

桜島火山の土石流発生と降雨および火山活動との関係

福島麻沙代・石原和弘

要 旨

桜島では1955年10月以降、活発な火山活動が長期にわたって続き、多量の降灰や噴石、爆発時の空振による被害が多発した。また、火山活動が活発化するにつれて、大規模な土石流被害も相次いだ。そこで、土石流発生と火山活動の関係を調べるために、火山活動の指標として降灰量を用い、さらに雨量との関係もまとめたので報告する。

キーワード：火山，桜島，土石流

1. はじめに

桜島火山は、始良カルデラ南の縁に生じた、北岳・中岳・南岳の3峰といくつかの側火山からなる活火山である。有史以後の山頂噴火は南岳に限られるが、「天平」「文明」「安永」「大正」「昭和」と、山腹からの多量の溶岩流出を伴う歴史的な大噴火を繰り返してきた。昭和の大噴火以降では、1955年10月の南岳山頂での爆発を契機に、長期にわたる活発な火山活動が続き、多量の降灰や噴石、爆発時の空振などによる被害が多発し、2001年頃までには南岳爆発回数は7500回を超えた。さらに、二次災害としての土石流が頻繁に発生し、橋や道路、家屋が破壊され、死者が出るような大規模なものも相次いだ（Photo 1）。桜島の噴火活動は1993年頃から低下し、土石流発生回数も減少してきた。そこで、火山活動の指標のひとつである降灰量、および雨量と野尻川土石流発生回数を用いて、火山活動と土石流発生の関係を調べた。



Photo 1 Damages of a bridge at the Nojiri River
(July.24, 1982)

2. 桜島の河川

桜島には 19 の河川があり、いずれも普段は水のない枯れ川で、黒神川と引之平川を除くと、それらの流域面積は $1\sim 4\text{ km}^2$ と小さく、急勾配である。桜島を南北に切ると、北岳および南岳から急傾斜で海に落ち込んでいるのに対し、東西方向では標高 400～500 m までは急斜面であるが、後は緩い傾斜の台地となり海に達している（国土交通省大隅河川国道事務所 HP）。

現在国土交通省大隅河川国道事務所では、図 1 に示す 10 河川に監視カメラや土石流検知センサー、および雨量計・降灰量計などの観測機器を設置し、土石流の監視・観測を行っている。桜島で最も土石流発生頻度の高い川は野尻川であり、1965 年にはワイヤーセンサー起動による現地 VTR 収録が開始された。野尻川は桜島の南西に位置し、流域面積 2.73 km^2 、流路長 5.9 km 、平均河床勾配 1/5.4、その源流部は北岳山頂と南岳山頂の間の斜面である。

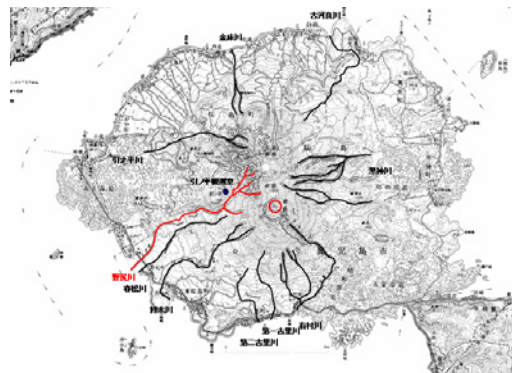


Fig. 1 Rivers in Sakurajima

3. 使用したデータ

火山活動の指標として、人間が認知しやすいものに爆発回数と降灰量がある。火山活動研究センターでは、桜島島内に設置された地震計および空振計、またビデオカメラにより爆発および噴火をとらえ、爆発回数およびその日時が記録される。

降灰量は、鹿児島県が桜島南岳を中心として県内に降灰量観測点（桜島島内14点、鹿児島県内44点）を設置し、1978年6月から測定を継続している。そのデータをもとに火山活動研究センターにおいて、月別の降下火山灰推定総量が算出される（江頭・石原,1979）。また、火山活動研究センターでは、1974年からハルタ山（1982年以降3点追加）での雨量観測も続けている。

