

平成3年雲仙岳で発生した火砕流，土石流災害

Disasters caused by Pyroclastic Flows and Debris Flows at Unzen Volcano in 1991

池谷 浩* 石川 芳治**

Hiroshi IKEYA

Yoshiharu ISHIKAWA

はじめに

平成3年5月～6月にかけて，長崎県雲仙岳(図-1)では噴火活動にともない火砕流及び土石流が頻発し，東麓を流れる水無川流域で人命や家屋に甚大な被害が発生した。本報告は，数度にわたる現地調査，空中写真判読，及び空中写真測量結果に基づき，火砕流と土石流による災害の実態と対策についてその概要を速報として取りまとめたものである。

1. 噴火の開始と土石流の発生

1990年7月頃から地震及び微動が増加し，1990年11月17日には普賢岳山頂東側の地獄跡火口と九十九島火口で噴火が始まった。その後，噴火は静まったが，1991年2月12日普賢岳山頂付近の屏風岩火口で噴火が始まり多量の火山灰を噴出した。この火山灰は山頂付近では厚い所で約1.5mも堆積し(写真-1，図-2)，浸透能の低下等により土石流の発生する危険性が高まった。このため「雲仙岳緊急火山対策検討委員会」(委員長：竹下敬司九州大学農学部教授)が設置されて，その助言に基づき3月29日には水無川本川と水無川右支川である赤松谷川にワイヤーセンサー方式の土石流発生監視装置が設置され，さらに既設の砂防ダムの除石も行われた。5月15日1時48分，水無川本川に設置されたワイヤーセンサーが噴火以来初めての土石流を検知した。この日，土石流は断続的に発生し，約7万m³の土砂が水無川本川の上流部から流出し，そのうちの約2万m³が砂防ダムにより捕捉され，約5万m³が下流の河道に堆積した(写真-2)。その後も19日，20日，21日，26日と土石流が発生したが，土石流監視装置，除石ならびに下流の流路工や河川工事による河道断面の確保が効果を発揮し，さらに住民の避難や土石流に対する対応も比較的スムーズに行われたこともあって，人的被害や人家への被害は発生せず，わずかに橋梁2基，小屋1棟，電柱3本の被害が生じたのみであった。

2. 溶岩ドームの出現と火砕流の発生

5月13日頃からは雲仙岳山頂直下で地震や微動が頻発し始め，5月20日には地獄跡火口に溶岩ドーム(円頂丘)が現れた。溶岩ドームは日毎に成長して，24日には火口東側の水無川本川源頭部に溶岩の一部がこぼれ落ち始めた。これが今回の火砕流の開始であり，その後連日，ごく小規模の火砕流が頻発している(図-3)。

なお，火砕流とは，高温の溶岩片，軽石，火山灰がそれらから発生する高温の火山ガスにより浮いた形で山腹斜面を流下する現象で，流下に伴って空気の乱れやガスの噴出に伴う熱雲を伴って高速で流動する。一般にその温度は摂氏数百～1,000度，速度は数十～100m/秒以上にも達する。火砕流の流れの構造は底層部(debris avalanche)と上部(dust storm)からなる。底層部は比較的大きな粒径の土砂が高濃度で流れる部分であり，上部は主として粒径の小さな火山灰が火山ガスや空気の乱れに乗って低い濃度で流れる部分である。

3. 6月3日及び6月8日の火砕流とその被害

5月26日，29日には水無川でやや大きな火砕流が発生し(写真-3)，水無川流域の人家まで約200mのところまでダストストームが到達した(図-4)。このため水無川本川の谷の出口に近い島原市北上木場町等では火砕流と土石流を警戒して避難勧告が出された。

6月3日午後3時50分頃それまでで最大規模の火砕

表-1 火砕流・土石流による人命・家屋への被害

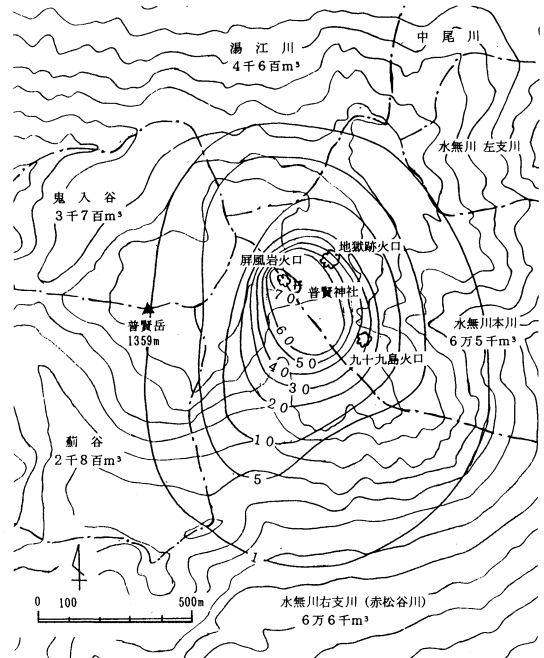
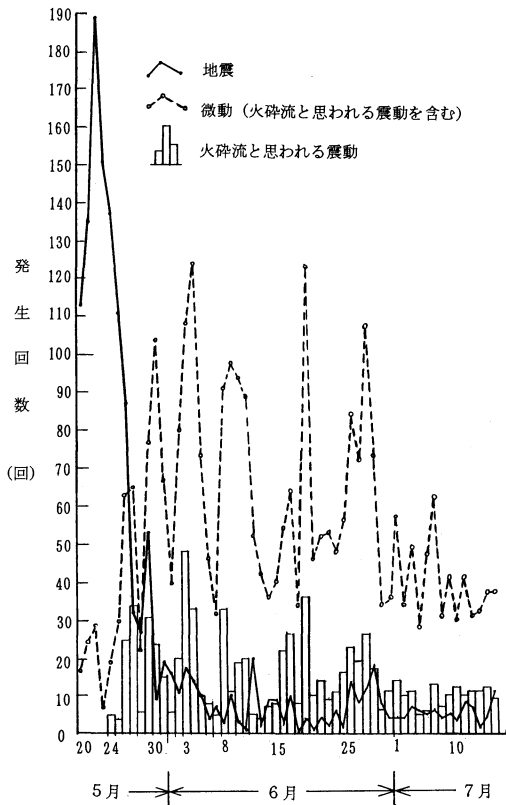
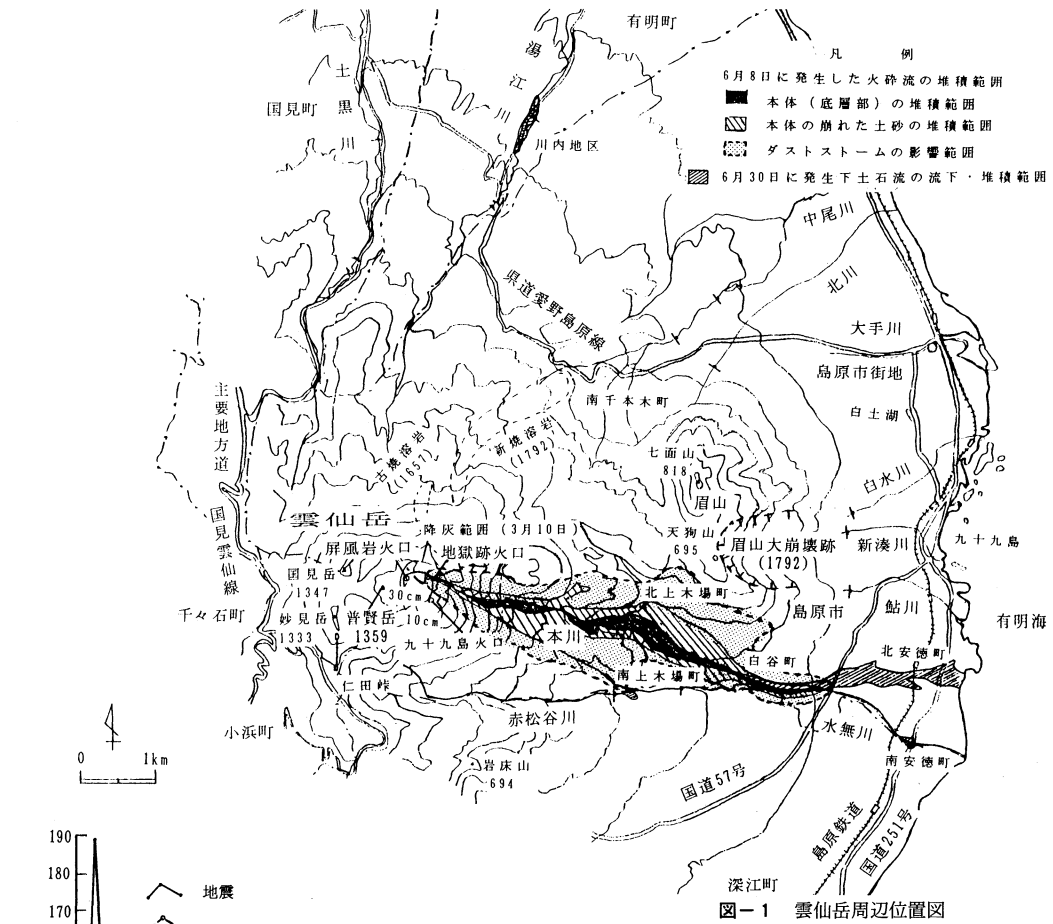
種 別	発生日	河川名	人的被害(人)		家屋の被害(棟)			
					住 家(棟)		非住家(棟)	
			死 者	負傷者	全 壊	半 壊	全 壊	半 壊
火 砕 流	5月29日	水無川	0	1	0	0	0	0
	6月3日	水無川	42	11	49	0	130	0
	6月8日	水無川	0	0	72	0	135	0
土 石 流	5月15日	水無川	0	0	0	0	0	1
	6月30日	水無川	0	0	40	17	61	16
		湯江川	0	1	0	8	0	17
合 計			42	13	161	25	326	34

