

特集報告(長期化した雲仙普賢岳の火山災害の地域への影響と対応策)

長期化・大規模化した雲仙普賢岳の火山災害を教訓とした防災施設および都市基盤の整備に関する研究

高橋和雄¹・藤井 真²¹正会員 工博 長崎大学工学部教授 工学部社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1-14)²学生員 長崎大学大学院学生 工学研究科社会開発工学専攻 (〒852 長崎市文教町1-14)

雲仙普賢岳の噴火活動は、噴火当初、短期に終息するとの見込みのもとに防災施設や都市施設の整備が検討された。しかし、火山活動の長期化・大規模化に伴って、火山活動が継続するなかで防災施設を建設したり、都市機能を維持したり、市民の快適な生活を守ることが必要となった。前例のない事態に対して、様々な技術の導入および対策が行われた。本報告では、雲仙普賢岳の火山災害対策で導入された防災施設および都市基盤整備についての調査結果を述べる。

Key Words : volcanic disaster, prolonged volcanic activity, facility and equipment for countermeasure against disaster, urban facility

1. はじめに

雲仙普賢岳の噴火活動は、平成2年11月17日に始まり、すでに5年が経過した。平成7年5月に火山活動の停止が確認されているが、今後も溶岩ドームの落下および土石流の発生が心配され、厳重な警戒が続けられている。

雲仙普賢岳の火山活動は当初、短期的に終息するとの見通しのもとに平成3年6月から9月にかけて火砕流および土石流で被災した水無川流域を中心とした砂防ダムや導流堤の建設および都市基盤の整備などの防災対策や復興計画が策定された。島原市を中心とする被災地では、火砕流や土石流による被害の拡大を防ぐための遊砂地の建設などの応急対策が行われた。

しかし、火山活動は活発な状態が続き、警戒区域が解除できないため、砂防ダムなどの恒久対策に着手することができなかった。この間、平成5年4月末から8月にかけて火砕流および土石流被害が水無川流域に加えて中尾川流域にも拡大し、島原市は一時孤立した。この3年間の経験から、応急対策だけでは被害の拡大を防げないことも明らかになった。このため、火山活動がこのまま長期化することを前提として、砂防工事を行い、都市基盤やライフラインを整備するとともに、火山と共生したまちづくりをする必要が出てきた。砂防計画は当初、恒久計画しかなかったため着工の目途がつかないまま

被害の拡大を防ぐことができなかった。建設省は緊急対策の導入や、火山活動に無関係に防災工事が可能な無人化施工および有人施工を導入した。電力、電気通信などのライフラインでは、火山活動に対する防災対策として、システムの多ルート化、ブロック化、地下もしくは高架化を図り、火砕流、土石流に強いシステムを構成してきた。また、道路や鉄道においても土石流の影響が少ない下流域で高架化による恒久対策を実施している。さらに、市民も日常生活では降灰に大きなプレッシャーを受け、さまざまな個人レベルの対策を行った。

本研究では、火山活動が長期化した場合に、どのように防災施設を整備するかまた、火山活動が継続した場合の道路やライフラインの維持方策を調査したものである。また、島原市内全域を対象とした市民へのアンケート調査の結果をもとに、市内全域に影響を及ぼす降灰の現状と今後の都市整備に対する市民の要望についても報告する。

2. 火山災害の特徴¹⁾

火山地域の災害には、噴火が直接影響を与える火山活動期における災害と、火山非活動期(静穏期)における災害がある。火山活動期における災害は、噴火による現象の相違から多岐にわたる災害形態を示す²⁾。直接的(一次的)な災害要因だけでも、溶岩流、火砕流、火山

年月日	噴火活動など	災害継続の状況	災害対策の分類	砂防対策（水無川流域）
H2 1.17	・198年ぶりに噴火		地震・眉山崩壊	
H3 2.12 5.15 6.3 6.8 6.30 9.15	・再噴火 ・水無川で土石流発生 ・火砕流発生 ・火砕流発生 ・水無川で土石流発生 ・火砕流発生	水無川の土石流 水無川方面の火砕流	土石流 土石流・火砕流 避難勧告（土石流）・警戒区域（火砕流）	事前対策 ・緊急火山対策検討 ・雲仙岳委員会設置（2.16） ・既設砂防ダム5基の緊急除去に着手（5.18） 応急・緊急対策
H4 8.8～15	・水無川で土石流発生	水無川の土石流 水無川方面の火砕流	土石流・火砕流	・砂防施設計画基本構想公表（2.22） ・1号遊砂地着工（3.24） ・2号遊砂地着工（4.1） ・砂防施設計画基本構想の見直し（10.13） ・砂防用地の基準価格の提示（12.22）
H5 4.28～5.2 6.23 8.19～20	・水無川と中尾川で土石流発生以降8月20日まで頻発 ・中尾川方面に火砕流発生 ・眉山六溪で土石流発生	中尾川の土石流 中尾川方面の火砕流	土石流	・3号遊砂地着工（1.10） ・緊急応急対策工法検討委員会（5.14,6.17） ・仮設導流堤着工（8.5）
H6 2.6	・湯江川方面に火砕流発生	中尾川方面の火砕流	土石流	・無人化試験施工開始（3.1） ・仮設導流堤完成（7.31）（警戒区域内有人施工） ・3号遊砂地無人化除石開始（10.1） ・恒久導流堤着工（10.1）
H7 5.25	・噴火活動の停止		土石流	恒久対策 ・1号砂防ダム着工（10.28）

図-1 雲仙普賢岳の火山災害と砂防対策の経過

泥流，降下火砕物（火山灰，火山礫など），火山ガス（硫化水素，亜硫酸ガス）などがある。歴史的に知られている大噴火の多くは，上述の災害要因が重複して発生して地域に災害をもたらしている。付随的（二次的）な災害として，山体崩壊（岩屑流），土砂移動による津波，火山性地震，空振，地盤変動などが挙げられる。

火山非活動期の災害としては，降雨による土石流，地震などによる火山体の大規模な崩壊，地すべり，岩屑流による災害などがある。また，火山によって，活動様式が異なるため，発生する災害にもそれぞれ差異が現れる。火山災害に対する防災対策を策定する場合には，有史以後の災害履歴だけではなく，有史以前の活動歴を参考にすべきである。

以下，火山活動期の災害にしぼって議論する。噴火による火山災害は，一般にその規模，土砂の移動速度およ

び範囲が大きい。したがって，いったん発生した場合には，火砕流や山体崩壊は，現在の技術レベルをもってしても制御不可能なため，これらを回避することが困難である。このため，壊滅的な災害となる可能性がある。したがって，火山災害は激甚でかつ大規模となり，社会的な影響が非常に大きくなることが予想される。

火山災害には，溶岩流のように発生してから対処すれば間に合うものと，土石流のように砂防ダム，遊砂地，導流堤などの砂防施設で対処できるものがある反面，火砕流や山体崩壊のように施設で対処できない場合がある。ハード対策が不可能な場合には，警戒避難対策，警戒区域の設定による立入制限などのソフト面の対応が不可欠である。さらに，住宅や工場などの移転や土地利用の規制が必要となるが，まだ合意形成をはかるまでには至っていない。

火山は、発生、発達、そして解体、消滅の過程のライフサイクルをたどるが、そのタイムスケールは数万年に及ぶ。人間の一生に比べていかに長い。しかも、火山活動期の火山災害は、その火山としては希な現象であるため、その発生頻度は、地震や風水害などの他の自然災害と比べてはるかに低い。このため、危険地と認定されないままに土地が利用され、また火山災害対策が整備されていない。しかし、発生した場合には、規模、速度および範囲の大きさはさることながら、火山活動が長期間に及ぶ特性をもつ。

一方、火山災害の発生は活火山の周辺の地域に限られる。このため、ハザードマップ（火山災害危険区域予想図、火山災害予想区域図）の作成による警戒避難対策や都市防災などの事前対策が可能である。火山災害が始まってからの対策では間に合わないが、前もって火山対策を行うことは、今後必要と思われる。なお、噴火活動が始まると、噴出土砂の堆積とその流下によって地形が変化するため、災害発生の予測は現地形をもとに行う必要がある。

