

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

高橋和雄¹・藤井 真²

¹正会員 工博 長崎大学教授 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 工学部社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1-14)

長期化・大規模化した雲仙普賢岳災害の火山災害における電力、都市ガス、上水道および電気通信のライフラインの災害事前対策、応急・緊急対策および恒久対策を述べる。火山災害時におけるライフラインの防災、安全対策、供給停止および再開に向けての課題および継続災害中における復旧計画のあり方を実態調査に基づいて明らかにした。特に、今回の噴火災害において警戒区域の設定、解除にあたって考慮されなかったライフライン施設の管理・再開のプロセスについての課題を詳述する。

Key Words : *lifeline systems, volcanic disaster, off-limit area, pyroclastic flow, restoration plan*

1. まえがき

大規模な災害によって、電力、都市ガス、上水道、電気通信といったライフラインが障害を受けると、市民生活が甚大な影響を受ける。このために、災害が予測される場合には事前対策、生じた場合には応急対策が各機関によって行われている。ライフラインは都市システムを構成しており、市民の生活の確保はもちろん、経済活動に障害とならないように、システムづくりや復旧対策が要求されるようになってきている。

平成2年11月17日に雲仙普賢岳の噴火に伴って、火山噴火予知連絡会や各防災機関は198年前の噴火時の展開と同じ、溶岩流出、地震発生、眉山の崩壊と続く災害発生シナリオを警戒した連絡体制を整備し始めた。平成3年2月26日に島原市が、眉山崩壊に備えた特別避難計画(5,400戸, 17,000人)を公表すると、電力、都市ガス、上水道および電気通信のライフラインは、災害対策を検討し、システムを守るための防災対策、従業員の安全対策などを立案して災害に備えた。

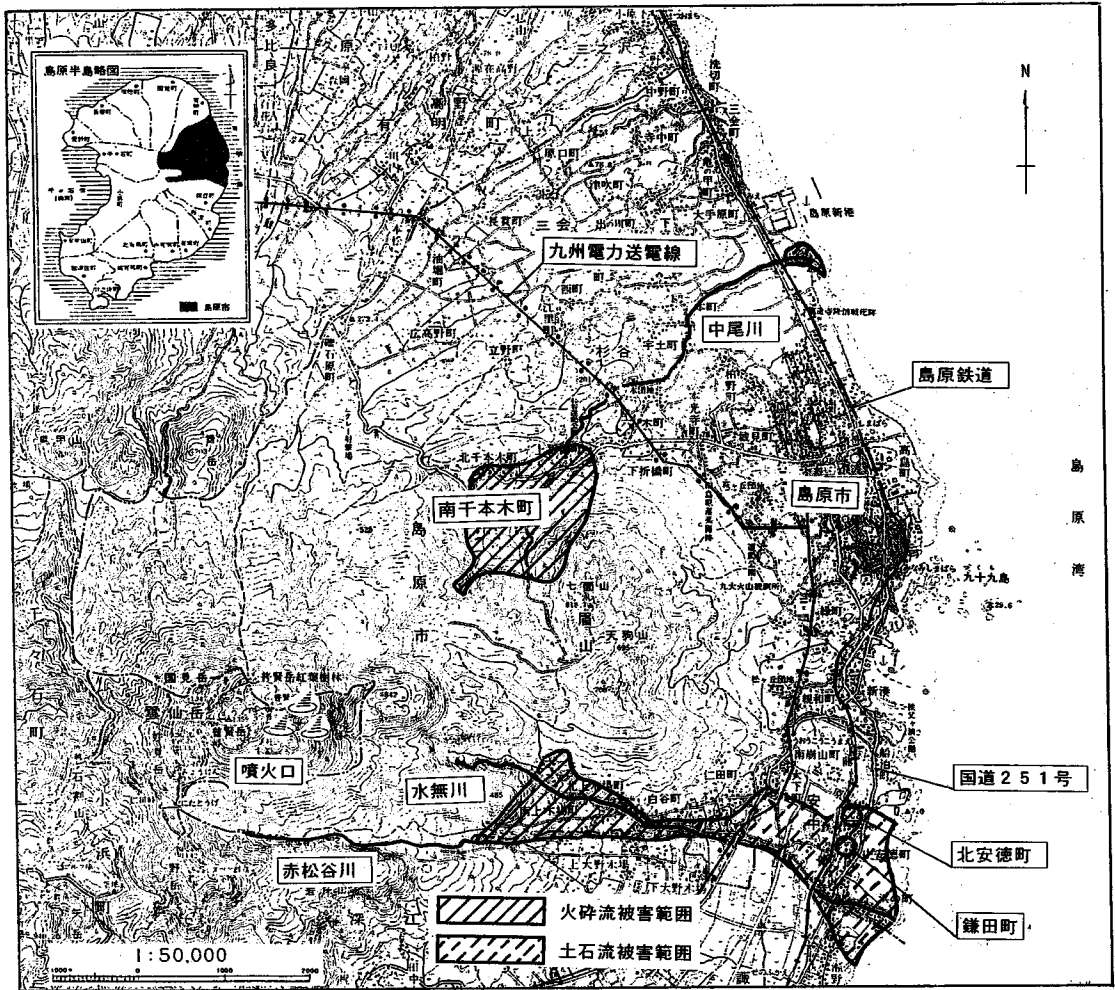
平成3年2月の噴火による多量の降灰で、梅雨期における土石流、泥石流発生の危険性が指摘されたが、梅雨入り前の平成3年5月15日に島原市南部の水無川で最初の土石流が発生すると、各機関は応急復旧、監視、巡回を始めた。同時に、水無川を横断する送電線、配電線および通信回線の切断対策(代替手段の導入、送電系統の変更など)、システムのブロック化もしくはネットワーク化などを図る緊急対策を実施した。

土石流については、これまでの国内外における火山地

における経験からその対策が可能であった。しかし、当初まったく予想されていなかった火砕流が平成3年5月24日に発生すると、災害対策は大きく変わってきた。火砕流に対してはその破壊力の大きさと人命の危険性からハード的対策は不可能であり、しかも発生してからの避難は困難である。そのため、水無川流域には、人命を守ることを目的とした立ち入りを制限する災害対策基本法第63条に基づく警戒区域が長期間設定された。

火山噴火に対して人命を守るためには、警戒区域を一刻も早く設定する必要がある。したがって警戒区域を設定するにあたって島原市および深江町は、警戒区域内に含まれるライフライン施設の維持管理および被災した場合の区域外への影響を検討しなかった。警戒区域内では火砕流・土石流によって被害を受けた施設の復旧はできないので、システムの被害は拡大するに任せざるを得なかった。このような状況下、各機関では、島原半島全域のライフラインを確保するための変電所の新設および無線回線の利用などによる代替システムの導入、避難した住民の避難所および仮設住宅へのサービス、防災機関やマスコミへの需要増に忙殺された。その後も島原市北部の中尾川流域の土石流や千本木地区への火砕流の危険が迫ると、島原市の孤立防止対策を実施した。

警戒区域の設定が100日を越えた平成3年9月中旬になると、警戒区域解除後の復旧対策が課題となり、想定されるさまざまな解除の段階に備えた復旧資材、人員の確保を検討し始めた。応急対策によって、避難勧告解除地域の住民の生活再開を可能にした。しかし、平成5年5月からの水無川および中尾川流域への土石流・火砕流



図一 雲仙普賢岳の噴火災害による被災地域

被害の拡大に伴って、島原市の孤立防止対策が再び緊急課題となった。応急・緊急対策が終わると、平成5年の後半から、火山災害に強いライフラインの再整備に向けた恒久対策が検討され始めた。

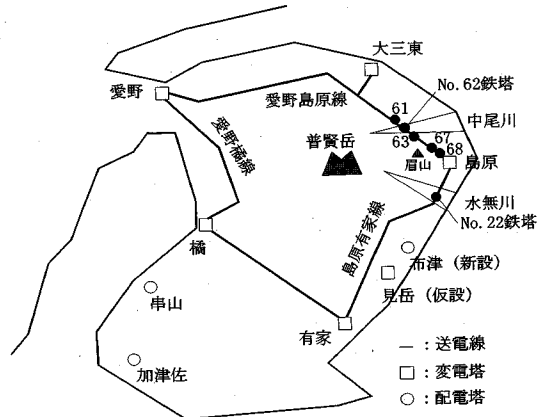
本報告では、電力、都市ガス、上水道および電気通信といったライフラインが、この雲仙普賢岳の火山災害に対し行ってきた事前対策、応急対策および恒久対策を、災害直後からの関係者へのヒアリング、資料の収集および災害復興計画や島原市勢振興計画（地方自治法に基づく市町村計画、総合開発計画）の策定にあたって著者らが行ってきた基礎調査をまとめる。さらに、火山災害時のライフラインの今後の危機管理に対する提案を行うものである。

2. 地域特性

雲仙岳を囲む島原半島は、島原市と深江町の他15町(1市16町)からなる。地理的には、愛野町を頸部とし、中央に雲仙岳があるため地理的に不利な形となっている。道路、鉄道や電力の送電線は地形に従順に半島の海岸線に沿うように配置されている。このために、交通体系やライフラインのネットワーク化やバイパス化などの整備が遅れている。経済構造としては、地理的要因から大企業はなく、観光旅館・ホテル、農漁業、繊維、そめん製造を中心とした観光と農漁業を基盤としている。島原市を含めて人口は減少の傾向にあり、過疎化、高齢化、各種産業の停滞化が指摘されている。このように、産業基盤、生活環境の整備が比較的低位な地域に、今回の雲仙普賢岳の火山災害は、地域環境および経済に深刻な影響をもたらした。図一に今回の噴火災害で被災し

表一 雲仙普賢岳の火山災害の経緯

発生年月日	災害区分	被害状況
H2.11.17		雲仙普賢岳、198年ぶりに噴火
H3.5.20		溶岩ドーム出現
H3.5.24	火砕流	初めて火砕流が発生
H3.6.3	火砕流	死者・行方不明者43名の大火事
H3.6.8	火砕流	家屋被害179棟
H3.6.8	火砕流	先鋒は国道57号まで達し、家屋207棟が焼失、倒壊
H3.6.30	土石流	家屋151棟を一夜に灰み込み、有明海まで到達
H3.9.15	火砕流	大野大湯小学校を含む218棟が焼失、倒壊
H4.8.8~15	土石流	土石流頻発。30haにわたり氾濫、家屋244棟が全半壊
H5.4.28~5.2	土石流	最大規模。水無川流域70haにわたり氾濫、579棟が全半壊 水無川、中尾川流域で、207棟が全半壊
H5.6.18	土石流	国道57号の水無川側流失
H5.6.23~24	火砕流	中尾川流域に流下、死者1名、家屋187棟が焼失、倒壊
H5.7.4	土石流	水無川流域と中尾川流域で国道251号が不通
H5.7.19	火砕流	国道57号を越える最大規模の火砕流
H5.8.19~20	土石流	中尾川、水無川、眉山穴深で192棟が全半壊
H6.2.6	火砕流	初めて通川川方面へ流下
H7.5.25	火砕流	噴火活動停止（火山噴火予知連絡会）



図一 高圧送電線の系統図

た島原市の地図を示す。図のように島原市の南北に土石流および火砕流が発生した水無川と中尾川があるため、島原市は数回孤立した。

3. 被災の程度¹⁾

平成2年11月17日に雲仙普賢岳が198年ぶりに噴火したが、火山活動そのものはすぐには活発化しなかった。平成3年2月12日の再噴火による雲仙岳周辺の火山灰の堆積で、土石流の発生が心配されたために、長崎県は雲仙岳緊急火山対策検討委員会を設置して水無川の土石流対策を実施した。このため、5月15日からの土石流の発生には対応することができた。また、島原市は、198年前の島原大変肥後迷惑の原因となった眉山の崩壊に備えた特別避難計画を平成3年2月26日に公表した。しかし、普賢岳の有史以来の火山活動に記録されていない火砕流が5月24日から水無川方面に頻発し、6月3日の大火砕流で43人の人的被害が発生した。6月7日の警戒区域設定後、住民の避難生活が続き、最大時2,990世帯11,012人が避難した。これは、島原市の人口の16%、深江町の人口の44%に相当した。また、6月3日、8日、9月15日の大火砕流、6月30日の土石流によって、多くの建物が流焼失した（表一）。