注) 死者には行方不明者も含む(8月10日現在)

* 建設省河川局砂防部砂防課

** 建設省土木研究所

池谷・石川：平成3年雲仙岳で発生した火砕流，土石流災害



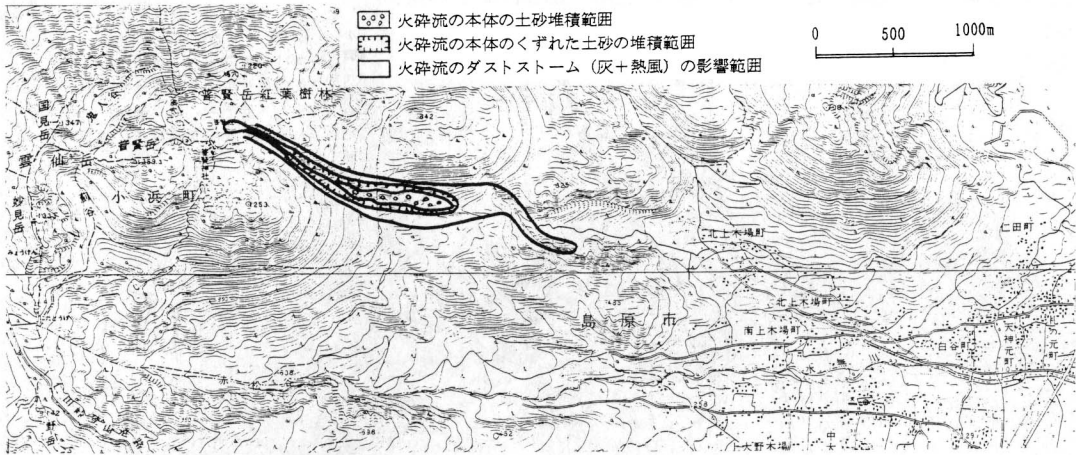


図-4 5月26日に発生した火砕流の堆積範囲

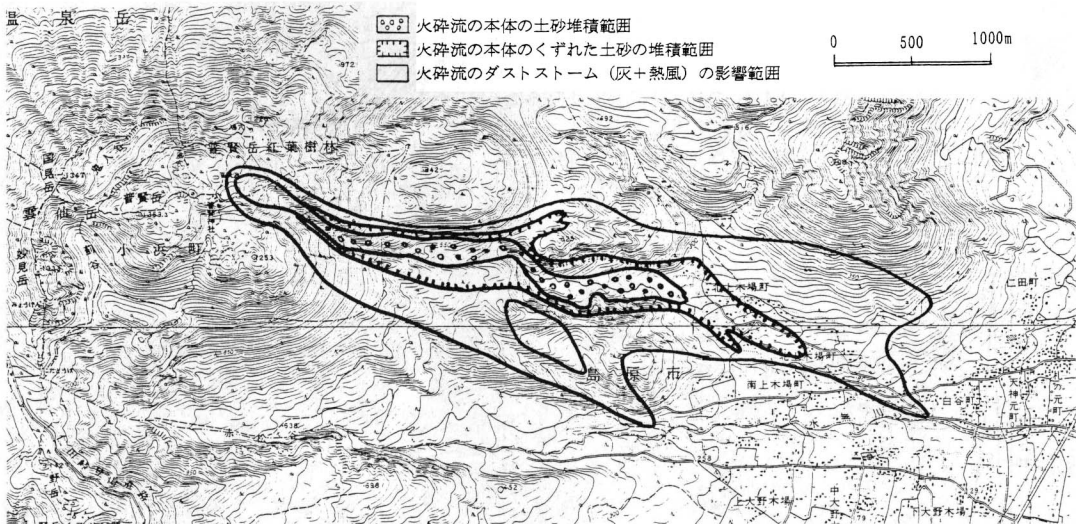


図-5 6月3日に発生した火砕流の堆積範囲

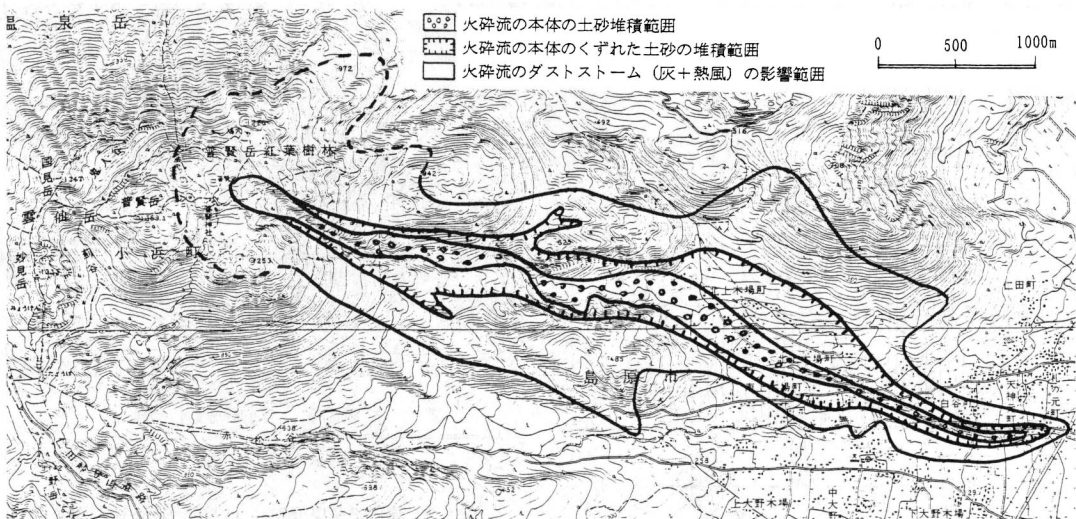


図-6 6月8日に発生した火砕流の堆積範囲

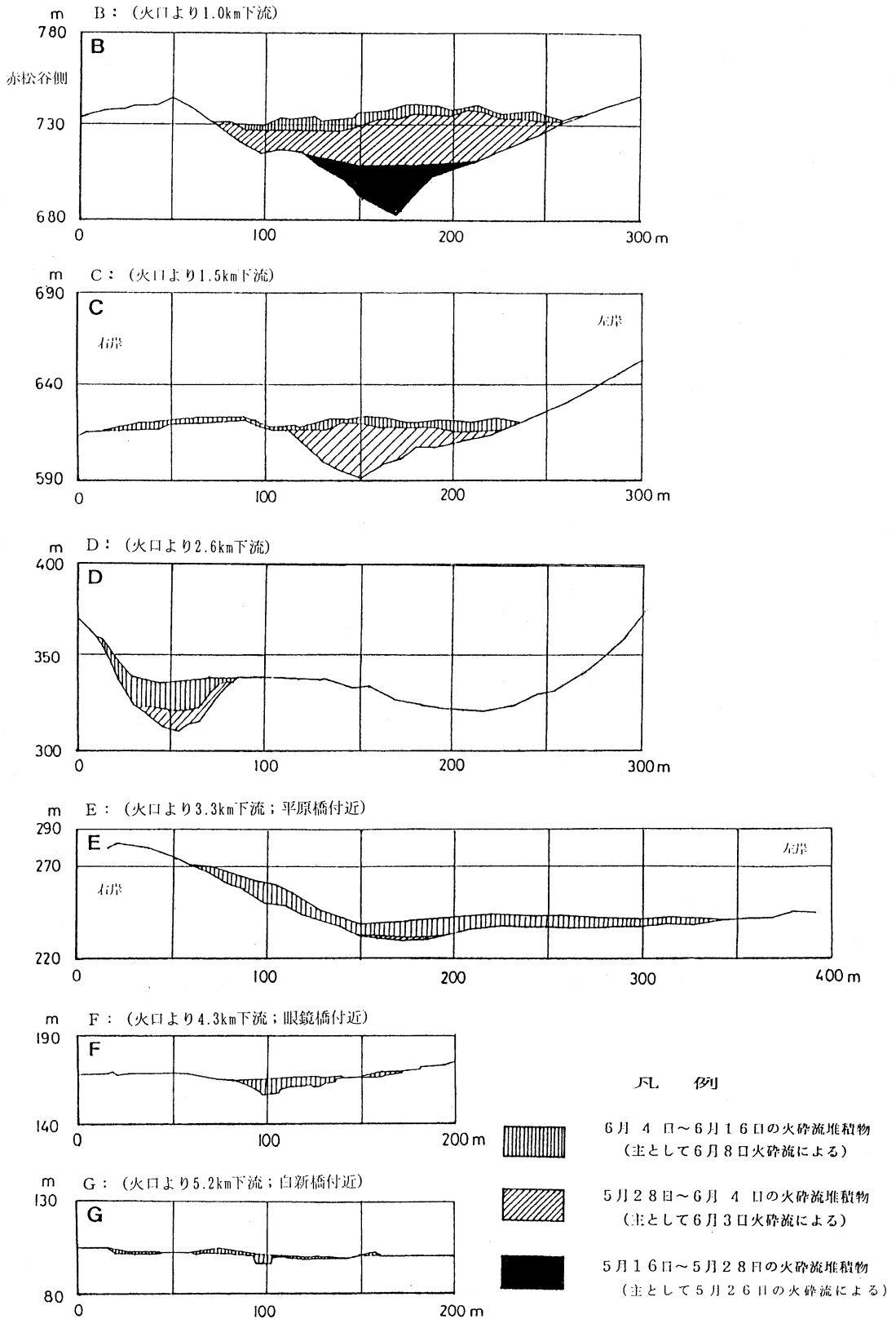


図-7 水無川への土砂堆積変化図（横断面図）

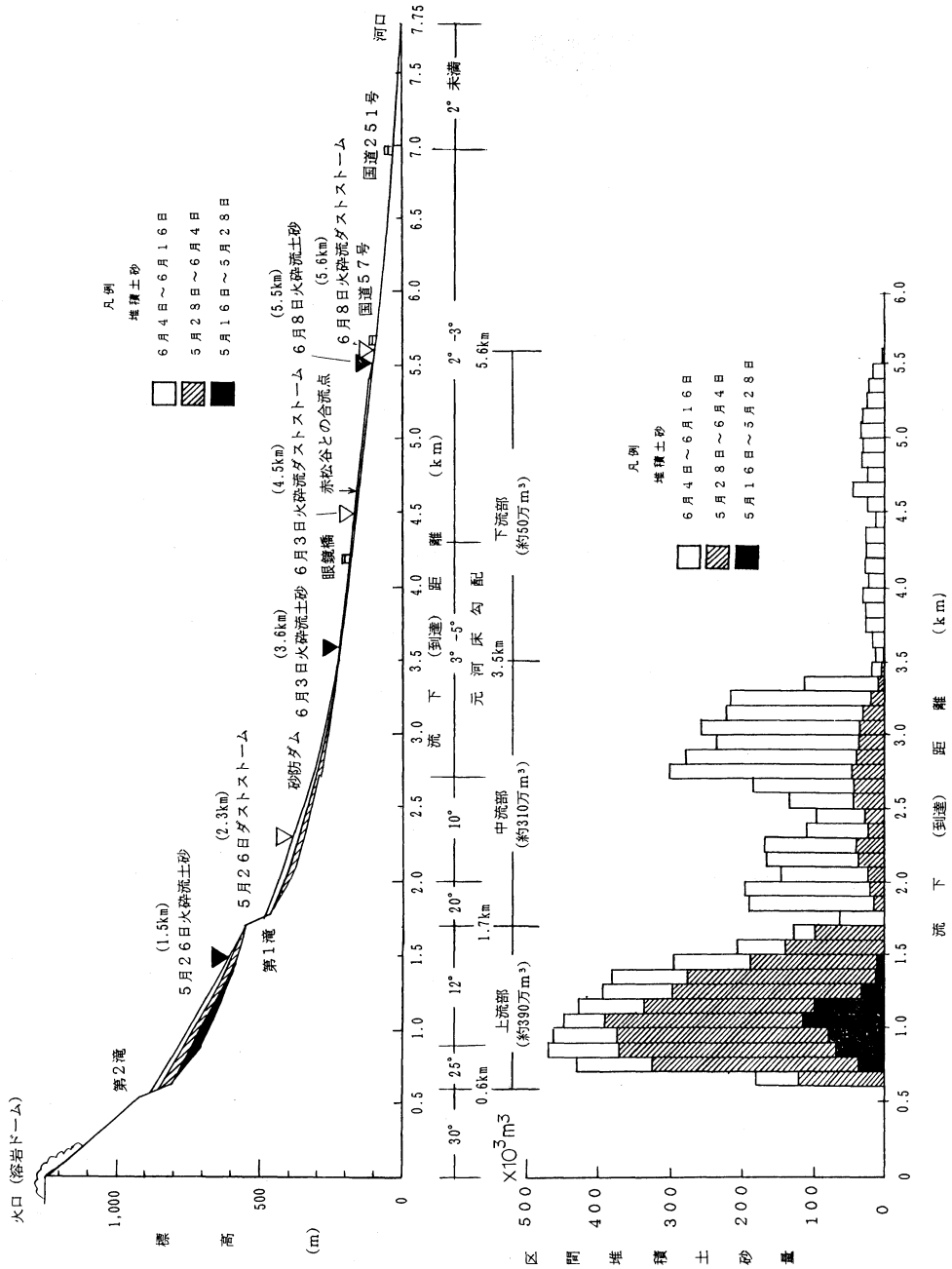


図-8 火砕流による土砂の流下・堆積

流が発生し(写真-4)、谷の出口にあった北上木場町及び南上木場町の一部を襲い死者・行方不明者42名、負傷者11名、焼失・全壊家屋49棟という大惨事が発生した(図-5、表-1)。火砕流の底層部及びダストストームは、それぞれ火口から約3.6km及び約4.5kmまで流下し、火砕流の土砂及び熱風による影響範囲は約3.3km²に達した。

その後も火口付近の溶岩ドームは成長を続け、さらに大きな火砕流の発生する危険性も高まっていたため、建設省が指導し(財)砂防・地すべり技術センターが作成した火砕流及び土石流の災害予想図に基づき島原市及び深江町では水無川下流扇状地のほぼ全域を住民等の立入りを禁止する「警戒区域」あるいは住民等の避難を勧告する「避難勧告対象地域」に指定して人命への被害を防止することとした。

6月8日19時50分頃それまでで最大規模の火砕流が発生し、火砕流の底層部は水無川沿いに流下して河道を土砂で埋め火口より約5.5km下流の国道57号付近まで到達した(図-6)。この時の火砕流の土砂及び熱風による影響範囲は約6.0km²に達し、火砕流による焼失・全壊家屋は更に73棟増加した。

