

都市域における火山噴火による降灰被害の連鎖構造に関する研究 —雲仙普賢岳噴火災害時の島原市を対象として—

A causal flow of urban functional damage caused by volcanic ash fall in an urban area
- Case study of Shimabara City damaged by eruption of Unzen Volcano -

○糸井川栄一¹, 熊谷良雄¹, 村尾修¹, 岡本直久¹, 小田淳一², 菅原康司²
Eiichi ITOIGAWA¹, Yoshio KUMAGAI¹, Osamu MURAO¹, Naohisa OKAMOTO¹,
Jun-ichi ODA² and Kouji SUGAWARA

¹筑波大学社会学系

Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba

²(株) 社会安全研究所

Research Institute for Social Safety, Co., Ltd.

This study focuses volcanic ash fall, which affects over a wide area and extends over a long period of time, among several disaster factor caused by volcanic eruption. In this paper, damage in Shimabara City, which had suffered from a disaster by the eruption of Unzen Volcano, has been discussed by literature investigation and questionnaire survey to public institutes, local municipal enterprises and private enterprises concerning damages and measures in case of the volcanic ash fall, and a trial causal flow of urban functional damages has been produced.

Key Words : causal flow, volcanic eruption, volcanic ash fall, Unzen Volcano, Shimabara City

1. 研究の背景と目的

平成2年11月17日の噴火再開から始まった雲仙普賢岳噴火災害においては、平成3年2月以来の噴火による火山灰の堆積、平成3年と平成5年に頻発した火砕流と土石流により、地域に大きな被害をもたらした。

雲仙普賢岳噴火災害は、降灰に対して特に事前の備えがなく必要に応じて対応せざるをえなかった点で、他の火山噴火に際しても大変参考となる事例であり、富士山噴火がもたらす首都圏への影響が指摘されている現在、是非ともその実態を把握する必要があると考えられる。

本研究は、雲仙普賢岳噴火に関する既往の資料や新たに行ったアンケートに基づき、降灰被害により各主体がどのような被害を受けたかを把握するとともに、この結果を受けて、雲仙普賢岳噴火に伴う降灰による都市活動を支える諸機能への被害とその影響項目について体系的にとりまとめることを目的としている。

2. 文献調査に基づく雲仙普賢岳噴火による降灰被害の把握

(1) 文献調査に基づく降灰被害把握の意義

雲仙普賢岳噴火災害では、火砕流、土石流による各地の被害状況は、行政及び大学等の研究機関により数多くの調査がなされている。それらの研究をとりまとめたものは、その後の防災対策、復興計画に活用されてきた。一方、火山灰の降灰の影響は、葉タバコなどの農作物や海への流出による海洋汚染へ及ぼす影響、住民の健康、交通機関等の日常生活へ及ぼす影響など、広範囲にわたる被害が新聞等で報告されている。しかし、火山灰影響を中心に取り上げている研究は少なく、また、これらの研究や、新聞報道のとりまとめもなされていない。

そこで、ここでは今後発生しうる火山災害における降灰対策へ反映させる基礎資料を作成することを目的として、雑誌、専門誌、新聞、自治体が作成した報告書などから、雲仙普賢岳噴火による降灰が、農業、漁業、交通、住民生活などの活動に及ぼした影響についての記載があ

る部分を抽出し、分類・整理を行った。参照した資料については紙面の都合で割愛するが、雑誌、専門誌、新聞、自治体が作成した報告書などを中心として87編を数えた。

(a) 抽出した被害項目の分類

上述の文献から抽出された被害項目は定性的記述にとどまっているものが主であるが、その範囲は広範囲に及んだ。ここでは、抽出できた被害項目を大きく表1に示す7項目に大分類し、さらに、その下に大分類の内容を細分類した中分類を設け、加えてその下に項目を被害の内容と行政等の対応の2分類に分けた小分類を設けて整理を行った。ただし、分類によっては、行政等の対応が抽出されない場合もあったので、小分類は被害の状況のみが記載されている場合もある。