火山の噴火予知は、観測技術の進歩などによってある程度可能になってきているが、終息の予測技術はまだ確立していない。また、噴火が終わった後も、山腹に堆積した土砂による土石流は10年間程度発生することが知られている。さらに、火山体は力学的に不安定な構造をもっているため、地震などによる山体崩壊への注意が必要である。このような災害の長期化およびその影響が長期間に及ぶことも風水害や地震などの一過性の災害と大きく異なる点である。わが国の災害対策は、主として一過性の災害を対象として立案されており、長期化、大規模災害に対する災害対策は確立していない。以上のような火山災害の特性を十分に把握したうえでの火山災害対策や防災対策、地域づくりが必要である。

3. 砂防対策の策定と災害の長期化対策

(1) 恒久対策の発表と応急対策

雲仙普賢岳の火山災害の経過と今回の議論の対象とした砂防対策の経過を図-1に示す（被災した地域は本特集報告の別報を参照）。平成3年6月3日の大火砕流による人的被害の発生とその後の被害範囲の拡大に伴って、警戒区域が設定された（図-2）。当初は人命を守るための避難対策、その後仮設住宅や生活の確保などの対策が行政によって行われ、21分野100項目からなる国の特別対策および（財）雲仙岳災害対策基金が創設された³⁾。さらに島原市および深江町の義援金基金によって、きめの細かい対策が可能になった。その後地域全体を見据えた復興計画が議論され始めた。

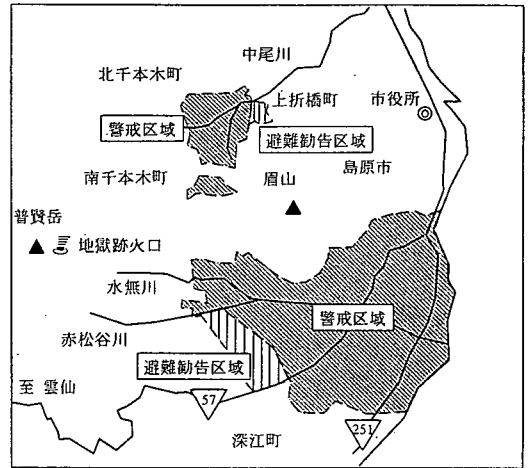


図-2 警戒区域図（平成3年9月14日まで）

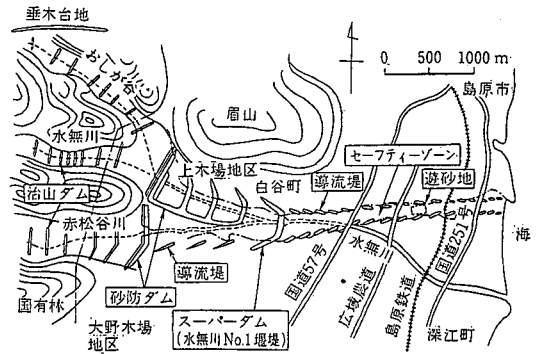


図-3 水無川の砂防・治山施設計画基本構想

（平成4年2月22日公表）

復興計画の策定には、噴火終息後の土地利用がどのようになるかが前提となる。このためには、大量に堆積した土砂を制御する砂防計画の策定がまず必要である。しかし、噴火が長期化していること、残された狭い土地を有効に使いたいという地元の意向が強いため、砂防計画の策定の時期は遅れた。島原市、深江町はまだ被災者対策に追われていたため、砂防計画の必要性は認めながらも復興には着手できなかった。

このような膠着状態のなか、建設省、林野庁および長崎県で策定した砂防・治山施設計画基本構想が、長崎県の計画として平成4年2月22日に公表された。これは、水無川と赤松谷川の合流点に総延長1.0～1.2km、高さ14mのスーパー堤防「水無川No.1堰堤」とその上流に砂防ダム、さらに上流に治山ダムを設ける計画である（図-3）。また、スーパー堤防から溢れる土石流などに備え、スーパー堤防から有明海に至る直線コース2.5kmの両側に土石流の拡散を防ぐための逆ハの字型の導流堤を築く計画である。導流堤は平成3年6月30日の土石流の

被災地に沿って計画されている。この構想は、平成4年1月末現在の噴火による堆積土砂を7,000万 m^3 と想定し、100年確率の降雨による被害をベースにしたものであった。この構想によって300戸が移転対象となった。恒久対策とは別個に、導流堤予定地である平成3年6月30日の土石流による被災地に、土石流の応急対策の1号、2号遊砂地(計12万 m^3)の造成、水無川の緊急連絡橋の建設が行われた。平成4年の梅雨を前に地元から土石流対策が強く要望されていたことに応えたものである。しかし、1~2ヶ月で対応可能な案として、遊砂地、矢板、土のう積みなどの応急対策しか対応されなかった。

その後、平成4年3月以降の赤松谷方向への土砂堆積の進行および堆積土砂の増加で、基本構想の見直しが行われ、砂防ダムおよび治山ダムの増設の見直しが平成4年10月13日に行われた。当初導流堤内をセーフティゾーンとして非居住区に設定し、噴火終了後に農地として復旧する方針で、地元土地を有効に使いたいという方針に配慮した対策であった。しかし噴火の長期化に伴い、住民から土地の買い上げの要望が出て、買い上げの対象となった。平成4年当時立ち入りが制限されている警戒区域が解除されている国道57号より下流域(図-3)が防災対策可能であった。このため、この部分の導流堤の建設が先行的に行われることになった。しかし、水無川下流域の導流堤予定地の測量は、鎌田町内会の同意がなかなか得られず、平成5年8月から開始された。

平成4年9月9日からの警戒区域設定期限21度目の延長の際、国道57号より山側の地域の一部が警戒区域から避難勧告に緩和された。これに伴って、長崎県は水無川上流の天神元町、札の元町にさらに3号遊砂地の建設や水無川本川の改修計画を公表した。3号遊砂地建設予定地には、宅地も含まれており、借り上げでなく買い上げの要望がなされた。自立復興の目的をつけるために、早期に被災地の買い上げ価格の提示が住民から求められていたが、長崎県は平成4年12月22日に基準価格の形で提示した。さらに、12月23日に平成5年度の政府予算案で火山砂防事業の国による直轄事業が採択された。

平成5年に入ると、火山活動に終息の見込みも出され、復興計画の策定や応急土石流対策が検討され始めた。また、砂防構想の水理模型実験が行われ、構想の効果の検証が行なわれた。水無川の緊急土石流対策として、3号遊砂地17万 m^3 の工事が1月11日に着工し、3月末に完成した。既設の1号および2号遊砂地をさらに2m掘り下げることによって、容量を2倍の12万 m^3 に増加した。平成5年4月に建設省雲仙復興工事事務所が新設され、水無川の火山砂防は国の直轄事業となった。島原市や深江町の復興計画も作成され、生活再建や防災都市づ

くり、さらに地域活性化のための対策が揃った。

(2) 土石流・火砕流被害の拡大と緊急応急対策工法検討委員会の設置による緊急対策の導入

平成5年4月28日~29日の総降水量は239mm、最大時間雨量は25mmで、島原地域における10年確率降水量に対応する。土石流による土砂堆積量は102.5万 m^3 で、これまでの平成3年6月30日の38万 m^3 、平成4年8月8日~15日の58万 m^3 の土砂量を上回り、雲仙普賢岳災害で最大規模となった。特に、平成4年まで発生していなかった中尾川流域に土石流が初めて発生した。5月2日の雨で中尾川流域の被害がさらに拡大し、水無川流域の2年前の土石流発生時と同じ状況になってきた。水無川流域には3基の遊砂地と水無川の河積があったが、これだけでは土砂の氾濫を止めることが出来なかった。そこで、建設省九州地方建設局は、「雲仙・普賢岳土石流災害に関する緊急応急対策工法検討委員会」を設置した。5月14日の第1回目の委員会で水無川と中尾川流域に各1基遊砂地を新設するほか、水無川の両岸に防護壁を設置し流路を拡大、さらに既設遊砂地の容量増強などの被害の拡大防止を図る1~2ヶ月で対応できる緊急対策を決めた。

