

雲仙普賢岳の火山災害における交通の途絶が地域に及ぼした影響調査

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)

雲仙普賢岳の火山災害による道路・鉄道の被害に伴う交通の途絶は住民の通勤・通学、日常生活および物流、観光などの地域経済活動に大きな間接的ダメージを与えた。これまで、雲仙普賢岳の火山災害における交通の途絶が地域に及ぼした影響調査は行われていない。そこで、本報告では、長期化する火山災害に対して導入された道路および鉄道の応急復旧および緊急対策費を調査するとともに、代替交通利用による交通コストの増加の計測を行った。また、平成3年6月の水無川断面の通行止め当時の島原市への通勤者に対するアンケート調査により交通の途絶が地域住民の生活に及ぼした影響を明らかにした。

Key Words : volcanic disaster, interrupted traffic, cost of emergency counter-plan, increase of traffic cost

1. まえがき

雲仙普賢岳の火山災害において、幹線道路である国道251号や国道57号および島原鉄道が平成3年6月から水無川断面で警戒区域に含まれて全面通行止めとなったり、火砕流および土石流によって度々通行止めとなった。これにより、島原半島の拠点都市である島原市の水無川断面において島原半島の交通が分断された¹⁾(図-1参照)。火山災害発生以前から道路網の不足が指摘されていた当地域での交通の途絶は周辺地域への波及効果が大きく、島原市はもとより島原半島全体の様々な分野に影響を及ぼした。特に、深江町、布津町、有家町、西有家町といった島原市と水無川を隔てて南側に位置する町(南目)は島原市経済圏に含まれ、住民の勤務先や買物先などの多くを島原市の中心市街地に依存している。このため、水無川断面での交通の途絶により通勤・通学、日常生活および経済活動に大きな影響を受けた²⁾。さらに平成5年には中尾川流域にも土石流による被害が発生し、水無川および中尾川断面での交通の分断に島原市は一時孤立し、パニック状態に陥った。

雲仙普賢岳の火山災害による被害額は、約2,300億円(平成8年3月31日現在)であり、そのうち1,500億円が間接被害とされている²⁾。間接被害額はそのほとんどを観光客および修学旅行の減少および島原市中心商店街からの客離れなどによる商工被害が占めているが、この

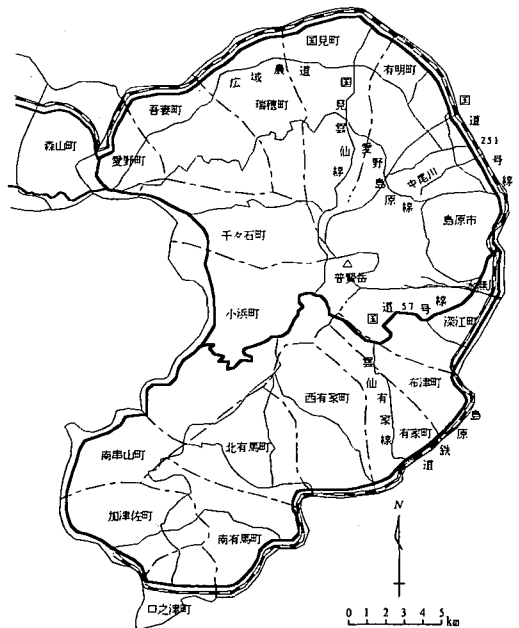


図-1 島原半島道路網図

商工被害の大きな要因の一つとして道路および鉄道の不通が挙げられている。

これまで、今回の火山災害による道路および鉄道の被害に対して導入された応急・緊急対策のコスト、交通の途絶が地域に及ぼした経済的影響は調査されていない。

表一 国道251号通行規制の経緯

年月日	通行規制措置	長崎県災害対策本部	
		通行時間帯	通行可能車両
H3.6.8	全面通行止め	終日	災害緊急車両のみ
7.27	許可車両のみ片側交互通行 (軽車両禁止)	AM10:00~PM4:00	許可車両(生活必需品 などたばこ車両に限る)
8.11	同上	AM9:00~PM5:00	同上
8.27	同上	AM7:00~PM5:00	同上
9.22	自由対面通行(軽車両禁止)	AM7:00~PM5:00	定期バスを除く全車両
10.15	同上	AM6:00~PM5:00	全車両
12.22	交通開放(軽車両禁止)	終日	同上

しかし、災害に対する事前の道路整備を考えると、交通の途絶によるコストの増大を調査しておくことが重要と考えられる。また、著者らがこれまでに実施した島原市民へのアンケート調査においても「これから充実してほしい生活基盤」³⁾(平成5年)、「現在の生活で不便・不満に思うこと」⁴⁾(平成6年)、「災害復興に向けて重要なこと」⁵⁾(平成7年)といった設問で、いずれも道路・交通関係の項目が最も多く選ばれており、道路網の整備に対する市民のニーズが高いことがうかがえる。

そこで、本研究では、長期化する火山災害による交通途絶の影響を明らかにするために、道路・鉄道に導入された応急復旧・緊急対策の費用を調査するとともに、通行止めおよび通行規制期間の代替交通利用による交通費用の増加の計測を試みる。

さらに、国道251号、国道57号および島原鉄道が閉鎖された時期における通勤、買物行動などに対する実態調査は行われていない。このため、本研究では、平成3年6月の国道251号通行止め時の南目からの通勤者に対して、当時の通勤および買物動態、生活への影響などのアンケート調査を実施した。これらの結果をもとに、交通途絶が地域へ及ぼした影響について得られた結果を報告する。

2. 道路の応急復旧対策とその費用⁶⁾

本研究の対象としている島原地域の特性と雲仙普賢岳噴火における被災の程度および災害対策の経緯については文献7)の図-1、表-1および表-2に述べているのでこれらを参照してほしい。

(1) 国道251号および57号線

平成3年6月8日の警戒区域設定に伴い、水無川断面の国道251号、57号および島原鉄道が全面通行止めとなった。このため、南目から島原への交通は山越えの迂回路と国道251号の逆回りの2ルートのみとなったが、迂回路が幹線道路でないため大型車両が走行できないことや時間の増大が大きな課題となった。通勤・通学に対しては海上代替輸送および夏休みの繰り上げが実施

表-2 国道251号および57号の応急復旧費

資料提供) 国道251号:長崎県島原振興局
国道57号:建設省長崎工事事務所
(千円)