表1 被害項目大分類

①農林水産業	②健康	③交通	④生活
⑤経済・産業	⑥降灰状況	⑦その他	

(b) 大部類別に見た雲仙普賢岳噴火による降灰被害

対象とした文献資料から上記の分類に従って整理を行った。その降灰被害の特徴を大分類ごとに簡単に整理すると、表2のように整理できた。

3. 雲仙普賢岳噴火時における事業所等の降灰被害とその対策の把握

上記で作成した基礎資料を補完することを目的として、資料からだけでは読み取ることができない問題点・課題、対応活動・対策事例を把握するため、島原市内の公営企業、公的機関、事業所を対象としてアンケート調査を行い、降灰時の事業所等の活動に対してどのような影響があったのかについて、より詳細に影響実態を把握した。

(1) アンケートの概要

(a) アンケート内容

アンケートの内容は、降灰がもたらす影響を、①人への身体的・心理的影響、②道路などの都市基盤の機能低

表2 降灰による影響内容と対応

大分類	中分類	影響内容と対応
農林水産業	影響内容	①農業への影響は、降灰が堆積することにより水はけが悪くなることや、降灰が固まることにより土壌が硬化したり、灰が作物に付着して生育不良になったり商品価値を低下させることが挙げられる。 ②漁業への影響は、降灰や泥流により運ばれた火山灰の堆積により、魚の餌となる海藻やプランクトンが激減したため、漁獲量の減少がみられた。
	対応	①農業の降灰影響に対する行政等の対応は、上空の風向き情報のように、日常の農作業に向けての情報提供がなされた。また、降灰に強い農作物や育成方法の研究や、露地栽培からハウス栽培への転向や、スプリンクラー等の降灰除去機材の整備の際にかかる費用の一部助成のように、長期的にみた降灰に強い農業への転換のための事業が行われた。 ②漁業の降灰影響に対する行政等の対応は、漁場の消失や資源の減少を回復するため、降灰対策施設や技術、漁法等の研究等が行われた。
健康	影響内容	①子供の健康への影響としては、灰と汗が混ざって皮膚炎に罹ること、目の痛みなども見られることが判明した。また、一般成人に対する調査からも、目、鼻、のどへの異常や、呼吸器系への障害が降灰地域以外よりも高い傾向にあることがわかった。
	対応	①子供の健康への影響に対する行政等の対応としては、学校でマスク着用やうがい・洗顔を勧めるなどの自発的健康対策への啓発が行われた。また、従来の定期健康診断に加え「降灰地域学校保健事業」の国庫補助制度を活用し、アンケート調査、問診、医療機関の精密検査を実施するなどの行政側からの対応も行われた。 ②一般成人の健康への影響に対する行政等の対応としては、降灰に伴う健康状態を把握するため健康診断等が行われた。
交通	影響内容	①一般道路の影響は、降灰時になると昼間でも車のヘッドライトを付けなければ見えないほど暗い状態になる場合があり、徐行運転を行うため渋滞が発生したり、降り積もった灰によりスリップ事故が多発するなどの問題が挙げられる。 ②鉄道への影響については、火山灰の付着による電流の流れの悪化のために、踏切の遮断機や警報機の誤作動を発生させたり、レール上の降灰は乾燥時にはレールと車輪の摩擦を大きくしてスピードを落とす、降雨時にはスリップしやすくなるなどの問題があった。
	対応	①交通規制などのように、降灰時の危険防止対策や、微水車等による降灰除去が行われた。道路等の降灰除去事業への補助は、活火山法（活動火山対策特別措置法、昭和53年4月制定）、災害復旧事業などで対応し、各道路管理者が降灰の除去を行った。また、信号機やカーブミラーの清掃は、事業所等が自発的に対応した。
生活	影響内容	①降灰除去のため水道の使用量が増え、降灰の室内への進入を防ぐため夏期でも窓を開けることが出来ずクーラーの使用量が増え電気使用量が増加するなど、生活費が若干増加したことが挙げられる。また、降灰のため屋外に洗濯物を干せない、ガス湯沸かし器、空調機、自動車などのセンサーに火山灰が付着し誤作動を起こす、火山灰の堆積により太陽熱給湯器の能力が低下するなど家電製品等への影響もみられた。
	対応	①行政から、ゴーグルや目薬、マスク、灰を除去するためのリール式のホースや回収用の降灰袋を配布した。
経済・産業	影響内容	①除灰作業や改修のための費用がかさむ事業所が多かった。また、ホテルなどの観光産業は観光客が減少し、収入に大きく影響した。
	対応	①火山灰を利用した新たな産業の育成や、高齢者の雇用対策に火山灰除去作業を充てるなどの対策が行われた。
降灰状況	島原市、深江町の降灰状況	①島原市と深江町は降灰が多かった。特に火砕流が多発するにしがたい、降灰量も増加する傾向があった。
	その他の地域の降灰状況	①降灰の観測では、島原半島をだけではなく、長崎市や佐賀市、大牟田市、遠いところでは、130km離れた延岡市で観測された。
その他	影響内容	①降灰によりその他にさまざまな影響を及ぼしている。例えば、堆積した降灰が妨げになって雨が地中に浸透しないため、大雨が降るとすぐに泥流が流れ落ちるといった土石流の発生への影響や、観測のための機材設置が困難になるといった火山観測体制への影響などが挙げられる。
	対応	①降灰対策のため、行政からさまざまな支援が行われた。例えば、活火山法に基づく降灰防除地域の指定などが挙げられる。

