

鹿児島大学 正員 村田 秀一 正員 ○ 岡林 巧  
九州 大学 正員 山内 豊隆 正員 後藤 恵之輔

1. まえがき 標高1100 mの桜島は昭和30年に火山活動が再開して以来、今日まで持続して大いの爆発を繰り返している。山頂より標高500 m位までは平均傾斜角20程度の斜面をなし、古期火山噴出物と降下火山灰からなる裸地帯である。さらにこの裸地帯においては降雨に伴って激しい縦横侵食、表面侵食および崩壊が常時進行し、山体は荒廃の一途をたどっている。本研究は南九州の年降雨総量が2400~2500 mmにも達し、日本でも有数の多雨地域に属することを踏まえ、火山灰砂斜面に対し、南九州特有の降雨パターンを導入した人工降雨実験を行い、降雨下における火山灰砂斜面の侵食崩壊について検討したものである。

2. 実験方法と試料の性質 本実験に用いた火山灰砂は、桜島南側の野尻川下流で採取した流出火山灰砂で粒径10 mm以下のもので、比重2.50、透水係数 $1.1 \times 10^{-2}$  cm/sec ( $k_s = 1.48$  g/cm<sup>3</sup>)、最大間隙比0.667、最小間隙比0.418および粒度組成は砂分70%シルト分5%である。実験は図-1に示すような形状および寸法に斜面を形成した後、雨滴(1~2 mmφ)と噴霧(0~0.8 mmφ)を合併した、混合雨型人工降雨装置を用い、降雨強度69, 115, 142, 164 (mm/h)の4レベルを1サイクルとする降雨を降らせると。また、斜面傾斜角は降下火山灰砂下部に傾斜した不透水層を設けた場合を想定し、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 15^\circ$  と  $\theta_1 = \theta_2 = 15^\circ$   $\theta_3 = 0^\circ$  の2条件とした。

3. 実験結果および考察 表-1に実験の条件と結果を示す。 $\theta_3 = 0^\circ$ の傾斜角の15度条件だけ崩壊が発生しなかったが、いずれの条件に関しても侵食が見られ、降雨に伴って斜面の飽和度が高まるにつれて、斜面先部から表面流が発生し、ついで、微粒子が流送され、斜面表面が不安定になるにつれて加速度的に大きな粒子の移動が起る一連のパターンが認められた。また斜面中央に谷部を設けている関係上降雨初期での侵食は主として谷部に集中するが、表面流発生域の拡大につれて斜面先部にも発達し、侵食幅の増大とともに各侵食谷が競合することにより急傾斜の尾根が発達する傾向が認められた。図-2は降雨時間と単位流出土量、浸透流出水量および表面流出水量の関係の一例を示したものである。浸透流出水発生は61分後、以後100分まで漸次増大し、ほぼ一定となっている。このことから2サイクル目の最大降雨強度時にはじめて斜面先部での飽和がほぼ完了したと考えられる。このことは降雨強度が漸次低下しているにもかかわらず浸透流出水量が一値を示していること、また表面流出水がこのころより発生し、ついで侵食が始まっていることなどが裏付けている。さらに表面流出水量の増大と共に流出土量が増大する傾向もみられるが、これは流体力の増加によるものと考えられる。図-3(a)は降雨パターンを表わしたものである。また、(b)は降雨時間と降雨総量、間隙水量、浸透流出水量、表面流出水量および流出土量の累積値の関係をそれぞれ表わしたものである。図より明らかなように1サイクルの60分は浸透水の発生が

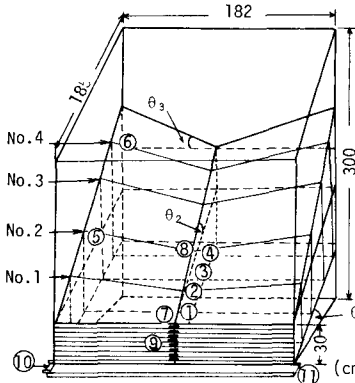


図-1 斜面の形状および寸法  
①②③④：間隙水圧計、水位計、間隙空気圧計  
⑤⑥：斜面移動計、沈下計  
⑦⑧：埋込式変位計 ⑨：土止め板式土圧計  
⑩：浸透流出水用とい  
⑪：表面流出水量流出土量用とい

