

2010年10月ムラピ火山噴火における火砕流堆積物の定点観測

○清水武志 (土木研究所), 福島淳一 (八千代エンジニアリング株)
石塚忠範 (土木研究所), 森田耕司 (国土交通省), 山越隆雄 (国土交通省)

1. はじめに

火山噴火に伴う火砕流や1次泥流, 2次泥流などによって多数の犠牲者が生じる。山地で発生する土石流と異なり, 火山噴火に伴う火砕流や泥流の運動・発生などの過程では熱が作用する。石川ほか (1992) は 1991 年に噴火した雲仙普賢岳の火砕流堆積物を対象として 1992 年 6 月 18 日にヘリコプタから熱赤外映像および放射温度計を併用して表面温度を計測した結果を速報した。噴火後の火砕流堆積物の温度が火砕流の運動機構や 2 次泥流の発生機構の基礎情報であることに言及している。

2010年10月26日にインドネシアのムラピ火山が噴火し, 11月5日に南面斜面を流下するゲンドール川を埋積する火砕流が発生した。筆者らは, 噴火後初の雨期にあたる 2011 年 1 月 7 日から 3 月 5 日までの約 2 ヶ月間, ゲンドール川の火砕流堆積物に対して縦断的に観測点を設け, 概ね 2 日に 1 回の観測頻度で火砕流堆積物の表面温度測定や周辺状況撮影を行った。同観測の周辺状況写真を分析し山越ほか (2011) は, 2011 年 2 月 2 日と 4 日の間に標高 740m 付近で火砕流堆積物が侵食されたもののそれ以降では顕著な侵食が見られないこと, および火砕流堆積物の表面温度が 12 月初旬でも 100 度以上の高温を保っている箇所もあることを報告した。植野・吉田 (2011) は, 2010 年 12 月頃まではゲンドール川で土石流が発生せず, それ以降は頻発し始め 1 月 3 日, 1 月 10 日および 3 月 19 日の降雨により発生した土石流は火口から 12 km の地点で氾濫したことを報告した。また, 2011 年 5 月 12 日時点で火口から 6 km, 13 km, 17 km, 18 km 付近で河床変動したこと, この時 6 km, 13 km 付近において火砕流堆積物から水蒸気が発生していることから堆積物が高温であったことも報告している。

本稿では, 同定点観測において計測した火砕流堆積物の表面温度の時系列計測結果を示す。計測値の精度は必ずしも高いとはいえないものの, 火砕流堆積物の表面温度の約 2 ヶ月間の変化を基礎情報として報告し, 1 月 10 日および 2

