

# 火砕流堆積物の高温による土石流抑制

○西田顕郎・水山高久（京都大学農学研究科）

発生直後の火砕流堆積物は高温のために降雨が蒸発し、土石流が発生しにくいとされている。図-1に、雲仙普賢岳の活動期間における火砕流・土石流発生状況の推移を推定したものを示す。これを見ると、土石流は火砕流が静まってから発生しており、確かにこの説と符合する。そこでこの説を検証するために、火砕流堆積物の冷却過程を計算した。

まず降雨が浸透・気化することによって堆積物が冷却する効果を見積もったところ、表-1のようになった。次に、熱伝導による冷却を1次元熱伝導方程式：

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\eta}{c\rho_B} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

T: 温度, t: 時間,  $\eta$ : 熱伝導率, c: 熱容量,  $\rho_B$ : バルク密度, z: 深さ

に基づき、表-2のような境界条件について計算したところ、図-2・図-3のようになった。この計算結果を渡島駒ヶ岳の1929年噴火時の火砕流堆積物について観測した結果(Kozu, 1934)と比較したところ(図-4)、良好な結果を得た。

以上の火砕流堆積物の冷却過程を土石流発生条件に結び付けるために、火砕流堆積物上の表面流観測を行った(図-5)。観測プロットはおしが谷火砕流堆積物上の標高586m地点で、集水面積600m<sup>2</sup>、平均斜度21度、斜面長47mである。この結果から、表面流発生中でも20cm深では飽和せず、降雨に対する応答も鈍いことがわかる。これを敷衍できるならば、表層20cm程度が冷却していれば表面流が発生し、土石流が発生しうる。この冷却条件を達成するためには、37~130mmの雨量、もしくは41~96日の時間が必要であることがわかった。

謝辞および注記：本研究を行うにあたり、建設省雲仙復興工事事務所・長崎営林署治山課・京都大学農学研究科中村公人助手・(財)砂防地すべり技術センター伊藤英之氏にお世話になった。本研究は文部省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)の支援を受けて行った。この研究は砂防学会誌に投稿中(1998年2月3日受け付け)である。

引用文献：Kozu, S. (1934): The great activity of Komagatake in 1929, *Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, Neue Folge, 45, pp. 133~174.

表-1 降雨による堆積物の冷却

パラメータ	単位	ケースA	ケースB
バルク密度	g/cm <sup>3</sup>	1.6	1.2
熱容量	J/g·K	1.2	1.0
初期温度	°C	500	500
最終温度	°C	12.5	100
冷却厚	m	1.0	1.0
降雨温度	°C	12.5	12.5
水の熱容量	J/g·K	4.2	4.2
潜熱(100°C)	J/g	2260	2260
圃場容水量	%	30	—
必要な雨量	mm/m	656	183

表-2 各ケースにおける境界条件とパラメータ

境界条件	単位	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
日射	W/m <sup>2</sup>	550(1- $\alpha$ )	—	*	*
大気放射	W/m <sup>2</sup>	310	310	*	*
上向き長波放射	W/m <sup>2</sup>	$\sigma T_a^4$	$\sigma T_a^4$	*	*
顕熱輸送	W/m <sup>2</sup>	式-2	式-2	*	*
潜熱輸送	—	—	—	*	*
下層への熱伝導	—	—	—	*	*
地下水の気化	—	—	—	—	—
パラメータ					
アルベド $\alpha$	なし	0.3	—	—	—
地表面温度 $T_s$	°C	変化	変化	20	20
上空気温 $T_a$	°C	20	20	—	—
堆積初期温度 $T_0$	°C	500	500	500	500
底面初期温度 $T_{b0}$	°C	500	500	20	20
底面温度 $T_b$	°C	500	500	変化	20
バルク密度 $\rho$	g/cm <sup>3</sup>	1.6	1.2	1.6	1.2
熱容量 c	J/gK	1.2	1.0	1.2	1.0
熱伝導率 $\eta$	W/mK	0.09	0.13	0.09	0.13
堆積層厚 H	m	1.0	1.0	100	100
空間差分	m	0.005	0.005	0.1	0.1
時間差分	sec	60	60	7200	7200

—: 考慮せず \* : 間接的に考慮する  $\sigma$ : ステファン・ボルツマン定数  $5.7 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$

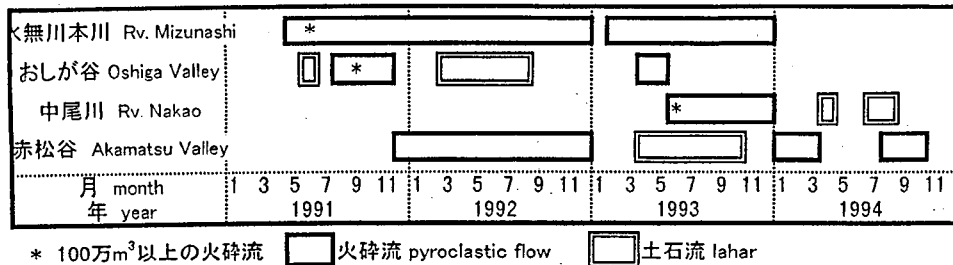


図-1 各流域の火砕流・土石流発生状況(推定)