4. 火砕流による土砂の流下・堆積特性

5月15日の土石流発生後の5月16日、及び5月26日、6月3日、6月8日の火砕流発生後の5月28日、6月4日、6月16日に撮影した空中写真を用いて水無川流域の火砕流堆積地区を川沿いに100m間隔で空中横断測量を行い各測線毎に横断図を作成するとともに、各撮影期間毎の火砕流による土砂の堆積量を求めた。

6月16日までの水無川上流域における土砂堆積厚は横断図(図-7)より最大で約60mにも達し、隣の赤松谷との境をなす尾根との高低差がほとんど無くなり、このため火砕流の一部は赤松谷川の支川内に流入している。

3時期(5月16日～5月28日、5月28日～6月4日、6月4日～6月16日)の火砕流による水無川流域への堆積土砂量は表-2に示すとおりである。この3時期間に発生したごく小規模な火砕流による堆積土砂量を考慮すると5月26日、6月3日及び6月8日に発生した火砕流による堆積土砂量(流下土砂量)はそれぞれ約30万m³、約250万m³、約350万m³と推定される。堆積した土砂の縦断分布を図-8に示す。

水無川における火砕流の流下(堆積)土砂量と土砂(底層部)及びダストストームの先端部の到達距離の関係を図-9に示す。図-9より火砕流の流下土砂量が多い程火砕流の先端は下流に到達する傾向が認められる。この関係を利用すれば火砕流の流下量から火砕流の先端の到達範囲をある程度予測することができる。

表-2 水無川流域における火砕流による堆積土砂量

期 間	区 間	区間計(万m ³)	累 計(万m ³)
5月16日 }	上 流 部	50	50
	中 流 部	0	0
	下 流 部	0	0
5月28日	計	50	50
5月28日 }	上 流 部	250	300
	中 流 部	50	50
	下 流 部	0	0
6月4日	計	300	350