土石流は、国土交通省大隅河川国道事務所が設置したワイヤーセンサーなどにより検知され、その発生日時と発生回数が記録される。さらに、監視カメラにより土石流のピーク流量および累加流出量が算出される（財団法人 砂防・地すべり技術センター、2003・2004）。

Fig2およびFig.3に、1979年から2002年までの桜島7河川（野尻、春松、持木、第一古里、第二古里、有村、黒神）合計の年間土石流発生回数と南岳の爆発回数、および降下火山灰推定総量の相関を、それぞれ示した。両図の比較により、土石流発生回数は爆発回数より降灰量に強い相関があることがわかる。

Fig.4に、降下火山灰推定総量と湯之平降灰量の年別推移を示す。降下火山灰推定重量と湯之平降灰量は、ほぼ同様の傾向であることがわかる。さらにFig.6より、桜島7河川合計の土石流発生回数と野尻川における土石流発生回数も同様の傾向を示すことがわかる。今回は、桜島を代表する河川として、野尻川の土石流に的を絞り、降灰量は湯之平のデータを、雨量についてはハルタ山のものを使用した。

使用したデータの観測点などの位置をPhoto 2（提供元：国土交通省大隅河川国道事務所）に示す。



Photo 2 Nojiri River and observation stations

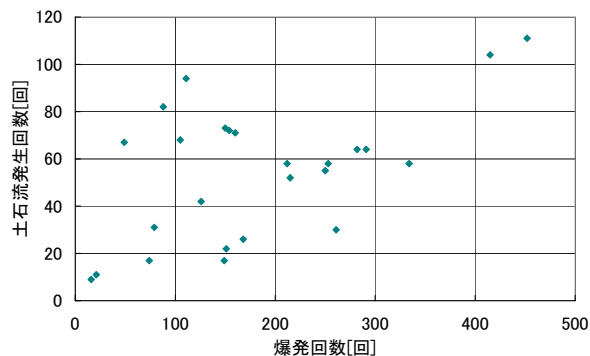


Fig. 2 Relationship between annual frequency of debris flows at Sakurajima and annual number of volcanic explosions (1979-2002)

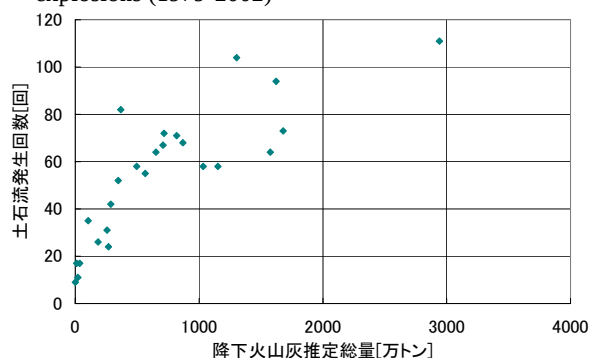


Fig. 3 Relationship between annual frequency of debris flows at Sakurajima and amount of volcanic ash (1979-2002)

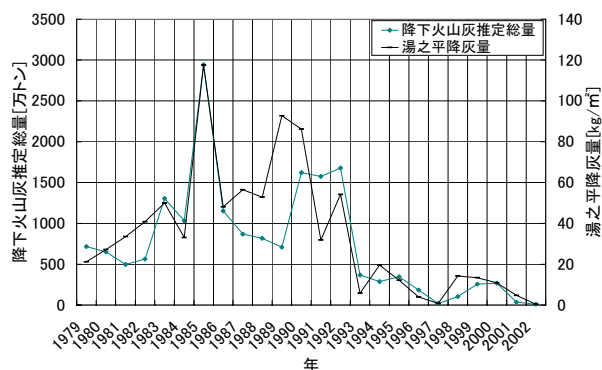


Fig. 4 Total amount of volcanic ash fallen around Sakurajima and weight of ash-fall at Yunohira (1979-2002)