6月17日の第2回目の検討委員会で2年程度で対応できる緊急対策が初めて論議され、仮設導流堤の建設、水無川第1号砂防ダムの袖部建設着手などが決められた。

有史以後の雲仙普賢岳の噴火は、寛文3~4年(1663~1664年)と寛政4年(1792年)に発生している⁴⁾。これらの噴火はいずれも溶岩の流出後短期間で終息している。特に、今回の噴火活動の経過(地震の発生、噴火、溶岩の流出)が寛政4年の噴火活動とよく似ているので、今回の噴火活動も溶岩が流出すれば、数ヶ月で終息するものと想定されていた。このため、水無川の砂防計画は噴火活動が短期に終息するとの前提で作成されているため、恒久対策しか策定されていなかったが、噴火活動の長期化に伴い、恒久対策の一部に着手する緊急対策が導入された。

平成5年6月20日以降、火砕流が頻発し、中尾川流域の千本木地区の家屋が全域にわたり焼失した。また、6月26日には、水無川流域で火砕流の本体が国道57号を噴火開始後初めて越えた。これらの火砕流で中尾川流域および水無川流域の警戒区域・避難勧告区域が拡大され、応急・緊急対策に着手できない状況になった。また、導流堤予定地の用地交渉の進捗状況は当時38%程度で、梅雨の間は交渉は進まなかった。集団移転先や生活再建がはっきりしない現状で、被災者の救済対策と防災対策がセットになっているため前者が解決しないと防災工

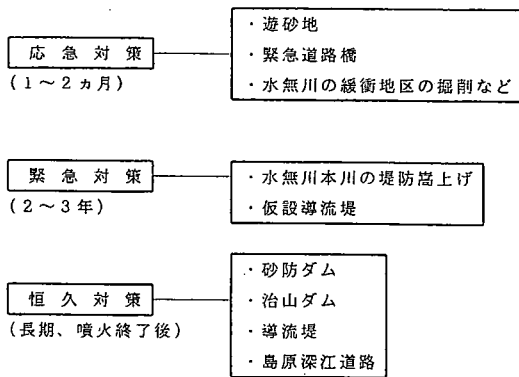


図-4 土石流対策の分類

事にも着手できない状況が続いた。しかし、土石流被害の拡大に伴い、本格的な施設による対策を行わないと、土石流被害がさらに拡大するとの認識が拡がり、導流堤建設予定地の用地買収への理解が得られやすくなってきた。災害の拡大によって、応急対策に追われて平成5年8月までは、防災工事の着工はできなかった。

(3) アンケートにみる土石流対策への評価

東京大学社会情報研究所がNHK長崎放送局や長崎大学工学部社会開発工学科などの協力を得て、平成5年8月末に被災者にアンケート調査を行った。このアンケートは被害、生活、復旧、情報などについて調査しているが、ここでは著者が設問を作成した土石流を中心とする防災対策についてその一部を紹介する。

水無川、中尾川、眉山の土石流がいつ頃まで続くかという見通しについては「まったく見当がつかない」67.3%、「10年以上かかるだろう」21.1%とする回答に集中し、短期に終息するという見通しはほとんどない。

建設省によって計画されている水無川の砂防構想については「砂防ダムや導流堤が計画通りに完成すれば土石流による被害が防げると思いませんか」に対しては「ある程度は防ぐことができるだろう」75.1%と見ており、「完全に防ぐことができるだろう」は7.5%に留まっている。

これに関連して現在の砂防工事についての意見を調べると「もっと大規模な工事にすべきだ」39.6%、「計画を根本的に見直すべきだ」30.6%となっており、「現在の計画のまま進めるべきだ」7.1%、「規模を縮小して行うべきだ」2.6%とする回答を大きく上回っている。これは計画発表当時よりも堆積土砂が増えてきたこと、警戒区域内の砂防ダム群の工事に着手できないことに対する対応方法など整理が充分できていないためと思われる。

土石流災害を防ぐためには、上流部の警戒区域内に導

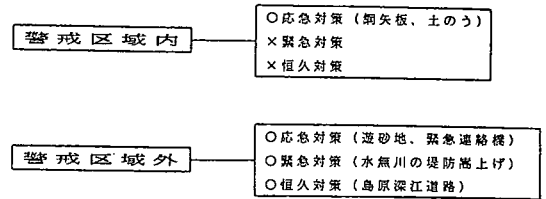


図-5 土石流対策と警戒区域

表-1 警戒区域内の防災工事の実施についての住民の意見

項 目	N=507人	
	人数	%
人命第一だから立ち入るべきではない	50	9.9
安全管理システムをつくって着手すべきだ	142	28.0
無人化工法を採用して行うべきである	58	11.4
砂防ダムを警戒区域より下に移動して工事を行うべきだ	50	9.9
災害の長期化を前提として計画を繰り返すべきだ	152	30.0
わからない	23	4.5
N. A.	32	6.3

流堤や砂防ダムが完成することが不可欠であるが、平成5年8月の時点では、工事の計画は立っていないかった。これについて、どう考えるかを聞いたところ、表-1の結果を得た。表からは意見が分かれて、具体的にどうすべきという段階まで至っていないことが判る。

(4) 恒久土石流対策の着手を巡る動き

上述の土石流対策を恒久対策、応急対策および緊急対策に分けて分類すると、図-4の結果が得られる。恒久対策として、島原深江道路の建設はすでに始まっていたが、上流部の砂防ダムおよび治山ダムにはまだ手がつけられていない。これを警戒区域内と外に分けて分類すると、図-5のようになる。警戒区域内については応急対策のみが実施され、1～2ヶ月で完成する鋼矢板の打設、土のう積み、盛土などが行われた。災害対策基本法によれば、警戒区域内では、応急対策の実施を認められているが、恒久対策の実施に関しては想定されていない。しかし、市町村長の許可があれば入域できるので、陸上自衛隊と建設省の協力のもとに警戒区域内において砂防ダムや導流堤の施工時の作業員の安全を守る施工の安全管理システムを作れば防災工事を行うことが可能と著者の一人高橋は考えた。防災関係者と意見を交換したが、現行の縦割りの行政システムでは、建設省と防衛庁の間の防災工事の協力体制はないため、実現は困難であることが明らかとなった。今回両者の協議は実施されず、陸上自衛隊の火砕流発生時の無線を傍受しながら、防災工事を各機関が行うという現実的なシステムが取られた。

これまで警戒区域への入域は、陸上自衛隊の監視・協力のもとになされた。住民の要望のもとに、島原市や深江町が長崎県を通じて陸上自衛隊の協力を要請する手続きを取った。陸上自衛隊が火砕流の監視装置と情報収

集装置を持っているので、今回の雲仙火山災害では陸上自衛隊が警戒区域に入域する際の危機管理を行った。陸上自衛隊の協力のもとに地元の島原市や深江町の住民、消防団員、警察署員、道路管理者などが入域して、警戒区域内の道路、ライフラインの仮復旧、荷物の持出し、遺体の捜索、応急土石流対策などが行われた。陸上自衛隊は人命救助のために災害派遣されており、人命救助を第一に活動し、住民の要請で経済活動の再開や災害の拡大防止に一部協力した。

地元住民は、陸上自衛隊による重機を用いた土石流対策や道路の確保などの土木工事を期待したが、土木工事は実現しなかった。災害対策のシステムに危険地における陸上自衛隊の土木工事のマニュアルがないためである。また、防衛庁が建設省の防災工事の安全管理に協力し、建設省が土木工事を行うという省庁間の協議システムもない。つまり、住民は要望したが、島原市や深江町は長崎県を通じて陸上自衛隊に警戒区域内の防災工事を要請しなかった。土木工事を行う建設省や長崎県、建設業者などの担当が地元配置されていることを考慮したものである。地元では代替の方法がないときのみ、陸上自衛隊が協力するとの合意ができていたとも言える。陸上自衛隊と協力して安全管理システムを作成して工事に着手するストーリーは出来なかった。したがって、警戒区域内の土石流対策は人命の安全を守りながらいかに行うかが重要となってくる。

噴火活動の様子から火砕流の発生方向がドームの発生位置によって異なるので、警戒区域と避難勧告をドーム発生の方向によって切り替えながら、土石流対策を行うことも考えられた。しかし、たびたび切り替えられると住民の生活ができない。また、防災工事のため、警戒区域の解除をしても作業員の安全は確保されない。工事中の人命に対する責任を市長や町長が負うことになるのも問題があった。実現可能な方法としては、砂防ダムの位置を警戒区域外の下流側に下げることが考えられたが、建設省は警戒区域内でも作業可能な無人化工法を検討して、技術募集・審査を行い、試験施工に着手した。また、建設省単独での安全管理システムの検討に入った。