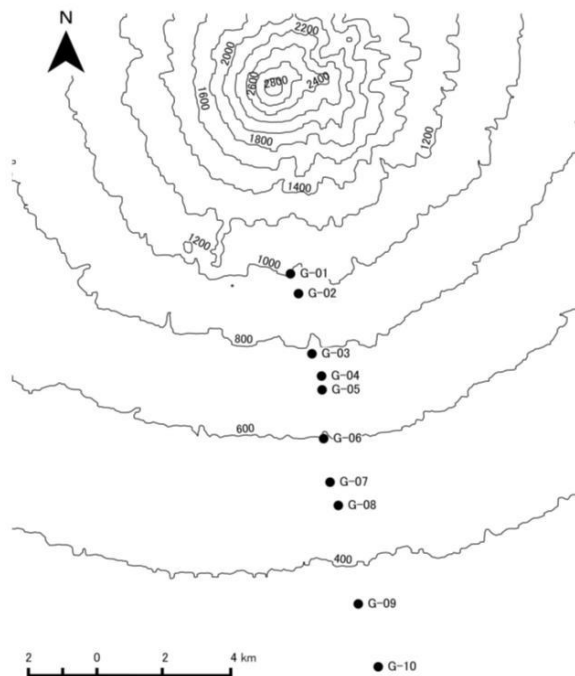


図-1 ムラピ火山南面斜面と観測点との位置関係

月 4 日前後の温度変化と土砂移動について考察する。

2. 方法

2010 年 11 月 5 日に発生した火砕流は, ムラピ火山火口付近の南面斜面を源頭部とするゲンドール川 (K.Gendol) を埋塞した。火砕流堆積物の縦断的な表面温度を時系列的に取得するために, 元河川に沿って縦断的に 10 点の観測点を設置し, 2 日に 1 回の頻度 (ただし観測最終日の 3 月 5 日は除く) で定点観測を実施した。観測日の午前中に観測員がそれぞれの観測点において火砕流堆積物の表面温度を測定した。観測点の平面座標・標高・火口からの距離を表-1 に示し, 位置を図-1 に示す。以後, 観測点は表-1 の記号 G-01 から G-10 で示す。

火砕流堆積物の表面温度の計測は作業員の安全を最優先して以下のように実施した:

- ・試掘することは非常に危険であったため, 現地の表層にて計測棒を約 30 cm 表層に挿入し計測した。
 - ・計測棒は 300 °C まで計測可能である計器を使用した。
 - ・計測箇所は各計測地点の溪岸付近とし, 可能な限り同一箇所とした。
 - ・1 回の計測あたり 3 回表面温度を測定し, 温度を小数点 1 桁まで読み摂氏で記録した。
- 計測棒では地中から吹き上げる水蒸気温度を計測してしまい, 堆積物そのものの温度を測ることは困難であった。

表-1 観測点の位置情報と火口からの距離。測地系は WGS84/UTM49S である。

symbol	x (m)	y (m)	z (m)	distance* (km)
G-01	439428	9160944	1024	5.6
G-02	439663	9160360	968	6.2
G-03	440057	9158592	792	8.0
G-04	440338	9157938	738	8.6
G-05	440353	9157532	713	9.0
G-06	440399	9156098	608	10.5
G-07	440586	9154818	534	11.8
G-08	440828	9154134	501	12.5
G-09	441412	9151238	369	15.4
G-10	441996	9149390	294	17.3

*distance between crator of Mt. Merapi and each point

従って、計測された地表面温度は、厳密には火砕流堆積物のごく近傍の気体の温度である。それぞれの計測において3回の計測値のばらつきは小さいものの風によるセンサ付近の空気の乱れなどの影響を受けたと考えられる。また、いずれの計測日の午前中にも降雨はなかったが、雨期特有の短時間降雨が、計測日の午後や非計測日に発生した日もあった。なお、表面温度計測と同時に周辺状況写真を撮影し、火砕流堆積物の侵食状況や流水の有無についても記録した。

3. 結果と考察

G-01～G-10の火砕流堆積物の表面温度の計測値を図-2に示す。上から下に向かって上流から下流（高標高から低標高）に並べており、G-01～G-08およびG-09～G-10はそれぞれ縦軸の温度の範囲をそろえている。白丸は計測値の平均温度である。横軸の時間はインドネシア西部時間（UTC+7）である。

G-09～G-10は表面温度が計測開始時に約40℃でその後概ね2回不連続的に約5から10℃の温度低下が見られるもののその間はほぼ安定した温度が計測されている。観測期間中、近傍の河川では流水が確認され重機も見られた。自然状態とは異なっているもの、外気温と同程度の温度で安定しているため火砕流堆積物が冷えた状態に近いと考えられる。一方、G-01～G-08は観測期間中、いずれの地点でも概ね100℃と90℃の範囲内であった。水分が蒸発する程度の高温を維持し不連続的な変化はなかった。標高1000mから700mのG-01～G-05では観測開始時から表面温度が漸減し1月27日に増加するものの再び漸減する冷却傾向が見られた。一方、標高600mから500mのG-06～G-08では2ヶ月間概ね100℃程度が定常的に記録された。植野・吉田（2011）が報告しているように土石流が発生する

降雨を何度も受けて冷えることを考えると、水蒸気を計測したために100℃程度の値で安定してしまい、堆積物の実際の温度はそれより高温であった可能性が高い。少しずつ冷却され、2月以降計測値が漸減する傾向に変化したと考えられる。