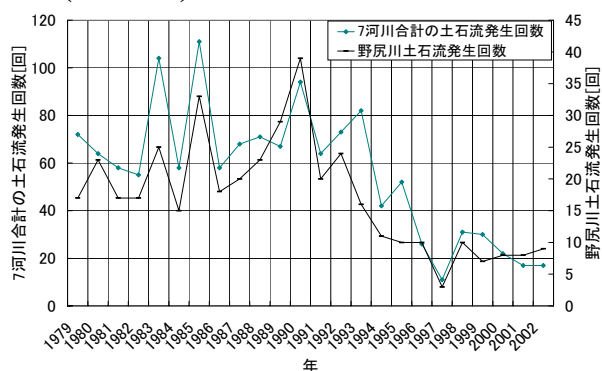


Fig. 5 Total number of debris flows at 7 rivers at Sakurajima and the number at the Nojiri River (1979-2002)

4. 土石流発生回数と降雨量および降灰量

1979年から2002年までの野尻川土石流発生回数とハルタ山雨量および湯之平降灰量の関係をFig.6およびFig.7に示す。この間、年間雨量に大きな変化はないが、降灰量が急減した1993年を境に、土石流発生回数が平均して半分以下となった（Fig.6）。土石流発生回数と降灰量には強い相関関係があり（Fig.7）、長期的観点から見ると、土石流発生頻度は雨量より降灰量に関係があるといえる。

短期的にみた土石流発生と降雨および降灰との関係を調べるために、降灰量が多い1990年と、降灰量が少なく雨量が多い1993年を選び、それぞれの日別

雨量および月別降灰量をまとめ、土石流発生時を矢印で示した（Fig.8, Fig.9）。ただし、1990年8月22日・9月24日・9月29日は、ハルタ山雨量データが欠測のため、新北岳雨量観測点（ハルタ山より北西へ約1km、標高差-200m程度）のデータを代用した。

1990年は日別降雨量50mm以上が15日あり、そのうち13日に土石流が発生している。これに対し、1993年は日別降雨量50mm以上が23日あり、そのうち土石流が発生したのは8日であった。また、1993年は日雨量が17.5mm以下で土石流は発生していないが、1990年では4回発生しており、降灰量が多い8月と9月に集中している。