下が組織にもたらした影響、③施設・設備・機器への影響、④生産・販売・サービス提供への影響、⑤経営面への影響、⑥長期に降灰が繰り返した事による影響、の観点から回答してもらうとともに、この影響に対する対応策を訪ねる形式のものである。

(b) アンケート対象者

前節で用いた「各種報告書」および「NTT 西日本職業別電話帳（タウンページ）長崎県南部版」から抽出した島原市内（一部市街を含む）関係機関・団体・事業所を対象とした。なお、タウンページからの事業所等の抽出方法は、降灰影響と関連があると予想される業種（タウンページの分類による）を選択し、各々から5件ずつ無作為に抽出した。ただし、5件に満たない業種は全てを対象とした。業種別配布数は表3に示す通りである。

(c) アンケート実施期間

アンケート実施期間は下記の通りである。

- ・調査期間：平成14年1月15日～1月23日
- ・調査方法：郵送留め置き郵送回収（記名式）

(d) 回収状況

アンケートの回収状況は下記の通りである。

- ・配布件数：353件
- ・回収件数：104件(29%)
- ・有効回収件数：85件(24%)

なお、アンケートは返送されたものの、「災害当時の在籍者が異動してしまい、当時の状況が分からず回答できない（記録が残っていない）」、「災害時にはまだ組織が設立されておらず、当時の状況について回答できない」等の理由で、各設問への回答が得られなかったものが19件（104件中）含まれていた。

(2) 調査結果の概要

表4に調査結果の概要を示す。

4. 雲仙普賢岳噴火時における降灰被害の連鎖構造の分析

前述した、(1)文献調査に基づく雲仙普賢岳噴火による降灰被害の把握、および、(2)アンケートにより事業所等の降灰被害とその対策の把握、の結果を踏まえて、ここでは、雲仙普賢岳噴火時における降灰被害を連鎖構造として整理することを試みる。

