

桜島火山灰の降下量の分布について (第2報)

九州大学工学部 正員 ○平野宗夫
 鹿児島工業高等専門学校 正員 正田 誠
 鹿児島工業高等専門学校 学生員 恒吉洋一
 鹿児島工業高等専門学校 学生員 平川英貴

1. まえがき

鹿児島地方気象台における桜島の新規火山灰の堆積量は、昭和60年には年間降灰量が $15.9\text{kg}/\text{m}^2$ に達し、昭和30年以降最高の昭和53年($4.5\text{kg}/\text{m}^2$)の約3.5倍と過去の観測記録値を更新しており、火山活動は極めて激しい。前報¹⁾においては、これら降灰量を桜島上空の風向・風速と結びつけ、鹿児島県下の降灰観測所資料を用い、県内の堆積厚分布及び火口における放出火山灰量の推定法を提案した。本報では、降灰の粒度分布の計算式を示すとともに新規火山灰の粒度分析を行い、その結果について考察を行った。また、地球観測衛星(LANDSAT-4)のMSS画像の収集資料²⁾より噴煙の拡がりについて調べた。

2. 降灰量の粒度分布に関する理論式

図-1は桜島火山からの火山灰放出時のパターンのモデルを示したものである。通常、爆発時の放出火山灰は高温でプルームとなって浮上し、上空においては冷却作用のため上昇が停止する。最高高度に達すると上層風により吹送され、火山灰の自重で自然落下し地上への堆積に至る過程をたどる。

ある噴出高度 D と風速 v の状態において、 $w_0/v = D/x$ が成立するものとする。火口から距離 x の範囲に落ちる火山灰量 $Q(x)$ は

$$Q = Q_0 \int_{Dv/x}^{\infty} f(w_0) dw_0 \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 Q_0 は火口における放出火山灰量、 $f(w_0)$ は噴出火山灰の沈降速度の密度関数、 w_0 は火山灰の終末沈降速度、 v は風速、 D は噴出高度である。

ある沈降速度 w_0 の粒子が単位面積当りに落ちる割合 $q(x, w_0)$ は

$$q(x, w_0) = \frac{Q}{b(x) \cdot x} \cdot f(w_0) \Delta w_0 \left\{ g\left(\frac{x w_0}{D}\right) \cdot \frac{x w_0}{D} h(D) dD \right\} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 $g(v)$ 、 $h(D)$ は v 、 D の確率密度関数である。同一方位の x における火山灰の沈降速度の分布関数は

$$F(x, w_0) = \int_0^{w_0} q(x, w_0) / \int_0^{\infty} q(x, w_0) dx \quad \text{----- (3)}$$

$f(w_0)$ 、 $g(v)$ 、 $h(D)$ をそれぞれ対数正規とみなすと

$$F(x, w_0) = \int_{-\infty}^{x_0} \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_1} \cdot \exp \left[-\frac{(x - \bar{x})^2}{2 S_1^2} \right] dx \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 w_n 、 v_n 、 D_n 及び S_w 、 S_v 、 S_D はそれぞれ $\log w_0$ 、 $\log v$ 、 $\log D$ の中央値及び標準偏差、 $S^2 = S_w^2 + S_v^2 + S_D^2$ 、 $S_1 = S_w \sqrt{S_v^2 + S_D^2} / S$ 、 $\bar{x} = -(S_x / S)^2 \cdot \log(x \cdot w_n / D_n v_n)$ 、 $x_0 = \log(w_0 / w_n)$ である。式(4)より、堆積火山灰の粒度分布は標準偏差 S_1 、平均 $\bar{x}$ の対数正規分布をなすことがわかる。また、 S_1 は x に無関係であり、沈降速度の中央値 w_{50} は、(w_n と w_{50} はそれぞれ噴出物及び堆積物の中央値)

$$\log \frac{w_{50}}{w_n} = -\frac{S_x^2}{S^2} \cdot \log \frac{x w_n}{D_n v_n}, \quad \frac{w_{50}}{w_n} = \left(\frac{x w_n}{D_n v_n} \right)^{-S_x^2 / S^2} \quad \text{--- (5)}$$