平成5年4月28日、5月2日に始まる土石流被害の拡大と島原市の孤立に伴う島原市民の窮状、デマやパニックの発生、終息の見込みがない噴火活動および平成5年8月の政権の交代によって、これまでの土石流対策について火山学者、都市計画の専門家およびマスコミ関係者などから疑問がはさまれた。見直しの背景をまとめると、計画論⁵⁾、費用対効果、環境・福祉問題、技術・施工問題、噴火活動の再現性に対する危惧が挙げられた。しかし、これらは地元の住民の意向に無関係な提案であり、また、防災工事のために土砂を買い上げ生活再建の

原資とする被災者対策と防災対策がセットになっているため、全く準備のない段階での新たな構想が実行可能な計画になるためには、さらに長時間を要する。また、土石流対策を放棄した場合の交通確保をどうするか、土砂の海への流出の拡大、土石流の跡の景観をそのまま保つことが出来るのか疑問も多い。

2,000億円をかけて土石流対策を行うよりも、住宅を失った被災者の生活再建のために使った方がよいとする単純明快な議論もなされた。しかし、現行法では、土砂に埋没した個人の土地や家屋を国や県が買い上げるといった個人補償のシステムはない。被災地を防災工事の砂防ダムおよび導流堤建設の事業用地に指定して、国が公共補償基準によって補償するシステムしかないため、被災地を事業用地にして買い上げる方法が採用された。

土地の買い上げ代金を原資として防災集団移転促進事業やがけ地近接等危険住宅移転事業による行政の移転対策事業による支援と(財)雲仙岳災害対策基金による支援を受けて、被災者の住宅が再建された。

被災地を国が防災工事用地に無関係に買い上げ、被災者は諫早湾干拓へ集団移転したらどうかの提案⁵⁾についてのアンケート調査結果(前出と同じ平成5年8月のアンケート)によれば、「条件が現在よりもよければ考えてもいい」、「山の様子を見てみないと何ともいえない」とする回答が多い。現在の計画との優劣を比較するだけの資料がないので、住民は判断をつけかねたとと言える。諫早湾干拓地への集団移転についても、まだそのような状況に至っていないと判断していた。

都市防災の専門家から「火山災害は発生頻度が低いために、火山災害危険地に住民が危険性を知らないままに土地を購入して居住する場合が考えられる。その場合は、国が危険地を買い上げることが可能である。浸水や土石流災害の危険地だと知っているながら住むこととは区別すべきだ」との提案が著者になされたが、これについての議論も必要であると思われる。

土石流対策の放棄や対策が遅れると、土石流による家屋などの物的被害が拡大するだけでなく、道路・鉄道の寸断によって島原市が孤立するために、被災地の島原市、深江町のみならず島原半島全体が通勤・通学、物流、商業など生活全般にわたって、被害を受ける。したがって、砂防ダムや導流堤といった恒久対策に着手できなくても、土石流対策を放棄するのではなく、被災の拡大を軽減する応急緊急対策を実施することが防災対策上不可欠である。火山噴火活動の停止時期は誰も予想できないが、数年間で終息することを前提として、まず土石流対策を行うことが妥当であると判断される。また、現行法では、土石流によって被災した私有地の買い上げ制度

表-2 土石流の応急・緊急対策の内容

対策名	内 容
応急対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第4号遊砂地の建設 ・ 第3号遊砂地の機能アップ (スリットダム) ・ 第1・2号遊砂地上流左岸側の氾濫防止 ・ 第1号遊砂地の拡張 ・ 仮設導流堤兼工事用道路の建設 (第3号遊砂地の両岸)
緊急対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮設導流堤の整備 ・ 水無川1号砂防ダム袖部の施工 ・ 第1・2号遊砂地を結ぶ水路工の建設 ・ 水無川本川対策 (堤防のかさ上げと河道掘削)

がない以上、自力復興を支援するために、被災地を防災工事用地に指定して、広く買い上げることが被災者対策上必要な手段である。平成5年4月28日に発生した今回の噴火による既往最大の災害に対して、市街地を守れるかどうか判断の一つの基準であり、建設省および長崎県はこれに対応できることを目標に応急・緊急土石流対策を実施した。しかし、火山災害は規模が大きくなると対策の対象とならないことも考えられる。このような場合の火山災害対策も議論しておくべきであろう。

土石流・火砕流による被害の拡大、たび重なる避難、眉山崩壊の不安、追いつかない応急対策、個人補償がない被災者対策と災害対策の課題は多かった。しかし、島原の住民は現地での生活再建を希望している。この3年間、噴火活動と並行して災害対策の対応技術を蓄積し、当面の緊急対策がやっと揃った段階となった。平成5年8月以降、やっと住民、市、県、国の一体となった取り組みが出来る状況になった。復興の形がおぼろげながら見えてきた時期となった。

(5) 土石流の恒久対策着工に向けての動き

a) 警戒区域内の有人施工

平成5年6月26日の火砕流の拡大によって、警戒区域が広域農道まで拡大されたため、9月末日までは広域農道より下流側の対応に限られた。その後、平成5年9月30日以降の警戒区域の解除に伴って、「雲仙・普賢岳土石流災害に関する緊急応急対策工法検討委員会」で提言された防災工事が順次実施された(表-2)。これらの工事によって次の3つの施設が完成した。

- ①仮設導流堤：国道57号下流の左岸10基、右岸7基、計2,767m
- ②遊砂地：1号、2号遊砂地内の除石(捕捉容量24万m³)
- ③水無川本川：河道掘削ならびに堤防嵩上げ
また、深江町によって広域農道から国道251号間の水

無川本川の堤防の嵩上げ区間に盛土による補強がなされた。警戒区域内においては、島原市の要請によって陸上自衛隊が国道57号より上流に左岸側盛土(高さ3m、長さ530m)を施工した。

しかし、国道57号より下流の砂防施設では、平成5年4月28日～29日に発生した土石流による土砂を、水無川本川と仮設導流堤に貯留することは不可能であった。当面これまでの最大規模の土石流に対して、どのように対応するかが大きな課題となった。このためには、国道57号上流側に土石流被害区域の拡大を防止する施設が必要である。

平成6年の梅雨期を迎える前に、警戒区域内の3号遊砂地周辺の施設整備を図ることが土石流による被害区域の拡大防止につながる。そのためには、警戒区域を縮小するか、もしくは警戒区域内で砂防工事を行うかの2案が考えられた。警戒区域を防災工事のために縮小した場合、一般住民の立入りを制限することが困難である。また、工事中の作業員の安全が確保されないままでの工事は危険である。

このような状況を踏まえて建設省雲仙復興工事事務所は警戒区域の設定の有無にかかわらず、火砕流およびその熱風に対して砂防工事を安全に施工するシステムを検討する「雲仙・普賢岳直轄火山砂防事業に関する安全対策委員会」を平成6年2月に設置した。この委員会の初会合で、警戒区域内において仮設導流堤を国道57号を起点として左岸側は1号砂防ダム袖部まで1,040m、右岸側は設置予定の4号遊砂地上流までの570m区間に施工することが認められた。陸上自衛隊によって高さ3mの土堤が既に施工されていた。この土堤は応急対策として築堤されたものであり、土石流による侵食、洗掘および衝撃に対して破壊されやすい構造となっている。

建設省はこの土堤を活用して鋼矢板の打設およびソイルセメントで補強しながら仮設導流堤を建設した。火砕流に対して安全を確保するために、監視・警報施設、避難対策、安全施設などの安全対策を立案し、委員会で審議して、決定した。この委員会で陸上自衛隊による火砕流発生の無線通報を活用した、作業員の避難計画が策定された。火砕流本体部が工事区域に到達する時間3.8分～4.5分に対し、計画熱風範囲外までの避難距離は400m～600m程度となる。

このため、徒歩による避難は困難で、車両による避難方法が計画された。避難シミュレーションによって避難行動計画のシステムが検証された。工事に当たっては、避難マニュアルを作成し、作業従事者に避難方法の周知を図るとともに避難訓練を毎週1回定期的に行いながら、仮設導流堤が建設され、平成6年7月31日に完成した。