6月4日 }	上 流 部	90	390
	中 流 部	260	310
	下 流 部	50	50
6月16日	計	400	750

ただし、上流部は火口より0.6～1.7km下流の区間
 中流部は火口より1.7～3.5km下流の区間
 下流部は火口より3.5～5.6km下流の区間

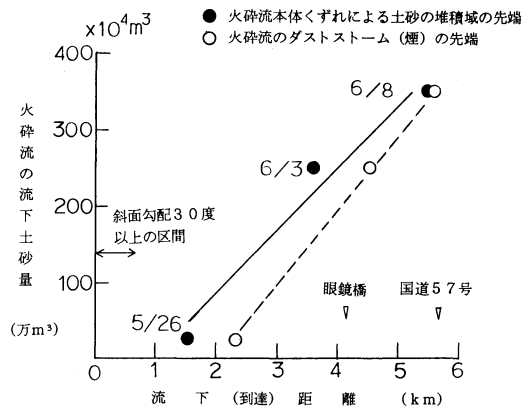


図-9 火砕流の流下土砂量と流下(到達)距離

5. 火砕流のダストストームによる災害

6月3日及び6月8日に雲仙岳水無川流域で発生した火砕流ではダストストームによる被災範囲はそれぞれ約2.3km²及び約4.1km²で火砕流底層部の土砂の堆積範囲約1.0km²及び約1.9km²の2倍以上にも達している。

ダストストームが流下した範囲では木造家屋が炎上し、自動車のタイヤが焼失した。新聞等によれば木材が着火する温度及びタイヤの着火温度から谷の出口付近でのダストストームの温度は約450℃はあったものと考えられる。また、ダストストームの流下範囲にある樹木やコンクリート電柱の倒れ方、裏返しになった自動車等を考慮すると、6月3日の火砕流では谷の出口付近で瞬間最大風速40～50m/秒に匹敵する風圧が働いたものと推定されている。

水無川沿いには針葉樹及び広葉樹の森林が広がっていたため、ダストストームの流下に伴う風圧のために多く



写真-1 普賢神社付近における火山灰の堆積状況
(3月10日撮影)



写真-2 5月15日に水無川で発生した土石流による河道
への土砂堆積状況 (長崎県砂防室提供)

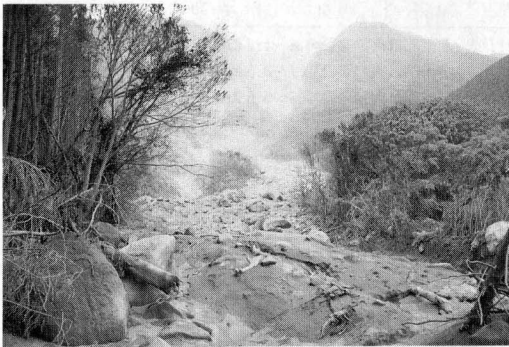


写真-3 5月26日に発生した火砕流の堆積状況
(5月28日撮影)

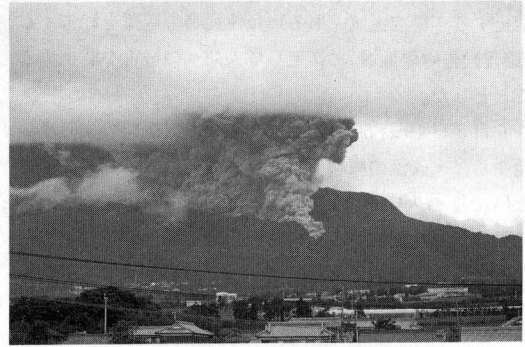


写真-4 6月3日に発生した火砕流 (長崎県砂防室提供)



