

II-53 桜島火山灰の降下量の分布について

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 〇足田 誠
 九州大学工学部 学生員 吉田健太郎
 九州大学工学部 学生員 石井 剛

1. まえがき

桜島の火山活動は1972年頃より活発になり、以来現在まで衰えることなく続いている。その間多量の火山灰を噴出し、周辺の農作物に大きな被害を与え、住民の生活環境を悪化させてきた。また、山腹に堆積した火山灰は強雨時に土石流となって流出し、島民の脅威となっている。本研究は種々の災害をもたらしている新規火山灰の時間的空間的分布に関する確率モデルを考え、実測資料によって検証したものである。

2. 降灰量分布の計算式

定常状態における火山灰粒子の運動を考えると、図-1において粒子降下中の軌跡に対して、次式が成立する。

$$\frac{D-y}{x-x_c} = \frac{w_0}{V} \text{------(1)}$$

ここに、Dは噴出高度、 x_c は噴出高度に達したときの水平距離、 w_0 は粒子の沈降速度、Vは粒子に働く風速である。地上 $y=0$ において、 $x_c \ll x$ とみなすと、

$$w_0 = DV/x \text{------(2)}$$

あるDとVの状態において、火口からxの範囲内に落ちてくる降灰量Q(x)は

$$Q(x) = Q_0 \int_{\frac{DV}{x}}^{\infty} f(w_0) dw_0 \text{------(3)}$$

ここに、 Q_0 は火口における噴出量、 $f(w_0)$ は噴出された火山灰の沈降速度の確率密度関数である。xの地点における単位幅当りの降灰量 g は、火山灰の落ちる幅を $b(x)$ とすると

$$g(x) = \{Q(x+\Delta x) - Q(x)\} / b(x) \cdot \Delta x = \frac{dQ}{dx} / b(x) = \frac{Q_0}{b(x) \cdot x} f(w_0) dw_0 \text{------(4)}$$

ある期間を考えると、VとDは種々変化するから、その期間の単位面積当り降灰量P(x)はVとDの分布を導入して

$$P(x) = \int_{D_c}^{\infty} \int_0^{\infty} g \cdot g(V) h(D) dV dD = \frac{Q_0}{b(x) \cdot x} \int_{D_c}^{\infty} \int_0^{\infty} f\left(\frac{DV}{x}\right) \frac{DV}{x} g(V) h(D) dV dD \text{------(5)}$$

ここに、 D_c は火口の高さ、 $g(V)$ と $h(D)$ はそれぞれVとDの確率密度関数である。全方位を考えると $b(x) = 2\pi x$ であるが、降灰量は風向の頻度に影響されることが知られている¹⁾ので、風向の頻度の重み $W_d(\theta)$ を導入することにする。したがって、 θ 方向の単位面積当り降灰量は

$$P(x, \theta) = \frac{Q_0 W_d(\theta + \pi)}{2\pi x^2} \int_{D_c}^{\infty} \int_0^{\infty} f\left(\frac{DV}{x}\right) g(V) h(D) dV dD \text{------(6)}$$

上式で計算するためには $f(w_0)$ 、 $g(V)$ 、 $h(D)$ を与える必要がある。

図-2は鹿児島地方気象台で観測された1975年から1982年の噴煙高度の分布を示したものであるが、ほぼ対数正規分布をなしている。また、図は省略したが、毎日の風速の分布もほぼ対数正規分布をなす。火口の火山灰の沈降速度の分布については、今のところ知る手がかりはないが

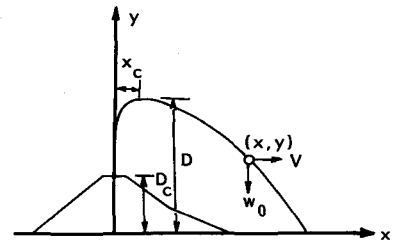


図-1 火山灰粒子の運動

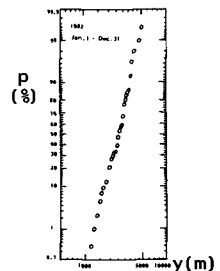


図-2 噴煙高度の頻度分布

自然界に存在する土砂礫の粒土分布が対数正規に近いものが多いことから、 $f(w)$ を対数正規と見なすことにする。したがって式(6)は次のように表わされる。

$$\frac{P(x, \theta)}{w_d(\theta + \pi)} = \frac{Q_0}{(2\pi)^{1/2} x^2 C S_T} \exp \left[-\frac{1}{2 S_T^2} (\log \frac{w_{om} x}{V_m D_m})^2 \right] \int_{\eta_c}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\eta^2}{2}} d\eta \quad (7)$$