表-3 雲仙における無人化施工の公募した技術内容と施工条件(文献6より引用)

番号	技術の内容	技術水準
1	不均一な土砂の状態でかつ、岩の破砕を伴う掘削と運搬	直径2~3m程度の岩の破砕が可能であること
2	現地の温度、湿度条件に 対応可能	外周条件として一時的には温度100℃、湿度100%程度の状況下でも運搬可能であること
3	施工地域を遠隔操作することが可能	100m以上の遠隔操作が可能なこと

平成6年5月当時、3号遊砂地に土砂が堆積していたため、遊砂地の機能を果たしていなかった。その機能を回復させるために、3号遊砂地の除石が平成6年5月の安全対策委員会において検討された。無人化施工による除石は、有人施工に比べ工事費が割高になるため、火砕流に対する作業従事者の安全が確保できる範囲については有人施工が検討された。これによって、3号遊砂地周辺の除石範囲が決められた。このような委員会の承認にもとづいて、建設省雲仙復興工事事務所は6月20日から警戒区域内に堆積した土砂の除去作用に着手した。梅雨時期を考慮し、10日間程度の工期とし、今回は国道57号から3号遊砂地の下流部分までの幅150m、奥行き200m、15,000m³の土砂を除去し、被災前の現地形にした。

b) 無人化施工⁶⁾

火砕流に対する警戒区域が長期にわたって設定されている。地域の安全を早期に確保するためには、警戒区域内での施工技術が望まれていた。有人施工の検討に先立って、建設省は平成5年度より導入された試験フィールド制度を利用した無人化施工を平成5年7月に一般公募した。実施に当たっては、表-3に示す公募のための施工条件が要求された。その後、応募があった34社45件について書類審査ならびにヒアリング調査が行われ、「雲仙における無人化施工に関する委員会」において技術水準を満足し、かつ平成5年度内施工が可能と判断された6社の提案の技術が採用された。いずれも砂防区域内で施工可能な技術が採用された。各施工箇所は、国道57号上流の警戒区域内に1、2工区、下流に3、4工区、国道251号下流に5、6工区が設置された。工事の内容は無人のブルドーザー、バックホウ、ダンプトラックなどを遠隔操作により土砂の掘削、積込、運搬の一連の作業を行うもので、6社合計の施工量は、約30,000m³、面積は約22,000m²であった。平成6年3月に除石工事が実施され、以上のような試験施工の実績に基づいて今後の砂防事業への実用化が可能かどうか、評価・検討がなされた。この結果、無人化施工の有効性が確認され、今度の防災工事に採用されることになった。現地の施工結果から有人施工に対する無人化施工の施

工効率は、約50%程度と評価された。有人施工の安全が確保されない3号遊砂地の土砂除去については無人化施工による土砂除去が平成6年10月から平成7年3月に実施された。

c) 砂防の恒久対策

水無川流域には、仮設導流堤の完成、水無川本川の拡幅堤防の嵩上げが完成し、平成5年4月28日の土石流には対応できるような容量が確保された。しかし、水無川と導流堤に分流させることができるかどうか、連続した降雨に対して除石が間に合うかどうかなどの不安がある。この流域の安全を確保するためには、基幹ダムである水無川1号砂防ダム(図-3参照)の早期着工が地元から強く要望されていた。また、平成5年6月の建設省の応急・緊急対策委員会でも、1号砂防ダムの袖部の着工が決定していた。平成7年度の建設省の概算要求で水無川1号砂防ダムの建設が認められた。1号砂防ダムの基本計画が終わってから、建設省は、「水無川1号砂防ダム施工計画検討委員会」を平成7年1月に設置した。ここで、①溶岩の供給量が数万m³/月で推移していること、②山頂東側に新たな溶岩ドームが発生しないことを前提に有人施工の計画を決めた。工事の安全対策として、火砕流発生前の前5日、前10日の火山性微動の回数を指標に、火砕流の到達距離を到達レベルⅠ、到達レベルⅡ、到達レベルⅢと決めた。このレベルごとに安全対策を検討するとともに、施工計画を策定した。

この安全対策は、これまでの火砕流の発生の状況をもとにシステム化されており、前回の計画よりもはるかに良くできており、成果が期待される。また、工事に先だって、4号遊砂地の掘削が行われ、応急・緊急対策の充実が図られた。

4. 火山災害に対応できる都市施設の整備

都市施設が自然災害を受けると、市民生活が大きな影響を受けるため、都市住民の生命、財産を守るため都市防災が行われてきた。これまで、震災対策、それに伴う火災対策、風水害対策が重点的に行われてきた。今回の雲仙・普賢岳の火山災害で、火山灰、火砕流、土石流、噴石などによる市街地への影響が大きいことが改めて示された。火山活動に対する都市防災の必要性が、市街地および都市域の拡大に伴い増している。日本には83の活火山があり、毎年約10の活火山で噴火や火山性異常現象が生じており、その活動が市街地に被害を及ぼす可能性が潜在的に存在している。しかし、火山災害が最近市街地で発生していないため、都市防災対策は確立していない。

鹿児島市および島原市などの火山地域の市街地にお

表-4 火山災害要因に対応する対策・検討項目

災害要因	対策・検討項目
降灰・噴石	<ul style="list-style-type: none"> 道路、公園、建築物等に堆積した灰の効率的な除去方策 排水路等に流入した灰の除去方策 灰の処分方策 堆積した灰の重量に耐えうる建築物、工作物
土石流・泥流	<ul style="list-style-type: none"> 砂防対策による市街地への影響排除
地震	<ul style="list-style-type: none"> 不燃化の推進による火災の防止 建築物、工作物の耐震構造化 防災訓練の実施

表-5 都市施設等の整備・活用方針

都市施設等	整備・活用方針
土地利用の方針	<ul style="list-style-type: none"> 災害危険性から判断した危険地域の判定等 土地利用のあり方
公園	<ul style="list-style-type: none"> 防災活動拠点、仮設住宅建設地 防災ヘリポート用に供しうる防災空き地 飲料水、食料等の備蓄基地 危険区域と市街地を遮断する緩衝地帯
道路	<ul style="list-style-type: none"> 避難者の避難路 救援物資等の緊急輸送路 灰の堆積場所、仮置き場としての活用
都市下水道	<ul style="list-style-type: none"> 灰の堆積防止による機能の維持

いては、「活動火山特別措置法」により、堆積土砂排除事業および降灰除去事業などが道路に対して実施されている程度である。建設省都市局では、火山災害に対して強い都市づくりを推進するため、火山災害要因に対応した市街地整備のあり方と、復旧・復興活動の支援が可能となる都市施設の整備水準、整備方策を検討し、あわせて火山活動に対応した市街地整備に関する指針を策定する委員会を平成4年に設置した。この委員会の名称は「火山活動に対応した都市の防災対策に関する調査委員会」で、数回討議が行われた。

火山災害は噴火の規模が大きくなると、対策可能な計画規模を超えてしまう。このため、現実的な施設による対応が困難であること、火山発生危険区域を事前に設定することが困難であること、火山の周辺地域が都市計画決定されていないために都市計画的に土地利用規制をすることになじまないことなどもあって、指針の策定までには至らなかった。現在、国土庁によって全国の活火山のハザードマップが作成され、公表されつつある。ハザードマップに提示された災害発生リスクの高い地域の都市施設には対策が必要と思われる。災害が発生してからの対策は不可能に近い。

この委員会で議論された都市施設の防災対策の項目と整備・活用方針の例を表-4、5に示す。これらをもとに議論した火山活動に対応した都市の防災対策のあり方の都市計画的対応をまとめると、表-6のようになる。火山災害から市街地を守るために、土地利用規制や市街地開発事業の活用とともに、都市施設による対応が挙げられている。土石流から道路を守るため地下化および公共施設の地下を利用した備蓄基地などの活用など

表-6 噴火活動に対応した都市の防災対策のあり方—都市計画の対応

種類	内容
土地利用による対応	<ul style="list-style-type: none"> 市街化区域および市街化調整区域 地域地区
都市施設による対応	<ul style="list-style-type: none"> 地下利用 <ul style="list-style-type: none"> ①施設地下利用：公園などの公共施設の地下 ②道路の地下化 地上部での防御、避難機能および降灰対応機能の強化 <ul style="list-style-type: none"> ①道路の活用 ②上部、高地域への避難機能の確保
市街地開発事業による対応	<ul style="list-style-type: none"> 土地区画整理事業