写真-5 6月3日の火砕流により生じた倒木 (北上木場町)



写真-6 6月30日に水無川で発生した土石流の
氾濫堆積状況



写真-7 流木による橋梁の閉塞と土石流の氾濫
(6月30日, 赤松谷川)



写真-8 流木による橋梁の閉塞と土石流の氾濫
(6月30日, 湯江川)

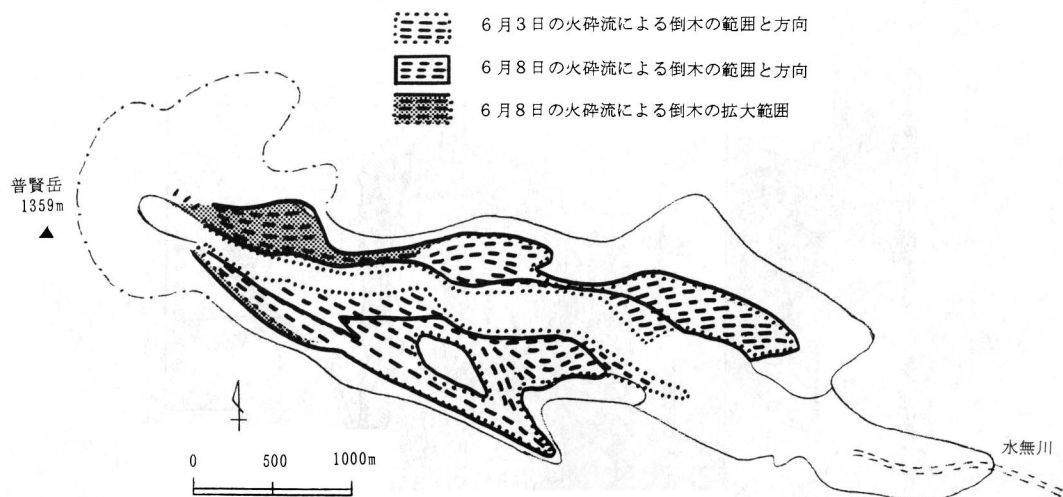


図-10 火砕流による倒木の範囲と方向

の樹木が倒された(写真-5)。図-10には6月3日と6月8日の火砕流による倒木の範囲と方向を示す。6月3日の火砕流と比較すると6月8日の火砕流による倒木の範囲は上流域では左岸側で増大したが，中・下流域では範囲の増加はほとんど見られない。このことから6月3日と8日の火砕流のダストストームの速度は中・下流域ではほぼ同程度であったと考えられる。

6. 6月30日発生の土石流による災害

6月30日，島原半島東北部は梅雨前線の活発化に伴う雷雨性の豪雨に見舞われた。最大時間雨量及び6月30日の日雨量は雲仙岳測候所でそれぞれ64mm，188mmに達した。水無川と湯江川では土石流が発生したが発生時刻はワイヤーセンサーの切断時刻から18時30分ごろと推定される。

水無川での土石流発生は火砕流堆積物が堆積している本川(流域面積約2.3km²)ではなくて，水無川左支川(流域面積約3.2km²)及び水無川右支川の赤松谷川(流域面積約5.9km²)からである(図-11)。水無川本川の上・中流部に堆積していた火砕流の堆積物が土石流の発生源とならなかったのは，火砕流堆積物の温度がまだ高く，降雨が蒸発して表面流の発生が困難であったためと考えられる。今後この火砕流堆積物が冷却すると土石流の発生源となる可能性が高い。

6月30日時点では水無川の河道は6月8日の火砕流堆積物により国道57号付近まで埋まっていたため，赤松谷川と水無川左支川から流下してきた土石流は合流後水無川の河道の左岸側(相対的に低い)に集中して扇状地上を流下した(写真-6)。空中写真判読によれば土石流による新たな土砂氾濫範囲は約35万m²で堆積した土砂量は約38万m³である。一方，土石流の一部は土砂流

となって国道57号より下流の水無川本川河道を流下したと推定され，国道251号付近の河道に約8万m³の土砂が堆積した。このため河床は護岸の天端まで上昇して土砂流は周辺に氾濫し家屋に被害を与えた。

赤松谷川では，土石流とともに多量の流木が流下し，これが赤松第2砂防ダム下流の橋梁に詰まったため土石流の一部は周辺に氾濫し家屋に被害を与えた(写真-7)。6月30日時点では水無川下流域は警戒区域に指定されており住民は全員避難していたため人命への被害はなかったが，土石流の氾濫，堆積により全壊家屋40棟，半壊家屋17棟の大きな被害が発生した。

一方，普賢岳の北側斜面を流れる湯江川(流域面積約13km²)でも6月30日の豪雨により土石流が発生した。土石流とともに流下した流木は山頂より約6km下流の川内地区で町道に架かる高野橋，水分橋を閉塞したために(写真-8)土石流は2ヶ所で氾濫し，負傷者1名，半壊家屋8棟，橋梁の流出1基等の被害を与えた。このように湯江川における土石流の氾濫は主として土石流に含まれていた流木による橋梁の閉塞が大きな原因と考えられる。

7. 土石流発生と降雨及び降灰の影響

2月12日の多量の降灰以後の雲仙岳測候所における日雨量及び最大時間雨量の推移と土石流の発生の関係を図-12に示す。5月15日の日雨量と最大時間雨量は2月12日の降灰以降ではそれまでで最大であり，この豪雨が水無川における土石流発生の直接の引き金になったと判断される。また，降灰後，土石流が一度発生すると小さな降雨でも土石流(土砂流)が発生し易くなる傾向が認められる。5月26日，29日には，それまでと比較してやや大きな火砕流が発生して上流の河道に多量の火砕流