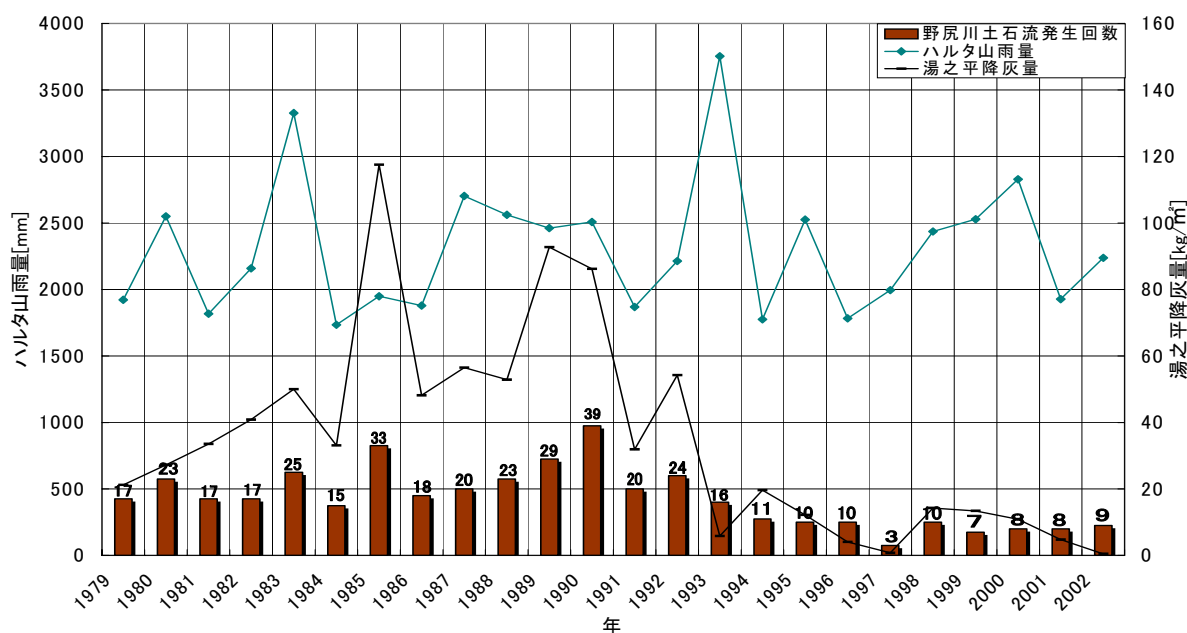


Fig. 6 The relationship of debris flows at the Nojiri River with rainfall and weight of volcanic ash at Yunohira (1979-2002)

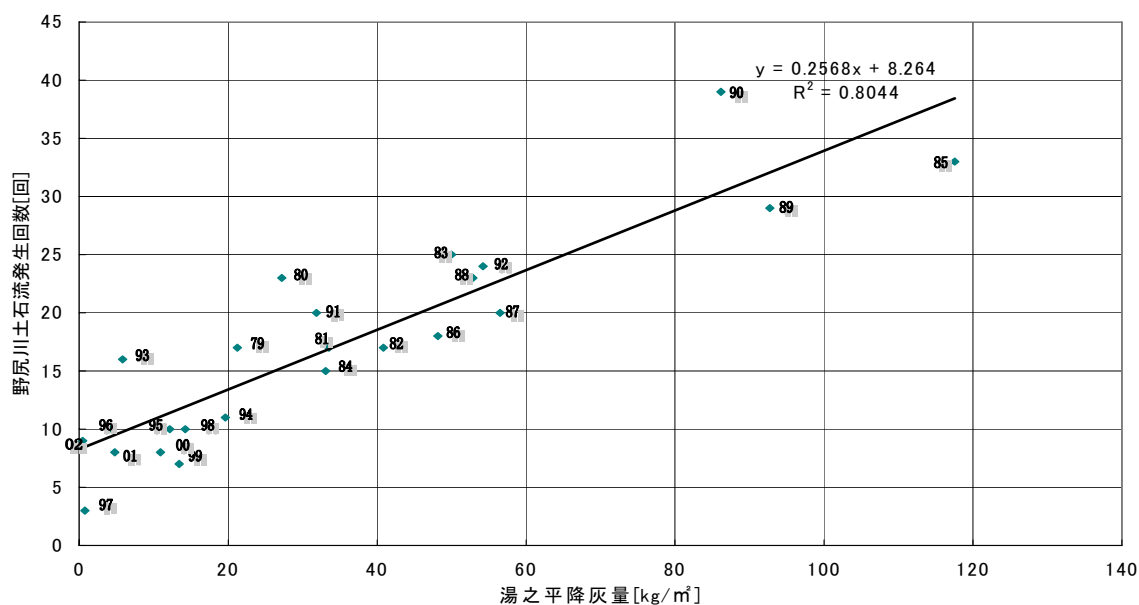


Fig. 7 The relationship of debris flows at the Nojiri River with weight of volcanic ash at Yunohira (1979-2002)