当初は短期間で終息すると予測されていた火山噴火活動が長期化し、平成5年になると、火砕流が中尾川方面へも拡大し、それ以来、中尾川でも土石流が頻発するようになった。平成5年4月末から8月末に発生した大規模な火砕流と土石流によってさらに被害が拡大した。図一に今回の噴火災害による被災地域を示す。水無川と中尾川の上流域では火砕流による焼失被害を受け、両河川の下流部では土石流による流出、埋没による被害を受けた。平成6年以降、火山活動は落ち着いた状態を保っており、平成7年5月には噴火活動の停止が確認されている。しかし、今もなお、普賢岳の山腹に大量の火山性噴出土砂が堆積しており、降雨時の土石流の発生が警戒

されている。

今回の噴火で発生した火砕流は発生の子知や発生してからの避難は不可能である。このため、人命を守るために災害対策基本法第63条に基づく警戒区域が人家や商業が密集する市街地で初めて設定された。警戒区域の設定は人命の確保のためには、きわめて有効であったが、警戒区域内での土石流対策やライフライン・道路の維持管理ができないため、物的被害は増加した。また、火山災害は風水害や地震のような一過性の災害と異なって、長期間継続して発生するという特徴を持つ。このため、被害が拡大するなど規模が確定しないことになり、恒久対策の立案がすぐに着手できないことになる。被害拡大防止やライフラインの確保のためには、応急・緊急対策を適切に行うことが重要である。このような災害の推移、災害対策の分類およびこれから述べるライフラインの対応を一覧表にまとめると表二の結果をうる。以下の章で、ライフラインの各機関の対応を詳しく述べる。

4. 電力

(1) 島原半島の電力の概要

九州電力(株)島原営業所の担当区域は、島原市および南高来郡16町・北高来郡森山町の一部の1市17町からなる。半島内の5ヶ所の変電所が半島を周回する。図一に示すような66,000Vの高圧送電線は長崎電力所の管轄である。各事業所や家庭への配電は島原営業所の守備範囲である。図中に示した配電変電所で変圧され、配電線6,000Vが市内に布設されている。さらに、柱上変圧器で変圧され、引込線100/200Vから各家庭に送電されている。

(2) 災害応急対策

平成2年11月17日に噴火が始まると、電力設備への

表—2 雲仙普賢岳の噴火災害と災害対策の概要

年月日	噴火活動など	災害継続の状況	災害対策の分類	ライフラインの対応		
平成2年						
11月17日	・198年ぶりに噴火		地震・眉山崩壊	事前対策	<ul style="list-style-type: none"> ・情報収集、連絡体制の整備 ・電話輻輳対策 	
平成3年						
2月12日	・再噴火					
5月15日	・水無川で土石流発生	水無川の土石流	土石流	避難勧告（土石流）・警戒区域（火砕流）	<ul style="list-style-type: none"> ・災害対策本部の設置 ・土石流対策 ・孤立化防止対策 ・代替手段の導入 ・火砕流対策 ・高鉄塔化（電力） ・警戒区域内の対策は不可能 ・避難世帯への料金特別措置 ・応急復旧 ・仮設住宅、住宅移転、住宅団地への供給 	
6月3日	・火砕流発生					水無川方面の火砕流
6月8日	・火砕流発生					
6月30日	・水無川で土石流発生					
9月15日	・火砕流発生	中尾川の土石流	中尾川方面の火砕流	恒久対策	<ul style="list-style-type: none"> ・被災エリア拡大に伴う応急対策（中尾川方面） 	
平成4年						
8月8～15日	・水無川で土石流発生		土石流・火砕流			
平成5年						
4月28日～5月2日	・水無川と中尾川で土石流発生以降8月20日まで頻発					
6月23日	・中尾川方面に火砕流発生					
8月19～20日	・眉山六溪で土石流発生					
平成6年						
2月6日	・湯江川方面に火砕流発生				<ul style="list-style-type: none"> ・恒久対策に着手（上水道、電力、電気通信） 	
平成7年						
5月25日	・噴火活動の停止				<ul style="list-style-type: none"> ・復興計画に合わせた施設の構築 	

降灰対策を策定した。島原市が眉山崩壊に備えた特別避難計画を平成3年2月26日に公表すると、台風などの自然災害に備えて整備していた「非常災害対策措置要項」による対応体制の確認を行い、配電および復旧計画の整備を行った。

火砕流が発生した平成3年6月3日17時30分に、九州電力では福岡市の本社に災害対策総本部、長崎支店に災害対策本部、島原営業所に災害対策部がそれぞれ設置された。島原営業所では配電線の復旧・動員にあたる復旧班、復旧をサポートする資材の手配、車両のリース、給食などにあたる支援班および停電の状況、マスコミ対

応などの広報班が編成された。

雲仙・普賢岳噴火直後における電力設備の被害状況および停電状況は表—3、4のとおりである。平成3年5月15日の水無川の土石流によって島原市南上木場町の水無川沿いの電柱1本が流失し、そのため隣接する2本の電柱が引っ張られて倒壊した。当初約500戸停電したが、融通操作で送電するとともに、一部は高圧発電機車で送電しながら応急復旧した。その後、土石流が頻発したために、島原営業所では配電設備のパトロールを実施した。平成3年6月3日の大規模火砕流によって、安中線の電柱176本、柱上変圧器27台の配電設備が被害を

表—3 噴火直後の平成3年における電力設備の被害（九州電力(株)から提供）

主な電力設備被害の状況		電力供給のための対応状況		
月日	噴火等の状況	電力設備被害の状況	月日	設備
5月15日	土石流発生	配電線被害 電柱倒壊2本、電柱流失1本	5月15日 5月31日	高圧発電機で対応後、復旧 島原系通信回線迂回ルート構成(水無川横断通信施設への被害対策として、迂回ルートを確認するため通信系統の変更・回線の増設実施 6月13日完了)
6月3日	火砕流発生	配電線被害 一部切り離し送電(412戸,225本) 現地の立ち入り出来ず詳細不明	6月3日 6月3日	避難勧告地区内配電線(安中線)の一部切離し 本店、支店、島原営業所、長崎電力所に非常災害対策本部等設置(17時30分)
6月8日	火砕流発生	配電線、送電線とも被害無し 但し降灰にて配電線(平山線)が一部トリップ一時供給支障生ず	6月9日 6月10日	高圧発電機車12台(200kW/台)設置 見岳変電所着工(水無川の火砕流、土石流による発電幹線の被災による深江地区の電力供給対策として仮変電所の設置)
6月12日	爆発的噴火	配電線、送電線とも被害無し	6月12日	見岳変電所(66,000V/6,000V,6kVA)運用開始
6月30日	土石流発生	送電線被害一鉄塔1基礎倒壊 配電線被害一多数損壊している模様 (自衛隊撮影のビデオにて確認,立ち入り調査できず詳細不明)	7月2日 7月5日	バックアップ通信回線の確保(噴火の拡大を考え、大規模災害時に最も信頼性の高い、無線回線を事前に構成一有明海横断ルート 7月12日完了) 島原変電所変圧器噴石対策防護板設置工事着手(7月末完了)

表—4 噴火直後の平成3年における停電発生状況
(九州電力(株)島原営業所から提供)

被害発生月日	フェーダー名	被害発生時間	復旧時間	被害原因	停電戸数
5月15日	安中線	5時19分	7時18分	土石流による電柱倒壊	563戸
6月3日	安中線	16時19分	16時54分	火砕流による配電設備損壊	412戸
6月8日	平山線	20時41分	6月9日 0時2分	降灰による設置事故	1359戸

受け412戸が停電した。島原営業所は配電課員を現地に出勤させ、被災区域の配電の切り離し操作を行った。

水無川流域では、九州電力の66,000Vの高圧送電線(図—2)と、島原市内の島原変電所からの配電線6,000Vが、国道57号線沿いに2回線、および国道251号線沿いに1回線、水無川を股いで布設されている。大規模火砕流が発生して送電線や配電線が焼き切れると、深江町および布津町の一部約3,000戸に送電できなくなるおそれが出てきた。このため、九州電力では、島原市内を經由しない南部方向の有家変電所(変圧器容量66,000V/6,000V,6MVA)から送電することを検討した。しかし、配電線の容量が不足するために、有家町堂崎に長崎県内外の営業所から集めた発電機車(出力240kW)12台を平成3年6月4日から8日にかけて設置した。これは高圧発電機車から配電線へ並列に接続して、電力の不足を補う応急対策である。通常発電機車は台風による災害などで臨時に使用するもので、燃料の補給面などから長期の使用は無理である。このため、長崎電力所の工事で、西有家町見岳に見岳変電所(変圧器容量66,000V/6,000V,6MVA)を暫定的に設置し、平成3年6月12日に運用を開始した。これによって、深江町と布津町の一部の電力が確保された。さらに、平成4年3月に布津配電塔(変圧器容量22,000V/6,000V,6MVA2台)が恒久対策として新設され、半島南部の送電は確保された。

平成3年6月30日の水無川の土石流で、島原有家線の66,000V用の送電鉄塔No.22が倒壊したために、高

圧送電線が切断された。また、電柱33本が損壊した。しかし、事前対策によって、深江町および有家町の停電は避けることができた。

土石流・火砕流の他に降灰や噴石も停電の原因となることが挙げられる。これらに対して、表—5に示すような設備の管理対策を行ってきた。平成3年5月25日から火砕流発生による降灰が多くなり、変電所と送電線の降灰パトロールを実施した。平成3年6月8日には、降灰によって配電線が一部トリップして、900戸が停電になった。島原営業所は、降灰のサンプルを鹿児島大学に送って分析を依頼するとともに、碍子に付着する火山灰を除去するために洗浄を行った。島原営業所には降灰量をモニターするV0電圧記録計を設置した。このようにして、降灰による停電対策が確立した。

平成3年8月下旬から、普賢岳の北東側斜面で中尾川方面に火砕流が発生し始めた。ふもとの島原市千本木地区に火砕流が迫ってきたために、避難勧告が8月21日に出された。また同地区の近くを通る九州電力の66,000Vの高圧送電線(愛野—島原)が火砕流で切断される危険が生じた²⁾。すでに水無川を横断する送電線が切断されているので、送電線が切断された場合、島原市全域が停電になる。停電になった場合、市民生活はもちろん火山観測や市民への情報伝達ができなくなりきわめて危険な状況になる。

このために、九州電力では、平成3年9月に火砕流および土石流の影響を受ける危険がある中尾川のそばのNo.62鉄塔に応急対策として高さ3mの鉄製防護柵を2重に設置した。また、万一の切断に備えて、島原市湊町の広場に高圧発電機車(出力240kW)50台による計12,000kWの送電施設を設けた。高圧発電機車を事前にもってくればよい体制にした。さらに島原外港に、内燃力による移動用発電機車(出力2,700kW)を配置した。もし鉄塔が倒壊した場合、復旧にはかなりの日数がかかる。したがって九州電力は被害が予想される鉄塔を