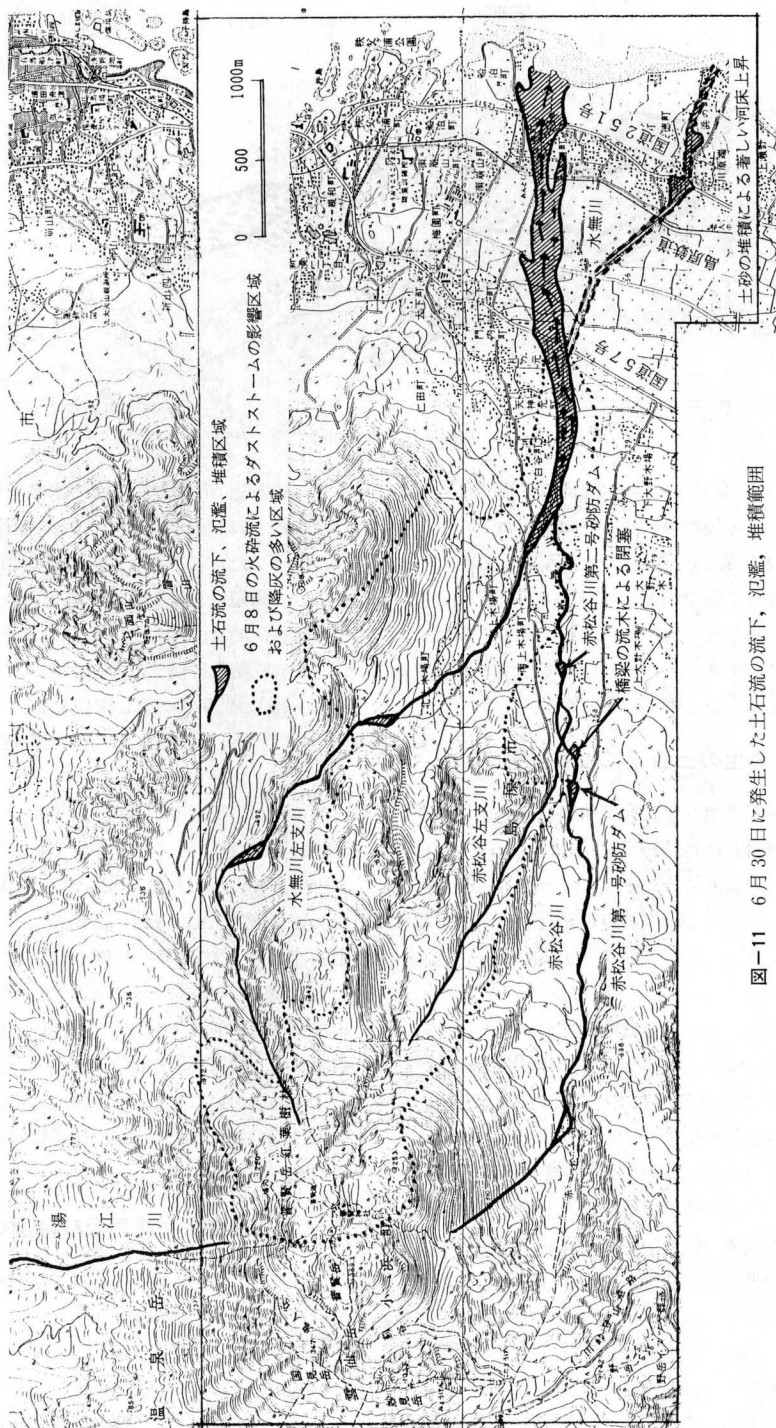


図-11 6月30日に発生した土石流の流下、氾濫、堆積範囲

堆積物を堆積させたため小さな降雨では土石流が発生しなくなり，さらに6月3日及び8日の比較的大きな火砕流の発生後には土石流の発生が見られなくなった。6月30日の最大時間雨量64mmはこの地区のほぼ4年確率雨量にあたる雨量であることから，噴火による降灰が土石流を発生させ易くする大きな要因となっていると判断

される。

5月15日～26日及び6月30日に発生した土石流に係わる雨量の推移を図-13に示す。5月15日～26日の土石流（土砂流に近いものも含む）の発生時の時間雨量は約10mm前後，連続雨量も約20～100mmと通常の渓流での土石流発生時の雨量に比較して小さく，水無川上流域への多量の降灰による影響が認められる。

有珠山においては1977年8月7日～13日の噴火に伴う多量の降灰直後から時間雨量10mm前後，日雨量20mm前後で周辺の渓流において泥流が発生したが，最大の被害が出たのは1978年10月24日に周辺の渓流で発生した大規模な泥流によるものであった¹⁾。桜島における例^{2),3)}でも見られるように降灰による泥流（土石流）の発生に対する影響は長期間に渡るものと考えられる。加えて水無川本川に堆積した火砕流の温度が低下した後の状況を考慮すると，雲仙岳周辺の渓流においても長期的な土石流発生に対する警戒と対策が必要と考えられる。

8. 火砕流・土石流による災害の防止対策

6月8日のそれまでで最大規模の火砕流の発生以降，小規模な火砕流は連日発生しており，また溶岩ドームの成長は続いている（7月末現在）。今後，6月8日の火砕流の規模を越える火砕流の発生する危険性もお残っているため水無川流域への立入りは現在（7月末）も禁止されており，水無川流域での直接的な火砕流及び土石流の対策施設の工事は事実上不可能な状態となっているた

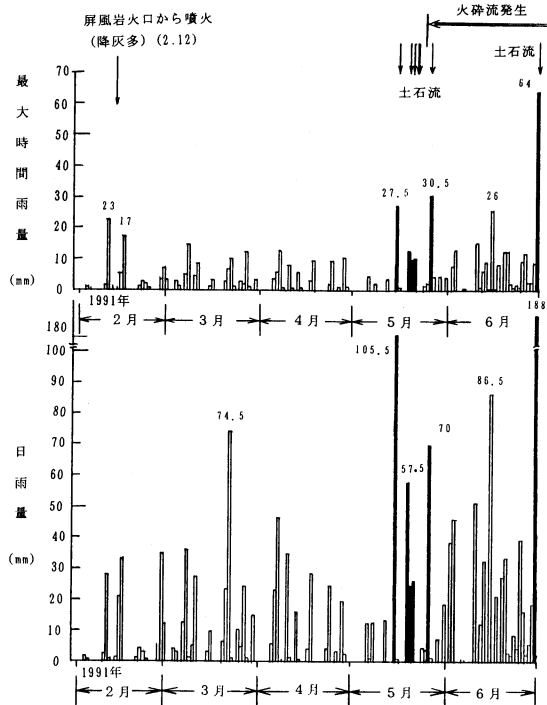


図-12 日雨量，最大時間雨量の推移と土石流の発生（雨量観測所：雲仙岳測候所）

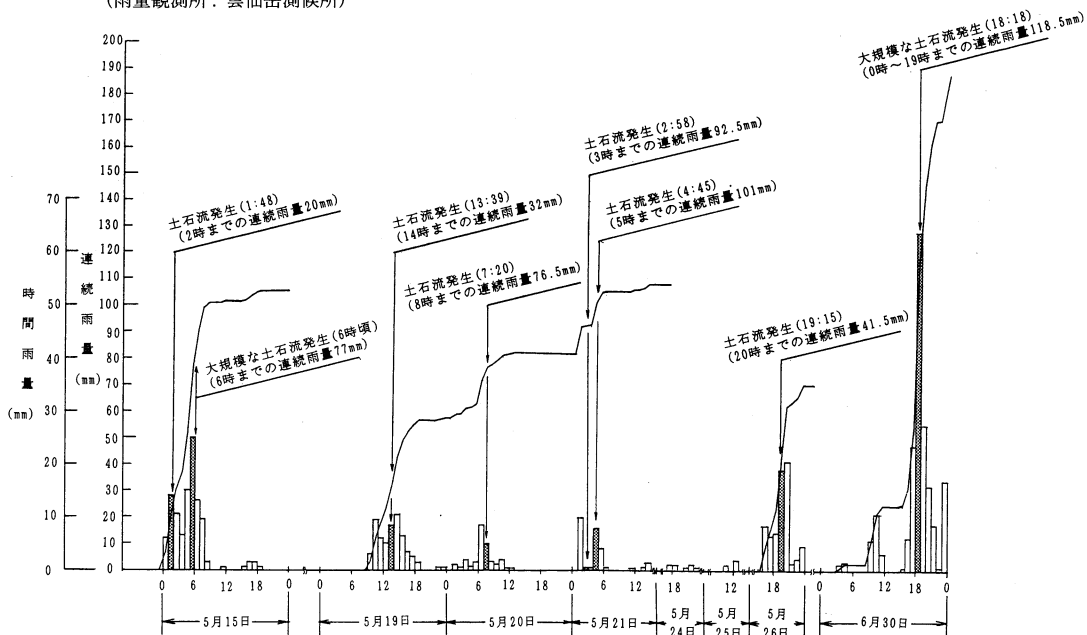


図-13 雨量の推移と土石流の発生（雨量観測所：雲仙岳測候所）

め、現在、工事が可能となった時にすぐに砂防ダムが施工できるよう準備を進めているところである。

従って当面の水無川流域における火砕流、土石流対策としては、監視カメラ、赤外線カメラによる火砕流の発生監視、雨量計や投下型土石流検知センサーによる土石流の発生監視等のソフトな対策が実施されている。