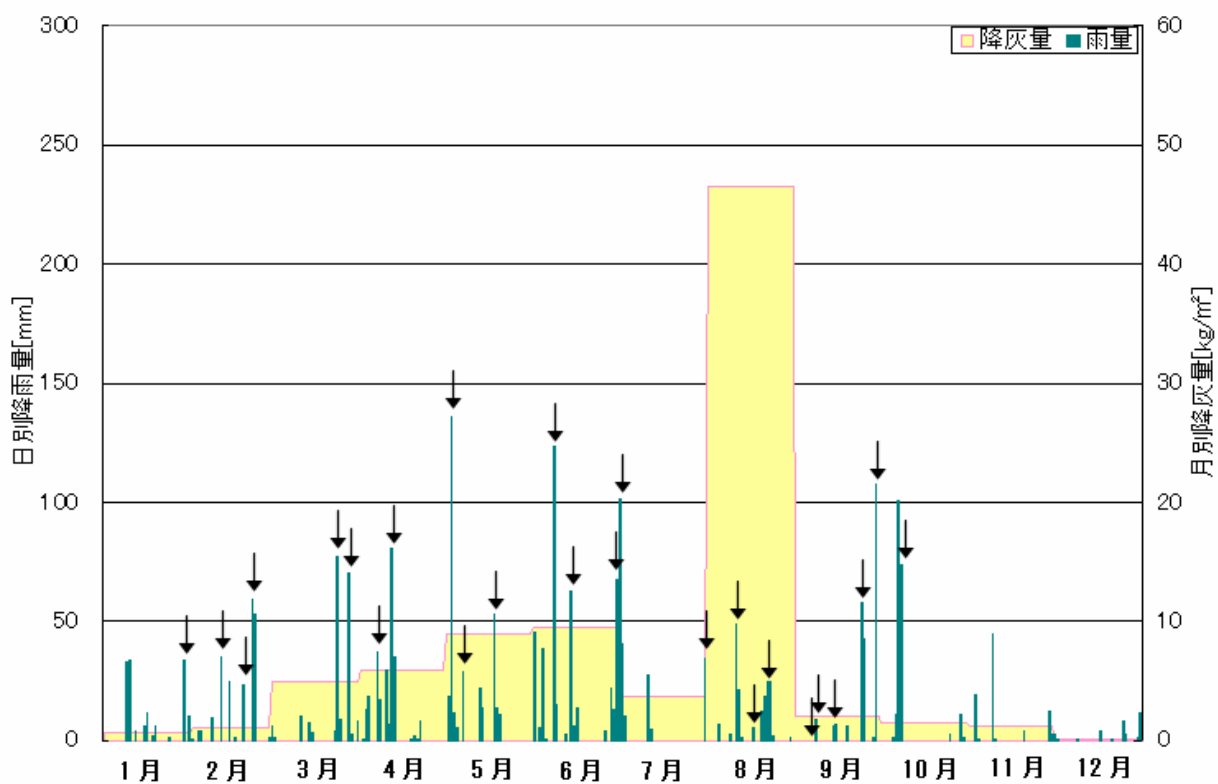


Fig. 8 The relationship of debris flows with rainfall and weight of volcanic ash in 1990