表-1 実験の条件と結果

| 実験<br>番号 | 降雨強度<br>r(mm/h) | 傾斜角<br>(°)                                         | 含 水 比<br>(%) | 湿潤密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 不透水<br>発生時 | 侵食<br>発生時 | 表流水<br>発生時 | 間隙空気圧<br>発生時間(分)                        | 間隙水圧<br>発生時間 | 発生最大間隙水圧<br>発生時間(分) | 崩 壊<br>発生時間<br>(分) | 侵 食 形 態       |
|----------|-----------------|----------------------------------------------------|--------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------------------------------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------|
|          |                 |                                                    | 実 験 前        | 実 験 後                        | 間(分)       | 間(分)      | 間(分)       | ①②③④                                    | ①②③④         | ①②③④                | 発生時間<br>(分)        |               |
| 1        | 115             | $\theta_1=\theta_3=15^\circ$<br>$\theta_2=0^\circ$ | 5.4          | 1.722                        | 45         | 67        | 60         | 5 5 45 10 45 45 45 55 70 90 80 90       | —            | —                   | —                  | 崩壊なし<br>シート侵食 |
| 2        |                 |                                                    | 5.6          | 1.730                        | 62         | 106       | 102        | 15 20 10 5 65 70 115 110 130 130 131    | —            | —                   | シート侵食<br>カリ侵食      |               |
| 3        | (10)            |                                                    | 5.7          | 1.791                        | 61         | 95        | 91         | 5 15 10 25 60 75 90 110 125 130 130 133 | —            | —                   | シート侵食<br>カリ侵食      |               |
| 4        | (40)            |                                                    | 6.7          | 1.799                        | 62         | 112       | 112        | 20 15 10 30 65 75 95 115 115 115 116    | —            | —                   | シート侵食<br>カリ侵食      |               |
| 5        | (5)             |                                                    | 6.0          | 1.789                        | 49         | —         | 101        | 5 65 25 20 55 60 80 100 100 100 102     | —            | —                   | シート侵食              |               |

なかつたことと降雨総量のほぼ100%は斜面内の貯留に汲み込まれたことになり、また斜面内の間隙水量は表面流出水が発生した後も急増しているがこれは部分的に飽和領域

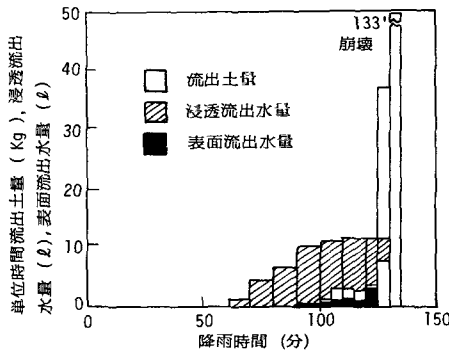


図-2 降雨時間と浸透流出特性

が拡大していることを意味している。さらに、最初に浸透水が発生した後120-130分ではじめて定常状態が認められるが、この時点で飽和領域は斜面全体にまで及ぶものと考えられる。図-3(c)は降雨時間と斜面表面の鉛直沈下量、および斜面表層部の斜面方向の移動量の関係をNo.1, 2の断面について示したものである。図から同一地点においても斜面方向の移動量が鉛直沈下量に比べて早く、しかも大きいことが判る。また、No.1と2断面に関して侵食発生後の変化量を比較すると、下流断面であるNo.1断面の方が侵食深さが大きいことが判る。図-3(d)は降雨時間と間隙水圧、間隙空気圧の関係をそれぞれ示したものである。この断面においても間隙水圧と間隙空気圧の変曲点は時間的に一致していることより、間隙空気圧としては、変曲点以前の値をとる必要がある。間隙水圧に関しては斜面下流部にあるNo.1が早期に発生しているのに対して、上流断面のNo.2の方が高い値を示している。これはセンサーまでの層厚の違いによるものと考えられる。図-3(e)は降雨時間と断面ごとのピエゾメータ水位の関係を示す。前述の間隙水圧と同様な挙動を呈していることから、斜面の飽和領域が時間とともに上昇していることが判る。図-3(f)は、降雨時間と土止の板の表面ひずみの関係を示したものである。斜面表層部の土圧が降雨に伴って崩壊直前まで漸次増加し、終局的な崩壊以前に斜面内部でずれを起していることが推測できる。