次に表面温度と土石流発生や堆積物侵食との関係を見る。1月10日に土石流が氾濫した12km付近のG-08の前後の日の計測値がそれぞれ97.3、98.5℃である。そのため堆積物の表面温度は100℃以上と考えられる。一方、2月2日から4日の間の侵食イベント前後でG-04の表面温度はほとんど変化しておらず、2月2日および4日における作業員が記録する時刻には流水が確認されていない。また、上下流の観測点（G-03やG-05）の表面温度の値や変化傾向はG-04とほぼ同様であるにも関わらず、G-04以外では顕著な堆積物の侵食は確認されていない。西田・水山（1998）では雲仙普賢岳の火砕流堆積斜面における現地観測を踏まえた研究において火砕流堆積物斜面の表層20cm程度が冷却すれば土石流が発生し得るとしているが、今回とりまとめた標高1000m以下の火砕流堆積物の表面温度の低下状況と、ゲンドール川における土石流を含めた降雨に伴う土砂移動現象の発生に明瞭な相関は認められなかった。ただし、ゲンドール川上流部の堆積物の状態が不明であることに加え、ゲンドール流域の降雨状況や土石流等の発生状況に関するさらに詳細な情報の検討も今後必要である。

参考文献

- 石川芳治ほか（1992）：砂防学会誌, 45, 3, 51-52
- 植野利康・吉田桂治（2011）：砂防学会誌, 64, 2, 54-57
- 西田顕郎・水山高久（1998）：砂防学会誌, 51, 3, 11-18
- 山越隆雄ほか（2011）：砂防学会研究発表会, P-072

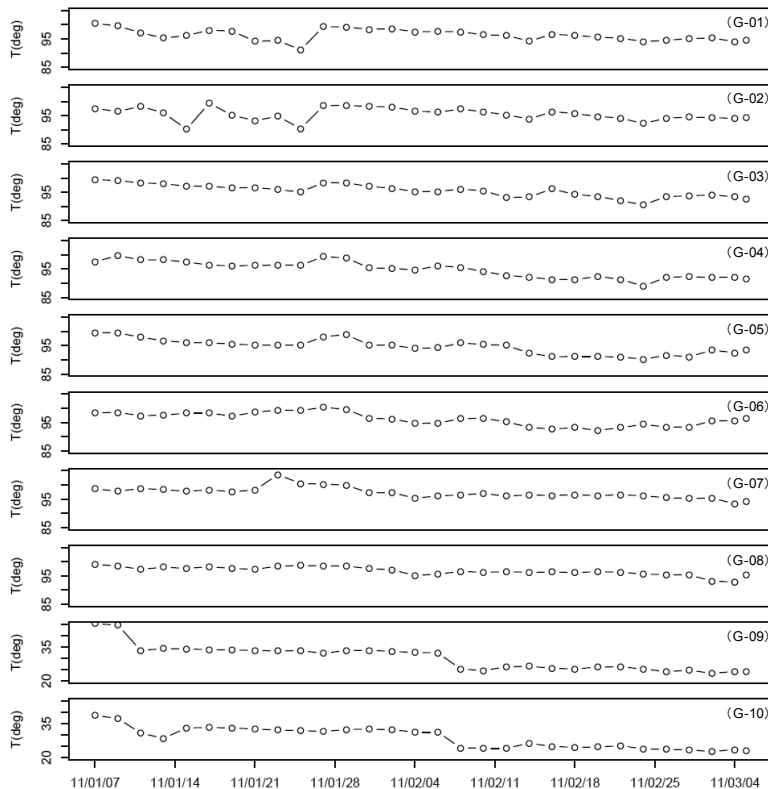


図-2 火砕流堆積物の表面温度変化。2011年1月7日から3月4日まで2日に1回の頻度で計測を行った。白丸は3つの計測値の平均値を示す。記号は表-1および図-1と同様である。