年度	国道251号	国道57号
H3	4,289	-
H4	16,348	43,557
H5	148,990	24,192
H6	649,476	-
H7	-	96,325
合計	819,103	164,074

されたが、商用などの物流の大型車両は道路を迂回するしかなく、コストの増大が著しかった。経済活動の再開には、トラックなどの商用の車両の通行が不可欠であるため、被災していない警戒区域内の国道251号の5.6km区間の使用が前提となる。最初の警戒区域の設定期間内の平成3年6月25日に開催された島原市定例議会で「時間を区切って通行できるようにならないか」との一般質問があった。また、地元の商工業者を中心に地域住民からも国道251号の早期使用再開の要望が出された。このため、長崎県は、7月27日から安全管理システムを作成して、生活必需品などの物資を運ぶ車両に限り通行を許可した。さらに、時間帯を順次拡大し、通行の許可も通行毎でなく、一回で済むようにした。この結果、貨物車であれば自由に通行できるようになった。そして、避難勧告区域になった後に、一般車両の時間帯通行を許可し、平成3年12月20日に196日ぶりに全面交通開放を行った。これら一連の経緯を表-1に示す。

国道251号は、平成4年以降、度重なる土砂流の発生によって水無川断面および平成5年には中尾川断面で通行止めとなった。水無川断面では平成5年6月までは、土砂が路上に堆積するとその都度土砂を排除して使用を再開したが、平成5年7月以降は除石を中止し、土砂を整地した簡易舗装によって通行を再開した。

一方、水無川断面の国道57号は平成3年6月8日に警戒区域に含まれて通行止めとなったが、避難勧告区域になると平成4年9月18日に通行再開工事が着工され、10月19日に504日ぶりに全面通行再開となった。しかし、平成5年6月18日の土砂流により水無川橋が流失するなどの被害が生じ、平成7年4月28日までの670日間再び通行止めとなった。

平成3年から平成8年までの国道251号および57号の土砂の排除費、舗装費、応急仮橋の設置費および国道251号の水無川橋の架け替え事業費などをまとめた応急復旧費を表-2に示す。国道や河川に堆積した土砂をトラックに積み込んで土砂ヤードまで運搬するための費用は、5,000円/m³であった。

緊急対策としては、土砂流による路上堆積土砂を排除する間の交通対策として、平成3年6月30日以来土石

表-3 国道の通行止めに伴う代替道路の工事費

路線	工事費 (千円)
主要地方道国見雲仙線	
1工区(L=506m)	712,950
2工区(L=680m)	212,300
待避所	50,450
国道251号	
ロックシェッド	1,259,727
国道57号 (旧町道バラバラ松・石札線) 道路拡幅(H4)	250,000
交差点改良(H5)	140,000
合計	2,625,427

流の流路となっている国道251号の北安徳町と鎌田町を跨ぐ国道251号緊急連絡橋が平成4年6月5日に完成した。さらに平成5年7月4日の中尾川流域への土石流の拡大に伴い、国道251号の扇田大橋が決壊するおそれが生じた。このため、中尾川において迂回路の役目を果たす中尾川緊急連絡橋が平成5年10月29日に完成した。建設費は、国道251号緊急連絡橋が2億2千万円、中尾川緊急連絡橋が7億円であった。緊急連絡橋は3年間使用の仮設構造物で、建設費には撤去費も含まれている。

(2) その他の道路

国道251号および国道57号の水無川断面の通行止め時には、雲仙まわりの県道国見雲仙線(図-1参照)を利用する路線が迂回道路として使用され、この路線に交通が集中し、国道の代替道路となる他の路線も交通量の増加が見られた。

代替道路を整備するため、県道国見雲仙線の小浜町吹越の落石の恐れのある区間(1工区500m、2工区680m)を防災工事した。さらに同国見町魚洗川の2.9kmにおいては、車両離合のための待避所を10箇所設置した。同県道は、平成5年4月1日に国道389号に昇格した。

大型車は、幅員が狭い山間部の国見雲仙線より海岸線を走る国道251号を逆回りして代替道路とすることが多く、基幹道路として交通を確保するため、異常気象時の事前通行規制区間(南串山町～加津佐町の約4.0km)にロックシェッド16箇所を設置した。

さらに、長期間通行止めのままである国道57号の迂回路として国道251号と国道57号をつなぐ町道バラバラ松・石札線(L=2km)を国道に格上げし、側溝に蓋をしておきの車道拡幅、国道との交差点の改良などの整備を実施した。これらの整備費用をまとめると、表-3に示すとおりである。

また、長崎県が昭和50年度から進めていた広域営農団地農道整備事業において建設されていた広域農道の

表-4 島原鉄道の災害復旧費および土石流対策費

年度	島原鉄道(株) (千円)					
	水無川・津波堤部		中尾川部		合計	
	災害復旧費	土石流対策費	災害復旧費	土石流対策費	災害復旧費	土石流対策費
H3	132,960	-	-	-	132,960	-
H4	63,490	49,514	-	-	63,490	49,514
H5	-	-	600	-	600	-
H6	30,141	-	-	8,288	30,141	8,288
H7	1,307,623	-	-	758,180	1,307,623	758,180
H8	1,703,988	-	-	1,155,000	1,703,988	1,155,000
計	3,238,202	49,514	600	1,921,468	3,238,802	1,970,982

北部地区(島原市三会～北高来郡愛野町)が、平成6年1月に雲仙グリーンロードと名付けられ供用を開始した。この広域農道が国道251号の諫早方面へのバイパスの機能を果たしている。

3. 鉄道の応急復旧対策費⁸⁾

島原鉄道(株)では、平成3年6月3日の火砕流の発生後、現地調査を実施し、その結果から南島原～布津間の運行中止を自主的に決めた。その後、高校の夏休み明けとなる同年8月1日から、通学の便を図るために南島原～島原外港間の運転を、また8月10日から深江～布津間の運転を再開した。平成3年6月30日の土石流により被害にあった警戒区域内の軌道については、警戒区域が避難勧告地域に規制が緩和された平成3年11月4日から災害復旧工事に着手し、平成3年12月27日に全線復旧した。なお、安全確保のため、島原外港～深江間を運行する列車内に無線受信機および携帯電話を備え付け、水無川周辺の3駅は通過するなどの措置をとった。