表3 対象事業所の分類別アンケート配布数

分類	配布数	分類	配布数
防災対応	15	商業（石油）	7
観測	3	商工業（団体）	3
ライフライン	12	工業（団体）	3
交通	14	食品加工	18
配送	7	精密機械	16
報道	9	設備機械（ガス）	5
教育	13	設備機械（管）	6
福祉	7	設備機械（車）	7
公共施設	5	設備機械（住宅）	17
医療	11	設備機械（水道）	6
医薬品	11	設備機械（通信）	7
衛生	18	設備機械（電気）	7
金融	8	設備機械（その他）	13
観光組合・協会	2	農業	11
飲食	15	林野	3
商業（商業組合）	4	漁業	8
商業（商店街）	4	警備	5
商業（卸売り）	17	その他	4
商業（小売り）	32	合計	353

表4 アンケート調査結果の概要

項目	影響の概要
人へ「長期化」による影響の影響	降灰による身体的影響として「眼・のどの痛み」という意見が多く、その対応策としては、「マスク・ゴーグル・ヘルメットの着用」「うがい・洗顔の励行」「健康診断の実施」などがあげられている。一方で「多少の影響はあったがそれほど深刻ではなかった」という意見もある。心理的な影響としては、「連日の除灰作業」や「環境の悪化」によって、精神的に不安定になったり、ストレスを感じたという意見が多い。
「都市基盤の機能低下」による影響	降灰が堆積した道路は、人や車が滑りやすくなり、特に雨と重なった場合にはこの状況が顕著に現れる。降灰による道路事情の悪化により「通勤通学に要する時間の増加」「配送業務の遅れ」「交通事故の発生」などが引き起こされた。
「施設・設備・機器」への影響	降灰が堆積することによる影響、灰の微粒子進入により発生する影響、化学反応により発生する影響など様々な影響があげられた。また、対応策も各自で行う除灰作業、専門業者に依頼しての補修、製品の買い換え等、状況に応じて様々である。
「生産・販売・サービス提供」への影響	農産物や店頭陳列商品が、降灰によって汚れたり小さな傷が付いたりしたため、商品価値が低下した。消掃・ふき取りで対応できないものは、廃棄されたり値引き販売が行われた。また、降灰によって発生した雨樋・設備機器・電気機械等の修理依頼が増加したが、一方で、降灰のひどい時は客足が遠のき、売れ行きに影響した。
「経営面」への影響	全般的に除灰作業、消掃等により業務量が増加し、道路事情の悪化（渋滞等）は、配送・輸送に関連する業務時間を増加させ、車の燃料費の上昇にも影響している。降灰対策のための設備投資、除灰作業のための大量の水使用によりコストが増加したという回答がみられる。
「長期化」による影響	火砕流発生に伴う直接的な降灰以外にも、屋根・ビル・樹木等に堆積した灰が、風や車の走行によって舞い上がり、晴れた日にはいつも灰に悩まされ続けたという回答が見られ、長期におよぶ降灰除去作業は、体力的・精神的に大きな影響を与えている。

表5 災害波及を整理するカテゴリー

①道路交通	②鉄道	③ライフライン	④建設・設備
⑤航空輸送	⑥人	⑦第2・3次産業	⑧農林水産業

被害波及の視点として、表5に示す8つのカテゴリーごとに“被害・影響”と“対応”を再整理した。図1～2に第2・3次産業について連鎖構造分析図としてとりまとめたものを例示する。

連鎖構造分析図では、降灰を直接の原因とする被害・影響と、そこから派生する被害・影響や対応実施によって生じる被害・影響についてその因果関係を整理した。なお、同図背景のグレートーンによって項目が分類されているが、濃いグレー部分(奇数段)が影響であり、薄いグレー部分(偶数段)が影響に対する対応行動を示したものである。連鎖構造分析図として作成時に考慮した事項、作成した結果から明らかになった事項は表6に示す点である。

5. おわりに

今回作成した降灰被害の連鎖構造図は、雲仙普賢岳噴火において発生した被害とその対応を把握できる範囲で作成したものに過ぎない。例えば、都市機能をライフラインに大きく依存している大都市を考えた場合、降灰被害は今回示した被害に留まらず、あらゆる都市機能に影響を与えることは疑いのないところである。