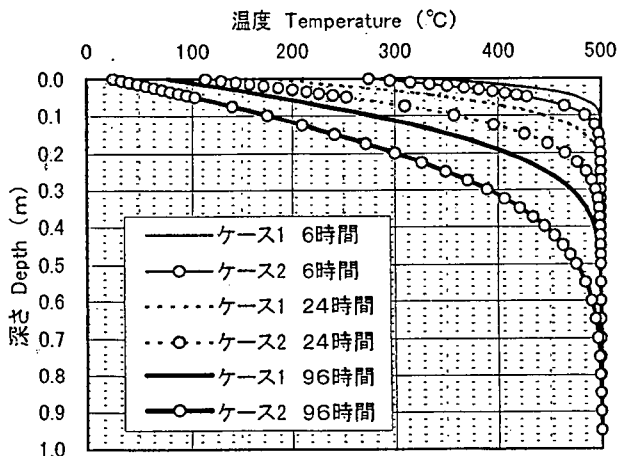


図-2 火砕流堆積物の短期冷却過程(シミュレーション)

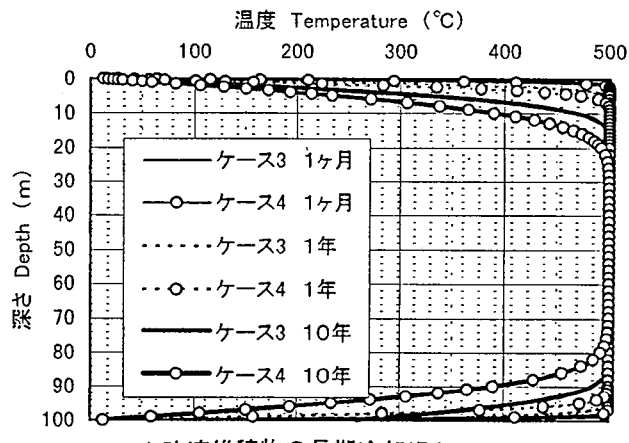


図-3 火砕流堆積物の長期冷却過程(シミュレーション)

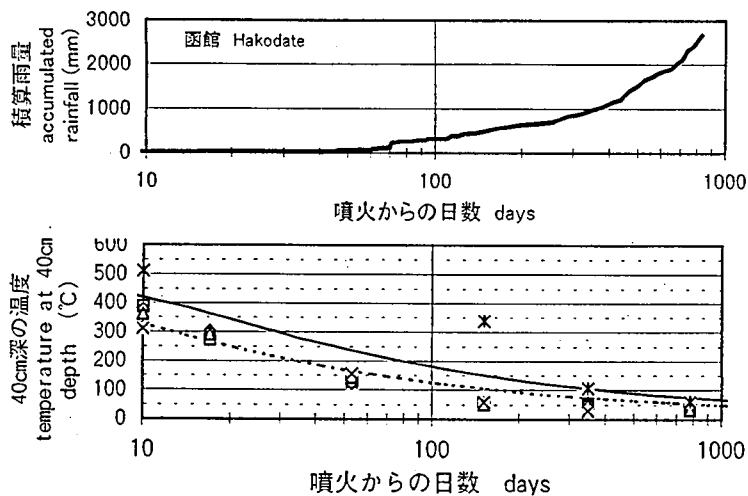


図-4 シミュレーションの検証…渡島駒ヶ岳の火砕流堆積物冷却過程

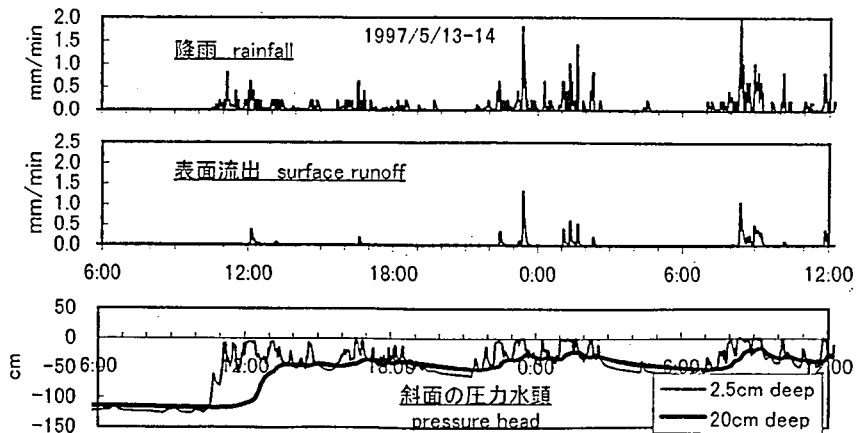


図-5 雲仙普賢岳火砕流堆積物の降雨・流出特性