表—5 電力設備の管理状況（九州電力(株)から提供）

	設置名	設 備 の 管 理 状 況 な ど
火山灰 対応	変電所	<ul style="list-style-type: none"> ・島原変電所は毎日、大三東・有家変電所について、適宜パトロールを実施している。また、島原変電所については、諫早制御所及び長崎電力所から監視用テレビで常時監視している。 ・汚損測定装置で、汚損値を測定し、管理値及び降灰付着状況から判断し、碍子装置を設置している。 ・各発電所（島原・大三東・有家・橘・愛野）には碍子の汚損を測定するパイロット碍子及び移動式の碍子洗浄装置を設置している。
	送電線	<ul style="list-style-type: none"> ・愛野島原線の大三東分岐点付近から島原方面及び大三東分岐点は、毎日パトロールを実施し、碍子等への降灰状況を確認している。 ・島原半島内の4ヶ所に設置したパイロット碍子で汚損値を測定し管理値及び降灰付着状況から判断し、碍子洗浄を実施している。 ・活線注水碍子掃除機（4台）は長崎電力所に常備している。
噴石 対応	変電所	<ul style="list-style-type: none"> ・事故復旧資材として島原変電所構内に断路器・支持碍子等を準備している。諫早・愛野変電所には移動用変圧器を配置している。（諫早SS・66,000/60,000V, 20MVA*1, 愛野SS・66,000/60,000V, 10MVA*1）
	送電線	<ul style="list-style-type: none"> ・巡視員にて毎日パトロールを実施し、噴石の状況を確認 ・噴石による碍子のひだ欠け等に対して対応できるよう必要資材確保済（噴石が碍子に当たっても碍子断連にはいたらず、欠け程度で済み送電機能は維持できるものと想定される。）

移設、被害が予想される地区を股いで送電する工事に平成3年9月に着手した。No.61～63の3基の鉄塔のうちNo.61, 63の2基を高さ20～30mに高鉄塔化し、被害のおそれのある鉄塔No.62をバイパス化した。これらの対策の効果によって、中尾川流域の送電線は、平成5年6月23日の千本木地区に生じた大規模火砕流に対しても被害がなく、島原市全域の停電を防ぐことができた。

島原営業所では、災害による被害の復旧、災害対策の他に、仮設住宅への配電工事を行い、1,505戸へ供給工事を実施した。平成3年7月9日に島原市と深江町の全域が活火山法（活動火山対策特別措置法）に基づく降灰防除地域に指定された。これによって、学校、保育所などの教育・社会福祉施設の空調設備の整備が可能になり、学校などでのエアコン設置に伴う需要増に対応した。しかし、災害の長期化に伴い島原半島全体では人口の流出、商工業および飲食店の休業などで電力の売上は、平成3年9月までの4ヶ月間で前年比6.4%減少した。

九州電力では、警戒区域設定直後には警戒区域内には作業員の安全のために現場に立ち入らない方針で対応してきた。つまり、復旧は行わずに停電範囲の拡大防止策で対処してきた。水無川下流では遠隔操作の開閉器を通常よりも3～4倍の密度で入れて小さな区間で停電が納まるような応急対策をした。警戒区域内の電源を必要とする応急的な設備に対しては、電気工作物の工事、維持、運営に関する保安確保のための保安規定（電気事業法第52条）は適用されなかった。長崎県による岩床山の火砕流監視カメラの設置、国道251号線の信号の電源などの応急的な設備の電気工事は、長崎県や陸上自衛隊が配線工事を行った。しかし、平成3年9月に入って警戒区域の設定から100日の節目から、警戒区域の一部解除が

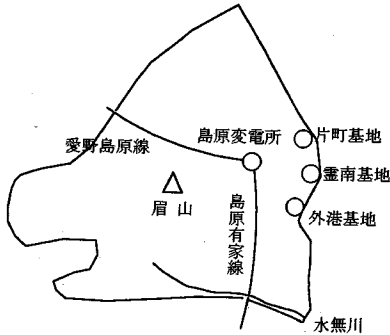
具体的日程に入ってきたため、九州電力は、住民の避難や防疫活動に必要な防災行政無線や、安中水源地のモーター用の電源の仮復旧を陸上自衛隊の協力を得て行った。この頃になると、警戒区域入域のマニュアルができ、携帯無線機、ポケットベル、携帯用の防災行政無線の携帯用の戸別受信機などを携帯して入域が可能となった。しかし、緊急避難用のシェルターの設置、無人化施工などの工事の安全対策を確立するには、さらに時間を要した。平成3年9月6日に、水無川沿いと土石流の被害を受けた北安徳町、鎌田町を除く国道57号線より海側の地域への仮復旧による送電工事を終えた（図—1参照）。

警戒区域の延長、解除を決定する防災会議が、期限切れ前日の夕方に決められるために、解除される地域が直前まで不明で、解除後に向けての体制がただちに組めない問題があった。また、警戒区域解除後のストーリー、たとえば警戒区域→避難勧告→解除なのか、警戒区域→解除なのか、ライフラインの復旧は、警戒区域解除の4、5日前なのか、警戒区域解除と同時にそれとも後なのか、住民の帰宅は避難勧告解除後何日以内なのか、など不明な点が多く、島原営業所ではいろいろな段階を想定して、資材および要員の手配を行った。今回は、警戒区域の解除後直ちに住宅に対して避難勧告が発令され、即生活再開ではなかったので、その間に復旧工事を行うことができた。

平成5年4月末から8月にかけて水無川と中尾川流域で土石流と火砕流被害が拡大し、国道251号と島原鉄道が島原市の南北の境界で不通となり、島原市は一時完全に孤立した。もし、土石流や火砕流で送電鉄塔の倒壊や、送電線の切断が生じた場合には、島原市の全域が停電となるおそれが再び生じた。島原営業所は、島原市が孤立した場合の電源確保の応急対策として、市内3箇所に高

表一6 高圧移動発電機基地の概要 (文献1を参照)

基地	出力 (kW)	発電機台数	竣工
外港内燃力移動発電機基地	2,700	1台	平成5年8月
靈南埋立地高圧発電機基地	8,400	35台	平成5年9月
片町高圧発電機基地	6,240	26台	平成5年10月
計	17,340	62台	



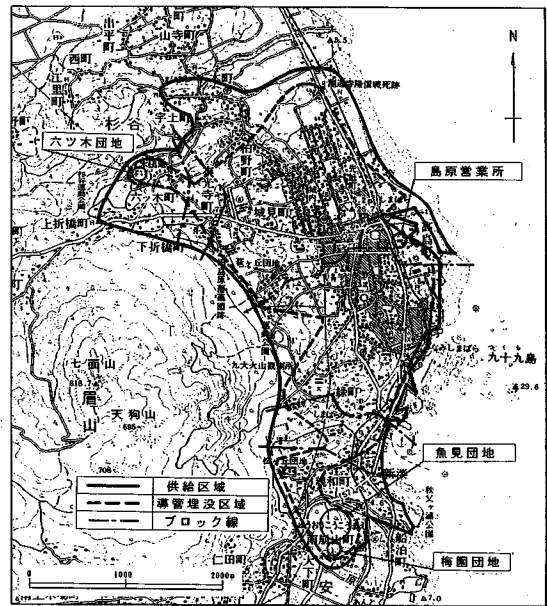
図一3 高圧移動発電機基地の設置場所

圧移動発電機基地を設置した (表一6, 図一3)。万一の場合には高圧発電機車を運ぶ体制になっている。この体制は当分続けられる予定である。また、土石流被害のおそれがある眉山六溪直下の送電鉄塔2基 (No. 67, 68) の基部をコンクリート根巻きで補強した (図一1参照)。火砕流のおそれがある地区では、コンクリート柱による復旧を図っている。

(3) 災害復旧

水無川流域の警戒区域が解除された平成5年3月に、九州電力は平成3年6月30日の土石流で倒壊した島原有家線鉄塔の仮復旧工事を行った。この工事によって島原有家線の送電が可能となった。現場は水無川流域の国道57号の近くで、鉄塔が砂防事業に伴う導流堤の建設予定地となるため暫定的に実施した。土石流で被災した古い鉄塔を撤去し、高さ30mの鉄塔を組み立てた。その後、平成5年4月28日、5月2日の土石流によって、鉄塔の下部に土石流が堆積し、再び倒壊の危険性が出てきた。九州電力は、鉄塔基礎にコンクリート根巻きと防護柵を設置し、補強した。

平成7年4月から、水無川流域の送電鉄塔の本復旧に着手した。仮設導流堤の外側に高さ55mの鉄塔2基を新設し、送電線のルートを変更した。仮設導流堤の内部とその周辺に取り残された旧鉄塔の3基は撤去された。電力の安定供給に加え、仮設導流堤の内部の鉄塔が土石流で倒壊して土砂を堰き止めたり、鉄塔が流失して被害が拡大するのを防ぐためである。撤去の対象となった鉄塔は平成6年6月末から警戒区域内にあったため、無人化施工が当初計画されたが、警戒区域の解除に伴い、有



図一4 都市ガスの供給区域およびブロック区分 (文献6より引用)

人施工に切り替えられた。ただし、導流堤内の足場の悪い鉄塔は無線操縦の無人重機で押し倒された。鉄塔を無人化施工で撤去したのは、国内では初めてといわれている³⁾。これによって、送電線の本復旧対策は完了した。九州電力によれば、島原有家線の抜本的な恒久対策は、送電鉄塔による架空ルートではなく、建設省が建設中の島原深江道路の高架部に添架する計画とされている⁴⁾。

九州電力は今後の火山災害に備えて、電柱、配電線、碍子などの工事・復旧資材のストックをしている。島原半島は台風や火砕流、土石流などの災害常襲地帯で平成3年には台風19号と土石流によって送電鉄塔が倒壊し復旧に時間がかかった。このため、長崎県から九州電力に対して配電線の地中化が要請された。しかし、地中化は景観対策としては実績があるが、防災のための地中化はコストや復旧に時間がかかるなどの問題から、推進されなかった⁵⁾。

5. 都市ガス

(1) 島原市の都市ガスの概要

島原市の都市ガス供給は、大正2年の島原瓦斯会社の設置に始まる。その後、ガスの経営は、昭和に入ってから不景気の影響を受けて悪化し、九州瓦斯事業が継続し、現在、西部ガス(株)が経営している。西部ガス(株)島原営業所は、島原市のほぼ半分を占める約6,600世帯に都市ガスを供給している。都市ガスの導管は島原市の中心市街地に敷設されており、今回被災した水無川およ

び中尾川流域には、敷設されていない。最近建設された団地にガスの導管が延長され供給されているのみである(図—4)⁶⁾。

(2) 災害応急対策

平成2年11月17日の噴火以来、島原営業所は、長崎支店と非常時の対応策について協議を重ねてきた。震度4(中震)以上の場合には、ポケットベルや電話で全社員22人を呼び出し、供給、製造、営業および総務の4班を編成し、域内パトロールや敷設導管の管理、ガス栓閉めの徹底、復旧作業、資材搬送などに当たる計画を立案した。

島原営業所は平成3年5月27日に災害対策本部を設置し、水無川・中尾川周辺のガス管にバルブを平成3年6月11日までに設置した。都市ガスの供給停止を周辺部にのみ限定するための対策である。24時間監視体制を敷き、緊急時にはバルブを閉める計画を作成した。さらに、都市ガスの全面的な供給ストップを防ぐため、島原市のガス管を南北の2つのブロックに分けるバルブの設置を平成3年6月14日に行った。これは地震対策として導入されているブロック化を、火山災害対策に採用したものである。この結果、7つの復旧ブロックに細分化された。

平成3年6月8日の警戒区域の設定で、南崩山町の魚見団地80世帯と梅園町の県職員住宅30世帯の計110世帯が警戒区域に含まれ、供給停止となった。平成5年5月からの千本木方面の火砕流の発生によって、中尾川流域の六ッ木町にある六ッ木団地が避難勧告地域に含まれ、供給停止となった。今回の噴火災害では火砕流および土石流によるガス施設の被害はなかったが、火砕流発生時の降灰によってガス給湯機の空気取り入れ口に火山灰がつまり故障が頻発した。