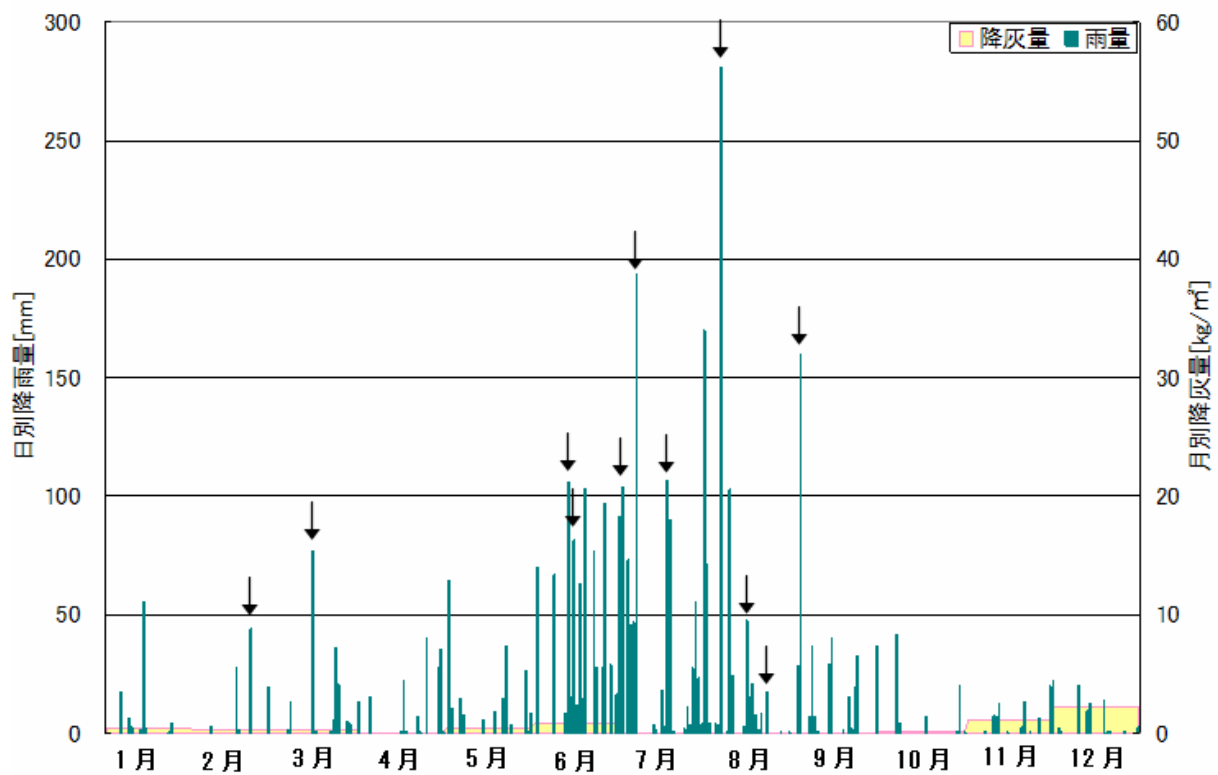


Fig. 9 The relationship of debris flows with rainfall and weight of volcanic ash in 1993

5. 土石流による震動

火山活動研究センターでは、噴火予知の研究のため、南岳を取り囲むように島内8点に地震計を設置している。そのうちいくつかの地震計では、土石流による震動がとらえられている。山の5合目で、野尻川源流部に近い引ノ平観測点の煤書記録をFig.10に、winデータの記録をFig.11に示す。これらは、野尻川源流斜面崩壊による震動および土石流発生時の震動と考えられる。土石流による震動は、火山性微動に比べて周波数が高く、振幅が一定であるのが特徴である(加茂,1977)。

1991年6月28日に発生した土石流は、ワイヤーセンサー切断時刻12:29、野尻橋地点での累加流出量 $463,700\text{ m}^3$ 、ピーク流量 $317.7\text{ m}^3/\text{s}$ あった。これに対し、引ノ平観測点の煤書記録から読み取った土石流による震動開始時刻は12:21頃であり、最大振幅は 35 mm であった (Fig.10)。

2001年9月6日に発生した土石流による震動の振幅のピークが7:28~7:40の間にあることがわかる (Fig.11)。この土石流によるワイヤーセンサー切断時刻は7:43、野尻橋地点での累加流出量 $31,642\text{ m}^3$ 、ピーク流量 $50.0\text{ m}^3/\text{s}$ 、また、煤書記録から読み取った最大振幅は 1 mm 程度であった。