平成4年も土石流の発生に伴い、4月に13日間、8月に21日間の計34日間、諫早～島原外港間、深江～加津佐間の列車折り返し運転を余儀なくされた。その都度応急復旧を行い、土石流の発生を警戒した運行基準を作成して、通行の安全を確保した。しかし、平成5年4月28日の大規模な土石流災害を始め、4月から7月にかけて数次にわたる土石流災害により、安徳～瀬野深江間(1.25km)の軌道が再び甚大な被害を被った。その後、安中三角地帯の嵩上げや導流堤の建設、水無川の拡幅、嵩上げなどの公共事業との調整もあって、島原外港～深江間(6.4km)の復旧事業の着手が遅れていた。平成7年6月に被災区間の高架化による復旧事業に着手し、平成9年4月の開通を予定している。

雲仙普賢岳の火山災害による災害復旧費および土石流対策費を表-4に示す。平成8年度までに約52億円を投じているが、これには平成7年および8年の被災区間の復旧費、約30億円が含まれている。被災区間の復旧費については、国、長崎県および島原鉄道が負担することになっている。また、度重なる土石流による被害や運休で収入減などのダメージを受けた島原鉄道に対し

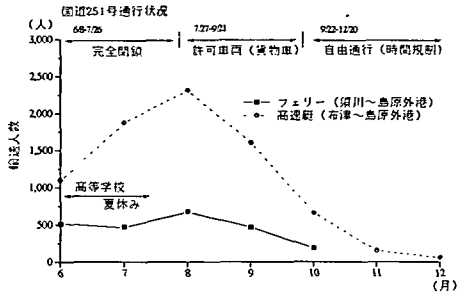
表一五 海上代替輸送の実績

区 間		船 名		備 考	
須川～島原外港 (水無川流域)	22.4km	H3.6.10～10.24 (6.13～6.27運休)	フェリー 乗客 車両	52,458人 6,770台	
布津～島原外港 (水無川流域)	12.0km	H3.6.20～12.27	高速船 乗客	216,693人	
須川～島原外港 (水無川流域)	22.4km	H5.6.29～7.24	フェリー 乗客 車両	16,706人 722台	
布津～島原外港 (水無川流域)	12.0km	H5.6.27～9.30	高速船 乗客	24,530人	
島原新港～島原外港 (中尾川流域)	7.0km	H5.7.9～7.24	フェリー 乗客 車両	75人 0台	
多比良港～島原外港 (中尾川流域)	15.0km	H5.8.20	フェリー 乗客 車両	30人 9台	

表一六 代替輸送に係わる整備費用

(資料提供：長崎県交通政策課)

整備の内容	実施年度	金額(千円)
布津漁港の浚渫	H3	21,599
布津漁港浮桟橋の設置	H3,H5	6,637
布津漁港浮桟橋の撤去	H3	1,230
照明灯の設置	H3	366
島原・深江海岸沖測量	H3	7,604
布津漁港待合室設置	H5	2,551
布津漁港航路の浚渫	H5	2,010
島原新港浮桟橋の設置	H5	6,458
島原新港待合室設置	H5	1,650
島原港霊南地区浮桟橋の設置	H5	5,910
島原港霊南地区渡橋の製作	H5	10,403
島原港霊南地区航路の浚渫	H5	49,430
島原港霊南地区浮標灯の設置	H6	3,662
合 計		119,500



図一 平成3年月別1日当たり輸送実績
(資料提供：長崎県交通政策課)

て、雲仙岳災害対策基金から平成3年度に41,141千円、4年度に12,375千円、6年度に11,632千円、合計65,148千円の助成が行われている。

4. 代替交通の導入とそのコスト

平成3年6月3日の火砕流の発生後、6月8日の警戒区域の設定により水無川断面における国道251号および国道57号線が全面通行止め、島原鉄道が運休となった。これに伴って、深江町、布津町などの南目から島原市への通勤・通学が困難になってきた。長崎県は島原市内と島原半島南部を結ぶ交通手段を確保するため、旅客航路業者に要請して、海上代替輸送を導入した。平成5年には土石流被害の拡大に伴って、水無川流域の他に中尾川流域の国道および島原鉄道の交通確保が問題となった。このため、長崎県は中尾川流域にも海上代替輸送を実施した。

平成3年および5年における海上代替輸送の実績を表一五に示す。平成3年は国道251号の通行規制の緩和に伴って、その利用者は減少していったが、フェリー(須川～島原外港)は10月24日まで、高速船(布津～島原外港)は12月27日まで実施された。平成3年の月別の輸送実績を見ると、6月、7月は高等学校の夏休みの繰

り上げが実施されたため、輸送量のピークは8月になっている(図一)。全体的に見ると高速船については航行時間が約25分間と短いことからフェリーに比べ利用者が多く、平均乗船率は50%程度で運航されたようである。しかし、フェリーについては航行時間が約1時間と長く、迂回路の通行が可能であったためその利用者はほとんど学生が占め、平均乗船率は10%程度と効率的な運航はできなかったといえる。

フェリーおよび高速船の就航にあたっての環境整備としては、布津～島原外港に航路を開設するため、布津漁港に布津漁協の協力を得て、浚渫および浮桟橋の設置を行った。その他、島原深江海岸沖の測量、航路の浚渫、平成5年度には島原新港、島原港霊南地区での整備も実施された。それらの詳細を表一六に示す。また、長崎県の要請により海上代替輸送を実施した旅客航路事業者は低料金(同区間の島原鉄道と同料金)を設定したので、長崎県は欠損が出た場合に、長崎県臨時航路補助金として欠損額を補填した。海上代替輸送が実施された平成3年および5年の補助金を示すと、平成3年度が160,325千円、平成5年度が70,337千円であった。

また、島原鉄道バスでは平成3年6月14日から諏訪の池、小浜、愛野経由で有家駅～島鉄バスターミナル間に1往復山越えの代替運行を実施した。所要時間は、約2時間であった。

5. 道路・鉄道における応急・緊急対策費

これまでに述べた道路・鉄道の被害および途絶に対して導入された応急・緊急対策の費用をまとめると表一七に示す結果を得る。これにより、道路・鉄道の応急・緊急対策に要した金額は、約101億円にのぼることが明らかとなった。この金額は、災害による公共土木施設直接被害額33,073,677千円(平成8年3月31日現在)²⁾の

表一 道路・鉄道の応急・緊急対策費用

項目	金額 (千円)
国道の応急復旧費	983,177
緊急連絡橋の建設費	920,000
代替道路の工事費	2,625,427
海上代替輸送に伴う整備費	119,500
長崎県臨時航路補助金	230,689
島原鉄道の災害復旧費	3,238,802
島原鉄道の土石流対策費	1,970,982
島原鉄道への助成金	65,148
合計	10,153,725