一方、直接火砕流の危険の少ない中尾川、湯江川、土黒川においては土石流対策のための砂防ダムの施工の準備が進められており、上流域ではワイヤセンサー方式による土石流発生監視装置がすでに設置されている。

現在（7月末）なお火砕流、土石流から生命を守るためには、島原市及び深江町是水無川流域危険区域を警戒区域、避難勧告区域に指定しており、自主避難の周辺住民を含めて約1万2千人の人々が避難している。

おわりに

雲仙岳噴火に伴う土砂移動現象は2月から7月までの約半年間という短い間に多量の降灰、土石流の頻発、火砕流の頻発、土石流の発生と目まぐるしく変化してきている。このため火山噴火に伴う土砂災害の対応に当たっ

ては正確な情報を迅速に得るための監視、観測装置の整備が不可欠である。さらに噴火活動中は火口及び周辺への立入りが危険となる場合が多いため、火山噴火に伴う火砕流、土石流災害を防止、軽減するためには平常時から対策施設を建設しておくことが重要である。さらに、早急に住民の生命の安全を確保するためには、土石流や火砕流の災害予想図を作成することが望まれ、これを用いた警戒避難体制を整備することが重要である。

最後になりましたが、噴火とそれに続く火砕流及び土石流による災害への対応でお忙しい中、調査等に御協力を頂いた長崎県土木部砂防室及び島原振興局建設部の方々に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北海道土木部砂防災害課：有珠山土石流と闘う－砂防対策事業の記録－，北海道土木工業新聞社，p.222，1979
- 2) 下川悦郎，地頭蘭隆，原口勝則：大正3年桜島大噴火が火山周辺域の侵食に及ぼした影響，平成元年度砂防学会研究発表会概要集，pp.47-50，1989
- 3) 地頭蘭隆，下川悦郎：桜島における火山活動が土石流・泥流の発生や流出に及ぼす影響，砂防学会誌 Vol.43, No. 6，pp.9-15，1991

長岡高専土木工学科教官の公募

- | | | |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 募集人員 | 教授（または助教授） 1名 | (3) 研究業績一覧 |
| | 助教授（または講師） 1名 | (4) 主要論文の別刷 3編程度 |
| 2. 専門 | 土質工学関係および構造工学関係 | (5) これまでの研究の経過と教育に対する抱負について(原稿用紙3枚程度) |
| 3. 応募資格 | (1) 博士の学位を有する方が望ましい | 〒940 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 |
| | (2) 「情報処理」に堪能な方 | 長岡工業高等専門学校 |
| 4. 採用予定期日 | 平成4年4月1日 | 土木工学科 学科主任 北村直樹 |
| 5. 公募締切 | 平成3年9月30日 | 電話 (0258)32-6435 内線 274 |
| 6. 提出書類 | (1) 履歴書(写真貼付) | FAX (0258)36-6183 |
| | (2) 健康診断書(公的機関または総合病院の証明によるもの) | |
| | 7. 提出先および問い合わせ先 | |

平成3年雲仙岳で発生した火災流，土石流災害

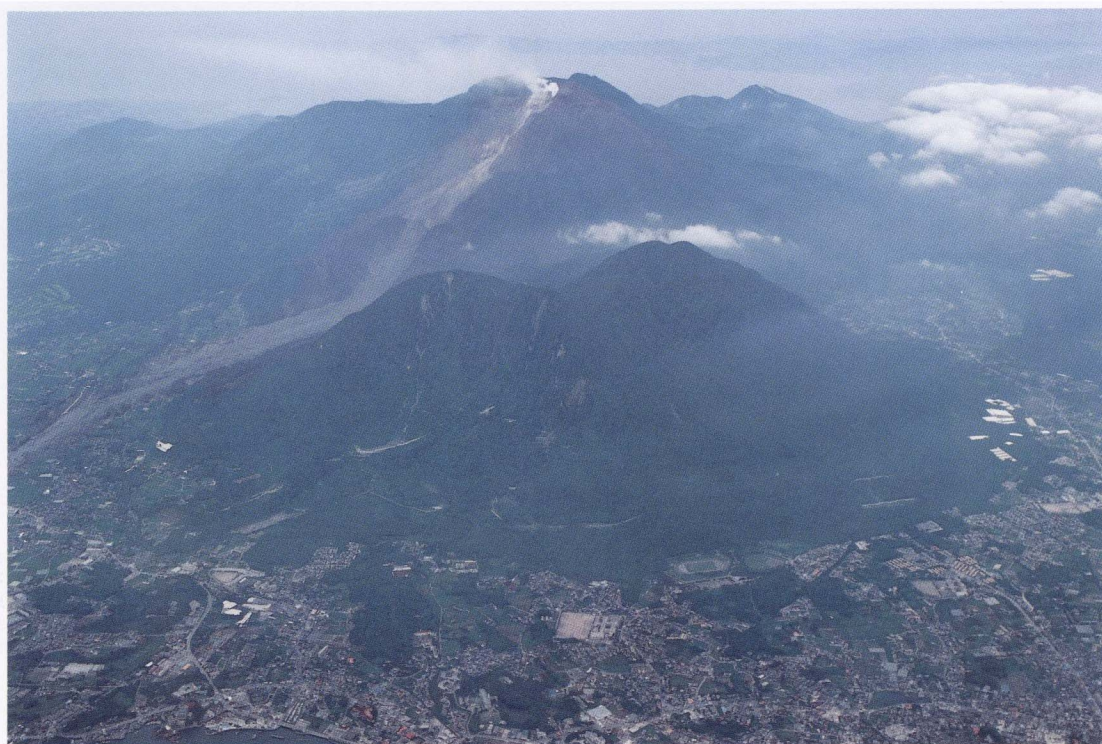
(本文46ページ参照)