一方、このような影響の波及を、過去の火山噴火に伴う降灰被害のみから把握することには、限界があることも事実である。例えば、交通機能障害の様相は、火山噴火に伴う被害と地震被害では異なることは自明であるが、交通機能障害がもたらす都市機能への影響について、過去に発生した地震災害を参考にして、今回作成した被害連鎖の拡張を図っていくことは、また、意義のあることと考える。

表6 連鎖構造分析図作成時の考慮事項と明らかになった事項

カテゴリー	事項
道路交通	①「路上に堆積した灰によるスリップ誘発」と「灰の飛散およびフロントガラスへの付着による視界不良」が渋滞発生の主な原因と考えられる。降雨時に灰と雨が混じるととくに顕著であった。 ②「渋滞の発生」は、通勤通学や輸送配送業務に影響を及ぼした。 ③降灰による車両故障（エンジン故障・窓枠腐食等）が発生した。また、車の窓が開けられないため、エアコンが必要となった。 ④路上や車両に堆積した灰の除去作業で水需要が増加した。
鉄道	①レールへの灰の堆積により、摩擦増加（乾燥時）やスリップ（降雨時）が生じた。 ②踏切遮断機や警報機の作動不良が発生したため、踏切付近ではいちいち目視確認が必要となった。作動不良の原因としては、機器への灰の侵入とレールへの灰の堆積による通電不良があった。 ③灰の飛散およびフロントガラスへの付着による視界不良が発生した。 ④エンジンが灰を吸引しトラブルが発生した。 ⑤上記4つが、列車のスピード低下（ダイヤ遅れ）の主な原因と考えられる。
ライフライン	①【水道】水源地への火山灰流入による給水制限、水需要の増加による水圧の低下があった。除灰作業の際の散水が水需要を増加させた。 ②【電気】 灰の付着による停電が発生した。電力会社は、灰の洗浄、降灰パトロール、降灰量や灰付着量のモニタリング等の対応を実施した。 ③【電話】 灰の侵入による公衆電話機の故障が発生した。NTTは、試験的にファン付き公衆電話機を導入し、その効果が確認された。 ④【ガス】 渋滞がプロパンガスの配送に影響を与えた。ガス会社は、屋外ガス製造設備をテントで保護する等の降灰対策を実施した。
建設・設備	①屋内への灰の侵入によって、室内環境の悪化やFAX・コンピューター等精密機械の故障が発生した。 ②灰の付着によって、エアコン室外機やガス給湯器等の屋外設置機械の故障が発生した。 ③雨樋や排水溝への灰の堆積、サッシの詰まり、自動ドアの故障が発生した。 ④人々は室内の消掃と、建物や周辺道路に堆積した灰の除去に追われた。 ⑤業者への機器メンテナンス依頼や除灰作業依頼が増加した。
航空輸送（ヘリコプター）	①灰の中の飛行では、機体への灰の付着、風防に細かい傷、エンジンの出力低下等が発生した。 ②堆積した灰がローターの風圧で舞い上がるため、堆積地域での低空飛行や着陸が困難であった。
人	①降灰による直接的な身体への影響として、目の異常、呼吸器系の異常、皮膚の異常等が発生した。これらに対しては、ゴーグル・マスク・ヘルメット等の着用、目薬使用、うがい励行、健康診断実施などの対応策がとられた。 ②間接的な身体影響としては、除灰作業実施による肉体疲労、転落事故、腰痛などがあつた。 ③上記の身体影響に加え、降灰による環境悪化、道路事情の悪化等によりストレスが増加した。
第2・3次産業	①店頭商品に並べる商店では、商品や製品への灰の付着により汚れや傷が生じるために、灰のふき取り、カバー掛け、廃棄、値引き販売等の対応が必要となり、業務量やコストが増加した。 ②業務用設備・機械の誤作動や作業場所への灰の侵入により、業務効率が低下した。 ③道路事情の悪化が、商品の入荷・配達、通勤等に影響を及ぼした。 ④降灰による外出意欲の減少、車の買い控え、農産物の商品イメージ悪化等が顧客・売上の減少につながった。 ⑤設備機器の修理・メンテナンスを手がける事業者や除灰作業を請け負うシルバー人材センター等の一部の業種では売上げが増加した。
農林水産業	①露地作物への灰の付着やビニールハウスの日照不足により、品質・収量が低下した。 ②防塵ハウスの設置、灰洗浄施設の整備、降灰に強い作物への作付け転換等の対応策がとられた。 ③海中への灰の流入は、海水の濁り、餌となる小生物や海藻の減少といった漁場の荒廃を招き、漁獲量が減少した。