ここに、 $\eta_c = [\log(D_c/D_m) - (S_o/S_T)^2 \log(w_{om} x/V_m D_m)] \cdot S_T/S_o S_D$, $C = \ln 10$, $S_T^2 = \sqrt{S_o^2 + S_D^2}$, $S_o = \sqrt{S_{w^2} + S_V^2}$, S_w, S_V, S_D は $\log w_{om}$, $\log V_m$, $\log D_m$ はそれぞれ $\log w_o$, $\log V$, $\log D$ の標準偏差および平均である。上式においてパラメータは Q_0 , w_{om}/V_m , S_o (または S_T), D_m , および S_o の5個であるが、 S_o と D_m を図-2のデータより与えらる、未知のパラメータは Q_0 , w_{om}/V_m および S_o の3個となる。

3. 降水量の計算

図-3は鹿児島地方気象台吉野高層観測所における1982年の9時の風向頻度も地上283mおよび気圧850mb, 800mb, 750mb (それぞれほぼ1000, 2000, 3000mに相当)について示したものである。地上では地形の影響を受けて上層とかなり異なること、上層になるほど偏西風が卓越することなどが認められる。

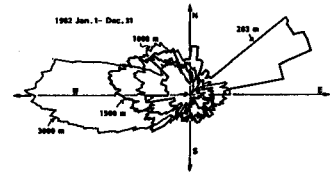


図-3 風向の頻度分布

図-4は鹿児島県の59地点における1979-1982年の降水量の観測値と1500mの風向頻度を用いて式(7)の3個のパラメータ (Q_0, S_o および w_{om}/V_m) を最小自乗法によって同定し、 $P(x, \theta)/w_d(\theta + \pi)$ の実測値と計算値を比較したものである。広い範囲にわたって両者はよく一致しており、式(7)の適合性は良好である。最適パラメータの値は $w_{om}/V_m = 0.62$, $S_o = 5.0$, $Q_0 = 1.03 \times 10^7 \text{ ton/年}$ であり、 Q_0 の値は石原²⁾や着者¹⁾が1978-1979年に対して求めた値とオーダ的に一致している。

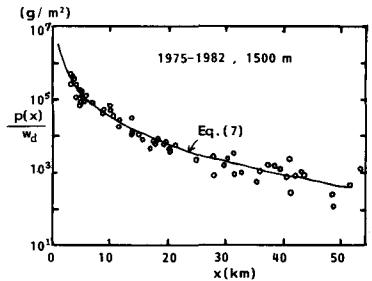


図-4 降水量の距離方向の分布

次に風向の頻度の影響を吟味するために、式(7)に降水量の実測値を適用して風向の重み w_d を逆算し、各高度における風向頻度と比較したものが図-5である。それによると、高度1500mの風向頻度が最も適合性がよいようである。また、火口より10km以内のデータは1000mと1500mの風向頻度とよく一致しているが、距離が遠くなるにつれてバラツキが大きくなっている。これは、火口の近くでは降水の頻度が高いために確率モデルの適合性がよいが、遠くなるに従って確率的な取り扱いによる誤差が大きくなること、および遠くなると吉野観測所の風向とのずれが大きくなることなどによるものと考えられる。

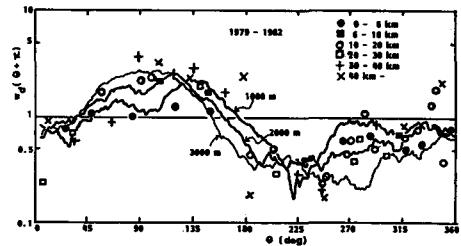


図-5 降水量と風向の頻度分布

謝辞：本研究をすすめるにあたって、鹿児島県消防防災課より降水観測資料を、鹿児島地方気象台高層課より高層風資料を提供いただいた。ここに、謝意を表する次第である。

参考文献：1) 足田・平野・羽田野：桜島の降水量の特性について、九大工学集報54-6, PP669-673, (1981)

2) 石原・江頭：火山灰の堆積状態に対する上層風の影響、第16回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集、PP619-620, (1977)