写真-1 6月8日に発生した火砕流と雲仙岳周辺（中央奥が雲仙岳，中央が眉山，中央手前が島原市と有明海）
〔6月16日，国際航業㈱撮影〕



写真－2 6月3日に発生した火砕流（中央奥が雲仙岳，中央手前が眉山）
〔6月7日，国際航業㈱撮影〕



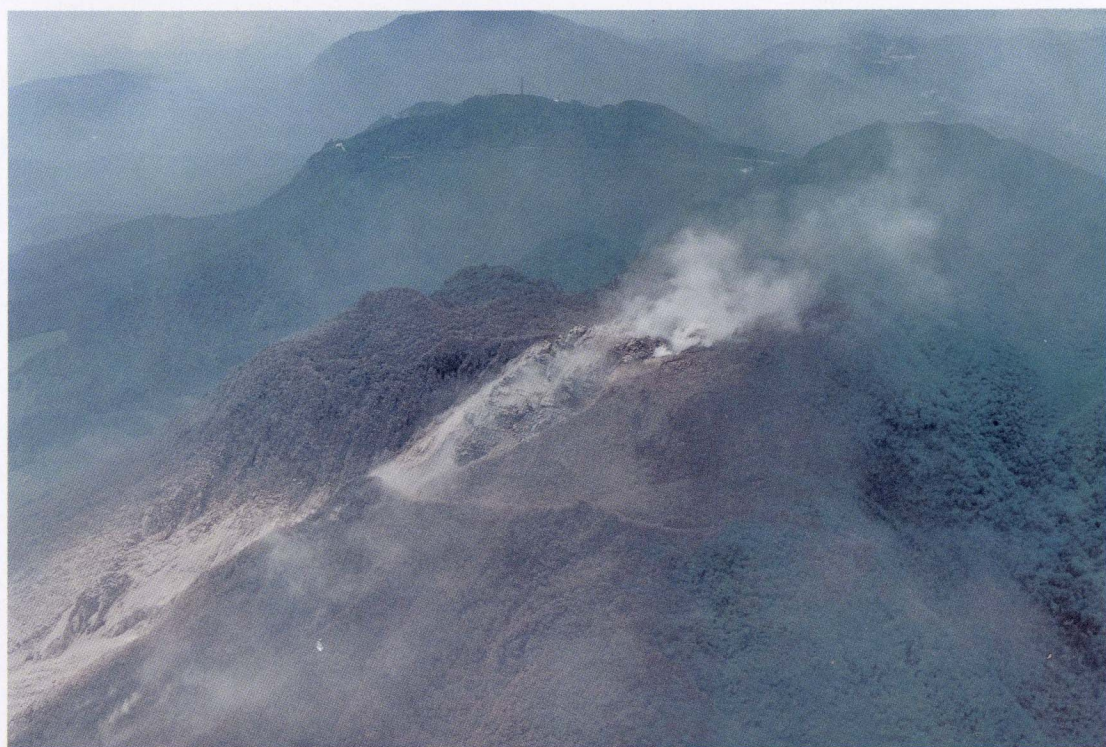
写真－3 6月8日に発生した火砕流
〔6月16日，国際航業㈱撮影〕



写真－4 6月3日に発生した火砕流（中央が水無川本川，左手が赤松谷川）
〔6月7日，国際航業㈱撮影〕



写真－5 6月8日に発生した火砕流
〔6月16日，国際航業㈱撮影〕



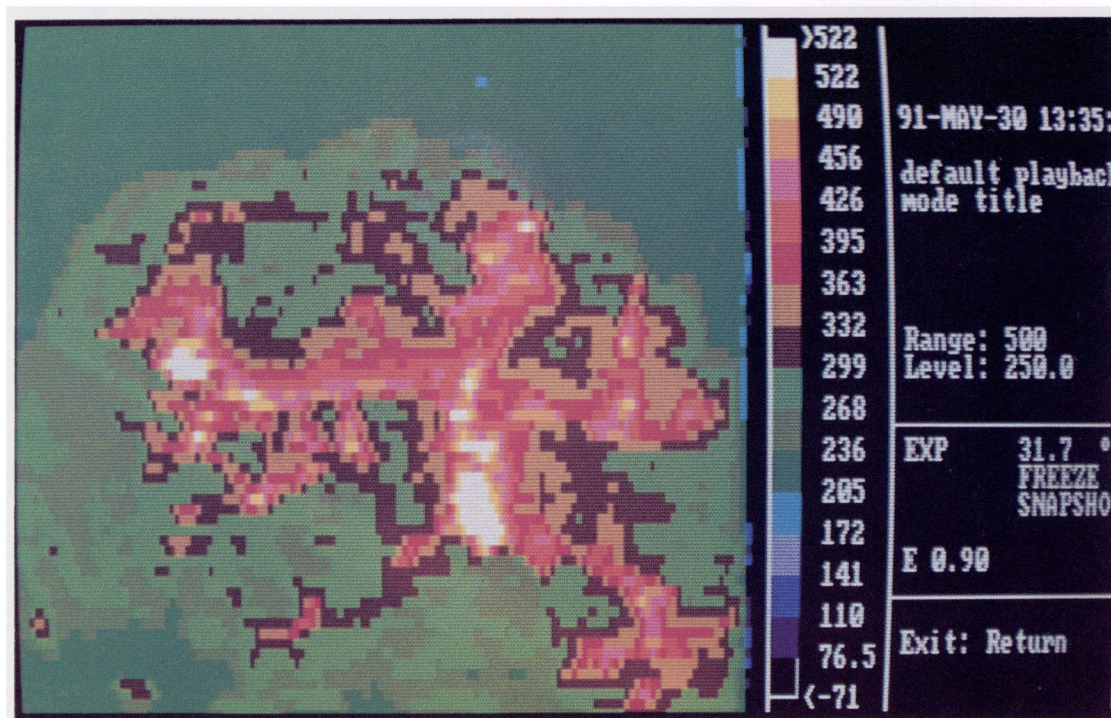
写真－6 地獄跡火口に現われ火砕流の発生源となった溶岩ドーム
〔6月7日，国際航業㈱撮影〕



写真－7 地獄跡火口に現われ火砕流の発生源となった溶岩ドーム
〔6月16日，国際航業㈱撮影〕



写真－8 地獄跡火口に現われた溶岩ドーム
〔5月23日，国際航業㈱撮影〕



写真－9 地獄跡火口に現われた溶岩ドームの熱映像（表面は約 200℃であるが，亀裂の内部は約 500℃以上である。）
〔5月23日，国際航業㈱撮影〕



写真－10 6月30日に水無川流域で発生した土石流の氾濫・堆積状況
 (左手が水無川本川下流部、中央が6月30日の土石流、
 土石流は国道57号上流で左岸平地部に出て直進している。)
 [7月8日、アジア航測(株)撮影]

雲仙岳火山活動とそれにもなう土石流、火砕流の発生経過 (1991年8月31日現在)

年 月 日	火 山 活 動	年 月 日	火 山 活 動
1990. 7. 4	微動 (1967年の観測以来初めての微動)	1991. 6. 3	大規模な火砕流発生 (火口から約4.5 km 下流の水無川、赤松谷川合流点付近まで達する) (死者行方不明者42名、負傷者11名、焼失・全壊家屋49棟)
11.17	九十九島火口、地獄跡火口で噴火 (1792年以来、198年ぶりの噴火)	6. 8	これまでの最大規模の火砕流発生 (火口から約5.6 km 下流まで流下、国道57号の水無川橋付近まで土砂堆積)
1991. 2.12	屏風岩火口で噴火	6.12	爆発的噴火 (北北東の方向に大量の火山弾、軽石を降らせる)
3.29	地獄跡火口、九十九島火口、屏風岩火口で噴火	6.30	水無川、湯江川流域で大規模な土石流発生、下流での氾濫 水無川での被害…全壊家屋40棟、半壊家屋17棟 湯江川での被害…負傷者1名、半壊家屋8棟、 橋梁の流出1基
4. 9	地獄跡火口、屏風岩火口で噴火		
4.30	地獄跡火口で噴火		
5.15	水無川流域で土石流発生		
5.19	〃 〃 (橋梁2基流失)		
5.20	〃 〃 地獄跡火口の中に溶岩 ドーム出現		
5.21	〃 〃 溶岩ドームが四つに分割		
5.24	溶岩ドーム崩落、火砕流の発生 (地獄跡火口から約1 km 流下)		
5.25～28	溶岩ドームの崩落による小規模火砕流の断続的発生	8.25	火砕流発生 (普賢岳北東斜面おしが谷に流下、堆積)
5.29	やや規模の大きい火砕流発生 (下流人家まで200 m にせまる)	8.29	火砕流頻発 (〃)
5.30	火砕流頻発		

(建設省土木研究所砂防研究室作成)