西部ガスは、警戒区域内の避難した各家庭のガスの閉栓はしないままにした。警戒区域が解除されて、避難勧告地域になると、住民は昼間帰宅して都市ガスを使用することになる。しかし、長期にわたる降灰によってノズル、バーナー類への影響が心配されたために、一旦閉栓をし、これらを点検した後に使用者に立ち会ってもらって再開栓した。

供給区域内の仮設住宅359戸への都市ガスの供給がなされた。また、供給区域内にある被災者用の公営住宅新山団地および花の丘団地にも供給された。西部ガスでは万一の場合に備えて、現在でもガス管をストックしており、交通途絶時のガスの原料のブタンの運搬対策を検討している。

表—7 中木場簡易水道の被害を受けた施設の内容
(島原市水道課から提供)

施設名	内容
水源(湧水)	
エアレーション室	内径32×高さ4.0m
配水池	RC造 3.8×5.7×3.3m(Q=123m ³)
曝気塔	処理能力 455m ³ /日
接合井	RC造 3.5×2.5×2.5m(Q=14m ³)

6. 上水道

(1) 島原市の上水道の現状

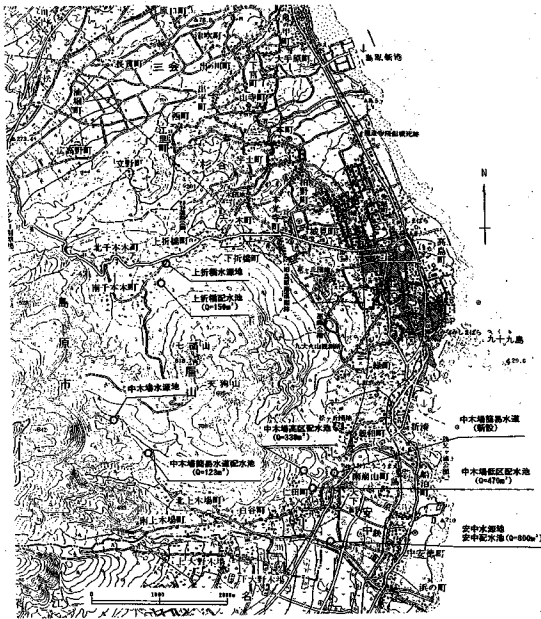
島原市内には湧水が多く見られ、水の豊かな都市として有名である。このために、上水道の整備はさほど緊急性がなかった。しかし、人口の増加と衛生観念の向上により、さらに観光が強調されるに従って重要視されるに至った。島原市の上水道は、昭和35年に給水人口2万5千人を対象に開始された。その後、順次6期まで拡張工事が行われ、現在は普及率が97%となっている。市内11ヶ所の水源はすべて地下水で、通常深さ8~10m程度までの自由地下水を取水する浅井戸と地下150mまで掘り下げた被圧地下水を取水する深井戸からポンプで汲み上げ、8ヶ所の配水池に送っている。平成4年度現在、計画給水人口45,970人(簡易水道を含む)、計画1日最大給水量24,541m³、給水戸数15,543戸、給水人口40,952人となっている⁷⁾。

今回、土石流および火砕流の被害を受けた水無川は、ふだんは水が流れていない天井川になっている。水無川上流の上木場地区の水源は、普賢岳の北東斜面を下り、眉山西側に達するおしが谷の湧水である。今回の噴火災害で使用不能になるまで中木場水源は、この湧水の炭酸を除いて、パイプで中木場簡易水道配水池(容量Q=123m³)に送られていた。このうち369m³/日が上水道に、残りが農業用に使用されていた。この水道施設は、昭和44年に完成し、一日の最大給水量は369m³/日で、水無川の上流・中流部の世帯数495戸、人口2,006人に給水していた。水源の確保がなされてから今回被災した水無川流域が市街地化したと報告されている。

(2) 上水道の被害と応急対策

平成3年6月3日の火砕流および6月30日のおしが谷を源流とした土石流で、この中木場簡易水道が被害を受け、水源および配水施設が埋没し、施設全体が使用不能となった(表—7、図—5)。また、水無川沿いに位置する安中水源池は停電により機能停止したが、水道施設には被害はなく、配水管の一部が流失したのみであった。

噴火当初には火山噴火による地下水の水質の変化や汚濁が心配された。また、地震などによって地殻が変動し、



図—5 被災した水道施設および新設された水道施設

地下水の枯渇があった場合には取水が困難になることが予想される。このため、島原市は、500 l 入りのプラスチックタンク 40 個および市内の酒造業者や運送会社から提供を受けた自家用の給水車を用意して万一の場合に備えた。現在までのところ、地下水位には大きな変化はない。

平成 3 年 6 月 3 日の大規模火砕流の翌日から、上水道の使用量は、連日 23,000 m³ を越え、通常の 1 日平均使用量 17,000 m³ を大幅に上回った。相次ぐ火砕流で、島原市内は降灰が頻発したため、車や家、道路が一面灰色となるほど火山灰が堆積した。これらの堆積した火山灰を流すことが市民の日課となった。このため、平成 3 年 6 月 4、5 日にかけて水無川下流域北側一帯 1,840 世帯、5,570 人を受け持つ安中配水池（容量 Q=800 m³）が空になった（図—5 参照）。このため高台の住宅街が断水し、島原市は 500 l の小型給水車 3 台を出動させ、応急給水をした。しかし、警戒区域が設定された後は、水道水の使い過ぎで断水したことはない。これは住民が避難したため降灰の除去が出来なくなったこともあるが、島原市は湧水が豊富で、これをポンプで汲み上げて降灰の除去を行なったことも水道水に依存しない要因になったと判断される。降灰の除去による水道使用量の増加については、正確なデータはないようであるが、鹿児島市の実績などからおおよそ 5% 程度と見られている。

島原市は地下水源に恵まれており、ダム建設の必要がないため、水道使用料金は長崎県下の市では最も安く、近接する諫早市の 1/2.24、隣接の深江町、有明町の 1/1.39 である。町内会や婦人団体から、降灰の除去の

ため水道使用料金が上がっているため、水道使用料金の減免の要望が出されたが、水道事業は独立採算のためこの要望は認められなかった⁸⁾。

警戒区域が解除され避難勧告になると、市民は昼間は帰宅して自宅の清掃などを始める。防疫活動、電力供給と並んで上水道の給水は欠かせない。警戒区域の解除に先立ち島原市は九州電力に依頼して、警戒区域内の安中水源池の電気工事を行った。安中水源池が使用できることが判明したので、避難勧告解除後の水無川下流地区への給水は、問題はなかった。島原市水道課では断水地区が生ずることに備えて、タンクおよび給水車の確保に加えて、救援物資の家庭用ポリタンクなどをストックしていた。

しかし、中木場簡易水道の供給区域である大下町や仁田町の警戒区域や避難勧告が解除されると上水道の応急復旧が必要となった。安中水系の上水道と中木場簡易水道の既設配水管を接続して安中水源の水を第五小学校の地下受水槽に一旦入れ、さらにこの水を高台に送るためのポンプ、受水槽、配水管などの工事が行われた。解除範囲が広がるにつれて、受水槽を増設するとともに安中水源から送水する配水管を増設した。しかし、その後も土石流の発生によって安中配水池の電柱が倒れて、送電が度々ストップし、安定した給水が困難であった。このため、島原市は被災者用の仁田団地東側に中木場簡易水道代替水源と配水池を設け、安中配水池が使用できない場合に備えてきた。

平成 5 年 6 月には、火砕流により中尾川流域の上折橋水源および配水池が被害を受け、また、土石流により中尾川流域の配水管の一部が被害を受けた。上折橋水源、配水池については、今後の災害の推移をみながら、復旧対策を検討する計画となっている。中尾川流域の配水管については、応急措置として仮設工事により給水している。

(3) 中木場簡易水道の復旧

平成 3 年 6 月 3 日の火砕流により給水不能となった中木場簡易水道は、現位置での復旧が困難となった。このため、市内大下町に水源と配水池の新設による本復旧がなされた（表—8、図—5）。新しい水源は大下町に 2 本新しくボーリングされた深井戸で、1 日約 2,000 m³ が確保され、2 個の配水池が建設された。水道の復旧には、激甚災害並みの高率補助（80%）による災害復旧国庫補助を受けた。平成 6 年 9 月に建設に着手し、平成 7 年 5 月に完成した。これによって、応急対策での不安定な水の供給を解消することができた。中木場高区配水池は、被災者用の住宅仁田団地に給水している。この中木場簡易水道は恒久対策である。噴火災害や台風災害を教訓に停電対策として、発電機設備が水源と低区配水池に設

表—8 新設された中木場簡易水道の施設概要
(島原市水道課から提供)

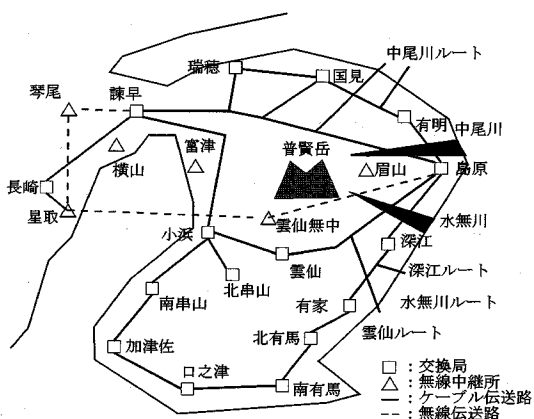
施設名	内容
中木場水源池	計画取水量 $Q = 1,000 \text{ m}^3 / \text{日}$
	取水ポンプ # No.1 深井戸 100m
	取水ポンプ # No.2 深井戸 80m
	発電機設備 容量 50KVA
中木場低区配水池	配水池容量 $C = 470 \text{ m}^3$
	RC 2階建 $6.0 \times 13.5 \times 3.5 \text{ m}$
	塩素滅菌設備 2台
	送水ポンプ 2台
	発電機設備 容量 50KVA
	給水区域 門内町、大下町
中木場高区配水池	配水池容量 $C = 330 \text{ m}^3$
	RC 2階建 $8.0 \times 6.9 \times 3.5 \text{ m}$
	給水区域 仁田町、白谷町、 天神元町、札の元町
導水管	ダクタイル鑄鉄管 $\phi = 150$ L = 535 m
送水管	ダクタイル鑄鉄管 $\phi = 100$ L = 744 m
配水管	低区 $\phi = 150$ L = 2,275 m
	硬質塩化ビニール管 $\phi = 100$ L = 520 m
	高区 $\phi = 150$ L = 2,006 m
	硬質塩化ビニール管 $\phi = 100$ L = 259 m

置されている。

(4) 今後の課題

現在までのところ、噴火活動による地下水位の変動は認められないが、降灰が地表面に堆積し、浸透能力が著しく低下していること、ビニールハウスなどの被覆施設の導入による農地からの水の浸透性の低下、都市化による雨水浸透性の低下などによって地下水への影響が心配されている。島原市は水源を地下水に依存しているため、長期的な観測による水源供給のメカニズムの解明と供給の予測が必要であるが、具体的な調査はまだ行われていない。なお、平成6年度は、西日本は渇水に悩まされたが、島原市の地下水に異状は認められなかった。

このように、島原市は水の恵みを受けているが、一方では設備の更新が必要な時期となっている。島原市の上水道は、平成4年度で有効率(有効水量/給水量)66.1%で、漏水は1/3を占めている。水道事業は独立採算制であり、水道料金の収益によって設備投資がなされる。島原市の水道料金は昭和57年4月1日以降値上げされていない。いま災害が進行中で降灰除去の負担増による水道料金の減免が市民から要求されたこともあり、値上げが困難になっている。島原市は水道施設の更新や災害復旧を早急に行うために、財源の確保を図る必要があるが、現在のところ目途が立っていない。