4 まとめ 以上のことをまとめると次のことが考えられるようである。

- 1) ガリ侵食は、表面流出水が起れば発達する。
- 2) 斜面の終局的な崩壊は、浸透流出水量が定常化し、単位表面流出水量が急激に増大した時点で起る。また、斜面の飽和度と密接な関係にある。
- 3) 実験番号2, 4, 5に関して定性的には図-2, 3に示された関係と同じである。

あとがき 本研究は鹿児島県桜島地域学術調査協議会による研究に参加して得られた成果の一部であり、また文部省科学研究費の補助を受けたものであることを付記する。さらに実験に関して終始協力を受けた、鹿児島高専基礎工学研究室の平論王の折田豊、立山友行、牧瀬時徳、および物袋信昭君に感謝の意を表す。

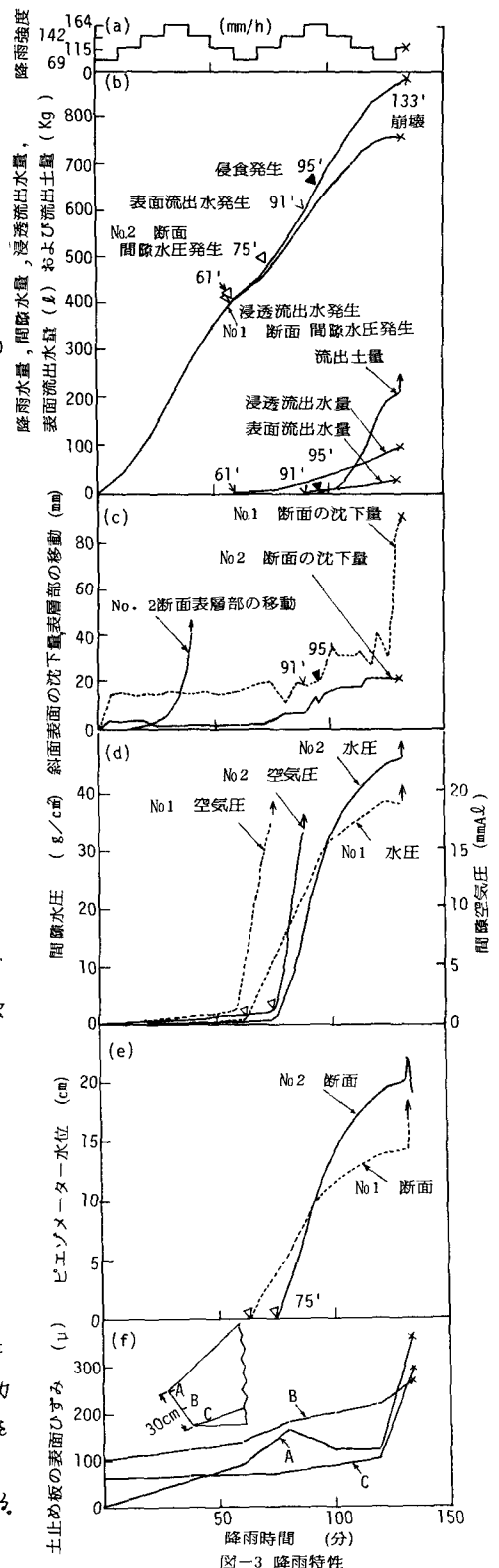


図-3 降雨特性