約3割に相当する。

長期化する火山災害において、度々寸断する国道 251号および 57 号の交通の確保のために様々な対策が導入された。この応急・緊急対策費には、国道においては交通確保のために導入された対策に要した費用のみを取り入れており、島原深江道路などの恒久対策および今後の砂防事業等と絡んだ本格的な復旧対策の費用は含まれていない。一方、島原鉄道は、国道のような種々の応急・緊急対策は導入できず、行政による援助を得て着手した恒久的な高架式の復旧事業費を含んでいる。

6. 代替交通利用に伴う交通費用増加の計測

(1) 交通費用増加計測の方法

今回の災害においては、道路および鉄道の不通に対して海上代替輸送の代替交通が使用された。島原の場合、交通手段が道路および鉄道のみであるため、地域住民は代替交通手段選択の余地が少なかった。陸上であれば迂回道路の通行、海上であれば海上代替輸送利用しかなく、結果として走行距離および時間の増加は著しく、交通費用の増大があったものと推測できる。海上輸送と迂回道路通行への交通路変更による交通費用の増加の計測を試みる。計測方法は、通常時と比較して、道路不通時の費用便益の損失を交通費用の増加とする方法を採用した。費用便益は、走行費用と時間費用の2つの視点から計測を行う。

a) 走行費用の増加

これは、道路の通行止めにより、本来の輸送ルートの変更が余儀なくされ、走行費用が増加するというものである。車両の走行費用増 A_1 は、走行速度に応じて燃料費、車両償却費などから成る走行経費関数 $Y(V)$ [円/台・km] が車種別に設定されている。これを用い、走行速度の変化 ($V_0 \rightarrow V_1$)、対象となる車種別交通量 Q [台]、走行距離の変化 $L=L_0-L_1$ を用いて、式 (1) で算出する。

$$A_1 = L \cdot Q \cdot \{Y(V_1) - Y(V_0)\} \quad (\text{円}) \quad (1)$$

また、船舶の走行費用は、補助金を含めた収入が費用に等しいと考える。よって船舶の走行費用増 A_2 は、輸送

料金 MP [円/人] と全輸送人員 P [人]、運航補助金 NP [円]、通常時利用交通手段の走行コスト C [円] を用いて、式 (2) で算出する。

$$A_2 = MP \cdot P + NP - C \quad (\text{円}) \quad (2)$$

b) 時間費用の増加

これは、道路の通行止めにより、本来の輸送ルートの変更が余儀なくされ、旅行時間が増加するというものである。時間費用増 A_3 については、損失時間 $T = \frac{L_1}{V_1} - \frac{L_0}{V_0}$ に、

交通量 Q [台]、車種別時間価値 K [円/台・分] を乗じることにより、式 (3) で算出する。

時間価値の考え方としては、乗用車は労働賃金、貨物車は荷主側の都合で車両を待機させた場合のペナルティを考慮した時間価値を用いる。

$$A_3 = T \cdot Q \cdot K \quad (\text{円}) \quad (3)$$

(2) 計測条件の設定

a) 対象路線

災害による道路被害および通行止めは、島原市、深江町の道路網の各所に及んでおり、個別のルートごとに計測することが望まれる。しかし、同時に複数箇所の被害を受けた場合、迂回ルートの特長、交通流パターンへの推定は困難である。このため、最も代表的な主要幹線国道 251 号の水無川断面における平成 3 年 6 月 8 日から 12 月 20 日までの長期的な通行止め、通行規制を対象とする。この期間を国道 251 号通行規制の状況から第 1 期 (6 月 8 日～7 月 26 日、全面通行止め)、第 2 期 (7 月 27 日～9 月 21 日、許可車両時間規制通行可) および第 3 期 (9 月 22 日～12 月 20 日、全車両時間規制通行可) の 3 つの時期に分けて考える (表一 参照)。

b) 対象交通量

通行止めの影響は、水無川断面を通過する交通に現れる。ここでは、通行止めの影響を受ける交通として、通勤および通学の旅客交通と物資を運ぶ貨物交通に限定して考える。水無川断面を通過する交通として、島原南 (島原市以南の町)、島原中 (島原市および有明町)、島原北 (有明町以北の市町) の 3 つのゾーン間交通を想定する。ここで、本来ならば災害による取り止め交通量を議論すべきであるが、その基礎資料となるパーソントリップ調査が当地域では実施されておらず、また災害時の交通量などの資料が乏しい。阪神・淡路大震災における地震当日の車両の取り止め交通は約 30% といわれている。しかし、通常の交通手段が自家用車の他に島原鉄道および路線バスしかない当地域では、公共交通の不通により自家用車の使用が増加したことが考えられる。このため、本研究では取り止め交通は発生しないものと仮

表一八 通勤・通学者流動人口（平成2年度）

（出典：平成2年国勢調査）

（単位：人）			
従業地	島原南	島原中	島原北
常住地			
島原南	-	2,757	257
島原中	641	-	1,779
島原北	52	1,749	-

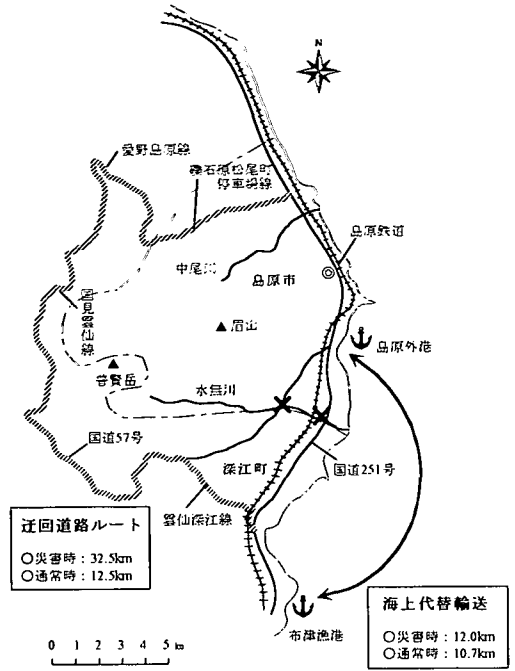
注) ○島原南は深江町、布津町、有家町、西有家町
 ○島原中は島原市、有明町
 ○島原北は国見町、吾妻町、嵯徳町、愛野町、諫早市、大村市、長崎市