表-7 雲仙普賢岳の火山災害の被災地における都市施設の火山災害対策

対象	対策
道路	高架化 迂回路 道路情報板 海上代替交通 スリップ止め
鉄道	高架化 代行バス 降灰対策（ポイント、車両）
都市ガス	ブロック化
電力	降灰対策 送電鉄塔の防護、移転、高鉄塔化 移動発電機基地（孤立対策）
電気通信	伝送路の2ルート化 通信ケーブルの地下埋設 ルート変更（海岸ルート、川底ルート） 公衆電話機の火山灰対策
上水道	鋼製防護柵 自家発電機
住宅	地盤の嵩上げ 土地区画整理事業

がある。さらに、地上部では道路や公園などのオープンスペースを利用した住民の大量避難のための退避スペース、土石流から避難するための高い地域への退避機能、降灰を除去しやすい施設の構造改善などがある。このうち、道路の活用と土地区画整理事業は、雲仙普賢岳火山災害による被災地の復興計画でも取り上げられている。道路の活用は、地域連携軸構想「道の駅」を火山地域では一時退避機能、降灰堆積機能を合わせもたせようとする発想である。「島原地区防災都市計画策定調査」⁷⁾（平成5年9月）では、退避スペースの確保のために提案されている。市街地開発事業の一つである土地区画整理事業は、土砂に埋まった水無川下流域の安中三角地帯を嵩上げて区画整理を行い、住宅を復興するために計画されている。この他に島原市では、道路の側溝のふたを降灰を流しやすいグレイチング構造にして欲しいという市民の要望が高い。

島原市の都市施設とライフラインが今回の火山災害を教訓に導入した対応策をまとめると、表-7の結果を得る。ライフラインでは、ブロック化、ネットワーク化、多ルート化による孤立防止対策の他に、土石流対策とし

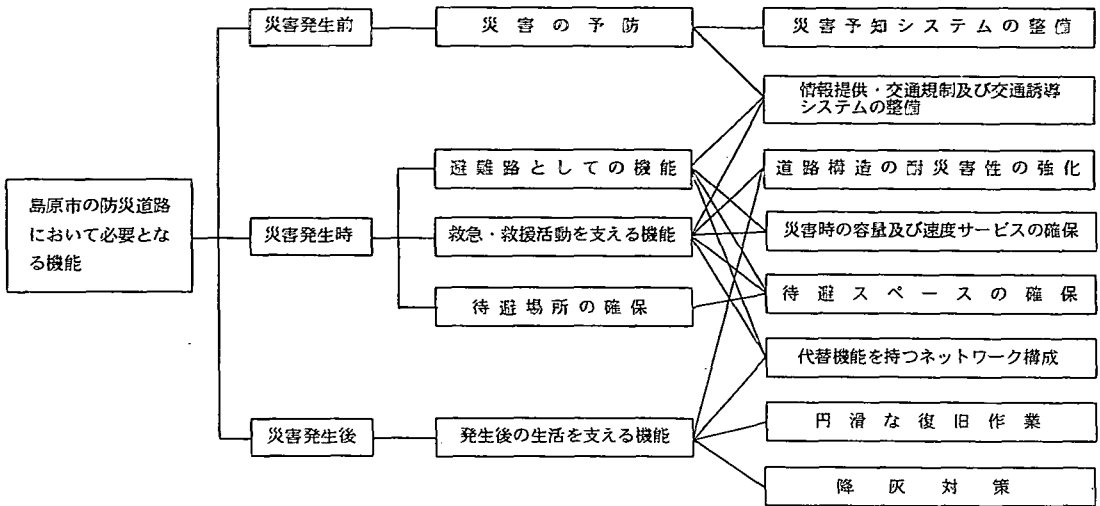


図-6 島原市における防災道路の機能と整備のあり方 (文献7を引用)

て、鉄塔基部のコンクリートブロックによる補強、通信ケーブルの地中化、火砕流の影響を受けない位置への送電鉄塔の移設、高鉄塔化などの工夫がなされている⁸⁾。土石流・火砕流による有線の通信ケーブルの代替として、無線ルートが採用された。降灰は、電気の絶縁抵抗の低下、エンジン・モーター、空気取り入れ口の目づまりなどが生じ、停電、信号機の故障、列車のストップなどが生じた。屋外にある公衆電話機の故障も相次いで発生した。火山灰がテレホンカードやコインを読み取るセンサーに付着して故障が生ずる。これに対して、NTT長崎支店は島原半島内8か所に、火山灰の侵入を防ぐ「ファン付き公衆電話機」を試験的に導入した。

5. 火山活動と共生できる道路整備の課題

火山活動や土石流による災害が今後も続くことを前提として、災害に対応した道路整備を推進する必要性が生じた。長崎県は、平成4、5年度に「島原地域防災都市計画策定調査」⁷⁾を行い、今回の噴火災害を踏まえた道路の見直しを行い道路整備を進める上でのマスタープランを作成するための議論をし、これをまとめた。島原地域における防災道路に必要なとされる機能をまとめたのが図-6⁷⁾である。このフローをもとに、道路整備のあり方をまとめると次の結果が得られる。

- ①災害予防システムの整備・・・災害予知システム、情報提供システム、交通規制および交通誘導システムの整備
- ②道路構造の耐災害性の強化・・・土石流対策として橋梁方式、火砕流対策としてトンネル方式の適用

- ③災害時における円滑な避難路の確保・・・避難路としての容量および速度水準の確保
- ④避難スペースの確保・・・災害時の避難場所として機能させる「道の駅」の設置
- ⑤代替機能をもつ道路ネットワークの構成・・・島原深江道路の重要性(諫早道路先行事業)
- ⑥円滑な復旧作業と降灰対策・・・土石流堆積土砂の排除、降灰除去などの対策

また、現状において上述した火山活動に耐えうる道路の課題を満たす道路整備の方針をまとめると

- ①災害時の円滑な避難路の確保策として
諫早方面への新規幹線道路「島原諫早道路」は、国道251号とともに災害時の避難、救急、救援活動を支え、災害時の地域住民の生活を保証する道路の役割を果たすことが期待される。

- ②避難スペースの確保策として

「道の駅」は平常は道路利用者に憩いの場を提供し、観光都市“島原市”を演出するとともに地域振興の核となる施設であるが、災害時には1次待避スペースとして機能するものである。駐車場、物産館、休憩施設、観光案内、道路情報の提供の他に待避シェルターを有する施設とする。「道の駅」の活用は、よいアイデアでは是非とも実現が期待される施設である。大量避難が必要とされる場合の集合スペースとしても、使用可能である。

- ③道路構造の耐災害性の強化

国道57号の水無川流域は現在、火砕流に対する警戒区域となり通行止めとなっている。また、同地区は、砂防工事の導流堤建設予定地でもあり、このままの道路構造では土石流対策上も問題がある。恒久対策として土石

表-8 地区別配布数、回収数および回収率

地区	世帯数	配布数	回収数	回収率
三金地区	1 1 5 8	1 2 0	8 2	6 8 . 3 %
杉谷地区	1 2 6 3	1 2 9	9 3	7 2 . 1 %
森岳地区	2 8 6 3	2 7 9	2 1 1	7 5 . 6 %
盤丘地区	2 5 4 6	2 4 6	1 5 5	6 3 . 0 %
白山地区	2 9 5 6	2 8 7	2 2 0	7 6 . 7 %
安中地区	1 9 7 8	2 0 2	1 2 8	6 3 . 4 %
N. A.	-	-	6 3	-
合計	1 2 7 6 4	1 2 6 3	9 5 2	7 5 . 4 %