今後、このような他の災害の都市機能被害の連鎖構造を参考にしていくことによって、降灰被害の連鎖構造をさらに精緻なものにしていく必要があると考えられる。

なお、この研究は、運輸施設整備事業団基礎研究制度により筑波大学に研究委託を受けた「平成 13 年度大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究（火山灰災害による交通および都市活動への影響評価に関する

研究）」の研究成果¹⁾の一部をとりまとめたものである。

【参考文献】

- 1) 筑波大学・独立行政法人産業技術総合研究所：平成 13 年度運輸分野における基礎的研究推進制度研究成果報告書 大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究（2001-01）、平成 14 年 3 月

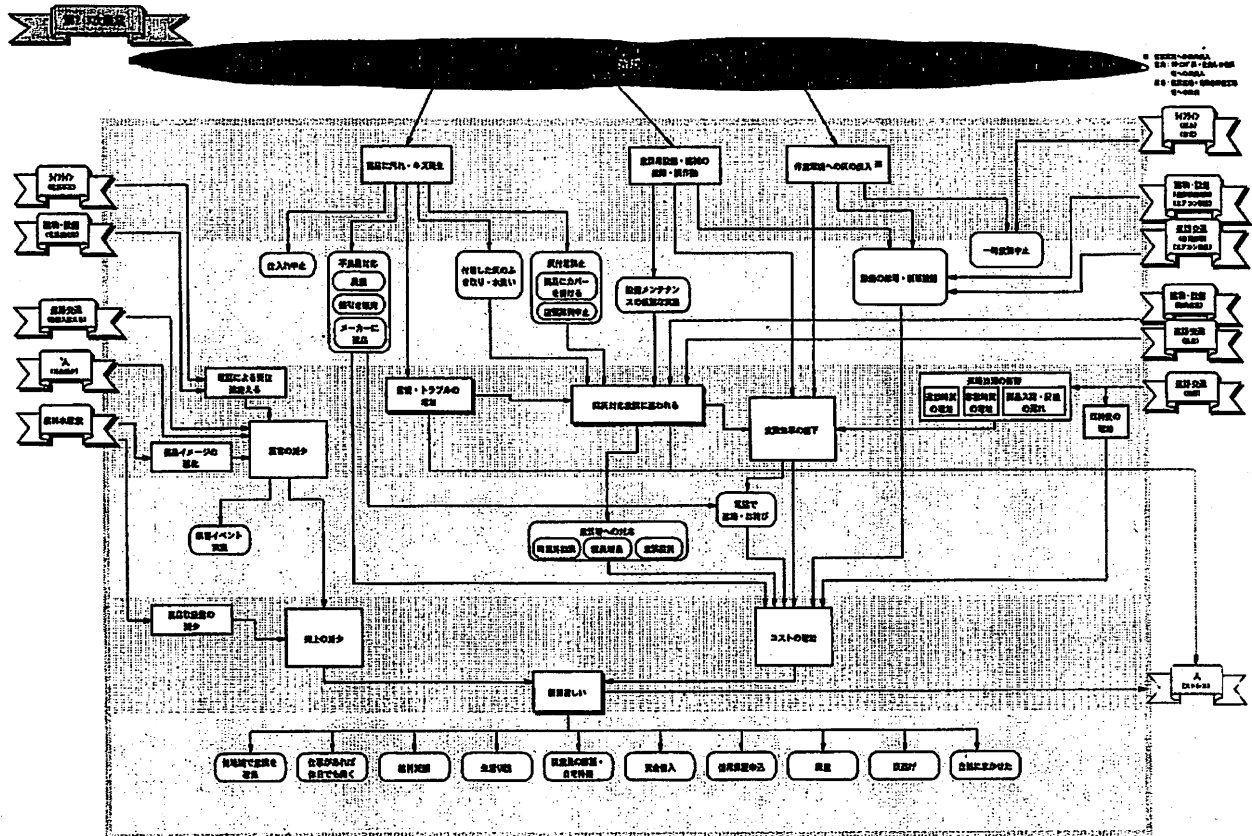


図1 雲仙普賢岳噴火災害における降灰被害の連鎖構造分析【第2・3次産業/その1】

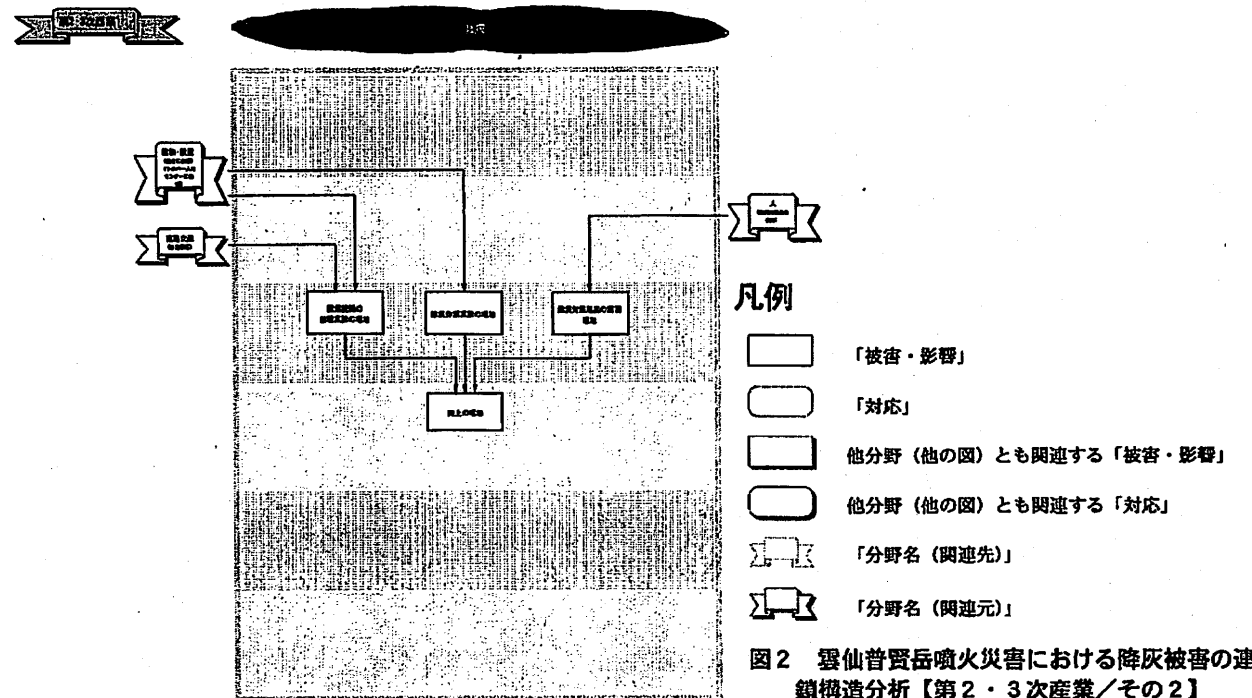


図2 雲仙普賢岳噴火災害における降灰被害の連鎖構造分析【第2・3次産業/その2】