図—6 噴火開始当時の電気通信の伝送路(平成3年5月)

7. 電気通信

(1) 初動期の災害対策

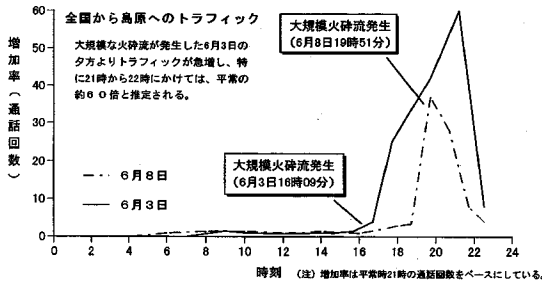
通信手段の確保は災害時の優先課題の一つである。災害の規模が大きければ大きいほど、一般の通信手段の確保は重要なものとなる。また、テレビ・新聞といったマスコミの災害報道に、電気通信の果たす役割は大きい。NTTは諫早支店と島原営業所で、災害を想定した具体的な対策を実施してきた。すなわち、平成2年11月17日に雲仙普賢岳が噴火してから、諫早支店内に情報連絡室を設置し、情報収集に努めてきた。平成3年5月15日に水無川に土石流が発生すると、水無川を通過している2つの市外中継ケーブルの被災対策が重要な課題の一つとなった。

図—6に示すように平成3年の噴火開始当時の島原半島の市外中継ルートは、諫早から島原半島の東側に沿って島原市に達し、そこで雲仙ルート(国道57号線ルート)と深江ルート(国道251号線ルート)に分かれて半島の南半分をカバーしている。したがって、水無川を通過しているルートが切断されると、半島の南半分約7,000件加入の電話がマヒしてしまう。このために、水無川流域への綿密なパトロールが継続された。

平成3年5月15日に土石流が発生した際は、テレビの映像で土石流のリアルな様子が写し出されたため、市外からの見舞や安否などの通話が通常の20~30倍に達した。平成2年11月の噴火開始直後から、電話の輻輳は多少起きていたが、これほどまではなかった。また輻輳はニュースの直後や夜間料金切り替え後の時間帯に頻発した。平成3年5月20日に情報連絡室は、諫早支店長を本部長とする災害対策本部に切り替えられ、具体的な対策が開始された。内容は表—9に示すとおりである。平成3年5月23日に島原に着信する電話回線を従来の598回線から54回線増設し、652回線にした。これらの

表—9 電気通信の水無川の土石流に対する事前対策

対 策	内 容
市外ケーブル切断	<ul style="list-style-type: none"> 衛星通信車および可搬型無線車を配置(136回線)し、短時間で復旧する体制を確保する。 非常用自動車電話システム(30端末)を準備し、緊急の際の専用携帯電話による通話を確保する。 可搬型無線機を深江役場に設置(3回線)し、非常時の通話を確保する。
着信電話の輻輳	<ul style="list-style-type: none"> 島原局への着信電話回線を増設(54回線)する。
そ の 他	<ul style="list-style-type: none"> 災害が発生し、避難命令が出た場合は、災害対策本部指定の避難場所に伝言取次サービスを検討する。



図—7 平成3年6月3日、8日の電話の輻輳状況

対策は平成3年5月20～25日頃までに完了した。災害発生をある程度想定し事前に準備することによって、災害復旧の迅速化を図ろうとしたものであった。今回は各機関とも平成2年11月以降、198年前の噴火のシナリオをもとに想定した事前対策を準備していたので、このような対応ができた。

しかし、災害はシナリオどおりに起こらない。火砕流の発生によって災害は新しい局面を迎えた。平成3年6月5日までにさらに29回線を追加増設したが、親戚などによる安否を気遣う電話の通話時間が長いこともあって、輻輳状態は解消しなかった。今回の輻輳は、メーカーおよび交換機的能力不足ではなく、回線不足のために起こったものである。図—7は大火砕流が発生した平成3年6月3日と8日の市外電話の着信のトラヒックである。大規模火砕流が発生した6月3日のトラヒックは、21時から22時にかけて、通常の約60倍に達した。この対策としてNTTでは回線を増やすと同時に、新聞報道で輻輳回避のためのPRを行った⁹⁾が、輻輳は避けられなかった。今回の火山災害は事前対策が行われていたものの、輻輳対策の困難さが改めて認識された。NTTでは、平成3年11月以降さらに150回線を増設した。東京大学社会情報研究所の広井脩教授によって、リレー方式による輻輳回避策が提案された¹⁰⁾が、積極的に利用を呼び掛けるまでには至っていない。

また、防災機関、医療、報道機関などへの緊急電話を維持する回線として、可搬形交換機(C23)を設置した。

表—10 避難所の特設公衆電話

	避難場所	回線数	避難場所	回線数	避難場所	回線数
島原市	第三小学校体育館	8回線	第一中学校	4回線	森岳公民館	2回線
	市体育館	10回線	第一小学校	4回線		
	有馬武道館	4回線	第四小学校	3回線		
深江町	城山公民館	4回線	杉谷公民館	3回線	小計	42回線
	町民センター	2回線	布津中学校体育館	4回線	有家	3回線
深江町	布津小学校体育館	3回線	ふれあいの家	2回線	小計	14回線
					合計	56回線

① 可搬形無線機(TY-112P)による市外回線の確保



② 衛星車載局による回線の確保



図—8 水無川ルート通信救済対策

さらに、自動車電話、携帯電話対策として可搬型自動車電話基地局を増設した。

土石流・火砕流と災害の規模が大きくなるにつれて、全国から報道関係者が応援に駆けつけて、その報道体制を支える専用回線、FAX、無線回線の申し込みが急増した。工事は即日、あるいは翌日の希望が多く、NTTではこうした要請にも迅速に対応した。平成3年6月3日以降、避難勧告、警戒区域が拡大するにつれて、住民から電話の移設の要請が増えた。また、仮設住宅への電話の設置も島原市と深江町と緊密な連絡をとり、入居と同時に使用できるようにした。設置および移設には、九州各地から延べ1,700名の応援部隊の協力を得た。NTTはその後も、防災機関や火山観測用に計測機器や監視カメラの専用回線の需要に積極的に対応した。

表—10のように、避難場所には特設公衆電話を56回線設置した。特設公衆電話からの発信は無料であるが、着信については有料とした。NTT 諫早支店では平成3年5月25日に島原市と深江町の計6ヶ所の避難所へ「伝言FAX」を設置した。これは避難した水無川流域住民への緊急連絡用で、避難勧告発令中は、午前8時から午後8時の間使用できる。テレビなどで噴火、火砕流、土石流、噴石などの火山活動の様子や避難所の様子が報道されると、安否や見舞の電話がかかってくるが、避難のため家には誰もいないので受け取れないのを打開するための方策である。NTT 諫早支店内の災害対策本部へ電話して連絡内容を伝え、NTTの担当者が手書きした文書を避難所へFAXで送り、本人にこの文書が手渡しされるシステムで、料金は無料である。

今回の災害では、NTTは火砕流などの発生状況をテープで伝えるテレホンサービスの設置を議論したが、テープの交換が遅れたりすると責任をもてないことから、実施されなかった。行政機関の孤立防止政策とし

て、非常用通信確保のために、表—9 に示したように深江町役場に可搬形無線機を設置した他に、孤立防止用無線機の再点検および島原市などの災害対策本部に携帯電話機（12台）を提供した。

島原半島南部（深江局など）の通信回線確保のために、水無川ルートへの切断に備えて、可搬形無線機（TY-112P）による市外回線（1,440回線）と、衛星車載局による市外回線の確保を図った（図—8）。当初、深江交換局敷地内に、無線通信および衛星通信の設備を配備したが、深江交換局が無人局であること、避難勧告地域が拡大されて立ち入れなくなった場合などを想定して、有家交換局敷地内に移転させた。なお、衛星回線は132回線救済可能で、このうちの1回線は、自治省消防庁防災課の臨時専用回線のバックアップ用で使用されている。平成3年6月30日～7月1日にかけての大雨によるおしが谷を源流とする水無川での土石流発生によって、雲仙ルートが切断されたため、可搬形無線機や衛星車載局に切り替え、通信回線の確保を図った。無線通信を利用しているために、島原半島南部地域の一部の電話がかかりにくいケースや、雨雲によって電波が届かないため通信の信頼性が低下するケースが生じた。平成3年7月下旬の大雨の時に、雨雲によって電波が届かなかつたために、アメダスの記録が届かないケースが生じた。NTTではこのとき急遽、深江ルートに切り替えて対応した。

普賢岳噴火の長期化が想定にされるに及び、NTTは通信確保に万全を期すため、諫早—小浜間に恒久的な市外回線設備光ファイバケーブルルート（30km）を新設した。平成3年6月24日に着工し、約2,000回線を確保した。この回線はバイパス回線で深江ルートが切断されることになっても、半島南部の通話は小浜局を経由して維持できる。

平成3年6月に入ると、中尾川流域の南千本木、北千本木地区が土石流の避難対象地区に指定された。島原への市外ルートは、無線ルート（島原—長崎）と有線ルートの2つがあり、このうち有線ルートは、同軸ケーブルと光ケーブルの2ルートで構成され、中尾川を横断している。中尾川での土石流発生により有線ルートが切断されると、無線回線のみとなる。この無線回線についても中木場地区の無線中継反射板が警戒区域内にあり、火砕流などによる被害が考えられるために、図—9のような別ルートでの無線回線を新設し、通話を確保した。さらに、平成3年9月には、中尾川の土石流により島原～有明間市外伝送路が被災することを前提として、有明、瑞穂、国見の3交換局の孤立防止対策として島原～有明間に可搬型無線機（TY-112P）を設置した。この他に国見—島原間にはデジタル化促進ならびに市外回線の確保策として、新たに容量が大きいF-600M方式（約8,000回線）の光伝送路を平成3年12月に増設した。

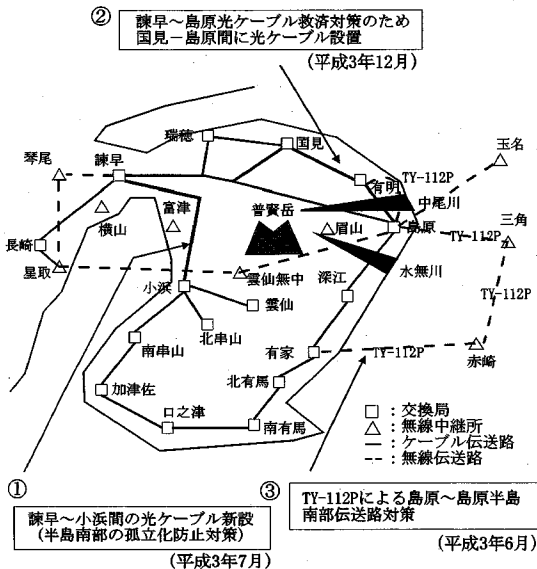
① 可搬形無線機（TY-11P）による市外回線の確保



② 可搬形無線機（TY-112P）による市外回線の確保



図—9 中尾川ルートの通信救済対策



図—10 噴火開始後の電気通信の初期伝送路救済対策（平成3年12月）

このルートは海岸線沿いで、中尾川の土石流の影響を受けにくいルートである。以上に述べた対策を平成3年12月の時点でまとめると、NTT 諫早支店による雲仙普賢岳の火山災害に伴う主な島原地区伝搬路救済措置は、図—10のとおりである。