表一九 貨物車類交通量（平成2年度）

（出典：平成2年道路交通センサス）

（単位：台/日）			
着	島原南	島原中	島原北
発			
島原南	-	6,190	1,667
島原中	6,190	-	7,997
島原北	1,667	7,997	-

注) ○島原南は深江町、布津町、有家町、西有家町
 ○島原中は島原市、有明町
 ○島原北は島原南、島原中、北有馬町、南有馬町、口之津町、加津佐町、南串山町、小浜町、千々石町を除く国内地域



図一三 代替輸送ルートと距離

定して計測を行う。

旅客交通として、平成2年国勢調査⁹⁾による市町村間通勤および通学者数を用いる（表一八）。対象交通量は、島原南と島原北および島原南と島原中の交通量 3,707 人となり、彼らが1日1往復すると考えると1日あたり7,414 人の交通が影響を受けることとなる。これらの旅客交通が通常利用する交通手段は、平成2年国勢調査⁹⁾の島原市の利用交通手段別通勤・通学者数を参考に、自家用車利用が60%、鉄道、バスなどその他の手段利用が40%と設定する。

また、貨物交通としては広域的な交通も対象とし、平成2年道路交通センサス¹⁰⁾による貨物車類交通量を使用する（表一九）。対象交通は、旅客交通と同様に水無川断面を横断する貨物車7,857台であり、これらが1日に1往復すると考えると1日あたり15,714台の交通が影響を受けることとなる。

ここで、第Ⅱ期、第Ⅲ期においては国道251号の通行規制の緩和から一部車両の通行が可能であった。このため、当時の新聞報道¹¹⁾から許可車両のみ通行できた第Ⅱ期の国道251号の交通量を4,000台/日（貨物車のみ）、自由対面通行できた第Ⅲ期の交通量を12,000台/日とする。したがって、第Ⅱ期、第Ⅲ期は対象交通量からこれらの交通量を差し引いた交通量が迂回路を走行すると考える。

c) 海上代替輸送

水無川断面での通行止めに伴い、旅客交通の代替交通として布津漁港～島原外港間に高速船、須川～島原外港間にフェリーによる海上輸送が実施された。ここで、前述した対象旅客交通量の40%、1,483人を通常時には島原鉄道利用者とすれば、災害時には海上代替輸送利用者と設定できる。海上輸送船としては利用者の多かった高速船のみを考慮する。ルート距離は、通常時の陸上ルートは島原鉄道の駅間距離を用い、災害時の海上ルートは実績距離を用いる（図一三）。

d) 迂回路ルート

島原南から島原中、島原北への貨物交通に対しての迂回路ルートの設定を行う。今回の災害時の交通パターンは明らかにされていないが、最も代表的な迂回路ルートであったとされる礫石原松尾町停車場線、愛野島原線、国見雲仙線、国道57号、雲仙深江線を経由する路線を迂回路として採用する（図一三）。この路線にすべての貨物車両とともに対象旅客交通量の60%、2,224台（一人当たり一台とする）が集中するものとする。

(3) 計測結果

a) 海上代替輸送

第4章で述べたように平成3年と5年に海上代替輸送が実施された際、赤字を補填するために補助金が支出された。海上輸送の費用は、料金収入+運航補助金で賄わ

表-10 車種別単位走行費用

	(円/台km)							
	通常ルート (速度37km/h)				迂回ルート (速度26km/h)			
	普通貨物	小型貨物	バス	乗用車	普通貨物	小型貨物	バス	乗用車
燃料費	13.6	5.0	13.1	5.1	17.0	5.8	16.8	6.1
油脂費	0.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.5	0.1
タイヤ・チューブ	4.7	1.7	4.7	1.8	4.7	1.7	4.7	1.8
整備費	5.7	5.8	5.7	5.6	5.7	5.8	5.7	5.7
車両償却費	20.1	29.4	26.8	4.2	22.3	27.5	29.8	4.7
合計	44.4	42.0	50.7	16.8	50.1	40.9	57.5	18.4

表-11 走行費用増加の計測表

期 間	区 分	1日あたりの走行コスト増
第Ⅰ期	○貨物車	15,714台×(50.1×32.5-44.4×12.5)=16,865,050円
	○乗用車	4,448台×(18.4×32.5-16.8×12.5)=1,725,824円
第Ⅱ期	○貨物車	11,714台×(50.1×32.5-44.4×12.5)=12,572,051円
	○乗用車	4,448台×(18.4×32.5-16.8×12.5)=1,725,824円
第Ⅲ期	○貨物車	3,714台×(50.1×32.5-44.4×12.5)=3,986,051円
	○乗用車	4,448台×(18.4×32.5-16.8×12.5)=1,725,824円

表-12 時間費用増加の計測表

期 間	区 分	1日あたりの時間コスト増
第Ⅰ期	○貨物車	15,714台×(75-20.3)×52.78円/台分=45,864,986円
	○乗用車	4,448台×(75-20.3)×31.92円/台分=7,766,315円
第Ⅱ期	○貨物車	11,714台×(75-20.3)×52.78円/台分=34,190,050円
	○乗用車	4,448台×(75-20.3)×31.92円/台分=7,766,315円
第Ⅲ期	○貨物車	3,714台×(75-20.3)×52.78円/台分=10,840,178円
	○乗用車	4,448台×(75-20.3)×31.92円/台分=7,766,315円

れる。平成3年度の長崎県臨時航路補助金はフェリー、高速船あわせて16,325千円であった。料金については、同区間の島原鉄道と同額(布津～島原外港間340円)であったため、通常時の島原鉄道との走行コストの比較をすると、補助金の分が走行コストの増加につながる。したがって、海上代替輸送により増加する走行費用は補助金の額16,325千円となる。

海上輸送による輸送時間は、布津漁港～島原外港間25分間であった。しかし、船舶による輸送は、港までのアクセス時間および待ち時間が発生すると考えられるため、ここでは一様に損失時間30分間を仮定して、この時間を加えた55分間を海上輸送における所要時間とする。一方、通常時の所要時間は、島原鉄道の駅間所要時間(布津～島原外港間22分間)を採用する。

旅客の時間価値は、建設省による第11次道路整備五箇年計画の整備効果計測に用いられた平成2年度の時間価値を採用し、乗用車の一台当たり時間評価値を用いる。乗用車の時間評価値は、以下の式(4)の所得接近方式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{乗用車の時間評価値} &= \text{常用労働者一人当たり月間賃金 (32,9443 円/人)} \div \text{一人当たり月間労働時間 (172} \\ &\times 60 \text{分)} \\ &= 31.92 \text{ 円/人} \cdot \text{分} \end{aligned} \quad (4)$$

