰部(標高349m)から発生し、幅約36m長さ90m程度で勾配約32度の縦長に近い形である。この崩壊下流の連続した部分にも同様の幅で長さ約110m程度の崩壊部があり、他にも幅30m程度長さ55m程度勾配約34度と幅25m程度長さ40m程度の崩壊も峰部に発生し、太宰府原川に流出している。これらの崩壊土砂が下流扇状地まで流動化したとすると、結果的に1km以上流下していることになる。

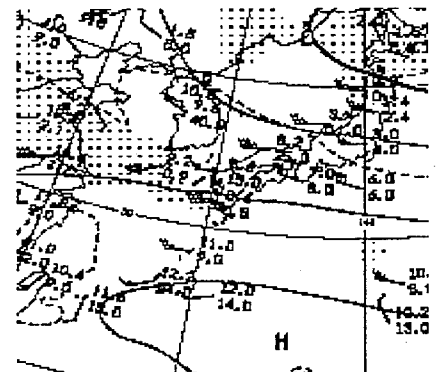


図1 日田災害前日の高層天気図

なお、この地点は、1973年7月31日にも土石流災害を受けている。



写真1 太宰府市の土石流災害

この他、西隣溪流源頭部（四王子山脈峰部、緯度・経度約 N33°31'39"、E130°31'29"）に3箇所崩壊が見られた（写真2）。規模等は、西側のものが幅約33m長さ約20m勾配約34度、中央のものが幅約11m長さ8m滑落崖高約6m勾配約40度、東側のものが幅約13m長さ約10m勾配約38度であった。崩壊直下溪流の流下部の勾配は26度程度であった。また、滑落崖下流の地山リター層直下マサ土層の透水係数は  $1 \sim 2 \times 10^{-2}$  cm/s、緻密な部分でも  $2 \sim 6 \times 10^{-3}$  程度で、すべり面直上では  $4 \sim 7 \times 10^{-4}$  程度であった。峰部の滑落崖付近では、地表からの降雨浸透は容易であったと思われる。



写真2 隣接溪流源頭の崩壊

等価摩擦係数  $\mu$  は、峰部崩壊が流下したものとすると 0.267 程度と計算される。位置の確認できる8箇所の崩壊・土石流の空中写真判読と地形解析から、等価摩擦係数は 0.217~0.357 で、数基の砂防ダムで途中停止したと思われる場合は 0.400 程度であった。1999年広島災害の 0.150~0.350 よりやや大きな値を示す。この  $\mu$  あるいは Melton 数  $\mu_m$  (Coe et.al. 2002、標高差/流域面積<sup>1/2</sup>) に、既往の研究(久保田 2002) に準じて自己組織化臨界条件仮説を応用した土石流再発生の回帰年  $Tr$  の推定式  $Tr = \xi \cdot \mu_m^{-\eta}$  も検討した(または、 $Tr = \xi \cdot \exp(-\eta \cdot \mu_m)$ 、 $\xi$  と  $\eta$  は定数：有名な Lalamide 造山運動で形成され、片麻岩・石英閃緑岩などが卓越する北米コロラド・ロッキー山地 Front Range の経験式)。その結果、大宰府では、コロラドの平均回帰年の約 20 倍も短い間隔で土石流が発生していることが分かった。短い回帰年で土砂災害が発生する脆弱な地質と考えられる。

崩壊地の地質は風化花崗岩・マサ土から成るが、花崗岩上部に載っていた緑色岩類も散在している。最大礫径は人家被災箇所(写真1)で、長さ2.6m、幅1.9m、高さ2.3mであった。砂防堰堤上流にも  $1.6 \times 1.6 \times 0.9$  m 程度のもも堆積していた。植生は、ヒノキ・スギの他にアラカシなど広葉樹類、下流には竹などが見られたが、流木もかなり多く、砂防堰堤に止まっている最大のは直径 25~26cm であった。広葉樹類の流木も相当数見られたので、広葉樹類の流木にも留意する必要がある。

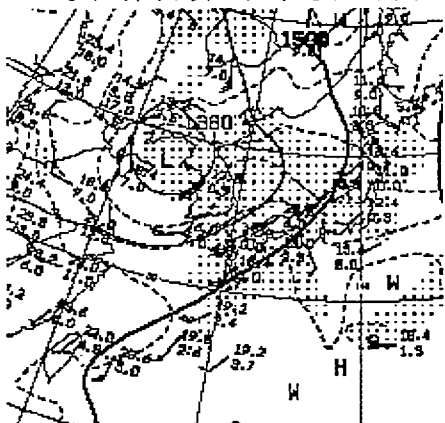


図2 太宰府災害直前の高層天気図

### 3. 2 気象条件

7月19日の九州北部には、寒冷前線(梅雨前線の一部)が停滞しており、1993年8月の鹿児島豪雨時と類似して(守田 2003)、大陸方面からの水蒸気を含んだ西より下層ジェット、及び、遠方の台風7号から多量の水蒸気を供給された太平洋高気圧縁辺流が、九州西方東シナ海上で収束していた(図2)。約5千m~1万m上空にまだ寒気が残る状況で、700hpa 高度や850hpa 高度(千5百m~3千m)に暖かい水蒸気に富んだ空気が供給され、強い降水が継続する状態であった(図2)。このため、テーパリング・クラウドと呼ばれる激しい気象を引き起こす雲塊も海上に現れ、バック形成型(小倉 1997)の線状に組織化された積乱雲群が発生、次々と接近して大雨となったものと考えられる。このテーパリング・クラウドは東シナ海上での出現頻度が高いものとされ、700hpa 高度の上昇気流と関連するとされている(石塚ら 2001)。従って、このような気象条件時には注意を要する。

### 4. 結語と謝辞

ここで述べた災害の地形・地質・気象条件は、今後の予知・予測に対し有用な知見であると信じる。最後に、現地を案内していただいた大分県日田地方振興局耕地課佐藤主幹、貴重な資料と航空写真を提供いただきました福岡県土木部砂防課並びに朝日航洋(株)の皆様記して感謝いたします。また、この研究の一部は、平成15年度科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号15580126分担金により実施した。

#### 引用文献

- 1) Coe, J.A. et.al.(2002): Debris Flows along the Interstate 70 Corridor, USGS Open-File Report 02-398, 4-7.
- 2) 石塚昌範ら(2001): TRMMの多重センサー観測データによる九州南方海上に発生した、にんじん状雲の解析、天気、48(9)、27-41.
- 3) 久保田哲也(2002): 総観規模~メソスケール気象条件を用いた土砂災害の広域的予測、砂防学会誌、55(1)、4-14.
- 4) 守田 治(2003): 梅雨期の豪雨災害(3)、九州大学西部地区自然災害資料センター・ニュース、29(2003.9)、47-48.
- 5) 小倉義光(1997): メソ気象の基礎理論、東京大学出版会、172-176.