となる。すなわち、降灰の沈降速度の分布は、標準偏差が一定で中央値が距離とともに両対数紙で直線的に遞減することを示している。

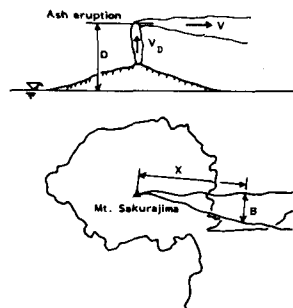


図-1 桜島の降下火山灰の模式図

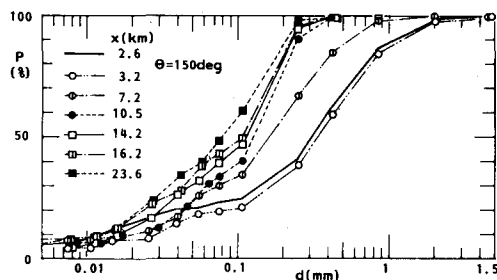


図-2 新規火山灰の粒度分布特性

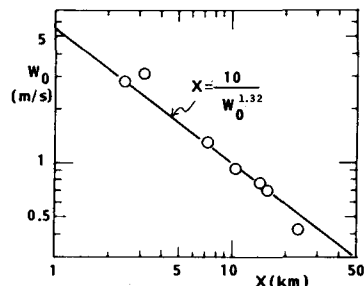


図-3 新規火山灰の沈降速度と距離の関係

3. 降灰の粒度と火口からの距離

図-2は、火口からの距離 x (km)に対応する各降灰の粒度分布の変化を両対数目盛で見たものである。分布の傾きは、ほぼ一定で式(4)を裏付けている。また、火口より遠方になるにしたがって細粒化しており、同図から中央値 d_{50} を読み取り、火口からの距離 x (km)に対する沈降速度 w_0 (m/sec)の変化を示すと図-3のようになる。描点はほぼ直線的に減衰しており式(5)が成立つことがわかる。これより式(5)のパラメータを決めると

$$x = 10 / w_0^{1.32} \quad (6)$$

田原³⁾は野尻川の土石流の採取資料より、土石流中の粒度分布を与えている。同資料の中央粒径 d_{50} は0.24mmから0.7mmと時間的に増大している値を与えているが、今、対応する x の値に式(6)が適用できるものと仮定して計算すると $x = 2.98 \sim 0.98$ kmとなる。即ち、土石流は最初下流(3km付近)の流域の火山灰が流下し、次第に火口近く(1km付近)の火山灰が流下してきたと推定することができる。一方、春山・下川・井上⁴⁾は、黒神川(地獄河原)及び長谷川で溪床土砂に対して $d_n = 2.1, 0.32$ mmを与えているが、これらの値は式(1)から $x = 0.39, 2.4$ kmとなり、土石流発生場の位置を示唆している。

4. 降灰の平面的な拡散幅について

風下距離 x における火山灰の拡散幅 B はLANDSAT写真より、プロットすると図-4のようになる。かなり、バラツキはあるが、平均的には火口より30km位までは、 $B = \sqrt{x}$ の関係式が、成立するようである。

5. むすび

桜島の観測資料から、新規堆積火山灰の中央粒径の沈降速度は距離に対してほぼ式(5)、(6)が成立することを明らかにした。また、土石流の粒度分布から土石流発生場の位置推定の可能性が示された。

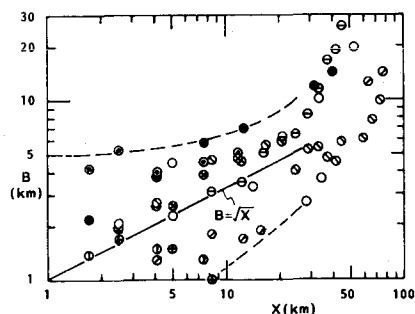


図-4 噴煙の拡散幅

おわりに、火山灰及び上層風資料の収集と解析に際して鹿児島高専の泊博幸・蔵元浩巳・東垂水重治・藤崎博文・松山敏久の諸君に協力を頂いた。更に火山灰の粒度試験で鹿児島高専の永吉馨教授・岡林巧助教授に快く実験室を使用させて頂いた。ここに厚く謝意を表する次第である。

参考文献：

- 1) 平野・疋田・吉田・石井：桜島火山灰の降下量の分布について、西講、1984.2, pp.214-215.
- 2) 堤・今堀：リモートセンシングによる桜島の火山灰の拡散調査、鹿児島高専研究報告17号、1983.2, pp.109-115.
- 3) 田原：桜島の土砂流出の特性、第23回水講、1979.2, pp.69-74.
- 4) 春山・下川・井上：桜島火山灰砂の物理的性質、鹿児島大農演習林報告、第5号、1977.2, pp.65-92.