したがって、海上代替輸送により増加する時間費用は以下の式(5)の通りである。

$$\begin{aligned} &2,966 \text{ 人} \times 31.92 \text{ 円/人} \cdot \text{分} \times (55-22) \text{分} \\ &= 3,124,266 \text{ 円/日} \end{aligned} \quad (5)$$

b) 迂回道路ルート

迂回道路ルートは、32.5kmであり通常ルートの12.5kmと比較して20kmの走行距離の増加となる。走行費用については、表-10に示す通常ルートと迂回ルートの走行速度にもとじて計測された車種別走行費用を用いて

算出する。また、走行速度は、平成3年6月14日の国見雲仙線の交通量実測値データ3,309台を考慮して一般化集計Q-V式により推計されたものである。

表-10の普通貨物車の単位走行費用を用いると、第Ⅰ期～第Ⅲ期において迂回道路ルート通行により増加する走行費用は表-11に示す通りである。ただし、第Ⅲ期の国道251号通行の12,000台は車種別内訳が明らかでないため、便宜上すべて貨物車とした。

時間費用については、迂回ルート(32.5km)の速度26km/hから、走行時間は、32.5/26×60=75分、通常ルート(12.5km)の速度37km/hから、走行時間は、12.5/37×60=20.3分となる。貨物車の時間評価値については、乗用車のときと同様に建設省で用いられたものを採用する。この値は車両留置料金方式で算出されたもので、52.78円/台・分とされている。よって、迂回道路ルート通行により増加する時間費用は表-12に示す通りである。

(4) 通行止めによる交通費用増加の評価

これまでの交通費用増加の計測をまとめると表-13のようになる。国道251号の通行止めにとともに、196日間で走行費用の増加額が2,400,326千円、時間費用の増加額が7,306,387千円、総額が9,706,713千円となった。これまで被害額として捉えられなかった代替交通利用による交通費用の増大が計測できた。この金額は、代表的な道路の一面の通行止めおよび通行規制のみを対象とした結果である。実際には、国道251号を逆回りするなどの他の迂回路線の使用や水無川断面だけでなく中尾川断面での通行止めがあったことを考慮すると、この金額はさらに大きくなることが予想できる。これらが地域一帯の住民の通勤や買物などの生活を圧迫していたであろうことは言うまでもない。

表-13 交通費用増加の計画結果

代替交通手段	走行距離 (km)		走行費用の増加 (千円)			時間費用の増加 (千円)		
	通常時	災害時	第Ⅰ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期	第Ⅰ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期
海上代替輸送	10.7	12.0	160,325			612,356		
迂回道路通行	12.5	32.5	910,953	814,979	514,069	2,627,934	2,391,513	1,674,584
交通費用の増加計画結果 (千円)			2,400,326			7,306,387		
合計						9,706,713		

このような間接被害は、島原半島の道路交通網の代替性、ネットワーク化の不足に起因するところが大きいと考えられる。被害低減のためには、事前の道路整備が不可欠である。特に、危険地域の特定が可能である火山災害に限っていうならば、事前に被害が予測される地域の道路構造の耐災害性を強化（高架化、地下化等）することにより、これらの被害額は著しく低減させることが可能である。活火山を抱える地域では、このような間接被害額低減のために事前の道路整備投資を検討する必要があるといえる。

7. 平成3年国道251号通行止め時の通勤者へのアンケート調査

最初に述べたように深江町、布津町などの南目は島原市経済圏に含まれ、住民の勤務先や買い物先は島原市内が多い。通勤・通学者流動人口¹⁰⁾を見ても、平成2年時点で南目から島原市への通勤者は約2,000人にのぼる。これらの利用交通手段¹⁰⁾は、8割以上が自家用車となっている。平成3年6月8日～12月20日までの国道251号の通行止めや時間規制の際、これらの交通が雲仙の山越え迂回路に集中し、通勤や生活に非常に苦労したことが明らかになっている²⁾。しかし、通行止め時の通勤動態および交通行動の実態、代替交通の問題などの詳細は明らかにされていない。

そこで、本研究では平成8年9月～10月にかけて、平成3年当時の南目から島原市への通勤者に対し国道251号通行規制時の通勤に関するアンケート調査を実施した。調査票は島原市内の行政機関および事業所などに対して該当者に渡していただくよう依頼し、郵送方式によって回収した。248部配布し、118部回収、回収率は47.6%であった。回答者の属性は、男性59.0%、女性41.0%となっている。

当時の通勤の交通手段としては、乗用車70.4%、軽自動車24.3%、会社の送迎バス1.7%、上記以外3.6%と自家用車利用者が圧倒的に多い。

「平成3年6月8日の全面通行止めから海上代替輸送が導入されるまで通勤は主にどのようにしましたか」という設問によると、表-14に示すように80%以上が「国

表-14 国道251号の全面通行止めから海上代替輸送が導入されるまで通勤は主にどのようにしましたか

		N=117人	
項目	人数 (人)	(%)	
代替ルートⅠ（雲仙の山越え、国見雲仙線（現：国道389号線）を利用）	96	82.8	
代替ルートⅡ（国道251号線の逆回り）	3	2.6	
代替ルートⅢ（その他のルート）	3	2.6	
島原市内の親戚、職場、ホテル、旅館などに泊まり込み	5	4.3	
アパートを臨時的に借用	1	0.9	
勤務地を島原市から移動して、島原へ通勤をしなくてすむようになった	5	4.3	
その他	3	2.6	

見雲仙線を利用した」と答えている。しかし、天候の悪い日などの特別の場合には国道251号を逆回りしたり、職場やホテルに宿泊したといった回答もある。また、「親戚、職場、ホテルなどに泊まり込み」、「勤務地を島原から移動」、「アパートを借用」といったふだんの通勤を取り止めている回答が約10%程度ある。

また、「迂回ルートを利用した場合の所要時間は通常時の所要時間の何倍ですか」という設問に対しては2～3倍という回答が36.0%と最も多く、5倍以上という回答も15.7%と少なくない。通勤時間の大幅な増加が見受けられる。この通勤時間の変化は、常住地と就業地との位置関係によって大きく異なってくる。南目から迂回路として国見雲仙線を利用する場合、島原市に入るためには一旦国見町に入らねばならず、島原市南部へのアクセスには非常に時間がかかる。したがって、水無川の対岸の深江町から島原市南部への通勤時間の増加が最も大きくなった。