電気通信および電力は、島原営業所を中心に島原半島全域の施設を管理している。今回の噴火災害で、水無川流域において国道251号および57号が閉鎖されたため、資材の運搬や人員の配置に支障をきたし、その対策に苦慮した。

(2) 被災範囲の拡大に伴う応急対策

平成5年5月～7月の中尾川方面の土石流、火砕流被害の拡大に伴い、平成5年6月18日には、土石流で島原—深江間の中継ケーブルが水無川横断部分で切断した（表—11）。この影響で島原市と深江町を結ぶ国道230回線のうち、約130回線が被災し、深江、布津両町の約4,200加入の市外電話がかかりにくくなった。NTTは

表-11 電気通信設備の被害状況 (文献 11 を参照)

流域名	主な被害	被害数
水無川	平成3年6月30日の土石流でケーブル切断	木柱 120本
		CP, SP柱 218本
	平成5年6月18日の土石流でケーブル切断	ケーブル 14,237m
		SDケーブル 6,647m
中尾川	平成5年7月4日の火砕流でケーブル被災	木柱 55本
		CP, SP柱 106本
		ケーブル 8,221m
		SDケーブル 3,437m

島原—深江間を熊本経由の無線回線に切り替えるとともに復旧作業を行った。続いて、平成5年6月23日に千本木地区を襲った火砕流によって、県道愛野—島原線に沿って通る幹線ケーブルの光ファイバーが焼失した。この場合も無線回線や衛星回線を活用して通信を確保した。しかし、代替ルートがない市内ケーブルも焼失し、礫石原方面の約60戸で電話が使えない状況となり、無線公衆電話を設置して対応した。

NTTは、緊急対策として平成3年12月に新設した島原—諫早光ルートを中尾川断面で守るために、橋梁に添加された管路を鉄板やファイアタイトカバーにより防護した。

また、同地区には併せてさらに下流の海岸側にも架空ケーブルを配し、2ルート化を計った。さらに、水無川流域では、国道251号沿いに特殊工法により鋼製の柱を新設して、架空有線ルートを確認した。この柱は、土石流に流されない大きなコンクリートブロック内に差し込み設置する構造になっており、被災しても取替え可能である。これによって、島原—深江間の可搬型無線機TY-112Pによる不安定な通信を解消できた。

公衆電話機のテレホンカードの読込装置から微細な火山灰が侵入して、電話機の故障が頻発し、また長期化したため、NTTはファン付きの公衆電話機を設置した。これは桜島の火山灰対策として鹿児島市で使用されている電話機を試験的に導入したものである。ファンの設置は火山灰の侵入防止に効果があり、故障の頻度は小さくなるようである。

(3) 恒久対策¹¹⁾

NTTでは万一に備えた島原半島の通信網の2ルート化および幹線ケーブルの安全対策に平成5年7月に着手した。災害が長期化、広域化してきたため、長崎支店に島原災害本部を設置し、さまざまな事態を想定した整備を始めた。応急対策から抜本対策の段階に入ったことになる。まず、災害を受けていない諫早—小浜間に幹線ケーブルの約10kmに架空区間に光ケーブルを新設して2ルート化した。台風などにより光ケーブル切断のおそれ

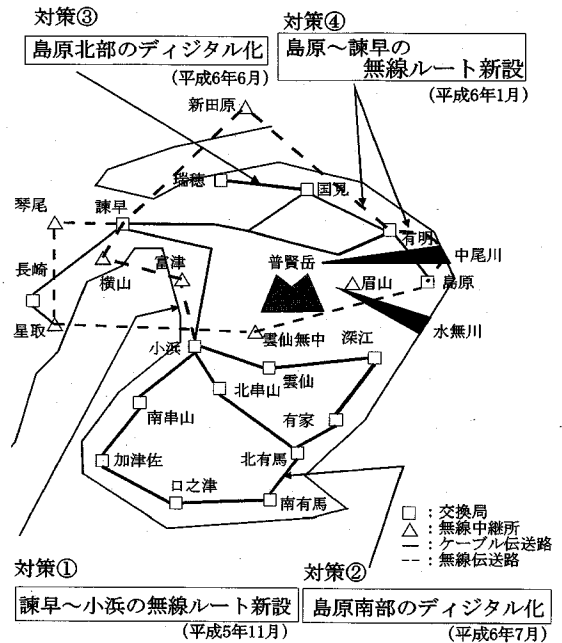


図-11 電気通信の伝送路恒久対策 (平成6年7月)

があるためである。さらに、諫早—小浜間に別途無線ルートを新設して、諫早—小浜間全線の2ルートを図った(図-11)。

中尾川ルートについては、橋梁添架の光ケーブルが土石流被害を受けるのを回避するため、中尾川の川底下1.5mに地下ルートを新設し、ルートの変更をした。地下管路は推進工法によって施工された。さらに、中尾川流域の被災の拡大する場合に備えて島原—諫早間の無線ルートを確保し、2ルート化した。以上によって南北ルートとも2ルートの伝送路が完成した。

噴火が始まった平成3年から実施されてきた島原半島のデジタル化が平成6年10月に完成した。計画を前倒しにして完成を急いだもので、デジタル化を節目に、島原半島全体の設備を再構築した。デジタル化後の回線設定は、3ブロックに分断され、島原市は島原局、南部は小浜局、北部は諫早局にそれぞれ分散された。また島原局の交換機の停止が半島全体に及ばないように、システムが変更された。

デジタル化を契機に災害応急対策によって複雑になっていた回線が再構築されると、応急対策として導入された災害対策のため機器が撤去された。これらの対策によって、NTTの島原半島における回線の確保対策が完了した。

(4) ソフト面の課題

現在は災害時に限らず、平常時でも通信の確保はきわ

表—12 ライフラインの料金特別処置

機関名	サービス料金の免除内容
電 気	発令日から解除などにより電気を再開する日までに限り免除
都市ガス	発令日からガスの使用を再開されるまでの間のガス料金を免除
水 道	・中水場等水道 6月分 基本料金、ただし家屋が焼失した世帯については免除 7月以降 施設復旧までの間料金は免除 ・上水道 6月分 基本料金 7月以降 検針できるまでは免除
電気通信	・基本料金 発令日から電話の使用を再開する日までの間に限り、その日数に応じて免除 ・工事料金 避難対象地域から避難対象地域外への移転工事に関する工事料金を免除

めて重要である。現在の都市生活は情報に依存しているため、通信の孤立は地域に重大な影響をもたらす。また、不意の長時間停電を想定した交換機のシステムダウン対策も必要になっている。

大災害時には、一般加入電話が輻輳し利用できないことがはっきりしている。電話の機能や停電時の対応をもっと市民に知ってもらい、緊急連絡網の確保も考えておくべきである。行政機関では一般加入電話とは別に、輻輳に強い重要加入電話や専用回線を備え、職員がどれが輻輳に強い電話であるかを知っておく必要がある。

さらに、最近電話機が多様化、多機能化しており、停電時に使用できない機能も多い。また、平成3年6月3日の火砕流の発生直後、地元のテレビ局記者が負傷者がでたことを自動車電話で119番通報したところ、管轄内の島原消防署ではなく、長崎市消防局が受信した。長崎市消防局は、近くの公衆電話から通報するようにと指示したことが東京大学社会情報研究所の広井脩教授のヒアリング調査によって明らかにされている。この内容は広井脩教授から直接聞いたものである。自動車電話や携帯電話からの通報が伝送路の管理システムから県庁所在地に届くシステムになっている。これらのことも非常時のソフト対策として知っておくべきであろう。この問題は、消防関係者、消防庁およびNTTも周知している。しかし、改善はコストの問題から困難のようである。

8. 避難世帯への料金特別措置

平成3年5月29日に、島原市と深江町に災害救助法が適用されたのを受けて、ライフラインの利用料金に特別措置が実施された(表—12)。この災害で避難した市民は、電力、都市ガス、上水道のサービスを事実上利用することができない。このため、各機関は表—12のように、サービス料金の減免を行った。避難対象地区の住民の利用者に対して、警戒区域および避難勧告の設定された日から災害が納まって帰宅するまでの間にかかった電力とガス料金の使用料金を免除し、また、それ以前の

料金の支払期限も帰宅後まで延期すると平成3年6月12日発表された。これは九州電力と西部ガスが通産省にこれらの特別処置の適用を申請したもので、いずれも即日認可された。急いで避難したために、冷蔵庫のスイッチなどを切っていないケースなどを救済するための処置である。

電気料金の減免は、島原市と深江町で5,502契約口数(平成3年6月12日最大時)、都市ガス料金は島原市で110世帯に適用された。水道料金についても、島原市水道課で対応を決めた。使用料金の免除および支払期限の延期がなされた。

NTT 諫早支店は、避難対象地区の住民、商工業者の対象軒数約3,000の電話基本料金と電話移転工事料金を平成3年6月18日無料にすることを決定した。一般家庭の場合、月額1,590円を、警戒区域・避難勧告の日から電話の使用を再開するまで、日数に応じて免除した。また、仮設住宅など避難区域外へ電話を移転する場合は工事料は全て無料とした。この場合、移転の意味は元と同じ番号で新しい電話機を使用するもので、必ずしも避難区域から電話機を移動するわけではない。この措置での減免額は、基本料金減免額約2,000万円、工事料免除額約3,000万円となった。これらの料金特別措置は広報しまばら7月号に掲載され、市民に周知された¹²⁾。

また、警戒区域や避難勧告地域が解除される時期になると、九州電力は火砕流や土石流で損壊した家屋を対象に、電気料金や工事負担金などで特別措置を実施した(平成4年9月10日付)。

9. 危機管理

(1) 警戒区域内のライフライン施設の管理

一般住民は、設定権者すなわち市長や町長の許可がなければ警戒区域に入ることができない。災害応急対策に従事するものは入ることができるが、今回の火砕流による災害では、耐熱および監視装置をもつ陸上自衛隊が、警戒区域入域のリーダーシップを発揮した。長崎県や防災関係者は、陸上自衛隊の立合いのもとに警戒区域に調査や工事のために入域した。警戒区域設定直後の数か月間、都市ガス、水道、電力電気、通信などのライフライン担当者は自分の施設を守るために、警戒区域に入入ることはしなかった。警戒区域内のシステムは放置され、被害が拡大するに任せた。ただ、警戒区域の周辺部を小さなブロックに分けて、被害が区域外に拡大するのを防いだ。警戒区域への入域が要請されたときには、管理職のみが入域した。作業員の人命の安全を最優先させていたため、このような処理となった。防災訓練を受けかつ、責任上入ることが要請されている防災機関も今回は単独では入域していない。被災住民が入域していない

ことへの配慮や労働組合との話し合いの結果と考えられる。警戒区域内のライフライン施設をどのように管理するかなどのマニュアルを作成しておくことが必要である。

(2) 警戒区域の解除とライフラインの復旧の課題

警戒区域の設定の延長および範囲を検討する協議会（防災会議）のメンバーは、人命を守るという原則から、長崎県、島原市、深江町、気象庁雲仙岳測候所、九州大学理学部島原地震火山観測所、防災関係機関（長崎県警察本部、島原警察署、島原広域消防団本部、陸上自衛隊、長崎県海上保安部）から構成されている。可能な限り最近の状況から判断すると、観点から、警戒区域の期限切れの前日に島原市内のホテルで協議が行われ、その合意事項を島原市および深江町の災害対策本部の会議で検討し、市長または町長が発表するという手続きを採用した。この協議会のメンバーは固定されており、人命を守る目的が達成された後の警戒区域の縮小、解除、復旧を検討すべき時期に来て、警戒区域内の国道やライフラインなどを管理する国の機関や復旧を担当する部署は参加していなかった。安全を確保するためには、防災機関のみで決定することができるが、生活再開の時期を迎えると、ライフラインや道路管理者の参加が必要になってくる。その後、国道57号が開通する時期になると、建設省長崎工事事務所がメンバーに加わった。関係機関のスムーズな連携のためには、これらの組織をメンバーに加えるか、事前の協議の場を設けることが望まれる。地域防災計画を見直すため、年に一回防災会議が開催され、ライフライン関係者が参加している。防災会議を緊急の場合開催できるようなシステムの改善も必要であろう。