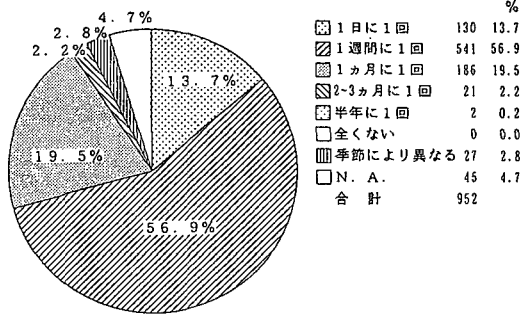


図-7 平成5年の降灰の発生頻度

流および火砕流に対して安全なトンネル方式もしくは土石流に対して安全な高架方式の道路構造の検討が必要である。

6. 降灰に対する都市基盤の整備⁹⁾

(1) アンケート調査の概要

火山活動に伴って生ずる降灰に対して、市民のニーズを知るために、著者らは、平成5年10月から同年12月にかけて島原市全体の1割程度の世帯を対象にアンケート調査を実施した。調査票は、島原市内の190の町内会の各町内会長に配布を依頼し、郵送方式で回収した。合計1,263部を配布し、75%程度の回収を得た(表-8)。アンケートの第1部では、降灰の発生頻度の認識や生活面、職業面への降灰の影響などを聞き、第2部では、生活基盤や道路整備に対する市民のニーズ、長期化した場合の基盤整備が必要と思われることを聞いた。

(2) 降灰の発生頻度の認識について(平成5年)

島原市における降灰の発生頻度は、火山の爆発よりもむしろ火砕流の発生頻度に大きく関係しており、火砕流の発生頻度の高い月ほど多量の降灰に見舞われる。降灰を受ける地域は、火砕流の発生頻度や風向きなどに大きく関係しており時期的に異なる。平成5年は5月から7月にかけて特に大量の降灰に見舞われたが、平成5年の1年間を通してみると、市民の半数以上が平均して「1

表-9 自家用車以外で、日常生活の中で降灰の影響で故障しやすくなったもの

項目	N = 5 1 7 人 (複数回答)	
	人数(人)	(%)
公衆電話	7 8	1 5 . 1
自動販売機	1 0 6	2 0 . 5
交通信号機	1 1	2 . 1
鉄道の遮断機	2 1	4 . 1
空調器(クーラー)	3 0 1	5 8 . 2
その他	2 3 8	4 6 . 0
N. A.	8	1 . 5

週間に1回程度」であったと認識していることがわかる(図-7)。樹木や空地に堆積した降灰が、風によって舞い上がり、長期間地域に影響を及ぼす。

(3) 日常生活への影響

噴火前に比べ水道の使用量が増えたかどうかを尋ねた結果によれば、実に95%以上が噴火前に比べ水道の使用量が増えたと回答している。降灰は、風や自動車の走行によって巻き上げられて屋外で作業をする人や歩行者などに降りかかったり、また周辺の住宅の敷地内に灰が入り込むなどして二重の影響を及ぼすため、住民は歩道、道路などに散水することが習慣となった。これに伴ってほとんどの家庭で「水道の使用量が噴火以前に比べ増加した」と回答している。市民からの水道料金の減免の要望が島原市に寄せられたが、水道事業は独立採算制であるため、減免は実現されていない。島原市の上水道はすべて地下水に依存しており、ダム建設の必要性がないため、水道料金は周辺の市や町に比べて半分程度である。島原市水道課の調査によれば、降灰除去による水道料の上昇は全体で5%程度であった。

大量の降灰に見舞われると、国道や県道が通行止めになったり、徐行運転のため交通渋滞が発生する。道路に積もった火山灰によって、スリッパ事故やバイク・自転車の転倒事故が発生している。アンケートによれば、26%がスリッパ事故や転倒事故を経験している。道路上の降灰が自動車の走行によって巻き上げられることもあって、島原市ではバイクや自転車に乗る人が減少した。また、噴火開始当初は、信号機や遮断機が誤作動したため、漏電対策や除去対策が行われた。

市民すべてが自家用車をもっているわけではないが、全体の半数程度の人が降灰で自家用車が故障したことがあると回答した。その故障内容は「窓(電動式のパワーウィンドウ等)」や「エンジン」、「電気系統」など多岐にわたっている。自家用車以外にも「空調器」や「自動販売機」、「公衆電話」などが降灰の影響で故障しやすい(表-9)。そのほか、ガス湯沸器、パソコン、ワープロ、コピー機、AV機器、カメラなども挙げられて

表-10 日常生活で、降灰で困ること

N = 952人 (複数回答)			
項目	人数	(%)	
降灰の除去	877	92.1	
洗濯物が外に干せないこと	902	94.7	
車の故障やいたみ	482	50.6	
自転車に乗れないこと	163	17.1	
目やのどなどの痛み	603	63.3	
子供が外で自由に遊べないこと	347	36.4	
家鼠のいたみ	534	56.1	
植木や草花が育たないこと	699	73.4	
飲料水への不安	241	25.3	
窓が開けられないこと	882	92.6	
戸や窓が開けにくくなること	667	70.1	
ペット(犬や猫など)を飼いにくくなったこと	108	11.3	
家畜に健康などで何らかの変化があったこと	26	2.7	
水道料の負担が大きくなったこと	585	61.4	
屋根の雨どいが詰まること	802	84.2	
太陽熱給湯器の能力が低下した	329	34.6	
その他	77	8.1	
N. A.	21	2.2	

表-11 まちづくりのうえで、降灰に対して必要なこと

N = 952人 (複数回答)			
項目	人数	(%)	
歩道にシェルターをつける	131	13.8	
地下街をつくる	81	8.5	
散水車の台数を増やして迅速に除去する	730	76.7	
散水車が入れないような狭い道路の降灰除去	663	69.6	
降灰注意報などの情報を流す	356	37.4	
降灰を流しやすいように側溝の構造を工夫する	618	64.9	
ドーム式のプールやスポーツ施設をつくる	364	38.2	
降灰置き場の指定および撤出方法を改善する	350	36.8	
その他	30	3.2	
N. A.	30	3.2	

ととなり、これもまた家計の負担につながっているようである。雨どいの修理は一時シルバー人材センターが行ったが、危険であることの理由で中止された。

(4) 降灰対策に対する個人や地域の工夫

これまで述べてきたように、降灰が市民生活に及ぼす影響は、健康面や生活面、職業面など多岐にわたっている。これに対し、個人や地域でもいろいろ工夫をして降灰除去を行った。

個人では、雨どいを取り外したり、あるいは家の周囲にU字溝を作って屋根の灰を流し込むなど、住宅面での工夫が特に目立っている。また、地域的には、共同で降灰除去作業を行ったり、散水用の水中ポンプを貸し出すなどして降灰を除去している。地域での共同作業は、個人ではできないような場所の降灰を除去できることおよび降灰を全域で除去できるため、その効果が大きいなどの利点があるが、作業に参加しない者や、会社勤め、病気がち等で参加できない者もあり人間関係がぎくしゃくしマイナス面が出てきたといった意見も聞かれた。

(5) これからのまちづくりへの要望

今後噴火活動が長期化した場合、まちづくりのうえで必要と思われることを聞いたところ、表-11の結果を得た。「散水車の台数を増やし、降灰を迅速に除去できるようにすること」や「散水車が入れないような狭い道路の降灰除去」、「降灰を流しやすいような側溝の構造を工夫すること」が選ばれている。これらはいずれも降灰の除去に関する項目であり、「シェルターの設置」や「地下街を造る」といった降灰から逃げるための対策に関する回答は少ない。学校のプールが屋根付きに改造されたが、屋外施設を積極的に造るべきだとまで言っていない。

(6) 行政への要望

活動火山対策法に基づいて、国は道路などの降灰除去事業などの補助や、降灰防除対策として、学校、保育所、福祉施設の空調設備などの整備を行ったり、医療施設、

おり、屋外に設置されているものばかりでなく室内に置かれているコンピュータなどの機械類にまで影響が及んでいる。火山灰がセンサー部分に付着することによって、誤作動が生ずるようである。

島原市では、降灰袋および散水セットの各世帯への配布、水中ポンプを公民館に配備している。道路、学校などの公共施設の降灰除去は行政が行い、私有地を個人が行っている。個人が除去した降灰は、降灰袋に詰めて所定の場所に置き、島原市が回収している。道路の降灰除去は散水車によって側溝に流している。

島原市における降灰は、火砕流の発生に伴って砕けた火山灰であるため、鹿児島県の桜島における爆発に伴う降灰に比べると粒子が非常に小さい。そのため、屋外に設置された公衆電話や自動販売機の硬貨投入口から内部に入り込んだり、小さな隙間などから室内に侵入した火山灰がコンピュータ類の内部に入り込んだりして故障の原因になっているものと考えられる。