また、「迂回道路国見雲仙線についてどのような問題がありましたか」という設問に対しては「梅雨時期のため霧が濃く、視界が悪い」、「道路沿いに電話がなく、事故があったときの通報ができない」といった項目が多く選択されている（表-15）。ヒアリング調査でも毎日のように事故が起っていたようであり、特に女性ドライバーにとって、このルートの道路環境の悪さは深刻なものであったようである。

長崎県が交通対策として導入した海上代替輸送について「高速船、フェリーの海上代替輸送を利用しましたか」という設問に対して、「山越えの代替ルートをやめて利用した」という回答と「山越えの代替ルート、宿泊

表一15 国見雲仙線にどのような問題がありましたか

N=96人 (複数回答)		
項 目	人数 (人)	(%)
梅雨時期のため霧が深く、視界が悪い	92	95.8
道路沿いに電話がなく、事故があったときの通報ができない	33	34.4
雇員が狭いため、離合が困難である	27	28.1
車の追い越しが不可能であるため、ノロノロ運転になることがある	23	24.0
道路の状況から女性ドライバーが運転することは無理である	18	18.8
ガードレールや路肩の整備が不十分である	12	12.5
工事用などの大型車両の通行が多いため、運転しづらい	1	1.0
その他	7	7.3

表一16 海上代替輸送を利用しましたか

N=111人		
項 目	人数 (人)	(%)
代替ルート (山越え) をやめて海上代替輸送を利用	52	46.8
代替ルート (山越え) 宿泊などと併用	15	13.5
海上代替輸送を利用しない	44	39.6

などと併用して利用した」という回答をあわせると約60%であり、残りは「利用しなかった」と回答している(表一16)。海上輸送は時刻が決まっているので、定時に帰宅できる職場の人、港までのアクセスがしやすい人以外は利用しにくかったようである。所要時間については、通常の1~2倍という回答が59.3%と最も多く、全体的には迂回路を通行するよりも所要時間は短縮されたようである。海上代替輸送の問題としては、「運航本数が少なく、満員で乗れない時があった」、「運航時間帯が短かった」、「気象による欠航の情報などが分からなかった」、「フェリーに車を乗せると運賃が非常に高かった」などといったことが指摘されている。

また、第2章で述べたが、長崎県では国道251号の全面通行止め以来、平成3年7月27日から貨物車両に限って通行を許可し、避難勧告になってから一般の車両の通行を許可した。「この対応をどう評価しますか」という設問では、「適切であった」(52.2%)、「適切でなかった」(17.1%)、「どちらともいえない」(30.7%)という結果を得た。「どのような問題がありましたか」という設問では、貨物車が否かという基準で通行許可を出しており、許可証を持っていく目的については規制がないため、通勤に利用するなど不公平が生じたことに関する意見が多くを占めている。また、「朝・夕のラッシュ時には島原~深江間に臨時バスを採用するべきだった」という意見も出ている。

国道251号通行止め時の各職場の対応として、「通行止め時の通勤距離の増加、船の使用、ホテルの宿泊代などの通勤手当の増額はありましたか」という設問に対しては、約60%が「あった」と回答しており、残りは「なかった」と回答している。ヒアリング調査によると、通勤手当の増額があった職場でも、実際の支出に比べて不

表一17 通行止め期間中、困ったことは何ですか

N=118人 (複数回答)		
項 目	人数 (人)	(%)
通勤に時間がかかること	112	94.9
早起きや気遣いに伴う疲労	83	70.3
代替ルートが通行しにくいこと	67	56.8
通勤費用、宿泊費用などの経済的負担の増大	49	41.5
悪天候などによる高速船の欠航	41	34.7
残業できないこと	22	18.6
島原市内での買物、食事に行きにくいこと	16	13.6
高校生の通学	12	10.2
病院通い	7	5.9
通行止めによる町内の商店の品物不足	2	1.7
その他	2	1.7

表一18 通行止めは地域にどのような影響をもたらしたと思いますか

N=118人 (複数回答)		
項 目	人数 (人)	(%)
島原市内の中心商店街からの客離れ、売上減少	90	76.3
観光客の島原離れ	88	74.6
道路整備の重要性の認識	82	69.5
修学旅行の島原離れ	67	56.8
島原市の島原半島における拠点性の崩壊	46	39.0
高校生のクラブや補習時間の不足	28	23.7
資材の仕入先や商売先の変更	9	7.6
その他	4	3.4

十分であったという声が多く聞かれた。その他、各職場が立案した通勤対策としては、職員の勤務先の一(時)変更、事務所の移転、職場に宿泊できるような設備の導入などが挙げられている。

また、通行止め期間中には島原市内への買い物も96.3%が「行かなかった」と回答している。その理由としては、主に「時間がかかりすぎる」(51.4%)、「通勤に伴う疲労のため遠くへ行きたくない」(49.5%)という項目が選択されていた。このことは、南目の町民の購買行動アンケート調査²⁾によっても確認されており、買い物客が島原市商店街から離れる結果となった。

「国道251号が通行止めの期間中、困ったことは何ですか」という設問に対しては、「通勤に時間がかかること」が90%以上の回答で選択されており、以下、「早起きや気遣いに伴う疲労」、「代替ルートが通行しにくいこと」、「通勤費用、宿泊費用などの経済的負担の増大」と続いている(表一17)。さらに、「国道251号の通行止めは地域にどのような影響をもたらしたと思いますか」という設問では、「島原市内の中心商店街からの客離れ、売り上げ減少」、「観光客の島原離れ」、「道路整備の重要性の認識」といった項目が多く選択されている(表一18)

交通止めは地域に大きな影響を及ぼすため、建設省は、土石流対策として海岸沿いに高架道路の島原深江道路(4.6km)を240億円かけて整備中である。また、国道57号の水無川流域でも水無川と導流堤を跨ぐ高架橋を

表一 19 島原深江道路や国道 251 号の本復旧対策などで島原の孤立は防げると思いませんか

項 目	N=111人	
	人数 (人)	(%)
完全に防げる	6	5.4
大部分は防げる	52	46.8
半分程度は防げる	41	36.9
ほとんど防げない	12	10.8
全く防げない	0	0.0

50 億円かけて整備中である。さらに、安中三角地帯の高上げにより国道 251 号線の本復旧がなされる予定である。「これらの対策で島原の孤立は防げると思いませんか」という設問では、表一 19 に示すように「完全に防げる」と「大部分は防げる」という項目を合わせても半数程度である。