平成3年9月5日の警戒区域設定期限の第6次延長では区域緩和の動きがみられ、「次回は山の状況次第では、一部解除もありうる」の考えが防災会議で示された。警戒区域の解除後、ただちに住民の帰宅が許可される場合には、ライフラインの早急な復旧が要求されるために、多量の人員の動員が必要となる。しかし、警戒区域解除後の生活再開のストーリーは議論されないままであった。警戒区域延長の防災会議は専門家、行政、防災機関で構成されているため、復旧を担当するライフラインの関係者は、延長の発表の折に初めて解除区域を知ることができた。警戒区域の延長、解除を決定する防災会議が、期限切れ前日の夕方に決められるために、解除される地域が直前まで不明で、解除後に向けての体制がただちに組めない問題があった。したがって、ライフラインの関係者には事前の情報がないために、各機関は色々なストーリーを想定して計画を立てざるを得ず、動員体制を組むことが無理であった。今回、ライフライン間の協議は、解除の決定を受けてから行う予定でいたようである。

さらに、防災関係者は警戒区域の解除と避難勧告の解除が同時にならないと想定していたようである¹³⁾が、このような重要な情報はライフラインの担当者に伝えられていなかった。今回は、警戒区域の解除後直ちに避難勧告が発令され、即生活再開ではなかったため、その間にライフラインの復旧工事を行うことができた。

警戒区域の解除、ライフラインの復旧、住民の帰宅・生活再開のストーリーは前もって検討しておくことが望まれる。地域防災計画にライフラインとの協議や情報交換を明示しておくことも必要である。

平成3年10月15日の警戒区域設定期限の第9次延長では、警戒区域が大下町の一部で解除され、住民への避難勧告は発令されなかった。つまり、避難勧告が発令されなかったはじめてのケースで、この地区にはライフラインが復旧する前に住民の帰宅が許可された。電力は直ちに復旧したが、中木場簡易水道が6月の火砕流で破壊されているため、上水道の復旧は遅れた¹⁴⁾。島原市は、第五小学校からの送水管工事を行ったが、上水道の給水開始には2週間程度を要した。島原市は、避難勧告区域の解除に伴う応急仮設住宅からの退去期限を長崎県との話し合いの結果、原則として10日間以内と決めていた。大下町については、水道設備の整備完了を待つために、20日間に延長された。

10. ま と め

本報告は、雲仙普賢岳災害に対する電力、都市ガス、上水道、電気通信のライフラインの事前対策、応急・緊急対策および長期化に伴う恒久対策への模索を明らかにしたものである。

(1) 平成3年2月26日島原市によって公表された「眉山崩壊に備えての避難計画」は、その規模および内容の妥当性はともかく、各機関に自らのシステムを守るための事前対策を実施させるうえで、きわめて有効であったと評価できる。各種の災害に対して、ハザードマップなどが作成されていれば、さらに効果的であると考えられる。

(2) 防災機関には、火山情報、災害の情報、今後の見通しなどの情報が伝達されてくるが、公共性が強いにもかかわらず、電力、都市ガス、電気通信などのライフライン機関では、情報を自ら収集する必要がある。地域防災計画書を作成するにあたって、ライフラインとの協議や情報交換の項目を入れておくべきである。

(3) 警戒区域は、人命を守ることを目的に設定されているため、警戒区域の解除、縮小、復旧の段階になったとき、ライフラインや道路、鉄道の復旧、住民の帰宅、生活再開についての協議が十分でなかった。このため、警戒区域の解除に続くライフラインの復旧、市民生活再

開のシナリオがなく、ライフラインの担当者はさまざまなケースを想定せざるを得なかった。ライフラインを復旧する各機関との連携をスムーズにするために、警戒区域が解除、縮小の段階になると、警戒区域の範囲および設定機関の見直しを行う防災会議のメンバーに復旧の担当者を加えることが必要である。さらに、復旧に要する人員や資材を確保するために、防災会議の開催日を設定期限切れの前日ではなく、3~4日前に開催することが必要である。

(4) 防災機関の担当は陸上自衛隊の立会いのもとに警戒区域内に入域しているが、区域内のライフラインや道路、鉄道の管理者は管理のため入域をしなかった。ライフラインなどの担当者が入域まで含めた入域の安全管理のマニュアルを作成しておくことが望まれる。

(5) 各機関の努力によって、ライフラインの安定供給体制はほぼ確保された。今後水無川および中尾川流域の防災工事の進捗に合わせて、抜本的な恒久対策や新しい整備が望まれる。

(6) 災害時の電話の輻輳対策はもちろん、停電時の電話機の機能、重要加入電話の区別、自動車電話や携帯電話からの119番通報の受信先などソフト面の広報を積極的に行うべきである。

本調査を行うにあたり、九州電力(株)島原営業所、九州電力(株)長崎営業所、西部ガス(株)島原営業所、島原市水道課、NTT諫早支店、NTT島原営業所、長崎県災害対策本部の担当者のお世話になった。災害の対策、復旧に多忙な折、調査に協力頂いた担当者の皆様に謝意を表す。また、本調査の予備調査にあたって、朝日新聞、島原新聞、長崎新聞、西日本新聞、毎日新聞および読売新聞を参考にした。なお、本研究を行うにあたり、平成3年度文部省科学研究費補助金総合研究(A)

「1991年雲仙岳における土石流の調査研究」(研究代表者:平野宗夫・九州大学工学部教授)および重点領域研究(自然災害)計画研究「傾斜都市域の洪水・土砂氾濫災害の予測と軽減・復興対策に関する研究」(研究代表者:高橋保・京都大学防災研究所教授)を始め、6件の科学研究費、長崎大学学内特定研究費7件および前田記念財団の助成金2件を使用したことを付記する。

参考文献

- 1) 長崎県災害対策本部:長崎県災害対策本部基礎資料, 1995年6月28日, 1995.6.
 - 2) 長崎新聞:高压送電線火砕流で切断の恐れも, 九電が対応策を協議, 1991年9月1日.
 - 3) 読売新聞:無人重機で鉄塔倒す, 1995年6月1日.
 - 4) 九州電力株式会社長崎支店:雲仙・普賢岳の火山災害と九州電力の対応(中間報告), 全112頁, 1994.4.
 - 5) 西日本新聞:長崎県知事電線の地中化を要望, 台風停止防止で九電に, 1991年9月29日.
 - 6) 島原市:雲仙・普賢岳噴火災害 島原市復興計画改訂版, p.130, 1995.3.
 - 7) 島原市水道課:島原市水道事業の概要, 1994.6.
 - 8) 島原新聞:水道料が家計を圧迫, 降灰対策で助成を陳情, 1993年8月5日.
 - 9) 読売新聞:災害時の電話上手に使おう~多い回線バンク~, 1991年6月19日.
 - 10) 西日本新聞:「大丈夫」島原から先生連絡, 親類とリレー網を, 1991年10月2日.
 - 11) NTT長崎支店設備部:普賢岳災害対策の歩み, 全74頁, 1994.10.
 - 12) 広報しまばら:避難されている皆さんへ, No.47, pp.26~27, 1991年7月.
 - 13) 島原新聞:もし一部解除されたら, どこももう準備完了, まず何よりも防疫と水, 1991年9月13日.
 - 14) 長崎新聞:水道使えず不満噴出, 1991年10月17日.
- (1995.11.17受付)

DAMAGE AND RESTORATION OF LIFELINE SYSTEMS TO PROLONGED AND ENLARGED VOLCANIC DISASTER OF MT. FUGEN IN UNZEN

Kazuo TAKAHASHI and Makoto FUJII

The volcanic disaster of Mt. Fugen in Unzen erupted November 17th 1990 and enlarged more than four years. Disaster prevention officials of lifeline systems, recognized the danger of the mountain eruption and considered a counterplan to protect their facilities. They also considered emergency and permanent restoration plans after debris flows and pyroclastic flows attacked their facilities.

In this paper, emergency counter plan, damage and both temporary and permanent restoration plans of lifeline systems to volcanic disaster of Mt. Unzen are reported and discussed. Problems which now have to be solved as well as some lessons to be learned are also explained.

大好評！ パソコン用土木構造解析シリーズ

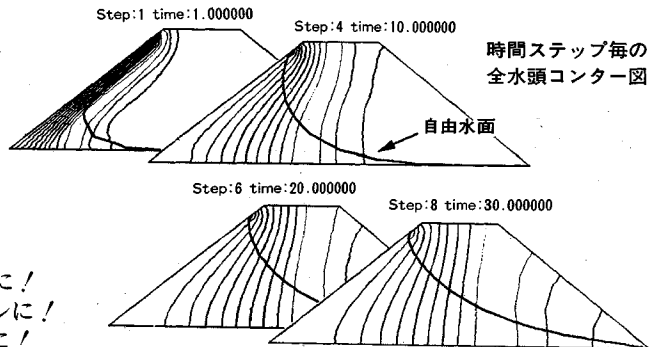
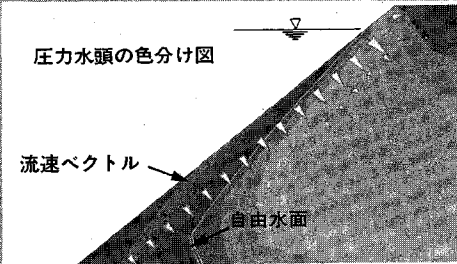
ツージー フロー

お待たせしました！
ソフトブレンが送る
浸透流解析システム。



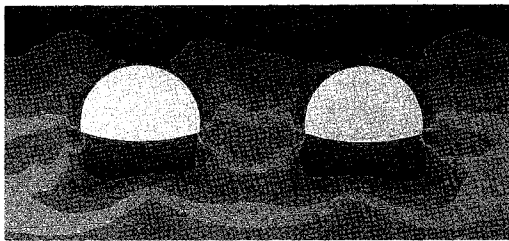
新登場！

それぞれ無料体験版を
ご用意しております。



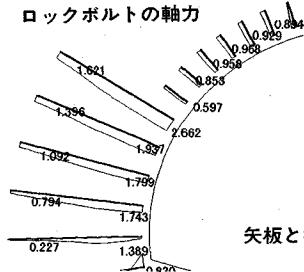
- 複雑な図面入力も、内蔵CADで簡単に！
- 工学的な条件は、画面上でビジュアルに！
- 解析結果も、画面上で手に取るように！

for Windows
2D-6

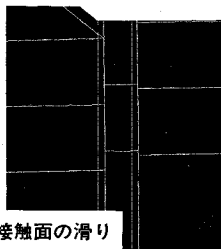


トンネル周辺の応力

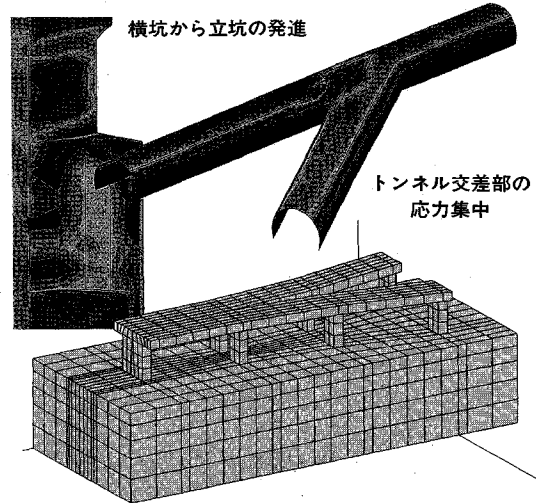
ロックボルトの軸力



矢板と接触面の滑り



3D-6
Copyright © SOFT BRAIN Co., Ltd.