日常生活全体について、降灰の影響で困っていることを尋ねた結果を表-10に示す。これを見ると、特に「降灰の除去」、「洗濯物が屋外に干せないこと」、「窓が開けられないこと」の3項目については住民のほぼ全員が困っている。そのほか、「雨どいが詰まること」や「植物が育たないこと」、「戸や窓が開閉しにくくなること」などが続いている。降灰は、放置しておくとならぬなどによって再び空中に巻き上げられるため、降灰があるたびに除去しなければならず、除去作業は市民にとって苦痛となった。また、降灰の室内への侵入を防ぐため夏季の暑い日でも窓を開けることができず、クーラーの使用が多くなり電気使用料金も増大する。雨どいが詰まると修理が必要となるが、素人には難しく専門業者に依頼するこ

中小企業に対する降灰防除のための資金融資を行っている。長崎県は国の対策では対応できない分野を、長崎県義援金基金をもとに補完し、園芸施設の降灰対策として防塵ビニールハウス、付帯設備などの助成を行っている。地元の市や町では、義援金基金を用いて、国および長崎県の対策に対して補助率のかき上げを行ったり、生活に密着した対策を行っている。島原市の建設課によれば、平成5年6月現在の統計で、1世帯平均80袋、1トン強の火山灰が搬出されている。

降灰対策に関して行政への要望を聞いたところ、表-12に示す結果を得た。現在撒水車は国道などの大きな道路にだけ導入されており、幅員が4m以下の狭い道路は撒水車が入って行けないこともあり導入されていない。そのため、周辺に住む市民の手によって散水や降灰除去がなされているが、これはそう容易な作業ではない。特に「歩道や狭い道路への散水、降灰除去」が行政の手によって行われることを市民は強く望んでいる。行政は降灰の発生がいつまで続くかという判断がつかかかねていた。早期に終息すれば、過大投資になるため、歩道や狭い道路の降灰除去の機材の導入は行っていない。

また、島原市が行っている降灰袋の配布と回収に関しても、降灰袋が捨てられるペースに比べ、回収ペースが遅すぎることもあるため、放置されたままの降灰袋もある。市民は回収ペースを早くしたり、除去した降灰を個人でも捨てることのできるような場所の確保などを行政に望んでいる。しかし、各人が降灰を捨てに行くシステムにすると、降灰以外のゴミも混じるおそれもあり、島原市はこれを認めなかった。住民から、鹿児島で使用されている吸収式の降灰除去車の導入の要望があったが、島原の降灰の粒子が細かいため使用できないとの結論になった。

7. まとめ

本研究では、災害の長期化に伴う防災対策、都市基盤整備のあり方および市民のニーズについて述べた。以下、得られた結果をまとめると、

(1) 火山災害には、災害の長期化を前提とした防災対策の立案が必要である。地域における被害拡大防止のためには、応急・緊急対策を積極的に行うべきである。

(2) 火山災害が継続しても防災工事が行われるように、今回無人化施工および安全管理システムを作成しての有人施工が導入された。応急的な土のう積みや矢板工だけでは、被害の拡大を防げなかったことを考慮すると、これらの手法を用いた本格的な応急・緊急対策は有効で、合理的な方法であり、今後の活用が望まれる。

(3) 火山災害が発生するおそれがある市街地では、

表-12 降灰対策で行政に望むこと

項 目	人数
歩道や狭い道路への散水	69
水道料金の値下げ、割引、減免	54
灰の迅速な除去	53
撒水車の台数を増やす	47
降灰袋をもっと早く回収するか、個人で捨てられるような場所の確保	31
側溝の構造の改善	27
降灰除去専用車(吸引式)の導入	15
降灰状況を知らせる	13

道路、公園、側溝、ライフラインなど都市施設を土石流、降灰、火砕流に対して安全を確保できるような対策を立案することが必要である。現在作成・公表されている活火山のハザードマップをもとに、避難対策だけではなく、土地利用や都市基盤の確保管理についても検討することが必要である。震災対策や風水害対策と同様に火山災害対策を整備すべきである。

(4) 火山市街地では、多量避難が考えられるために、避難道路の確保が重要である。避難道路の機能を果たすためには、道路容量の確保が必要である。また、多量避難の退避スペースとして、「道の駅」を整備するアイデアが提案されており、市外への市民の脱出時の集合場所などに整備することが望まれる。

(5) 降灰は被災地のみならず、地域全体の市民生活に影響を及ぼす。火砕流の降灰は粒子が細かく、家屋や機械などに入り込み、除去も水で流すしかなく、処分が大変である。市民アンケートによれば、生活全体に影響を及ぼしている。市民は、降灰対策として、撒水車が入らない4m以下の道路、歩道、公園、駐車場、空地などの降灰の除去を行政に要望している。また、降灰が流しやすい側溝の構造改善、降灰袋の早期回収や個人による降灰袋の搬入を望んでいる。

(6) 降灰に強いまちづくりについて市民意見を求めたところ、シェルターや地下街などの降灰の影響を受けない施設のニーズは少なく、降灰の能率的な除去を望んでいることが明らかにされた。

本報告をまとめるにあたって、建設省雲仙復興工事事務所、長崎県災害対策本部、島原市災害対策本部、長崎県島原振興局、東京大学社会情報研究所、NHK長崎放送局、著者が参加している土木学会および建設省などの行政機関の委員会、新聞報道記事をはじめ、数多くの組織および個人の資料、意見を参考にしたことを付記する。また、本研究を行うにあたって、平成5年度長崎大学教育研究学内特別経費(学長指定プロジェクト)および平成5年度(財)前田記念工学振興財団の研究助成を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 高橋和雄：災害様式、火山に伴う二次的影響、地域社会へのインパクト、土木学会平成5年度全国大会研究討議会「火山工学—その範囲とイメージ」、pp. 7~12, 1993. 9.
- 2) 国土庁：防災白書(平成4年度), 1992.
- 3) 長崎県：雲仙普賢岳災害、島原半島復興・振興計画, pp. 158~178, 1993. 12.
- 4) 長崎県災害対策本部：雲仙・普賢岳噴火災害の記録, pp. 9~13, 1993. 12.
- 5) 西日本新聞：普賢岳被災地全域を買収、火山公園に誘導型長大導流堤建設 諫早干拓へ移転促進す 都市防災研が復興基本構想, 1993年7月16日.
- 6) 松井宗広, 井頭邦明, 城ヶ崎正人：火山噴火対策における無人化工事, 土木施工, 36巻, 4号, pp. 65~71, 1995. 4.
- 7) 長崎県土木部：島原地区防災都市計画策定調査報告書, 全92頁, 1993. 9.
- 8) 高橋和雄, 藤井 真：長期化・大規模化した雲仙普賢岳の火山災害におけるライフラインの被害と復旧に関する調査, 土木学会論文集, No. 549/I-37, pp. 261~276, 1996. 10.
- 9) 高橋和雄：降灰が市民生活に及ぼす影響および基礎的基盤の整備に関する調査報告書—火山と共生する島原に向けて—, 長崎大学工学部社会開発工学科土木構造学研究室, 全82頁, 1994. 3.

(1995. 12. 15 受付)

AN INVESTIGATION ON CONSTRUCTION OF FACILITIES AND EQUIPMENTS FOR COUNTERMEASURES AGAINST DISASTERS AND URBAN FACILITIES LEARNED BY PROLONGED AND ENLARGED VOLCANIC ACTIVITY OF MT. FUGEN IN UNZEN

Kazuo TAKAHASHI and Makoto FUJII

The long-term volcanic activity of the Fugendake of Unzen Volcano rendered severe bad effects on the local economy in commerce, industry and agriculture. The Ministry of Construction showed a project to construct a superdam for erosion control. Following up on the making the reconstruction plan, the reconstruction plan in Unzen eruption hazard area is investigated. It is very important to accommodate facilities and equipments for countermeasures against disasters and urban facilities to the long-term volcanic activity in Shimabara district. A survey is undertaken to know need about the countermeasure for improvement of urban infrastructure, considering the prolonged volcanic activity. In this paper, the results are shown and discussed.