さらに、島原半島の道路網についての意見としては、避難道路としての役割を担う幹線道路の渋滞が特に問題とされており、国道 251 号のバイパス道路の必要性、高架式やトンネル式の災害に強い道路構造、雲仙越えの迂回道路環境の整備、道路標識の充実など多岐にわたっている。交通の途絶を経験して、日頃利用している道路網の欠点を認識している。また、災害時の避難を考えると、現在の道路網に対して不安を抱えていること分かる。

これらの結果から、交通の途絶により当時の通勤者は大きな心理的、経済的プレッシャーを受けていたことが分かる。また、交通の途絶により地域の道路網の欠点、および道路整備の重要性を認識していると言える。さらに、通勤だけでなく、通学、通院、商用および買物といったことで地域の住民が不便を強いられていたことは明白である。

8. まとめ

本研究では、雲仙普賢岳の火山災害による交通の途絶が地域に及ぼした影響として応急・緊急対策費を調査するとともに代替交通による交通費用の増加を計測した。さらに、平成 3 年当時の島原市外からの通勤者へのアンケート調査の結果とともに得られた結果をまとめると以下ようになる。

(1) 雲仙普賢岳の火山災害において、交通の確保策として道路および鉄道に導入された応急・緊急対策に要した費用をまとめると、約 101 億円にのぼることが明らかになった。この金額は、災害による公共土木施設の直接被害額の約 3 割に相当するものである。

(2) 交通止めが地域に及ぼした交通費用の増加として、走行費用および時間費用の費用便益の平常時と道路不通時の差を計測した。結果として、約 97 億円の交通費用の増加が計測された。このような間接被害は、島原半

島の道路交通網の代替性の不足がもたらした結果であると言える。

(3) 交通途絶時に島原市より南側に位置する町から島原市へ入る通勤ドライバーが迂回した迂回道路は、国見雲仙線（現国道 389 号）を利用する雲仙山越えルートが国道 251 号の逆回りだけであった。また交通対策として導入された海上代替輸送も運航時間帯等の問題で使えなかった人が多く、毎日の通勤行動に大きな支障を来した。この途絶により、通勤時間の増大、早起きや気遣いに伴う疲労、迂回路の道路環境の悪さといった精神的な疲労とともに、通勤費用や宿泊費用などの経済的負担の増大、買物先の変更など日常生活の種々の面で大きな影響があったことが明らかとなった。

(4) 本研究では、交通確保のための様々な対策のコストを明らかにするとともに、通行止め時の交通コストの増大を計測した。また、当時の通勤者へのアンケート調査もあわせて、交通の途絶による地域へのダメージを調査した。このような間接被害は、事前の道路整備によって著しく軽減できる。危険地域の特定が可能である火山災害に限れば、事前に危険個所の耐災害性を強化（高架化、地下化等）することにより被害額の低減を図ることができる。活火山を抱える地域では、事前の道路整備投資を検討する必要があるといえる。

交通費用の増加は、交通の途絶が地域に及ぼした影響の一端にすぎない。今後の課題として、交通の途絶に起因する商工業の生産低下、売り上げの減少および観光客の減少による影響などの経済的被害を計測することが必要と考えられる。

謝辞：本研究を行うにあたって長崎県土木部、長崎県島原振興局建設部、島原鉄道(株)、長崎県企画部交通政策課、建設省長崎工事事務所調査第二課、建設省雲仙復興工事事務所調査課、(財)九州経済調査協会の担当者およびアンケートにご協力いただき、貴重なご意見を頂いた平成 3 年当時の島原市外からの通勤者の皆様に深く感謝の意を表す。なお、本研究の第 6 章は、著者らが分担した砂防事業の経済効果調査の一部から開始されたものである。その調査は被害想定を目的とするものであるが、本報告は平成 3 年度の交通途絶の被害を推計したものである。また、アンケート調査票の配布、集計にあたっては長崎大学工学部社会開発工学科 4 年生の原野安弘君の協力を得たことを付記する。

参考文献

- 1) 長崎県災害対策本部：雲仙・普賢岳噴火災害の記録（平成 3 年度～平成 4 年度），pp.80～91，1993.12.
- 2) 長崎県災害対策本部：災害対策本部基礎資料，1996.3.

- 3) 高橋和雄：降灰が市民に及ぼす影響および基礎的基盤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, p.33, 1994.3.
- 4) 高橋和雄, 藤井 真：火山災害下における島原市の復興・振興計画に関する調査報告書, 長崎大学工学部社会開発工学科土木構造学研究室, p.18, 1995.4.
- 5) 高橋和雄, 藤井 真, 伊藤雅尚：島原市の自主防災組織の現状と課題に関するアンケート調査報告書, 長崎大学工学部社会開発工学科土木構造学研究室, p.35, 1996.3.
- 6) 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道路の被害と復旧, 長崎大学工学部研究報告, 第26巻, 第46号, pp.63~74, 1996.1.
- 7) 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.
- 8) 島原鉄道(株)：第151期事業報告書(平成3年度), 第152期事業報告書(平成4年度), 第153期事業報告書(平成5年度), 第154期事業報告書(平成6年度)。
- 9) 総務庁統計局：国勢調査報告 平成2年 第6巻, 日本統計協会, 1994.
- 10) 建設省：平成2年度道路交通センサス, 1991.8.
- 11) 島原新聞：国道251号の対面通行で車の往来三倍に増える, 1991年10月3日.
- 12) 高橋誠司, 西原 純：雲仙普賢岳活動による交通規制と島原半島南部地区の住民の購買行動の変化, 雲仙火山災害の調査研究(第3報), 長崎大学雲仙火山災害調査研究グループ, pp.67~74, 1994.7.

(1996. 12. 20 受付)

A STUDY ON THE INFLUENCE CAUSED BY INTERRUPTED TRAFFIC DUE TO VOLCANIC DISASTER OF MT.FUGEN IN UNZEN

Kazuo TAKAHASHI and Makoto FUJII

Interrupted traffic due to volcanic disaster of Mt. Fugen in Unzen damaged so seriously resident life and economic activities. In this paper, we investigated the cost of emergency counter-plan to roads and railroads, and estimated increase of traffic cost owing to using substitute traffic such as marine transportation and detours. Next, we made clear the influence that interruption of traffic gave upon commuter's activities, by the questionnaire survey.