横坑から立坑の発達

トンネル交差部の
応力集中

高架橋合流部分のメッシュ図

- 有限要素の概念は表に出ない、誰にでも使えるシステム。
- 膨大な解析容量と高速解析。5千節点は2、3分で完了。
- CADやワープロ、編集機能を内蔵。報告書作成までOK。

- 強力な3次元表示機能を豊富に実装。表示を自在設定。
- 要素や節点等の有限要素の概念に触れる必要は無し。
- 数万節点でも解析可能。6千節点に2時間の高速解析。



ソフトブレン株式会社 お問合せは **03-5695-1009**

本社：〒001 札幌市北区北37条西4丁目王陽ビル
東京営業所：〒103 東京都中央区日本橋茅場町3-8-5 308ビル

対応 OS: MS-Windows 95/NT3.51

TEL: 011-736-7009 FAX: 011-736-7449
TEL: 03-3663-7009 FAX: 03-3663-7008

地盤の非線形解析プログラム

■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)

FLAC-2D/3D (Fast Lagrangian Analysis of Continua)

- 幾何学的大変形及び材料非線形を取り扱うことができます。陽解法のため歪み軟化解析が容易です。
- 複雑な3次元地盤をモデル化するため、優れたジェネレーター機能をそなえています。
- 機能追加のための開発ツールFISHプログラミング言語を備えていますので、機能追加が容易です。

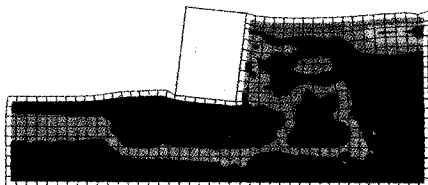
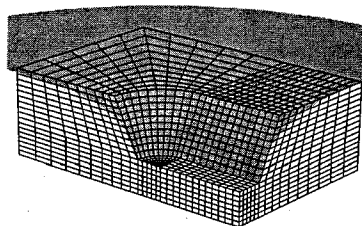
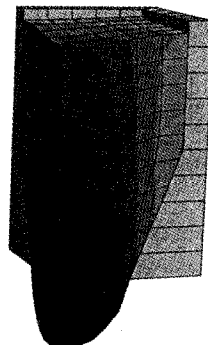


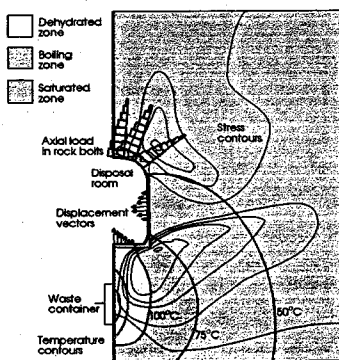
Figure 2. Distorted grid and contours of pore pressure ratio after shaking applied at base



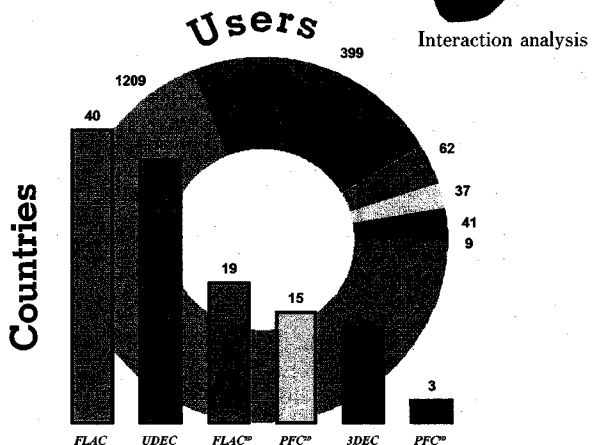
Water flow analysis



Interaction analysis



Thermomechanical conditions five years after nuclear waste emplacement.



■価格(ロード・モジュール)

- FLAC-2D SUN/IBM-PC(標準バージョン)80万円
(Dynamic, Creep, Thermal Optionを含む場合)110万円
- FLAC-3D SUN/IBM-PC(標準バージョン)190万円
(Dynamic, Creep, Thermal Optionを含む場合)250万円

Itasca Software & Windows 95

Yes, Itasca codes do run under Microsoft Windows95. *Windowsは米国マイクロソフト社の商標です。

*当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

TEL.03-3437-2164 FAX.03-3437-2652
〒105 東京都港区虎ノ門5-1-4 東都ビル6F
(株)システムネットワーク内

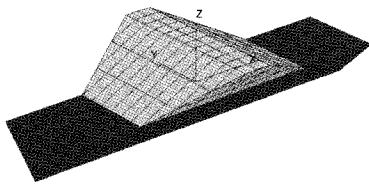


Figure 1. Grid for earth dam and foundation

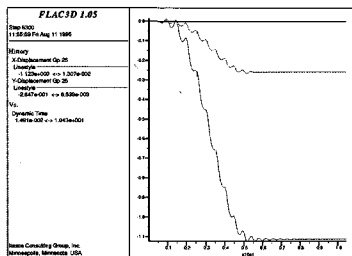


Figure 2. Displacement records (in x- and y-directions) at crest of dam

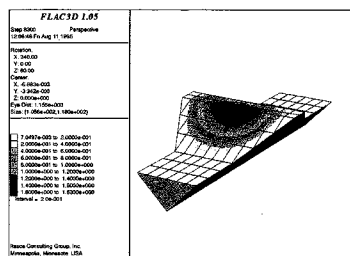
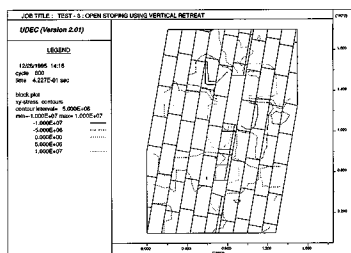


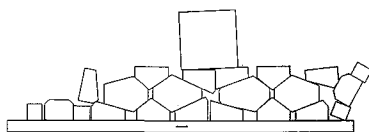
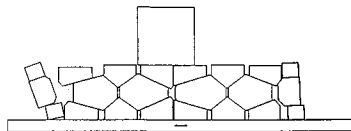
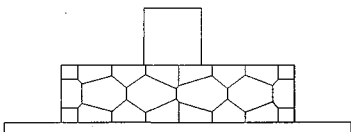
Figure 3. Contours of final displacement magnitude

Dynamic analysis

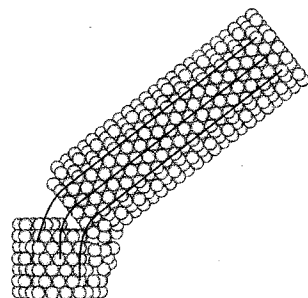
個別要素法プログラムシリーズ



UDEC

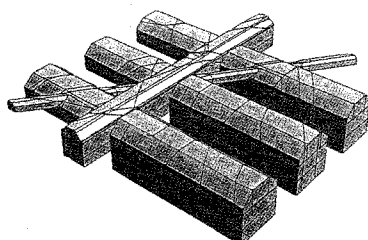


BFLOW

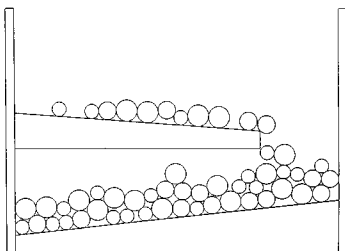


Toppling of pier after horizontal crack forms near base. (reinforcement has pulled out of concrete)

PFC-3D



3DEC



BALL-Poly

■ 価 格

● ロード・モジュール

- ・UDEC SUN/IBM-PC (標準バージョン)110万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)160万円
- ・3DEC SUN/IBM-PC550万円
- ・PFC-2D SUN/IBM-PC70万円
- ・PFC-3D SUN/IBM-PC250万円

● ソース・コード

- ・UDEC SUN/IBM-PC (標準バージョン)190万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)240万円
- ・BFLOW SUN190万円

日本技術開発株式会社

◆FLAC、個別要素法コードとも導入時に移植費等の追加料金はありませぬ。将来の/初期購入価格の10~15%程度です。但し、比較的開発の新しいPFC-3Dを除きます
◆当社ではこれらソフトによる解析コンサルタント、問題に応じた機能追加も行っています



CIVAS; Civil Engineering Analysis Service

CRC総研がお届けする土木・建設分野向けサービス

地盤解析には 3次元地盤FEM解析プログラム for Windows®

Mr.SOIL-3D 95



[Mr.SOIL-3D for Windows 95]
[トンネル掘削による主応力コンター図]

450本を超える販売実績をもつ地盤FEM解析の定番ソフトです。3D解析を可能にしており、FEM解析初心者でも、使い易い3Dプリポストプロセッサも完備。もちろん2D解析も可能で非線形弾性解析(電中研法、Duncan-Chang法)、弾塑性解析(歪み軟化、硬化)等の多岐にわたる解析が選択できます。ステップ解析機能を有し、施工順序に従って地盤の挙動を把握できます。

'97.11リリース

'96.9リリース

地下水解析には 広域地下水変動解析プログラム for Windows®

PC/UNISSF 95



[UNISSF for Windows 95]
[掘削に伴う水位低下コンターと流速ベクトル図]

データ作成、結果の表示等のFEM解析に必要な諸作業がすべてマウスで行える強力なプリポスト機能を備えた浸透流解析ソフトです。準3次元解析版と断面2次元解析版が有ります。工事施工時の周辺地下水影響解析等の定常/非定常解析が可能です。降雨・揚水井・浸出面が取り扱え、水位・流量の経時変化に加え、浸出点の位置、流量を求めることができます。

実力の解析ツール群 続々登場!

連成解析には 応力・浸透・熱連成解析プログラム for Windows®

CONHEAT 95



[CONHEAT for Windows 95]
[地中蒸排水パイプ周りの温度と流速分布図]

圧密解析から、応力・浸透・熱の連成問題まで解析可能な2次元FEM解析ソフトです。多段階削り・盛土や降雨条件が扱え、経時観測記録より、変形・透水系数を逆解析で求めることができます。弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤に適用でき、凍結についても適用可能です。プリポスト完備で優れたユーザーインターフェースを実現しています。

'96.11リリース

'96.11リリース

地質解析には 3次元地質解析プログラム for Windows®

GEORAMA 95



[GEORAMA for Windows 95]
[3次元地質モデル図]

EWS版で好評を得た3D地質解析ソフトのWindows95対応版です。地形データやボーリングデータ等の情報から地質面を3次元的に推定後、3D地質モデルを構築し、任意断面及び、3Dの各種地質関連断面を出力表示します。手元に頼っていた地質図作成、地質モデルデータベース管理等に大幅なコストダウンをもたらします。計画立案等のプレゼンテーションを強力にサポートします。

事業設計企業

CRC

東京本社

西日本事業部

株式会社 **CRC総合研究所**

〒136 東京都江東区南砂2-7-5
科学システム事業部 営業第1部
TEL:03-5634-5790 FAX:03-5634-7337
〒541 大阪市中央区久太郎町4-1-3
西日本事業部 科学システム営業部
TEL:06-241-4730 FAX:06-241-4136

新製品リリース時に発売キャンペーンを実施!
キャンペーン期間中、新規ユーザー向け特別価格
&旧バージョンユーザー向け優待価格を設定。
また、上記プログラムを用いての受託解析サービスも展開。詳しくは左記までお問合わせください。

- 掲載の社名・製品名・ロゴは各社の各国での商標・登録商標です。
- Windowsは米国マイクロソフト社の登録商標です。
- 製品の仕様・価格は将来予告なしに変更することがあります。