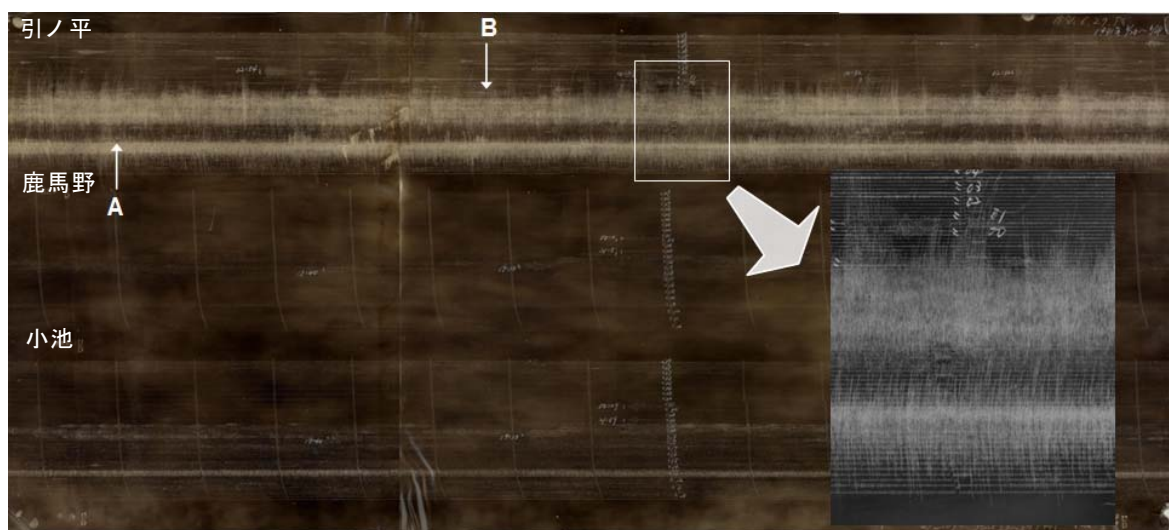


Fig. 10 The ground vibration by debris flows (A) and volcanic tremor (B) recorded on smoked drum recorder (09h.June.28~09h.June.29,1991)

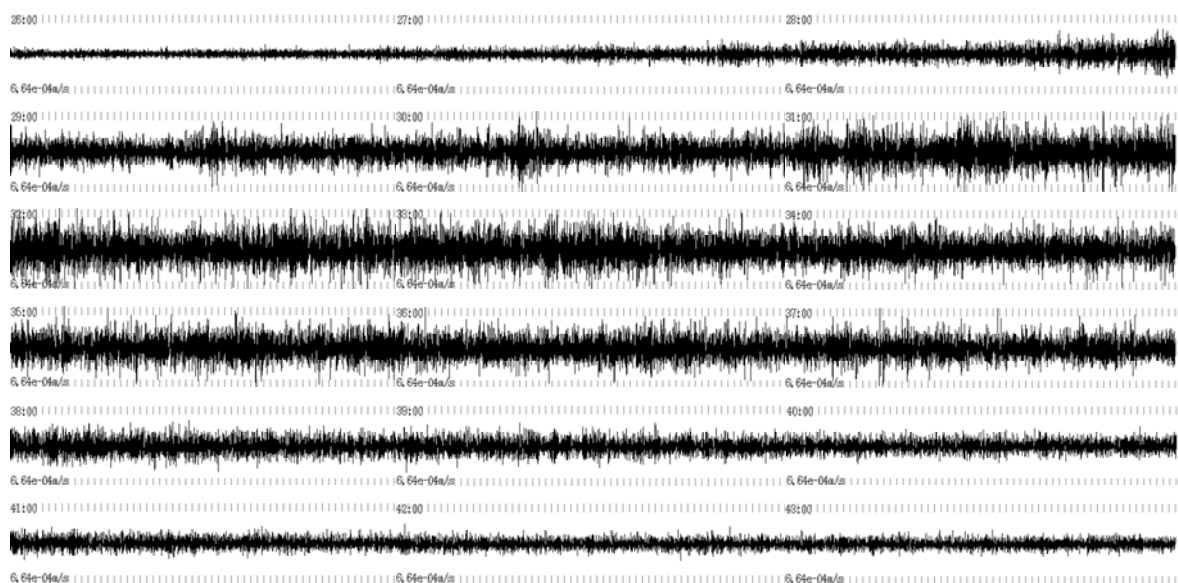


Fig. 11 The ground vibration by debris flows on September 6, 2001(07:26~07:43)

Table 1 List of representative debris flows at the Nojiri River (1986-1995)

野尻川土石流					引ノ平地震計				ハルタ山雨量		ワイヤーセンサー切断 と震動読取開始との 時間差(最大振幅の 震動読取開始との時 間差)(分)
年	月日	累加流出量 [m]	ピーク流量 [m ³ /s]	ワイヤーセンサー 切断時刻	震動読取 開始時刻	最大振幅の 震動読取 開始時刻	震動継続時間 (最大振幅継続 時間)(分)	震動最大 振幅[mm]	最大10分雨量 時刻	最大10分 雨量[mm]	
1986	0828	71,420	180.1	10:21	10:10	10:20	25(2)	15	10:10-10:20	4.5	11(1)
1986	1218	58,720	250.7	12:16	12:07	12:10	16(8)	15	12:00-12:10	9.0	9(6)
1989	0624	246,820	208.1	05:41	05:36	05:37	38(5)	13	05:30-05:40	5.0	5(4)
1989	1108	142,760	331.2	16:08	16:03	16:06	15(5)	13	15:50-16:00	3.0	5(2)
1991	0628	350,200	411.2	12:29	12:21	12:22	42(12)	35	12:20-12:30	10.5	8(7)
1991	0821	60,500	249.5	07:17	07:05	07:11	27(6)	10	07:05-07:15	6.0	12(6)
1993	0806	84,500	61.5	17:40	17:26	17:37	39(6)	30	17:30-17:40	16.0	14(3)
1994	0613	117,000	153.6	13:48	13:48	13:53	20(6)	30	13:35-13:45	7.0	0(-5)
1995	0108	77,800	136.4	22:38	22:37	22:48	41(6)	40	22:20-22:30	2.0	1(-10)
1995	0501	67,000	220.9	13:13	13:07	13:08	11(9)	15	13:00-13:10	6.5	6(5)
1995	0608	106,800	218.0	14:28	14:19	14:21	26(10)	25	14:10-14:20	8.5	9(7)

1986年から1995年の間に野尻川で発生した、野尻川流路工地点での累加流出量 $50,000\text{ m}^3$ 以上、ピーク流量 $50\text{ m}^3/\text{s}$ 以上の代表的な土石流について、Table 1にまとめた。土石流による震動の開始時刻、震動継続時間および振幅などは、すべて引ノ平観測点の煤書記録から読み取った。これらの土石流による震動の最大振幅は煤書記録で 10 mm 以上であった。

土石流による震動は、ワイヤーセンサー切断時刻とほぼ同時～15分ほど前に地震計でとらえられている。また、土石流発生前の最大10分雨量の降り始めの時刻は、土石流による震動開始の17分前～同時であり、ワイヤーセンサー切断のおよそ20分前～10分前であった。

6. おわりに

長期的にみると、土石流発生頻度は雨量より降灰量に深く関係することがわかった。また、短期的にみると、降灰量が多い時期には少雨でも土石流発生の可能性が高くなる傾向がある。

野尻川源流部近くに設置された地震計によって、土石流発生時の震動がとらえられ、煤書記録による大まかな震動開始時刻は、野尻川上流に設置されたワイヤーセンサーが土石流により切断されるのとはほぼ同時～15分前であった。

謝 辞

土石流に関するデータや資料、桜島の航空写真を国土交通省大隅河川国道事務所よりご提供頂き、降灰量については鹿児島県のデータを使用させて頂きました。また、長年にわたり、雨量および降灰量のデータの蓄積に携わってこられた江頭庸夫先生、並びに、それを引き継がれている味喜大介助手、高山鉄朗技術員に深く感謝いたします。

参考文献

- 江頭庸夫・石原和弘(1979): 鹿児島県における桜島の火山灰の堆積状態, 鹿児島県の地震と火山, 第11号pp.77-94
- 加茂幸介(1977): 桜島に発生する土石流による土地地震動の特性, 昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告, pp.119-120
- 財団法人 砂防・地すべり技術センター(2003): 平成14年度桜島警戒・避難基準雨量検討業務報告書
- 財団法人 砂防・地すべり技術センター(2004): 平成15年度桜島警戒・避難基準雨量検討業務報告書

Debris Flows at Sakurajima: its Relationship with Rainfall and Volcanic Activity

Masayo FUKUSHIMA, Kazuhiro ISHIHARA

Synopsis

At Sakurajima volcano, debris flows at the Nojiri River have been generated frequently (15-40 times/year) since 1972 when eruptive activity was activated. The relationship of debris flows with rainfall and volcanic activity was examined, from a long-term viewpoint, using data on debris flows at the Nojiri River, volcanic ash and rainfall during the period from 1979 to 2002. Frequency of debris flows clearly decreased to 10 times or less /year since 1993 when the volcanic activity declined.

Keywords: Sakurajima, volcano, Debris flows